

JURNAL ISMETEK

PUBLIKASI ILMIAH INSTITUT TEKNOLOGI BUDI UTOMO
INFORMATIKA • SIPIL • MESIN • ELEKTRO • SISTEM INFORMASI • ARSITEKTUR

PROSES PENGAJARAN TERHADAP MAHASISWA ARSITEKTUR	Medina
PREDIKSI UMUR PAKAI RODA KERETA LRT JABODETABEK	Iwan, Rusdi
ANALISIS EFEKTIVITAS KINERJA DAN PERAWATAN PADA MESIN	Sugiri
ANALISIS MENENTUKAN REKOMENDASI FILM	Abdurrahman
PERENCANAAN MESIN GERGAJI BESI UK. 440 X 25 X 1,25 mm	Parulian
EVALUASI EFEKTIVITAS (JPO) MARGO CITY	Jon
EVALUASI BIAYA DAN WAKTU PENGUKURAN GUIDE RAIL	Hendry
PERANCANGAN PASAR ARSITEKTUR NEO VERNACULAR	Selly
PENDEKATAN CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORK	Lola
ANALISIS DAN PERANCANGAN APLIKASI PELAPORAN	Rachmat
PENERAPAN SUSTAINABLE ARCHITECTURE DI PAISAJES	Tri
ANALISIS KOMPARASI ALGORITMA REGRESI MACHINE	Bagus
ANALISIS & PERANCANGAN SISTEM INFORMASI PENJUALAN	Anandito
EVALUASI PERFOMA MODEL TIME SERIES FORECASTING	Irlon
EVALUASI PERBANDINGAN MUTU & WAKTU FINISH CAT EPOXY	Ike
PERANCANGAN DAN IMPLEMENTASI SISTEM PEMBELAJARAN	Teguh
RANCANG BANGUN SISTEM PENGAWASAN ORANG TUA	Budi
UPAYA PENEGAKAN HUKUM ATAS HAK KEKAYAAN INTELEKTUAL	Sahidul
ANALISIS KAPASITAS TRACTION <i>POWER SUBSTATION</i>	Padmundana, Budiono
PENGEMBANGAN ALAT MONITORING <i>REAL- TIME</i> PADA KWh	Cahyono, Leni, Eko
KEKERASAN & STRUKTUR MIKRO PADUAN ALUMINIUM AC4CH	Bantu
SISTEM INFORMASI MANAJEMEN BENGKEL KOMPUTER	Sayyid
RANCANG BANGUN SISTEM OTOMASI KALKULASI (OEE)	Fathoni
ANALISIS BEBAN DAN DAYA MESIN PENDINGN GEDUNG LAB	Pedro

JURNAL *isme*Tek

PUBLIKASI ILMIAH INSTITUT TEKNOLOGI BUDI UTOMO

• INFORMATIKA • SIPIL • MESIN • ELEKTRO • SISTEM INFORMASI • ARSITEKTUR

TIM REDAKSI

PENANGGUNG JAWAB

Dr. Ir. Martin Djamin, M.Sc

PEMIMPIN REDAKSI

Dr. Iwan Setyadi, ST, MT

REDAKSI AHLI

Prof. Dr. Ir. Edy Siradj, M.Sc

Dr. Ir. Martin Djamin, M.Sc

Dr. Suryadi, ST, MT

Dr. Jujuk Kusumawati, ST, M.Si

Dr. Berliyanto, S.Kom, MTI

Ir. Suwito, MM

REDAKSI PELAKSANA

Dr. Jujuk Kusumawati, ST, M.Si

Ir. Srihanto, MT

Aji Nurrohman, S.Kom, MMSI

Leni Devera Asrar, ST, MT

Udien Yulianto, ST, M.Tech

Dedi Setiadi, SE, M.Kom

Ike Oktaviani, ST, MT

SEKRETARIAT REDAKSI

Sigit Wibisono, S.Kom, MT

BAGIAN SIRKULASI

Rendy Pribadi, S.Pd, M.Pd

ALAMAT PENERBIT/REDAKSI

Jl. Raya Mawar Merah No.23

Pondok Kopi – Jakarta Timur

Telp. 021-8611849 – 8611850

Fax. 021-8613627

Email : jurnalismetekitbu@gmail.com



JURNAL *isme* Tek

PUBLIKASI ILMIAH INSTITUT TEKNOLOGI BUDI UTOMO

● INFORMATIKA ● SIPIL ● MESIN ● ELEKTRO ● SISTEM INFORMASI ● ARSITEKTUR

DAFTAR ISI

PROSES PENGAJARAN TERHADAP MAHASISWA ARSITEKTUR DENGAN MENGGUNAKAN STUDI KASUS
Medina.....1

PREDIKSI UMUR PAKAI RODA KERETA LRT JABODEBEK (JAKARTA, BOGOR, DEPOK, BEKASI) BERBAHAN BAJA ER7 BERDASARKAN JARAK TEMPUH
Iwan,Rusdi.....4

ANALISIS EFEKTIVITAS KINERJA DAN PERAWATAN PADA MESIN TRANSMISI (GEARBOX) KAPAL 300 HP
Sugiri.....12

MENENTUKAN REKOMENDASI FILM DENGAN MENGGUNAKAN TEKNIK PENGALIAN DATA BERDASARKAN RIWAYAT TONTON
Abdurrahman.....21

PERENCANAAN MESIN GERGAJI BESI UKURAN 440 X 25 X 1,25 mm DENGAN PENGGERAK MOTOR LISTRIK GEAR BOX
Parulian.....28

EVALUASI EFEKTIVITAS JEMBATAN PENYEBERANGAN ORANG (JPO) MARGO CITY PADA JALAN MARGONDA RAYA KOTA DEPOK
Jon.....35

EVALUASI BIAYA DAN WAKTU PENGUKURAN LEBAR DAN KETINGGIAN GUIDE RAIL JALUR KALAYANG BANDARA INTERNASIONAL SOEKARNO-HATTA, TANGERANG
Hendry.....44

PERANCANGAN PASAR TRADISIONAL DENGAN PENGEMBANGAN ARSITEKTUR NEO VERNACULAR DI KABUPATEN SRAGEN
Selly.....52

PENDEKATAN CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORK UNTUK KLASIFIKASI MOTIF BATIK INDONESIA
Lola.....62

JURNAL *isme* Tek

PUBLIKASI ILMIAH INSTITUT TEKNOLOGI BUDI UTOMO

● INFORMATIKA ● SIPIL ● MESIN ● ELEKTRO ● SISTEM INFORMASI ● ARSITEKTUR

DAFTAR ISI

ANALISIS DAN PERANCANGAN APLIKASI PELAPORAN KERUSAKAN SARANA DAN PRASARANA BERBASIS ANDROID PADA PUSKESMAS KECAMATAN DUREN SAWIT
Rachmat.....67

PENERAPAN SUSTAINABLE ARCHITECTURE DI PAISAJES LATENTES DI VALLE DE CHALCO, MEXICO
Tri.....72

ANALISIS KOMPARASI ALGORITMA REGRESI MACHINE LEARNING DALAM ESTIMASI HARGA PENUTUPAN HARIAN EMAS PADA (DATA HISTORI) BROKER EXNESS TAHUN 2020-2024
Bagus.....78

ANALISIS DAN PERANCANGAN SISTEM INFORMASI PENJUALAN PADA MORINO KAOS POLOS BERBASIS WEB
Anandito.....92

EVALUASI PERFOMA MODEL TIME SERIES FORECASTING JUMLAH TRANSAKSI HARIAN LAYANAN PORTER KAI WISATA MENGGUNAKAN SARIMA DAN MACHINE LEARNING
Irlon.....100

EVALUASI PERBANDINGAN MUTU DAN WAKTU FINISH CAT EPOXY PADA PEKERJAAN ACIAN DAN SKIMCOAT PADA DINDING HOLLOW CONCRETE BLOCK (HCB) DI PROJECT JUNO CIKARANG
Ike.....107

PERANCANGAN DAN IMPLEMENTASI SISTEM JADWAL KEGIATAN PEMBELAJARAN PADA SMK AL AZHAR PLUS BOGOR MENGGUNAKAN VISUAL BASIC NET
Teguh.....111

RANCANG BANGUN SISTEM PENGAWASAN ORANG TUA BERWAWASAN PRIVASI MENGGUNAKAN PROTOKOL ENKRIPSI END-TO-END DAN KOMPUTASI EDGE
Budi.....122

JURNAL *isme* Tek

PUBLIKASI ILMIAH INSTITUT TEKNOLOGI BUDI UTOMO

● INFORMATIKA ● SIPIL ● MESIN ● ELEKTRO ● SISTEM INFORMASI ● ARSITEKTUR

DAFTAR ISI

UPAYA PENEGAKAN HUKUM ATAS HAK KEKAYAAN INTELEKTUAL (HKI) DI INDONESIA
Sahidul.....129

ANALISIS KAPASITAS TRACTION POWER SUBSTATION (TPSS) PADA SAAT KONDISI DARURAT PADA TPSS JATIMULYA – JATIBENING BARU UNTUK PENGOPERASIAN LIGHT RAIL TRANSIT (LRT) JABODEBEK
Padmundana, Budiono.....135

PENGEMBANGAN ALAT MONITORING REAL- TIME PADA KWh METER 3 FASE UNTUK OPTIMALISASI PENGUKURAN ENERGI LISTRIK BERBASIS BLYNK IOT DI LINGKUNGAN MNC STUDIO
Cahyono, Leni, Eko140

KEKERASAN DAN STRUKTUR MIKRO PADUAN ALUMINIUM AC4CH AKIBAT VARIASI SOLUTION TREATMENT DAN ARTIFICIAL AGING
Bantu, Suryadi.....149

PERANCANGAN SISTEM INFORMASI MANAJEMEN BENGKEL KOMPUTER DENGAN METODE R&D
Sayyid.....152

RANCANG BANGUN SISTEM OTOMASI KALKULASI *OVERALL EQUIPMENT EFFECTIVINESS* (OEE) PADA LINE KEMAS PT.SAKAFARMA LABORATORIES BERBASIS PLC SIEMENS S7-1200 DAN *INTERNET OF THINGS* (IOT)
Fathoni.....159

ANALISIS BEBAN DAN DAYA MESIN PENDINGN GEDUNG LAB SIMULATOR MULTIGUNA SISTEM OTOMASI GOA 3 UKURAN 17,5 x 14 x 8,6 M BALAI PENGUJIAN PERKERETAAPIAN DI BEKASI
Pedro.....168

PROSES PENGAJARAN TERHADAP MAHASISWA ARSITEKTUR DENGAN MENGGUNAKAN STUDI KASUS DAN STUDI LITERATUR YANG MUMPUNI

Medina Suci Handayani

Program Studi Teknik Arsitektur, FTSP, Institut Teknologi Budi Utomo, Jakarta

Medina.suci.handayani@gmail.com

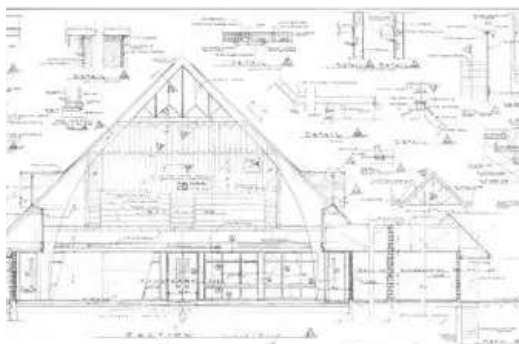
Abstrak

Dalam hal mendidik mahasiswa khususnya mahasiswa Teknik Arsitektur, dibutuhkan beberapa metoda dan Teknik pengajaran agar materi yang disampaikan dapat dicerna dan diterima dengan baik. Beberapa metoda tersebut sudah teruji oleh beberapa institusi Pendidikan yang menerapkan pembelajaran mandiri. Mahasiswa Teknik Arsitektur yang notabene memiliki cara pengajaran yang berbeda. Pada Institusi Pendidikan yang menjadi sampel penelitian penulis, terdapat dua buah institusi yang akan dikupas, pertama yaitu Institusi Pendidikan berbasis studio dan yang satunya lagi institusi Pendidikan berbasis kelas.

Kata kunci : Studi Kasus Dan Studi Literatur

1. PENDAHULUAN

Bermula dari masih banyaknya problematika pengajaran di Jurusan Teknik Arsitektur, seperti contohnya mahasiswa baru yang kehilangan motivasi di awal pengajaran di karenakan satu dan lain hal. Seperti contohnya mereka tidak begitu memahami materi yang disampaikan karena terlalu banyak materi atau kurangnya kegiatan studio percontohan : mengerti skala, penggambaran Teknik, dan lain sebagainya.



Gambar 1. Ilustrasi sketsa
(sumber : Ilustrasi sketsa Fotolip.com)

Menurut peneliti, pembelajaran paling efektif ialah dengan menghadirkan contoh atau studi kasus nyata dan kemudian bisa di terapkan pada pembelajaran di studio terkait teknis dan tata cara seperti yang dilaksanakan di lapangan dalam kehidupan nyata.

2. METODOLOGI

KAJIAN TEORI METODOLOGI

Tahap pengkajian dilaksanakan dengan metode penelitian terhadap lingkungan sekitar Fakultas Teknik khusus nya di jurusan Arsitektur dan juga data-data yang di dapat dari mahasiswa yang dijadikan sampel dan Tingkat keberhasilan KBM (Kegiatan Belajar Mengajar) di kampus dan juga berpengaruh terhadap nilai dan prestasi akademik mereka. Seperti contohnya :

1. Tingkat pemahaman dalam materi yang diajarkan.
2. Survey keefektifan dalam pengajaran yang diberikan.
3. Survey terhadap hasil tugas dan karya mahasiswa yang telah dikumpulkan.
4. Tingkat keberhasilan dalam metoda pengajaran yang diberikan.

IDENTIFIKASI PEMAHAMAN MAHASISWA DALAM PROSES KBM :

1. Siswa memiliki pengetahuan dan wawasan baru yang lebih luas.
2. Siswa menemukan keterampilan dan minat dalam belajar serta mampu meningkatkannya lebih baik dan profesional.
3. Siswa memperoleh sikap dan karakter yang lebih baik.
4. Siswa mendapatkan prestasi belajar di Kampus.
5. Siswa memiliki kreativitas dan inovasi tinggi sehingga dapat menciptakan karya baru yang bermanfaat.

(Sumber : BlogKejarcita.id)

2. HASIL DAN PEMBAHASAN

Dengan direncanakan konsep KBM (Kegiatan Belajar Mengajar) berbasis studio dan studi kasus maka diharapkan mahasiswa yang mengikuti mata kuliah yang diajarkan dapat lebih memahami dengan lebih baik materi yang diajarkan. Hal ini diharapkan juga menggerakkan motorik mahasiswa dan juga intuisi terhadap permasalahan yang dihadapi pada studi kasus tersebut. Untuk memahami dampak yang terjadi, dilakukan dengan dua pendekatan, yaitu pendekatan langsung dan tidak langsung. Pendekatan secara langsung ialah dengan mengambil sampel tugas mahasiswa yang telah selesai dan di cek Kembali Tingkat keberhasilan dan ketepaytannya, untuk pengambilan sampel secara tidak langsung ialah dengan mengamati hasil kerja lapangan untuk mahasiswa semester 5 ke atas yang sudah menjalani kerja praktik di lapangan dan melihat hasil kerja di perusahaan tempat mahasiswa tersebut magang.

Dalam teori yang lain, Syaiful Bahri Djamarah dan Aswan Zain (2006: 106), mengemukakan pendapatnya terkait indikator keberhasilan siswa dalam belajar terdiri dari:

1. Daya serap siswa dalam memahami materi pelajaran yang diajarkan untuk mencapai prestasi memuaskan, baik secara kelompok ataupun individu.
2. Perilaku siswa yang sesuai dengan tujuan pengajaran atau instruksional khusus (TIK) sudah dicapai siswa dengan baik, baik secara kelompok ataupun individu.

Sementara itu, Zaenal Arifin (2009: 298) juga menyatakan beberapa indikator keberhasilan siswa bisa dinilai berdasarkan bentuk dan perbuatan tingkah laku. Adapun beberapa jenis tingkah laku tersebut, yaitu:

1. Kebiasaan Siswa

Kebiasaan merupakan tingkah laku yang dilakukan terus menerus. Ini juga bisa menjadi cara bertindak siswa yang ia dapatkan dari kegiatan belajar.

2. Keterampilan

Keterampilan merupakan tingkah laku yang didapatkan dari kemampuan siswa. Ini didapatkan dari adanya kegiatan otot yang digerakkan dan dikoordinasikan sistem.

3. Akumulasi Persepsi

Keberhasilan belajar juga bisa dilihat dari kemampuan siswa dalam mengakumulasi persepsi melalui belajar.

4. Asosiasi dan Hafalan

Siswa juga memiliki hafalan terhadap sesuatu sebagai hasil penguapan asosiasi pembelajaran.

5. Pemahaman Konsep

Dalam kegiatan belajar mengajar tentu siswa mendapatkan ilmu baru, ini bisa dilihat dari pemahaman konsep siswa.

6. Sikap

Sikap merupakan kecenderungan dan perilaku siswa terhadap sesuatu. Tentu setelah mengikuti kegiatan pembelajaran siswa memiliki sikap yang baik sesuai harapan.

7. Nilai

Nilai menjadi tolak ukur dalam menentukan keberhasilan dan kegagalan serta perbandingan antara yang baik dan kurang baik.

8. Moral dan Agama

Moral adalah nilai-nilai baik yang diterapkan dalam kehidupan bermasyarakat dan agama adalah konsep Tuhan dan keimanan yang diterapkan dalam kehidupan.

Berdasarkan beberapa hal yang sudah dijelaskan sebelumnya, bisa diambil kesimpulan bahwa indikator keberhasilan siswa dalam belajar bisa dilihat dari daya serap materi dan perbuatan atau tingkah laku sesuai diharapkan. Keberhasilan ini bisa dicapai baik secara individu ataupun kelompok.

4.KESIMPULAN

Untuk Kesimpulan dari hasil penelitian diatas, dengan metode pengajaran efektif yang melibatkan studi kasus nyata di

lapangan dapat memberikan Tingkat keberhasilan yang signifikan dalam proses Kegiatan belajar dan mengajar di lingkungan kampus.

DAFTAR PUSTAKA

edukatif-24E1Ld2fdK7

BlokKejarCita.id

<https://Fotolip.com>

<https://blog.kejarcita.id/patut-diketahui-ini-indikator-keberhasilan-siswa-dalam-belajar/>

<https://an-nur.ac.id/indikator-prestasi-belajar-pengertian-jenis-dan-cara-meningkatkannya/>

PREDIKSI UMUR PAKAI RODA KERETA LRT JABODEBEK (JAKARTA, BOGOR, DEPOK, BEKASI) BERBAHAN BAJA ER7 BERDASARKAN JARAK TEMPUH

¹*Dr. Iwan Setiadi, ST., MT.* ²*Rusdi Dahlan, MT.* ³*Oki Kurniawan*

¹*Program Studi Teknik Mesin, FTI, Institut Teknologi Budi Utomo Jakarta,
ilsetyadi2810@gmail.com*

²*Program Studi Teknik Mesin, FTI, Institut Teknologi Budi Utomo Jakarta,
rusdidahlan73@gmail.com*

³*Program Studi Teknik Mesin (undergraduate), FTI, Institut Teknologi Budi Utomo
Jakarta, okik489@gmail.com*

Abstrak

Berdasarkan data Badan Pusat Statistik Pemerintah Provinsi DKI Jakarta Tahun 2022 jumlah penumpang kereta api perkotaan mencapai 217,96 juta jiwa. Hal ini menunjukkan tingkat mobilitas yang tinggi sehingga membuat pemerintah pusat perlu membangun fasilitas transportasi umum berupa LRT (Light Rail Transit) atau kereta api ringan terintegrasi di wilayah Jabodebek. LRT Jabodebek beroperasi secara elevated atau jalur layang, dengan 3 lintas pelayanan yaitu lintas pelayanan 1 antara Cawang - Harjamukti, lintas pelayanan 2 antara Cawang – Dukuh Atas, lintas pelayanan 3 antara Cawang – Jati Mulya. Setiap sarana perkeretaapian yang berjalan diatas rel harus dilakukan perawatan, dimana salah satu komponen yang penting untuk dilakukan perawatan adalah bagian roda. Roda merupakan komponen yang bergesekan langsung dengan kepala rel, sehingga akan menyebabkan keausan pada kedua komponen tersebut. Kondisi ini akan berpengaruh terhadap umur pakai roda menjadi lebih cepat habis. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh jarak tempuh terhadap diameter roda dan mencari prediksi umur pakai roda LRT Jabodebek. Data penelitian ini didapatkan dari data perawatan bulanan dan pengukuran rutin selama satu tahun. Analisis data menggunakan metode regresi linier sederhana. Berdasarkan hasil analisis didapatkan bahwa pengaruh jarak tempuh terhadap trainset kereta 1 sebesar 85,4%, kereta 2 sebesar 85,4%, kereta 3 sebesar 87,6%, kereta 4 sebesar 85,4%, kereta 5 sebesar 89,3%, kereta 6 sebesar 85,4%. Sedangkan prediksi umur pakai roda sejak awal operasi bulan Juli 2023 pada trainset 25 kereta 1 akan bertahan saat mencapai jarak tempuh 169.604 km, kereta 2 saat mencapai jarak tempuh 169.604 km, kereta 3 saat mencapai jarak tempuh 162.717 km, kereta 4 saat mencapai jarak tempuh 169.604 km, kereta 5 saat mencapai jarak tempuh 122.151 km, kereta 6 saat mencapai 169.604 km.

Kata Kunci: Jarak tempuh, Diameter Roda, Kereta, Roda dan LRT Jabodebek.

1. PENDAHULUAN

Sesuai data Badan Pusat Statistik Provinsi DKI Jakarta Tahun 2022[1] jumlah penumpang kereta api perkotaan wilayah Jabodetabek mencapai 217,96 juta atau sekitar 96% dari total jumlah penumpang kereta api di DKI Jakarta. Hal ini menunjukan bahwa tingkat mobilitas penduduk wilayah Jabodetabek sangat tinggi, sehingga pemerintah pusat mendorong pembangunan sektor transportasi melalui *LRT (Light Rail Transit)* di wilayah Jabodebek, untuk memfasilitasi masyarakat agar lebih nyaman dan aman dalam menggunakan transportasi publik dibandingkan transportasi pribadi.

LRT Jabodebek dibangun dengan tiga lintas pelayanan, yaitu lintas pelayanan 1 antara Cawang - Harjamukti, lintas pelayanan 2 antara Cawang – Dukuh Atas, lintas pelayanan 3 antara Cawang – Jati Mulya.

Sarana LRT Jabodebek merupakan produk asli dalam negeri yang diproduksi oleh PT. INKA. Jumlah sarana yang diproduksi sebanyak 31 trainset, Dimana dalam 1 trainset terdapat 6 kereta.

Perawatan Sarana Perkeretaapian adalah kegiatan yang dilakukan untuk mempertahankan keandalan Sarana Perkeretaapian agar tetap laik operasi (PM Perhubungan No 18 Tahun 2019)[2]. Salah satu komponen yang penting untuk dilakukan perawatan yaitu roda. Karena roda adalah komponen yang langsung bergesekan dengan permukaan jalan rel saat sarana berjalan, sehingga akan memungkinkan timbulnya keausan antara rel dan roda.

Berdasarkan Peraturan Menteri Perhubungan No. 175 Tahun 2015 [3] tentang standar spesifikasi teknis kereta kecepatan normal dengan penggerak sendiri, kekerasan

roda kereta api harus lebih rendah daripada kekerasan jalan rel kereta api. Hal ini akan menentukan umur dan keausan yang terjadi. Selain itu, jarak tempuh sarana LRT Jabodebek ini juga sangat berpengaruh terhadap umur pakai roda. Oleh karena itu, tujuan dari penelitian ini ialah untuk memprediksi umur pakai dari roda LRT Jabodebek berbahan baja berdasarkan jarak tempuh.

Penelitian ini memiliki batasan agar fokus terhadap tujuannya. Adapun batasannya adalah:

1. Penelitian dilakukan di lintas LRT Jabodebek;
2. Pengukuran dilakukan pada sarana LRT Jabodebek;
3. Penelitian hanya dilakukan pada Trainset 25 (6 Kereta);
4. Analisis data dilakukan menggunakan software SPSS 27 dan teori manual;
5. Penelitian dilakukan dengan menggunakan metode regresi linear sederhana;
6. Pengaruh dalam perhitungan penelitian ini hanya berdasarkan jarak tempuh sarana LRT Jabodebek;
7. Data penelitian dimulai dari periode Juni 2023 s.d. Juni 2024.

Ada 2 tujuan yang hendak dicapai pada penelitian ini yaitu :

1. Untuk mengetahui dan menganalisis pengaruh jarak tempuh sarana terhadap roda LRT Jabodebek;
2. Untuk mendapatkan persamaan regresi dan estimasi umur pakai roda sarana LRT Jabodebek.

1.1. LRT JABODEBEK

LRT Jabodebek merupakan moda transportasi perkeretaapian yang menggunakan system kendali otomatis atau disebut *Grade of Automation (GoA)* 3. LRT Jabodebek terdiri dari 6 kereta dalam 1 rangkaian dengan konfigurasi sebagai berikut:



Gambar 1. Konfigurasi sarana LRT Jabodebek [4]

Sumber : Penelitian mandiri

Keterangan gambar :

- MC : Motor Cabin Car (Kereta dengan kabin kendali dan motor penggerak)
- M : Motor Car (Kereta dengan motor penggerak)
- T : Trailer Car (Kereta tanpa motor penggerak)

Konfigurasi sarana LRT Jabodebek ini tidak dapat ditukar atau dipisahkan, akan tetapi dapat dirangkai dengan *trainset* lain. Operasi sarana LRT Jabodebek menggunakan suplai daya bertegangan 750 VDC yang disalurkan melalui rel ketiga (*third rail*).

Tabel 1. Spesifikasi teknis LRT Jabodebek [4]

kategori	keterangan
Material	Alumunium alloy, untuk cover bagian depan/kabin menggunakan komposit
Lebar gandar	1435 mm
Radius minimum	85/50 m
Kecepatan desain	90 km/jam
Kecepatan op maks	Max 80 km/jam
Berat kosong maks	T= 32,3 ton M1,M2 = 32,3 ton MC1, MC2 = 33,5 ton
Tegangan suplai daya	750 Vdc (range voltage 550-900 VDC) Menggunakan rel ketiga
Daya motor traksi	150 kW / motor traksi
Sistem kelistrikan	750 VDC
<i>Bogie suspension</i>	Suspensi primer: Rubber bonded Suspensi sekunder : Air spring
Diameter roda (Baru/Aus)	780/700 mm
Percepatan	1 m/s ²
Perlambatan (Full Service/Emergency)	1 m/s ² / 1,3 m/s ²

Sumber : Penelitian mandiri

1.2. BOGIE

Bogie adalah suatu konstruksi yang terdiri dari dua perangkat roda atau lebih yang digabungkan oleh rangka yang dilengkapi dengan sistem pemegasan, pengereman, dengan atau tanpa komponen penggerak dan anti selip, serta keseluruhan berfungsi sebagai pendukung rangka dasar dari badan kereta. *Bogie* memiliki fungsi utama yaitu sebagai penopang beban *carbody*, penstabil gerakan

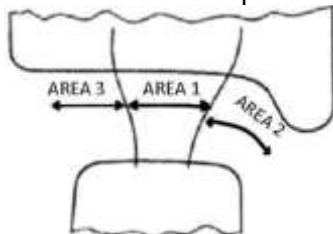
kereta, dan meminimalisir efek dari gaya sentrifugal ketika kereta berbelok.



Gambar 2. Bogie [4]
Sumber : Penelitian mandiri

1.3. RODA LRT JABODEBEK

Roda adalah komponen kereta yang digunakan untuk penerima gaya putar dari gear box sehingga kereta dapat bergerak. Berikut adalah titik kontak pada roda:



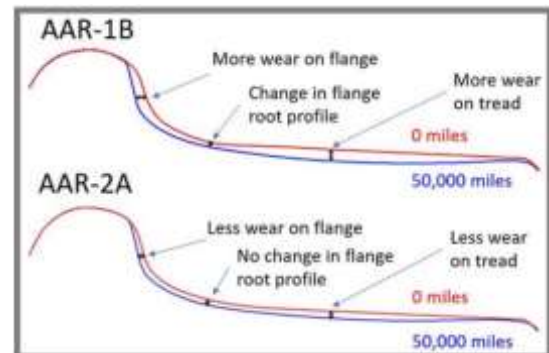
Gambar 3. Titik Kontak Roda [5]
Sumber : Penelitian mandiri

Pada gambar diatas ditunjukkan terdapat tiga bagian pada profil roda kereta. Pada Area 1 disebut sebagai Tread yang berbentuk *conical* dengan tujuan untuk mengurangi slip pada roda yang berada di lengkungan, dikarenakan pergerakan roda pada inner dan outer rel harus berotasi dalam jumlah yang sama per waktu. Pada area 2 disebut *Flange/ Flens*. Flens berfungsi untuk menghindari terjadinya anjlok dan mengarahkan roda. Lebar flens pada umumnya adalah 125-135mm dan ketinggian flens antara 28-30 mm. Pada area 3 disebut sebagai *chamfer*, yaitu bagian roda yang berguna untuk memfasilitasi perangkat roda saat melewati lengkungan.

Tabel 2. Spesifikasi Roda LRT Jabodebek [4]

Parameter	keterangan
Berat	265,2 kg
Lebar	135 mm
Diameter	Baru : 780 mm Aus : 700 mm
Material Roda	Baja jenis ER7 menurut EN 13262
Flens	Baru : 32 mm Aus : 24 mm

Sumber : Penelitian mandiri



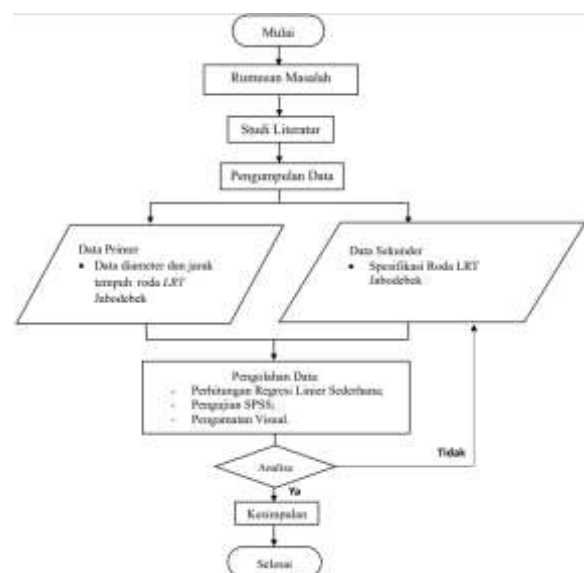
Gambar 4. Keausan Roda AAR-1B dan AAR-2A[6]

Sumber : Penelitian mandiri

Keausan pada roda ditunjukkan oleh garis berwarna biru yang digambarkan dengan perbandingan terhadap roda yang belum aus. Keausan terjadi paling sering pada flens roda kereta api. Hal ini dikarenakan dinamika gerak kereta yang seperti ular atau biasa disebut *snake motion* pergerakannya dibatasi oleh flens roda. Selain itu, pada saat kereta bergerak melalui lengkungan flens bagian roda dalam akan bergesekan dengan rel, hal ini menyebabkan keausan.

2. METODOLOGI

Alur proses penelitian ditunjukkan pada diagram alir berikut ini:



Gambar 5. Diagram alir penelitian Prediksi Umur Pakai Roda Kereta LRT JABODEBEK Berbahan Baja ER7 Berdasarkan Jarak Tempuh.

Sumber : Penelitian mandiri

2.1. METODA PENGOLAHAN DATA

Pada penelitian ini lintas dan jarak tempuh merupakan variabel bebas (independent) sedangkan variabel terikatnya (dependent) adalah ukuran diameter roda. Kemudian data tersebut akan dianalisis menggunakan uji normalitas, uji linieritas dan uji Regresi Linier.

a. Uji Normalitas Kolmogorov Smirnov

Data akan di uji kenormalitasannya dengan menggunakan software SPSS 26. Uji kenormalan yang digunakan adalah One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test.

b. Uji Linieritas

Data yang diuji linieritas adalah jarak tempuh dengan diameter roda dan waktu dengan diameter roda. Uji Linieritas menggunakan software SPSS.

c. Regresi Linier

Regresi linier sederhana dilakukan guna mengetahui parameter variable bebas mana yang lebih berpengaruh terhadap laju keausan flens roda yang bertindak sebagai variable terikat. Pengujian ini dilakukan menggunakan software SPSS 27 sehingga akan diketahui koefisien regresi tingkat keberpengaruhan antara lintas dan jarak tempuh sebagai variabel bebas dengan keausan flens roda sebagai variabel terikat. Nilai koefisien nantinya akan di substitusikan kedalam rumus persamaan regresi linier sederhana:

$$Y = a + bX$$

Keterangan:

Y= Variabel terikat

a = Konstanta

b = Koefisien regresi

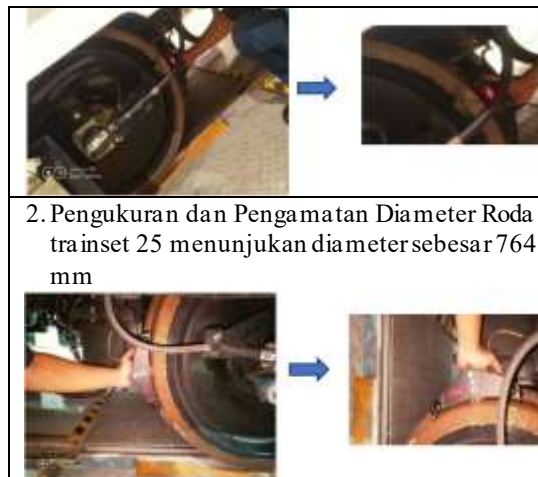
X= Variabel bebas

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Data Pengamatan Visual Diameter Roda LRT Jabodebek

Data dan dokumentasi pengamatan diameter roda secara visual pada trainset 25 sarana LRT Jabodebek

1. Pengukuran dan Pengamatan Diameter Roda trainset 25 menunjukkan diameter sebesar 780 mm

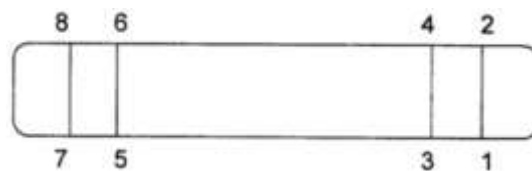


Gambar 6. Data Pengamatan Visual Roda Trainset 25.

Sumber : Penelitian mandiri

3.2. Data Jarak Tempuh dan Diametere Roda.

Sarana LRT Jabodebek dalam 1 trainset terdapat 6 kereta (MC1, M1, T1, T2, M2, MC2), dan dalam 1 kereta memiliki 8 buah roda, akan tetapi dari 8 roda tersebut data diameter roda yang akan dianalisis diambil dengan cara mean atau rata-rata.



Gambar 7. Susunan Roda [7].

Sumber : Penelitian mandiri

Berdasarkan Peraturan menteri Perhubungan No. 15 Tahun 2011 Tentang Standar, Tata Cara Pengujian dan Sertifikasi Kelaikan Kereta yang Ditarik Lokomotif, menunjukkan bahwa urutan pada proses pengukuran roda dimulai dari sisi kiri depan sarana, sedangkan jika dilihat dari sisi atas maka urutannya akan seperti gambar 7 di atas.

Tabel 3. Data Jarak Tempuh (km) dan Diameter Roda (mm)

Jarak tempuh (km)	Diameter roda (mm)					
0	780	780	780	780	780	780
2342	780	780	780	780	780	780
6821	780	780	780	780	780	780
7791	780	780	780	780	780	780
19935	780	780	780	780	780	780
20309	780	780	780	780	780	780
20995	780	780	780	780	780	780

24372	765	765	765	765	765	765
31564	765	765	765	765	765	765
31599	765	765	765	765	765	765
40294	765	765	765	765	750	765
41023	765	765	765	765	750	765
42658	765	765	765	765	750	765
50597	765	765	765	765	750	765
52055	765	765	765	765	750	765
54851	765	765	765	765	750	765
56633	764	764	764	764	749	764
60667	764	764	764	764	749	764
61150	740	740	740	740	725	740
64921	740	740	740	740	725	740
73967	740	740	740	740	725	740
75263	740	740	740	740	725	740
75544	740	740	740	740	725	740
78402	740	740	740	740	725	740
81020	740	740	740	740	725	740
83788	740	740	740	740	725	740
85570	740	740	740	740	725	740
86082	740	740	736	740	725	740
97353	740	740	736	740	725	740
98367	740	740	736	740	725	740
108199	740	740	736	740	725	740

Sumber : Penelitian mandiri

3.3. Pengujian Data

Uji Normalitas Kolmogorov Smirnov

Uji normalitas dilakukan dengan membandingkan nilai signifikansi variable dengan nilai signifikansi (0,050). Jika nilai signifikansi variable $> 0,050$, maka nilai residual dianggap berdistribusi normal. Dan sebaliknya, apabila nilai signifikansi variable $< 0,050$, maka nilai residual dianggap tidak berdistribusi normal. Berikut table data hasil uji normalitas kolmogorov Smirnov pada setiap kereta di trainset 25.

Tabel 4. Hasil Pengujian Normalitas Kolmogorov Smirnov Trainset 25

Nilai Signifikansi Variabel (Sig)					
(MC1)	(M1)	(T1)	(T2)	(M2)	(MC2)
0,333	0,323	0,363	0,335	0,968	0,324

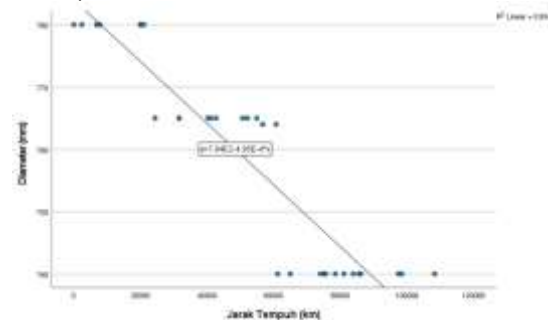
Data 25 hasil uji tersebut menunjukkan keenam kereta pada trainset 25 memiliki nilai signifikansi $> 0,050$, sehingga keenam kereta pada trainset 25 dinyatakan berdistribusi dengan normal.

Uji Linieritas

Berikut ini merupakan kriteria uji linieritas menggunakan scatter plot:

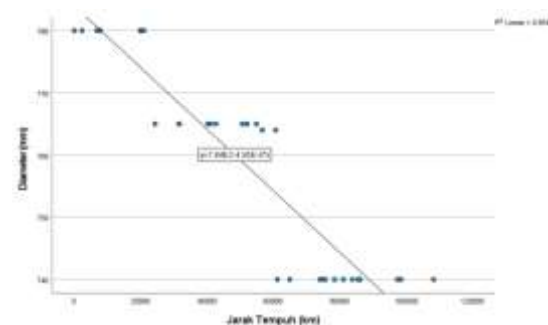
1. Apabila dari grafik terdapat titik-titik plot data berbentuk pola garis lurus dari kanan atas turun ke kiri bawah atau dari kiri atas turun ke kanan bawah, maka data tersebut dalam kategori linier;

2. Apabila dari grafik tidak berbentuk pola garis lurus dari kanan atas turun ke kiri bawah atau dari kiri atas turun ke kanan bawah, maka data tersebut dalam kategori tidak linier (non-linier).



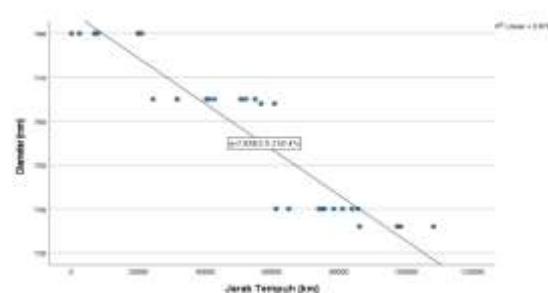
Gambar 8. Grafik Scatter Plot Trainset 25 Kereta 1 (MC1)

Sumber : Penelitian mandiri



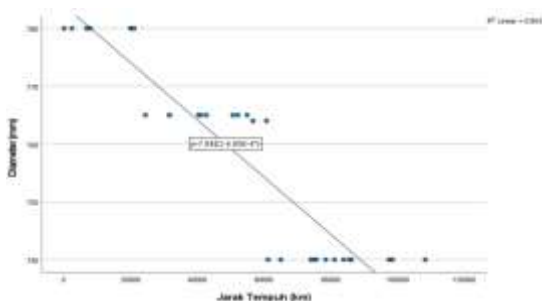
Gambar 9. Grafik Scatter Plot Trainset 25 Kereta 2 (M1)

Sumber : Penelitian mandiri

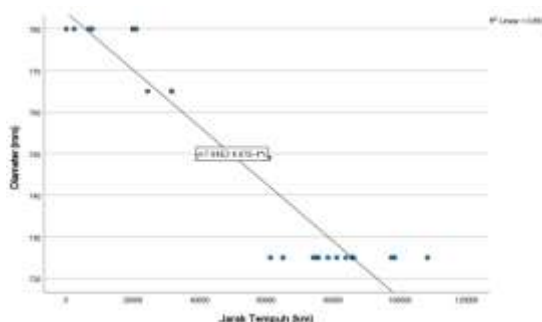


Gambar 10. Grafik Scatter Plot Trainset 25 Kereta 3 (T1)

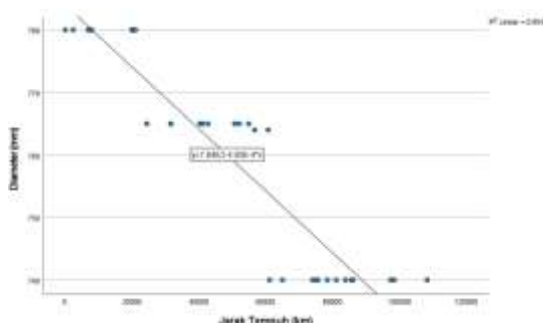
Sumber : Penelitian mandiri



Gambar 11. Grafik Scatter Plot Trainset 25
Kereta 4 (T2)
Sumber : Penelitian mandiri



Gambar 12. Grafik Scatter Plot Trainset 25
Kereta 5 (M2)
Sumber : Penelitian mandiri



Gambar 13.. Grafik Scatter Plot Trainset 25
Kereta 6 (MC2)
Sumber : Penelitian mandiri

Regresi Linier

Untuk menentukan adanya pengaruh antara variabel bebas (Jarak tempuh) dan variabel terikat (diameter roda), dilakukan pengujian dengan membandingkan nilai signifikansi dengan nilai probabilitas sebesar 0,050. Jika nilai signifikansi $< 0,050$, maka diasumsikan bahwa variabel bebas (jarak tempuh) memiliki pengaruh yang signifikan terhadap variabel terikat (diameter roda). Akan tetapi, jika nilai signifikansi $> 0,050$, maka diasumsikan bahwa variabel bebas tidak memiliki pengaruh yang signifikan terhadap variabel terikat. Dari

SPSS 27 dilakukan pemastian signifikansi dan diperoleh Trainset 25 untuk semua 6 keretanya memiliki nilai signifikansi $< 0,050$.

Hasil regresi linier dari SPSS 27 ditampilkan di tabel 5 di bawah ini.

Tabel 5. Persamaan Regresi Jarak Tempuh (km) (X) dengan Diameter (mm) (Y)

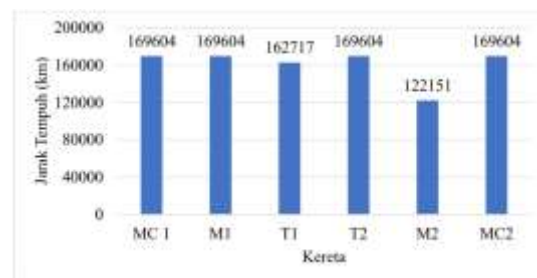
No kereta	Persamaan regresi linier	R ²
Kereta 1 (MC1)	$Y = 783,954 - 0,000495X$	0,854
Kereta 2 (M1)	$Y = 783,954 - 0,000495X$	0,854
Kereta 3 (T1)	$Y = 784,776 - 0,000521X$	0,876
Kereta 4 (T2)	$Y = 783,954 - 0,000495X$	0,854
Kereta 5 (M2)	$Y = 783,918 - 0,000687X$	0,893
Kereta 6 (MC2)	$Y = 783,954 - 0,000495X$	0,854

Sumber : Penelitian mandiri

3.4. Analisa Prediksi Umur Pakai Roda Berdasarkan Jarak Tempuh (km) dan Diameter Roda (mm)

Analisis regresi dapat digunakan untuk prediksi atau peramalan jarak tempuh (km) dan diameter (mm) roda sarana LRT Jabodebek dengan menggunakan persamaan regresi yang sudah didapatkan di tabel 5 di atas. Batas maksimum diameter roda sarana LRT Jabodebek adalah 700 mm menjadi nilai Y yang akan dicari jarak tempuh X ekuivalennya sesuai nomor kereta.

Hasil perhitungan jarak tempuh ekuivalen saat keausan roda maksimal (diameter roda $Y = 700$ mm) berdasarkan persamaan regresi tabel 5 ditampilkan pada grafik di gambar 14 di bawah ini.



Gambar 14. Diagram Hasil Prediksi Umur Roda Berdasarkan Jarak Tempuh (km)
Sumber : Penelitian mandiri

Dari gambar 14 dapat diprediksi bahwa pada trainset 25 kereta 1 (MC1) akan mengalami penggantian roda baru pada jarak tempuh 169.604 km, kereta 2 (M1) pada jarak tempuh 169.604 km, kereta 3 (T1) pada jarak tempuh 162.717 km, kereta 4 (T2) pada jarak tempuh 169.604 km, kereta 5 (M2) pada jarak tempuh 122.151 km, kereta 6 (MC2) pada jarak tempuh 169.604 km.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan analisis data yang telah dilakukan, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Berdasarkan hasil analisis data, terdapat korelasi/ hubungan antara jarak tempuh dan diameter roda. Hal tersebut mengandung pengertian bahwa faktor jarak tempuh dapat mempengaruhi diameter roda secara signifikan pada trainset 25 berdasarkan koefisien determinasi R^2 , dimana kereta 1 (MC1) sebesar 85,4%, Kereta 2 (M1) sebesar 85,4%, Kereta 3 (T1) sebesar 87,6%, Kereta 4 (T2) sebesar 85,4%, Kereta 5 (M2) sebesar 89,3%, dan Kereta 6 (MC2) sebesar 85,4%.
2. Berdasarkan hasil perhitungan regresi linier sederhana menggunakan simulasi SPSS didapatkan persamaan antara jarak tempuh dan diameter roda. Dengan rincian prediksi umur pakai roda sarana LRT Jabodebek dari awal penggunaan pada bulan Juni 2023 dengan diameter 780 mm hingga mencapai batas minimum diameter yaitu 700 mm. Pada trainset 25 kereta 1

(MC1) saat jarak tempuh mencapai 169.604 km, kereta 2 (M1) saat jarak tempuh mencapai 169.604 km, kereta 3 (T1) saat jarak tempuh mencapai 162.717 km, kereta 4 (T2) saat jarak tempuh mencapai 169.604 km, kereta 5 (M2) saat jarak tempuh mencapai 122.151 km, kereta 6 (MC2) saat jarak tempuh mencapai 169.640 km.

DAFTAR PUSTAKA

1. Badan Pusat Statistik Pemerintah Provinsi DKI Jakarta, *Data Penumpang Kereta Api wilayah Jabodebek*, 2022
2. Peraturan Menteri Perhubungan Republik Indonesia Nomor 18 / 2019, *Standar Tempat dan Peralatan Perawatan Sarana Perkeretaapian*, 2019
3. Peraturan Menteri Perhubungan Republik Indonesia Nomor 175 / 2015, *Standar Spesifikasi Teknis Kereta Kecepatan Normal dengan Penggerak Sendiri*, 2015
4. PT. INKA, *Aproval Spesifikasi Teknis Sarana LRT Jabodebek*, PT. Industri Kereta Api, 2018
5. Nippon Steel, *Titik Kontak Roda dengan Rel*, 2022.
6. Cummings, *Next Generation Wheel Profile: AAR-2A*, Railways Age, 2020.
7. Peraturan Menteri Perhubungan Nomor 15 / 2011, *Standar Tata Cara Pengujian dan Sertifikasi Kelaikan Kereta yang Ditarik Lokomotif*, 2011

ANALISIS EFEKTIVITAS KINERJA DAN PERAWATAN PADA MESIN TRANSMISI (*GEARBOX*) KAPAL 300 HP

¹Moch. Sugiri, ²Edi Eko Susanto

Jurusan Teknik Mesin, FTI, Institut Teknologi Budi Utomo Jakarta,
sugiri.moch@gmail.com

²Jurusan Teknik Mesin, FTI, Institut Teknologi Budi Utomo Jakarta,
ekosusantoedi19@gmail.com

Abstrak

Transmisi kapal memiliki peran vital dalam sistem penggerak utama kapal, yang secara langsung mempengaruhi efisiensi operasional dan keselamatan pelayaran. Dalam praktiknya, kerusakan pada mesin transmisi dapat menyebabkan terganggunya operasional kapal secara keseluruhan. Penelitian ini dilakukan untuk menganalisis efektivitas kinerja dan strategi perawatan mesin transmisi kapal 300 HP dengan menggunakan metode *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) dan *Fishbone Diagram* sebagai alat identifikasi akar masalah. Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan pengumpulan data meliputi waktu produksi, jumlah output baik dan cacat, waktu downtime, serta riwayat perawatan mesin. Data dianalisis menggunakan perhitungan OEE yang mencakup tiga parameter utama: *Availability*, *Performance*, dan *Quality*. Untuk mengetahui penyebab utama kerusakan dilakukan analisis penyebab menggunakan diagram *Fishbone* yang terdiri dari aspek *Man*, *Machine*, *Method*, dan *Environment*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa rata-rata nilai OEE mesin transmisi selama tahun 2024 berkisar antara 73,81% hingga 81,36%, yang masih berada di bawah standar ideal JIPM (85%). Nilai OEE terendah disebabkan oleh *downtime* akibat kerusakan bearing, slip transmisi, serta kurang optimalnya sistem pendinginan. Berdasarkan analisis *fishbone*, penyebab utama kerusakan berasal dari kurangnya pelatihan operator, perawatan yang tidak terjadwal, dan kondisi lingkungan operasi yang ekstrem. Waktu ideal untuk pelaksanaan perawatan preventif ditentukan setiap 100 jam operasi guna mengurangi risiko kerusakan komponen utama. Dari hasil penelitian ini, disarankan adanya penyusunan jadwal perawatan yang disiplin, pelatihan rutin bagi operator, serta pengadaan sistem monitoring performa gearbox secara berkala untuk meningkatkan nilai efektivitas dan memperpanjang umur mesin transmisi kapal.

Kata kunci : *Gearbox*, OEE, Perawatan Preventif, *Fishbone Diagram*, Mesin Kapal

1. PENDAHULUAN

Kapal merupakan sarana transportasi laut yang vital dalam mendukung kegiatan distribusi logistik dan mobilitas penumpang dalam skala besar. Agar mampu beroperasi secara efektif di berbagai kondisi perairan, kapal harus ditunjang oleh sistem penggerak yang andal. Mesin kapal sebagai sumber tenaga utama dituntut bekerja secara optimal dan berkelanjutan, sehingga perawatan yang rutin, terjadwal, dan sistematis menjadi hal yang tidak dapat diabaikan.

Kinerja mesin induk kapal sangat menentukan kelancaran operasional. Kapal laut dirancang untuk membawa muatan besar dan menempuh jarak jauh, sehingga keandalan mesin utama menjadi aspek kritis dalam mendukung performa

pelayaran (M. Paikah, 2019). Mesin induk (main engine) berperan sebagai pusat tenaga penggerak kapal yang terhubung langsung dengan sistem propulsi melalui poros transmisi, yang mengubah energi mekanik menjadi gaya dorong (N. Ziliwu, 2020), (A. Leksono, 2018). Jenis mesin yang umum digunakan adalah mesin diesel dua langkah (2-tak) dan empat langkah (4-tak), masing-masing dengan sistem pemasukan udara pembakaran yang berbeda, baik dengan metode hisap maupun sistem bertekanan menggunakan *turbocharger* (Maridji, 2019). Perancangan adalah proses untuk mendeskripsikan sesuatu yang akan dikerjakan dengan menggunakan teknik yang bervariasi serta di dalamnya melibatkan deskripsi mengenai struktur

serta detail komponen dan juga keterbatasan yang akan dialami dalam proses pengerjaannya (Moch.Sugiri, 2023).

Salah satu contoh aplikasi mesin berkinerja tinggi adalah mesin tempel kapal X dengan daya 300 HP. Mesin ini banyak digunakan dalam berbagai sektor kelautan, termasuk transportasi, perikanan, dan rekreasi, karena kemampuannya beroperasi dalam kondisi ekstrem. Namun, keandalan dan efisiensi mesin sangat dipengaruhi oleh praktik perawatan yang dilakukan secara berkala. Minimnya pemahaman teknis, keterbatasan biaya, atau tekanan operasional sering menjadi alasan terabaikannya pemeliharaan rutin, yang pada akhirnya berdampak pada efisiensi bahan bakar, meningkatnya risiko kerusakan, dan berkurangnya umur pakai mesin.

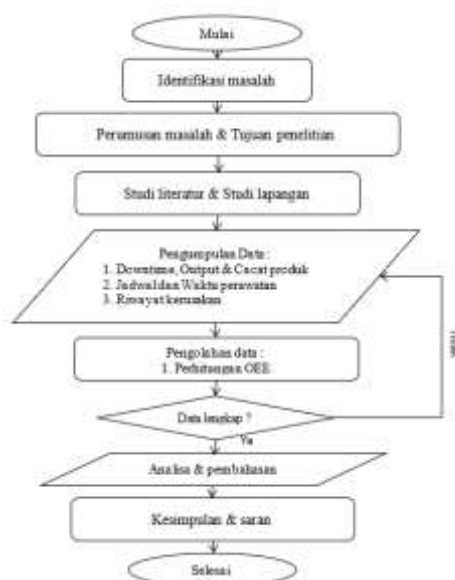
Perawatan seperti penggantian pelumas, inspeksi sistem pendingin, pembersihan filter bahan bakar, serta pemeriksaan sistem kelistrikan merupakan tindakan preventif yang esensial dalam menjaga kinerja mesin agar tetap optimal. Jika dilakukan secara konsisten, tindakan-tindakan tersebut dapat memperpanjang usia pakai mesin, meningkatkan efisiensi operasional, serta mengurangi potensi gangguan teknis yang dapat menghambat kegiatan pelayaran.

Dengan mempertimbangkan hal tersebut, diperlukan suatu kajian yang mendalam mengenai pengaruh perawatan berkala terhadap kinerja mesin tempel kapal X 300 HP. Penelitian ini bertujuan untuk memberikan pemahaman komprehensif tentang pentingnya perawatan rutin sebagai upaya untuk menjaga keandalan mesin, mendukung keselamatan operasional, serta meningkatkan efisiensi dan keberlanjutan investasi dalam sektor transportasi laut.

2. METODE PENELITIAN

2.1 Diagram Alir

Gambar 1 menunjukkan diagram alir penelitian yang menggambarkan metodologi penelitian.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian.
 Sumber : Penelitian Mandiri

Penelitian ini menggunakan jenis penelitian kuantitatif. Karena penelitian ini bersifat data dan dokumentasi. Penggunaan penelitian jenis kuantitatif bertujuan untuk menyajikan hasil yang bersifat rinci, prosedur yang spesifik dan hipotesis yang dirumuskan dengan jelas.

2.2. Sumber Data

1. Data Primer

Data primer terkait meliputi data pengamatan secara langsung atau observasi lapangan, serta data wawancara tentang penyebab rework yang berlebihan. Seperti menyaksikan proses produksi dan proses perawatan mesin, serta wawancara tidak terstruktur dengan bagian maintenance untuk informasi lebih lanjut selama penelitian.

2. Data Sekunder

Data sekunder ialah informasi yang didapatkan secara tidak langsung, seperti melalui catatan perusahaan atau temuan penelitian sebelumnya. Data sekunder dikumpulkan dengan mengklasifikasikan, menyusun, dan menganalisis informasi dari laporan perusahaan yang berkaitan dengan item yang sedang diteliti. Data yang digunakan dalam penelitian adalah: 1.Data waktu kerusakan mesin (Downtime).

- 2.Data waktu pemeliharaan mesin (Planned Downtime).
- 3.Data waktu set up mesin.
- 4.Data delay mesin.
- 5.Data produk cacat.
- 6.Data jam kerja mesin.

2.3. Teknik Pengumpulan Data

1. Observasi Langsung

Pemantauan langsung proses produksi, kondisi kerja, dan lingkungan kerja. Studi ini dilakukan melalui pengamatan langsung terhadap kerja mesin CNC dan pengetahuan tentang perhitungan OEE.

2. Wawancara

Wawancara dengan operator mesin dilakukan untuk mempelajari lebih lanjut kesulitan-kesulitan yang timbul selama pengoperasian mesin kapal dan sebagai referensi untuk rekomendasi modifikasi sebelum menghitung nilai OEE.

3. Studi Literatur

Studi literatur adalah jenis penelitian yang menyelidiki atau menilai secara kritis informasi, ide, atau penemuan yang terkandung dalam tubuh literatur yang berorientasi akademik dan merumuskan kontribusi metodologis dan teoritis untuk isu-isu tertentu. Penelitian literatur dilakukan dengan mencari data dan meninjau literatur yang ada di perusahaan mengenai proses manufaktur dan *Total Productive Maintenance*, *OEE*, *Six Big Losses*, dan *Fishbone Diagram*.

2.4. Teknik Analisis Data

1. OEE

OEE dihitung dengan mengalikan ketersediaan mesin, efisiensi kinerja proses, dan tingkat kualitas produk.

a). *Availability*: Rasio waktu tersedia yang digunakan untuk proses produksi mesin, yang dikendalikan oleh dua komponen, yaitu kerusakan mesin dan konfigurasi mesin.

b). *Performance*: Kemampuan peralatan yang digunakan untuk melaksanakan tugasnya dalam produksi produk dievaluasi. Faktor kehilangan kecepatan yang perlu dipertimbangkan termasuk

penghentian singkat, waktu idle (menganggur), dan penurunan kecepatan.

c). *Quality rate*: Nilai yang menggambarkan produk telah memenuhi kriteria penerimaan. Dengan memperoleh nilai hasil kualitas, kualitas produk dapat diklasifikasikan sebagai sangat baik atau rusak, dengan kualitas ideal 99%.

2. Six Big Losses

a). *Breakdown losses*, akibat peralatan tersebut telah rusak dan tidak bisa difungsikan lagi, sehingga membutuhkan penggantian atau perbaikan. Waktu yang dibutuhkan untuk melaksanakan dan memperbaiki bagian yang rusak digunakan untuk menghitung kerugian ini.

b). *Set up and adjustment time*, modifikasi dalam keadaan operasional, losses tersebut disebabkan oleh peristiwa-peristiwa seperti dimulainya produksi atau dimulainya shift baru, penyesuaian produk, dan perubahan keadaan operasi. Perubahan alat, pergantian cutter baru, dan jig adalah beberapa contoh. Kecepatan menurun, Kehilangan kecepatan terjadi ketika keluaran kurang dari keluaran kecepatan referensi. Keluaran yang melewati standar kualitas tidak memperhitungkan kehilangan kecepatan.

c). *Idling and minor stoppages losses*, adalah akibat kegagalan mesin sebagai akibat dari masalah sementara seperti penghentian mesin, kemacetan, dan pemalasan.

d). *Reduce speed losses*, yaitu penurunan kecepatan produksi dibandingkan dengan kecepatan desain mesin. Kapasitas ideal dibandingkan dengan beban kerja sebenarnya untuk mengukur kerugian ini. Kesalahan atau penurunan kualitas Kehilangan kualitas terjadi ketika hasil produksi tidak memenuhi standar kualitas yang ditentukan.

e). *Rework and quality defect*, adalah hasil dari cacat produksi. Barang yang tidak memenuhi standar harus diperbarui atau dibuang. Teknik pengerjaan ulang membutuhkan tenaga kerja, dan bisnis

kehilangan uang saat komponen didaur ulang.

f). *Yield losses*, karena limbah bahan baku. *losses* ini diklasifikasikan dalam jenis: *losses* bahan baku yang disebabkan oleh desain produk dan prosedur pembuatan, dan *losses* penyesuaian yang disebabkan oleh masalah kualitas produk pada awal proses pembuatan dan selama modifikasi.

1). OEE dihitung dengan mengambil ketersediaan mesin, efisiensi kinerja proses, dan tingkat kualitas produk dan mengalikannya dengan Persamaan 1:

$$OEE = Availability \times Performance \times Quality Rate \dots\dots\dots(1)$$

2). Tingkat ketersediaan (*Availability*) dihitung menggunakan Persamaan 2:

$$Availability = (loading\ time - down\ time) / (loading\ time) \times 100\% \dots\dots\dots(2)$$

3). *Performance ratio* menggunakan Persamaan 3:

$$Performance\ ratio = (output \times ideal\ cycle\ time) / (operation\ time) \times 100\% \dots\dots\dots(3)$$

4). Quality rate dapat dihitung sesuai Persamaan 4:

$$Quality\ rate = (output - reject) / output \times 100\% \dots\dots\dots(4)$$

5). *Equipment failure losses* dapat dilihat sesuai Persamaan 5:

$$Equipment\ Failure\ Losses = Downtime / (Loading\ Time) \times 100\% \dots\dots\dots(5)$$

6). *Setup and adjustment losses* dapat dilihat pada Persamaan 6:

$$Setup\ And\ Adjust\ Losses = (Setup\ And\ Adjustment\ Losses) / (Loading\ Time) \times 100\% \dots\dots\dots(6)$$

7). Perhitungan *idling and minor stoppage losses* dapat dilihat pada Persamaan 7:

$$Idling = (Jumlah\ Target - Output) \times Ideal\ Cycle\ Time / (Loading\ Time) \times 100\% \dots\dots\dots(7)$$

8). Perhitungan *reduced speed losses* dapat dilihat pada Persamaan 8:

$$Reduced = (Actual\ Cycle\ Time - Ideal\ Cycle\ Time) \times Output / (Loading\ Time) \times 100\% \dots\dots\dots(8)$$

9). Perhitungan defect losses dapat dilihat pada Persamaan 9:

$$Defect\ Losses = (Total\ Reject \times Ideal\ Cycle\ Time) / (Loading\ Time) \times 100\% \dots\dots\dots(9)$$

10). Perhitungan *reduced yield losses* dapat dilihat pada Persamaan 10:

$$Yield\ Losses = (Ideal\ Cycle\ Time \times Downtime) / (Loading\ Time) \times 100\% \dots\dots\dots(10)$$

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. *Availability*

Berdasarkan data operasional mesin transmisi kapal 300 HP selama tahun 2024, dilakukan analisis terhadap waktu kerja, *running time*, *downtime*, dan *availability* mesin. Tabel 1 menyajikan data waktu operasional dan downtime mesin per bulan selama satu tahun:

Tabel 1. Data *Availability*

Tahun	Bulan	Hari Kerja	Loading time	Operation Time (menit)	Downtime Maintenance (menit)	Availability (%)
2019	Januari	26	11440	9840	1600	86.01%
2019	Februari	24	10480	8680	1800	82.82%
2019	Maret	27	11920	10420	1500	87.42%
2019	April	25	10960	9280	1700	84.49%
2019	Mei	22	9520	8120	1400	85.29%
2019	Juni	24	10480	8880	1600	84.73%
2019	Juli	26	11440	9840	1500	86.89%
2019	Agustus	25	10960	9280	1700	84.49%
2019	September	26	11440	9840	1600	86.01%
2019	Oktober	27	11920	10120	1800	84.90%
2019	November	25	10960	9480	1500	86.31%
2019	Desember	24	10480	8780	1700	83.78%
Rata-rata						85.26%

Sumber : Penelitian Mandiri



Gambar 2. Grafik *Availability*
Sumber : Penelitian Mandiri

Tabel 1 memperlihatkan nilai *availability* mesin selama tahun 2024 bervariasi antara 83% hingga 87%. Nilai tertinggi terdapat pada bulan Maret sebesar 86%, sedangkan nilai terendah terdapat pada bulan Februari, yaitu 83%.

Hal ini menunjukkan bahwa pada bulan Februari terdapat durasi downtime yang relatif tinggi, yaitu 1800 menit, sementara operation time-nya tergolong rendah dibanding bulan lainnya. Secara umum, rata-rata availability mesin selama tahun 2024 adalah sekitar 85,26%, yang menunjukkan bahwa mesin masih bekerja dengan baik namun memiliki ruang untuk perbaikan dalam hal pengurangan waktu downtime.

3.2. Performance Rate



Gambar 3. Grafik Performance Rate
Sumber : Penelitian Mandiri

Gambar 2 memperlihatkan bahwa nilai *Performance Rate* pada mesin transmisi kapal 300 HP selama tahun 2024 mengalami fluktuasi setiap bulannya. Nilai *Performance Rate* tertinggi terjadi pada bulan Februari sebesar 96.77%, sedangkan nilai terendah terjadi pada bulan Juni yaitu 90.09%. Nilai rata-rata *Performance Rate* selama satu tahun adalah sebesar 93.59%, yang menunjukkan bahwa secara umum performa mesin masih berada dalam kategori baik meskipun terdapat beberapa bulan dengan penurunan performa yang signifikan.

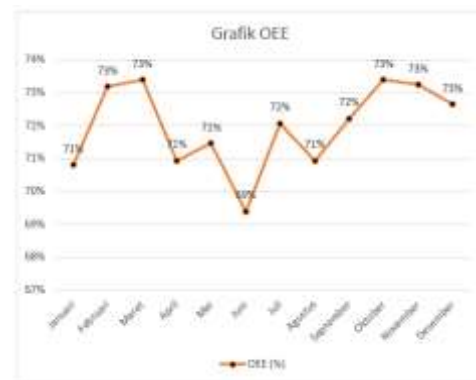
3.3. Quality Rate

Gambar 3 menunjukkan nilai *Quality Rate* pada mesin transmisi kapal 300 HP sepanjang tahun 2024 menunjukkan kecenderungan yang relatif stabil, dengan rata-rata sebesar 90.22%. Nilai *Quality Rate* tertinggi tercatat pada bulan Februari sebesar 91.30%, sedangkan nilai terendah terjadi pada bulan November dengan persentase 89.60%.



Gambar 4. Grafik Quality Rate
Sumber : Penelitian Mandiri

3.4. Overall Equipment Effectiveness (OEE)



Gambar 5. Grafik OEE
Sumber : Penelitian Mandiri

Gambar 4 menunjukkan grafik performa operasional dapat dianalisis melalui metrik *Availability*, *Performance*, *Quality*, dan *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) untuk setiap bulan pada tahun 2024. *Availability* berkisar antara 79% (Februari) hingga 86% (Maret), menunjukkan tingkat ketersediaan peralatan yang cukup stabil. *Performance* konsisten di atas 90%, dengan nilai tertinggi 97% pada Juni dan Februari, mengindikasikan efisiensi penggunaan peralatan yang baik. *Quality* mencatat nilai 90% atau lebih sepanjang tahun, dengan puncak 91% pada Juli, mencerminkan kualitas output yang tinggi. OEE, yang mengintegrasikan ketiga metrik tersebut, bervariasi antara 67% (Juni) dan 72% (Maret), menunjukkan potensi perbaikan untuk optimalisasi keseluruhan.

3.5. Equipment Failures

Tabel 2 memperlihatkan nilai *Equipment Failure Losses Rate* pada mesin transmisi kapal 300 HP selama tahun 2024 menunjukkan rata-rata sebesar 14,74%. Nilai *losses* tertinggi terjadi pada bulan Februari sebesar 17,18%, sedangkan nilai terendah terdapat pada bulan Maret dengan persentase sebesar 12,58%. Variasi nilai ini mencerminkan adanya ketidak konsistenan dalam durasi downtime akibat kegagalan peralatan, yang dapat memengaruhi efektivitas operasional mesin secara keseluruhan. Oleh karena itu, diperlukan perhatian lebih pada periode dengan tingkat kerugian tertinggi untuk mengetahui penyebab gangguan serta merancang strategi perawatan yang lebih optimal.

Tabel 2. Data *Equipment Failures*

Bulan	Loading time	Downtime (menit)	Equipment Failure Losses (%)
Januari	11440	1600	13.99%
Februari	10480	1800	17.18%
Maret	11920	1500	12.58%
April	10960	1700	15.51%
Mei	9520	1400	14.71%
Juni	10480	1600	15.27%
Juli	11440	1500	13.11%
Agustus	10960	1700	15.51%
September	11440	1600	13.99%
Oktober	11920	1800	15.10%
November	10960	1500	13.69%
Desember	10480	1700	16.22%
Rata – rata			14,74%

Sumber : Penelitian Mandiri

3.6. Setup and Adjustment Losses

Tabel 3 menunjukkan nilai *Setup and Adjustment Losses* pada mesin transmisi kapal 300 HP selama tahun 2024 memiliki rata-rata sebesar 7,37%. Nilai kerugian tertinggi tercatat pada bulan Februari sebesar 8,59%, sedangkan nilai terendah terjadi pada bulan Maret dengan persentase sebesar 6,29%. Variasi persentase tersebut menunjukkan bahwa waktu yang digunakan untuk kegiatan cleaning dan pengecekan selama proses setup dan adjustment masih berfluktuasi setiap bulannya. Oleh karena itu, diperlukan upaya perbaikan dalam prosedur penyiapan dan penyesuaian agar dapat

menekan waktu yang terbuang dan meningkatkan efisiensi waktu kerja secara keseluruhan.

Tabel 3. Data *Setup and Adjustment Losses*

Bulan	Loading time (menit)	Breakdown		Persentase %
		Cleaning	Pengecekan	
Januari	11440	320	480	6.99%
Februari	10480	360	540	8.59%
Maret	11920	300	450	6.29%
April	10960	340	510	7.76%
Mei	9520	280	420	7.35%
Juni	10480	320	480	7.63%
Juli	11440	300	450	6.76%
Agustus	10960	340	510	7.76%
September	11440	320	480	6.99%
Oktober	11920	360	540	7.53%
November	10960	300	450	6.84%
Desember	10480	340	510	8.11%
Rata – rata				7,37%

Sumber : Penelitian Mandiri

3.7. Idling dan Minor Stoppages Losses

Tabel 4 menunjukkan *Idling and Minor Stoppages Losses* pada mesin transmisi kapal 300 HP selama tahun 2024 memiliki rata-rata sebesar 11,56%. Nilai kerugian tertinggi terjadi pada bulan Juni dengan persentase sebesar 16,03%, sedangkan nilai terendah terdapat pada bulan November sebesar 8,76%. Fluktuasi ini menunjukkan adanya ketidakteraturan dalam durasi waktu henti singkat yang disebabkan oleh gangguan kecil atau ketidakefisienan yang tidak memerlukan perbaikan teknis. Oleh karena itu, perlu dilakukan identifikasi terhadap penyebab utama dari idling dan minor stoppages, guna meminimalkan waktu tidak produktif dan meningkatkan efisiensi kerja mesin secara keseluruhan.

Tabel 4. Data Idling dan Minor Stoppages Losses

Bulan	Loading time (menit)	Target output	Jumlah Output	ideal cycle time	Persentase%
Januari	11440	2860	2500	4	12.59%
Februari	10480	2620	2300	4	12.21%
Maret	11920	2980	2700	4	9.40%
April	10960	2740	2400	4	12.41%
Mei	9520	2380	2100	4	11.76%
Juni	10480	2620	2200	4	16.03%
Juli	11440	2860	2500	4	12.59%
Agustus	10960	2740	2400	4	12.41%
September	11440	2860	2350	4	10.84%
Oktober	11920	2980	2700	4	9.40%
November	10960	2740	2500	4	8.76%
Desember	10480	2620	2350	4	10.31%
Rata-rata					11,56%

Sumber : Penelitian Mandiri

3.8. Reduced Speed Losses

Tabel 5 memperlihatkan *Reduced Speed Losses* pada mesin transmisi kapal 300 HP selama tahun 2024 memiliki rata-rata sebesar 3,24%.

Tabel 5. Data *Reduced Speed Losses*

Bulan	Loading time (menit)	Operation Time (menit)	ideal cycle time	Cycle time	Target output	Jumlah Output	Reduced Speed Losses (%)
Januari	11440	9840	4	3.9	2860	2500	1.40%
Februari	10480	8680	4	3.8	2620	2300	4.96%
Maret	11920	10420	4	3.9	2980	2700	3.19%
April	10960	9260	4	3.9	2740	2400	3.10%
Mei	9520	8120	4	3.9	2380	2100	2.94%
Juni	10480	8880	4	4.0	2620	2200	0.00%
Juli	11440	9940	4	4.0	2860	2500	0.52%
Agustus	10960	9260	4	3.9	2740	2400	3.10%
September	11440	9840	4	3.9	2860	2350	3.15%
Oktober	11920	10120	4	3.7	2980	2700	5.70%
November	10960	9460	4	3.8	2740	2500	4.93%
Desember	10480	8780	4	3.7	2620	2350	5.92%
Rata-rata							3,24%

Sumber : Penelitian Mandiri

Nilai kerugian tertinggi terjadi pada bulan Desember dengan persentase sebesar 5,92%, sedangkan nilai terendah tercatat pada bulan Juni sebesar 0,00%, yang menunjukkan tidak adanya kehilangan kecepatan pada bulan

tersebut. Variasi ini menunjukkan bahwa kecepatan operasi mesin tidak selalu berjalan sesuai dengan standar siklus ideal yang telah ditentukan. Oleh karena itu, perlu dilakukan evaluasi terhadap faktor-faktor yang menyebabkan penurunan kecepatan mesin, khususnya pada bulan-bulan dengan tingkat kerugian tertinggi, guna menjaga stabilitas performa produksi.

3.9. Defect Losses

Tabel 6 memperlihatkan nilai *Defect Losses* pada mesin transmisi kapal 300 HP selama tahun 2024 memiliki rata-rata sebesar 8,66%. Nilai kerugian tertinggi tercatat pada bulan November sebesar 9,49%, sedangkan nilai terendah terjadi pada bulan Juni dan Februari, masing-masing sebesar 7,63%. Fluktuasi nilai ini menunjukkan adanya ketidakkonsistenan dalam kualitas hasil produksi yang berujung pada jumlah produk cacat yang bervariasi setiap bulannya. Oleh karena itu, diperlukan upaya perbaikan pada proses produksi dan pengawasan kualitas, khususnya pada bulan-bulan dengan tingkat defect yang tinggi, guna mengurangi potensi kerugian dan meningkatkan efisiensi produksi.

Tabel 6. Data *Defect Losses*

Bulan	Loading time (menit)	Output cacat	ideal cycle time	Defect Losses (%)
Januari	11440	250	4	8.74%
Februari	10480	200	4	7.63%
Maret	11920	270	4	9.06%
April	10960	240	4	8.76%
Mei	9520	210	4	8.82%
Juni	10480	200	4	7.63%
Juli	11440	230	4	8.04%
Agustus	10960	240	4	8.76%
September	11440	255	4	8.91%
Oktober	11920	270	4	9.06%
November	10960	260	4	9.49%
Desember	10480	235	4	8.97%
Rata-rata				8,66%

Sumber : Penelitian Mandiri

3.10. Yield Losses

Tabel 7 menunjukan nilai rata-rata *Yield Losses* pada mesin transmisi

kapal 300 HP selamatahun 2024memiliki rata-rata sebesar 58,95%. Nilai kerugian tertinggi tercatat pada bulan Februari sebesar 68,7%, sedangkan nilai terendah terjadi pada bulan Maret sebesar 50,34%.

Tabel 7. Data *Yield Losses*

Bulan	Loading time (menit)	Downtime (menit)	ideal cycle time (menit)	Yield Losses (%)
Januari	11440	1600	4	55.94%
Februari	10480	1800	4	68.70%
Maret	11920	1500	4	50.34%
April	10960	1700	4	62.04%
Mei	9520	1400	4	58.82%
Juni	10480	1600	4	61.07%
Juli	11440	1500	4	52.45%
Agustus	10960	1700	4	62.04%
September	11440	1600	4	55.94%
Oktober	11920	1800	4	60.40%
November	10960	1500	4	54.74%
Desember	10480	1700	4	64.89%
Rata - rata				58,95%

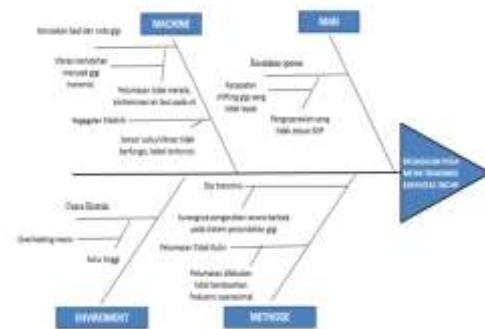
Sumber : Penelitian Mandiri

Tabel 8 memperlihatkan data *Six Big Losses* bahwa kerugian tertinggi pada mesin transmisi kapal 300 HP selama tahun 2024 terjadi pada jenis kerugian *Idling and Minor Stoppages* sebesar 21,2 menit atau 25,59% dari total kerugian. Kerugian ini menggambarkan banyaknya waktu yang hilang akibat penghentian singkat mesin, seperti keterlambatan bahan.

Tabel 8. Rekapitulasi Data *Six Big Losses*

Jenis Losses	Time Loss (menit)	Percentase (%)	Kumulatif (%)
Equipment Failure Losses	16.38	19.61	19.61
Setup and Adjustment Losses	13.94	16.49	36.09
Idling and Minor Stoppages	21.2	25.07	61.16
Reduced Speed Losses	17.6	20.81	81.98
Defect Losses	9.88	11.68	93.66
Yield Losses	5.36	6.34	100.00
Total	84.56	100.00	

Sumber : Penelitian Mandiri



Gambar 5. Diagram *Fishbone* Sumber : Penelitian Mandiri

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan pengolahan data yang dilakukan terhadap mesin transmisi (*gearbox*) kapal 300 HP selama tahun 2024, maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Hasil pengukuran dengan metode *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) menunjukkan bahwa rata-rata nilai efektivitas kinerja mesin selama tahun 2024 berada di bawah standar ideal JIPM sebesar 85%. Nilai OEE tertinggi tercatat sebesar 81,36% dan nilai terendah sebesar 73,81%, yang menunjukkan bahwa sistem transmisi mengalami penurunan performa yang signifikan dan perlu dilakukan evaluasi menyeluruh terhadap sistem operasi dan perawatannya.
2. Berdasarkan data operasional dan kecenderungan kerusakan komponen, waktu ideal untuk melakukan perawatan preventif adalah setiap 100 jam operasi. Hal ini merujuk pada penurunan performa dan peningkatan frekuensi kerusakan yang terjadi apabila waktu perawatan melebihi batas tersebut. Terlambatnya penggantian oli dan kurangnya inspeksi komponen mekanis menyebabkan peningkatan risiko overheating dan kerusakan pada mesin transmisi.
3. Berdasarkan hasil analisis *fishbone* diagram (diagram tulang ikan), ditemukan bahwa penyebab utama kerusakan atau penurunan performa berasal dari faktor:

- a) Manusia (*Man*): Kurangnya pelatihan operator dan ketidaktahuan terhadap tanda-tanda kerusakan.
- b) Mesin (*Machine*): Komponen seperti bearing dan sistem elektrik rentan terhadap korosi dan overheating.
- c) Metode (*Method*): Jadwal perawatan yang tidak teratur serta tidak adanya dokumentasi inspeksi.
- d) Lingkungan (*Environment*): Suhu tinggi, disebabkan oleh over-revving (melebihi batas RPM putaran baling-baling), salinitas (tingkat keasinan), kondisi laut mempercepat degradasi oli dan serta gangguan sistem elektrik.

DAFTAR PUSTAKA

A. Leksono, 2018, *Dasar-Dasar Sistem Penggerak Kapal Laut*, Surabaya: Graha Maritim.

Moch.Sugiri, Anggit Haryanto, 2023, *Rancang Bangun Alat Press Briket Arang Menggunakan Dongkrak Manual Hidrolik Kapasitas 2 Ton*, Jurnal Ismetek Vol. 16 No.2, ITBU Jakarta.

M. Paikah, 2019, *Transportasi Laut sebagai Alternatif Pengangkutan Barang dan Penumpang*, Jakarta: Maritim Press.

N. Ziliwu, T. Simanjuntak, dan B. Manik, 2020, "Analisis Perawatan Mesin Induk Terhadap Kinerja Operasional Kapal", Jurnal Teknik Perkapalan, vol. 8, no. 2, pp. 45–52.

R. Maridjo, 2019, "Karakteristik Mesin Diesel dalam Aplikasi Permesinan Kapal", Jurnal Teknik Mesin, vol. 6, no. 1, pp. 33–40

ANALISIS MENENTUKAN REKOMENDASI FILM DENGAN MENGGUNAKAN TEKNIK PENGGALIAN DATA BERDASARKAN RIWAYAT TONTON

Abdurrahman

Program Studi Teknik Informatika, FTI, Institut Teknologi Budi Utomo Jakarta
sl.abdurrahman@gmail.com

Abstrak

Dunia perfilman berkembang pesat dengan beredarnya berbagai jenis film. Penonton seringkali kebingungan menentukan film apa yang akan ditonton. Oleh karena itu, dibutuhkan analisis untuk memberikan rekomendasi film sesuai dengan genre yang sering ditonton. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis rekomendasi genre film menggunakan algoritma Apriori. Penelitian ini melibatkan beberapa tahapan dalam Knowledge Discovery in Databases (KDD), yaitu seleksi data, pra-pemrosesan data, transformasi data, data mining, evaluasi, dan interpretasi hasil. Penelitian ini berhasil mengidentifikasi pola preferensi penonton berdasarkan genre film yang mereka tonton menggunakan algoritma Apriori. Hasil penelitian ini dapat digunakan oleh industri perfilman untuk memberikan rekomendasi film atau strategi pemasaran yang lebih efektif.

Kata Kunci : Rekomendasi Film, Penggalan Data, Algoritma Apriori

1. PENDAHULUAN

Penggalan data atau data mining merupakan suatu proses untuk menemukan informasi yang menarik dan tersembunyi dari suatu kumpulan data yang berukuran besar yang tersimpan dalam suatu basis data, gudang data atau tempat penyimpanan data lainnya. Teknik-teknik penambangan data yang digunakan bertugas untuk menemukan pola baru dan bermakna di dalam basis data yang mungkin masih belum diketahui. Tan, Steinbach, dan Kumar (2006:) [1]

Algoritma Apriori adalah algoritma yang berpengaruh untuk aturan asosiasi. Algoritma apriori termasuk jenis aturan asosiasi pada penggalan data. Aturan yang menyatakan asosiasi antara beberapa atribut sering disebut analisis keranjang pasar. Analisis asosiasi atau *association rule mining* adalah teknik penggalan data untuk menemukan aturan suatu kombinasi item.

Salah satu tahap analisis asosiasi yang menarik perhatian banyak peneliti untuk menghasilkan algoritma yang efisien adalah analisis pola frekuensi tinggi (*frequent pattern mining*). Penting tidaknya suatu asosiasi dapat diketahui dengan dua tolak ukur, yaitu: *support* dan *confidence*. nilai penunjang (*support*) adalah persentase kombinasi item tersebut dalam basis data, sedangkan nilai kepastian (*confidence*) adalah kuatnya hubungan antar-item dalam aturan asosiasi. Tanna & Ghodasara (2014) [2].

2. METODOLOGI

Metode penulisan penelitian ini menggunakan metode kualitatif, pendekatan penelitian ini memanfaatkan data. Semua data diperoleh dari teknik pengumpulan data.



Gambar 1 Tahapan Implementasi data

Sumber Data : Hasil Olahan Data Penelitian

Tahapan Implementasi data antara lain :

1. Proses Pengumpulan data : proses pengumpulan data yang digunakan adalah data kualitatif. Pengumpulan data dilakukan adalah dengan melakukan pengumpulan data dari kaggle.com. proses pengumpulan data dari berbagai sumber penelitian dan dari data movie.
2. Pada proses pengumpulan data terdapat beberapa dataset dengan isi data yang tidak sama, sehingga harus mencari ulang data yang sesuai.
3. Analisis Data: dilakukan untuk mengetahui informasi dari dataset yang dikumpulkan.
4. Tahap praproses data atau sering dikenal dengan istilah *data preprocessing* adalah proses untuk merubah data mentah kedalam bentuk yang mudah dipahami. Berikut adalah beberapa langkah praproses data :
 - a. Kategorisasi : data dikelompokkan berdasarkan tipe data yaitu tipe data Integer, Float dan tipe data object.
 - b. Pembersihan : data yang sudah di kategorisasi di bersihkan melalui beberapa proses seperti mengisi nilai yang kosong, menghapus kolom yang tidak diperlukan, dll
 - c. Transformasi : mengubah format data yang sesuai dengan kebutuhan analisis
5. Penerapan Algoritma Apriori : penerapan algoritma dilakukan untuk mendapatkan hasil Analisis dari data movie.
 - a. Perhitungan nilai support

$$\text{Support}(A \cap B) = \frac{\text{Jumlah Transaksi Menggunakan A dan B}}{\text{Total Transaksi}} \times 100\%$$
 - b. Perhitungan nilai confidence

$$\text{Confidence}(A|B) = \frac{\text{Jumlah Transaksi Menggunakan A dan B}}{\text{Total Transaksi Menggunakan B}} \times 100\%$$
 - c. Perhitungan nilai lift

$$\text{Lift ratio} = \frac{\text{Support}(A \cap B) \times \text{Support}(B)}{\text{Support}(A)}$$

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Tahapan dalam Knowledge Discovery in Databases (KDD) :

1. Seleksi Data
2. Pra-pemrosesan data
3. Transformasi data
4. Data Mining
5. Evaluasi dan Interpretasi

3.1 Prosedur Pembentukan dataset

Sebelum melakukan tahapan KDD ada beberapa prosedur yang harus dipersiapkan :

1. Menginstall Library
 - %pip install plotly
 - %pip install mlxtend pandas

- %pip install matplotlib seaborn pandas
- %pip install word cloud
- %pip install dask
- 2. Mengimport library
 - Import numpy as np
 - import matplotlib.pyplot as plt
 - import seaborn as sns
 - from scipy (Scientific python) import stats
 - from sklearn.preprocessing import LabelEncoder
 - from mlxtend.frequent_patterns import apriori, association_rules
 - from wordcloud import WordCloud

3.1. Data Selection

Sumber data yang diambil dari kaggle.com dalam format file .CSV (*Comma Separated Values*). Terdapat beberapa dataset yang digunakan sebagai target data untuk analisis ini.

1. Dataset I Pada dataset pertama dengan nama file movies.csv memiliki beberapa rincian yaitu:
 - a. Baris: 722.408 baris
 - b. Fields: 20 kolom
2. Dataset II :

Pada dataset pertama dengan nama file netflix_dataset.csv memiliki beberapa rincian yaitu:

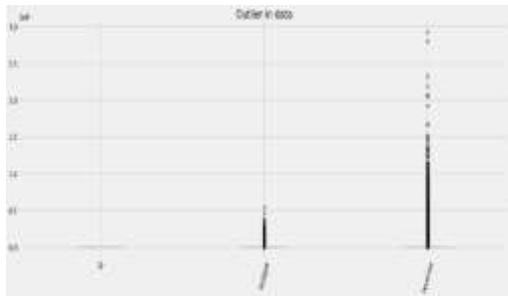
 - a. Baris: 7.791 baris
 - b. Fields: 11 kolom

Tabel yang akan diganti nama kolom adalah tabel dua. Berikut adalah beberapa kolom yang diganti nama kolom/field:

 1. 'Title': 'title',
 2. 'Director': 'production_companies',
 3. 'Cast': 'credits',
 4. 'Country': 'original_language',
 5. 'Release_Date': 'release_date',
 6. 'Duration': 'runtime',
 7. 'Type': 'genres',
 8. 'Description': 'overview',
 9. 'Rating': 'popularity'

Info diatas menampilkan kolom setelah dihapus adalah sebagai berikut: id, title, original_language, overview, popularity, production_companies, release_date, budget, revenue, runtime, status, tagline, vote_average, vote_count, credits, keywords

3. Menghapus Outlier

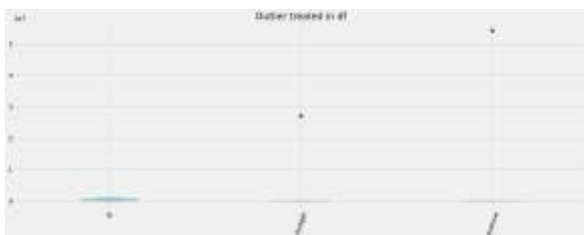


Gambar 7. Visualisasi data sebelum dihapus outlier

Sumber Data : Hasil Olahan Data Penelitian

Visualisasi diatas terdapat dua titik koodinat : yaitu koordinat y jumlah panjang data outliers hingga 3.0 dan koordinat x adalah nama kolom/field, terdapat 2 kolom outliers data yaitu kolom budget dan kolom revenue.

- Pada data budget memiliki outliers 2 outliers yang menyimpang hingga 0,5.
- Pada data revenue memiliki outliers yang menyimpang jauh yaitu 3.0



Gambar 8. Visualisasi data setelah dihapus outlier

Sumber Data : Hasil Olahan Data Penelitian

Visualisasi diatas setelah dihapus outliersnya tidak terdapat nilai pada koordinat x maupun y.

3.3 Data Transformation

Pada tranformasi data berdasarkan genre dari film

id	genre	Action	Adventure	Animation	Comedy	Crime	Drama	Fantasy	Horror	Musical	News	Science Fiction	Thriller
407099		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
302150		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
312293		0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
309112		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
817362		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Gambar 9. Transformasi Data

Sumber Data : Hasil Olahan Data Penelitian

Proses encoding : mengubah teks menjadi kode biner yang bisa dimengerti oleh komputer.

Proses encoding atau transformasi data yaitu dengan cara menampilkan data film dengan menampilkan nilai 0 dan nilai 1. Nilai 0 adalah genre yang kosong dan tidak memiliki nilai dan nilai 1 adalah nilai yang berisi genre. Ketika bernilai 1 maka pada baris tersebut terdapat genre film tersebut.

3.4 Data Mining

1. Penerapan Algoritma Apriori

Terdapat 3 nilai yang dihitung pada penerapan algoritma apriori :

1. Perhitungan nilai support

$$\text{Support}(A \cap B) = \frac{\text{Jumlah Transaksi Mengandung A dan B}}{\text{Total Transaksi}} \times 100\%$$

Menampilkan nilai support

	support	itemsets
0	0.224044	(Action)
1	0.169399	(Adventure)
2	0.087432	(Animation)
3	0.229508	(Comedy)
4	0.076503	(Crime)

Gambar 10. Hasil Nilai Support dengan nilai minimal 0,01

Sumber Data : Hasil Olahan Data Penelitian

Data di atas adalah hasil dari proses data mining menggunakan algoritma Apriori untuk menemukan itemset yang sering muncul dalam dataset. Mari kita bedah setiap bagian dari data tersebut:

- Support:** Support adalah ukuran seberapa sering item atau itemset muncul dalam dataset dan nilai itemset dibagi dengan 100. Nilai 0.224044 berarti bahwa itemset "Action" muncul dalam sekitar 22.4% dari total transaksi atau data dalam dataset.
- Itemsets:** Itemset adalah kumpulan item yang sering muncul bersama dalam dataset. Dalam contoh ini, itemset yang ditemukan adalah "Action", yang menunjukkan bahwa genre "Action" sering muncul dalam dataset.

Secara keseluruhan, data ini menunjukkan bahwa genre "Action" cukup populer dan muncul dalam sekitar 22.4% dari data yang dianalisis. Informasi ini dapat digunakan untuk membuat aturan asosiasi yang berguna

dalam memahami pola atau hubungan antar item dalam dataset.

2. Perhitungan nilai *confidence*

$$\text{Confidence (A|B)} = \frac{\text{Jumlah Transaksi Mengandung A dan B}}{\text{Total Transaksi Mengandung A}} \times 100\%$$

Menampilkan nilai *confidence*

	antecedents	consequents	antecedent support	consequent support	support	confidence	lift
0	(Animation)	(Family)	0.037432	0.103825	0.06109	0.68750	6.621711
1	(Military)	(Drama)	0.054645	0.043715	0.00000	2.033333	
2	(Musi)	(Drama)	0.019075	0.06943	0.019075	1.00000	1.541667
3	(Romance)	(Drama)	0.052056	0.09343	0.06534	0.75582	1.794118
4	(Action, Animation)	(Adventure)	0.027322	0.16939	0.021658	0.00000	4.722581

Gambar 11. Hasil nilai perhitungan confidence dengan nilai minimal 0,6

Sumber Data : Hasil Olahan Data Penelitian

Hasil perhitungan nilai confidence pada data di atas:

- Antecedents:** Ini adalah item atau itemset awal. Dalam contoh ini, antecedent-nya adalah "(Animation)".
- Consequents:** Ini adalah item atau itemset yang muncul setelah antecedent. Dalam contoh ini, consequent-nya adalah "(Family)".
- Antecedent Support:** Ini adalah nilai support untuk antecedent, yaitu frekuensi kemunculan item atau itemset dalam dataset. Nilai 0.087432 berarti itemset "Animation" muncul dalam sekitar 8.7% dari total transaksi atau data dalam dataset.
- Consequent Support:** Ini adalah nilai support untuk consequent, yaitu frekuensi kemunculan item atau itemset dalam dataset. Nilai 0.103825 berarti itemset "Family" muncul dalam sekitar 10.4% dari total transaksi atau data dalam dataset.
- Support:** Ini adalah nilai support untuk aturan asosiasi lengkap (antecedent dan consequent muncul bersama-sama). Nilai 0.06109 berarti bahwa itemset "(Animation, Family)" muncul bersama-sama dalam sekitar 6.0% dari total transaksi atau data dalam dataset.
- Confidence:** Confidence mengukur seberapa sering consequent muncul dalam transaksi yang juga mengandung antecedent. Nilai confidence dihitung sebagai berikut: Nilai Confidence sekitar 68.75% dari transaksi yang mengandung "Animation" juga mengandung "Family".

- Lift:** Lift mengukur kekuatan aturan asosiasi dibandingkan dengan kemunculan consequent secara acak. Nilai lift dihitung adalah: Nilai lift sebesar 6.621711 berarti bahwa kemunculan "Family" dalam transaksi yang mengandung "Animation" adalah sekitar 6.62 kali lebih tinggi daripada kemunculannya secara acak.

Jadi, data tersebut menunjukkan bahwa terdapat hubungan yang cukup kuat antara "Animation" dan "Family". Jika sebuah transaksi mengandung "Animation", maka kemungkinan besar transaksi tersebut juga mengandung "Family" dengan confidence sebesar 68.75% dan lift sebesar 6.62

3. Perhitungan nilai lift

$$\text{Lift ratio} = \frac{\text{Support (A \& B)} \times \text{Support (B)}}{\text{Support (A)}}$$

Menampilkan nilai Lift

	antecedents	consequents	antecedent support	consequent support	support	confidence	lift
0	(Adventure)	(Action)	0.169399	0.224044	0.00297	0.80949	2.397660
1	(Action)	(Adventure)	0.224044	0.169399	0.00297	0.428226	2.397660
2	(Action)	(Animation)	0.224044	0.027322	0.121951	1.394817	
3	(Animation)	(Action)	0.087432	0.224044	0.027322	0.312590	1.394817
4	(Family)	(Action)	0.114754	0.224044	0.043715	0.80952	1.700348

Gambar 12. Hasil perhitungan nilai lift dengan batas minimal nilai 1.0

Sumber Data : Hasil Olahan Data Penelitian

Berikut adalah cara menghitung nilai lift dari data di atas:

- Antecedent Support (Adventure):** Proporsi transaksi yang mengandung genre "Adventure". Misalnya, jika ada 100 transaksi dan 16,939 di antaranya mengandung "Adventure", maka antecedent support adalah $16,939 / 100 = 0.169399$.
- Consequent Support (Action):** Proporsi transaksi yang mengandung genre "Action". Misalnya, jika ada 100 transaksi dan 22,404 di antaranya mengandung "Action", maka consequent support adalah $22,404 / 100 = 0.224044$.
- Support (Adventure -> Action):** Proporsi transaksi yang mengandung kedua genre "Adventure" dan "Action". Misalnya, jika ada 100 transaksi dan 9,836 di antaranya mengandung kedua genre tersebut, maka support adalah $9,836 / 100 = 0.098361$.
- Confidence (Adventure -> Action):** Kemungkinan bahwa genre "Action" akan

muncul dalam transaksi yang sudah mengandung genre "Adventure".

Confidence dihitung sebagai support dari aturan dibagi dengan antecedent support.

Confidence = Support / Antecedent Support = $0.098361 / 0.169399 = 0.580645$.

- e. **Lift (Adventure -> Action):** Ukuran seberapa banyak genre "Adventure" meningkatkan kemungkinan genre "Action".

Lift dihitung sebagai confidence dibagi dengan consequent support.

Lift = Confidence / Consequent Support = $0.580645 / 0.224044 = 2.591660$.

3.4.1 Hasil Analisis Algoritma Apriori



Gambar 13. Hasil genre terbesar dari perhitungan nilai lift diatas 1.0

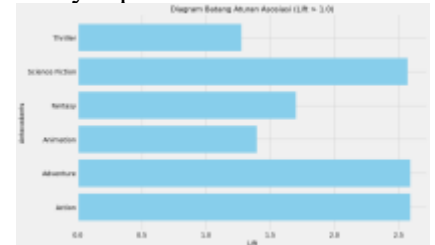
Pada sumbu atau titik koordinat x menampilkan nilai lift dan sumbu atau titik koordinat y menampilkan data nilai pertama atau Antecedents.

- Pada data teratas terdapat kombinasi data genre drama dan horor dengan nilai 17.5
- Pada data teratas ke 2 terdapat genre Thriller dan Fantasi dengan nilai 17.5
- Data ke 3 terdapat genre Animation dan Adventure dengan nilai diatas 15.0
- Data ke 4 terdapat genre Family dan Fantasi dengan nilai diatas 15.0
- Data ke 5 terdapat genre Family dan Action dengan nilai diatas 15.0
- Data ke 6 terdapat genre Animation dengan nilai diatas 10.0
- Data ke 7 terdapat genre Family, Action dan Adventure dengan nilai diatas diatas 10.0
- Data ke 8 terdapat genre Family, Fantasi dan Adventure dengan nilai diatas 10.0

3.5 Interpretasi/Evaluasi

3.5.1 Kesimpulan dari data

Pada tahap evaluasi menyimpulkan bahwa :



Gambar 14. Hasil nilai perhitungan lift dengan nilai pertama lebih dari 1.0

Pada hasil visualisasi data di atas, dapat dilihat bahwa genre film dengan nilai antecenden terbesar atau yang paling banyak ditonton memiliki nilai di atas 1. Titik koordinat y menunjukkan nilai antecenden, sementara titik koordinat x menunjukkan nilai lift.

- Genre Action, Adventure, dan Science Fiction memiliki nilai lift diatas 2.5
- Genre Fantasy memiliki nilai lift diatas 1.5
- Animation dan Thiller memiliki nilai lift diatas 1.0

3.5.2 Rekomendasi berdasarkan Analisis

Jika seseorang menonton Drama, mereka juga cenderung menonton Action dengan tingkat kepercayaan 100.00%.
Jika seseorang menonton Action, mereka juga cenderung menonton Drama dengan tingkat kepercayaan 50.00%.
Jika seseorang menonton Action, mereka juga cenderung menonton Drama dengan tingkat kepercayaan 50.00%.
Jika seseorang menonton Drama, mereka juga cenderung menonton Action dengan tingkat kepercayaan 40.00%.
Jika seseorang menonton Action, mereka juga cenderung menonton Thriller dengan tingkat kepercayaan 15.57%.

Gambar 15. Rekomendasi berdasarkan hasil analisis genre

Hasil di atas menunjukkan pola preferensi penonton berdasarkan genre film yang mereka tonton. Dalam data tersebut, "tingkat kepercayaan" merujuk pada seberapa besar kemungkinan seseorang yang menonton satu genre film juga akan menonton genre film lain. Mari kita analisis beberapa temuan utama:

1. Action dan Adventure:

- Jika seseorang menonton film Action, ada kecenderungan

sebesar 43.90% bahwa mereka juga akan menonton film Adventure.

- Sebaliknya, jika seseorang menonton film Adventure, kemungkinan mereka juga menonton film Action lebih besar, yaitu sebesar 58.06%.
- Hal ini menunjukkan bahwa kedua genre ini memiliki hubungan yang cukup erat dalam preferensi penonton.

2. Action dan Animation:

- Jika seseorang menonton film Action, ada kemungkinan sebesar 12.20% bahwa mereka juga akan menonton film Animation.
- Namun, jika seseorang menonton film Animation, kemungkinan mereka menonton film Action adalah sebesar 31.25%.
- Walaupun tingkat kepercayaan ini lebih rendah dibandingkan dengan Adventure, ada keterkaitan yang tetap signifikan antara kedua genre ini.

3. Fantasy dan Action:

- Jika seseorang menonton film Fantasy, kemungkinan mereka juga akan menonton film Action adalah sebesar 38.10%.
- Hal ini menunjukkan bahwa meskipun tidak sekuat hubungan antara Action dan Adventure, ada ketertarikan yang cukup signifikan di kalangan penonton film Fantasy terhadap film Action.

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Dapat disimpulkan bahwa terdapat pola preferensi penonton film yang cukup signifikan berdasarkan genre. Temuan utama menunjukkan bahwa genre Action dan Adventure memiliki keterkaitan yang erat, dengan penonton yang menyukai satu genre memiliki kemungkinan besar untuk juga menyukai genre lainnya.

Sementara itu, hubungan antara genre Action dan Animation, serta Fantasy dan Action, juga menunjukkan keterkaitan yang signifikan meskipun tidak sekuat hubungan antara Action dan Adventure. Pola-pola preferensi ini dapat memberikan wawasan berharga bagi industri perfilman dalam

menyusun rekomendasi film atau strategi pemasaran yang lebih efektif dan tepat sasaran.

5. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Arhami & Nasir. *Data mining algoritma dan implemantasi*. Aceh:2020
- [2] Mustika. *Data Mining dan Aplikasinya*. Bandung:2021
- [3] Pang-Ning Tan, Michael Steinbach, Vipin Kumar. *Introduction to Data Mining*. Boston:2006
- [4] Purnama. *Pengantar Machine Learning*. Bandung:2019

PERENCANAAN MESIN GERGAJI BESI UKURAN 440 X 25 X 1,25 mm DENGAN PENGGERAK MOTOR LISTRIK GEAR BOX

Parulian

Program Studi Teknik Mesin, FTI, Institut Teknologi Budi Utomo Jakarta,
parulians@itbu.ac.id

Abstrak

Mesin pemotong memainkan peran penting dalam dunia manufaktur agar proses kerja berjalan lancar. Untuk itu, dibutuhkan tingkat pemotongan yang akurat dan presisi, serta kecepatan pemotongan yang tepat agar bisa mendukung proses kerja berikutnya. Pada mesin pemotong gergaji besi, ada sistem atau alur kerja mesin yang terdiri dari beberapa bagian yang saling terkait, yaitu: motor sebagai penggerak utama mesin, gear sebagai penghubung antara motor dan pulley, pulley sebagai penggerak berikutnya dari gear, fanbelt yang berfungsi menghubungkan motor ke engkol dan pisau pemotong, serta engkol dan pisau pemotong yang terbuat dari baja karbon tinggi. Bagian-bagian ini saling berkaitan, sehingga jika salah satu bagian mengalami masalah, maka akan memengaruhi bagian lainnya dan mengakibatkan hasil pemotongan besi tidak memuaskan. Tujuan dari tugas akhir ini yang berjudul "Perancangan Mesin Gergaji Besi Ukuran 440 x 25 x 1,25 mm Dengan Penggerak Motor Listrik Gear Bok" adalah menghitung gaya dan kecepatan gerak kerja mesin, menentukan ukuran dan jumlah gigi gear, serta menentukan daya motor dalam satuan kilowatt.

Kata Kunci : Motor, Gear, Putaran, Fanbelt, Pisau Gergaji.

1. PENDAHULUAN

Kebutuhan dari industri telah banyak memengaruhi perkembangan teknologi. Manusia terus melakukan inovasi dan pengembangan teknologi untuk memudahkan pekerjaan. Perkembangan teknologi yang semakin cepat membuat manusia terus menciptakan alat-alat inovatif yang juga berperan dalam kemajuan teknologi di dunia industri, termasuk alat untuk memotong material logam seperti besi.

Gergaji adalah alat yang digunakan untuk memotong benda logam, terutama besi. Mesin gergaji memiliki berbagai jenis konstruksi sesuai dengan ukuran material yang akan dipotong. Untuk memotong benda kerja dengan tingkat ketelitian yang tinggi, dibutuhkan mesin dan orang yang mampu mengoperasikan mesin tersebut agar proses pemotongan dapat berjalan tepat.

Gergaji merupakan alat yang digunakan untuk memotong logam besi. Tepi logam yang dipotong oleh mata gergaji dibuat bergerigi dan kasar. Pemotongan besi juga bisa dilakukan dengan gergaji tangan secara manual atau dengan mesin yang digerakkan oleh

tenaga listrik. Ada banyak kendala dalam produksi produk kerajinan terutama pada proses pemotongan besi yang memakan banyak waktu dan tenaga. Oleh karena itu, penulis merancang suatu alat berupa mesin gergaji otomatis untuk memudahkan proses pemotongan besi agar lebih cepat, tidak memakan banyak tenaga, dan menghasilkan lebih banyak produk.

Berdasarkan pengamatan di lapangan, proses pemotongan besi logam dengan sistem manual memiliki beberapa kelemahan yang membuat proses kerja kurang efisien, yaitu: pemotongan besi dengan gergaji tangan membutuhkan waktu yang lama dan menguras banyak tenaga, kemampuan pemotongan terbatas untuk memotong besi berdiameter besar sehingga memerlukan tenaga besar dan mudah terjadi kelelahan, serta proses pemotongan membutuhkan waktu yang lama dan tidak dapat dilakukan secara terus-menerus.

Berdasarkan kondisi lapangan, dibutuhkan peralatan yang dapat mempercepat proses pemotongan secara mekanis.

Untuk jenis pisau yang digunakan biasanya menggunakan material baja karbon tinggi dengan berbagai ukuran sesuai kebutuhan. Dalam perancangan mesin pemotong besi, dibahas tentang sistem penggerak mesin seperti motor, pulley, fanbelt, dan pisau pemotong. Diharapkan dengan perancangan ini, proses kerja manusia dalam bidang industri produksi manufaktur dapat lebih mudah dan efisien.

2. METODOLOGI PENELITIAN

2.1 Proses Perencanaan

Spesifikasi Mesin Gergaji Besi

Direncanakan :

Nama : Mesin gergaji besi yang dioperasikan oleh motor listrik

Fungsi : Untuk memotong benda kerja,

Kapasitas: 60 kali per menit,

ZA = Jumlah gigi pada roda gigi besar adalah 103,

ZB = Jumlah gigi pada roda gigi kecil adalah 18,

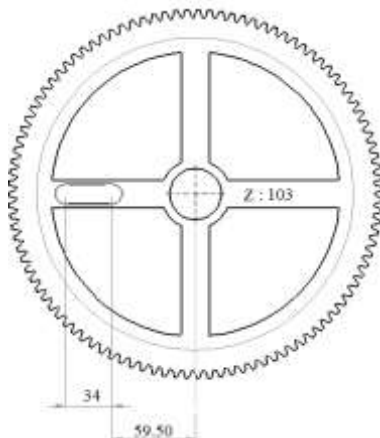
d3 = Diameter puli besar adalah 295 mm,

d4 = Diameter puli kecil adalah 75 mm,

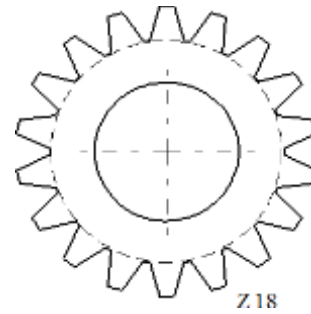
nA = Putaran roda gigi besar adalah 60 putaran per menit,

C = Jarak antara poros puli adalah 270 mm.

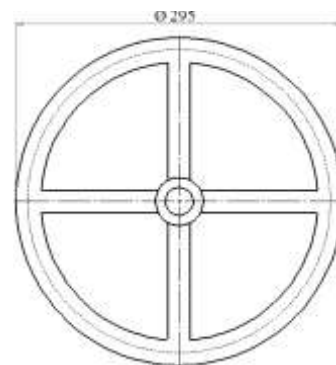
2.2 Spesifikasi Mekanisme Pengerak



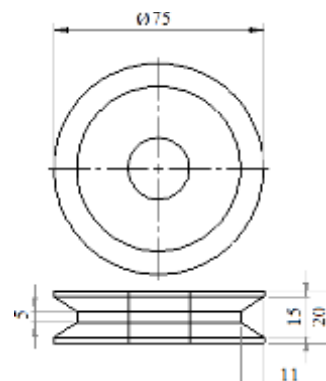
Gambar 1 Roda gigi besar.
 [Sumber : Autocad]



Gambar 2 Roda gigi kecil
 [Sumber : Autocad]



Gambar 3 Puli besar
 [Sumber : Autocad]

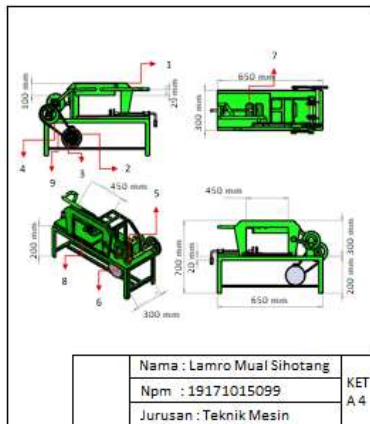


Gambar 4 Puli kecil
 [Sumber : Autocad]

2.3 Motor Pengerak

Dalam proses kerja mesin gergaji besi, dibutuhkan motor pendukung yang sesuai. Berikut spesifikasi motor dan gear box yang digunakan:

- Jenis motor : Marelli
- Kecepatan : 1420 putaran per menit
- Gear box : Motorvario 1337 yang dibuat di Italia
- Tegangan : 110/220 volt



Gambar 5 Desain Mesin Gergaji
[Sumber : Dokumen Penelitian]

Tabel 1 Part Mesin Gergaji

No	Nama Part	Dimensi (mm)	Spesifikasi
1	Bingkai Gergaji	450 x 300 x 29	-
2	Motor Listrik	-	Mareli Motori 6204-22
3	Pulli Kecil	Ø75 mm, lebar sabuk 15 mm	Alloy
4	Pulli Besar	Ø295 mm, lebar sabuk 15 mm	Alloy
5	Gear Kecil	Ø52.5 mm dengan Z= 18	Baja Karbon
6	Gear Besar	Ø268 mm dengan Z= 103	Baja Karbon
7	Ragum (Penjepit)	-	Baja Karbon
8	Daun Gergaji	440 x 25 x 1,25 mm	Baja Karbon

Sumber : Penelitian Mandiri

2.4 SOP Kerja Mesin Gergaji

Adapun cara kerja mesin gergaji adalah sebagai berikut :

1. Motor penggerak berputar dan terhubung ke sumber listrik.
2. Putaran motor tersebut berubah ke puli kecil dan besar melalui sabuk V-belt, kemudian berubah lagi ke roda gigi kecil dan besar.
3. Roda gigi besar terhubung pada poros penghubung yang terhubung ke poros engkol. Poros engkol membuat bingkai gergaji bergerak maju dan mundur.

4. Bingkai gergaji terpasang di alur pada poros engkol dan diikat dengan baut dan mur. Gerakannya bersifat eksentrik. Alur pada poros engkol yang terhubung dengan roda gigi besar mengatur panjang langkah bingkai gergaji.
5. Untuk mengatur panjang langkahnya, kita mengendorkan mur pengikat dan menggeser poros engkol ke posisi yang diinginkan. Gambar di bawah ini menunjukkan cara kerja mesin gergaji.

3. PEMBAHASAN

3.1 Spesifikasi Mesin Gergaji

Dalam perhitungan ini, kita membutuhkan data dari mesin gergaji. Berikut adalah spesifikasi mesin gergaji yang sudah diketahui:

Nama mesin = Mesin gergaji besi dengan motor listrik

Fungsi mesin = Memotong benda kerja

Kapasitas = 60 putaran per menit (rpm)

Gaya pemotongan = 60 kg (setara 588,4 newton)

Jumlah gigi pada roda gigi besar = 103

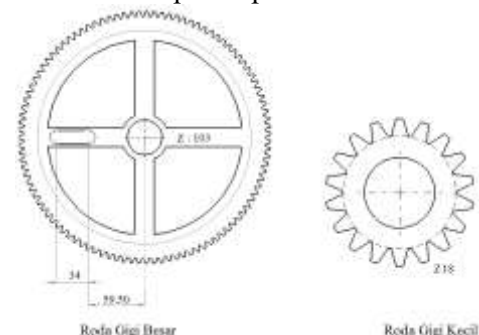
Jumlah gigi pada roda gigi kecil = 18

Diameter puli besar = 295 mm

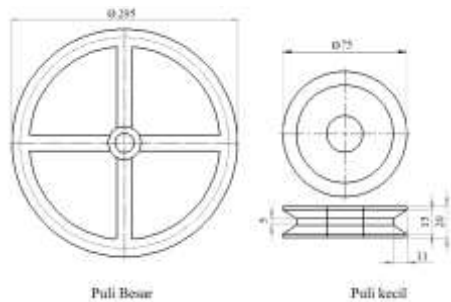
Diameter puli kecil = 75 mm

Putaran roda gigi besar = 60 rpm

Jarak antara poros puli = 270 mm



Gambar 5. Roda gigi besar dan Roda gigi kecil
(Sumber : Autocad)



Gambar 6. Puli besar dan Puli kecil
(Sumber : Autocad)

3.2 Perhitungan Putaran Motor

Dari data spesifikasi mesin yang sudah didapat, untuk mencari putaran motor dapat dilakukan seperti berikut: Mencari putaran gigi kecil (nB) :

$$\text{Rumus : } \frac{nB}{nA} = \frac{ZB}{ZA}$$

Dimana :

ZA = Jumlah gigi roda gigi besar = 103

ZB = Jumlah gigi roda gigi kecil = 18

nA = Putaran roda gigi = 60 rpm

$$\text{Maka : } nB = \frac{ZA \times nA}{ZB}$$

$$= \frac{103 \times 60 \text{ rpm}}{18} = 343,3 \text{ rpm}$$

Jika nB = n1, Maka Putaran pada puli kecil n2 :

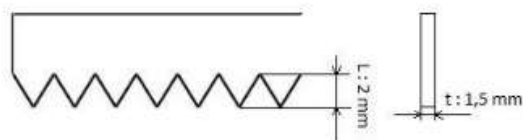
$$\text{Rumus : } \frac{n2}{n1} = \frac{d1}{d2}$$

$$\text{Maka : } n2 = \frac{d1 \times n1}{d2} = \frac{295 \text{ mm} \times 343,3 \text{ rpm}}{75 \text{ mm}} = 1350,4 \text{ rpm}$$

Dari hasil tersebut didapat putaran puli kecil sebesar 1350,4 rpm.

Maka dipilih motor listrik dengan putaran 1400 rpm.

3.3 Gaya Potong Gergaji



Gambar 7. Mata gergaji potong

Sumber : Penelitian Mandiri

Untuk mencari gaya pemotongan, kita menggunakan rumus berikut:

$$F = A \times t$$

$$A = L \times t$$

$$= 2 \text{ mm} \times 1,5 \text{ mm}$$

$$= 3 \text{ mm}$$

Di mana: bahan yang dipotong adalah ST40 dengan tekanan = 40 kg/mm²

$$\tau = 0,5 \times \sigma_t$$

$$= 0,5 \times 40 \text{ kg/mm}^2$$

$$= 20 \text{ kg}$$

$$\text{Maka: } F = 3 \text{ mm} \times 20 \text{ kg}$$

$$= 60 \text{ kg}$$

$$= 588,4 \text{ N}$$

3.4 Perhitungan Daya Motor

Untuk menghitung daya pemotongan, kita bisa menggunakan rumus berikut: (Sumber: Robet L.Mott, Elemen Mesin 2009 hal 133)

$$P = F \times v$$

Dimana:

d = jarak antara titik puli besar dan puli kecil = 270 mm = 0,27 m

fc = faktor koefisien = 1,5 (Sularso, Elemen Mesin 2004 hal 165)

Maka:

$$\text{Velocity (} v \text{)} = \frac{\pi \times d \times n}{60} = \frac{3,14 \times 0,27 \text{ m} \times 60 \text{ rpm}}{60} = 0,85 \text{ m/s}$$

$$\text{Jadi : } P = F \times v = 588,4 \text{ N} \times 0,85 \text{ m/s} = 500,1 \text{ watt}$$

Untuk daya rencana:

$$Pd = fc \times P$$

$$= 1,5 \times 500,1 \text{ watt}$$

$$= 750,1 \text{ watt}$$

Dari hasil tersebut, jika 1 Hp = 745,7 watt, maka 750,1 watt = 1 Hp. Jadi, berdasarkan perhitungan di atas, daya motor yang dipilih adalah 1 Hp.

3.5 Perhitungan Kecepatan Sabuk

Kecepatan sabuk dapat dihitung dengan cara berikut:

(Sumber Sularso Kiyokatsuga 2004)

$$V = \frac{\pi \times d \times n}{60 \times 1000}$$

Dimana:

n = putaran 1400 rpm

d = diameter puli kecil 75 mm

$$\text{Maka: } V = \frac{3,14 \times 75 \times 1400}{60 \times 1000}$$

$$= 5,49 \text{ m/s}$$

3.6 Perhitungan Keliling Sabuk

Untuk menghitung keliling sabuk yang digunakan, berikut adalah cara perhitungannya:

(Sumber Sularso Kiyokatsu Suga 2004).

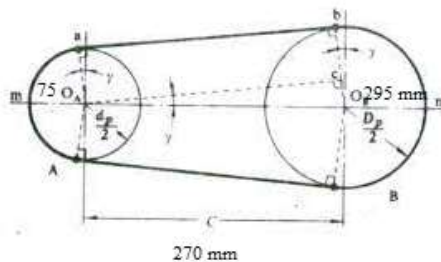
$$L = 2 \times C \frac{\pi}{2} (d_2 + d_1) + \frac{1}{4 \times C} (d_1 - d_2)^2$$

Dimana:

d1 = Diameter puli besar 295 mm

d2 = Diameter puli kecil 75 mm

C = Jarak antara puli besar dan puli kecil 270 mm



Gambar 8. Jarak puli

(Sumber : Sularso dan Kiyokatsu Suga
Elemen mesin 2004 hal 168)

Maka :

$$L = 2 \times 270 \text{ mm} \frac{\pi}{2} (75 \text{ mm} + 295 \text{ mm}) + \frac{1}{4 \times 270} (295 \text{ mm} - 75 \text{ mm})^2$$

$$= 142,4 \text{ mm}$$

$$= 5,606 \text{ inch}$$

Dari hasil perhitungan, keliling sabuk yang didapatkan adalah 142,4.

Maka, jenis sabuk yang digunakan adalah tipe 3V.

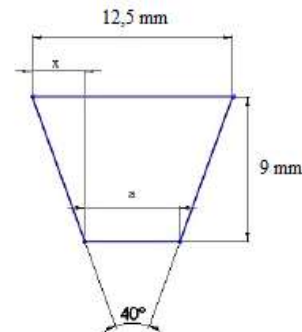
Tabel 2 Panjang sabuk V sempit

3 V			5 V		
Nomor nominal sabuk	Panjang keliling (mm)	Panjang keliling pada jarak bagi sabuk (mm)	Nomor nominal sabuk	Panjang keliling (mm)	Panjang keliling pada jarak bagi sabuk (mm)
3V 250	635	631	5V 500	1270	1262
3V 265	673	669	5V 530	1346	1338
3V 280	711	707	5V 560	1422	1414
3V 300	762	758	5V 600	1542	1536
3V 315	800	796	5V 630	1600	1592
3V 355	831	827	5V 670	1702	1694
3V 355	902	898	5V 710	1804	1795
3V 375	953	949	5V 750	1903	1897
3V 400	1016	1012	5V 800	2032	2024
3V 425	1080	1076	5V 850	2159	2151
3V 450	1143	1139	5V 900	2286	2278
3V 475	1207	1203	5V 950	2413	2405
3V 500	1270	1266	5V 1000	2540	2532
3V 570	1346	1342	5V 1060	2692	2684
3V 560	1422	1418	5V 1120	2845	2837

(Sumber : Sularso dan Kiyokatsu Suga
Elemen mesin 2004 hal 169)

3.7 Perhitungan Berat Sabuk

Type A



Gambar 3.5 Type sabuk A

(Sumber : Sularso dan Kiyokatsu Suga
Elemen mesin 2004 hal 169)

Berat sabuk dapat dihitung dengan cara berikut :

(Sumber : Khurmi dan Gupta 1992)

$$\omega = \frac{\alpha \times 100 \times \rho \times \rho \text{ sabuk}}{1000}$$

Di mana :

$\rho \text{ sabuk}$ = harga perbandingan putaran 0,24 (Sumber : Sularso dan Kiyokatsu Suga Elemen mesin 2004 hal 173)

Untuk :

$$\tan \alpha = \frac{x}{9} \rightarrow \alpha = \frac{1}{2} \times 40^\circ = 20$$

$$\tan 20^\circ = \frac{x}{9}$$

$$x = 9 \times \tan 20$$

$$x = 3,275 \text{ mm}$$

$$y = 12,5 - 2 (3,275)$$

$$= 5,948 \text{ mm}$$

$$\alpha = \frac{1}{2} (12,5 + 5,948) \times 9$$

$$= 83,016 \text{ mm}^2$$

$$= 0,830 \text{ cm}$$

$$\text{Jadi } \omega = \frac{0,830 \times 100 \times 0,24}{1000}$$

$$= 0,019 \text{ kg/m}$$

$$= 0,186 \text{ N/m}$$

3.8 Perhitungan Gaya Sentrifugal Sabuk

Di sabuk terdapat gaya sentrifugal yang bisa dihitung dengan cara berikut:

$$T_c = \frac{\omega}{g} \times V^2$$

Dimana:

ω = Berat sabuk 0,928 N/m

g = Gravitasi 9,81

Jadi :

$$T_c = \frac{0,928}{9,81} \times 5,49^2 \\ = 0,519 \text{ N}$$

3.9 Perhingan Gaya Tarik Mak Sabuk

Gaya tarik maksimal sabuk dapat dihitung dengan cara berikut:

$$\sigma_{Max} = \sigma t \times \alpha$$

Dimana:

σt = Tegangan tarik izin sabuk, yaitu
1,72 N/mm

α = 83,016 mm

Maka:

σ_{Max} = 1,72 N/mm dikalikan dengan
83,016 mm, hasilnya adalah
142,79 N.

3.10 Perhitungan Sisi Kencang Sabuk

Untuk mencari ketegangan sabuk kencang, caranya adalah sebagai berikut:
Dimana:

r_1 = Jari-jari diameter puli besar 147,5 mm

r_2 = Jari-jari diameter puli kecil 37,5 mm

c = Jarak antara pusat puli besar dan kecil 270 mm

Untuk:

$$T_1 = \sigma_{Max} - T_c \\ = 142,79 \text{ N} - 0,519 \text{ N} \\ = 142,27 \text{ N}$$

$$\sin \alpha = \frac{r_1 \times r_2}{c} \\ = \frac{147,5 \times 37,5}{270} \\ = 0,407 \text{ mm}$$

3.11 Perhitungan Sudut Kontak Puli

$$\theta = 180^\circ - 2\alpha \\ = 180^\circ - 2(0,407) \\ = 179,2 \times \frac{\pi}{180} \\ = 179,2 \times \frac{3,14}{180} \\ = 3,126 \text{ rad}$$

3.12 Perhitungan Gaya Sisi Kendur Sabuk

$$2,3 \log \frac{T_1}{T_2} = e^{\pi\theta} \\ 2,3 \log \frac{T_1}{T_2} = e^{3,14 \times 3,126}$$

$$\log \frac{T_1}{T_2} = \frac{9,815}{2,3} \\ T_2 = 4,267 \text{ rad}$$

3.13 Perhitungan Torsi Input dan Output

$$T_{Output} = (T_2 - T_1) \times r_2 \\ = (4,267 - 0,407) \times 37,5 \\ = 159,9 \text{ N}$$

$$T_{input} = (T_2 - T_1) \times r_1 \\ = (4,267 - 0,407) \times 147,5 \\ = 629,3 \text{ N}$$

3.14 Hous Power (Hp)

$$\text{Hp Output} = \frac{2 \times \pi \times n \times T_{output}}{60} \\ = \frac{2 \times 3,14 \times 1400 \times 159,9}{60} \\ = 23.430 \text{ Hp}$$

$$\text{Hp input} = \frac{2 \times \pi \times n \times T_{input}}{60} \\ = \frac{2 \times 3,14 \times 1400 \times 629,3}{60} \\ = 92,213 \text{ Hp}$$

4. KESIMPULAN

Dalam penelitian ini, penulis melakukan beberapa pengujian untuk mengukur kelelahan material. Setelah melalui serangkaian pengujian, penulis dapat menyimpulkan bahwa:

1. Daya tahan bahan aluminium terhadap beban tegangan yang terjadi adalah 194,4 N/m², sedangkan tegangan yang diizinkan adalah 1,275 N/m².
2. Daya tahan bahan kuningan terhadap beban tegangan yang terjadi adalah 243 N/m², sedangkan tegangan yang diizinkan adalah 1,593 N/m².
3. Hasil momen inersia pada kedua spesimen, yaitu aluminium dan kuningan, adalah 0,785 mm².

5. DAFTAR PUSTAKA

Sularso; Kiyokatsu Suga Elemen. Mesin 1. Jakarta: Pradya Paramita. 1998.

Hendarto Putra; perancangan sepeda listrik dengan menggunakan motor dc seri, Mahasiswa Jurusan Teknik Elektro, Universitas Halu Oleo, Kendari 2019.

Sularso; Kiyokatsu Suga Elemen Mesin 2.
Jakarta: Pradya Paramita 1998.

Prof. Dr. Ir. Harsono Wiryosumarto, Teknik
Pengelasan Logam. Jakarta; Pradya Paramita
1977.

Hrch. Brandenberger; Formeln + Tabellen.
1986

Robert L.Mott; Elemen-elemen Mesin dalam
Perancangan Mekanis. Jogjakarta; Andi 2009

EVALUASI EFEKTIVITAS JEMBATAN PENYEBERANGAN ORANG (JPO) MARGO CITY PADA JALAN MARGONDA RAYA KOTA DEPOK

Jon Putra

*Program Studi Teknik Sipil, FTSP, Institut Teknologi Budi Utomo Jakarta,
jonputra@itbu.ac.id*

Abstrak

Fasilitas penyeberangan terbagi menjadi dua jenis, yaitu penyeberangan sebidang dan tidak sebidang. Salah satu penyeberangan tidak sebidang yaitu Jembatan Penyeberangan Orang (JPO) yang hadir sebagai jalur aman yang memisahkan pejalan kaki dari kendaraan bermotor. Dari hasil pengamatan di JPO Margo City pada Jalan Margonda Raya, Kota Depok pejalan kaki terbagi menjadi dua tempat penyeberangan melalui JPO dan zebra cross. Maka kriteria pemilihan jenis penyeberangan orang yang tepat perlu diketahui. Metode penelitian ini yaitu analisis kuantitatif komparatif untuk mengetahui nilai PV2 dengan jumlah pejalan kaki yang melintas pada kedua media penyeberangan dengan arah penyeberangan yang berbeda. Hasil analisis nilai PV2 pada JPO Margo City didasari pada perhitungan hasil survei pada arah Barat ke Timur; dan Timur ke Barat adalah 206×108 dan 592×108 . Maka keberadaan JPO berdasarkan perhitungan PV2 sudah “SESUAI”. Sedangkan Hasil analisis nilai PV2 zebra cross adalah 213×108 dan 211×108 . Maka keberadaan zebra cross “SANGAT TIDAK SESUAI” sehingga tidak direkomendasikan untuk terus disediakan. Perhitungan efektivitas JPO Margo City menunjukkan nilai 42,28% dan zebra cross 57,73% sehingga efektivitas JPO Margo City dalam tingkat “CUKUP EFEKTIF”. Hasil perhitungan kapasitas JPO 2990 orang/jam. Derajat kejenuhan berdasarkan rata-rata volume pejalan kaki 590 orang/jam adalah $0,19 \leq 1$ dan berdasarkan jumlah pejalan kaki puncak 2333 orang/jam adalah $0,78 \leq 1$ maka dapat disimpulkan kapasitas JPO masih mampu melayani volume pejalan kaki. Solusi dan tindak lanjut dengan penerapan penutupan zebra cross dan pengalihan pejalan kaki ke JPO akan meningkatkan efektivitas JPO Margo City semula 42,28% menjadi 100% atau “SANGAT EFEKTIF”.

Kata kunci: Evaluasi, Efektivitas, Jembatan Penyeberangan Orang (JPO).

1. PENDAHULUAN

Fasilitas untuk pejalan kaki merupakan bagian penting dari infrastruktur transportasi yang tidak bisa dipisahkan dari kegiatan berjalan kaki. Fasilitas ini terletak di area jalan yang khusus dibuat untuk menunjang kegiatan pejalan kaki. Salah satu fasilitas tersebut adalah sarana untuk menyeberang jalan, yang bertujuan memperbaiki keselamatan, kenyamanan, kelancaran, dan keamanan bagi pejalan kaki ketika melewati jalan.

Di Jalan Margonda Raya, kecepatan rata-rata sepeda motor adalah 26,625 km/jam, yang lebih rendah dari kecepatan arus bebas standar menurut MKJI 1997 sebesar 32,64 km/jam.

Sementara itu, kecepatan rata-rata kendaraan ringan seperti angkutan kota adalah 9,9375 km/jam, yang juga lebih rendah dari standar kecepatan arus bebas MKJI sebesar 41,48 km/jam. Tingkat kejenuhan jalan mencapai 1,1105, menunjukkan bahwa jalan di

depan Jalan Margonda Raya berada di tingkat pelayanan F, yaitu kondisi lalu lintas dengan arus terpaksa, kecepatan sangat rendah, kapasitas jalan terlebihi, dan terjadi antrean panjang.

Kondisi ini meningkatkan risiko bagi pejalan kaki yang semakin rentan tertabrak atau terserempet kendaraan. Di sisi lain, persepsi pengguna JPO di sekitar Margo City menunjukkan bahwa fasilitas ini terasa sempit, tidak nyaman, dan bahkan kumuh karena kondisi fisik yang sempit serta keberadaan PKL.

JPO dirancang untuk memberikan jalur penyeberangan yang aman dengan memisahkan pejalan kaki dari kendaraan bermotor. Selain aspek keselamatan, JPO juga membantu menjaga kelancaran lalu lintas karena mengurangi gangguan dari pejalan kaki yang menyeberang.

Secara geografis, Jembatan Penyeberangan Orang (JPO) Margo City

menghubungkan dua tempat penting, yaitu Stasiun Pondok Cina dan area belanja Mall Margo City–Depok Town Square, yang berjarak sekitar 450 meter. Di tempat tersebut juga ada fasilitas jalan kaki berupa zebra cross Halte Pondok Cina yang berada 250 meter dari stasiun atau 50 meter dari gang masuk keluar stasiun, serta 200 meter dari JPO Margo City. Jadi, JPO Margo City berjarak 250 meter dari akses stasiun, sedangkan zebra cross hanya 50 meter.

2. METODOLOGI PENELITIAN

2.1 Metode Analisis Data

Evaluasi efektivitas Jembatan Penyeberangan Orang (JPO) Margo City, Kota Depok.

Dalam mengevaluasi Jembatan Penyeberangan Orang (JPO) Margo City di Jalan Margonda Raya yang mempengaruhi efektifitas JPO tersebut, yaitu:

- 1) Pengambilan data jumlah pejalan kaki yang melalui JPO Margo City dan jumlah pejalan kaki yang melewati zebra cross. Hasil dari data survei disajikan dalam bentuk tabel;
- 2) Pengambilan data jumlah kendaraan pada Jalan Margonda Raya pada segmen 1 dan segmen 2 dengan kategori sepeda motor, kendaraan ringan (mobil), dan kendaraan berat/bus. Dari hasil survei jumlah kendaraan disajikan dalam bentuk tabel;
- 3) Menghitung nilai $P.V^2$ dimana P adalah arus pejalan kaki yang menyeberang ruas jalan sepanjang 100 m tiap jam-nya (pejalan kaki/jam) dan V adalah arus kendaraan tiap jam dalam 2 (dua) arah (kendaraan/jam).
- 4) Menghitung persentase pejalan kaki yang menggunakan JPO dari total jumlah pejalan kaki.

2.2 Metode Pembahasan Hasil Analisis Metode Pembahasan Analisis Evaluasi efektivitas Jembatan Penyeberangan Orang (JPO) Margo City, Kota Depok.

P dan V masing-masing menunjukkan arus rata-rata pejalan kaki dan kendaraan pada jam sibuk, dengan rekomendasi seperti tabel 2.1 berikut:

Tabel .1 Evaluasi pemilihan fasilitas penyeberangan

$P.V^2$ (Jam)	P (Orang/Jam)	V (Kendaraan/Jam)	Tipe Fasilitas
$>10^8$	50-1100	300-500	zebra cross
$>2 \times 10^8$	50-1100	400-750	zebra cross dengan pelindung
$>10^8$	50-1100	>500	Pelican (P)
$>10^8$	>1100	>500	Pelican (P)
$>2 \times 10^8$	50-1100	>700	P dengan Pelindung
$>2 \times 10^8$	>1100	>400	P dengan Pelindung

Sumber: DPU Direktorat Jenderal Bina Marga, (1995)

Berdasarkan penilaian terhadap fasilitas penyeberangan yang telah dipilih, dapat diartikan sebagai berikut:

- 1) PV^2 lebih dari 2×10^8 , jumlah orang yang berjalan kaki (P) lebih dari 1.100 orang per jam, dan jumlah kendaraan yang melintas dua arah (V) lebih dari 750 kendaraan per jam, yang diambil dari rata-rata arus selama 4 jam sibuk.
- 2) Pada ruas jalan yang direncanakan memiliki kecepatan 70 km/jam. C. Di wilayah strategis, tetapi tidak memungkinkan para pejalan kaki untuk menyeberang jalan selain melalui jembatan penyeberangan.

Tabel 2. Kriteria penyeberangan tidak sebidang

P (org/jam)	V (Kend/jam)	PV^2	Rekomendasi
>1100	>750	$>2 \times 10^8$	Penyeberangan tidak sebidang

Sumber : Pedoman Perencanaan Teknis Pejalan Kaki PUPR 2018

3. PEMBAHASAN

3.1 Analisis Data

Analisis dan Evaluasi Efektivitas Jembatan Penyeberangan Orang (JPO) Margo City pada Jalan Margonda Raya, Kota Depok

Dalam penelitian ini, jenis penyeberangan yang direkomendasikan adalah penyeberangan jalan (Departemen Perhubungan, MKJI 1997). Evaluasi efektivitas JPO Margo City sebagai fasilitas penyeberangan dalam penelitian ini dilakukan berdasarkan perhitungan nilai PV^2 dan perbandingan efektivitas antara JPO dengan zebra cross.

a. Perhitungan PV^2 JPO dan Zebra Cross

Hasil perhitungan PV^2 pada JPO dan zebra cross seperti pada tabel berikut :

Tabel 3. Perhitungan PV^2 pada JPO Barat ke Timur /Segmen I

Waktu Survei		Jumlah P (Org/jam)	Jumlah V (Kend/jam)	Nilai PV^2
Rabu, 14 Mei 2025	06:30-08:30	76	10955	9.120.747.385
	11:00-13:00	163	10387	17.532.256.252
	16:00-18:00	176	11991	25.305.576.175
Kamis, 15 Mei 2025	06:30-08:30	78	10768	9.044.170.263
	11:00-13:00	187	11499	24.660.979.060
	16:00-18:00	202	12255	30.264.011.130
Jumat, 16 Mei 2025	06:30-08:30	67	10403	7.250.483.208
	11:00-13:00	68	10226	7.057.995.437
	16:00-18:00	259	13153	44.804.980.324
Sabtu, 17 Mei 2025	06:30-08:30	58	8978	4.634.293.230
	11:00-13:00	258	10744	29.779.357.583
	16:00-18:00	199	11909	28.150.228.661
Minggu, 25 Mei 2025	06:30-08:30	31	5438	916.727.164
	11:00-13:00	262	11459	34.402.874.422
	16:00-18:00	273	13503	49.776.365.457
Senin, 26 Mei 2025	06:30-08:30	109	10846	12.823.238.833
	11:00-13:00	181	10309	19.234.182.762
	16:00-18:00	196	11883	27.675.849.232
Selasa, 27 Mei 2025	06:30-08:30	83	10477	9.110.704.907
	11:00-13:00	155	9982	15.442.857.762

Waktu Survei		Jumlah P (Org/jam)	Jumlah V (Kend/jam)	Nilai PV^2
16:00-18:00		203	11461	26.599.290.503
Rata-rata				20.647.008.083

Sumber : Data Survei 2025



Gambar .1 Grafik Nilai PV^2 pada JPO Barat ke Timur /Segmen I

Sumber : Data Survei 2025

Nilai PV^2 mengalami perubahan dari 51.152.853.172 (nilai terendah, pada Selasa, 27 Mei 2025) hingga 85.095.967.043 (nilai tertinggi, pada Minggu, 25 Mei 2025). Perubahan nilai PV^2 ini menunjukkan adanya perbedaan kondisi atau parameter yang memengaruhi tingkat kelayakan atau prioritas fasilitas penyeberangan setiap harinya. Oleh karena itu, data ini digunakan sebagai dasar dalam menganalisis dan mengambil keputusan terkait perencanaan serta pengembangan fasilitas tersebut.

Tabel .2 Perhitungan PV^2 pada JPO Timur ke Barat /Segmen II

Waktu Survei		Jumlah P (Org/jam)	Jumlah V (Kend/jam)	Nilai PV^2
Rabu, 14 Mei 2025	06:30-08:30	32	21910	15.361.258.753
	11:00-13:00	88	20774	37.761.782.696
	16:00-18:00	168	23982	96.621.290.848
Kamis, 15 Mei 2025	06:30-08:30	31	21536	14.377.911.700
	11:00-13:00	130	22998	68.759.834.376
	16:00-18:00	207	24511	124.360.303.799
Jumat, 16	06:30-08:30	47	20805	20.344.639.451

Waktu Survei	Jumlah P (Org/jam)	Jumlah V (Kend/jam)	Nilai PV ²
Mei 2025	11:00-13:00	65	20451
	16:00-18:00	238	26305
Sabtu, 17 Mei 2025	06:30-08:30	35	17955
	11:00-13:00	106	21487
Minggu, 25 Mei 2025	16:00-18:00	216	23817
	06:30-08:30	19	10234
Senin, 26 Mei 2025	11:00-13:00	177	18468
	16:00-18:00	215	20489
Selasa, 27 Mei 2025	06:30-08:30	51	21693
	11:00-13:00	111	20617
Rabu, 14 Mei 2025	16:00-18:00	200	23766
	06:30-08:30	27	20954
Kamis, 15 Mei 2025	11:00-13:00	87	19963
	16:00-18:00	208	22922
Rata-rata			59.244.950.824

Sumber : Data Survei 2025



Gambar 2 Grafik Nilai PV2 pada JPO Timur ke Barat /Segmen II

Sumber : Data Survei 2025

Nilai PV² mengalami perubahan dari 149.744.332.297 (terendah, pada Rabu, 14 Mei 2025) hingga 212.219.568.570 (tertinggi, pada Jumat, 16 Mei 2025). Perubahan nilai ini menunjukkan adanya perbedaan kondisi atau parameter yang memengaruhi tingkat kelayakan atau prioritas fasilitas penyeberangan setiap harinya. Karena itu, data ini digunakan sebagai dasar dalam menganalisis dan membuat keputusan terkait perencanaan serta pengembangan fasilitas tersebut.

Tabel 3 Perhitungan PV2 pada zebra cross Barat ke Timur /Segmen I

Waktu Survei	Jumlah P (Org/jam)	Jumlah V (Kend/jam)	Nilai PV ²
Rabu, 14 Mei 2025	06:30-08:30	141	8712
	11:00-13:00	147	10173
Kamis, 15 Mei 2025	16:00-18:00	256	11850
	06:30-08:30	189	9742
Jumat, 16 Mei 2025	11:00-13:00	177	12706
	16:00-18:00	314	10609
Sabtu, 17 Mei 2025	06:30-08:30	136	8394
	11:00-13:00	128	8211
Minggu, 25 Mei 2025	16:00-18:00	347	11028
	06:30-08:30	112	7321
Senin, 26 Mei 2025	11:00-13:00	243	9615
	16:00-18:00	306	9186
Selasa, 27 Mei 2025	06:30-08:30	84	5438
	11:00-13:00	271	11459
Rabu, 14 Mei 2025	16:00-18:00	298	13503
	06:30-08:30	140	8971
Kamis, 15 Mei 2025	11:00-13:00	157	8803
	16:00-18:00	304	10421
Jumat, 16 Mei 2025	06:30-08:30	128	9448
	11:00-13:00	128	9534
Sabtu, 17 Mei 2025	16:00-18:00	286	8028
	06:30-08:30	128	9448
Rata-rata			21.352.432.941

Sumber : Data Survei 2025



Gambar 3. Grafik Nilai PV2 pada zebra cross Barat ke Timur /Segmen I

Sumber : Data Survei 2025

Nilai PV² mengalami perubahan, berkisar dari 41.491.598.550 (terendah, pada Selasa, 27 Mei 2025) hingga 92.403.328.129 (tertinggi, pada Minggu, 25 Mei 2025). Perubahan nilai PV2 ini menunjukkan adanya perbedaan kondisi atau

parameter yang mempengaruhi kelayakan dan prioritas fasilitas penyeberangan setiap harinya. Dengan demikian, data ini menjadi dasar untuk menganalisis dan mengambil keputusan dalam merencanakan atau mengembangkan fasilitas tersebut.

Tabel .4 Perhitungan PV2 pada zebra cross Timur ke Barat /Segmen II

Waktu Survei		Jumlah P (Org/jam)	Jumlah V (Kend/jam)	Nilai PV ²
Rabu, 14 Mei 2025	06:30-08:30	132	8712	9.979.680.097
	11:00-13:00	89	10173	9.210.694.221
	16:00-18:00	176	11850	24.644.980.627
Kamis, 15 Mei 2025	06:30-08:30	128	9742	12.148.040.192
	11:00-13:00	132	12706	21.228.009.528
	16:00-18:00	288	10609	32.412.209.460
Jumat, 16 Mei 2025	06:30-08:30	119	8394	8.384.449.308
	11:00-13:00	100	8211	6.708.015.046
	16:00-18:00	323	11028	39.281.508.826
Sabtu, 17 Mei 2025	06:30-08:30	100	7321	5.360.143.369
	11:00-13:00	120	9615	11.046.528.818
	16:00-18:00	285	9186	24.046.945.498
Minggu, 25 Mei 2025	06:30-08:30	62	10234	6.493.554.872
	11:00-13:00	168	18468	57.299.260.032
	16:00-18:00	215	20489	90.256.811.015
Senin, 26 Mei 2025	06:30-08:30	135	8971	10.865.249.086
	11:00-13:00	125	8803	9.647.854.721
	16:00-18:00	279	10421	30.244.621.844
Selasa, 27 Mei 2025	06:30-08:30	111	9448	9.908.487.017
	11:00-13:00	96	9534	8.680.860.498
	16:00-18:00	237	8028	15.272.839.737
Rata-rata				21.100.987.801

Sumber : Data Survei 2025



Gambar 4 Grafik Nilai PV2 pada zebra cross Timur ke Barat /Segmen II

Sumber : Data Survei 2025

Pertumbuhan populasi berdasarkan hasil perhitungan nilai PV² yang bervariasi dari 33.862.187.253 (terendah, pada Selasa, 27 Mei 2025) hingga 154.049.625.919 (tertinggi, pada Minggu, 25 Mei 2025). Fluktuasi nilai PV² ini menunjukkan adanya perubahan kondisi atau parameter yang memengaruhi kelayakan atau prioritas fasilitas penyeberangan dari hari ke hari, sehingga data ini berfungsi sebagai dasar analisis untuk pengambilan keputusan terkait perencanaan atau pengembangan fasilitas tersebut.

b. Efektifitas JPO Margo City

Jembatan Penyeberangan Orang (JPO) di Margo City, Depok, sering kali menjadi perbincangan karena fasilitas tersebut kurang efektif digunakan. Hal ini terutama disebabkan oleh adanya zebra cross yang berdekatan. Zebra cross ternyata membuat JPO kurang diminati oleh pejalan kaki. Hal ini terjadi karena menyeberang di permukaan tanah terasa lebih mudah dan cepat, tanpa perlu naik atau turun tangga JPO, yang bisa menjadi hambatan fisik bagi lansia, ibu dan anak, atau penyandang disabilitas. Karena itulah, pejalan kaki cenderung lebih memilih zebra cross, meskipun JPO dibuat agar pejalan kaki lebih aman dari kendaraan.

Tabel 5 Perbandingan Penggunaan JPO dan zebra cross

Waktu	Total		%	
	JPO	Zebra Cross	JPO	Zebra Cross
Senin	1695	2299	42.44%	57.56%

Waktu	Total		%	
	JPO	Zebra Cross	JPO	Zebra Cross
Selasa	1524	1971	43.61%	56.39%
Rabu	1404	1879	42.77%	57.23%
Kamis	1668	2453	40.48%	59.52%
Jumat	1487	2303	39.23%	60.77%
Sabtu	1741	2330	42.77%	57.23%
Minggu	977	1098	47,01%	52,916%
Total	9519	13235	42.28%	57.73%

Sumber: Data Survei 2025

Pertumbuhan populasi dapat dilihat dari tabel perbandingan JPO dan Zebra Cross, dimana jumlah pengguna JPO sebesar 42,28% yang termasuk dalam kategori "CUKUP EFEKTIF". Efektivitas JPO terbesar terjadi pada hari Jumat dengan persentase sebesar 39,23%. Oleh karena itu, diperlukan solusi dan tindak lanjut untuk meningkatkan efektivitas Jembatan Penyeberangan Orang (JPO) Margo City.

3.2 Pembahasan Hasil Analisis Pembahasan Hasil Analisis Evaluasi Efektivitas Jembatan Penyeberangan Orang (JPO) Margo City pada Jalan Margonda Raya, Kota Depok

Hasil evaluasi efektivitas Jembatan Penyeberangan Orang (JPO) Margo City, Kota Depok didasarkan pada hasil survei yang telah dihitung.

1. Perhitungan PV^2

Pada perhitungan dalam tabel 3.1 dari mana dapat disimpulkan bahwa rata-rata hasil perhitungan nilai PV^2 pada JPO Barat ke Timur / Segmen I adalah sebagai berikut:

Diketahui berdasarkan persamaan 2.1 terkait rumus empiris PV^2

$$PV^2 = 20.647.008.083 = 206 \times 10^8$$

Pada JPO Barat ke Timur / Segmen I, diperoleh nilai $PV^2 = 206 \times 10^8$. Dengan melihat tabel 3.3 dapat ditarik kesimpulan bahwa rekomendasi penyeberangan yang digunakan adalah **Penyeberangan Tidak Sebidang**.

Tabel 6 Pemilihan fasilitas penyeberangan sebidang

$P.V^2$ (Jam)	P (Orang/Jam)	V (Kendaraan/Jam)	Rekomendasi Tipe Fasilitas
$>10^8$	50-1100	300-500	zebra cross
$>2 \times 10^8$	50-1100	400-750	zebra cross dengan pelindung
$>10^8$	50-1100	>500	Pelican (P)
$>10^8$	>1100	>500	Pelican (P)
$>2 \times 10^8$	50-1100	>700	P dengan Pelindung
$>2 \times 10^8$	>1100	>400	P dengan Pelindung
$>2 \times 10^8$	>1100	>750	Penyeberangan tidak sebidang

Sumber : Pedoman Bahan Konstruksi Bangunan dan Rekayasa Sipil, Perencanaan Teknis Fasilitas Pejalan Kaki, Kementerian PUPR (Perencanaan Teknis Fasilitas Pejalan Kaki, 2018b)

Dari perhitungan yang tertera di tabel 3.2, dapat disimpulkan bahwa rata-rata hasil perhitungan nilai PV^2 untuk JPO Timur ke Barat / Segmen II adalah sebagai berikut:

Berdasarkan persamaan 2.1 yang berkaitan dengan rumus empiris PV^2 ,

$$PV^2 = 59.244.950.824 = 592 \times 10^8$$

Pada segmen II, diperoleh nilai PV^2 sebesar 592×10^8 .

Dengan melihat tabel 3.4, dapat disimpulkan bahwa rekomendasi penyeberangan yang digunakan adalah **Penyeberangan Tidak Sebidang**. Dengan demikian, keberadaan JPO sudah “SESUAI” dengan kondisi lalu lintas kendaraan dan pejalan kaki yang ada.

Tabel 7 Pemilihan fasilitas penyeberangan sebidang

$P.V^2$ (Jam)	P (Orang/Jam)	V (Kendaraan/Jam)	Rekomendasi Tipe Fasilitas
$>10^8$	50-1100	300-500	zebra cross
$>2 \times 10^8$	50-1100	400-750	zebra cross dengan pelindung
$>10^8$	50-1100	>500	Pelican (P)
$>10^8$	>1100	>500	Pelican (P)
$>2 \times 10^8$	50-1100	>700	P dengan Pelindung
$>2 \times 10^8$	>1100	>400	P dengan Pelindung
$>2 \times 10^8$	>1100	>750	Penyeberangan

P.V ² (Jam)	P (Orang/Jam)	V (Kendaraan/Jam)	Rekomendasi Tipe Fasilitas
			tidak sebidang

Sumber : Pedoman Bahan Konstruksi Bangunan dan Rekayasa Sipil, Perencanaan Teknis Fasilitas Pejalan Kaki, Kementerian PUPR (Perencanaan Teknis Fasilitas Pejalan Kaki, 2018b)

Dari perhitungan dalam tabel 3.3 dapat disimpulkan bahwa rata-rata hasil perhitungan nilai PV² untuk zebra cross dari Barat ke Timur / Segmen I adalah sebagai berikut:

Berdasarkan persamaan 2.1 yang berkaitan dengan rumus empiris PV², diperoleh PV² = 21.352.432.941 = 213 x 10⁸.

Pada Segmen II, nilai PV² yang diperoleh adalah 213 x 10⁸.

Dengan melihat tabel 3.5, dapat disimpulkan bahwa rekomendasi penyeberangan yang digunakan adalah **Penyeberangan Tidak Sebidang**. Dengan demikian, keberadaan zebra cross dianggap “SANGAT TIDAK SESUAI” dengan kondisi lalu lintas kendaraan dan pejalan kaki yang ada, dan tidak direkomendasikan untuk terus disediakan.

Tabel 8 Pemilihan fasilitas penyeberangan

P.V ² (Jam)	P (Orang/Jam)	V (Kendaraan/Jam)	Rekomendasi Tipe Fasilitas
>10 ⁸	50-1100	300-500	zebra cross
>2x10 ⁸	50-1100	400-750	zebra cross dengan pelindung
>10 ⁸	50-1100	>500	Pelican (P)
>10 ⁸	>1100	>500	Pelican (P)
>2x10 ⁸	50-1100	>700	P dengan Pelindung
>2x10 ⁸	>1100	>400	P dengan Pelindung
>2x10 ⁸	>1100	>750	Penyeberangan tidak sebidang

Sumber : Pedoman Bahan Konstruksi Bangunan dan Rekayasa Sipil, Kementerian PUPR (Perencanaan Teknis Fasilitas Pejalan Kaki, 2018b)

Pada perhitungan dalam tabel 3.4 dapat diambil kesimpulan rata-rata hasil perhitungan nilai PV² untuk zebra cross Timur ke Barat /Segmen II adalah sebagai berikut:

Diketahui berdasarkan persamaan 2.1 terkait rumus empiris PV²

$$PV^2 = 21.100.987.801 = 211 \times 10^8$$

Pada segmen II, diperoleh nilai PV² = 211x10⁸. dengan melihat tabel 3.6 dapat ditarik kesimpulan bahwa rekomendasi penyeberangan yang digunakan adalah **Penyeberangan Tidak Sebidang**. Maka keberadaan zebra cross “SANGAT TIDAK SESUAI” dengan kondisi lalu lintas kendaraan dan pejalan kaki yang ada dan tidak direkomendasikan untuk terus disediakan.

Tabel 9 Pemilihan fasilitas penyeberangan

P.V ² (Jam)	P (Orang/Jam)	V (Kendaraan/Jam)	Rekomendasi Tipe Fasilitas
>10 ⁸	50-1100	300-500	zebra cross
>2x10 ⁸	50-1100	400-750	zebra cross dengan pelindung
>10 ⁸	50-1100	>500	Pelican (P)
>10 ⁸	>1100	>500	Pelican (P)
>2x10 ⁸	50-1100	>700	P dengan Pelindung
>2x10 ⁸	>1100	>400	P dengan Pelindung
>2x10 ⁸	>1100	>750	Penyeberangan tidak sebidang

Sumber : Pedoman Bahan Konstruksi Bangunan dan Rekayasa Sipil, Perencanaan Teknis Fasilitas Pejalan Kaki, Kementerian PUPR (Perencanaan Teknis Fasilitas Pejalan Kaki, 2018b)

2. Efektivitas JPO Margo City

Efektivitas JPO Margo City dapat diketahui melalui perbandingan jumlah pengguna JPO Margo City dengan jumlah pengguna zebra cross. Hasil perbandingan efektivitas JPO Margo City dapat dilihat pada tabel berikut ini:

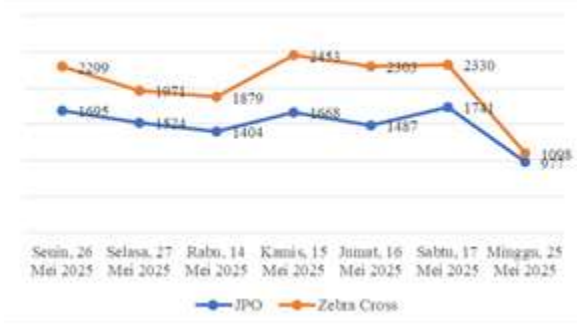
Tabel 10 Tingkat Efektivitas pemanfaatan JPO

Waktu	Total		Efektivitas JPO
	JPO	Zebra Cross	
Senin, 26 Mei 2025	1695	2299	42.44%
Selasa, 27 Mei 2025	1524	1971	43.61%
Rabu, 14 Mei 2025	1404	1879	42.77%
Kamis, 15 Mei 2025	1668	2453	40.48%
Jumat, 16 Mei 2025	1487	2303	39.23%
Sabtu, 17 Mei 2025	1741	2330	42.77%

Waktu	Total		Efektivitas JPO
	JPO	Zebra Cross	
Minggu, 25 Mei 2025	977	1098	47,01%
Rata-rata			42,28%

Sumber: Penulis (2025)

Pertumbuhan populasi merupakan indikator langsung terhadap efektivitas JPO. Perhitungan tingkat efektivitas JPO menunjukkan angka 42,28%, sehingga kategori efektivitas JPO termasuk dalam **“CUKUP EFEKTIF”**. Hal ini dikarenakan pejalan kaki cenderung menyeberang di zebra cross dengan kondisi **“SANGAT TIDAK SESUAI”** terhadap kondisi lalu lintas kendaraan dan pejalan kaki yang ada. Maka dari itu, tidak direkomendasikan untuk terus disediakan karena dapat menimbulkan masalah keselamatan.



Gambar 3.5 Grafik Perbandingan Penggunaan JPO dan zebra cross
Sumber : Data Survei 2025

Preferensi ini menyebabkan zebra cross menjadi titik konsentrasi penyeberangan yang padat, berpotensi menimbulkan konflik dengan arus lalu lintas kendaraan.

Oleh karena itu, untuk mengukur dampak nyata dari kecenderungan ini terhadap keselamatan dan kelancaran lalu lintas, menjadi krusial melakukan perhitungan mendalam terkait jumlah pejalan kaki yang menggunakan zebra cross dibandingkan dengan volume lalu lintas kendaraan di Jalan Margonda.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis evaluasi Efektivitas Jembatan Penyeberangan Orang (JPO) Margo City pada Jalan Margonda Raya,

Kota Depok diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

Hasil analisis nilai PV2 Jembatan Penyeberangan Orang (JPO) Margo City, Kota Depok didasari pada perhitungan hasil survei pada arah Barat ke Timur; dan Timur ke Barat adalah 206 x 108 dan 592 x 108. Maka keberadaan JPO sudah **“SESUAI”** dengan jumlah kendaraan dan pejalan kaki yang ada. Sedangkan Hasil analisis nilai PV2 Zebra Cross didasari pada perhitungan hasil survei pada arah Barat ke Timur; dan Timur ke Barat adalah 213 x 108 dan 211 x 108. Maka keberadaan Zebra Cross **“SANGAT TIDAK SESUAI”** dan tidak direkomendasikan untuk terus disediakan. Perhitungan efektivitas JPO menunjukkan nilai 42,28% dan zebra cross 57,73% sehingga tingkat efektivitas JPO tergolong **“CUKUP EFEKTIF”**.

5. DAFTAR PUSTAKA

Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat. (2018). Surat Edaran Menteri PUPR Nomor 02/SE/M/2018 tentang Pedoman Perencanaan Teknis Fasilitas Pejalan Kaki. Direktorat Jenderal Bina Marga. <https://binamarga.pu.go.id>

Mohammad Fajri Assalam., Andri Irfan Rifai., Mohamad Taufik. (2023). The Effectiveness Analysis of Frontage Road on Jalan Margonda Raya, Depok. Indonesian Journal of Multidisciplinary Science. <https://doi.org/10.55324/ijoms.v1i1.396>

Sekaryadi, Y., Prayoga, N., & Hermawan, N. D. (2023). Evaluasi Penggunaan Jembatan Penyeberangan Orang Di Jalan Raya Bandung Kota Ciranjang Kabupaten Cianjur. Jurnal Momen Teknik Sipil, 6(2), 165. <https://doi.org/10.35194/jmts.v6i2.3821>

Deannaz Ultima Avissaputri, Monita Yessy Beatrick Wambrau, & Marsal Arung Lamba. (2024). Analisis Kondisi dan Efektivitas Penggunaan Fasilitas Jembatan Penyeberangan Orang (JPO) di Kota Jayapura. Konstruksi:

Publikasi Ilmu Teknik, Perencanaan Tata Ruang Dan Teknik Sipil, 2(3), 336–355.
<https://doi.org/10.61132/konstruksi.v2i3.460>

Mediana, Prita Indah., Abdul Haris Fatgehipon., Achmad Nur Hidayat. (2022). Persepsi Pengguna Jembatan Penyeberangan Orang Tentang Penyalahgunaan Jembatan Penyeberangan Orang.

Wahyuni, A., Hermawan, H., & Wulandari, D. A. R. (2024). Kajian Kelayakan Struktur Jembatan Penyeberangan Orang. Jurnal Teknik & Teknologi Terapan, 2(1), 7–10.
<https://doi.org/10.47970/jtt.v2i1.623>

Hendrawan, H. (2022). Efektivitas Prototipe Jembatan Penyeberangan Orang Ramah Lingkungan. Media Komunikasi Teknik Sipil, 28(1), 49–58.

Roito, A., Prasetya, D. B., & Eng, M. (2015). Jembatan Penyeberangan Orang (Jpo) Di Jalan Raden Intan Kota Bandarlampung Berdasarkan Persepsi Dan Preferensi Repo.Itera.Ac.Id. http://repo.itera.ac.id/assets/file_upload/SB2009100071/_20_072602.pdf

EVALUASI BIAYA DAN WAKTU PENGUKURAN LEBAR DAN KETINGGIAN GUIDE RAIL JALUR KALAYANG BANDARA INTERNASIONAL SOEKARNO-HATTA, TANGERANG

Hendry Sampurna

Program Studi Teknik Sipil, FTSP, Institut Teknologi Budi Utomo Jakarta,
hendrysam@itbu.ac.id

Abstrak

Perawatan jalan rel sangat penting untuk menjaga stabilitas jalur agar selalu dalam kondisi baik dan layak untuk digunakan oleh sarana perkeretaapian. Perawatan jalan rel terdiri dari dua komponen utama, yaitu perawatan geometri dan komponen lainnya. Perawatan geometri bertujuan untuk mengembalikan jalur rel sesuai dengan ukuran standar yang telah ditentukan. Salah satu contoh jalur rel khusus adalah jalur Kalayang Bandara Internasional Soekarno-Hatta, Tangerang. Dalam proses perawatan tersebut, diperlukan alat ukur untuk membantu mengukur guide rail jalur Kalayang tersebut. Namun, saat ini pengukuran lebar dan tinggi guide rail masih dilakukan secara manual yang cenderung kurang praktis, kurang akurat, dan kurang konsisten. Dalam penelitian ini dibahas penggunaan alat ukur khusus untuk mengukur lebar dan tinggi guide rail serta mengevaluasi efisiensi dan konsistensi hasil pengukuran menggunakan alat tersebut. Penelitian ini dilakukan melalui eksperimen perbandingan efisiensi biaya dan waktu antara penggunaan alat ukur khusus dengan menggunakan meteran dan laser distance meter. Perbandingan hasil pengukuran dilakukan dengan melakukan lima kali percobaan pengukuran pada titik yang sama dengan menggunakan masing-masing alat tersebut. Hasil eksperimen menunjukkan bahwa penggunaan alat ukur khusus lebih efisien dalam segi biaya dan waktu pengukuran dibandingkan kedua metode lainnya. Selain itu, hasil pengukuran dengan alat ukur khusus lebih konsisten dibandingkan dengan meteran maupun laser, sehingga menghasilkan pengukuran yang lebih presisi. Hal ini dapat membantu mengurangi kerusakan retak pada guide wheel sarana Kalayang.

Kata kunci: guide rail, jalur kalayang, alat pengukur lebar dan ketinggian.

1. PENDAHULUAN

Prasarana perkeretaapian mencakup jalur kereta api, stasiun kereta api, serta fasilitas operasi kereta api agar dapat beroperasi dengan baik (UU No. 23, 2007:2). Dalam hal ini, komponen prasarana kereta api harus dalam kondisi layak dan siap digunakan. Salah satu cara untuk menjaga kondisi jalan rel tetap baik adalah melalui pemeriksaan dan perawatan secara teratur guna mempertahankan fungsi jalan rel secara stabil. Perkembangan jalan rel terus berkembang pesat, dan berbagai jenis jalan rel muncul untuk memenuhi kebutuhan berbagai jenis sarana transportasi. Salah satu jenis jalan rel modern adalah jalan rel tanpa ballast, yang sering disebut dengan istilah slab track.

Salah satu perkembangan dari slab track adalah penggunaannya pada sarana transportasi di Bandara Internasional Soekarno-Hatta di Tangerang. Jalan rel di Bandara Soekarno-Hatta dirancang untuk digunakan oleh sarana berbasis roda ban karet. Jenis sarana tersebut sesuai

dengan fungsi bandara, yaitu untuk menghubungkan antar terminal dengan jarak yang tidak terlalu jauh. Jalan rel serupa juga dipakai pada Skytrain Changi International Airport di Singapura. Pemilihan jenis jalan rel yang sesuai dengan sarana tersebut adalah jalur berupa beton dengan sistem pengarah di bagian samping kiri dan kanan jalur. Dengan jenis jalan rel tersebut, perawatan lebih fokus pada sistem pengarah kereta atau guideway system, karena penggunaan jalan rel dari beton memerlukan perawatan yang lebih sedikit (Len Industry, 2017).

Salah satu jenis perawatan pada sistem guideway di jalur Kalayang adalah pemeriksaan dan perawatan lebar jalur serta ketinggian elevasi guide rail dari running road. Pelaksanaan pemeriksaan dan perawatan ini memerlukan ketelitian dan akurasi dalam pengukuran lebar jalur serta ketinggian guide rail untuk menjaga keandalan prasarana dan kelancaran operasional Kalayang. Dalam

pelaksanaan pengukuran tersebut, alat yang digunakan meliputi laser distance meter, meteran, dan mistar.

Laser distance meter adalah alat untuk mengukur jarak dengan menggunakan laser sebagai cara pengukurannya. Pengukuran ini dilakukan secara manual. Alat ini digunakan untuk mengukur lebar guide rail di bagian kiri dan kanan, sedangkan meteran dan mistar waterpass digunakan untuk mengukur tinggi guide rail dari permukaan lintasan atau jalur. Dalam mengukur lebar jalur menggunakan laser distance meter, tidak menggunakan penyiku, sehingga hasil pengukurannya kurang akurat. Selain itu, perbedaan hasil pengukuran tinggi guide rail menggunakan meteran dari setiap pelaksana perawatan juga memengaruhi hasil pemeriksaan. Salah satu penyebabnya adalah belum adanya alat khusus yang digunakan untuk mengukur lebar jalur dan tinggi guide rail, seperti alat ukur lebar spoor konvensional (Len-Woojin Consortium, 2018).

2. METODOLOGI PENELITIAN

2.1 Metode Analisis Data

Analisis Biaya dan Waktu

Analisis biaya dan waktu dilakukan untuk mengevaluasi bagaimana efisien pekerjaan dilaksanakan serta memastikan sumber daya yang digunakan sudah dikelola dengan baik. Dalam pelaksanaan suatu kegiatan, baik biaya maupun waktu merupakan dua hal penting yang saling berkaitan dan berpengaruh besar terhadap keberhasilan suatu pekerjaan, terutama dalam proyek yang menggunakan target dan jadwal.

Dalam penelitian ini, analisis dilakukan dengan membandingkan jumlah orang yang melakukan pengukuran, waktu yang dibutuhkan untuk melakukan pengukuran, serta biaya yang dikeluarkan untuk menyelesaikan pekerjaan menggunakan tiga metode yaitu meteran, laser distance, dan alat pengukur lebar dan ketinggian guide rail. Data biaya yang dianalisis mencakup gaji pekerja, penggunaan alat, dan kebutuhan material. Sementara itu, waktu dihitung berdasarkan jumlah jam kerja yang dibutuhkan untuk menyelesaikan pengukuran sepanjang jalur Kalayang.

Selanjutnya, dilakukan perhitungan biaya per satuan waktu, misalnya biaya per jam atau

per hari kerja, untuk masing-masing metode. Dengan demikian, diperoleh gambaran yang lengkap mengenai tingkat efisiensi antara waktu dan biaya. Analisis ini juga mencakup evaluasi jumlah pekerja yang terlibat serta tingkat produktivitas masing-masing metode. Dengan demikian, analisis biaya dan waktu ini memberikan dasar yang kuat dalam pengambilan keputusan terkait pemilihan metode pelaksanaan yang paling efektif dan efisien, baik secara teknis maupun ekonomis.

Dalam pelaksanaan pengukuran lebar dan ketinggian guide rail, masing-masing metode memiliki perbedaan dalam cara pelaksanaannya. Setiap metode memiliki hasil perhitungan biaya dan waktu yang berbeda. Analisis biaya dan waktu didasarkan pada estimasi biaya pengukuran seluruh jalur Kalayang, baik menggunakan meteran, laser distance maupun alat pengukur khusus untuk lebar dan ketinggian guide rail. Beberapa faktor yang mempengaruhi estimasi biaya adalah jumlah pekerja yang terlibat, waktu yang dibutuhkan untuk melakukan pengukuran, serta biaya alat yang digunakan. Data yang dianalisis mencakup jumlah personil, jenis pekerjaan yang dilakukan, durasi waktu kegiatan pengukuran, dan biaya dalam kegiatan pengukuran.

2.2 Metode Pembahasan Hasil Analisis

Metode Pembahasan Hasil Analisis Biaya dan Waktu

Berdasarkan hasil analisis, aspek biaya dan waktu memiliki peran penting dalam menentukan seberapa efisien dan efektif pekerjaan dapat diselesaikan. Dari perbandingan berbagai metode pengukuran, setiap cara memiliki kelebihan dan kekurangan sendiri terkait pengeluaran biaya serta waktu yang dibutuhkan. Dari segi waktu, metode modern atau berbasis digital biasanya lebih efisien karena alatnya cepat dan mudah digunakan, sehingga mengurangi durasi pengukuran. Dengan metode ini, pekerjaan bisa selesai lebih cepat, yang memengaruhi penurunan biaya-biaya tambahan seperti upah lembur atau biaya operasional sehari-hari.

Hasil evaluasi menunjukkan bahwa efisiensi biaya dan waktu sangat dipengaruhi oleh jumlah orang yang terlibat, lama pelaksanaan pengukuran, serta tarif upah dan

jenis alat yang digunakan. Maka, analisis biaya dan waktu harus dilihat secara bersamaan. Memilih metode pengukuran tidak hanya melihat biaya alat atau jumlah tenaga kerja, tetapi juga harus memperhatikan kecepatan, akurasi, dan efisiensi keseluruhan. Oleh karena itu, analisis biaya dan waktu merupakan dasar penting dalam pengambilan keputusan teknis dan manajerial, terutama untuk proyek skala besar dan yang memiliki target waktu. Termasuk dalam proses pengukuran atau pemeriksaan lebar dan tinggi guide rail jalur Kalayang Bandara Internasional Soekarno-Hatta.

Dari tiga cara pelaksanaan pengukuran lebar dan ketinggian guide rail, yaitu menggunakan meteran, laser distance, atau alat hasil pengembangan, masing-masing memiliki kebutuhan tenaga kerja dan durasi pengukuran yang berbeda. Dari data setiap metode, bisa dibandingkan jumlah tenaga dan waktu yang dibutuhkan. Dengan data tersebut, bisa dihitung estimasi biaya untuk tenaga pengukuran dan biaya alat. Dengan variabel-variabel tersebut, bisa diketahui estimasi biaya total kegiatan pengukuran sepanjang jalur Kalayang.

3. PEMBAHASAN

3.1 Analisis Data

Analisis Biaya dan Waktu

Dari hasil pengukuran yang dilakukan menggunakan meteran, alat ukur jarak laser, serta alat untuk mengukur lebar dan tinggi guide rail, bisa diketahui perbandingan jumlah tenaga kerja yang dibutuhkan untuk pengukuran, durasi waktu yang diperlukan, serta jenis alat yang digunakan. Dengan variabel-variabel tersebut, dapat dihitung kebutuhan biaya dan waktu yang diperlukan.

a. Pengukuran dengan meteran

Perhitungan biaya pada pengukuran secara manual menggunakan laser tergantung pada harga alat dan jumlah orang yang diperlukan untuk melakukan pengukuran. Waktu yang dibutuhkan untuk pengukuran adalah waktu yang digunakan untuk mengukur lebar dan tinggi rail panduan secara manual dengan laser. Perhitungan dapat ditulis sebagai berikut:

- 1) Waktu pengukuran secara manual dengan laser

Waktu pengukuran didapatkan dari rata-rata waktu yang dibutuhkan untuk mengukur jarak 100 meter dengan cara manual menggunakan laser distance meter. Rata-rata waktu tersebut dapat dihitung dengan rumus mean seperti berikut:

$$(Waktu\ rata - rata) = \frac{\sum_{i=1}^n t\ (waktu\ pengukuran\ ke - i)}{n\ (jumlah\ pengukuran)}$$

Waktu pengukuran:

- Pengukuran ke-1 : 14 menit 36 detik = 876 detik
- Pengukuran ke-2 : 15 menit 01 detik = 901 detik
- Pengukuran ke-3 : 14 menit 28 detik = 868 detik
- Pengukuran ke-4 : 15 menit 00 detik = 900 detik
- Pengukuran ke-5 : 14 menit 39 detik = 879 detik

Sehingga dimasukkan dalam rumus sebagai berikut:

$$(Waktu\ rata - rata) = \frac{876 + 901 + 868 + 900 + 879}{5}$$

$$(Waktu\ rata - rata) = 884,8\ detik$$

Atau dapat ditulis dalam 14 menit 44 detik untuk mengukur jarak sepanjang 100 meter.

Pemeriksaan dan perawatan di jalur Kalayang hanya boleh dilakukan saat waktu operasi berhenti. Dalam penerapan ini, semua pekerjaan hanya bisa dilakukan maksimal selama dua jam dalam jeda waktu tersebut. Jadi, panjang jalur yang bisa diukur dalam jeda waktu tersebut dapat dihitung dengan membagi durasi jeda dengan durasi rata-rata pengukuran untuk setiap 100 meter.

$$Panjang\ pengukuran = \frac{2jam\ (7200\ detik)}{884\ detik} \times 100\ m = 814\ m$$

Dari hasil perhitungan tersebut, terlihat bahwa dalam setiap hari, pengukuran dengan cara manual menggunakan laser distance meter dapat mencakup jarak sepanjang 814 meter.

Jalur Kalayang memiliki panjang total sebesar 3,05 km untuk satu jalur. Jadi, total panjang jalur A dan jalur B adalah

6,10 km. Dengan demikian, total panjang jalur Kalayang yang dapat diukur secara manual dengan laser dapat dihitung dengan membagi panjang keseluruhan jalur Kalayang dengan panjang satu jalur yang bisa diukur menggunakan metode tersebut.

$$\text{Waktu (hari)} = \frac{6100 \text{ m}}{814 \text{ m}} = 7,49 \text{ hari}$$

Dari perhitungan tersebut terlihat bahwa pengukuran seluruh jalur Kalayang dengan cara manual menggunakan laser dapat diselesaikan dalam 7,49 hari, atau dibulatkan menjadi 8 hari kerja.

2) Perhitungan upah harian

Perhitungan upah harian didasarkan pada peraturan pemerintah yang berlaku, yaitu upah perbulan dibagi dengan 25 (dua puluh lima) (PP No.36, 2021:11). Besarnya upah perbulan adalah Rp 5.069.708,36 (Gubernur Banten, 2024:6). Maka dapat dihitung sebagai berikut.

$$\text{Upah (harian)} = \frac{5069708,36}{25} = 202788,33$$

Dari perhitungan yang dilakukan, terlihat bahwa upah yang diberikan kepada pekerja setiap harinya adalah Rp 202.788,33.

3) Biaya peralatan

Peralatan yang digunakan dalam pengukuran dengan meteran antara lain meteran dan mistar waterpass. Perhitungan biaya peralatan ini didasarkan pada harga rata-rata peralatan tersebut di pasaran. Harga peralatan tersebut adalah:

- Meteran: Rp 75.000,00
- Mistar waterpass: Rp 159.900,00

Dari beberapa perhitungan di atas, biaya pengukuran dengan laser distance dapat dihitung dengan menambahkan biaya upah petugas pengukur dan biaya peralatan.

- Upah petugas pengukuran
Petugas pengukuran terdiri dari 2 orang, dan durasi pengukuran selama

8 hari. Maka perhitungannya adalah sebagai berikut:

$$2 \times 8 \times \text{Rp } 202.788,33 = \text{Rp } 3.244.613,28$$

- Biaya peralatan

Peralatan yang digunakan dalam pengukuran dengan laser distance terdiri dari:

- 1) Meteran = Rp 75.000,00
 - 2) Mistar waterpass = Rp 159.900,00
- Jumlah = Rp 234.900,00

Maka biaya total untuk pengukuran lebar dan tinggi guide rail dengan menggunakan laser distance adalah sebagai berikut:

- 1) Upah petugas = Rp 3.244.613,28
 - 2) Biaya peralatan = Rp 234.900,00
- Jumlah = Rp 3.479.513,28

b. Pengukuran dengan laser distance meter

Perhitungan biaya pada pengukuran secara manual menggunakan laser mencakup biaya alat dan jumlah staf yang dibutuhkan untuk melakukan pengukuran. Waktu pengukuran adalah selang waktu yang dibutuhkan untuk mengukur lebar dan tinggi guide rail secara manual dengan laser. Perhitungan bisa ditulis seperti berikut:

- 1) Waktu pengukuran cara manual dengan laser

Waktu pengukuran diperoleh dari perhitungan rata-rata waktu yang dibutuhkan untuk melakukan pengukuran secara manual menggunakan laser distance meter pada jarak 100 meter. Rata-rata tersebut dihitung menggunakan rumus mean seperti berikut:

$$(\text{Waktu rata - rata}) = \frac{\sum_{i=0}^n t (\text{waktu pengukuran ke } i)}{n (\text{jumlah pengukuran})}$$

Waktu pengukuran:

- Pengukuran ke-1 : 12 menit 43 detik = 763 detik
- Pengukuran ke-2 : 12 menit 38 detik = 758 detik
- Pengukuran ke-3 : 12 menit 48 detik = 768 detik

- Pengukuran ke-4 : 12 menit 45 detik = 765 detik
- Pengukuran ke-5 : 12 menit 34 detik = 754 detik

Sehingga dimasukkan dalam rumus sebagai berikut:

$$(Waktu rata - rata) = \frac{763 + 758 + 768 + 765 + 754}{5}$$

$$(Waktu rata - rata) = 761,6 \text{ detik}$$

Atau bisa dicatat dalam waktu 12 menit 41 detik untuk mengukur jalur sepanjang 100 meter.

Pemeriksaan dan perawatan di jalur Kalayang hanya boleh dilakukan saat waktu operasi berhenti. Selama jeda waktu tersebut, semua pekerjaan hanya bisa dilakukan maksimal dua jam. Jadi, panjang jalur yang bisa diukur dalam jeda waktu itu dihitung dengan membagi durasi jeda dengan durasi rata-rata pengukuran setiap 100 meter.

$$Panjang \text{ pengukuran} = \frac{2 \text{ jam} (7200 \text{ detik})}{761 \text{ detik}} \times 100 \text{ m} = 941 \text{ m}$$

Dari perhitungan tersebut, terlihat bahwa dalam setiap hari, pengukuran dengan cara manual menggunakan alat laser distance meter dapat mencakup jarak sepanjang 941 meter.

Jalur Kalayang memiliki total panjang lintasan sebesar 3,05 km untuk satu jalurnya. Jadi, total panjang lintasan untuk jalur A dan jalur B adalah 6,10 km. Dengan demikian, untuk menghitung keseluruhan panjang jalur Kalayang yang bisa diukur secara manual menggunakan laser, kita perlu membagi panjang total jalur Kalayang dengan panjang satu jalur yang bisa diukur dengan cara tersebut.

$$Waktu (hari) = \frac{6100 \text{ m}}{941 \text{ m}} = 6,48 \text{ hari}$$

Dari hasil perhitungan tersebut terlihat bahwa pengukuran seluruh jalur Kalayang dengan metode manual menggunakan laser dapat diselesaikan dalam 6,48 hari, atau dibulatkan menjadi 7 hari kerja.

2) Perhitungan upah harian

Perhitungan upah harian didasarkan pada peraturan pemerintah yang berlaku, yaitu upah perbulan dibagi dengan 25 (dua puluh lima) (PP No.36, 2021:11). Besarnya upah perbulan adalah Rp 5.069.708,36 (Gubernur Banten, 2024:6). Dengan demikian, perhitungan upah harian dapat dilakukan seperti berikut.

$$Upah (harian) = \frac{5069708,36}{25} = 202788,33$$

Dari perhitungan tersebut terlihat bahwa upah per hari untuk pekerja adalah Rp 202.788,33.

3) Biaya peralatan

Peralatan yang digunakan dalam pengukuran secara manual dengan laser antara lain adalah laser distance meter, meteran, dan mistar waterpass. Perhitungan biaya peralatan didasarkan pada harga rata-rata peralatan tersebut di pasar. Harga peralatan di pasar adalah sebagai berikut:

- Laser distance meter: Rp 474.300,00
- Meteran: Rp 75.000,00
- Mistar waterpass: Rp 159.900,00

Dari beberapa perhitungan di atas, biaya pengukuran dengan laser distance dapat dihitung dengan menjumlahkan biaya upah petugas pengukur dan biaya peralatan.

- Upah petugas pengukuran
Petugas pengukuran berjumlah 2 (dua) orang, dan durasi waktu pengukuran adalah 7 (tujuh) hari. Maka dapat dihitung sebagai berikut:

$$2 \times 7 \times \text{Rp } 202.788,33 = \text{Rp } 2.839.036,62$$

- Biaya peralatan

Peralatan pengukuran dengan laser distance terdiri dari:

1) Laser distance meter	=	Rp 474.300,00
2) Meteran	=	Rp 75.000,00
3) Mistar waterpass	=	Rp 159.900,00
Jumlah	=	Rp 709.200,00

Sehingga biaya total untuk mengukur lebar dan tinggi guide rail menggunakan alat laser distance adalah sebagai berikut:

1) Upah petugas	=	Rp 2.839.036,62
2) Biaya peralatan	=	Rp 709.200,00
Jumlah	=	Rp 3.548.236,62

c. Pengukuran menggunakan alat pengukur lebar dan tinggi guide rail

Perhitungan biaya dalam pengukuran menggunakan alat pengukur lebar dan ketinggian guide rail khusus mencakup biaya alat serta jumlah tenaga yang dibutuhkan untuk melakukan pengukuran. Waktu yang dibutuhkan untuk pengukuran adalah waktu yang diperlukan untuk mengukur lebar dan tinggi guide rail menggunakan alat khusus tersebut. Berikut cara menghitungnya:

1) Waktu pengukuran menggunakan alat pengukur lebar dan tinggi guide rail

Waktu pengukuran diperoleh dari perhitungan rata-rata waktu yang dibutuhkan untuk mengukur lebar dan tinggi guide rail pada jarak 100 meter. Rata-rata waktu tersebut dapat dihitung dengan menggunakan rumus mean seperti berikut:

$$(Waktu\ rata - rata) = \frac{\sum_i t (waktu\ pengukuran\ ke - i)}{n (jumlah\ pengukuran)}$$

Waktu pengukuran:

- Pengukuran ke-1 : 7 menit 19 detik = 439 detik
- Pengukuran ke-2 : 7 menit 11 detik = 431 detik
- Pengukuran ke-3 : 7 menit 24 detik = 444 detik
- Pengukuran ke-4 : 7 menit 30 detik = 450 detik
- Pengukuran ke-5 : 7 menit 20 detik = 440 detik

Sehingga dimasukkan dalam rumus sebagai berikut:

$$(Waktu\ rata - rata) = \frac{439 + 431 + 444 + 450 + 440}{5}$$

$$(Waktu\ rata - rata) = 440,8\ detik$$

Atau bisa ditulis dalam waktu 7 menit 20 detik untuk mengukur sepanjang 100 meter.

Pada pelaksanaan pemeriksaan dan perawatan di jalur Kalayang, kegiatan hanya boleh dilakukan saat waktu operasi berhenti. Dalam penerapan tersebut, semua pekerjaan yang dilakukan selama jeda waktu hanya bisa maksimal selama dua jam. Dengan demikian, panjang jalur yang bisa diukur dalam jeda waktu tersebut dapat dihitung dengan membagi durasi jeda dengan waktu rata-rata pengukuran untuk setiap 100 meter.

$$Panjang\ pengukuran = \frac{2jam\ (7200\ detik)}{440\ detik} \times 100\ m = 1636\ m$$

Dari hasil perhitungan tersebut, terlihat bahwa dalam setiap hari, pengukuran lebar dan tinggi guide rail dilakukan sepanjang 1.636 meter. Jalur Kalayang memiliki panjang lintasan total sebesar 3,05 km untuk satu jalurnya. Jadi, keseluruhan panjang lintasan jalur A dan jalur B adalah 6,10 km. Dengan demikian, untuk mengetahui berapa panjang total jalur Kalayang yang bisa diukur, kita dapat membagi panjang total jalur Kalayang dengan panjang jalur yang bisa diukur secara manual menggunakan laser.

$$Waktu\ (hari) = \frac{6100\ m}{1636\ m} = 3,72\ hari$$

Dari hasil perhitungan tersebut, diketahui bahwa pengukuran seluruh jalur Kalayang dengan metode manual menggunakan laser membutuhkan waktu selama 3,72 hari, yang dapat dibulatkan menjadi 4 hari kerja.

2) Perhitungan upah harian

Perhitungan upah harian didasarkan pada peraturan pemerintah yang berlaku, yaitu upah per bulan dibagi dengan 25 (dua puluh lima) (PP No.36, 2021:11). Besar upah per bulan adalah sebesar Rp 5.069.708,36 (Gubernur Banten, 2024:6). Dengan demikian, perhitungan upah harian dapat dilakukan sebagai berikut.

$$Upah\ (harian) = \frac{5069708,36}{25} = 202788,33$$

Dari perhitungan tersebut dapat diketahui bahwa upah per hari untuk pekerja adalah Rp202.788,33.

3) Biaya peralatan

Peralatan dan biaya yang digunakan dalam pengukuran dengan alat pengukur khusus lebar dan ketinggian guide rail antara lain adalah distance meter dual direction, jangka sorong digital, serta biaya pembuatan alat. Perhitungan biaya peralatan ini didasarkan pada harga rata-rata peralatan tersebut di pasaran. Harga peralatan di pasaran sebagai berikut:

- Distance meter dual direction: Rp800.000,00
- Jangka sorong digital: Rp149.000,00
- Biaya bahan dan pembuatan alat: Rp300.000,00

Dari beberapa perhitungan di atas, biaya pengukuran menggunakan alat pengukur khusus lebar dan tinggi guide rail dapat dihitung dengan menambahkan biaya upah petugas pengukur dan biaya peralatan.

- Upah petugas pengukuran

Petugas pengukuran diketahui berjumlah 1 (satu) orang, dan durasi waktu pengukuran adalah 4 (empat) hari. Sehingga dapat dihitung sebagai berikut:

$$1 \times 4 \times \text{Rp}202.788,33 = \text{Rp}811.153,32$$

- Biaya peralatan

Peralatan pengukuran dengan laser distance terdiri dari:

1) Distance meter	=	Rp 800.000,00
dual direction	=	Rp 149.000,00
2) Jangka sorong digital	=	Rp 300.000,00
3) Jasa pembuat alat		
Jumlah	=	Rp 1.249.000,00

Sehingga biaya total untuk mengukur lebar dan tinggi rail panduan menggunakan alat jarak laser adalah sebagai berikut:

1) Upah petugas	=	Rp 811.153,32
2) Biaya peralatan	=	Rp 1.249.000,00
Jumlah	=	Rp 2.060.153,32

3.2 Pembahasan Hasil Analisis

Pembahasan Analisis Biaya dan Waktu

Dari hasil perhitungan biaya dan waktu, pengukuran guide rail dengan menggunakan meteran memberikan biaya sebesar Rp3.479.513,28 dan membutuhkan waktu 8 hari. Pengukuran dengan laser distance meter menghasilkan biaya sebesar Rp3.548.236,62 dan memakan waktu 7 hari. Sementara itu, pengukuran menggunakan alat khusus untuk mengukur lebar dan ketinggian guide rail menghasilkan biaya Rp2.060.153,32 dengan durasi pekerjaan hanya 4 hari.

Secara keseluruhan, pengukuran dengan laser distance memiliki biaya tertinggi. Hal ini disebabkan oleh biaya upah dua orang petugas yang diperlukan. Meskipun begitu, metode ini lebih cepat sehari dibandingkan dengan metode pengukuran menggunakan meteran. Perbedaan biaya antara kedua metode ini tidak terlalu besar. Biaya tertinggi pada pengukuran meteran juga berasal dari upah dua orang petugas yang bekerja selama 8 hari.

Dari ketiga metode pengukuran tersebut, metode penggunaan alat khusus untuk mengukur lebar dan ketinggian guide rail memiliki biaya terkecil. Biaya tertinggi dalam metode ini berasal dari biaya alat. Namun, biaya upah petugas lebih rendah karena hanya memerlukan satu orang petugas dan durasi pekerjaan hanya 4 hari.

Dari analisis tersebut, metode pengukuran lebar dan ketinggian guide rail dengan alat khusus terbukti lebih efisien dalam segi biaya maupun waktu.

Biaya yang disebutkan sudah mencakup biaya alat untuk pengukuran sepanjang jalur Kalayang dalam satu kali pengukuran. Untuk pengukuran berikutnya, biaya hanya mencakup upah petugas atau pelaksana pemeriksaan dan pengukuran.

4. KESIMPULAN

Biaya untuk melakukan pengukuran menggunakan meteran adalah Rp3.479.513,28

dengan durasi 8 hari. Biaya pengukuran menggunakan laser adalah Rp3.548.236,62 dengan durasi 7 hari. Sementara itu, biaya pengukuran dengan alat pengukur lebar dan tinggi guide rail adalah Rp2.060.153,32 dengan durasi 4 hari. Dengan demikian, metode pengukuran menggunakan alat pengukur lebar dan tinggi guide rail lebih menghemat biaya serta waktu.

5. DAFTAR PUSTAKA

Pemerintah Indonesia. 2007. Undang-Undang Nomor 23 Tahun 2007 tentang Perkeretaapian. Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 2007.

Len-Woojin Consortium. 2018. Indonesia SHIA APMS Chapter 6-2 Guide System Specification. PT Len Industry.

Len Industry. (2017, 7 Februari). Prasarana APMS Bandara Internasional Soekarno-Hatta. Paparan APMS, Tangerang.

Pemerintah Indonesia. 2021. Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 36 Tahun 2021 tentang Pengupahan. Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 2021 Nomor 46.

Gubernur Banten. 2024. Keputusan Gubernur Banten Nomor 471 tentang Penetapan Upah Minimum Kabupaten/Kota Di Provinsi Banten Tahun 2025.

PERANCANGAN PASAR TRADISIONAL DENGAN PENGEMBANGAN ARSITEKTUR NEO VERNACULAR DI KABUPATEN SRAGEN

Selly Indrawati

Program Studi Arsitektur, FTSP, Institut Teknologi Budi Utomo Jakarta,
selly@itbu.ac.id

Abstrak

Pasar Gemolong yang terletak di Kabupaten Sragen, Jawa Tengah, adalah pasar tradisional yang memiliki peran penting dalam kehidupan masyarakat setempat. Pasar ini bukan hanya tempat berbelanja, tetapi juga tempat interaksi sosial yang sangat vital bagi warga sekitar. Pasar Gemolong merupakan contoh dari pasar tradisional yang memiliki nilai budaya dan keunikan yang tidak tergantikan. Namun, dengan berubahnya zaman dan meningkatnya kebutuhan sosial serta ekonomi yang semakin kompleks, pasar ini perlu diubah dan diperbaiki agar tetap bisa menjaga nilai budaya lokal sekaligus memenuhi harapan masyarakat. Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan mengembangkan pasar tradisional Gemolong dengan menerapkan konsep arsitektur Neo Vernacular. Dengan demikian, pasar Gemolong bisa tetap menjadi bagian dari warisan budaya dan perekonomian lokal yang kuat serta bisa bersaing dalam era modern. Penelitian ini akan memperbaiki fasilitas sanitasi, area loading dan unloading, penataan ruang pasar, penataan kios yang kurang rapi, serta fasilitas pendukung lainnya. Tujuan utama dari penelitian ini adalah merancang ulang pasar dengan konsep arsitektur Neo Vernacular.

Kata Kunci: perancangan, pasar, tradisional, arsitektur, neo vernacular.

1. PENDAHULUAN

Pasar tradisional adalah tempat yang menjadi pusat bagi masyarakat untuk berbelanja dan berinteraksi sosial secara khas dan kreatif. Di sana, orang-orang bisa membeli berbagai barang, makanan, dan bahan-bahan siap pakai, serta menjadi tempat untuk menjaga budaya dan tradisi setempat. Pasar tradisional juga menjadi tempat berkumpul bagi para pengusaha kecil dan menengah untuk memperkenalkan produk mereka kepada masyarakat.

Sragen, sebuah kabupaten di Provinsi Jawa Tengah, Indonesia, adalah daerah yang kaya akan budaya dan tradisi lokal. Pasar tradisional Gemolong adalah salah satu warisan budaya yang sangat bernilai di daerah ini (Moleong, L. J, 2005).

Pasar Gemolong menjadi tempat yang menghubungkan masyarakat setempat dengan pengunjung dari berbagai daerah, memberikan ruang untuk berbagi budaya, kehidupan, dan tradisi. Namun, karena adanya perubahan zaman dan kebutuhan sosial ekonomi yang makin kompleks, Pasar Gemolong perlu diperbaiki dan direncanakan ulang agar tetap bisa

mempertahankan nilai budaya lokal sekaligus memenuhi kebutuhan masyarakat.

Untuk mewujudkan tujuan tersebut, perancangan ini bertujuan memperbaiki dan mengenalkan inovasi dalam desain serta pengelolaan pasar tradisional yang sudah ada. Dengan memperkuat warisan budaya lokal serta meningkatkan kualitas hidup masyarakat, diharapkan pasar Gemolong menjadi warisan budaya dan ekonomi lokal yang kuat, mandiri, dan memiliki daya saing di era modern (Stiglitz, dkk, 2011).

Pasar tradisional Gemolong di Kabupaten Sragen merupakan tempat strategis bagi masyarakat sekitar untuk bertransaksi dan berbelanja. Akan tetapi, pengelolaan sanitasi di area pasar masih perlu diperbaiki. Oleh karena itu, diperlukan perencanaan desain yang mampu meningkatkan fasilitas sanitasi seperti toilet, area pembersihan, dan pengelolaan sampah agar kualitas lingkungan pasar tetap terjaga dan kesehatan masyarakat terpenuhi.

Salah satu masalah yang sering dialami oleh Pasar tradisional adalah kurangnya

area untuk mengangkut dan mengeluarkan barang di dalam bangunan pasar. Hal ini menyulitkan proses pengiriman dan pengeluaran barang, sehingga mengurangi efisiensi kerja pasar. Untuk mengatasi masalah ini, diperlukan penambahan ruangan yang lebih luas dan mudah dijangkau agar mendukung aktivitas pengiriman dan pengeluaran barang secara lebih efektif (Benyamin Molan, 2005).

Keterbatasan ruang yang optimal dalam perencanaan zona Pasar yang sudah ada juga menjadi kendala yang perlu diperbaiki. Dengan melakukan pengembangan atau rekonstruksi bangunan pasar secara terencana dan memperhatikan peraturan serta standar yang berlaku, maka akan tercipta ruang yang lebih efisien dan memadai untuk berbagai kegiatan di pasar. Hal ini akan memudahkan para pengunjung dan petugas pasar dalam bertransaksi serta meningkatkan kinerja pasar secara keseluruhan.

Fasilitas pendukung di pasar tradisional juga memerlukan perbaikan. Dengan memperbaiki dan menambahkan fasilitas seperti stasiun listrik, tempat tinggal petugas, serta fasilitas konektivitas seperti internet dan telepon, maka kenyamanan dan keamanan bagi pengunjung dan petugas pasar akan meningkat. Perbaikan ini sangat penting untuk menciptakan lingkungan pasar yang lebih baik serta mengenalkan teknologi yang lebih modern.

Penataan kios yang tidak rapi di pasar tradisional juga berdampak pada kelangsungan usaha dan kesuburan pasar. Dampak negatif dari penataan yang tidak teratur bisa menyebabkan kurangnya tempat dagang yang mampu menampung barang lebih banyak dan membuat lingkungan pasar menjadi tidak sehat. Untuk mengatasinya, perlu dilakukan pengaturan kios secara lebih rapi dan terstruktur agar meningkatkan kinerja pasar dan menciptakan lingkungan yang

lebih menarik serta nyaman bagi para pengunjung.

2. METODOLOGI PENELITIAN

2.1 Metode Pra Rancangan

Metode pra rancang terdiri dari beberapa poin berikut:

a. Alternatif Tapak

Desain alternatif tapak adalah kegiatan menganalisis dan merancang ulang penggunaan lahan yang sudah ada untuk menjadi dasar dalam merancang bangunan. Tujuan dari alternatif tapak ini adalah memberikan gambaran mengenai potensi lahan terhadap bangunan yang akan dibangun. Perancangan tapak mencakup beberapa aspek seperti pola lalu lintas, aksesibilitas, ruang terbuka, jenis permukaan lantai, serta hal-hal lainnya.

b. Alternatif Bangunan

Desain alternatif bangunan adalah kegiatan menyusun konsep arsitektur bangunan yang akan dipakai di lahan. Tujuan dari alternatif bangunan ini adalah memberikan gambaran konsep awal yang akan diterapkan dalam area tapak. Proses perancangan arsitektur bangunan mencakup bentuk bangunan secara keseluruhan, cara menggabungkan bagian-bagian bangunan, penyusunan zona, tampilan bangunan dari berbagai sudut, serta orientasi bangunan terhadap lahan, dan yang lainnya.

c. Penentuan Program Ruang

Beberapa penentuan program ruang yang dilakukan adalah sebagai berikut:

- **Kegiatan Utama:** Mengidentifikasi kegiatan utama yang akan dilakukan di pasar, seperti penjualan, pameran, serta kegiatan komunitas.
- **Zonasi Ruang:** Membuat penataan ruang berdasarkan kegiatan utama tersebut, seperti area untuk para pedagang, area makan, area parkir, serta ruang terbuka.
- **Kebutuhan Fasilitas:** Mengidentifikasi fasilitas pendukung yang dibutuhkan, seperti

toilet, area parkir, tempat sampah, dan lain-lain.

2.2 Metode Pengembangan Rancangan

Pengembangan Rancangan adalah proses memilih desain yang terbaik, serta mengevaluasi kelebihan dan kekurangan dari setiap pilihan desain tersebut.

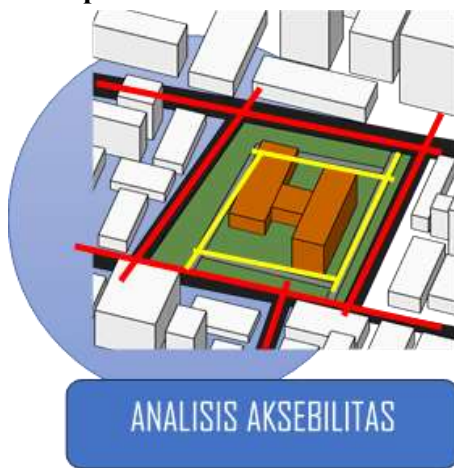
Setelah memilih desain terbaik untuk lokasi dan bangunan, tahap berikutnya adalah mengembangkan rancangan secara detail. Awalnya, dilakukan analisis mendalam terhadap lokasi dan bangunan yang dipilih, termasuk mempelajari kondisi tanah, topografi, serta kebutuhan ruang yang ada. Pengembangan konsep desain mencakup membuat sketsa awal, menentukan bentuk dan massa bangunan, serta mengintegrasikan area terbuka dan elemen taman.

Konsep keberlanjutan diterapkan melalui strategi penghematan energi, penggunaan bahan yang ramah lingkungan, dan sistem pengelolaan air yang efisien. Pengembangan desain secara detail mencakup rencana tapak, denah lantai, gambar potongan dan tampak, serta detail teknis. Estimasi biaya pembangunan dan spesifikasi bahan juga dibuat untuk memastikan proyek sesuai dengan anggaran yang ditentukan.

3. PERANCANGAN

3.1 Pengembangan Rancangan

3.1.1 Konsep Site



Gambar 1 analisis akseibilitas

Sumber : Data olahan penulis

Akses masuk dan keluar bisa dilakukan dari dua sisi sekaligus, yaitu sisi utara dan sisi selatan. Sirkulasi jalan yang mengelilingi area tapak dapat dilihat melalui garis berwarna merah, sedangkan garis berwarna kuning menunjukkan sirkulasi di area dalam tapak.



Gambar 2 analisis view dan orientasi

Sumber : Data olahan penulis

Matahari terbit dari arah timur dan terbenam di arah barat, sehingga memiliki potensi yang baik untuk paparan sinar matahari. Rencana gedung sudah sangat baik karena gedung menghadap ke utara dan selatan sekaligus menghadap ke jalan.



Gambar 3. analisis utilitas

Sumber : Data olahan penulis

Saluran pembuangan air di lokasi saat ini memiliki 2 saluran drainase kota berada di sisi timur dan utara lokasi, serta jalur listrik sudah tersedia di area lokasi tersebut.



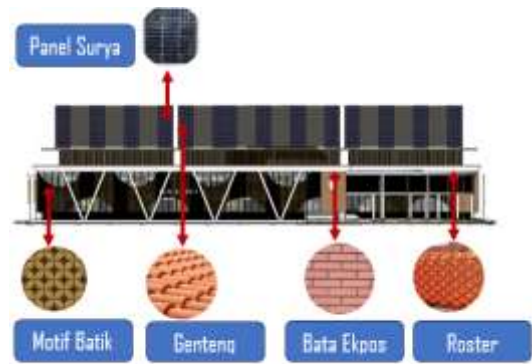
Gambar .4 analisis kebisingan dan sirkulasi

Sumber : Data olahan penulis

Sumber kebisingan terbesar berada di sisi utara, yang merupakan jalur utama untuk kendaraan umum. Untuk sirkulasi, dibuat jalur pejalan kaki dan akses untuk kendaraan transportasi, yang dipisahkan secara terpisah.

3.1.2 Konsep Arsitektur Neo Vernacular

Berikut konsep arsitektur neo vernakuler yang menggunakan bahan-bahan lokal yang diterapkan dalam konsep desain Pasar Tradisional Gemolong. Penggunaan bahan lokal dalam desain ini dapat memberikan dampak positif terhadap keberlanjutan lingkungan serta memperkuat hubungan masyarakat dengan tempat mereka berinteraksi. Dengan memaksimalkan elemen-elemen arsitektur yang bersifat lokal dan menghargai warisan budaya, maka desain ini dapat menciptakan kesan yang lebih harmonis dan berkelanjutan.



Gambar 5 konsep neo vernacular

Sumber : Data olahan penulis

3.2 Hasil Perancangan

a. Rencana Blok

Berikut adalah sketsa denah tata ruang untuk pasar tradisional yang dirancang dengan gaya arsitektur neo vernacular di Kabupaten Sragen:

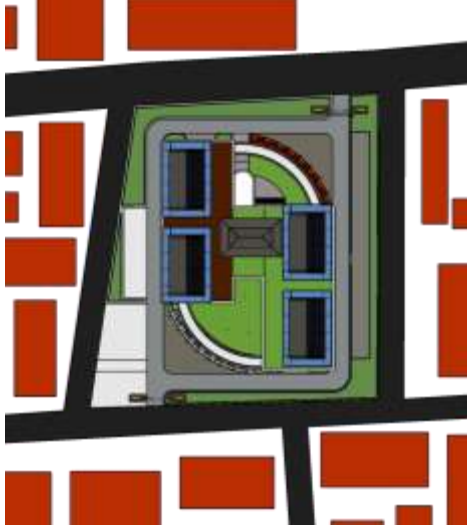


Gambar 6 site plan

Sumber : Penulis

b. Rencana Blok

Berikut adalah skema atau gambaran tentang penataan blok dalam perancangan pasar tradisional dengan pengembangan arsitektur neo vernakular di Kabupaten Sragen:



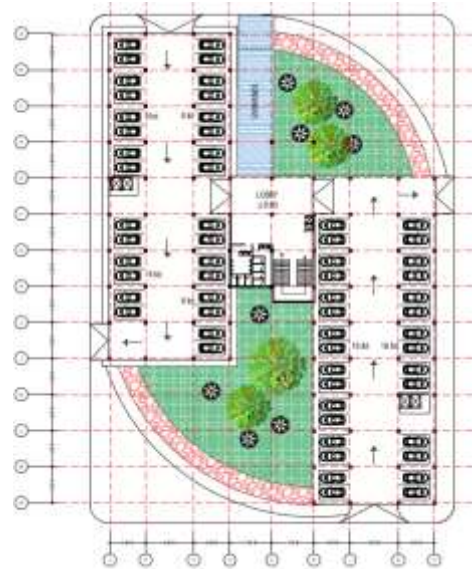
Gambar 7 block plan

Sumber : Penulis

Keterangan :

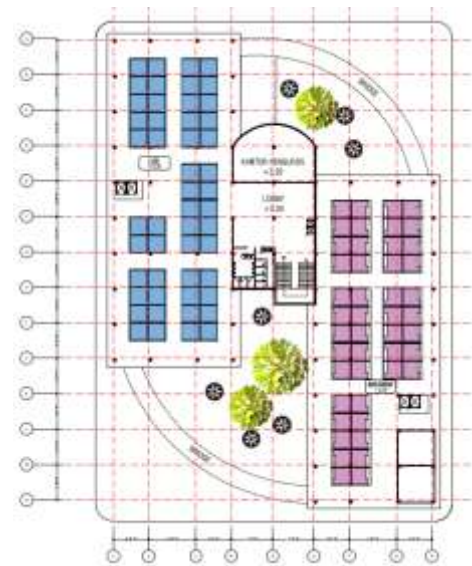
- A : Bangunan utama Pasar
- B : Bangunan ruang masjid & ruang pengelola Pasar
- C : Akses utama
- D : Akses sekunder
- E : Akses service
- F : Loading dock
- G : TPS
- H : Kolam retensi
- I : Area parkir
- J : Tiang listril & R. Genset
- K : WTP

c. Denah Besment



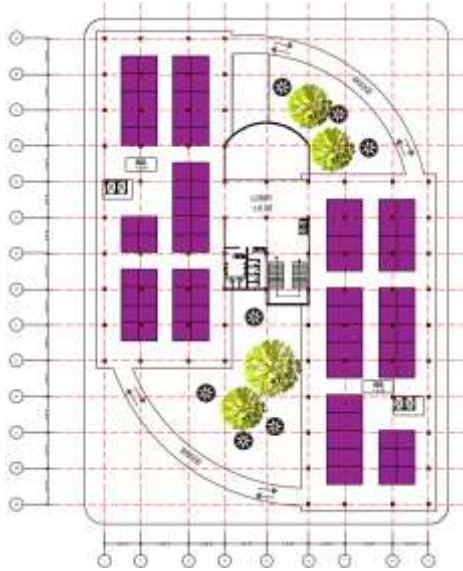
Gambar 8 denah lantai 1

Sumber : Data olahan penulis



Gambar 9 denah lantai 2

Sumber : Data olahan penulis



Gambar 10 denah lantai 3
 Sumber : Data olahan penulis



Gambar 11 tampak depan bangunan
 Sumber : Data olahan penulis



Gambar 12 tampak belakang
 Sumber : Data olahan penulis



Gambar 13 tampak samping kiri bangunan
 Sumber : Data olahan penulis



Gambar 14 tampak samping kanan bangunan
 Sumber : Data olahan penulis



Gambar 15 potongan melintang
 Sumber : Data olahan penulis



Gambar 16 potongan memanjang
 Sumber : Data olahan penulis



Gambar 3.17 view mata burung eskterior
 Sumber : Data olahan penulis



Gambar 18 view perspektif eksterior
 Sumber : Data olahan penulis



Gambar 19 view perspektif eksterior
Sumber : Data olahan penulis



Gambar 23 view perspektif interior
Sumber : Data olahan penulis



Gambar 20 view perspektif eksterior
Sumber : Data olahan penulis



Gambar 24 view perspektif interior basement
Sumber : Data olahan penulis



Gambar 21 view perspektif eksterior
Sumber : Data olahan penulis



Gambar 25 view perspektif interior
Sumber : Data olahan penulis



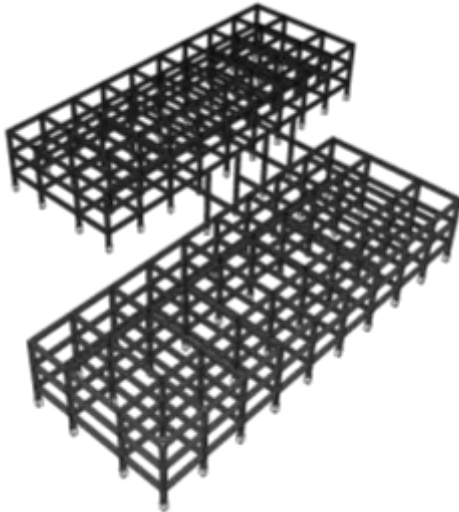
Gambar 22 view perspektif interior
Sumber : Data olahan penulis



Gambar 26 view perspektif interior foodcord
Sumber : Data olahan penulis

3.3 Konsep Struktur Bangunan

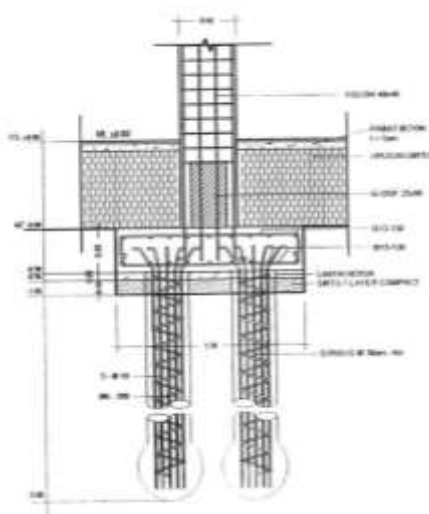
Berikut konsep struktur yang menggunakan bahan rangka baja yang diterapkan dalam konsep desain.



Gambar 27 struktur bangunan rangka baja

Sumber : Data olahan penulis

Bangunan gedung menggunakan struktur dari baja WF karena material ini memiliki kekuatan dan ketahanan yang baik. Baja WF juga bisa diatur dalam berbagai ukuran dan panjang, sehingga memudahkan dalam merancang desain bangunan.



Gambar 28 satruktur pondasi bore pile

Sumber : Data olahan penulis

Pondasi bore pile adalah jenis pondasi yang dipasang dengan cara menggali tanah, kemudian dimasukkan tulangan dan diisi dengan beton. Pondasi ini sering digunakan untuk bangunan bertingkat yang tingginya cukup. Keunggulan pondasi bore pile adalah tidak terpengaruh oleh tanah lempung, tidak berpindah ke samping meskipun tanahnya tidak rata, bisa mengurangi getaran tanah, serta cocok digunakan di area yang sempit.

3.4 Konsep Utilitas

Berikut konsep manfaat yang digunakan dalam desain perancangan pasar tradisional di Kabupaten Sragen:



Gambar 29 intalasi utilitas

Sumber : Data olahan penulis

Tabel 1 Sistem utilitas

Utilitas Listrik	Utilitas berasal dari PLN kemudian dialirkan menuju ruang trafo, menuju ruang panel keseluruhan bangunan
Utilitas Air Kotor	Air berasal dari toilet dan ruang dagang di pasar busah menuju shaft khusus air kotor ditampung di bak kontrol kemudian menuju sumbu resapan
Utilitas Air Bersih	Utilitas air bersih berasal dari saluran PDAM dan sumbu penampungan air bersih dialirkan menuju shaft khusus air bersih ke seluruh bangunan
Utilitas Air Limbah	Utilitas Air Limbah berasal dari los pasar basah kemudian disalurkan menuju shaft khusus air limbah menuju ruang pengolahan air limbah (IPAL)
Utilitas Sampah	Utilitas Sampah Berasal dari kios pasar kering maupun ruangan lainnya kemudian diangkat menuju shaft khusus sampah menuju TPS

Sumber : Data olahan penulis

3.5 Estimasi Biaya Konstruksi

Berikut estimasi anggaran biaya untuk pembangunan pasar:

Tabel 2 estimasi biaya konstruksi

No	Komponen	Bobot Bangunan	Total	Bobot (%)Thp Pek. Non Standar
A	Struktur			
	Pondasi Dalam	7%	12%	12%
B	Arsitektur			
	Bahaya Rayap	1%	3%	3%
	Fasilitas Disabilitas	3%	8%	8%
	Interior	15%	25%	15%
C	ME & Plumbing			
	Pengkondisian Udara	10%	20%	15%
	Elevator	8%	12%	12%
	Tata Suara	3%	6%	6%
	PABX	3%	6%	6%
	IT	6%	11%	11%
	Genset	7%	12%	12%
	Sistem Proteksi Kebakaran	7%	12%	12%
	Penangkal Petir	2%	5%	5%
	IPAL	2%	4%	4%
D	Lain-Lain			
	Bangunan Hijau	0%	10%	8%
	IMB	0%	1%	1%
	Sarana Lingkungan	3%	8%	7%
Total Bobot Pekerjaan Non Standar				137%

Sumber : Data olahan penulis

Tabel 3 biaya pelaksanaan pembangunan

HARGA STANDAR (HS)	Rp 4,000,000.00
HARGA NON STANDAR (HSN) 137%	Rp 5,480,000.00
Koefisien Ketinggian Bangunan 1	
Jumlah Total (HS+HSN) x	Rp

Ketinggian Bangunan	9,480,000.00
Dibulatkan	Rp 9,400,000.00
BIAYA PELAKSANAAN PEMBANGUNAN	
Perhitungan Luas Pekerjaan Fisik Bangunan dan Site Development	Luas(m2)
- Luas Lantai Dasar Bangunan Utama	7,488.00
- Luas Lantai Dasar Bangunan Penunjang	
Luas Total Lantai Dasar	7,488.00
Luas Pekerjaan Site Development yang Dikerjakan	
- Total Luas Lahan	10,057.00
- Total Luas Lahan Dasar	2,496.00
Luas Total Site Development	7,561.00
Harga / m2 Site Development	
10% x Harga Satuan Total Fisik Bangunan	Rp 940,000.00

Sumber : Data olahan penulis

Tabel 4 total biaya pembangunan

Pekerjaan	Luas (m2)	Harga /m2	
a. Biaya Pelaksanaan Bangunan Gedung	7,488.00	Rp 9,400,000.00	Rp 70,387,200.00
b. Biaya Pelaksanaan Site Development	7,561.00	Rp 940,000.00	Rp 7,107,340,000.00
10 % dari Biaya/m2 Bangunan)			
TOTAL BIAYA PEMBANGUNAN			Rp 77,494,540,000.00
TOTAL BIAYA PEMBANGUNAN + PPN 11%			Rp 86,018,939,400.00

Sumber : Data olahan penulis

4. KESIMPULAN

Adapun kesimpulan yang diperoleh dari penelitian tentang perancangan Pasar Tradisional di Sragen adalah sebagai berikut:

1. Menggabungkan kearifan lokal dalam desain pasar modern. Membangun pasar modern yang mengacu pada nilai-nilai lokal dapat memberikan ciri khas dan identitas budaya yang unik. Menggunakan bahan yang ramah lingkungan serta elemen arsitektur yang mencerminkan tradisi daerah, pasar tidak hanya menjadi tempat berdagang, tetapi juga menjadi simbol budaya yang menjaga warisan leluhur dan mempererat hubungan sosial masyarakat.
2. Menciptakan kenyamanan di dalam ruang pasar. Untuk membuat pasar lebih nyaman bagi pelaku usaha dan pengunjung, desain harus memperhatikan aspek kenyamanan, keterjangkauan, serta interaksi sosial. Penataan ruang yang baik, sistem pengaliran yang lancar, serta adanya fasilitas pendukung seperti area santai dan taman hijau dapat meningkatkan pengalaman berbelanja. Dengan demikian, pasar dapat berfungsi secara maksimal sebagai tempat pertemuan yang menyenangkan dan aman bagi semua pengunjung.

5. DAFTAR PUSTAKA

Kotler, Phillip. Alih bahasa: Benyamin Molan (2005). *Manajemen Pemasaran*. Edisi Keseblasan Jilid 1. PT. Intan Sejati Klaten.

Moleong, L. J. (2005). *Metodologi Penelitian Kualitatif*. Bandung: Remaja Rosda Karya.

Peraturan Pemerintah RI No. 12 tahun 2007 tentang Pasar Tradisional.

Stiglitz, dkk. (2011). *Mengukur Kesejahteraan*. Tangerang Selatan. Margin kiri.

PENDEKATAN CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORK UNTUK KLASIFIKASI MOTIF BATIK INDONESIA

Lola

Program Studi Teknik Informatika, FTI, Institut Teknologi Budi Utomo Jakarta,
lola.rezak@gmail.com

Abstrak

Batik adalah warisan budaya Indonesia yang kaya akan nilai filosofis dan keberagaman motif. Namun, generasi muda kini kurang mengenali keanekaragaman motif batik, yang berisiko mengancam pelestarian seni tradisional batik. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan model klasifikasi motif batik menggunakan *Convolutional Neural Network* (CNN) guna mendukung upaya pelestarian dan meningkatkan apresiasi terhadap batik. Dataset yang digunakan mencakup berbagai jenis motif batik dari beberapa sumber publik, dengan proses augmentasi data untuk meningkatkan performa model. Hasil penelitian menunjukkan bahwa model CNN berbasis arsitektur VGG-16 mampu mencapai akurasi tinggi dalam klasifikasi motif batik. Dengan akurasi validasi rata-rata mencapai 95%, model ini diharapkan dapat digunakan sebagai media edukasi yang efektif untuk generasi muda.

Kata Kunci : *Convolutional Neural Network*, CNN, Batik, Motif, Klasifikasi, VGG-16, *Deep Learning*

1. PENDAHULUAN

Batik merupakan salah satu seni tekstil tradisional Indonesia yang telah diakui sebagai Warisan Kemanusiaan untuk Budaya Lisan dan Nonbendawi oleh UNESCO pada 2 Oktober 2009. Sebagai ikon budaya Nusantara, batik bukan hanya sebagai simbol identitas bangsa, tetapi juga sebagai media serta pewaris tradisi dari generasi ke generasi (Atika, 2021).

Batik mencerminkan keberagaman budaya Indonesia melalui motif dan warna yang khas untuk setiap daerah asalnya. Warna dan motif yang digunakan pada batik umumnya memiliki makna filosofis yang mendalam, menggambarkan nilai-nilai kehidupan, kepercayaan, dan tradisi lokal. Motif batik beragam, beberapa di antaranya adalah motif Batik Parang, Batik Kawung, Batik Mega Mendung, Batik Ceplok, Batik Kraton, dan lain-lain. Menurut sejarahnya, busana batik dapat menentukan kedudukan sosial seseorang.

Seiring perubahan zaman, batik kini kurang diminati oleh generasi muda. Penelitian menunjukkan rata-rata kurang dari 50% responden survei tidak mengenali jenis dan nama motif batik klasik (Atika, 2021). Terdapat penelitian lain juga yang menyebutkan bahwa

generasi muda tidak dapat membedakan motif batik tradisional dan modern, maupun nama atau arti motif batik (Farida Luwistiana, 2020). Faktor yang menyebabkan fenomena ini adalah kurangnya edukasi mengenai ragam motif batik. Oleh karena itu, peneliti mulai mengembangkan teknologi untuk melakukan klasifikasi motif batik.

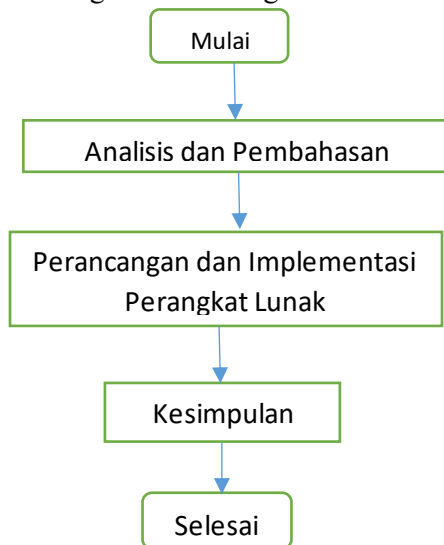
Klasifikasi motif batik dapat dilakukan dengan pengenalan pola berulang pada seni batik. Klasifikasi ini dapat dilakukan dengan pembelajaran mendalam (*deep learning*) yang berperan mengekstraksi fitur pada citra batik dan melakukan pembelajaran untuk mengenali motif batik. Salah satu model pembelajaran mendalam yang dapat digunakan untuk pengenalan pola motif batik untuk klasifikasi adalah *Convolutional Neural Network* (CNN).

Penelitian ini memanfaatkan model arsitektur CNN untuk melakukan klasifikasi jenis-jenis motif batik Indonesia secara akurat. CNN dipilih karena mampu melakukan ekstraksi fitur-fitur pada citra motif batik. Implementasi teknologi ini tidak hanya akan mempermudah proses klasifikasi motif batik, tetapi juga diharapkan dapat meningkatkan kesadaran dan apresiasi generasi muda terhadap

kekayaan budaya batik. Dengan demikian, penelitian ini berkontribusi pada pelestarian warisan budaya serta mempromosikan pemanfaatan teknologi modern untuk mendukung keberlanjutan seni tradisional Indonesia.

2. METODOLOGI

Metodologi penelitian digambarkan dalam bentuk diagram alir sebagai berikut :



Gambar 1. Diagram Alir Metodologi Penelitian

Sumber :

https://www.researchgate.net/publication/338235695_Metode-Metode_Penelitian_Dalam_Penulisan_Jurnal_Ilmu_h_Elektronik

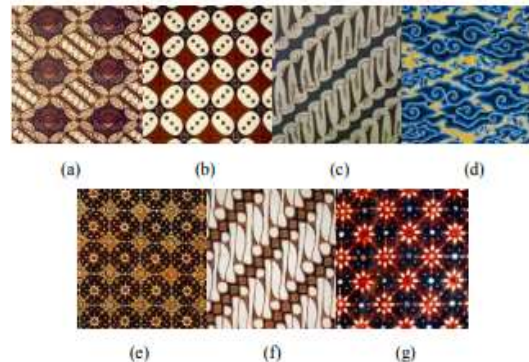
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 HASIL

A. Dataset

Dataset batik yang digunakan pada penelitian ini merupakan gabungan dari beberapa sumber dataset publik. Dataset terdiri dari total 2.555 citra untuk pelatihan dan 615 citra untuk validasi. Citra batik pada dataset merupakan citra pola batik berwarna, tanpa melibatkan citra batik pada objek tertentu, misalnya citra baju batik. Terdapat tujuh kelas pada dataset, yaitu Ceplok (172 citra), Kawung (700 citra), Lereng (61 citra), Megamendung (710 citra), Nitik (117 citra), Parang (700 citra), dan Truntum (710 citra). Dataset untuk kelas Ceplok diambil dari gabungan dataset kelas

Ceplok pada (Yohanes, Gultom, 2021), sementara kelas Lereng dan Nitik berasal dari dataset (Yohanes, Gultom, 2021). Dataset kelas Kawung, Megamendung, Parang, dan Truntum berasal dari dataset. Adapun sampel dataset untuk setiap kelas terdapat pada Gambar 2.



Gambar 2. Klasifikasi batik, (a) Ceplok, (b) Kawung, (c) Lereng, (d) Megamendung, (e) Nitik, (f) Parang, (g) Truntum
 Sumber : Atika, 2021.

B. Pra-pemrosesan dan Augmentasi Data

Tahap pra-pemrosesan dan augmentasi data dilakukan untuk mempersiapkan dataset sebagai upaya meningkatkan kinerja dan akurasi model. Citra pada dataset dinormalisasi dari yang nilai elemennya memiliki skala $[0, 255]$ menjadi $[0, 1]$. Selain itu, ukuran citra juga ditetapkan menjadi 256×256 piksel. Normalisasi dan pengubahan ukuran dilakukan untuk menetapkan standar citra masukan.

Untuk meningkatkan kinerja model, augmentasi data dilakukan. Pada dasarnya, augmentasi data bertujuan untuk mensimulasikan variasi dan distorsi citra masukan yang mungkin dijumpai pada aplikasi sehari-hari. Augmentasi yang dilakukan adalah dengan mengatur sudut rotasi 20 derajat, shift secara vertikal dan horizontal 20%, shear sebesar 0,2, dan zoom sebesar 0,2. Alhasil, dataset untuk pelatihan model menjadi lebih beragam, mencegah overfitting, serta meningkatkan kinerja model. Model menjadi lebih resilien terhadap transformasi citra.

```
BATCH_SIZE = 32
IMAGE_SIZE = (256, 256)

# Augmentation
train_datagen = ImageDataGenerator(
    rescale=1./255,
    rotation_range=20,
    width_shift_range=0.2,
    height_shift_range=0.2,
    shear_range=0.2,
    zoom_range=0.2,
    horizontal_flip=True,
    fill_mode='nearest'
)

test_datagen = ImageDataGenerator(rescale=1./255)

train_generator = train_datagen.flow_from_directory(
    train_data_dir,
    batch_size = BATCH_SIZE,
    target_size = IMAGE_SIZE,
    class_mode = "categorical",
    shuffle = True
)

test_generator = train_datagen.flow_from_directory(
    test_data_dir,
    batch_size = BATCH_SIZE,
    target_size = IMAGE_SIZE,
    class_mode = "categorical",
    shuffle = False
)
```

Gambar 3. Kode Program Augmentasi Data
Sumber : Yohanes, Gultom, 2021

C. Pembangunan dan Pelatihan Model

Model yang digunakan pada penelitian ini menggunakan arsitektur CNN, khususnya memanfaatkan model *pre-trained* VGG-16. Arsitektur ini cocok untuk pekerjaan klasifikasi dan pembelajaran pola visual yang kompleks. VGG-16 merupakan model yang sebelumnya telah dilatih terhadap dataset ImageNet, sehingga proses fine-tuning perlu dilakukan terhadap dataset batik. Fine tuning yang dilakukan terhadap model dasar VGG-16 hanya untuk empat lapisan terakhir agar lapisan yang lebih dalam dapat mempelajari fitur-fitur spesifik pada dataset batik sambil mempertahankan fitur general dari ImageNet.

Untuk mengadaptasi model VGG-16 pada penelitian ini, layer teratas dikecualikan dan menggunakan average pooling untuk melakukan kompresi dimensi spasial feature map menjadi vektor berukuran 512. Vektor ini akan menjadi masukan untuk fully connected layer yang terdiri dari 4096 unit dan diregularisasikan dengan penalti L2 untuk mencegah overfitting.

Untuk memantau kinerja model, akurasi dipilih sebagai metrik yang digunakan untuk pelatihan dan validasi. Pelatihan model dilakukan untuk 10 epoch dan ukuran batch 32. Pelatihan menggunakan dataset yang sebelumnya telah dilakukan proses augmentasi

untuk meningkatkan kemampuan generalisasi pada model.

D. Uji Klasifikasi Model

Setelah proses pelatihan model dilakukan, model diuji untuk melakukan klasifikasi terhadap citra masukan. Keluaran hasil prediksi berupa label kelas yang diklasifikasikan oleh model.

```
def predict_single_image(img_path):
    img = image.load_img(img_path,
                          target_size=IMAGE_SIZE)
    img_array = image.img_to_array(img) / 255.0
    img_array = np.expand_dims(img_array, axis=0)

    prediction = model.predict(img_array)
    predicted_class = train_generator.class_indices
    class_label = {v: k for k,
                       v in predicted_class.items()}
    predicted_label = class_label[np.argmax(prediction)]

    # Display the image
    plt.imshow(image.load_img(img_path))
    plt.axis('off')
    plt.title(f"Predicted Label: {predicted_label}")
    plt.show()

predict_single_image('data/test/Ceplok/26.jpg')
```

Gambar 4. Kode Program Klasifikasi Model
Sumber : Yohanes, Gultom, 2021

E. Evaluasi Model

Evaluasi dilakukan untuk mengukur kinerja model yang telah dilatih terhadap dataset latih. Proses evaluasi dilakukan dengan mengukur akurasi secara keseluruhan, akurasi rata-rata, dan juga metrik lainnya, yaitu precision, recall, f1 score, dan support. Semua metrik ini dirangkum pada classification report.

Model yang telah dilatih diuji untuk melakukan prediksi terhadap beberapa gambar pola batik. Gambar 5. menunjukkan beberapa sampel citra motif batik untuk diklasifikasikan oleh model yang telah dilatih pada penelitian ini.



Gambar 5. Uji Klasifikasi Batik
Sumber : Yohanes, Gultom, 2021

Untuk mengukur kinerja model, akurasi dipantau selama proses pelatihan dan validasi, akurasi rata-rata untuk pelatihan dan validasi tergolong tinggi, sedangkan loss rata-rata untuk pelatihan dan validasi tergolong rendah. Ini menunjukkan proses pembelajaran model yang sedikit fluktuatif. Pada epoch pertama, model menunjukkan akurasi sebesar 66.59% dengan loss 1.6805, yang meningkat signifikan pada epoch kedua menjadi 90.62% dengan loss 0.5323.

Peningkatan tersebut mencerminkan kemampuan model untuk dengan cepat belajar dari data pelatihan. Untuk *epoch* berikutnya, akurasi pelatihan terus meningkat hingga mencapai puncak pada *epoch* keempat dengan akurasi 96.88% dan loss 0.2809. Namun, terjadi fluktuasi dengan penurunan performa pada beberapa *epoch*, yaitu *epoch* kelima dan ketujuh. Penurunan ini bisa mengindikasikan overfitting. Akibatnya, model dapat menjadi terlalu spesifik terhadap data pelatihan dan kehilangan kemampuan generalisasi terhadap data baru, terutama pada kelas dengan jumlah data yang lebih sedikit.

3.2 PEMBAHASAN

Batik merupakan salah satu ragam seni Indonesia yang merupakan memadukan seni dan teknik nenek moyang. Aneka corak atau motif batik penuh makna serta filosofi. Kini motif batik terus dieksplorasi melalui beragam adat dan budaya yang berkembang di Indonesia. Motif batik adalah corak atau desain berupa perpaduan garis, bentuk, dan isen yang membentuk kerangka gambar batik menjadi kesatuan yang mewujudkan keseluruhan batik. Motif batik meliputi binatang, manusia, dan desain geometris. Dalam konteks sejarah, motif batik sering digunakan untuk menunjukkan status seseorang, misalnya motif Batik Parang yang hanya boleh dikenakan oleh raja, keluarga, serta kerabatnya. Selain itu, pembuatan batik merupakan tradisi yang telah diwariskan secara turun-temurun. Oleh karena itu, motif batik menjadi ciri khas batik yang dihasilkan oleh keluarga tertentu.

Terdapat beberapa motif di Indonesia yang terkait dengan budaya lokal. Salah satu faktor yang mempengaruhi terciptanya motif batik

adalah letak geografis. Misalnya, daerah pesisir menghasilkan batik dengan motif yang berhubungan dengan laut, sementara orang yang tinggal di daerah pegunungan mengambil inspirasi dari alam sekitar. Motif batik juga dipengaruhi oleh sifat, kehidupan, kepercayaan, dan adat istiadat suatu daerah, serta kondisi alam lingkungan (Farida Luwistiana, 2020). Beberapa motif batik yang umum dikenali di masyarakat di antaranya :

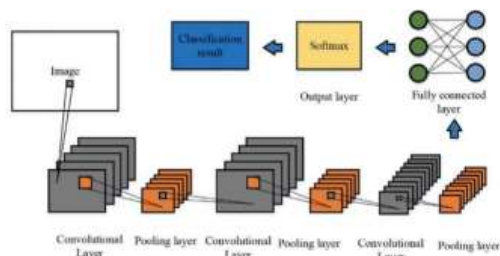
1. Kawung, yaitu motif batik yang berasal dari Yogyakarta dengan bentuk seperti irisan buah kawung (buah kolang-kaling atau buah aren) dan pola bentuk-bentuk geometris yang tersusun secara simetris. Motif batik ini melambangkan keperkasaan dan keadilan, sehingga eksklusif dipakai oleh para pejabat kerajaan (Atika, 2021).
2. Ceplok, yaitu motif batik yang berasal dari Yogyakarta dengan model hiasan berupa satuan demi satuan dengan pola geometris yang berulang. Motif ini terinspirasi dari hiasan dinding candi yang bercorak Hindu dan Buddha, sehingga memberikan makna yang sakral dan mendalam. Pemakaian motif batik ini juga cukup terbatas, yaitu hanya untuk orang-orang tertentu, seperti pegawai kerajaan (Atika, 2021).
3. Parang, yaitu motif batik yang berasal dari Yogyakarta dengan pola diagonal yang berbentuk seperti pedang. Motif ini melambangkan kekuatan serta keberanian. Sama halnya dengan motif batik sebelumnya, batik parang juga eksklusif untuk bangsawan dan keluarga kerajaan sebagai simbol status dan kekuasaan (Atika, 2021).
4. Lereng, yaitu motif batik yang berasal dari daerah Jawa Tengah berupa diagonal yang menyerupai lereng gunung. Motif ini umumnya dipadukan dengan motif lain seperti flora dan fauna, yang melambangkan kekayaan alam dan keberagaman hayati (Atika, 2021).
5. Mega mendung, yaitu motif batik yang berasal dari Cirebon dengan pola menyerupai sekumpulan awan di langit, dipadukan dengan warna gradasi. Secara simbolis, motif ini melambangkan awan gelap yang terlihat saat cuaca yang sejuk.

Sejarahnya, motif ini terinspirasi dari motif kebudayaan Tiongkok (Atika, 2021).

6. Truntum, yaitu motif batik yang berasal dari Solo dan Yogyakarta, yang biasa dipakai oleh orang tua pengantin pada acara pernikahan. Motif batik ini merupakan simbol cinta yang tulus tanpa syarat, abadi, dan semakin lama terasa semakin subur berkembang (tumaruntum). Coraknya terdiri dari motif bintang di langit berwarna coklat, berlatar hitam dengan kombinasi lambang Garuda (Atika, 2021).

C. Convolutional Neural Network (CNN)

Convolutional Neural Network (CNN) merupakan salah satu arsitektur jaringan syaraf mendalam yang populer, terutama untuk tugas-tugas yang berhubungan dengan data citra seperti klasifikasi, visi komputer, dan pemrosesan bahasa natural. Berbeda dengan jaringan syaraf tradisional, CNN menggunakan metode konvolusi untuk berfokus pada area lokal dari suatu citra sehingga mengurangi koneksi yang dibutuhkan secara signifikan dan memungkinkan untuk menganalisis data dengan resolusi yang lebih tinggi (J. Liu, 2021). Arsitektur ini merupakan perluasan dari Artificial Neural Network (ANN) yang dapat mengekstraksi fitur dari dataset yang berbentuk grid atau matriks. Arsitektur CNN terdiri dari beberapa jenis lapisan utama, yaitu lapisan konvolusi, ReLU (Rectified Linear Unit), pooling, fully connected, dan softmax. Lapisan konvolusi merupakan inti dari CNN yang menggunakan penapis 16 berukuran kecil untuk mendeteksi fitur lokal, seperti tepi, tekstur, atau pola yang lebih kompleks. Setiap penapis menghasilkan peta fitur yang merepresentasikan deteksi fitur pada berbagai posisi dalam citra (J. Liu, 2021).



Gambar 6. Arsitektur CNN
Sumber : J. Liu, 2021

KESIMPULAN

Pemanfaatan CNN untuk klasifikasi motif batik Indonesia pada penelitian ini berhasil menghasilkan sebuah model dengan akurasi yang tinggi, yaitu senilai 95% untuk akurasi validasi rata-rata. Penggunaan VGG-16 sebagai model dasar yang di-fine tuning menggunakan dataset motif batik menunjukkan hasil yang baik dengan bantuan proses augmentasi data untuk menangani transformasi citra.

Meskipun terdapat beberapa fluktuasi pada akurasi pelatihan, model ini dapat mempertahankan kinerja validasi yang konsisten. Penelitian lebih lanjut dapat dilaksanakan untuk meningkatkan kinerja model agar model lebih robust, khususnya untuk citra motif batik yang dirotasi dan di-scale. Dataset pelatihan yang digunakan dapat dibuat lebih beragam dan banyak.

Penelitian ini berkontribusi terhadap upaya melestarikan budaya Indonesia, khususnya untuk edukasi pengenalan pola motif batik.

DAFTAR PUSTAKA

1. Atika, Nur Kholifah, Siti Nurrohmah, and Riski Purwiningsih, 2021., "Eksistensi Motif batik klasik pada generasi Z," TEKNOBUGA Jurnal Teknologi Busana dan Boga, vol. 8, no. 2, pp. 141–144, Jan. 2021, doi: <https://doi.org/10.15294/teknobuga.v8i2.29047>
2. Farida Luwistiana and Sumiyatun Septianingsih, 2020., "Pergeseran Makna pada Motif Batik Tulis Banyumasan Bagi Masyarakat," Prosiding Seminar Nasional LPPM UMP, pp. 269–280, Dec. 2020.
3. Yohanes, Gultom, 2021., "GitHub - yohanesgultom/deep-learning-batik-classification: Batik motif classification (5 classes) using VGG16 transfer learning" GitHub, 2021. <https://github.com/yohanesgultom/deep-learning-batik-classification>.
4. J. Liu, 2021., "Convolutional Neural Network-Based Human Movement Recognition Algorithm in Sports Analysis," Frontiers in Psychology, vol. 12, Jun. 2021, doi: <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2021.663359>.

ANALISIS DAN PERANCANGAN APLIKASI PELAPORAN KERUSAKAN SARANA DAN PRASARANA BERBASIS ANDROID PADA PUSKESMAS KECAMATAN DUREN SAWIT

Rachmat Setiabudi

Program Studi Teknik Informatika, Teknologi Industri, Institut Teknologi Budi Utomo
raffisetiabudi@gmail.com

Abstrak

Aplikasi pelaporan kerusakan sarana dan prasarana (sarpras) berbasis Android dirancang untuk meningkatkan efisiensi dan transparansi dalam penanganan kerusakan di Puskesmas Kecamatan Duren Sawit. Sistem manual yang digunakan saat ini menyebabkan keterlambatan dalam pelacakan dan penyelesaian laporan, sehingga berdampak pada kualitas layanan kesehatan. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan aplikasi yang memungkinkan pengguna melaporkan kerusakan secara digital, melacak status laporan secara *real-time*, dan memfasilitasi admin dalam memproses laporan. Metode pengembangan menggunakan model *Waterfall*, dengan alat bantu seperti Android Studio, Firebase *Database*, dan Kotlin. Hasil yang diharapkan adalah aplikasi yang mudah digunakan, responsif dan mampu meningkatkan efektivitas pelaporan kerusakan sarpras di Puskesmas.

Kata Kunci: Aplikasi Android, Pelaporan Kerusakan, Sarana dan Prasarana, Puskesmas, Firebase.

1. PENDAHULUAN

Puskesmas merupakan fasilitas pelayanan kesehatan tingkat pertama yang memiliki peran penting dalam memberikan layanan medis kepada masyarakat. Namun, dalam pelaksanaannya, sering kali terjadi kendala terkait sarana dan prasarana (sarpras) yang mengalami kerusakan, sehingga menghambat kelancaran pelayanan kesehatan. Puskesmas Kecamatan Duren Sawit menghadapi permasalahan dalam pelaporan kerusakan sarpras, khususnya dalam aspek pelacakan dan penyelesaian laporan. Ketidakjelasan sistem pelaporan yang digunakan dapat menyebabkan keterlambatan dalam proses perbaikan, yang pada akhirnya berdampak pada penurunan kualitas pelayanan kepada masyarakat (E. R. Rahmi, 2023).

Setiap laporan kerusakan memerlukan tindak lanjut yang cepat dan terorganisir agar fasilitas kesehatan tetap dapat berfungsi secara optimal. Namun, belum adanya sistem yang dapat memantau secara *real-time* menyulitkan dalam memantau status laporan, apakah sudah diterima, sedang diproses, atau telah diselesaikan. Ketidakefisienan ini berpotensi menimbulkan penumpukan laporan yang tidak tertangani dengan baik, serta memperpanjang

waktu penanganan kerusakan (H. Murti, 2024).

Pada penelitian yang berjudul "Perancangan Aplikasi *Mobile* sebagai Media untuk Melaporkan Kerusakan Barang Milik Negara (BMN) di FMIPA Universitas Padjadjaran" menjelaskan tentang pengembangan aplikasi *mobile* berbasis Android yang bertujuan untuk mempermudah pelaporan dan pemeliharaan Barang Milik Negara (BMN). Aplikasi ini dikembangkan untuk mengatasi keterlambatan dalam perbaikan sarana dan prasarana yang mengalami kerusakan. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah *Waterfall*, di mana aplikasi dirancang secara bertahap mulai dari analisis kebutuhan hingga implementasi. Persamaan dalam penelitian ini adalah sama-sama mengembangkan aplikasi berbasis *mobile* untuk pelaporan kerusakan sarana dan prasarana (S. F. Arief, 2022).

2. METODOLOGI

Pada penelitian ini, pendekatan yang digunakan adalah metode deskriptif yang dikombinasikan dengan pendekatan kuantitatif. Metode deskriptif bertujuan untuk memberikan gambaran secara sistematis, faktual, dan akurat mengenai objek yang diteliti, sedangkan pendekatan kuantitatif

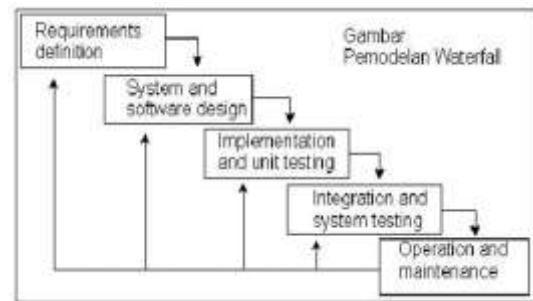
digunakan untuk mengukur dan menganalisis data secara numerik.

Kerangka pemikiran dalam penelitian ini disusun untuk memberikan gambaran sistematis mengenai langkah-langkah yang dilakukan dalam menganalisis dan merancang aplikasi pelaporan kerusakan sarana dan prasarana berbasis Android pada Puskesmas Kecamatan Duren Sawit. Permasalahan utama adalah pelaporan kerusakan yang belum terorganisir sehingga menghambat kecepatan dan ketepatan penanganan. Solusi yang ditawarkan adalah pengembangan aplikasi Android yang memungkinkan pengguna melakukan pelaporan secara digital, dilengkapi dengan dokumentasi foto, serta memantau status tindak lanjut laporan. Melalui penerapan teknologi ini, diharapkan proses pelaporan menjadi lebih efektif, efisien, dan terstruktur, sehingga meningkatkan pelayanan di Puskesmas.



Gambar 1 Kerangka Pemikiran
Sumber Hasil Olahan Data Penelitian

Metode pembangunan perangkat lunak yang diterapkan dalam penelitian ini menggunakan pendekatan *Waterfall*. Model *Waterfall* termasuk ke dalam metode klasik dalam *Software Development Life Cycle* (SDLC) yang memiliki alur kerja linier dan terstruktur. Pendekatan ini mengharuskan setiap tahapan diselesaikan secara berurutan, dimulai dari tahap awal hingga tahap akhir. Setiap tahapan tidak dapat dilompati atau diulang kembali setelah tahap tersebut dinyatakan selesai.



Gambar 2 Model *Waterfall*
Sumber Hasil Olahan Data Penelitian

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Hasil

Sistem pelaporan kerusakan sarana dan prasarana yang saat ini digunakan di Puskesmas Kecamatan Duren Sawit masih menggunakan formulir berbasis digital melalui *platform* pihak ketiga, yaitu *Zoho Form*. Sistem ini digunakan oleh pegawai untuk mengisi data kerusakan, namun memiliki keterbatasan signifikan.

Sistem ini dianggap belum optimal dalam mendukung proses pelaporan dan penanganan kerusakan sarana dan prasarana secara cepat dan terorganisir.

Berdasarkan hasil observasi terhadap sistem pelaporan kerusakan sarana dan prasarana yang saat ini digunakan di Puskesmas Kecamatan Duren Sawit (berbasis *Zoho Form*), terdapat beberapa kelemahan yang berpengaruh terhadap efektivitas dan efisiensi proses pelaporan. Berikut adalah evaluasi lengkapnya:

1. Keterbatasan Unggah Media
2. Tidak Tersedianya Fitur Pelacakan Status Laporan
3. Tidak Adanya Fitur Komplain

3.2 Pembahasan

Analisis kebutuhan dilakukan untuk mengidentifikasi fitur dan spesifikasi sistem yang akan dibangun agar dapat memenuhi kebutuhan pengguna di Puskesmas Kecamatan Duren Sawit. Sistem pelaporan kerusakan sarana dan prasarana ini diharapkan mampu mempercepat proses pelaporan, memudahkan pemantauan status laporan, serta

meningkatkan transparansi dalam penanganan kerusakan. Kebutuhan sistem dikelompokkan menjadi dua bagian, yaitu kebutuhan fungsional dan kebutuhan non-fungsional

1. Kebutuhan Fungsional

Kebutuhan fungsional menggambarkan fungsi utama yang harus dimiliki oleh sistem, antara lain:

- a. Sistem harus menyediakan fitur *login* bagi pengguna (Petugas dan pelapor).
- b. Pengguna dapat membuat laporan kerusakan dengan mengisi formulir digital.
- c. Pelapor dapat mengunggah foto sebagai bukti kerusakan.
- d. Sistem harus menyimpan data laporan secara otomatis ke dalam *database*.
- e. Petugas dapat melihat dan memproses setiap laporan yang masuk.
- f. Petugas dapat memberikan status pada laporan (diproses, selesai dan ditolak).
- g. Pelapor dapat memantau status laporan secara *real-time*.
- h. Pelapor dapat menyelesaikan dan komplain laporan.

2. Kebutuhan Non-Fungsional

Kebutuhan non-fungsional berkaitan dengan kualitas sistem yang akan dibangun, meliputi :

- a. Antarmuka pengguna (UI) harus sederhana, responsif, dan mudah digunakan.
- b. Data yang dikirim dan diterima harus disimpan secara aman dalam *database*.
- c. Sistem harus memiliki kecepatan respon yang optimal agar tidak mengganggu pengguna.
- d. Aplikasi harus mampu berjalan secara stabil.

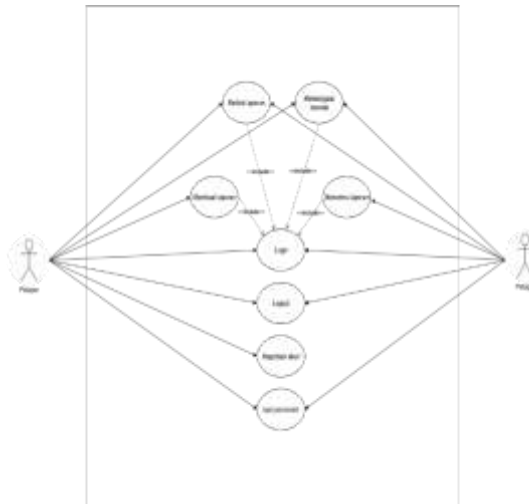
Setelah dilakukan tahapan analisis terhadap sistem yang sedang berjalan, langkah selanjutnya adalah merancang sistem yang mampu memenuhi kebutuhan operasional serta mengatasi permasalahan pelaporan kerusakan di Puskesmas Kecamatan Duren Sawit. Tujuan dari perancangan ini adalah untuk memberikan gambaran secara rinci mengenai struktur sistem, alur kerja, serta komponen utama yang akan digunakan dalam

pengembangan aplikasi pelaporan kerusakan sarana dan prasarana berbasis Android.

Perancangan sistem ini mencakup berbagai aspek teknis seperti perancangan diagram UML (*Unified Modeling Language*), desain antarmuka pengguna (UI), perancangan basis data menggunakan *Firestore Database*, serta struktur navigasi dalam aplikasi. Sistem dirancang agar mudah digunakan oleh pelapor maupun petugas penerima laporan, dengan mempertimbangkan aspek responsivitas, kemudahan akses, serta tampilan yang intuitif.

Adanya rancangan sistem yang terstruktur dan terintegrasi, diharapkan aplikasi ini dapat mempercepat proses pelaporan, meningkatkan transparansi dalam pelacakan status laporan, serta mendukung pengelolaan sarana dan prasarana secara lebih efektif di lingkungan Puskesmas.

Unified Modeling Language (UML) dimanfaatkan sebagai media representasi visual untuk menjelaskan alur proses, struktur sistem, serta interaksi antar komponen dalam sistem yang sedang dirancang. Perancangan UML bertujuan untuk memberikan pemahaman yang jelas dan terstruktur mengenai fungsionalitas serta hubungan antar komponen dalam aplikasi pelaporan kerusakan sarana dan prasarana di Puskesmas Kecamatan Duren Sawit. Selain memberikan gambaran menyeluruh terhadap sistem, penggunaan UML juga membantu dalam mengomunikasikan desain sistem secara lebih efektif kepada tim pengembang, pihak manajemen, maupun pengguna non-teknis. Adanya diagram yang terstandarisasi, seperti *use case*, *activity*, dan *sequence diagram*, proses dokumentasi dan pengembangan sistem menjadi lebih sistematis dan mudah dipahami (W. Gede, 2022)



Gambar 3 Use Case Diagram
Sumber Hasil Olahan Data Penelitian

Use case diagram pada sistem pelaporan kerusakan sarana dan prasarana pada Puskesmas Kecamatan Duren Sawit melibatkan dua aktor utama, yaitu pelapor dan petugas, yang masing-masing memiliki peran dan akses berbeda dalam sistem.

Aktor pelapor, yaitu pengguna umum seperti staf atau pegawai Puskesmas, memiliki hak akses sebagai berikut:

- a. *Login*
- b. Merubah *password*
- c. Daftar akun
- d. Membuat laporan
- e. Menanggapi laporan
- f. Melihat laporan
- g. *Logout*

Sementara itu, aktor petugas memiliki tanggung jawab atas laporan dan akses yang berbeda, yaitu:

- a. *Login*
- b. Merubah *password*
- c. Menerima laporan
- d. Menanggapi laporan
- e. Melihat laporan
- f. *Logout*

Adanya pemisahan peran yang jelas ini, sistem diharapkan dapat berjalan dengan lebih terstruktur, serta memudahkan proses

komunikasi dan penanganan laporan kerusakan secara efisien.

Class Diagram merupakan salah satu jenis diagram dalam *Unified Modeling Language* (UML) yang berfungsi untuk merepresentasikan struktur statis dari sistem perangkat lunak. Diagram ini menunjukkan berbagai *class* dalam sistem, lengkap dengan atribut, metode, serta relasi antar *class* yang saling berhubungan.

Perancangan antarmuka aplikasi disusun untuk menyajikan visualisasi awal dari tampilan sistem yang akan dikembangkan. Proses perancangan ini menggunakan *tools* Whimsical guna membuat *mockup* yang menggambarkan alur penggunaan mulai dari proses *login* hingga pelacakan laporan. Tujuan dari rancangan ini adalah agar tampilan aplikasi menjadi lebih terstruktur, intuitif, serta sesuai dengan kebutuhan pengguna.



Gambar 4 Tampilan Antarmuka
Sumber Hasil Olahan Data Penelitian



Gambar 5 Rancangan Halaman Login
 Sumber Hasil Olahan Data Penelitian

4. KESIMPULAN

Aplikasi pelaporan kerusakan sarpras berbasis Android dirancang dengan mempertimbangkan kebutuhan pengguna di Puskesmas Kecamatan Duren Sawit. Perancangan dilakukan secara sistematis menggunakan metode *Waterfall*, dengan implementasi teknologi Android Studio sebagai *Integrated Development Environment (IDE)*, Kotlin sebagai Bahasa pemrograman utama, XML sebagai bahasa pemrograman yang digunakan dalam pengembangan antarmuka aplikasi, Figma sebagai *tools* pembuatan *user interface*, Whimsical sebagai *tools* pembuatan *mockup user interface* dan Firebase Database sebagai *database*. Aplikasi ini memiliki fitur utama seperti *login*, pelaporan kerusakan disertai foto dan deskripsi, serta antarmuka yang mudah digunakan. Aplikasi ini dinilai efektif untuk mendukung proses pelaporan secara cepat, tepat, terorganisir dan transparan.

DAFTAR PUSTAKA

- E. R. Rahmi, E. Yumami, and N. Hidayasari, "Analisis Metode Pengembangan Sistem Informasi Berbasis Website: Systematic Literature Review," *Remik*, vol. 7, no. 1, pp. 821–834, 2023, doi: 10.33395/remik.v7i1.12177.
- H. Murti, E. Supriyanto, R. Redjeki, E. Lestariningsih, and E. Ardianto, "Studi Perkembangan dan Implementasi Sistem Basis Data Terdistribusi dalam Studi Literatur Review," *J. Inform. Polinema*, vol. 10, no. 2, pp. 249–256, 2024, doi: 10.33795/jip.v10i2.4549.
- S. F. Arief and Y. Sugiarti, "Literature Review: Analisis Metode Perancangan Sistem Informasi Akademik Berbasis Web," *J. Ilm. Ilmu Komput.*, vol. 8, no. 2, pp. 87–93, 2022, doi: 10.35329/jiik.v8i2.229.
- W. Gede Endra Bratha, "Literature Review Komponen Sistem Informasi Manajemen: Software, Database Dan Brainware," *J. Ekon. Manaj. Sist. Inf.*, vol. 3, no. 3, pp. 344–360, 2022, doi: 10.31933/jemsi.v3i3.824.

PENERAPAN SUSTAINABLE ARCHITECTURE DI PAISAJES LATENTES DI VALLE DE CHALCO, MEXICO

Tri Wahyuni

arsitektur, fakultas teknik, Institut Teknologi Budi Utomo

twahyuni08@gmail.com

Abstrak

Sustainable architecture merupakan sebuah *term* yang menjadi begitu ‘umum ‘kita dengar dalam perkembangan dunia pendidikan dan praktisi arsitektur saat ini. Konsep *sustainable* menjadi begitu populer karena dianggap mampu untuk menyelesaikan persoalan yang muncul akibat keterbatasan sumber daya alam yang terkena imbas dari eksploitasi manusia yang berlebihan terhadap alam untuk memenuhi kebutuhannya. Dalam eksploitasi ini, teknologi sering kali menjadi disalahkan, bahkan manusia sebagai pengguna teknologi itu sendiri juga saling menyalahkan. Menanggapi persoalan ini manusia sebagai pengguna teknologi harus memperhatikan lingkungan sebagai penyedia sumber daya dalam memenuhi kebutuhannya, sehingga alam akan tetap memiliki sumber daya yang dapat digunakan oleh generasi-generasi mendatang. Penelitian ini dilakukan untuk mendapatkan definisi mengenai arsitektur berkelanjutan dan bagaimana arsitek menerapkan konsep ini pada karyanya.

Kata kunci : *sustainable architecture*, arsitektur, berkelanjutan

1. PENDAHULUAN

Dalam ranah arsitektur, *sustainable architecture* kerap kali dihubungkan dengan teknologi yang sedang berkembang. Perkembangan konsep *sustainable architecture* ini lebih dikenal dengan masyarakat dengan term ‘*green*’. *Green building*, *green architecture* merupakan konsep yang berkembang dari *sustainable architecture*. *Sustainable architecture* itu sendiri muncul sebagai konsekuensi dari hadirnya formulasi Komisi PBB, Brundtland Commission (1987):

"Sustainable development is development that meets the needs of the present without compromising the ability of future generations to meet their own needs. It contains within it two key concepts:

- the concept of **needs**, in particular the essential needs of the world's poor, to which overriding priority should be given; and*
- the idea of **limitations** imposed by the state of technology and*

social organization on the environment's ability to meet present and future needs."

sustainable development menuntut kita untuk melihat dunia sebagai sebuah sistem yang mengkoneksikan antara ruang dengan waktu. Dikaitkan dengan arsitektur, maka *sustainable architecture* dapat didefinisikan sebagai arsitektur yang memenuhi kebutuhan saat ini, tanpa membahayakan kemampuan generasi mendatang. Tapi sebenarnya, apa, untuk apa, dan bagaimana *sustainable architecture* itu?. Salah satu cara menjawab pertanyaan ini adalah terminologi dari *sustainable* (*sustain* dan *able*) itu sendiri. *Sustainable* merupakan terminologi dari kata awal *sustain* (*[səə'stem]*), yaitu:

verb [with obj.]

- 1. **strengthen or support** physically or mentally: this thought had sustained him throughout the years | (as*

adj.sustaining) : a sustaining breakfast of bacon and eggs.

• *bear (the weight of an object) without breaking or falling: he sagged against her so that she could barely sustain his weight | figurative : his health will no longer enable him to sustain the heavy burdens of office.*

2. ***undergo or suffer*** (something unpleasant, especially an injury): *he sustained severe head injuries.*
3. ***cause to continue*** for an extended period or without interruption: *he cannot sustain a normal conversation.*
- *(of a performer) represent (a part or character) convincingly: he sustained the role of Creon with burly resilience.*
4. ***uphold, affirm, or confirm*** the justice or validity of: *the allegations of discrimination were sustained.*

Padanan kata tersebut menunjukkan kepada pengertian kata sesuatu yang mendukung, terus menerus, berjangka panjang, menegakkan, atau saat ini sustain sepadan dengan kata 'menopang'. Sustainable (atau di Indonesia diartikan dengan 'berkelanjutan') merupakan kemampuan untuk mendukung. Dalam kaitannya dengan arsitektur, adapun yang menjadi pertanyaan selanjutnya adalah "kemampuan untuk mendukung apa?". Pertanyaan ini dapat dijawab dengan meminjam pernyataan Heidegger dalam *Building, Dwelling, /thinking*:

"The way in which you are and I am, the manner in which we humans are on the earth, is Buan, dwelling. To be a human being means to be on the earth as a mortal. It means to dwell."

Kemampuan (sustain) dalam konteks ini adalah kemampuan untuk tinggal (***sustain to dwell***). Sebuah *life circle* antara manusia dan lingkungannya. Heidegger merumuskan 4 komponen konsep dalam bertinggal (dwelling), atau dikenal dengan *Heidegger's Concepts of Fourfold*:

1. Bumi (earth)
Bumi adalah tanah yang mendukung dimana manusia berpijak. Mendukung dalam arti fisik adalah dengan dengan memelihara, sehingga membentuk stabilitas.. Meskipun stabilitas dirasakan, bumi sebagai bagian dari 'fourfold' adalah elemen yang sulit dipahami.
2. Langit (sky)
Langit memiliki pengertian yang mengandung 'makna', tatapan manusia menuju langit melahirkan metafora yang mencerminkan fakta bahwa kita selalu baik berada di sini, tetapi juga "luar". Oleh karena itu "langit" sebagai bagian dari fourfold adalah komponen spiritual yang berkaitan dengan kekekalan.
3. Manusia (mortal)
Mortal dalam pengertian Heidegger adalah kehadiran manusia (human beings). Berkaitan dengan manusia sebagai manusia menekankan *finiteness* dan ketidakstabilan dari keberadaan kita, melalui "memento mori", yang mengingatkan manusia bahwa kematian tak terelakkan, sehingga berdamai dengan alam menjadi penting. Dengan ini

kita bisa mempertahankan sebuah hunian yang tepat yang mengarah.

4. Dewa (Divinities)

Heidegger memahami dewa sebagai kriteria yang paling dasar dari manusia. Tuhan untuk Heidegger adalah fiksi puitis, pencipta anonim dan penyedia. Melalui anonimitas bahwa Tuhan menetapkan standar untuk tinggal di dunia, dengan kehadirannya tersembunyi di segala sesuatu yang mengelilingi kita.

Konsep Fourfold Heidegger adalah kesatuan bumi, langit, manusia, dan dewa sebagai bagian dari keberadaan kita dalam ruang dan situs di mana hunian berlangsung. Kehadiran manusia memberikan akses ke fourfold dengan menjadi bagian dari keempat komponen dengan tempat tinggal mereka, mempertahankan *fourfold* dalam sebuah kesatuan.

Teknologi merupakan sesuatu yang menghubungkan tiga butir fourfold (earth, sky, mortal) sebagai sesuatu yang tampak di permukaan, divinities menduduki tempat sebagai pembentuk kaedah moral. Mengerucutkan konsep ini adalah dengan mengaitkan antara hubungan manusia dan alam, dalam arsitektur dikaitkan dengan desain ekologi. Sebuah pemahaman tentang konsep sistemik dasar ekologi dan aplikasi mereka. Intervensi manusia di lingkungan dapat dilakukan dengan cara menginterasikan dengan sistem alam (dengan gangguan minimal ekosistem, dengan penggunaan yang bijaksana dari sumber daya bumi non terbarukan dan dengan kegiatan associated dengan sistem ditunjuk symbiotically kompatibel dengan proses ekosistem). Arsitektur hijau sebagai arsitektur berkelanjutan

adalah merancang dengan alam dengan cara yang bertanggung jawab terhadap lingkungan serta cara positif- kontributif.

Desain ekologi melihat manusia sebagai intrusi. Praktek desain ekologi pada dasarnya adalah 'ekologi terapan' atau aplikasi praktis ekologi intrusi manusia ke dalam lingkungan alam (di mana bangunan hanya salah satu dari banyak kegiatan manusia yang mempengaruhi lingkungan). Keberlanjutan harus didefinisikan ulang pada setiap proyek dalam kaitannya dengan budaya, sosial, geografis, topografi, iklim, konteks politik geopolitik dan lokal. Arsitektur berkelanjutan tidak dapat dicapai jika budaya di mana ia berdiri diabaikan. Ketika seorang arsitek ingin berhasil mengkoordinasikan bangunan, ia harus memiliki gambaran serbesar mungkin lebih subsistem seperti struktur beban, kulit, perlengkapan interior dan pemasangan berdasarkan tingkat teknologi saat membangun. Penting bagi arsitek untuk memahami semua subsistem utama secara mendalam. siapa saja yang mencoba untuk membuat sistem energi bangunan lebih efisien yang mereka digunakan untuk menjadi kebutuhan untuk mengetahui bahwa konsumsi energi dalam sebuah penataan rincian.

2. METODOLOGI

Metode penelitian yang digunakan adalah literature review. Pendekatan ini menjadi sangat cocok untuk mencapai tujuan awal penelitian dalam mencari definisi arsitektur arsitektur maupun yang dalam term Bahasa inggris adalah *Sustainable architecture*.

Metode penelitian literature review adalah pencarian literatur baik internasional maupun nasional yang dilakukan melalui penelusuran *Google Scholar*, *Science Direct* dan *Google Search* dengan menggunakan kata kunci "sustainable architecture" dan "arsitektur berkelanjutan". Ditemukan 752.000 artikel ilmiah yang berasal dari

peneliti luar negeri, sementara artikel dari dalam negeri yang terkait topik ini yang relevan lebih sulit untuk ditemukan. Dari temuan artikel di atas hanya 5 buku yang relevan dan dapat digunakan menunjang dan berkualitas penuh.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Paisajes Latentes di Valle De Chalco, Meksiko merupakan suatu kawasan yang terletak di salah satu pintu masuk utama dari kota Meksiko dan terhubung dengan Mexico-Puebla Highway. Penurunan produksi agrikultural karena tanah yang semakin komersial dan polusi yang disebabkan oleh area industri sekitarnya, membuat daerah ini menjadi tempat yang ideal bagi perumahan liar. (Castro, Ramirez and Rico 2013)

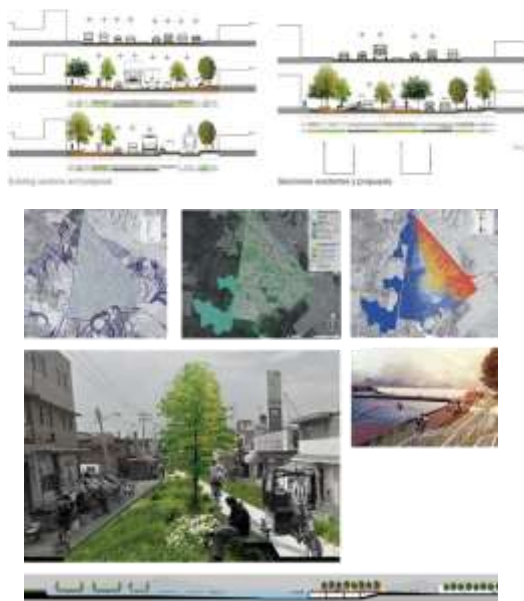
Layaknya permukiman liar di berbagai negara, *urban fabric* di Valle De Chalco berkembang dan bertambah berdasarkan keputusan penghuni untuk membangun rumah mereka. Karena cara pengembangan kota yang tidak terencana, Valle De Chalco tidak memiliki infrastruktur yang cukup untuk memenuhi kebutuhan masyarakat. Dari sisi sosial, masyarakat Valle De Chalco tidak memiliki ruang publik sehingga mendorong mereka mengokupansi jalan sebagai jaringan ruang publik utama. Setiap minggunya, jalan-jalan di Valle De Chalco akan diisi dengan pasar liar dan kegiatan komersil lainnya. Dari sisi ekologi, daerah ini sangat rentan dengan banjir karena berada di tanah yang sebelumnya merupakan Danau Chalco. Perkembangan kota Meksiko yang cepat memaksa badan air yang sebelumnya mengokupansi hampir 50% kota untuk digantikan dengan permukiman manusia. Kondisi alam dari Valle de Chalco dan infrastruktur air yang buruk membuat banjir selalu terjadi pada musim hujan. (Castro, Ramirez and Rico 2013)



Gambar 1 : Sistem pengolahan air, sirkulasi dan pasar kager Paisajes Latentes (Groundlab/ AA Mexico City Visiting School 2011 2012)

Melihat kondisi ini, Paisajes Latentes memiliki focus untuk mengembalikan water landscape dari Valle De Chalco dengan mengintegrasikan infrastruktur, isu sosial dan geography sebagai pendorong rancangan. Kota Meksiko yang sebelumnya merupakan sebuah endorheic basin secara alamiah akan selalu tergenang karena satu-satunya jalan air untuk keluar merupakan evaporasi maupun infiltrasi ke tanah. Peran infrastruktur air akan sangat penting dalam membebaskan kawasan Valle De Chalco dari genangan banjir. Infrastruktur ini tidak hanya akan berfungsi dalam skala urban, namun akan memberikan peran yang besar dalam skala teritorial siklus air. Project ini juga mencoba untuk memahami jaringan jalan yang menjadi pusat kegiatan publik sebagai permukaan yang dapat di eksplorasi untuk menghubungkan kegiatan masyarakat dengan infrastruktur yang akan dibangun. Dengan cara pandang ini, kota melalui jaringan jalannya akan menjadi suatu infrastruktur pengendali air yang tidak hanya memikirkan hubungan natural-water namun juga social-street. Pendekatan ini memungkinkan infrastruktur air dalam kota melaksanakan fungsinya untuk melayani kebutuhan siklus air skala teritorial dengan tetap mengintegrasikan kegiatan lokal masyarakat. Dalam satu sisi,

infrastruktur air menjadi tujuan utama pengembangan kawasan, namun agar infrastruktur tidak menjadi mono-functional, infrastruktur digunakan sebagai alat pengaturan ruang publik yang dapat mempertahankan dan menciptakan aktivitas sosial. Kawasan tetap akan mempertahankan fungsinya dalam siklus air sebagai endorheic basin. Run Off Detention Lagoon akan dibuat untuk menampung air yang berkumpul di Valle De Chalco, namun Detention Lagoon tidak hanya akan berfungsi sebagai penampung air, namun air yang terkumpul juga digunakan untuk menyediakan sumber air bersih bagi kawasan sekitar. Pemanfaatan air lagoon untuk penyediaan air bersih akan mempercepat pengaliran air dari lagoon yang sebelumnya hanya menganalkan evaporasi dan infiltrasi ke tanah. Agar air dapat digunakan untuk kehidupan sehari-hari, digunakan sistem pengolahan air dengan bantuan Plant treatment yang disebut dengan Chinampas. Chinampas merupakan sebuah sistem agriculture untuk menanam tanaman pangan di pinggir danau yang landai. Sistem ini merupakan sistem penanaman yang sudah dilakukan oleh masyarakat di daerah lembah Meksiko sejak jaman Mesoamerican.



Gambar 2. Masterplan Paisajes Latentes
 (Groundlab/ AA Mexico City Visiting School
 2011 2012)

Alih-alih membangun danau, Run Off Detention Lagoon akan mengikuti aliran Run Off yang melewati jalan-jalan di kawasan Valle De Chalco. Run Off Detention Lagoon ini akan mengambil bentuk layaknya kanal yang berada di jalan atau di sisi jalan. Sistem infrastruktur Run Off Detention Lagoon kemudian disesuaikan dengan kegiatan public market dan kegiatan komersial lainnya yang sebelumnya terjadi di Kawasan.

Selain aliran Run Off, aliran dari limbah air juga akan digunakan sebagai ruang publik. Agar air dapat Kembali digunakan, Chinampas akan ditanam di atas aliran limbah air sehingga membentuk macrophyte beds yang akan digunakan sebagai ruang terbuka hijau linear mengikuti alur jalan Kawasan. Keberadaan yang terbuka hijau ini akan Kembali mendekatkan warga dengan sistem agriculture yang sebelumnya ada di Valle De Chalco namun mulai terkikis

sejak Kawasan berubah menjadi komersial.

Jalan-jalan yang aman dari banjir dan tidak dilewati oleh alur Run Off ataupun air limbah akan digunakan sebagai jalan mobil. Agar jalan mobil ini ikut berkontribusi dalam sistem infrastruktur air kota, pelapis permukaan jalan yang digunakan adalah pelapi yang dapat menyerap air (Groundlab / AA Mexico City Visiting School 2011- 2012).

Melalui pengertian akan drainase, daerah rawan banjir, keberadaan public market dan commercial corridor, Paisajes Latentes berusaha untuk menciptakan suatu infrastruktur air dengan fungsi berlapis sebagai tulang punggung ruang sosial bagi kawasan, melindungi kota dari genangan air dan memenuhi kebutuhan air kota. Penelitian yang mendalam menyingkap suatu benang merah untuk melakukan intervensi yang dapat mengintegrasikan landscape dan kebutuhan teknis infrastruktur air dalam satu sistem kota yang terpadu. Dengan melakukan hal tersebut, kawasan masih tetap dapat mementingkan kebutuhan teknis sistem manajemen air, water purification dan *earthwork strategies* namun merubahnya menjadi sebuah mekanisme yang dapat memperkuat struktur spasial dan sosial dari Kawasan. Oleh karena itu proyek menggunakan infrastruktur sebagai bahan baku yang dapat digunakan untuk mengartikulasikan jaringan perkotaan untuk aliran transportasi dan komunikasi sosial melalui manipulasi air dan tanah. Kegiatan sosial di kota tidak muncul sebagai kegiatan reflective dari keberadaan kebutuhan teknis infrastruktur air, melainkan saling mengartikulasi satu sama lain.

4. KESIMPULAN

Penerapan *sustainable architecture* pada produk arsitektur merupakan satu cara untuk tetap menyelaraskan bangunan dengan lingkungan alam yang sudah ada. Sustainable architecture atau yang dikenal dengan arsitektur berkelanjutan juga merupakan pendekatan penyelesaian masalah dalam ranah arsitektur maupun perancangan perkotaan. Pada konteks Paisajes Latentes di Valle De Chalco, Meksiko, pembangunan run off detention lagoon dan Chinampas merupakan suatu solusi dalam rangka penerapan *sustainable architecture* dalam cakupan perancangan kota. Solusi dengan pendekatan sustainable architecture seperti ini yang sangat dibutuhkan pada penyelesaian permasalahan ruang di perkotaan.

5. DAFTAR PUSTAKA

Heidegger, M. (1971). *Building, dwelling, thinking*. Dalam A. Hofstadter (Penerjemah), *Poetry, language, thought* (hal. 145-166). Harper & Row

Brenda and Vale, Robert (1991), *Green Architecture: Design for a sustainable future*. Thames and Hudson, London.

<https://sustainabledevelopment.un.org/?menu=1300>

<http://www.big.dk/#projects-loop>

<http://pr2012.aaschool.ac.uk/students/MexicoCity>

ANALISIS KOMPARASI ALGORITMA REGRESI MACHINE LEARNING DALAM ESTIMASI HARGA PENUTUPAN HARIAN EMAS PADA (DATA HISTORI) BROKER EXNESS TAHUN 2020-2024

Bagus Prabowo

Program Studi Teknik Informatika, FTI, Institut Teknologi Budi Utomo Jakarta,

bagus@itbu.ac.id

Abstrak

Pergerakan harga emas sangat dipengaruhi oleh faktor teknikal dan makroekonomi, sehingga memerlukan pendekatan prediksi yang lebih akurat dibanding metode konvensional. Penelitian ini bertujuan untuk membandingkan performa tiga algoritma regresi machine learning, yaitu Support Vector Regression (SVR), Random Forest, dan XGBoost dalam mengestimasi harga penutupan harian emas (XAU/USD) berdasarkan data historis dari broker Exness periode 2020–2024. Fitur yang digunakan mencakup harga open, high, low, inflation, dan interest rate. Penelitian ini menggunakan pendekatan CRISP-DM dan diimplementasikan dengan Python. Data dibagi menjadi data latih dan uji (80:20), serta dievaluasi menggunakan MAE, RMSE, dan R^2 . Hasil penelitian menunjukkan bahwa algoritma Random Forest memberikan performa terbaik dalam hal akurasi prediksi.

Kata Kunci : Machine Learning, Harga Emas, Regresi, Random Forest, Estimasi.

1) PENDAHULUAN

Perdagangan emas telah lama menjadi salah satu instrumen investasi yang paling diminati oleh masyarakat di berbagai belahan dunia. Dalam kondisi perekonomian yang tidak stabil, emas sering dijadikan pilihan utama sebagai aset lindung nilai (hedging asset) karena nilainya cenderung stabil atau bahkan meningkat saat nilai mata uang dan pasar saham menurun. Keunggulan ini menjadikan emas sebagai alat diversifikasi portofolio yang efektif bagi investor, baik individu maupun institusi. Namun, harga emas juga mengalami fluktuasi signifikan akibat berbagai faktor seperti ketegangan geopolitik, inflasi, suku bunga, dan sentimen pasar global. Mekanisme harga emas pada pasangan XAU/USD dipengaruhi oleh sejumlah faktor fundamental dan eksternal. Studi oleh (Y. Zhang, 2021). Menunjukkan bahwa harga emas sangat dipengaruhi oleh fluktuasi nilai tukar dolar AS, tingkat inflasi, serta ketegangan geopolitik global yang memicu permintaan emas sebagai aset pelindung nilai. Selain itu, faktor permintaan fisik dari sektor perhiasan dan industri juga berkontribusi dalam dinamika harga emas. Harga emas di pasar

XAU/USD mengalami volatilitas yang mencerminkan respon cepat terhadap perubahan kondisi ekonomi dan geopolitik global, menjadikannya instrumen yang kompleks dan dinamis untuk diperdagangkan (Y. Zhang, 2021). Selain itu, dari sisi teknikal, harga pembukaan (open), harga tertinggi (high), dan harga terendah (low) dalam satu periode perdagangan juga memainkan peran penting dalam membentuk harga penutupan (closing price).

Estimasi harga penutupan emas sangat penting dalam konteks investasi dan manajemen risiko. Namun, proses estimasi ini bukanlah sesuatu yang sederhana. Kompleksitas hubungan antara faktor-faktor yang memengaruhi harga emas dan tingginya volatilitas pasar menjadikan metode estimasi konvensional, seperti regresi linear klasik, memiliki keterbatasan dalam menghasilkan estimasi yang akurat. Selain itu, pendekatan teknikal yang terlalu bergantung pada pola historis terkadang gagal menangkap dinamika pasar yang berubah cepat. Ketidaktepatan dalam memproyeksikan harga penutupan dapat menyebabkan kerugian finansial, terutama bagi investor jangka pendek yang

bergantung pada momentum pasar. Oleh karena itu, diperlukan pendekatan yang lebih canggih dan adaptif terhadap kondisi pasar yang dinamis dan kompleks.

Seiring dengan perkembangan teknologi informasi dan meningkatnya ketersediaan data, pendekatan berbasis machine learning. Machine Learning (ML) merupakan cabang dari kecerdasan buatan yang berfokus pada pengembangan algoritma yang memungkinkan komputer untuk belajar dari data dan melakukan prediksi tanpa perlu diprogram secara eksplisit. ML bekerja berdasarkan pendekatan statistik dan matematika untuk mengenali pola dalam data historis, sehingga dapat digunakan untuk menghasilkan prediksi atas variabel yang belum diketahui. Dalam praktiknya, ML terbagi dalam beberapa jenis, salah satunya adalah supervised learning yang paling banyak digunakan untuk prediksi harga aset keuangan karena proses pelatihannya berdasarkan data yang telah diberi label. Machine Learning (ML) mulai mendapat perhatian luas dalam dunia keuangan. Machine learning memungkinkan pemodelan hubungan non-linear dan interaksi multivariabel yang sulit ditangkap oleh metode statistik tradisional. Dalam dunia keuangan, Machine Learning telah dimanfaatkan secara luas untuk menganalisis dan memprediksi harga aset seperti saham, mata uang, maupun komoditas seperti emas. Salah satu penelitian yang relevan dilakukan oleh Ricky Lie Jaya (2022) yang menggunakan algoritma XGBoost, SVR, dan Random Forest dalam memprediksi return saham perusahaan yang tergabung dalam indeks LQ45.

Hasil studi tersebut menunjukkan bahwa model machine learning mampu mengenali pola kompleks dan memberikan prediksi yang kompetitif dibandingkan metode konvensional. Temuan ini memperkuat posisi algoritma-algoritma seperti Random Forest, SVR, dan XGBoost sebagai alat prediksi yang andal dan fleksibel dalam konteks keuangan.

Dalam konteks estimasi harga emas, model regresi machine learning seperti Random Forest, Support Vector Regression (SVR), dan XGBoost dinilai memiliki keunggulan dalam hal akurasi estimasi dan fleksibilitas terhadap beragam data input. Dengan memanfaatkan data historis harga pasar dan variabel ekonomi makro seperti inflasi dan suku bunga, model-model ini dapat digunakan untuk membangun sistem estimasi harga penutupan yang lebih presisi dan informatif.

Berdasarkan latar belakang tersebut, Penelitian ini bertujuan untuk membandingkan performa beberapa algoritma regresi dalam menghasilkan estimasi yang paling optimal.

2) METODOLOGI PENELITIAN

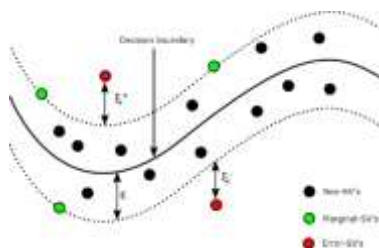
2.1. Jenis Penelitian

Penelitian ini termasuk dalam jenis kuantitatif prediktif, karena menggunakan data numerik historis untuk membangun model estimasi terhadap nilai masa depan, dalam hal ini adalah harga penutupan harian emas (XAU/USD). Model dibuat dengan pendekatan machine learning menggunakan tiga algoritma regresi, yaitu:

- 1) Support Vector Regression (SVR)
SVR dikenal mampu menangani hubungan yang kompleks antara variabel, baik yang bersifat linier maupun non-linier, melalui fungsi-fungsi tertentu yang disebut kernel. Selain itu, metode ini memungkinkan pengaturan sejauh mana model dapat mentoleransi kesalahan dan seberapa ketat model tersebut mengikuti data. Pengaturan ini dilakukan dengan menentukan nilai-nilai parameter tertentu yang memengaruhi fleksibilitas model terhadap data pelatihan. Dalam penelitian oleh Gananta, Purnama, dan Fredlina (2024), SVR digunakan untuk memprediksi harga emas harian berdasarkan data

historis tahun 2018 hingga 2021. Dengan menerapkan teknik pencarian kombinasi parameter terbaik, hasil penelitian menunjukkan bahwa SVR mampu memberikan prediksi harga emas yang akurat, terutama setelah dilakukan pengoptimalan, dengan tingkat kesalahan yang lebih rendah dibandingkan model SVR tanpa pengaturan parameter lanjutan [8]

(SVR)



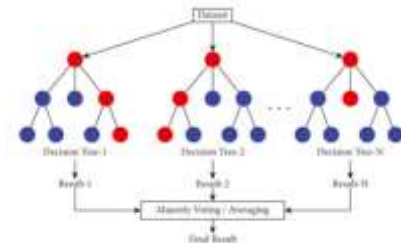
Gambar 1 Support Vector Regression

Sumber: https://medium-com.translate.google/analytics-vidhya/support-vector-regression-svr-model-a-regression-based-machine-learning-approachf4641670c5bb?_x_tr_sl=en&_x_tr_tl=id&_x_tr_hl=id&_x_tr_pto=i mgs

2) Random Forest

Random Forest adalah salah satu metode dalam pembelajaran mesin yang termasuk dalam algoritma gabungan (ensemble). Algoritma ini bekerja dengan membangun sejumlah pohon keputusan secara bersamaan. Untuk masalah klasifikasi, hasil akhir diambil berdasarkan suara terbanyak, sedangkan untuk regresi, hasilnya diambil dari rata-rata semua prediksi yang dihasilkan oleh pohon-pohon tersebut. Pendekatan ini membuat Random Forest menjadi model yang kuat dan stabil karena mampu menyeimbangkan kesalahan dari setiap pohon secara keseluruhan. Selain itu, metode ini juga dikenal mampu mengurangi risiko kelebihan pencocokan data

(overfitting), serta efektif dalam menangani data dengan jumlah fitur yang banyak. Random Forest dapat digunakan untuk menyelesaikan permasalahan baik dalam klasifikasi maupun prediksi nilai (regresi). [10]

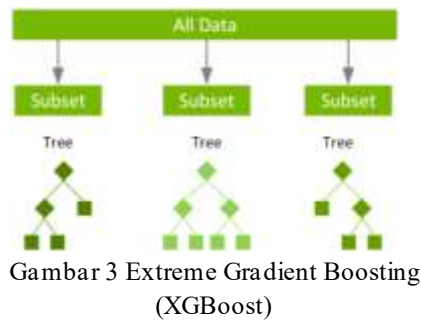


Gambar 2 Random Forest

Sumber : R2 score/I. Abdillah

3) XGBoost

Extreme Gradient Boosting (XGBoost) adalah salah satu algoritma machine learning yang termasuk dalam metode ensemble boosting dan dikembangkan untuk meningkatkan akurasi dan efisiensi komputasi dalam proses prediksi. Algoritma ini bekerja secara bertahap dengan memperbaiki kesalahan dari model sebelumnya dan menggunakan teknik regularisasi untuk mengurangi overfitting. Dalam konteks prediksi harga emas, karena harga emas sangat dipengaruhi oleh berbagai variabel ekonomi seperti inflasi, nilai tukar mata uang, dan suku bunga. Dengan kompleksitas hubungan antar variabel tersebut, XGBoost cocok digunakan karena mampu menangani data yang tidak linier dan mengelola variabel dalam jumlah besar. Kelebihan ini menjadikan XGBoost sebagai salah satu algoritma yang relevan dan potensial dalam membangun model prediksi harga emas yang akurat dan adaptif terhadap dinamika pasar.[8]

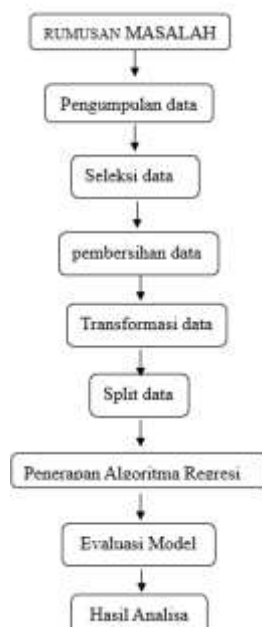


Gambar 3 Extreme Gradient Boosting (XGBoost)

Sumber: <https://www.nvidia.com/en->

2.2. Kerangka Penelitian

Kerangka pemikiran disusun sebagai panduan sistematis dalam menyelesaikan sebuah permasalahan penelitian. Kerangka ini menggambarkan tahapan-tahapan yang dilakukan mulai dari perumusan masalah, pengumpulan dan pengelolaan data, hingga penerapan metode yang relevan serta evaluasi hasil. Setiap tahap dirancang untuk mendukung proses analisis agar penelitian berjalan terarah dan menghasilkan kesimpulan yang sesuai tujuan. Diagram berikut menyajikan alur proses yang dilakukan dalam penelitian ini.:



Gambar 4. Kerangka Pemikiran
Sumber : Penelitian Mandiri 2025

Agar kegiatan penelitian dapat berlangsung secara runut, kerangka pemikiran dijelaskan sebagai berikut:

- 1) Rumusan masalah menjawab bagaimana pengaruh harga open, high, low, Inflation, dan Interest rate terhadap harga penutupan emas, serta algoritma mana yang memiliki performa prediksi terbaik..
- 2) Pengumpulan data historis harga emas harian diambil dari situs Exness.com, sedangkan data Inflation (inflasi) dan Interest rate (suku bunga) diperoleh dari investing.com
- 3) Pra-pemrosesan Data tahap ini meliputi pembersihan data (menghapus nilai kosong), transformasi (normalisasi/standarisasi), dan konversi format jika diperlukan.
- 4) Pembagian Dataset dibagi menjadi data latih dan data uji dengan rasio umum 80:20 untuk keperluan pelatihan dan validasi model.
- 5) Pemodelan dengan Algoritma Regresi yaitu Random Forest, SVR, XGBoost
- 6) Evaluasi Model yang digunakan adalah Mean Squared Error (MSE) Root Mean Squared Error (RMSE), dan R²-Squared (R²)
- 7) Analisis dan Interpretasi model dibandingkan berdasarkan nilai akurasi dan error, lalu ditarik kesimpulan terkait algoritma dengan performa terbaik.

2.3. Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode kuantitatif prediktif, dengan data yang dikumpulkan berdasarkan pengamatan langsung terhadap data historis harga emas dan variabel pendukung seperti open, high, low, inflasi, dan Interest rate. Data dianalisis secara numerik menggunakan algoritma regresi machine learning yaitu Random Forest, SVR, dan XGBoost.

Hasil prediksi dari masing-masing algoritma dievaluasi menggunakan metrik statistik seperti

MSE, RMSE, dan R^2 , untuk mengetahui algoritma dengan performa terbaik dalam estimasi harga penutupan emas.

2.4. Metode Analisis Data

Dalam penelitian ini, pendekatan yang digunakan untuk menganalisis data adalah Cross-Industry Standard Process for Data Mining (CRISP-DM). CRISP-DM merupakan suatu standar metodologi yang luas digunakan dalam proyek-proyek data mining dan machine learning karena bersifat fleksibel, iteratif, dan dapat diterapkan dalam berbagai domain industri, termasuk dalam konteks prediksi harga. Pendekatan ini terdiri dari enam fase utama, yaitu:

1. Business Understanding
yaitu memahami tujuan penelitian dalam konteks bisnis atau praktik nyata, yaitu melakukan estimasi harga penutupan emas secara akurat.
2. Data Understanding
yaitu proses eksplorasi awal untuk memahami struktur, format, dan karakteristik data historis harga emas dari broker Exness.
3. Data Preparation
yang mencakup pembersihan data (data cleaning), transformasi data, dan pemisahan data untuk pelatihan dan pengujian model.
4. Modeling
yaitu proses membangun model prediksi menggunakan tiga algoritma regresi: Support Vector Regression (SVR), Random Forest, dan XGBoost.
5. Evaluation
yaitu mengevaluasi performa masing-masing model menggunakan metrik evaluasi seperti R-squared (R^2), Mean Absolute Error (MAE) dan Root Mean Square Error (RMSE) guna mengetahui model yang paling akurat.



Gambar 5 Diagram Metodologi
Sumber : Penelitian Mandiri 2025

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Business Understanding

Tahap Business Understanding dalam pendekatan CRISP-DM bertujuan untuk memahami latar belakang dan konteks permasalahan bisnis yang ingin diselesaikan melalui proses analitik. Pada tahap ini, dilakukan identifikasi terhadap kebutuhan bisnis, tujuan yang ingin dicapai, serta perumusan masalah bisnis yang relevan. Pemahaman ini menjadi dasar dalam menentukan arah pendekatan teknis yang akan dilakukan pada tahap-tahap selanjutnya.

1. Latar Belakang Bisnis

Perdagangan emas global, khususnya pasangan XAU/USD, sangat dipengaruhi oleh dinamika pasar dan indikator makroekonomi seperti inflasi dan suku bunga. Pelaku pasar menghadapi tantangan besar dalam memprediksi harga penutupan emas karena volatilitas yang tinggi dan ketergantungan pada berbagai variabel yang saling berkaitan. Informasi seperti harga pembukaan, tertinggi, dan terendah harian juga memberikan sinyal teknikal yang penting namun sering kali sulit ditafsirkan secara manual. Dalam kondisi seperti ini, pendekatan analitik berbasis data historis dan pembelajaran mesin (*machine learning*) menjadi alternatif yang potensial untuk membantu

investor dan analis dalam mengambil keputusan yang lebih terukur. Selain memberikan estimasi harga penutupan, model prediksi juga dapat digunakan untuk memahami seberapa besar pengaruh variabel-variabel tertentu terhadap pergerakan harga.

Penelitian ini dilakukan dengan membangun model prediktif berbasis tiga algoritma regresi *machine learning* Support Vector Regression (SVR), Random Forest, dan XGBoost untuk mengevaluasi performa estimasi serta menilai pengaruh variabel input terhadap target. Dengan demikian, pendekatan ini diharapkan dapat memberikan wawasan bisnis yang lebih tajam dan mendukung strategi investasi berbasis data.

2. Tujuan Bisnis

Tujuan utama dari penelitian ini adalah untuk membangun sistem prediksi harga penutupan harian emas (XAU/USD) yang akurat dan dapat diandalkan berdasarkan data historis. Sistem ini bertujuan untuk membantu investor, analis pasar, dan pengambil keputusan dalam menentukan strategi yang lebih tepat dalam aktivitas perdagangan emas. Secara lebih rinci, tujuan bisnis dari penelitian ini meliputi:

- 1) Mengidentifikasi faktor-faktor yang berpengaruh terhadap harga penutupan emas, seperti harga pembukaan, harga tertinggi, harga terendah, inflasi, dan suku bunga. Dengan mengetahui hubungan antara variabel-variabel ini, pengguna dapat memahami

karakteristik dasar dari pergerakan harga emas.

- 2) Membangun model prediksi berbasis algoritma regresi *machine learning* yang dapat memperkirakan harga penutupan emas menggunakan data historis. Model ini diharapkan mampu menangkap hubungan non-linier antar variabel dan memberikan hasil estimasi yang mendekati nilai aktual.
- 3) Membandingkan performa tiga *algoritma regresi machine learning*, yaitu SVR, *Random Forest*, dan *XGBoost* dalam konteks prediksi harga penutupan emas. Hasil komparasi ini akan menunjukkan model mana yang paling akurat dan sesuai untuk diterapkan pada data serupa.
- 4) Memberikan dasar analisis yang lebih objektif dan berbasis data kepada pelaku pasar untuk mendukung pengambilan keputusan investasi yang lebih baik dan lebih terinformasi.

Dengan tercapainya tujuan-tujuan tersebut, diharapkan model prediksi yang dikembangkan tidak hanya berguna dalam konteks akademik, tetapi juga dapat diterapkan dalam praktik nyata di sektor keuangan dan investasi, khususnya pada perdagangan komoditas emas.

3. Rumusan Masalah Bisnis

Tujuan utama dari penelitian ini adalah untuk membantu pelaku pasar dalam memprediksi harga penutupan harian emas (XAU/USD) secara akurat melalui model berbasis *machine learning*, sekaligus mengetahui pengaruh masing-masing variabel input

terhadap harga tersebut. Informasi ini penting bagi investor dalam merumuskan strategi perdagangan, manajemen risiko, dan pengambilan keputusan berdasarkan data.

Secara khusus, penelitian ini bertujuan untuk:

- 1) Menganalisis pengaruh harga open, high, low, Inflation, dan Interest rate terhadap harga penutupan emas.
- 2) Membangun model prediksi harga penutupan emas menggunakan algoritma SVR, Random Forest, dan XGBoost.
- 3) Membandingkan kinerja ketiga model menggunakan metrik evaluasi MAE, RMSE, dan R^2 , untuk menentukan algoritma yang paling optimal.

Melalui pencapaian tujuan ini, hasil penelitian diharapkan dapat memberikan nilai tambah bagi pelaku pasar dan menjadi referensi dalam penerapan teknologi prediktif di bidang keuangan.

3.2 Data Understanding

Tahap Data Understanding dalam pendekatan CRISP-DM bertujuan untuk memahami struktur, isi, dan karakteristik awal dari data yang akan digunakan dalam proses pemodelan. Fokus utamanya adalah melakukan eksplorasi terhadap sumber data, jenis fitur, jumlah data, serta identifikasi potensi masalah pada data mentah, seperti tipe data tidak sesuai atau nilai yang hilang, tanpa melakukan perubahan atau transformasi pada tahap ini.

1. Sumber dan Struktur Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini terdiri atas dua jenis, yaitu data teknikal dan data makroekonomi. Data teknikal berupa harga historis emas terhadap

dolar Amerika Serikat (XAU/USD) diperoleh dari broker Exness melalui platform MetaTrader 4 (MT4). Data ini mencakup informasi harga pembukaan (open), harga tertinggi (high), harga terendah (low), dan harga penutupan (close) per hari.

Sementara itu, data makroekonomi yang meliputi tingkat inflasi dan suku bunga diperoleh dari situs Investing.com. Kedua jenis data tersebut kemudian digabungkan berdasarkan tanggal yang sama untuk membentuk satu dataset terpadu yang memuat data harga dan kondisi ekonomi makro dalam satu format.

Dataset mencakup rentang waktu dari Januari 2020 hingga Maret 2024, dengan total sebanyak 1.639 baris data harian. Setiap baris merepresentasikan satu hari perdagangan. Dataset ini memiliki tujuh kolom utama:

- 1) Date: tanggal pencatatan data
- 2) Open: harga pembukaan
- 3) High: harga tertinggi harian
- 4) Low: harga terendah harian
- 5) inflation: tingkat inflasi saat itu
- 6) Interest Rate: suku bunga acuan
- 7) Close : harga penutupan (sebagai target prediksi)

Hasil pemeriksaan awal menunjukkan bahwa seluruh kolom numerik pada dataset awal masih bertipe object karena penggunaan tanda koma (,) sebagai pemisah desimal. Selain itu, terdapat satu nilai kosong (missing value) pada kolom inflation, sedangkan kolom lainnya tidak memiliki nilai hilang. Permasalahan ini akan dijelaskan lebih lanjut pada tahap Data Preparation.

Tabel 1 Struktur Data Awal

No	Nama Kolom	Tipe Data	Jumlah Non-Null	Deskripsi
1	Date	object	1.639	Tanggal pencatatan harga emas
2	Open	object	1.639	Harga pembukaan pasar emas pada hari tersebut
3	High	object	1.639	Harga tertinggi yang dicapai oleh emas pada hari tersebut
4	Low	object	1.639	Harga terendah yang dicapai oleh emas pada hari tersebut
5	Inflation	object	1.639	Nilai inflasi pada periode bersangkutan
6	Interest rate	object	1.639	Tingkat suku bunga pada periode tersebut
7	Close	object	1.639	Harga penutupan pasar emas pada hari tersebut (harga penutup)

Sumber : Penelitian Mandiri 2025

2. Tampilan Data Awal

Setelah dilakukan penggabungan antara data teknis harga emas dan data makroekonomi, langkah berikutnya adalah meninjau isi dataset melalui tampilan awal data. Peninjauan ini bertujuan untuk memperoleh gambaran awal mengenai struktur dan nilai-nilai yang terdapat dalam dataset, sebelum dilakukan proses pembersihan dan transformasi data lebih lanjut.

Tabel 2 Lima Data Teratas

Date	Open	High	Low	Inflation	Interest rate	Close
2020-01-02	1217.180	1220.340	1212.450	2.29	1.75	1219.430
2020-01-03	1218.460	1224.300	1215.270	2.29	1.75	1223.840
2020-01-06	1233.730	1248.110	1233.730	2.29	1.75	1237.190
2020-01-07	1277.560	1280.460	1260.270	2.29	1.75	1273.280
2020-01-08	1277.200	1284.900	1255.290	2.29	1.75	1276.820

Sumber : Penelitian Mandiri 2025

Tabel di atas menunjukkan bahwa format angka pada kolom harga dan variabel makroekonomi masih menggunakan tanda koma sebagai pemisah desimal. Hal ini menunjukkan bahwa data masih dalam format mentah dan belum siap langsung digunakan dalam pemodelan machine learning. Penyesuaian tipe data dan format angka akan dijelaskan lebih lanjut pada tahap Data Preparation.

3. Pemeriksaan Data Hilang (Missing Value)

Salah satu aspek penting dalam tahap Data Understanding adalah pemeriksaan terhadap nilai yang hilang (missing values). Nilai hilang merupakan kondisi di mana suatu entri dalam dataset tidak memiliki data pada kolom tertentu.

Keberadaan nilai hilang dapat memengaruhi hasil analisis serta mengganggu kinerja model machine learning jika tidak ditangani dengan tepat. Untuk itu, dilakukan analisis guna mengidentifikasi jumlah nilai yang hilang pada setiap kolom dalam dataset. Hasil pemeriksaan ditampilkan pada gambar berikut:

Tabel 3 Jumlah Missing Value pada Setiap Kolom Dataset

Nama Kolom	Jumlah Nilai Hilang
Date	0
Open	0
High	0
Low	0
Inflation	1
Interest rate	0
Close	0

Sumber : Penelitian Mandiri 2025

Berdasarkan hasil tersebut, seluruh kolom pada dataset tidak memiliki nilai yang hilang, kecuali pada kolom Inflation yang tercatat memiliki satu data kosong. Jumlah ini sangat kecil, yaitu hanya 1 dari total 1.639 baris data (sekitar 0,06%).

Meskipun proporsinya rendah, nilai kosong tersebut tetap perlu diperhatikan, karena dapat menyebabkan gangguan dalam proses pelatihan model. Oleh karena itu, pada tahap selanjutnya, nilai hilang ini akan ditangani dengan pendekatan yang sesuai agar tidak memengaruhi integritas data secara keseluruhan.

4. Statistik Deskriptif Fitur Numerik

Untuk memahami karakteristik awal data numerik dalam dataset, dilakukan analisis statistik deskriptif terhadap enam fitur numerik utama, yaitu Open, High, Low, Inflation, Interest rate, dan Close. Statistik yang ditampilkan meliputi jumlah data (count), nilai rata-rata (mean), standar deviasi

(std), nilai minimum (min), kuartil pertama (25%), median (50%), kuartil ketiga (75%), dan nilai maksimum (max). Hasilnya dapat dilihat pada Tabel 4.x.

Secara umum, seluruh fitur memiliki jumlah entri yang sama, yaitu sebanyak 1.638 data, setelah satu baris dengan nilai kosong dihapus sebelumnya. Harga pembukaan (Open) memiliki rata-rata sebesar 1.991,71 dan harga penutupan (Close) sebesar 1.992,69, menunjukkan bahwa pergerakan harga emas selama periode pengamatan cenderung stabil secara keseluruhan. Fitur High dan Low masing-masing mencerminkan harga tertinggi dan terendah harian, dengan nilai maksimum mencapai 3.245,44 dan minimum hingga 1.451,28, mencerminkan adanya fluktuasi yang signifikan.

Variabel makroekonomi seperti Inflation memiliki nilai rata-rata sebesar 0,363 dengan standar deviasi 0,355, menandakan variasi yang relatif kecil dan nilai yang mendekati nol, serta berkisar dari -0,8 hingga 1,3. Sedangkan Interest rate memiliki nilai rata-rata 2,212 dan deviasi standar sebesar 2,301, yang menunjukkan adanya sebaran data yang lebih besar, dengan nilai maksimum 5,33 dan minimum 0,05. Analisis ini memberikan gambaran awal yang penting mengenai distribusi dan skala nilai masing-masing fitur. Informasi ini juga menjadi dasar pertimbangan dalam tahap selanjutnya, seperti normalisasi dan pemilihan parameter model, agar proses pelatihan algoritma regresi dapat berjalan secara optimal dan tidak bias terhadap fitur yang memiliki rentang nilai jauh lebih besar.

Tabel 4 Statistik Deskriptif Fitur Numerik Dataset Harga Emas

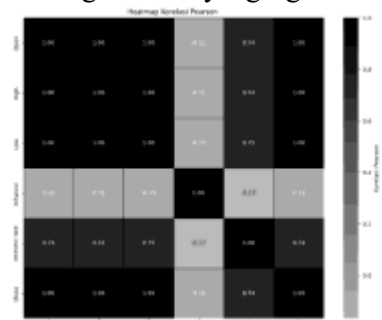
Statistik	Open	High	Low	LowClose	Interest rate	Close
Count	1,638,000	1,638,000	1,638,000	1,638,000	1,638,000	1,638,000
Mean	1,991,709	2,001,989	1,979,563	0,362	2,212	1,992,686
Std	273,210	272,887	232,877	0,355	2,301	196,433
Min	1,451,250	1,499,644	1,451,250	-0,800	0,050	1,471,187
25%	1,783,883	1,794,833	1,774,274	0,108	0,680	1,784,188
50% (Median)	1,888,107	1,898,437	1,874,404	0,400	0,930	1,888,433
75%	2,076,607	2,087,761	2,055,887	0,600	1,880	2,077,468
Max	3,188,993	3,245,436	3,184,782	1,300	5,330	3,237,739

Sumber : Penelitian Mandiri 2025

5. Analisis Korelasi Antar Fitur

Untuk memperoleh pemahaman yang lebih mendalam mengenai hubungan antar variabel dalam dataset, dilakukan analisis korelasi antar fitur menggunakan metode Pearson. Korelasi Pearson merupakan ukuran statistik yang digunakan untuk mengukur kekuatan dan arah hubungan linear antar dua variabel numerik. Nilai koefisien berkisar antara -1 hingga 1, dengan interpretasi:

- 1) Nilai mendekati 1 menunjukkan hubungan linear positif yang sangat kuat.
- 2) Nilai mendekati -1 menunjukkan hubungan linear negatif yang sangat kuat.
- 3) Nilai mendekati 0 mengindikasikan tidak adanya hubungan linear yang signifikan.



Gambar 6 Heatmap Korelasi Pearson Antar Fitur

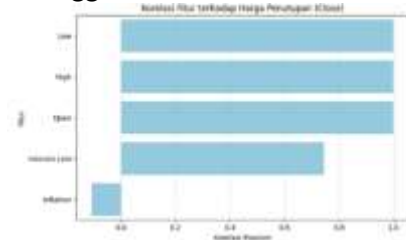
Sumber : Penelitian Mandiri 2025

Berdasarkan hasil tersebut, Open, High, dan Low memiliki korelasi sangat kuat (1.00) satu sama lain, yang menunjukkan hubungan teknikal yang erat dalam satu hari perdagangan. Interest rate menunjukkan korelasi sedang terhadap fitur

teknikal (sekitar 0.74), sedangkan Inflation memiliki korelasi sangat lemah terhadap semua fitur. Hasil ini mengindikasikan bahwa fitur teknikal saling berhubungan erat, dan perlu diperhatikan kemungkinan multikolinearitas dalam pemodelan.

6. Korelasi Fitur terhadap Harga Penutupan (Close)

Analisis ini bertujuan untuk mengetahui seberapa besar hubungan linier antara masing-masing fitur dengan target Close. Korelasi dihitung menggunakan metode Pearson, yang menghasilkan nilai dalam rentang -1 hingga 1.



Gambar 7 Korelasi Fitur terhadap Harga Penutupan (Close)

Sumber : Penelitian Mandiri 2025

Berdasarkan gambar di atas, fitur Open, High, dan Low memiliki nilai korelasi sangat tinggi terhadap harga penutupan, yaitu mendekati 1.00. Hal ini menunjukkan bahwa fitur-fitur teknikal tersebut berkontribusi besar dalam membentuk harga akhir emas harian. Interest rate juga menunjukkan hubungan yang cukup kuat dengan nilai korelasi sekitar 0.74. Sementara itu, Inflation hanya menunjukkan korelasi sangat lemah, sehingga pengaruhnya terhadap harga penutupan kurang signifikan dalam konteks linear.

3.3 Data Preparation

Tahap Data Preparation dalam pendekatan CRISP-DM merupakan

proses penting yang bertujuan untuk membersihkan dan menyiapkan data mentah agar siap digunakan dalam pemodelan. Pada tahap ini dilakukan sejumlah langkah seperti konversi tipe data, penanganan nilai kosong, serta penyusunan dataset akhir yang akan diproses oleh algoritma regresi machine learning.

Langkah-langkah pada tahap ini dilakukan berdasarkan temuan pada proses Data Understanding, serta menyesuaikan dengan format data yang diperoleh dari sumber asli. Persiapan data yang baik akan meningkatkan akurasi model dan menghindari kesalahan pada tahap pemodelan.

1. Konversi Format Desimal dan Tipe Data

Berdasarkan eksplorasi pada tahap sebelumnya, seluruh fitur numerik dalam dataset awal, termasuk Open, High, Low, Inflation, Interest rate, dan Close, masih bertipe object. Hal ini disebabkan oleh penggunaan tanda koma (,) sebagai pemisah desimal, yang merupakan format standar lokal pada file CSV yang digunakan.

Format angka seperti ini menyebabkan Python membaca nilai numerik sebagai string (object), sehingga tidak dapat langsung digunakan dalam perhitungan matematis maupun proses pemodelan. Jika tidak dilakukan konversi, maka proses training model machine learning akan gagal karena tipe data yang tidak sesuai dengan kebutuhan algoritma regresi.

Untuk mengatasi hal ini, dilakukan dua langkah utama dalam proses konversi:

- 1) Penggantian tanda koma menjadi titik (.) sebagai pemisah desimal menggunakan fungsi `.str.replace(',', '.')`.
- 2) Konversi isi kolom menjadi tipe numerik (float) menggunakan

fungsi `pd.to_numeric()` dengan parameter `errors='coerce'` untuk memastikan nilai yang tidak valid dikonversi menjadi NaN. Selain itu, karakter-karakter tidak valid seperti spasi dan titik di akhir angka juga dihapus menggunakan metode `str.strip()` dan `str.rstrip('.')`. Seluruh proses ini dilakukan terhadap kolom-kolom numerik yang relevan secara iteratif. Dengan langkah-langkah tersebut, seluruh fitur numerik berhasil dikonversi ke tipe data `float64` dan telah siap digunakan dalam proses pemodelan regresi tanpa kendala kompatibilitas tipe data.

Tabel 5 Tipe Data Kolom Dataset Setelah Konversi

Nama Kolom	Tipe Data
Date	object
Open	float64
High	float64
Low	float64
Inflation	float64
Interest rate	float64
Close	float64

Sumber : Penelitian Mandiri 2025

2. Penanganan Nilai Kosong (Missing Value)

Pemeriksaan terhadap nilai kosong dilakukan menggunakan fungsi `df.isnull().sum()`. Hasil pemeriksaan menunjukkan bahwa hanya kolom `Inflation` yang memiliki satu entri kosong, sementara kolom lainnya terisi lengkap tanpa nilai yang hilang. Karena nilai kosong tersebut hanya terjadi pada satu baris dari total 1.639 baris data (sekitar 0,06%), maka diputuskan untuk menghapus baris tersebut menggunakan fungsi `df.dropna()`.

Keputusan penghapusan diambil karena pengaruhnya terhadap distribusi data sangat kecil dan tidak berdampak signifikan terhadap kinerja model. Setelah proses penghapusan dilakukan, dilakukan verifikasi ulang untuk

memastikan tidak terdapat lagi nilai kosong atau entri tidak valid yang tersisa dalam dataset. Dengan demikian, data telah bersih dan siap digunakan pada tahap pemodelan.

Tabel 6 Jumlah Missing Values Setelah Pembersihan

Nama Kolom	Jumlah Nilai Hilang
Date	0
Open	0
High	0
Low	0
Inflation	0
Interest rate	0
Close	0

Sumber : Penelitian Mandiri 2025

3. Pemisahan Fitur dan Target serta Standarisasi Fitur

Pada tahap ini, dilakukan pemisahan antara variabel fitur dan target. Variabel target yang digunakan adalah `Close`, yaitu harga penutupan harian emas, sementara variabel fitur terdiri dari `Open`, `High`, `Low`, `Inflation`, `Interest rate`. Kolom `Date` diabaikan karena bersifat non-numerik dan tidak memberikan kontribusi langsung terhadap prediksi numerik dalam model regresi.

Berikut adalah potongan kode pemisahan fitur dan target:

```
# Pisahkan fitur dan target
X = df.drop(columns=['Date', 'Close'])
y = df['Close']
```

Gambar 8 Kode Pemisahan Fitur dan Target

Sumber : Penelitian Mandiri 2025
Setelah fitur dan target dipisahkan, dilakukan proses standarisasi fitur numerik dengan menggunakan `StandardScaler` dari pustaka `scikit-learn`. Standarisasi ini bertujuan untuk mengubah skala seluruh fitur numerik agar memiliki rata-rata (mean) nol dan standar deviasi satu. Langkah ini khusus diterapkan pada model `Support Vector Regression (SVR)` karena SVR sensitif terhadap skala data. Sementara itu, model lain seperti `Random Forest` dan

XGBoost tidak memerlukan proses standardisasi karena bersifat tree-based dan tidak terpengaruh oleh skala fitur. Berikut adalah potongan kode standardisasi:

```
# Scaling fitur numerik khusus untuk SVR
scaler = StandardScaler()
X_scaled = scaler.fit_transform(X)
```

Gambar 9 Standardisasi Fitur untuk SVR

Sumber : Penelitian Mandiri 2025

Proses ini menghasilkan data fitur terstandardisasi yang akan digunakan dalam pelatihan model SVR. Dengan adanya transformasi ini, model diharapkan dapat mempelajari pola dengan lebih akurat dan stabil.

4. Pembagian Data Training dan Testing

Setelah data fitur (X) dan target (y) berhasil dipisahkan dan dilakukan proses standardisasi (khusus untuk SVR), tahap berikutnya adalah membagi data ke dalam dua subset: data pelatihan (training) dan data pengujian (testing). Tujuan dari pembagian ini adalah untuk mengevaluasi performa model secara objektif pada data yang belum pernah dilihat sebelumnya.

Pembagian dilakukan dengan menggunakan fungsi `train_test_split` dari library `sklearn.model_selection`. Proporsi yang digunakan

```
from sklearn.model_selection import train_test_split

X_train, X_test, y_train, y_test = train_test_split(X, y, test_size=0.2, random_state=42)
```

Gambar 10 Pembagian Data Latih dan Data Uji

Sumber : Penelitian Mandiri 2025

yaitu 80% data untuk pelatihan dan 20% untuk pengujian. Parameter `random_state` disetel untuk menjaga konsistensi hasil pembagian di setiap eksekusi kode.

3.4 Modelling

Pada tahap ini dilakukan pemodelan regresi menggunakan tiga algoritma berbeda, yaitu Random Forest, Support Vector Regressor (SVR), dan XGBoost. Sebelumnya, data fitur telah dibagi menjadi data latih dan data uji. Khusus untuk model SVR, data fitur perlu dilakukan standardization menggunakan metode `StandardScaler` karena model ini sensitif terhadap skala fitur.

Setiap model diinisialisasi dengan parameter dasar, di mana jumlah estimator untuk Random Forest dan XGBoost ditetapkan sebanyak 100 pohon untuk menjaga keseimbangan antara akurasi dan efisiensi waktu komputasi. Proses pelatihan dilakukan menggunakan data latih, sedangkan evaluasi dilakukan pada data uji.

```
from sklearn.model_selection import train_test_split
from sklearn.ensemble import RandomForestRegressor
from sklearn.svm import SVR
from xgboost import XGBRegressor
from sklearn.preprocessing import StandardScaler
from sklearn.metrics import mean_absolute_error, mean_squared_error, r2_score

# Scaling khusus untuk SVR
scaler = StandardScaler()
X_train_scaled = scaler.fit_transform(X_train)
X_test_scaled = scaler.transform(X_test)

# Inisialisasi model
model = [
    'Random Forest': RandomForestRegressor(n_estimators=100, random_state=42),
    'SVR': SVR(),
    'XGBoost': XGBRegressor(n_estimators=100, random_state=42, verbosity=0)
]
```

Gambar 11 Inisialisasi Model Regresi

Sumber : Penelitian Mandiri 2025

Gambar ini menunjukkan proses inisialisasi model regresi yang digunakan dalam penelitian ini, yaitu Random Forest, SVR, dan XGBoost. Sebelum menerapkan SVR, data fitur terlebih dahulu diskalakan menggunakan `StandardScaler` agar model dapat menghasilkan performa yang optimal.

3.5 Evaluation

Evaluasi model bertujuan untuk mengukur seberapa baik model prediktif dalam memperkirakan harga penutupan emas berdasarkan fitur-fitur input. Pada penelitian ini, evaluasi dilakukan terhadap tiga algoritma

regresi, yaitu SVR, Random Forest, dan XGBoost.

Pengukuran performa dilakukan menggunakan tiga metrik evaluasi regresi:

- 1) MAE: Mengukur rata-rata selisih absolut antara nilai aktual dan hasil prediksi. Semakin kecil nilainya, semakin baik model.
- 2) RMSE: Mengukur kesalahan prediksi dengan penalti yang lebih besar untuk prediksi yang jauh meleset.
- 3) R^2 : Mengukur seberapa besar variasi pada variabel target yang dapat dijelaskan oleh model. Nilai ideal mendekati 1.

1. Hasil Evaluasi Model

Setelah proses pelatihan dan pengujian model dilakukan, langkah selanjutnya adalah mengevaluasi performa masing-masing algoritma regresi. Evaluasi ini dilakukan dengan menggunakan tiga metrik utama, yaitu Mean Absolute Error (MAE), Root Mean Squared Error (RMSE), dan R-Squared (R^2). Berdasarkan hasil prediksi terhadap data uji, Tabel 4.7 menunjukkan nilai evaluasi dari ketiga algoritma regresi:

Tabel 7 Hasil Evaluasi Kinerja Model Regresi

Model	MAE	RMSE	R^2
Random Forest	7.5065	11.3120	0.9987
SVR	110.2023	215.4136	0.5266
XGBoost	7.9251	12.2479	0.9985

Sumber : Penelitian Mandiri 2025

Tabel ini menampilkan hasil evaluasi tiga algoritma regresi. Random Forest menunjukkan performa terbaik dengan error terendah dan nilai R^2 mendekati 1, sementara SVR memiliki performa terendah dengan error tinggi dan R^2 rendah.

2. Analisis Perbandingan Model

Dari hasil evaluasi yang diperoleh, terlihat bahwa setiap algoritma memberikan performa yang bervariasi terhadap data uji. Berikut adalah ringkasan analisis dari ketiga model:

- a. SVR menunjukkan hasil prediksi yang cukup baik, namun sensitif terhadap parameter dan skala data. Performa SVR sangat bergantung pada proses normalisasi dan pemilihan kernel.
- b. Random Forest memberikan hasil yang stabil dan cenderung memiliki nilai error yang rendah. Hal ini sejalan dengan sifat algoritma yang mampu menangani data kompleks dan menangkap non-linearitas tanpa banyak pengaturan parameter.
- c. XGBoost memiliki keunggulan dalam hal efisiensi dan akurasi, terutama pada dataset yang memiliki pola kompleks. Namun, performanya tetap bergantung pada penyetelan parameter lebih lanjut (tuning), yang dalam penelitian ini belum dilakukan secara mendalam.

3. Model Terbaik

Evaluasi terhadap tiga algoritma regresi machine learning Random Forest, XGBoost, dan SVR dilakukan dengan menggunakan tiga metrik evaluasi utama, yaitu MAE, RMSE, dan R^2 . Hasil evaluasi menunjukkan perbedaan yang cukup signifikan dalam performa ketiganya.

Random Forest menunjukkan performa paling optimal dibandingkan dua model lainnya. Model ini menghasilkan nilai MAE sebesar 7.5065, RMSE sebesar 11.3120, dan R^2 sebesar 0.9987. Nilai R^2 tersebut mengindikasikan bahwa model ini mampu menjelaskan 99,87% variasi dari harga penutupan emas yang diamati, menjadikannya sangat andal untuk prediksi data time-series. Selain itu, nilai error yang rendah memperlihatkan bahwa prediksi yang dihasilkan sangat dekat dengan nilai aktual.

XGBoost tampil sebagai model kedua terbaik, dengan performa yang sangat kompetitif terhadap Random Forest.

Model ini menghasilkan MAE sebesar 7.9251, RMSE sebesar 12.2479, dan R^2 sebesar 0.9985. Meskipun nilai MAE dan RMSE sedikit lebih tinggi dibandingkan Random Forest, perbedaannya sangat kecil dan tetap berada dalam kategori sangat baik. XGBoost juga memiliki keunggulan dalam hal efisiensi pemrosesan dan kemampuan tuning hyperparameter yang fleksibel, menjadikannya pilihan yang layak untuk skenario yang memerlukan penyesuaian parameter secara mendalam.

SVR merupakan model dengan performa terendah dalam penelitian ini. Model ini mencatat MAE sebesar 110.2023, RMSE sebesar 215.4136, dan R^2 sebesar 0.5266. Nilai R^2 yang rendah menunjukkan bahwa model ini hanya mampu menjelaskan sekitar 52,66% dari variasi harga penutupan emas, yang berarti kualitas prediksinya kurang dapat diandalkan. Kinerja yang rendah ini kemungkinan disebabkan oleh ketidaksesuaian algoritma SVR terhadap kompleksitas distribusi data yang digunakan, serta parameter default yang tidak optimal tanpa tuning lanjutan.

Secara keseluruhan, Random Forest terbukti sebagai model paling akurat dan stabil dalam estimasi harga penutupan harian emas berdasarkan data historis dari broker Exness tahun 2020–2024.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan terhadap estimasi harga penutupan harian emas (XAU/USD) menggunakan algoritma regresi machine learning dengan pendekatan CRISP-DM, maka diperoleh beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Berdasarkan hasil analisis korelasi, variabel harga tertinggi (High) dan harga terendah (Low) memiliki hubungan paling kuat terhadap harga

penutupan emas. Variabel harga pembukaan (Open), inflasi, dan suku bunga juga memberikan kontribusi, meskipun pengaruhnya relatif lebih rendah dibanding faktor teknikal utama.

2. Ketiga algoritma regresi yang diuji, yaitu Support Vector Regression (SVR), Random Forest, dan XGBoost, mampu membentuk model prediksi harga penutupan emas dengan akurasi yang bervariasi. Evaluasi menggunakan MAE, RMSE, dan R^2 menunjukkan perbedaan karakteristik performa pada masing-masing algoritma.
3. Algoritma Random Forest menunjukkan performa paling unggul dengan nilai MAE dan RMSE terendah serta R^2 tertinggi (0,9988). Hal ini mengindikasikan bahwa Random Forest memiliki kemampuan yang lebih konsisten dan akurat dalam mengestimasi harga penutupan emas dibandingkan SVR dan XGBoost.

DAFTAR PUSTAKA

- Y. Zhang, J. Wang, dan L. Li, "Structural analysis and forecast of gold price returns," *Journal of Management Science and Engineering*, vol. 6, no. 2, pp. 135–145, Jun. 2021. [Online]. Tersedia: <https://doi.org/10.1016/j.jmse.2021.02.011>
- XGboost/ A. A. Saputra, B. N. Sari, dan C. Rozikin, "Penerapan Algoritma Extreme Gradient Boosting (XGBoost) untuk Analisis Risiko Kredit," *Jurnal Ilmiah Wahana Pendidikan*, vol. 10, no. 7, pp. 27–36, Apr. 2024.
- R2 score/I. Abdillah, *Prediksi Harga Menggunakan Ensemble Feature Selection dan Machine Learning*, Skripsi, Fakultas Sains dan Teknologi, UIN Syarif Hidayatullah Jakarta, 2024. [Online]. Available: <https://repository.uinjkt.ac.id/dspace/bitstream/123456789/76169/1/IRFAN%20ABDILLAH%20-%20FAH.pdf>

ANALISIS DAN PERANCANGAN SISTEM INFORMASI PENJUALAN PADA MORINO KAOS POLOS BERBASIS WEB

Anindito Kusumo Birowo

*Program Studi Teknik Informatika, FTI, Institut Teknologi Budi Utomo Jakarta,
anindito@itbu.ac.id*

Abstrak

Perkembangan teknologi informasi di era digital telah mendorong pelaku usaha, termasuk Usaha Kecil dan Menengah (UKM), untuk memanfaatkan sistem berbasis web dalam meningkatkan efisiensi dan pelayanan. Morino Kaos Polos masih menggunakan sistem penjualan manual melalui pesan singkat atau media sosial, yang menyebabkan keterlambatan, kesalahan pencatatan, dan kurangnya transparansi. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis dan merancang sistem informasi penjualan berbasis web untuk Morino Kaos Polos, sehingga dapat meningkatkan efisiensi operasional, transparansi, dan pengalaman pelanggan. Metode yang digunakan meliputi observasi, wawancara, serta analisis kebutuhan untuk merancang sistem dengan teknologi HTML, PHP, dan MySQL. Hasil yang diharapkan adalah sebuah sistem yang memungkinkan pelanggan melakukan pemesanan secara mandiri, melihat ketersediaan stok secara real-time, mencetak invoice otomatis, dan mempercepat verifikasi pembayaran. Dengan demikian, sistem ini diharapkan dapat membantu Morino Kaos Polos bersaing di pasar digital dan memberikan layanan yang lebih profesional.

Kata Kunci : sistem informasi, penjualan, berbasis web, Morino Kaos Polos

1. PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi informasi di era digital telah membawa perubahan besar dalam berbagai aspek bisnis, terutama dalam sistem penjualan dan pembayaran. Pemanfaatan teknologi berbasis web semakin banyak diterapkan oleh pelaku usaha, termasuk Usaha Kecil dan Menengah (UKM), untuk meningkatkan efisiensi operasional dan memberikan kemudahan bagi pelanggan dalam melakukan transaksi. Morino Kaos Polos, sebuah bisnis yang bergerak di bidang penjualan kaos polos untuk berbagai kebutuhan, masih mengandalkan sistem pemesanan secara manual melalui pesan singkat atau media sosial (P. Adi Cakranegara, 2022). Metode ini memiliki banyak keterbatasan, seperti keterlambatan dalam pemrosesan pesanan, potensi kesalahan pencatatan, serta kurangnya transparansi dalam transaksi. Dengan semakin meningkatnya permintaan pelanggan, sistem manual ini menjadi semakin tidak efektif dan berisiko menghambat pertumbuhan bisnis. Pelanggan sering kali mengalami kesulitan dalam mengetahui ketersediaan produk

secara real-time, dan proses verifikasi pembayaran yang masih dilakukan secara manual dapat memperlambat waktu pemrosesan pesanan. Oleh karena itu, diperlukan sebuah inovasi dalam sistem pemesanan dan pembayaran agar bisnis dapat berjalan lebih efisien dan kompetitif di pasar digital saat ini.

Perancangan sistem informasi penjualan berbasis web menjadi solusi yang tepat bagi Morino Kaos Polos dalam meningkatkan efisiensi dan akurasi proses bisnisnya. Dengan adanya sistem ini, pelanggan dapat dengan mudah melakukan pemesanan secara mandiri, melihat ketersediaan stok produk secara langsung, serta memilih metode pembayaran yang tersedia dengan lebih fleksibel. Selain itu, sistem ini juga memungkinkan adanya pencatatan data secara otomatis, sehingga dapat meminimalisir kesalahan dalam transaksi dan mempercepat proses verifikasi invoice dan pembayaran (N. Tamsir, 2021). Dengan adanya notifikasi otomatis, pelanggan juga dapat memperoleh informasi terbaru mengenai status pesanan mereka secara lebih transparan dan akurat.

Implementasi sistem ini diharapkan tidak hanya meningkatkan kepuasan pelanggan tetapi juga membantu Morino Kaos Polos dalam mengoptimalkan pengelolaan penjualan. Dengan perancangan sistem yang baik, Morino Kaos Polos dapat bersaing lebih kompetitif dalam industri penjualan kaos polos serta memberikan layanan yang lebih profesional kepada pelanggan.

Berdasarkan permasalahan yang telah dijelaskan diatas, maka diperlukan suatu Sistem informasi penjualan berbasis web untuk membantu Toko Morino Kaos Polos dalam meningkatkan kualitas pelayanan pada pelanggan dan memberikan kemudahan khususnya dalam pengelolaan operasional pesanan kaos.

2. METODOLOGI PENELITIAN

2.1. Jenis Penelitian

Dalam melakukan penelitian diperlukan suatu metode penelitian sesuai dengan pokok permasalahan yang akan diteliti. Metode penelitian adalah cara berfikir dalam suatu perbuatan yang disiapkan dengan baik untuk mengadakan penelitian dan untuk mencapai suatu tujuan penelitian. Peneliti menggunakan pemodelan waterfall.

Menurut Ian Sommerville (2011, hlm. 30), metode Waterfall terdiri atas tahapan-tahapan utama yang merepresentasikan aktivitas dasar dalam pengembangan perangkat lunak. Terdapat lima tahap pada model Waterfall, yaitu analisis dan definisi kebutuhan, perancangan sistem dan perangkat lunak, implementasi serta pengujian unit, integrasi dan pengujian sistem, serta operasional dan pemeliharaan.



Gambar 1. Metode Waterfall

Sumber: Ian Sommerville (2011, hlm. 30)

2.2 Metode Penelitian

Dalam penelitian ini, penulis menggunakan metode kualitatif sebagai pendekatan utama. Metode kualitatif digunakan untuk menggali dan memahami secara mendalam kebutuhan sistem informasi pada Morino Kaos Polos melalui observasi, wawancara, dan dokumentasi. Fokus dari metode ini adalah untuk memperoleh informasi yang kaya dan mendalam terkait proses bisnis, kebutuhan pengguna, serta permasalahan yang dihadapi dalam sistem informasi yang berjalan saat ini.

2.2.1 Metode Pengumpulan data

Metode yang digunakan dalam proses pengumpulan data sebagai bahan pembuatan sistem adalah:

1. Studi Lapangan

Penulis melakukan pengamatan langsung terhadap aktivitas operasional yang berlangsung di Morino Kaos Polos. Tujuannya adalah untuk memahami alur kerja, proses transaksi, serta kendala yang muncul dalam pengelolaan data penjualan, stok, dan pemesanan.



Gambar 2. Lokasi Observasi

Sumber: Penelitian Mandiri
2025

2. Wawancara

Wawancara dilakukan secara langsung dengan pemilik usaha dan staf terkait untuk mendapatkan informasi mengenai kebutuhan sistem, hambatan yang dihadapi dalam sistem manual atau sistem lama, serta ekspektasi terhadap sistem informasi berbasis web yang akan dikembangkan.

3. Dokumentasi

Metode ini dilakukan untuk mendata data yang mendukung penelitian. Berupa sumber tertulis, foto atau gambar yang dapat mendukung tujuan penelitian.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Perancangan Aplikasi

1. Evaluasi Sistem yang Berjalan

Berdasarkan hasil analisis terhadap sistem yang berjalan di Morino Kaos Polos, dapat ditemukan beberapa kelemahan sebagai berikut:

1. Proses pencatatan transaksi masih dilakukan secara manual atau konvensional.
2. Penyimpanan data saat ini masih menggunakan pembukuan dan arsip fisik, sehingga pengelolaan data transaksi maupun data pelanggan menjadi kurang efisien serta membutuhkan ketelitian tinggi untuk mendapatkan data yang akurat.
3. Sering terjadi keterlambatan dalam pencatatan data akibat proses rekapitulasi yang kurang tepat dan memerlukan waktu lama

2. Perancangan Sistem Usulan

Perancangan adalah proses dimana sebuah sistem dirancang dan nantinya untuk dilakukan pengembangan sistem. Pemodelan yang digunakan

pada penelitian ini adalah Unified Modelling Language (UML) dengan diagram-diagram seperti Use Case Diagram, Class Diagram, Sequence Diagram dan Activity Diagram.

1) Use Case Diagram

Penulis gunakan Use Case Diagram untuk mengetahui fungsi apa saja yang ada dalam sistem dan bisa mempresentasikan interaksi actor dengan sistem



Gambar 3 Use Case Diagram Admin dan Pelanggan.

Sumber: Penelitian Mandiri 2025

Pada gambar 3 di atas adalah rancangan dari diagram Use Case Admin dan Pelanggan Morino Kaos:

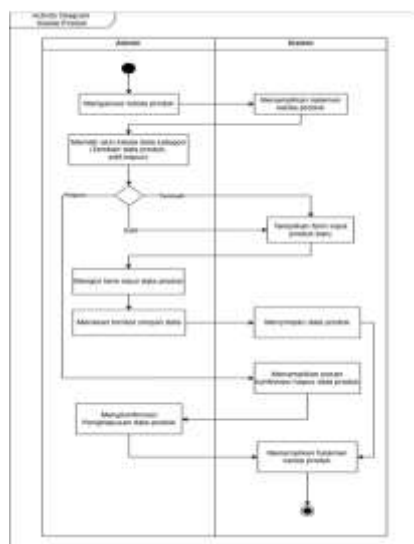
a. Admin

1. Login
Admin Login ke Web Morino Kaos.
2. Data Produk
Admin mengelola data produk bisa menambahkan produk, menambahkan stok produk dan ukuran produk.
3. Data Kategori Produk
Admin mengelola data kategori produk, menambahkan kategori produk baru.
4. Data Transaksi Pesanan
Admin melihat dan mengelola data transaksi pesanan seperti invoice dan bukti pembayaran.
5. Data Customer
Admin dapat melihat Data Customer yang sudah melakukan pemesanan.
6. Data Laporan Penjualan
Admin melihat dan mengelola data laporan penjualan bulanan.
7. Data Admin

- Admin dapat mengelola dan menambahkan data admin lain.
8. Data Ubah password
Admin dapat melakukan ubah password login.
 - b. Customer
 1. Melihat Produk
Customer dapat melihat produk yang ada di web sesuai kategori produk.
 2. Login
Customer Login ke web morino kaos menggunakan akun yang telah terdaftar sebelumnya.
 3. Membuat Pesanan
Customer dapat membuat pesanan dan melihat pesanan pelanggan

3. Activity Diagram

1) Activity Diagram Kelola Data Produk



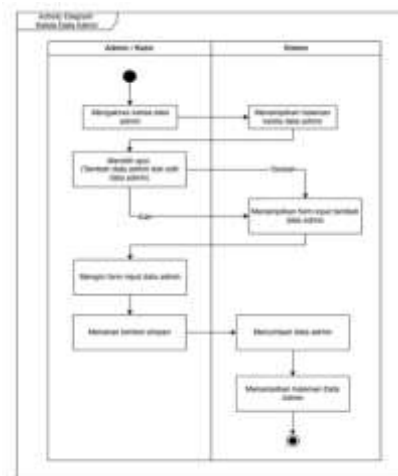
Gambar 4 Activity Diagram Kelola Data Produk

Sumber: Penelitian Mandiri 2025

Pada Gambar di atas Activity diagram kelola produk menggambarkan proses yang dilakukan admin saat mengelola data produk dalam sistem. Proses dimulai ketika admin mengakses halaman kelola produk, kemudian sistem menampilkan halaman tersebut. Admin dapat memilih aksi yang tersedia, seperti menambah, mengedit, atau menghapus data produk. Jika admin memilih tambah atau edit, sistem akan menampilkan form input

produk baru, lalu admin mengisi form tersebut dan menekan tombol simpan. Sistem kemudian menyimpan data produk ke dalam database. Jika admin memilih hapus, sistem akan menampilkan pesan konfirmasi penghapusan data, dan setelah admin mengonfirmasi, sistem akan kembali menampilkan halaman kelola produk. Proses berakhir setelah semua tindakan selesai dilakukan.

2) Kelola Data Admin



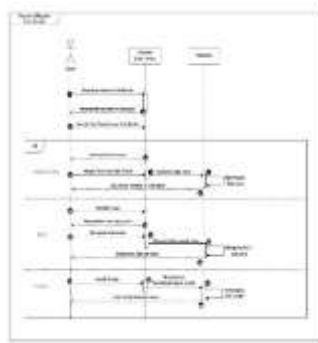
Gambar 5 Activity Diagram Kelola Data Admin

Sumber: Penelitian Mandiri 2025

Pada Gambar di atas menjelaskan proses yang dilakukan oleh admin atau kasir dalam menambahkan atau mengedit data admin pada sistem. Proses diawali ketika pengguna mengakses menu kelola data admin, lalu sistem menampilkan halaman pengelolaan data admin. Pengguna kemudian memilih salah satu opsi, yaitu menambahkan data admin baru atau mengedit data yang sudah ada. Setelah itu, sistem menampilkan form input sesuai dengan aksi yang dipilih. Pengguna mengisi form input data admin dan menekan tombol simpan. Sistem akan menyimpan data tersebut dan kembali menampilkan halaman data admin. Proses berakhir setelah penyimpanan berhasil dilakukan.

4. Sequence Diagram

1) Sequence Diagram Data Produk

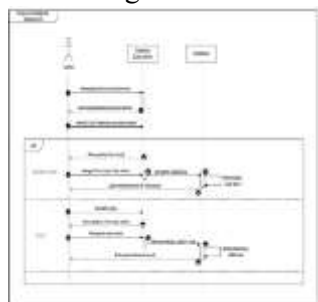


Gambar 6 *Sequence Diagram* Data Produk

Sumber: Penelitian Mandiri 2025

Pada Gambar 4.18 di atas menjelaskan *Sequence diagram* ini menjelaskan alur pengelolaan data produk oleh admin pada sistem. Admin mengakses halaman data produk, kemudian memilih opsi untuk menambah, mengedit, atau menghapus produk. Jika admin memilih tambah, sistem menampilkan form input, admin mengisi data, lalu sistem menyimpan data baru ke database dan menampilkan konfirmasi berhasil. Jika admin memilih edit, sistem menampilkan form dengan data produk yang dipilih, admin memperbarui data, sistem menyimpan perubahan, lalu memberi konfirmasi berhasil. Jika admin memilih hapus, sistem menerima permintaan penghapusan, menghapus data di database, dan memberi konfirmasi bahwa data telah dihapus.

2) *Sequence Diagram* Data Admin



Gambar 7 *Sequence Diagram* Data Admin

Sumber: Penelitian Mandiri 2025

Pada Gambar di atas menggambarkan proses pengelolaan data admin oleh admin melalui sistem. Admin terlebih dahulu mengakses halaman data admin, lalu sistem menampilkan halaman kelola data admin. Selanjutnya admin memilih opsi pembaruan data admin yang dapat berupa menambah atau mengedit data.

Jika admin memilih untuk menambah data, sistem akan menampilkan form input. Admin mengisi form tersebut dan mengirimkan data baru ke sistem. Sistem kemudian menyimpan data ke database dan memberikan konfirmasi bahwa data admin berhasil ditambahkan.

Jika admin memilih untuk mengedit data, admin memilih admin yang akan diedit, kemudian mengubah data melalui form. Data yang telah diperbarui dikirim ke sistem, lalu sistem memperbarui data pada database dan mengkonfirmasi bahwa data admin berhasil diubah.

3.2 Implementasi Antarmuka Pengguna

Implementasi Antar Muka Web Morino Kaos Polos merupakan hasil dari perancangan antarmuka web, dimana hasil implementasi dari perancangan antar muka tersebut dapat dilihat dari gambar dibawah ini:

1) Implementasi Halaman Login



Gambar 8 Implementasi Halaman Login

Sumber : Penelitian Mandiri 2025

Pada Gambar di atas menunjukkan implementasi antarmuka halaman login pada sistem Toko Online Morino Kaos

Polos. Halaman ini berfungsi sebagai pintu masuk bagi pengguna yang memiliki akun untuk mengakses sistem.

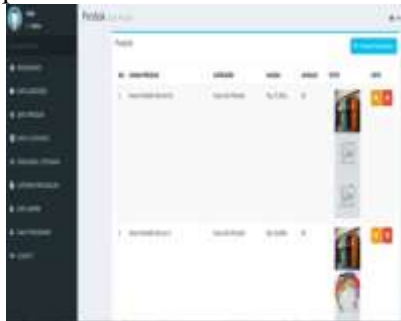
2) Implementasi Halaman Dashboard Admin



Gambar 9 Implementasi Halaman Dashboard Admin
 Sumber : Penelitian Mandiri 2025

Pada gambar di atas merupakan tampilan halaman dashboard pada sistem Toko Online Morino Kaos Polos. Halaman ini menampilkan rangkuman data penting sistem dalam bentuk panel informasi, seperti jumlah produk, jumlah customer, jumlah invoice, dan jumlah pengguna.

3) Implementasi Halaman Data Produk



Gambar 10 Implementasi Halaman Data Produk
 Sumber : Penelitian Mandiri 2025

Tabel pada halaman ini menampilkan daftar produk beserta nomor urut dan opsi tindakan yang dapat dilakukan, yaitu edit dan hapus, yang ditandai dengan ikon roda gigi dan ikon tempat sampah. Di bagian atas tabel terdapat tombol Tambah Produk untuk menambahkan produk baru ke dalam sistem.

4) Implementasi Halaman Transaksi Pesanan



Gambar 11 Implementasi Halaman Transaksi Pesanan
 Sumber : Penelitian Mandiri 2025

Pada Gambar di atas menunjukkan tampilan halaman transaksi/pesanan pada sistem Toko Online Morino Kaos Polos. Halaman ini digunakan untuk memantau dan mengelola data transaksi yang dilakukan oleh customer.

Tabel pada halaman ini menampilkan informasi penting berupa nomor invoice, tanggal transaksi, nama customer, total pembayaran, status, serta opsi untuk memperbarui status. Admin dapat mengubah status pesanan melalui menu dropdown pada kolom Update Status, serta melihat bukti pembayaran atau mencetak invoice melalui tombol yang tersedia pada kolom Opsi.

5) Implementasi Halaman Laporan Penjualan



Gambar 12 Implementasi Halaman Laporan Penjualan Spesifikasi
 Sumber : Penelitian Mandiri 2025

Pada Gambar di atas menampilkan halaman laporan penjualan pada sistem Toko Online Morino Kaos Polos. Halaman ini digunakan untuk menampilkan data penjualan berdasarkan rentang tanggal yang ditentukan oleh pengguna.

Bagian atas halaman menyediakan fitur filter berupa kolom Mulai Tanggal dan Sampai Tanggal yang dapat diisi untuk menentukan periode laporan, kemudian ditampilkan dengan tombol Tampilkan Laporan. Hasil laporan ditampilkan dalam tabel yang memuat informasi nomor invoice, tanggal transaksi, nama customer, jumlah pembayaran, dan status pesanan. Selain itu, tersedia tombol untuk mencetak laporan dalam format PDF atau langsung melalui printer.

6) Implementasi Halaman Dashboard Customer



Gambar 13 Implementasi Halaman Dashboard Customer

Sumber : Penelitian Mandiri 2025

Pada Gambar diatas menampilkan halaman Dashboard customer pada sistem E-Shop Morino Kaos Polos. Halaman ini digunakan pelanggan yang sudah terdaftar, memungkinkan mereka melihat detail akun dan mengakses fitur-fitur terkait pesanan dan keamanan akun.

7) Implementasi Halaman Pesanan Saya



Gambar 14 Implementasi Pesanan Saya

Sumber : Penelitian Mandiri 2025

Pada Gambar di atas menampilkan halaman pesanan saya pada sistem E-Shop Morino Kaos Polos. Halaman ini digunakan untuk menyediakan ringkasan pesanan pelanggan, memungkinkan mereka melacak status pesanan dan melakukan aksi lanjutan seperti konfirmasi pembayaran atau melihat detail invoice.

4 KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan pengembangan sistem yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Penelitian ini berhasil merancang dan membangun sebuah website penjualan berbasis online pada Toko Morino yang dapat diakses secara real-time oleh pelanggan, sehingga mempermudah proses pemesanan dan memperluas jangkauan penjualan
2. Sistem yang dikembangkan mampu mencatat setiap transaksi penjualan secara otomatis dan menyimpan data pada database MySQL, sehingga lebih efektif dan efisien dibandingkan pencatatan manual menggunakan buku transaksi. Website yang dibangun juga dilengkapi dengan fitur pencetakan invoice penjualan secara otomatis, sehingga membantu pemilik toko dalam pembuatan laporan penjualan dan memberikan bukti transaksi kepada pelanggan.

DAFTAR PUSTAKA

- J. Perintis Kemerdekaan Km, N. Tamsir, Y. W. Johny Soetikno, K. Alloto, and S. Dipanegara Makassar Jalan Perintis Kemerdekaan Km, “PROSIDING SEMINAR ILMIAH SISTEM INFORMASI DAN TEKNOLOGI INFORMASI Pusat Penelitian dan Pengabdian Pada Masyarakat (P4M) Universitas Dipa Makassar Aplikasi Penjualan Baju Kaos Berbasis Web dan Android.”
- P. Adi Cakranegara, “Web-Based Online Sales Information System Using PHP and MYSQL Database in Nara Collection,” vol. 7, no. 1, 2022.
- Sommerville, Ian, 2011, Software Engineering (9th Edition). USA, Pearson Education.

EVALUASI PERFORMA MODEL TIME SERIES FORECASTING JUMLAH TRANSAKSI HARIAN LAYANAN PORTER KAI WISATA MENGGUNAKAN SARIMA DAN MACHINE LEARNING

Irlon.

Program Studi Teknik Informatika, FTI, Institut Teknologi Budi Utomo Jakarta,
dahil.irlon@gmail.com

Abstrak

Layanan porter KAI Wisata merupakan layanan tambahan yang berperan penting dalam meningkatkan kenyamanan penumpang kereta api, namun jumlah transaksi hariannya bersifat fluktuatif dan dipengaruhi oleh faktor musiman, hari kerja, serta momen tertentu seperti libur nasional, sehingga menimbulkan tantangan dalam pengelolaan tenaga porter secara optimal. Oleh karena itu, diperlukan model peramalan yang akurat sebagai dasar pengambilan keputusan operasional. Penelitian ini bertujuan membandingkan kinerja beberapa metode peramalan dalam memprediksi jumlah transaksi harian layanan porter KAI Wisata dengan menggunakan pendekatan CRISP-DM. Metode yang digunakan meliputi model statistik Seasonal Autoregressive Integrated Moving Average (SARIMA) serta model machine learning, yaitu Random Forest, Support Vector Regression (SVR), dan XGBoost. Evaluasi kinerja model dilakukan menggunakan metrik Mean Absolute Error (MAE), Root Mean Square Error (RMSE), dan Mean Absolute Percentage Error (MAPE). Hasil penelitian menunjukkan bahwa model SARIMA menghasilkan performa terbaik dengan nilai 9,68% MAPE terendah dan efektif dalam menangkap pola musiman. Model SARIMA (1,0,1)(1,0,1,30) dinilai paling sesuai untuk peramalan jangka pendek transaksi layanan porter KAI Wisata.

Kata Kunci: Forecasting, SARIMA, Random Forest, Time Series, KAI Wisata.

1. PENDAHULUAN

Layanan porter KAI Wisata merupakan salah satu fasilitas pendukung yang penting dalam meningkatkan kenyamanan penumpang kereta api. Namun, jumlah transaksi harian layanan ini mengalami fluktuasi yang signifikan, terutama dipengaruhi oleh faktor musiman seperti hari libur, akhir pekan, dan periode mudik. Pola fluktuatif dan musiman seperti ini merupakan karakteristik umum pada data deret waktu permintaan layanan, yang memerlukan teknik analisis yang mampu menangkap komponen tren dan musiman dari data historis (Hendayanti & Nurhidayati, 2025).

Ketidakstabilan permintaan tersebut menimbulkan tantangan operasional, seperti ketidaksesuaian antara jumlah porter yang bertugas dengan permintaan aktual, yang berpotensi menurunkan kualitas layanan atau menambah biaya operasional. Oleh karena itu, kemampuan untuk memprediksi jumlah transaksi harian secara akurat menjadi krusial dalam mendukung perencanaan sumber daya dan efisiensi operasional. Pendekatan time series forecasting telah digunakan secara luas

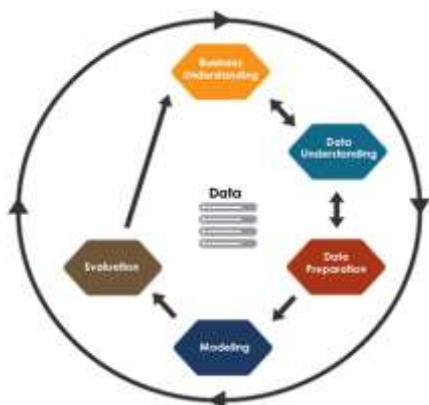
dalam berbagai konteks aplikasi, baik pada model statistik klasik seperti ARIMA maupun pada pendekatan machine learning untuk memodelkan pola fluktuatif dan non-linear (Prasetyo et al., 2024).

Metode statistik seperti ARIMA dan model musiman seperti SARIMA telah terbukti efektif dalam menangkap pola tren dan musiman pada data deret waktu, sedangkan metode machine learning seperti *Random Forest*, *Support Vector Regression* (SVR), dan XGBoost menawarkan fleksibilitas dalam memodelkan hubungan non-linear yang kompleks dalam data prediksi (Syahreza et al., 2024). Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi performa kelima model tersebut dalam memprediksi transaksi harian layanan porter KAI Wisata menggunakan metrik evaluasi MAE, RMSE, dan MAPE, guna menentukan model yang paling sesuai dengan karakteristik data yang fluktuatif dan musiman.

2. METODOLOGI

2.1 Metode Analisa Data

Analisis data dalam penelitian ini dilakukan dengan mengacu pada pendekatan CRISP-DM (*Cross Industry Standard Process for Data Mining*), yaitu suatu metodologi standar yang banyak digunakan dalam proses eksplorasi dan pemodelan data lintas industri. CRISP-DM menawarkan alur kerja sistematis dan iteratif dalam menganalisis data, sehingga dapat membantu peneliti untuk memperoleh hasil yang terstruktur, dapat direplikasi, dan objektif. Pendekatan ini terdiri dari enam tahapan utama: *Business Understanding*, *Data Understanding*, *Data Preparation*, *Modeling*, *Evaluation*, dan *Deployment*. Namun, pada penelitian ini, tahapan yang digunakan hanya sampai pada tahap *Evaluation*, mengingat fokus penelitian adalah evaluasi performa strategi, bukan implementasi sistem atau aplikasi secara langsung.



Gambar 1. Diagram Proses CRISP-DM.
Sumber : (Budiman, Prahasto, Christyono, 2014)

2.1.1 Bussines Understanding

Tahap awal ini berfokus pada pemahaman mendalam tentang tujuan bisnis dan kebutuhan stakeholder. Proses ini melibatkan identifikasi masalah, penetapan tujuan analitik, serta pendefinisian kriteria keberhasilan proyek. Hasil akhirnya adalah perumusan masalah yang jelas dan rencana proyek yang selaras dengan objektif organisasi.

2.1.2 Data Undestanding

Tahap ini mencakup pengumpulan data awal dan eksplorasi untuk mengenali karakteristik,

kualitas, dan pola dasar dalam data. Kegiatan utamanya meliputi identifikasi sumber data, deskripsi statistik, serta analisis kualitas data (seperti missing values, outlier, dan inkonsistensi). Pemahaman ini menjadi fondasi untuk persiapan data lebih lanjut.

2.1.3 Data Preparation

Data mentah ditransformasikan menjadi format yang siap untuk pemodelan melalui serangkaian proses: pembersihan (handling missing values dan outlier), transformasi (normalisasi, encoding variabel kategorikal), integrasi data dari berbagai sumber, serta pembagian dataset menjadi data latih dan uji. Tahap ini umumnya menghabiskan waktu paling banyak dalam siklus analitik.

2.1.4 Modeling

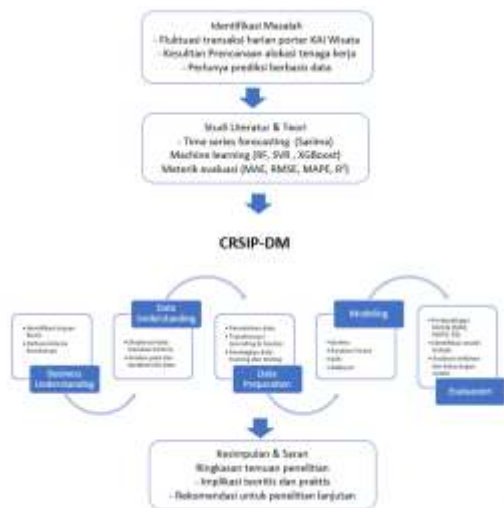
Berbagai teknik dan algoritma pemodelan (seperti regresi, klasifikasi, clustering, atau time series forecasting) diterapkan pada data yang telah disiapkan. Pemilihan algoritma disesuaikan dengan jenis masalah dan karakteristik data. Beberapa model dibangun dan diuji secara iteratif untuk menemukan pendekatan yang optimal.

2.1.5 Evaluation

Model yang dibangun dinilai secara menyeluruh menggunakan metrik evaluasi yang relevan (seperti akurasi, presisi, recall, MAE, atau RMSE). Performa model dibandingkan dengan kriteria keberhasilan yang telah ditetapkan pada tahap pemahaman bisnis. Model terbaik dipilih berdasarkan hasil evaluasi dan pertimbangan kesesuaian dengan kebutuhan bisnis..

2.2 Kerangka Pemikiran

Kerangka pemikiran penelitian ini disajikan dalam bentuk diagram alur pada Gambar 3.1 untuk memberikan gambaran visual mengenai hubungan logis antar tahapan penelitian. Kerangka ini menggambarkan bagaimana penelitian bergerak secara sistematis dari identifikasi masalah, kajian teori, penerapan metodologi CRISP-DM, hingga penyusunan kesimpulan dan rekomendasi.



Gambar 2 : Kerangka Pemikiran
Sumber : Pola Pikir Peneliti 2025

Kerangka pemikiran penelitian ini mengintegrasikan pendekatan CRISP-DM yang dimodifikasi untuk konteks akademik, dengan fokus pada lima tahap pertama dari enam tahap standar CRISP-DM. Penelitian diawali dengan identifikasi masalah operasional KAI Wisata terkait fluktuasi transaksi porter yang menyulitkan perencanaan tenaga kerja. Tahap kedua adalah studi literatur dan teori tentang metode *time series forecasting* (ARIMA dan SARIMA) serta *machine learning* (Random Forest, SVR, dan XGBoost) beserta metrik evaluasinya. Inti penelitian adalah implementasi lima tahap CRISP-DM: (1) *Business Understanding* untuk merumuskan tujuan penelitian, (2) *Data Understanding* untuk eksplorasi data historis, (3) *Data Preparation* untuk pembersihan dan transformasi data, (4) *Modeling* untuk membangun kelima model prediktif, dan (5) *Evaluation* untuk membandingkan performa model menggunakan metrik MAE, RMSE, MAPE, dan R^2 . Hasil evaluasi ini kemudian menjadi dasar untuk **kesimpulan dan rekomendasi** mengenai model terbaik yang dapat diimplementasikan oleh KAI Wisata, serta saran untuk pengembangan penelitian lebih lanjut. Kerangka ini memastikan bahwa penelitian berjalan sistematis dan hasilnya dapat dipertanggungjawabkan secara akademis maupun praktis.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Karakteristik Data Transaksi Porter KAI Wisata

3.1.1 Profil Statistik Deskriptif

Berikut adalah statistik deskriptif dari variabel utama dalam penelitian ini, yaitu jumlah transaksi harian layanan porter (JUMLAH) dan total pembayaran harian (TOTAL PEMBAYARAN). Tabel ini memberikan gambaran awal mengenai sebaran, tendensi sentral, dan variabilitas data sebelum dilakukan analisis lebih lanjut.

Tabel 1. Statistik Deskriptif Fitur Numerik

Statistik	JUMLAH	TOTAL PEMBAYARAN
count	118	118
mean	227	8,636,949
std	58	2,214,431
min	3	114
25% (Q1)	213	8,103,500
50% (median)	243	9,234,000
75% (Q3)	258	9,823,000
max	506	19,228,000

Sumber: Olahan Data Mandiri

Berdasarkan data statistik deskriptif di atas, terlihat bahwa data transaksi harian porter memiliki variasi yang cukup tinggi, dengan jumlah transaksi berkisar antara 3 hingga 506 per hari. Pola yang sama juga terlihat pada total pembayaran, di mana nilai maksimum dapat mencapai Rp 19,2 juta. Variabilitas ini mengindikasikan perlunya pendekatan pemodelan yang tepat untuk meramalkan fluktuasi transaksi di masa mendatang.

3.2 Eksplorasi Pola Transaksi (EDA Visual)

Setelah dilakukan analisis statistik deskriptif, langkah berikutnya dalam tahap *Data Understanding* adalah melakukan eksplorasi pola data melalui *Exploratory Data Analysis (EDA)* berbasis visualisasi.

EDA bertujuan untuk menggali wawasan awal mengenai karakteristik data, mendeteksi

pola yang berulang, mengidentifikasi adanya tren, fluktuasi, maupun nilai ekstrem (*outlier*) yang dapat memengaruhi proses pemodelan.

Pada penelitian ini, variabel yang dieksplorasi secara visual adalah JUMLAH transaksi porter per hari sebagai target utama peramalan, serta TOTAL PEMBAYARAN yang bergerak searah dengan jumlah transaksi karena merupakan hasil perkalian langsung antara jumlah transaksi dengan tarif jasa tetap Rp 38.000 per transaksi. Dengan demikian, analisis visual difokuskan untuk memahami dinamika transaksi harian yang tercermin pada kedua variabel tersebut.

Visualisasi yang digunakan dalam tahap ini meliputi grafik tren deret waktu untuk melihat perkembangan transaksi dari hari ke hari, *histogram* untuk meninjau distribusi data, *boxplot* untuk mengidentifikasi *outlier*, serta *heatmap korelasi* untuk menilai hubungan antar variabel numerik. Melalui eksplorasi ini, diperoleh pemahaman yang lebih mendalam mengenai perilaku data sebelum memasuki tahap *Data Preparation* dan *Modeling*.

3.2.1 Tren Jumlah Transaksi Harian

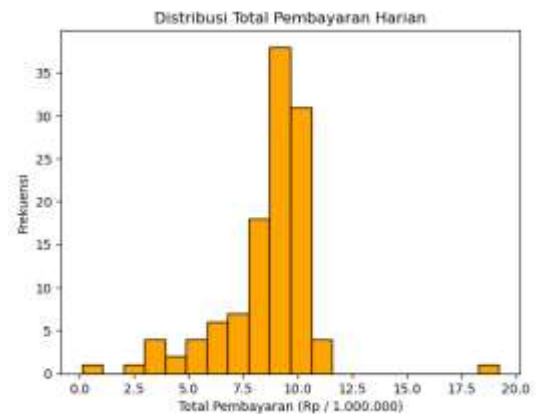


Gambar 3. Tren Jumlah Transaksi Harian
(Sumber: Olahan Data Mandiri)

Grafik 3 tersebut menggambarkan tren jumlah transaksi harian dari pertengahan tahun 2025. Terlihat bahwa volume transaksi relatif rendah dan stabil dari Juli hingga pertengahan Agustus, kemudian mengalami peningkatan yang signifikan mulai akhir Agustus, mencapai puncaknya pada pertengahan September. Setelah puncak tersebut, jumlah transaksi menurun secara bertahap namun tetap berada di atas level awal, dan menunjukkan kecenderungan stabil kembali pada awal November. Pola ini mengindikasikan adanya periode aktivitas tinggi di sekitar bulan September, yang

mungkin dipengaruhi oleh faktor musiman
 atau promosi tertentu.

3.2.2 Ditribusi Total Pembayaran Harian



Gambar 4. Grafik Total Pembayaran harian
(Sumber: Olahan Data Mandiri)

Berdasarkan histogram distribusi total pembayaran harian layanan porter KAI Wisata, terlihat bahwa sebagian besar transaksi terkonsentrasi pada rentang Rp 8 juta hingga Rp 10 juta per hari, dengan frekuensi tertinggi mencapai sekitar 35–40 hari. Distribusi data cenderung condong ke kanan (*right-skewed*), yang menunjukkan bahwa meskipun mayoritas hari memiliki nilai pembayaran yang stabil di kisaran menengah, terdapat sejumlah hari dengan nilai pembayaran sangat rendah (sekitar Rp 2–5 juta) dan sangat tinggi (mendekati Rp 19 juta) yang termasuk sebagai outlier. Pola ini mengindikasikan adanya fluktuasi signifikan dalam aktivitas transaksi harian, yang kemungkinan dipengaruhi oleh faktor musiman, hari libur, atau lonjakan permintaan penumpang.

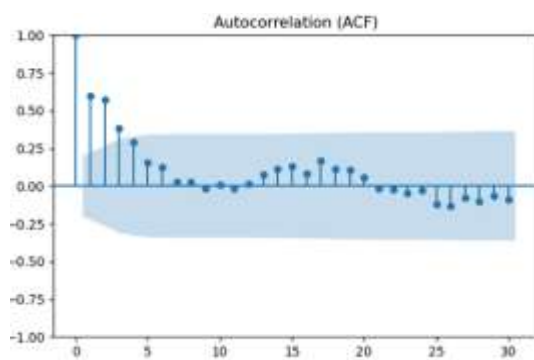
3.2.3 Uji ADF



Gambar 5. Hasil Uji ADF Variabel Jumlah
(Sumber: Olahan Data Mandiri)

Berdasarkan hasil Uji ADF (*Augmented Dickey-Fuller*) yang ditampilkan pada gambar, diperoleh ADF Statistic = $-3,7607$ dengan $p\text{-value} = 0,0033$, yang lebih kecil dari tingkat signifikansi 5% (0,05). Selain itu, nilai ADF Statistic juga lebih kecil (lebih negatif) dibandingkan nilai kritis pada level 5% ($-2,8868$). Hal ini menunjukkan bahwa hipotesis nol (data mengandung unit root) ditolak, sehingga deret waktu sudah bersifat stasioner pada level. Oleh karena itu, tidak diperlukan proses diferensiasi, dan nilai orde diferensiasi yang tepat adalah $d = 0$.

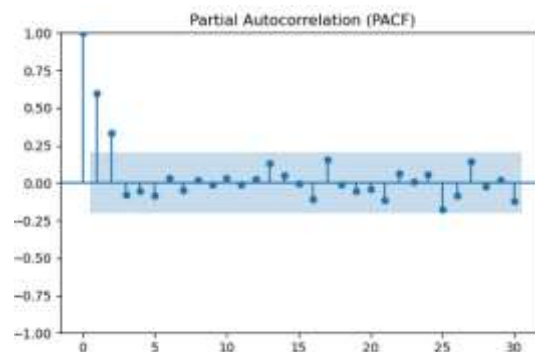
3.2.4 Autocorrelation Function (ACF)



Gambar 6. Autocorrelation Function
(Sumber: Olahan Data Mandiri)

Berdasarkan grafik *Autocorrelation Function* (ACF), terlihat bahwa autokorelasi signifikan hanya muncul pada beberapa lag awal, kemudian nilainya menurun dan sebagian besar berada di dalam batas kepercayaan pada lag-lag selanjutnya. Pola ini menunjukkan bahwa pengaruh error masa lalu terhadap nilai saat ini bersifat jangka pendek dan cepat menghilang, yang mengindikasikan adanya komponen *Moving Average* (MA) dengan orde rendah. Oleh karena itu, grafik ACF ini memberikan indikasi bahwa nilai q yang layak dipertimbangkan berada pada kisaran $q = 1$.

3.2.5 Partial Autocorrelation Function (PACF)



Gambar 7. Autocorrelation Function
(Sumber: Olahan Data Mandiri)

Berdasarkan grafik Partial Autocorrelation Function (PACF), terlihat bahwa spike yang signifikan hanya terjadi pada lag ke-1 dan lag ke-2, sementara lag-lag berikutnya berada di dalam batas kepercayaan dan tidak menunjukkan pengaruh yang berarti. Pola ini menandakan bahwa pengaruh langsung nilai masa lalu terhadap nilai saat ini berhenti setelah lag ke-2, yang merupakan karakteristik dari proses *Autoregressive* (AR) dengan orde rendah. Dengan demikian, grafik PACF mengindikasikan bahwa nilai $p = 2$ merupakan orde autoregressive yang paling sesuai untuk digunakan dalam pemodelan time series.

3.3 Evaluasi Model

3.3.1 Hasil Prediksi Sarima

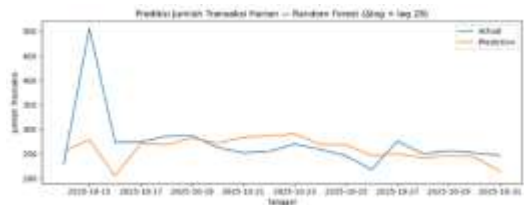


Gambar 8. Prediksi Hasil Sarima
(Sumber: Olahan Data Mandiri)

Model *SARIMA*(1, 0, 1)(1, 0, 1, 30) menunjukkan kemampuan yang cukup baik dalam menangkap pola musiman dan tren rata-rata jangka menengah pada data porter. Kesalahan yang masih muncul terutama terjadi pada titik-titik anomali atau lonjakan

tiba-tiba yang tidak berulang secara periodik. Kondisi ini mengindikasikan bahwa pola transaksi porter memiliki elemen musiman yang teratur, tetapi juga dipengaruhi oleh faktor eksternal (misalnya aktivitas operasional atau perubahan lingkungan kerja) yang tidak ditangkap oleh model univariat *SARIMA*.

3.3.2 Hasil Prediksi Random Forest



Gambar 9. Hasil Prediksi Random Forest
(Sumber: Olahan Data Mandiri)

Berdasarkan grafik, dapat diamati bahwa model *Random Forest* mampu mengikuti arah umum pergerakan data aktual, terutama pada periode setelah terjadinya lonjakan tajam. Garis oranye yang merepresentasikan hasil prediksi menunjukkan kecenderungan lebih halus dan stabil, sedangkan garis biru yang menggambarkan data aktual memperlihatkan fluktuasi yang lebih tajam. Fenomena ini menandakan bahwa *Random Forest* memiliki kemampuan yang baik dalam memperkirakan tren utama dan pola musiman jangka pendek, meskipun cenderung meredam perubahan ekstrem yang muncul secara mendadak.

3.3.3 Hasil Prediksi SVR



Gambar 11. Hasil Prediksi SVR
(Sumber: Olahan Data Mandiri)

Berdasarkan grafik di atas, dapat dilihat bahwa model *SVR* tidak mampu mengikuti pola aktual dengan baik. Garis oranye (hasil prediksi) menunjukkan tren yang meningkat tajam pada akhir periode pengujian, sementara garis biru (data aktual) justru

relatif stabil dengan satu lonjakan ekstrem di awal periode. Perbedaan arah antara kedua garis menunjukkan bahwa model *SVR* mengalami *overfitting* terhadap pola tertentudalam data training dan gagal melakukan generalisasi pada data testing.

3.3.4 Hasil Prediksi XGBoost



Gambar 10. Hasil Prediksi XGBoost
(Sumber: Olahan Data Mandiri)

Berdasarkan grafik tersebut, terlihat bahwa model *XGBoost* mampu menangkap pola umum pergerakan data aktual, namun belum berhasil menyesuaikan diri secara akurat terhadap nilai ekstrem. Garis oranye yang merepresentasikan hasil prediksi menunjukkan tren naik pada pertengahan hingga akhir periode pengujian, sedangkan data aktual (garis biru) justru menurun setelah puncak lonjakan di awal periode. Hal ini mengindikasikan bahwa model *XGBoost* cenderung melebihi estimasi nilai transaksi pada akhir periode uji, terutama setelah menghadapi perubahan arah tren yang tajam.

3.3.5 Metrik Evaluasi

Tabel 2. Perbandingan Kinerja Model
Prediksi Menggunakan Metrik Evaluasi

Model	MAE	RMSE	MAPE (%)	R ²
SARIMA(1,0,1)(1,0,1,30)	30.58	58.96	9.68	-0.288
Random Forest	32.61	59.33	10.32	0.0013
SVR (RBF Kernel)	145.80	182.41	55.59	-84.416
XGBoost	95.65	108.25	34.88	-2.325

(Sumber: Olahan Data Mandiri)

Berdasarkan hasil evaluasi kuantitatif dan visual, dapat disimpulkan bahwa model *SARIMA(1,0,1)(1,0,1,30)* memberikan hasil prediksi paling akurat secara statistik dengan nilai MAPE terendah sebesar 9,68%, sehingga model ini paling sesuai untuk analisis jangka pendek yang menekankan

pada pola musiman yang teratur. *Random Forest* menunjukkan performa yang hampir setara dengan *SARIMA* dan memiliki keunggulan dalam fleksibilitas untuk menangani pola non-linear serta data yang mengandung noise tinggi. Sementara itu, *SVR* dan *XGBoost* belum menghasilkan kinerja yang optimal pada data ini, yang disebabkan oleh sensitivitas terhadap pemilihan parameter serta karakteristik metode boosting yang memerlukan proses tuning yang lebih mendalam agar dapat memberikan hasil prediksi yang lebih akurat.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan, dapat disimpulkan bahwa data transaksi harian layanan porter KAI Wisata memiliki pola fluktuatif dengan pengaruh musiman yang kuat, sehingga pendekatan *CRISP-DM* efektif digunakan untuk analisis peramalan. Model *SARIMA*(1,0,1)(1,0,1,30) menunjukkan kinerja terbaik dengan tingkat kesalahan terendah dan paling mampu menangkap pola musiman jangka pendek, sementara *Random Forest* memberikan performa yang mendekati dengan keunggulan dalam menangani pola non-linear. Sebaliknya, *SVR* dan *XGBoost* belum optimal pada data ini karena keterbatasan tuning parameter. Secara keseluruhan, hasil penelitian ini memberikan dasar yang kuat bagi pengambilan keputusan operasional, khususnya dalam perencanaan kebutuhan porter yang lebih efisien, serta membuka peluang pengembangan model peramalan yang lebih adaptif pada penelitian selanjutnya.

5. DAFTAR PUSTAKA

- Hendayanti, N. P. N., & Nurhidayati, M. (2025). Perbandingan Metode Seasonal Autoregressive Integrated Moving Average (*SARIMA*) dengan Support Vector Regression (*SVR*) dalam Memprediksi Jumlah Kunjungan Wisatawan Mancanegara ke Bali. *Jurnal Varian*.
<https://doi.org/10.30812/varian.v3i2.668> [Universitas Bumigora Journal](#)
- Prasetyo, T., Putri, R. A., Ramadhani, D., Angraini, Y., & Notodiputro, K. A. (2024). Perbandingan Kinerja Metode

ARIMA, Multi-Layer Perceptron, dan Random Forest dalam Peramalan Harga Logam Mulia Berjangka yang Mengandung Pencilan. *Jurnal Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer* (JTIIK).
<https://doi.org/10.25126/jtiik.20241127392> [JTIIK](#)

Syahreza, A., Ningrum, N. K., & Syahrazy, M. A. (2024). Perbandingan Kinerja Model Prediksi Cuaca: *Random Forest, Support Vector Regression, dan XGBoost*. *Edumatic: Jurnal Pendidikan Informatika*, 8(2), 526–534.
<https://doi.org/10.29408/edumatic.v8i2.27640> [e-Journal of Hamzanwadi Universit](#)

EVALUASI PERBANDINGAN MUTU DAN WAKTU FINISH CAT EPOXY PADA PEKERJAAN ACIAN DAN SKIMCOAT PADA DINDING HOLLOW CONCRETE BLOCK (HCB) DI PROJECT JUNO CIKARANG

Ike Oktaviani

Program Studi Teknik Sipil, FTSP, Institut Teknologi Budi Utomo Jakarta
ikeoktaviani21@gmail.com

Abstrak

Dinding merupakan salah satu unsur utama dalam suatu bangunan. Di Indonesia, material yang umum digunakan untuk membuat dinding adalah bata merah dan batako. Perbandingan efektifitas dan efisiensi mutu pekerjaan finish cat epoxy menggunakan acian dan skimcoat pada dinding Hollow Concrete Block (HCB), didapatkan untuk tes kelembapan cat penggunaan acian lebih lembab dibandingkan skimcoat dengan hasil acian sendiri, 5% sedangkan skimcoat didapatkan hasil 9,5%, untuk tes ketebalan cat penggunaan acian dan skimcoat udah sesuai dengan hasil acian sendiri 95 μm sedangkan skimcoat didapatkan hasil rata-rata 112,5 μm , dan untuk tes kuat tarik cat penggunaan acian didapatkan class 4B-3B sedangkan skimcoat class 5B serta ini sudah sesuai dengan standart ASTM. Sehingga dari hasil perbandingan didapatkan penggunaan skimcoat lebih baik di bandingkan penggunaan acian dari segi kelembapan, ketebalan dan kuat tarik cat. Perbandingan efektifitas dan efisiensi waktu pekerjaan finish cat epoxy menggunakan acian dan skimcoat pada dinding Hollow Concrete Block (HCB), bahwa produktivitas untuk tenaga kerja tukang pekerjaan finish cat epoxy dilapangan menggunakan acian memiliki produktivitas 0,5 m dengan koefisien 2 OH. Dan produktivitas untuk tenaga kerja tukang pekerjaan finish cat epoxy menggunakan skimcoat memiliki produktivitas 1 m dengan koefisien 1 OH. Sehingga didapatkan perbandingan 1:10 pekerjaan finish cat epoxy menggunakan acian dilapangan dengan permen PUPR dan untuk produktivitas pekerjaan finish cat epoxy menggunakan skimcoat dilapangan dengan permen PUPR memiliki perbandingan 1:5.

Kata kunci : Mutu Dan Waktu, Cat Epoxy , Acian Dan Skimcoat dan Dinding Hollow Concrete Block

1. PENDAHULUAN

Hubungan antara mutu dan waktu dalam dunia konstruksi sering kali menjadi tantangan. Peningkatan mutu dapat memerlukan waktu tambahan untuk proses verifikasi dan kontrol kualitas, sementara tekanan untuk menyelesaikan pekerjaan dengan cepat bisa berdampak pada penurunan mutu, ketidaksesuaian mutu dan keterlambatan waktu bisa menyebabkan kerugian besar, baik secara finansial maupun reputasi. Oleh karena itu, manajemen yang baik perlu menyeimbangkan keduanya agar hasil kerja tetap optimal.

Dinding merupakan salah satu unsur utama dalam suatu bangunan (Dwi Poetra, 2019). Di Indonesia, material yang umum digunakan untuk membuat dinding adalah bata merah dan batako. Kelebihan dinding batako adalah harga satuan terbangun per m^2 lebih murah dibanding dinding bata. Akan tetapi kekurangan batako antara lain adalah

ukurannya yang lebih berat dan ruangan terasa kurang sejuk bila dibandingkan bangunan dengan dinding bata merah. Saat ini sudah banyak pemasangan menggunakan batako termasuk di dalam project yang saat ini penulis teliti, dalam pemasangan batako ini memerlukan tahap akhir pekerjaan finishing yaitu dengan menggunakan tahap pengecatan. Untuk mendapatkan mutu dan kualitas yang baik, maka perlu diadakan penelitian untuk mengamati tingkat kualitas bahan dan komponen diadakan penelitian untuk mengamati tingkat kualitas bahan dan komponen yang terdapat dalam acian, plamir, cat maupun pelitur. Dimana nantinya diharapkan mampu menghasilkan suatu hasil yang memiliki kualitas yang diharapkan mampu menghasilkan suatu hasil yang memiliki kualitas yang baik (Candra, Z, 2016).

Dalam kondisi ini perlu diketahui tahapan dan masalah apa saja yang timbul, maka

penulis melakukan penelitian tentang Evaluasi Perbandingan Mutu

2

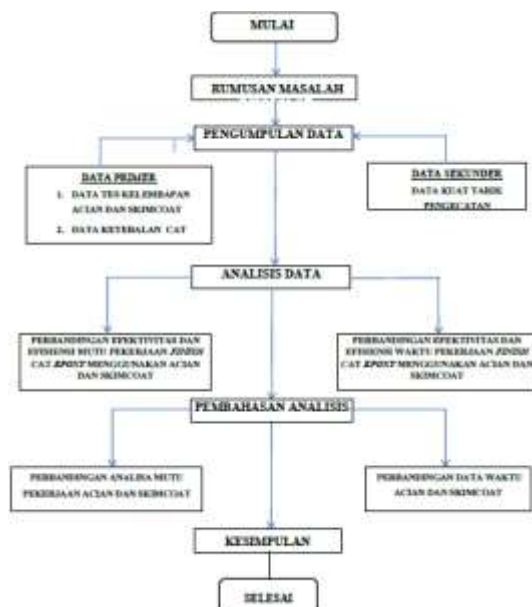
dan Waktu Finish Cat Epoxy pada Pekerjaan Acian dan Skimcoat pada Dinding Hollow Concrete Block (HCB) di Project Juno Cikarang.

2. METODOLOGI

Jenis penelitian ini adalah penelitian evaluasi terhadap suatu permasalahan pada pekerjaan yang sudah selesai dikerjakan yaitu yang berkaitan dengan kerusakan kondisi existing, dimana penyebabnya adalah penggunaan metode dan material stuktur yang kurang tepat untuk finish cat pada dinding Hollow Concrete Block atau Batako.

Variabel pada penelitian ini adalah melakukan evaluasi perbandingan mutu dan waktu finish cat epoxy pada pekerjaan acian dan skimcoat pada dinding batako. Indikator yang mendasari penelitian ini adalah dengan memperhatikan hasil dan mutu pekerjaan, serta waktu yang diperlukan saat pekerjaan. Metode penelitian yang digunakan adalah Penelitian Evaluasi Perbandingan terhadap dari hasil pembahasan analisisnya.

Pola pikir/ kerangka pemikiran dapat dilihat dalam bagan alir berikut ini:



Gambar 1. Kerangka Pemikiran
Sumber : Analisis Mandiri (2025)

Metode Analisis Data

a. Perbandingan efektivitas dan efisiensi mutu pekerjaan finish cat epoxy

menggunakan acian dan skimcoat pada dinding Hollow Concrete Block (HCB).

1. Tes kelembapan dinding Proses pengukuran kadar air atau kelembaban yang terdapat di dalam dinding. Ini penting untuk memastikan dinding dalam kondisi kering dan siap untuk proses pengecatan atau finishing lainnya. Tes ini sering dilakukan menggunakan alat seperti protimeter atau moisture meter.

2. Ketebalan cat Tes ketebalan cat adalah proses pengukuran tebal lapisan cat pada suatu permukaan, biasanya dilakukan menggunakan alat khusus seperti Coating Thickness Gauge. Alat ini membantu menentukan apakah ketebalan cat sesuai dengan standar yang diinginkan atau tidak.

3. Kuat tarik pengecatan Tes kekuatan tarik pengecatan (adhesion pull-off tes) adalah metode untuk mengukur seberapa kuat lapisan cat menempel pada substrat. Tes ini melibatkan penerapan gaya tarik yang tegak lurus pada lapisan hingga lapisan tersebut terlepas dari substrat. Tes ini bertujuan untuk menentukan kekuatan adhesi lapisan cat, yaitu seberapa kuat lapisan tersebut menempel pada permukaan substrat (Pokhrel, S, 2024).

b. Perbandingan efektivitas dan efisiensi waktu pekerjaan finish cat epoxy menggunakan acian dan skimcoat pada dinding Hollow Concrete Block (HCB).

1. Durasi pekerjaan Waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan satu unit pekerjaan atau tugas. Dalam perencanaan proyek, durasi digunakan untuk menyusun jadwal dan mengontrol pelaksanaan pekerjaan agar sesuai dengan target waktu.

2. Jumlah pekerja Jumlah pekerja adalah jumlah orang yang bekerja di suatu proyek pada waktu tertentu. Jumlah pekerja dalam waktu pelaksanaan proyek tergantung pada skala dan target waktu penyelesaian proyek, serta jenis pekerjaan yang terlibat. Untuk proyek konstruksi, jumlah tenaga kerja yang dibutuhkan dapat bervariasi tergantung pada spesifikasi proyek.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisa Data

Perbandingan efektifitas dan efisiensi mutu pekerjaan finish cat epoxy menggunakan acian dan skimcoat pada dinding Hollow Concrete Block (HCB)

a. Acian

Berikut hasil tes kelenturan, tes ketebalan, dan tes kuat tarik cat.

1. Tes kelembapan pada acian

Untuk tes kelembapan pada acian pelaksanaan tes langsung di lapangan dengan menggunakan alat protimeter. Dengan langkah-langkah pengerjaan :

- Pastikan permukaan acian bersih dan kering secara visual (tidak basah atau berlumpur)
- Pastikan Protimeter dalam kondisi baik, nyalakan alat.
- Untuk pengukuran dengan mode pin, tusukkan jarum/probe ke permukaan.
- Catat angka yang muncul pada alat

Perbandingan efektifitas dan efisiensi mutu pekerjaan finish cat epoxy menggunakan acian dan skimcoat pada dinding Hollow Concrete Block (HCB)

Dari hasil tes kelembapan, tes ketebalan dan tes kuat tarik cat didapat hasil, yaitu :

Tabel 1 Rekapitulasi hasil tes pada acian & skimcoat

REKAPAN HASIL TES PADA ACIAN & SKIMCOAT				
Titik Tes (min/bdng)	umur bidang	Hasil tes kelembapan (%)	Hasil tes ketebalan (µm)	Hasil tes kuat tarik (ASTM)
a1	14 hari	10	100	class 4B
a2		12	105	class 4B
a3		8	75	class 3B
a4		12	100	class 3B
s1	7 hari	10	100	class 5B
s2		8	125	class 4B
s3		10	125	class 5B
s4		10	100	class 5B

Sumber: Data Proyek Peneliti

Dari data hasil perbandingan tersebut di dapat :

a. Untuk hasil tes kelembapan tidak lebih besar dari 16% (jika di tes menggunakan alat protimeter), sudah sesuai hasil tes baik acian dan skimcoat. Untuk acian sendiri di dapatkan hasil rata-rata 10,5 % sedangkan skimcoat di dapatkan hasil 9,5 %.

b. Untuk hasil tes ketebalan cat sudah sesuai hasil tes baik acian dan skimcoat. Untuk acian sendiri di dapatkan hasil rata-rata 95 µm sedangkan skimcoat di dapatkan hasil rata-rata 112,5 µm.

c. Untuk hasil tes kuat tarik cat (5B-0) dari yang terbaik ke terburuk, sehingga hasil tes

sudah sesuai baik acian dan skimcoat. Untuk acian sendiri di dapatkan hasil rata-rata class 4B & class 3B, untuk hasil yang 4B berarti hasil tes terkelupasnya serpihan lapisan pada titik potong, Luas area potongan melintang yang terkena tidak lebih dari 5%. Serta class 3B hanya sama namun tidak lebih besar secara signifikan dari 15%, hasil bagus. Sedangkan skimcoat di dapatkan hasil rata-rata class 5B. Untuk hasil yang 5B berarti hasil tes tepi potongannya halus sekali, tidak ada satupun kotak kisi yang terlepas, hasil sangat bagus.

Sehingga dari hasil perbandingan efektifitas dan efisiensi mutu pekerjaan finish cat epoxy menggunakan acian dan skimcoat pada dinding Hollow Concrete Block (HCB), didapatkan penggunaan skimcoat lebih baik di bandingkan penggunaan acian dari segi kelembapan, ketebalan dan kuat tarik cat.

4. KESIMPULAN

Perbandingan efektifitas dan efisiensi mutu pekerjaan finish cat epoxy menggunakan acian dan skimcoat pada dinding Hollow Concrete Block (HCB), didapatkan untuk tes kelembapan cat penggunaan acian lebih lembab dibandingkan skimcoat dengan hasil acian sendiri, 5% sedangkan skimcoat di dapatkan hasil 9,5%, untuk tes ketebalan cat penggunaan acian dan skimcoat udah sesuai dengan hasil acian sendiri 95 µm sedangkan skimcoat di dapatkan hasil rata-rata 112,5 µm, dan untuk tes kuat tarik cat penggunaan acian didapatkan class 4B-3B sedangkan skimcoat class 5B serta ini sudah sesuai dengan standart ASTM. Sehingga dari hasil perbandingan didapatkan penggunaan skimcoat lebih baik di bandingkan penggunaan acian dari segi kelembapan, ketebalan dan kuat tarik cat.

2. Perbandingan efektifitas dan efisiensi waktu pekerjaan finish cat epoxy menggunakan acian dan skimcoat pada dinding Hollow Concrete Block (HCB), bahwa produktivitas untuk tenaga kerja tukang pekerjaan finish cat epoxy di lapangan menggunakan acian memiliki produktivitas 0,5 m dengan koefisien 2 OH. Dan

produktivitas untuk tenaga kerja tukang pekerjaan finish cat epoxy menggunakan skimcoat memiliki produktivitas 1 m dengan koefisien 1 OH. Sehingga didapatkan perbandingan 1:10 pekerjaan finish cat epoxy menggunakan acian dilapangan dengan permen PUPR dan untuk produktivitas pekerjaan finish cat epoxy menggunakan skimcoat dilapangan dengan permen PUPR memiliki perbandingan 1:5. Kesimpulan yang didapat bahwa produktivitas pekerjaan dilapangan dengan Permen PUPR untuk skimcoat lebih efisien dibandingkan dengan pekerjaan acian.

Perbandingan efektifitas dan efisiensi waktu pekerjaan finish cat epoxy menggunakan acian dan skimcoat pada dinding *Hollow Concrete Block* (HCB)

Koefisien produktivitas dan harga satuan pekerjaan yang digunakan berdasarkan Peraturan Menteri PU/28/PRT/M/2016, koefisien tenaga kerja tukang pada pekerjaan acian dan skimcoat. Koefisien tukang acian adalah 0,2 OH dan koefisien tukang skimcoat adalah 0,2 OH.8

$$\text{Produktivitas} = \frac{\text{jumlah tukang}}{\text{koefisien}}$$

$$\begin{aligned}\text{Produktivitas acian} &: \frac{1}{0,2} \\ &: 5 \text{ m}^2/\text{hari}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Produktivitas skimcoat} &: \frac{1}{0,2} \\ &: 5 \text{ m}^2/\text{hari}\end{aligned}$$

Keterangan: OH = Orang-Hari

Perbandingan rekapitulasi produktivitas pada pekerjaan 1 m acian dan skimcoat berdasarkan Permen PUPR dan dilapangan disajikan pada tabel dibawah ini :

Tabel 2 Rekapitulasi hasil perhitungan produktivitas & koefisien dilapangan dan Permen PUPR

No	Jenis Material	Fakta Dilapangan		Permen PUPR	
		Hasil (m ² /pekerjaan)	Koefisiennya (OH)	Hasil (m ² /pekerjaan)	Koefisiennya (OH)
1	Acian	0,5 m ² /pekerjaan	2 OH	5 m ² /pekerjaan	2 OH
2	Skimcoat	1 m ² /pekerjaan	1 OH	5 m ² /pekerjaan	2 OH

Sumber: Data Proyek Penelitian

DAFTAR PUSTAKA

- Candra, Z. septiyan. Definisi Pengecatan Cat adalah suatu cairan yang dipakai untuk melapisi permukaan suatu bahan dengan tujuan memperindah (decorative), memperkuat (reinforcing) atau melindungi (protective) bahan tersebut. J. Artic. Univ. Atma Jaya 5–12 (2016).
- Dwi Poetra, R. Pengertian dinding, dinding merupakan salah satu elemen bangunan yang berfungsi memisahkan/membentuk ruang. Gastron. ecuatoriana yTur. local. 1, 5–24 (2019).
- Pokhrel, S. Pengaruh Variasi Skimcoat dan Foam Agent 1/60 Terhadap Pembuatan Bata Ringan. J. Artic. Univ. Sulawesi Barat 15, 37–48 (2024).

PERANCANGAN DAN IMPLEMENTASI SISTEM JADWAL KEGIATAN PEMBELAJARAN PADA SMK AL AZHAR PLUS BOGOR MENGGUNAKAN VISUAL BASIC NET

Teguh Muryanto

Program Studi Teknik Informatika, FTI, Institut Teknologi Budi Utomo Jakarta
teguhmuryanto@gmail.com

Abstrak

Jadwal kegiatan pembelajaran merupakan salah satu hal yang paling penting pada lingkungan sekolah, termasuk pada SMK Al Azhar Plus Bogor yang perlu disusun dengan tepat dan sesuai oleh bagian Kurikulum. Hal ini dikarenakan dalam membuat jadwal kegiatan pembelajaran terdapat berbagai komponen yang perlu di selaraskan satu sama lain hingga mencapai jadwal yang sesuai bagi pengajar maupun murid. SMK Al Azhar Plus Bogor membutuhkan sistem berbasis desktop untuk menyimpan data-data mata pelajaran, pengajar dan kelas ajar serta dapat membuat jadwal kegiatan pembelajaran dengan lebih efektif dan efisien. Tujuan dari penulisan ini adalah membuat sistem jadwal kegiatan pembelajaran berbasis desktop untuk membantu bagian Kurikulum menyimpan data mata pelajaran, pengajar dan kelas serta saat membuat jadwal mata pelajaran di setiap semesternya. Pada penelitian ini metodologi penelitian yang dilakukan dalam pengambilan data melalui wawancara dan observasi serta menampilkan hasil dari pengambilan data tersebut yang telah dilakukan di SMK Al Azhar Plus Bogor. Hasil dari penelitian ini berupa sistem penjadwalan kegiatan pembelajaran berbasis desktop yang akan diimplementasikan di SMK Al Azhar Plus Bogor.

Kata kunci : Sistem, Jadwal Pelajaran, Sekolah, Desktop, Implementasi

1. PENDAHULUAN

Jadwal kegiatan pembelajaran merupakan salah satu hal yang paling penting pada lingkungan sekolah, termasuk pada SMK Al Azhar Plus Bogor yang perlu disusun dengan tepat dan sesuai oleh bagian Kurikulum. Penjadwalan kegiatan pembelajaran merupakan bagian dari manajemen pendidikan yang bertujuan untuk mengatur alokasi waktu belajar secara sistematis agar proses pembelajaran dapat berlangsung secara efektif dan terkoordinasi. [4].

Pihak sekolah perlu menyusun jadwal kegiatan pembelajaran ini setiap semesternya dengan menyatukan mata pelajaran, pengajar serta banyaknya kelas banyaknya kelas murid yang ada pada sekolah tersebut serta menyesuaikan jam durasi pelajaran dengan jam kerja pengajarnya. Hal ini adalah sebuah masalah untuk bagian Kurikulum SMK Al Azhar Plus Bogor setiap semesternya karena penyusunan jadwal kegiatan pembelajaran masih dengan cara manual menggunakan *file excel*.

Penyusunan jadwal kegiatan pembelajaran tersebut akan lebih mudah dan cepat diselesaikan jika SMK Al Azhar Plus Bogor menggunakan sebuah sistem yang bisa menyimpan data mata pelajaran, pengajar, kelas murid serta waktu yang dapat dipetakan menjadi sebuah jadwal pembelajaran yang tepat dan tidak menimbulkan kesalahan. Penyusunan jadwal pelajaran yang baik harus memperhatikan ketersediaan guru, mata pelajaran, serta waktu belajar siswa agar kegiatan pembelajaran dapat berjalan optimal dan tidak menimbulkan benturan jadwal. [2]

Maka dari itu, untuk mengatasi masalah yang dihadapi SMK Al Azhar Plus Bogor diperlukan suatu Sistem Jadwal Kegiatan Pembelajaran Berbasis *Desktop* untuk membantu pihak sekolah khususnya bagian Kurikulum. Visual Basic .NET adalah bahasa pemrograman berbasis objek yang digunakan untuk membangun aplikasi berbasis desktop dengan antarmuka grafis yang interaktif serta mudah dikembangkan.[1]

2. METODOLOGI

2.1. Metode Pengumpulan Data

Pada penelitian ini dilakukan pengumpulan data di SMK Al Azhar Plus. Pengumpulan data ini dilakukan untuk mendapatkan informasi mengenai sistem berjalan dan kendala yang dihadapi, sehingga dapat diberikan sistem usulan yang sesuai dengan kebutuhan. Berikut metode pengumpulan data yang dilakukan :

2.1.1. Wawancara

Metode pengumpulan data yang dilakukan adalah wawancara dengan Kepala Sekolah SMK AL Azhar Plus Bogor untuk mendapatkan informasi terkait kondisi saat ini dalam mengelola jadwal pembelajaran. Berdasarkan hasil wawancara tersebut didapatkan acuan dan rekomendasi sistem yang nantinya dapat dikembangkan oleh peneliti dan diimplementasikan di SMK AL Azhar Plus Bogor.

2.1.2. Observasi

Observasi merupakan metode yang dilakukan dengan penelitian dan pengamatan langsung ke SMK AL Azhar Plus Bogor. Pengumpulan data dan meninjau dilakukan seputar kondisi saat ini terkait pembuatan jadwal kegiatan pembelajaran. Hasil dari observasi langsung tersebut, didapat bahwa SMK AL Azhar Plus Bogor membutuhkan sistem yang dapat membantu membuat jadwal kegiatan pembelajaran.

2.1.3. Studi Literatur

Metode ini dilakukan dengan mengumpulkan teori yang mendukung penelitian sebagai referensi, seperti buku, jurnal dan artikel yang membahas mengenai pengembangan sistem atau serupa.

2.2. Metode Pengembangan Sistem

Metode pengembangan sistem merupakan tahapan terstruktur yang digunakan untuk membangun perangkat lunak, dimulai dari analisis kebutuhan, perancangan sistem, implementasi, hingga pengujian, agar sistem yang dihasilkan sesuai dengan kebutuhan pengguna. [3]

Metode pengembangan sistem yang digunakan pada penelitian ini yaitu dengan menggunakan waterfall model. Waterfall model memiliki beberapa langkah, antara lain :

2.2.1. Requirement Analysis.

Merupakan tahapan awal yaitu dengan menganalisis dan mengumpulkan berupa data-data asli tempat penelitian untuk pengembangan sistem yang dilakukan.

2.2.2. System Design

Merupakan tahapan untuk membuat desain sistem yang akan dikembangkan, sehingga dalam pengerjaannya nanti sudah memiliki gambaran yang jelas. Gambaran yang dibuat berupa diagram seperti, use case diagram, class diagram, activity diagram dan sequence diagram.

2.2.3. Implementation

Sebuah tahap pemrograman, saat sistem yang sudah dirancang mulai dikembangkan.

2.2.4. Testing

Sebuah tahapan saat sistem diuji coba untuk mengetahui sistem yang telah dikembangkan sudah memenuhi kebutuhan user atau belum.

2.2.5. Deployment

Sebuah tahapan saat sistem yang sudah selesai dikembangkan, diberikan, diimplementasi kepada pengguna.

2.2.6. Maintenance

Jika sudah mulai digunakan oleh pengguna. Maka sistem memasuki tahap maintenance atau perawatan supaya sistem tetap berjalan dengan baik.

2.3. Desain Sistem

Sebelum memulai pembuatan sistem pembelajaran, perlu dibuat desain sistem untuk langkah awal dalam merancangan sistem yang akan dibuat. Terdapat beberapa diagram yang dibuat dalam tahapan ini, antara lain :

- a. *Use Case Diagram*
- b. *Sequence Diagram*
- c. *Activity Diagram*

d. Class Diagram

e. Struktur Navigasi

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Hasil

Tahap ini menjelaskan hasil yang didapat dari penelitian ini.

3.1.1. Sistem Berjalan

Sistem penjadwalan mata Pelajaran di SMK Al Azhar Plus Bogor masih secara konvensional. Dimulai dari bagian kurikulum yang menerima list jadwal Pelajaran, data dan jadwal guru, list ruangan, data kelas. Semua data dikumpulkan dan disimpan secara manual dengan menggunakan file Microsoft Excel di komputer sekolah. Kemudian staf kurikulum membuat jadwal dan menyocokkannya satu sama lain di Microsoft excel. Jika sudah sesuai, staf kurikulum akan menyimpan jadwal dan membagikannya melalui pesan whatsapp.

3.1.2. Sistem usulan

Sistem usulan untuk penjadwalan mata pelajaran SMK Al Azhar plus dimulai dengan menerima dan input list jadwal pelajaran di sistem, kemudian input data dan jadwal guru, kemudian update list ruangan kelas dan update data kelas. Setelah semua data diinput, tentukan ruangan dan jadwal kelas untuk semua kelas. Jika belum lengkap maka user diminta untuk tentukan ruangan untuk suatu kelas, tentukan mata pelajaran tersisa, tentukan mata pelajaran untuk jam dan hari tertentu, jika guru tersedia maka user dapat menyimpannya dalam sistem. Jika semua sudah lengkap, maka sistem dapat membuat penjadwalan. Jadwal dapat disimpan di komputer.

3.1.3. Diagram UML (Unified Modelling Language)

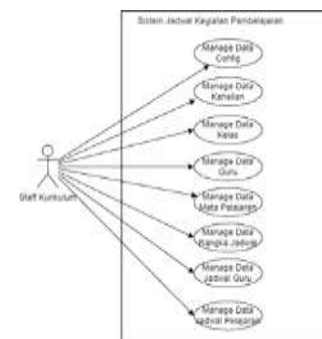
Unified Modeling Language (UML) merupakan bahasa pemodelan standar yang digunakan untuk menggambarkan, memvisualisasikan, dan mendokumentasikan artefak sistem perangkat lunak sehingga struktur dan perilaku sistem dapat dipahami dengan lebih jelas. [4]. UML memungkinkan para pengembang sistem membuat blue print dalam bentuk yang baku dan mudah dimengerti

sehingga bisa hasil rancangan bisa dikomunikasikan dengan pihak lain.

Pada bagian ini akan menampilkan jenis-jenis diagram yang dibuat saat perancangan sistem, antara lain use case diagram, class diagram, activity diagram dan sequence diagram.

a. Use Case Diagram

Use Case Diagram dibuat untuk memodelkan perilaku dari system yang telah dibuat, sehingga pengguna sistem paham dan mengerti mengenai kegunaan sistem yang akan dibangun. Pada diagram ini terdapat satu pengguna yaitu Staff Kurikulum.



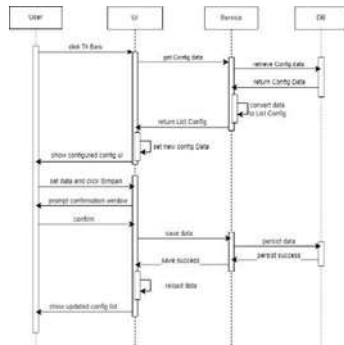
Gambar 1. Use Case Diagram
Sumber : Penelitian Mandiri (2025)

b. Sequence Diagram

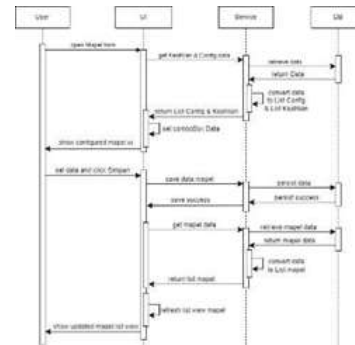
Sequence diagram ini menjelaskan bagaimana sistem berjalan dan digunakan oleh pengguna yaitu Staff Kurikulum. *Sequence Diagram* ini akan menjelaskan proses berjalannya system satu per satu dari setiap menu yang diberikan.

1. Sequence Diagram Form Config

Berikut adalah *sequence diagram* untuk form config yang menggambarkan pesan yang dikirim dan diterima oleh 4 object yang ada yaitu User, UI (User Interface), Service dan DB (Database).



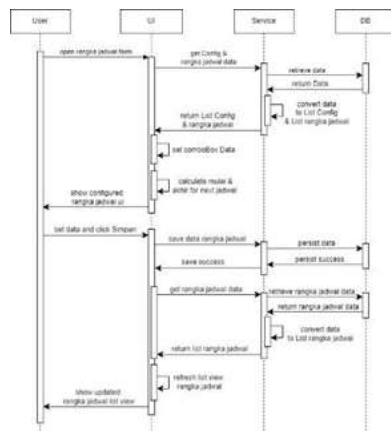
Gambar 2. Sequence Diagram Config
Sumber : Penelitian Mandiri (2025)



Gambar 4. Sequence Diagram Form Mata Pelajaran
Sumber : Penelitian Mandiri (2025)

2. Sequence Diagram Form Rangka Jadwal

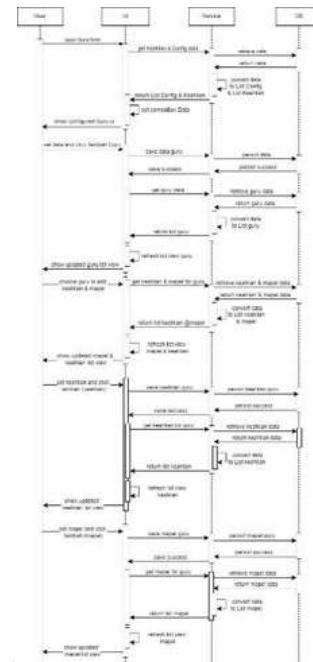
Berikut adalah sequence diagram untuk form Rangka Jadwal yang menggambarkan pesan yang dikirim dan diterima oleh 4 object yang ada yaitu User, UI (User Interface), Service dan DB (Database).



Gambar 3. Sequence Diagram Rangka Jadwal
Sumber : Penelitian Mandiri (2025)

3. Sequence Diagram Form Mata Pelajaran

Berikut adalah sequence diagram untuk form Mata Pelajaran yang menggambarkan pesan yang dikirim dan diterima oleh 4 object yang ada yaitu User, UI (User Interface), Service dan DB (Database).

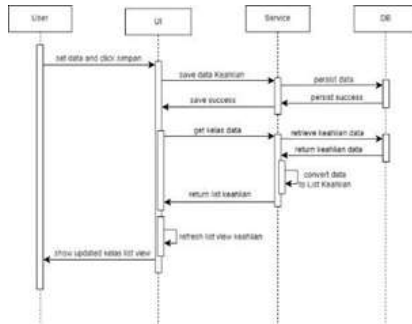


Gambar 5. Sequence Diagram Form Guru
Sumber : Penelitian Mandiri (2025)

5. Sequence Diagram Form Keahlian

Berikut adalah sequence diagram untuk form Keahlian yang menggambarkan pesan yang dikirim dan diterima oleh 4 object yang ada

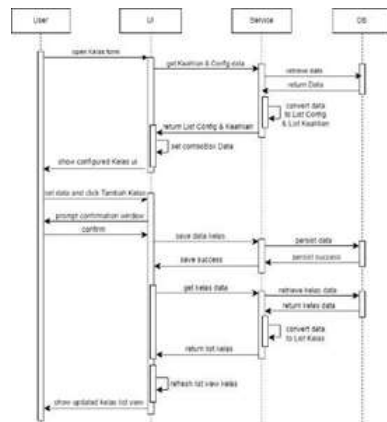
yaitu User, UI (*User Interface*), Service dan DB (Database).



Gambar 6. Sequence Diagram Form Keahlian
Sumber : Penelitian Mandiri (2025)

6. Sequence Diagram Form Mata Pelajaran

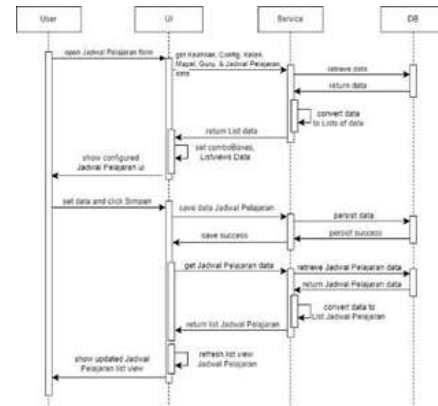
Berikut adalah sequence diagram untuk form Kelas yang menggambarkan pesan yang dikirim dan diterima oleh 4 object yang ada yaitu User, UI (*User Interface*), Service dan DB (Database).



Gambar 7. Sequence Diagram Form Mata Pelajaran
Sumber : Penelitian Mandiri (2025)

7. Sequence Diagram Form Jadwal Pelajaran

Berikut adalah sequence diagram untuk form Jadwal Pelajaran yang menggambarkan pesan yang dikirim dan diterima oleh 4 object yang ada yaitu User, UI (*User Interface*), Service dan DB (Database).



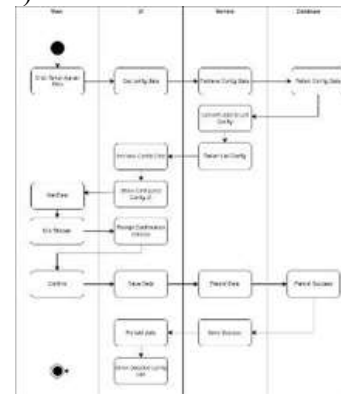
Gambar 8. Sequence Diagram Form Jadwal Pelajaran
Sumber : Penelitian Mandiri (2025)

c. Activity Diagram

Pada activity diagram ini menjelaskan bagaimana aktivitas sistem berjalan dari user, UI (user interface), system dan DB (Database). Activity Diagram ini akan menjelaskan aktivitas sistem satu per satu dari setiap menu yang diberikan.

1. Activity Diagram Config

Berikut adalah activity diagram untuk form config yang menggambarkan proses aktifitas yang dilakukan oleh 4 object yang ada yaitu User, UI (*User Interface*), Service dan DB (Database).



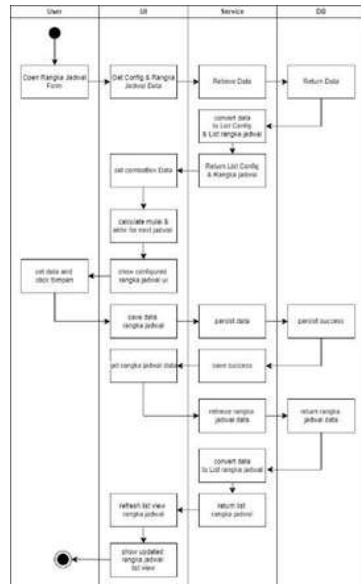
Gambar 9. Activity Diagram Config
Sumber : Penelitian Mandiri (2025)

2. Activity Diagram Form Rangka Jadwal

Berikut adalah activity diagram untuk form rangka jadwal yang menggambarkan proses aktifitas yang dilakukan oleh 4 object yang ada

yaitu User, UI (*User Interface*), Service dan DB (*Database*).

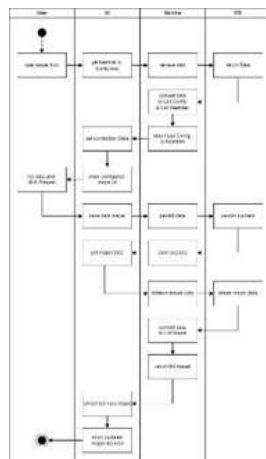
yang dilakukan oleh 4 object yang ada yaitu User, UI (*User Interface*), Service dan DB (*Database*).



Gambar 10. Activity Diagram Form Rangka Jadwal
Sumber : Penelitian Mandiri (2025)

3. Activity Diagram Form Mata Pelajaran

Berikut adalah activity diagram untuk form mata pelajaran yang menggambarkan proses aktifitas yang dilakukan oleh 4 object yang ada yaitu User, UI (*User Interface*), Service dan DB (*Database*).



Gambar 11. Activity Diagram Form Mata Pelajaran
Sumber : Penelitian Mandiri (2025)

4. Activity Diagram Form Guru

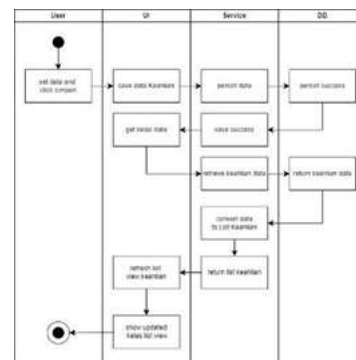
Berikut adalah activity diagram untuk form guru yang menggambarkan proses aktifitas



Gambar 12. Activity Diagram Form Guru
Sumber : Penelitian Mandiri (2025)

5. Activity Diagram Form Keahlian

Berikut adalah activity diagram untuk form keahlian yang menggambarkan proses aktifitas yang dilakukan oleh 4 object yang ada yaitu User, UI (*User Interface*), Service dan DB (*Database*).



Gambar 13. Activity Diagram Form Keahlian
Sumber : Penelitian Mandiri (2025)

6. Activity Diagram Form Kelas

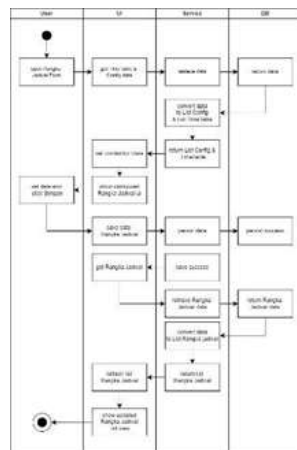
Berikut adalah activity diagram untuk form kelas yang menggambarkan proses aktifitas yang dilakukan oleh 4 object yang ada yaitu User, UI (User Interface), Service dan DB (Database).



Gambar 14. Activity Diagram Form Kelas
Sumber : Penelitian Mandiri (2025)

7. Activity Diagram Form Rangka Jadwal

Berikut adalah activity diagram untuk form Rangka Jadwal yang menggambarkan proses aktifitas yang dilakukan oleh 4 object yang ada yaitu User, UI (User Interface), Service dan DB (Database).



Gambar 15. Activity Diagram Form Rangka Jadwal
Sumber : Penelitian Mandiri (2025)

8. Activity Diagram Form Jadwal Pelajaran

Berikut adalah activity diagram untuk form Jadwal Pelajaran yang menggambarkan proses aktifitas yang dilakukan oleh 4 object yang ada yaitu

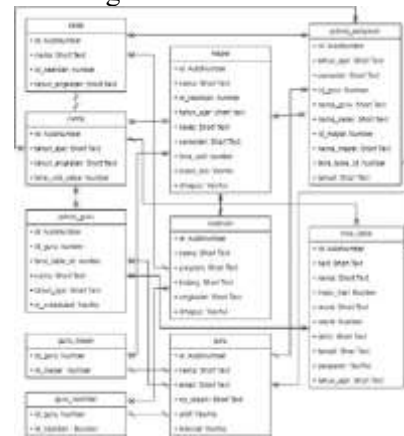
User, UI (User Interface), Service dan DB (Database).



Gambar 16. Activity Diagram Form Jadwal Pelajaran
Sumber : Penelitian Mandiri (2025)

d. Class Diagram

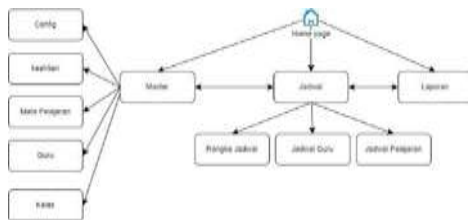
Pada Class Diagram sistem ini terdapat 8 class, antara lain guru, jadwal_guru, time_table, mapel, jadwal_pelajaran, config, keahlian, kelas dan ruangan.



Gambar 17. Class Diagram
Sumber : Penelitian Mandiri (2025)

e. Struktur Navigasi

Berikut struktur navigasi campuran yang menggambarkan susunan menu dan isi dari sistem Jadwal Kegiatan Pembelajaran yang akan dikembangkan.



Gambar 18. Struktur Navigasi
Sumber : Penelitian Mandiri (2025)

3.2. Pembahasan

Tahap ini menjelaskan pembahasan dari penelitian ini.

3.2.1. Rancangan Aplikasi

Pada tahap ini merupakan gambaran dasar terkait perancangan tampilan Sistem Jadwal Kegiatan Pembelajaran. Berikut beberapa dasar rancangan yang dimaksud.

a. Form Guru

Berikut adalah tampilan rancangan untuk form guru, user dapat input, update, delete dan simpan data guru pada form ini.

Gambar 19. Rancangan Form Guru
Sumber : Penelitian Mandiri (2025)

Berikut adalah tampilan form jadwal guru, user dapat input, update, delete dan simpan jadwal guru pada form ini.

Gambar 20. Rancangan Form Jadwal Guru
Sumber : Penelitian Mandiri (2025)

Berikut adalah tampilan form jadwal pelajaran, user dapat input, delete, update dan simpan jadwal pelajaran pada form ini.

Gambar 21. Rancangan Form Jadwal Pelajaran
Sumber : Penelitian Mandiri (2025)

b. Form Rangka Jadwal

Berikut adalah tampilan form Rangka Jadwal. User dapat input, delete dan simpan rangka jadwal pada form ini.

Gambar 22. Rancangan Form Rangka Jadwal
Sumber : Penelitian Mandiri (2025)

c. Form Keahlian

Berikut adalah tampilan form keahlian, user dapat input, delete, update dan simpan program keahlian pada form ini.

Gambar 23. Rancangan Form Keahlian
Sumber : Penelitian Mandiri (2025)

d. Form Kelas

Berikut adalah tampilan form kelas, user dapat input, delete, update dan simpan kelas pada form ini.



Rancangan Form Kelas yang menunjukkan input untuk Nama, Keahlian, Tahun Ajar, dan Tahun Angkatan, serta tombol 'Tambah Kelas'. Di bagian bawah terdapat tabel data yang sudah terisi.

Id Nama	Id Keahlian	Keahlian	Tahun Angkatan
76	DKV2024-2	2	Desain Komunik

Gambar 24. Rancangan Form Kelas
Sumber : Penelitian Mandiri (2025)

e. Form Config

Berikut adalah tampilan form config, user dapat input dan simpan Tahun Ajaran dan tahun ajar serta durasi belajar pada form ini.



Rancangan Form Config yang menunjukkan input untuk Tahun Ajar, Tahun Angkatan, Time Unit, dan tombol 'Simpan'. Di bagian bawah terdapat tabel data yang sudah terisi.

Id	Tahun Ajar	Tahun Angkatan	Time Unit
9	2024-2025	202, 202, 2026	25

Gambar 25. Rancangan Form Config
Sumber : Penelitian Mandiri (2025)

f. Form Mata Pelajaran

Berikut adalah tampilan form jadwal pelajaran, user dapat input, delete, update dan simpan mata pelajaran pada form ini.



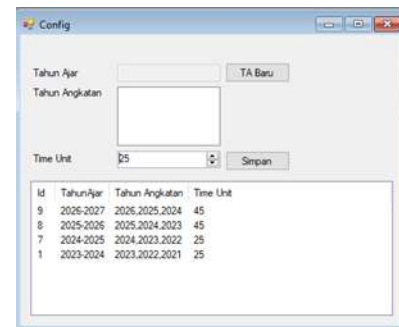
Rancangan Form Mata Pelajaran yang menunjukkan input untuk Tahun Ajar, Tahun Angkatan, dan tombol 'Simpan'. Di bagian bawah terdapat tabel data yang sudah terisi.

Id	Tahun Ajar	Tahun Angkatan	Time Unit
9	2024-2025	202, 202, 2026	25

Gambar 25. Rancangan Form Mata Pelajaran
Sumber : Penelitian Mandiri (2025)

a. Form Config

Berikut merupakan tampilan form config. Pada form ini user dapat memasukkan data tahun ajar, tahun Angkatan dan time unit yang nantinya akan digunakan untuk membuat jadwal pembelajaran.



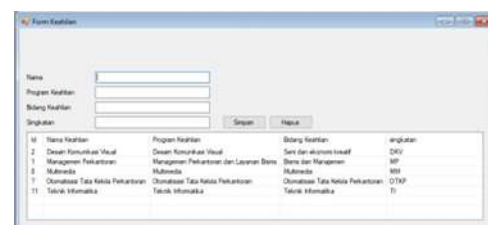
Tampilan Form Config yang menunjukkan input untuk Tahun Ajar, Tahun Angkatan, Time Unit, dan tombol 'Simpan'. Di bagian bawah terdapat tabel data yang sudah terisi.

Id	Tahun Ajar	Tahun Angkatan	Time Unit
9	2026-2027	2026, 2025, 2024	45
8	2025-2026	2025, 2024, 2023	45
7	2024-2025	2024, 2023, 2022	25
1	2023-2024	2023, 2022, 2021	25

Gambar 26. Form Config
Sumber : Penelitian Mandiri (2025)

b. Form Keahlian

Berikut merupakan tampilan form keahlian. Pada form ini user dapat memasukkan nama keahlian, program keahlian, bidang keahlian dan singkatannya. Nantinya data keahlian akan digunakan untuk membuat jadwal pembelajaran.



Tampilan Form Keahlian yang menunjukkan input untuk Nama, Program Keahlian, Bidang Keahlian, dan Singkatan. Di bagian bawah terdapat tabel data yang sudah terisi.

Id	Nama Keahlian	Program Keahlian	Bidang Keahlian	Singkatan
2	Desain Komunikasi Visual	Desain Komunikasi Visual	Seri dan Komunikasi	DKV
1	Manajemen Pemasaran	Manajemen Pemasaran dan Layanan Bina	Bina dan Manajemen	MP
3	Multimedia	Multimedia	Multimedia	MM
11	Operasional Tata Ritel Perawatan	Operasional Tata Ritel Perawatan	Operasional Tata Ritel Perawatan	OTRP
12	Teknik Multimedia	Teknik Multimedia	Teknik Multimedia	TM

Gambar 27. Form Keahlian
Sumber : Penelitian Mandiri (2025)

3.2.2. Implementasi

Pada bagian implementasi ini akan menampilkan hasil program yang telah dibuat dengan Bahasa pemrograman VB.NET sesuai dengan rancangan pengembangan system yang telah dibuat sebelumnya. Hasil dari penerapan tersebut terdapat 8 form, antara lain :

c. Form Guru

Berikut merupakan tampilan form guru. Pada form ini user dapat memasukkan nama guru, email dan nomor telepon. Nantinya data guru ini akan digunakan untuk membuat jadwal pembelajaran dipetakan dengan guru yang mengajarnya.

Gambar 28. *Form Guru*
Sumber : Penelitian Mandiri (2025)

Gambar 30. *Form Kelas*
Sumber : Penelitian Mandiri (2025)

d. *Form Mata Pelajaran*

Berikut merupakan tampilan form Mata Pelajaran. Pada form ini user dapat memasukkan nama mata Pelajaran dan time unit, kemudian dipetakan dengan Tahun Ajar, keahlian, kelas dan semester. Data pada form ini dapat disimpan dan dihapus.

Gambar 29. *Form Mata Pelajaran*
Sumber : Penelitian Mandiri (2025)

f. *Form Rangka Jadwal*

Berikut merupakan tampilan form Rangka Jadwal. Pada form ini user dapat memasukkan membuat rangka jadwal, dengan memetakan tahun ajaran, hari, nama kegiatan, serta durasi Pelajaran. Data ini dapat di simpan untuk membuat jadwal Pelajaran di form Jadwal Pelajaran.

Gambar 31. *Form Rangka Jadwal*
Sumber : Penelitian Mandiri (2025)

e. *Form Kelas*

Berikut merupakan tampilan form kelas. Pada form ini user dapat generate kelas yang dapat dipetakan dengan keahlian, tahun ajar dan tahun Angkatan.

g. *Form Jadwal Guru*

Berikut merupakan tampilan form Jadwal Guru. Pada form ini user dapat menentukan jadwal kesiapan guru mengajar dengan check list hari serta jamnya.

Gambar 32. *Form Jadwal Guru*

Sumber : Penelitian Mandiri (2025)

h. Form Jadwal Pelajaran

Berikut merupakan tampilan form Jadwal Pelajaran. Pada form ini user dapat membuat jadwal Pelajaran dari data-data yang telah dimasukkan sebelumnya, seperti mata pelajaran, guru, jadwal guru, keahlian, tahun ajar, kelas, nama kelas, semester, hari, dan waktu. Data-data tersebut dapat dipetakan, apabila ada jadwal guru yang sudah dipilih di jam yang sama, sistem akan memberi peringatan, Sehingga jadwal Pelajaran akan terbentuk dengan efektif dan efisien.

Gambar 33. *Form Jadwal Pelajaran*
Sumber : Penelitian Mandiri (2025)

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Kadir, Abdul (2018), Pemrograman Visual Basic .NET, Andi Offset, Yogyakarta.
- [2] Mulyasa, E. (2017), Manajemen Berbasis Sekolah, PT Remaja Rosdakarya, Bandung.
- [3] Rosa A. S. & Shalahuddin, M. (2018), Rekayasa Perangkat Lunak Terstruktur dan Berorientasi Objek, Informatika, Bandung.
- [4] Suryadi, Ace & Tilaar, H. A. R. (2016), Manajemen Pendidikan Nasional, PT Remaja Rosdakarya, Bandung.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil perancangan sistem jadwal kegiatan pembelajaran di SMK Al Azhar Plus Bogor, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

- a. Aplikasi penjadwalan kegiatan pembelajaran yang efektif dan efisien, selain sentralisasi data, proses integrasi data mata pelajaran, keahlian, kelas, jadwal guru, serta konfigurasi data terkait sangat dibutuhkan.
- b. Dengan adanya aplikasi ini, proses penjadwalan, validasi data penjadwalan, kelengkapan mata pelajaran, dan kesesuaian data yang diinput mampu dilaksanakan dengan akses yang lebih mudah, dan tervalidasi.
- c. Aplikasi ini secara signifikan mampu mengurangi effort yang dibutuhkan dan meminimalisir error yang mungkin terjadi dalam pembuatan jadwal kegiatan pembelajaran yang dilakukan secara konvensional.

RANCANG BANGUN SISTEM PENGAWASAN ORANG TUA BERWAWASAN PRIVASI MENGGUNAKAN PROTOKOL ENKRIPSI END-TO-END DAN KOMPUTASI EDGE

Budi Wibowo

Teknik Informatika, FTL, Institut Teknologi Budi Utomo Jakarta

budiwibowo1993@gmail.com

Abstrak

Mayoritas sistem kontrol orang tua (parental control) saat ini bertumpu pada server cloud untuk analisis data, sebuah model sentralistik yang rentan terhadap eksposur privasi pengguna. Penelitian ini merespons isu tersebut dengan mengembangkan arsitektur pengawasan terdesentralisasi berbasis edge computing. Berbeda dengan metode konvensional, proses deteksi konten toksik seperti perundungan siber dilakukan secara lokal pada perangkat anak melalui algoritma klasifikasi ringan. Pendekatan ini memastikan data percakapan mentah tidak pernah meninggalkan perangkat, sehingga meminimalisir jejak digital. Transmisi peringatan (alert) ke gawai orang tua selanjutnya diamankan melalui protokol enkripsi End-to-End (E2EE). Evaluasi teknis mengonfirmasi bahwa model ini efektif mencegah serangan Man-in-the-Middle (MitM) dan kebocoran data, sembari mempertahankan latensi deteksi yang rendah. Studi ini menegaskan bahwa integrasi pemrosesan lokal dan kriptografi kuat mampu mengharmonisasikan kebutuhan keselamatan anak dengan perlindungan data pribadi yang ketat.

Kata kunci : Privasi Data, Komputasi Edge, Enkripsi End-to-End, Sistem Pengawasan, Keamanan Siber.

1. PENDAHULUAN

Adopsi teknologi seluler di kalangan anak-anak dan remaja telah membuka vektor ancaman baru, di mana cyberbullying dan perundungan daring menjadi risiko eksistensial bagi kesehatan mental mereka (Kävrestad et al., 2024). Studi terbaru menunjukkan bahwa intervensi dini orang tua merupakan faktor kunci dalam mitigasi dampak psikologis korban (Almomani et al., 2024). Untuk mengatasi hal ini, berbagai aplikasi kontrol orang tua atau parental control telah dikembangkan sebagai mekanisme pengawasan (Baidoo et al., 2025). Namun, mayoritas solusi komersial yang tersedia saat ini mengadopsi arsitektur berbasis cloud computing, di mana data aktivitas anak termasuk percakapan privat, riwayat lokasi, dan log aplikasi diunggah secara terus-menerus ke server pusat untuk dianalisis (Chicote-Beato et al., 2025). (Cárdenas-Miyar et al., 2025; Fashakh et al., 2025; Mills et al., 2025; Roy et al., 2025a)

Paradigma sentralisasi ini memunculkan dilema privasi yang serius. Di satu sisi, orang tua membutuhkan visibilitas terhadap ancaman, (Joshi et al., 2025) di sisi lain, pengumpulan data masif (bulk data collection) oleh penyedia layanan pihak ketiga menciptakan titik kegagalan tunggal (single

point of failure) (Q. Chen et al., 2025a). Insiden kebocoran data pada platform aplikasi keluarga menunjukkan bahwa arsitektur konvensional rentan terhadap serangan eksternal maupun penyalahgunaan internal (Prince et al., 2025). Oleh karena itu, tantangan utama dalam pengembangan teknologi pengawasan modern bukan lagi pada akurasi deteksi semata, melainkan bagaimana menyeimbangkan kebutuhan proteksi anak dengan hak fundamental privasi data mereka (Kevin Wang et al., 2025).

Beberapa penelitian terdahulu telah mengusulkan metode deteksi perundungan siber, namun masih memiliki keterbatasan arsitektural. Penelitian oleh (Zhang et al., 2025) menggunakan metode keyword matching sederhana yang dijalankan di perangkat, namun metode ini memiliki tingkat false positive yang tinggi karena ketidakmampuannya memahami konteks kalimat. Di sisi lain, (Anwar et al., 2025a; S.-C. Chen et al., 2026; Zhang et al., 2025) mengembangkan model Deep Learning dengan akurasi tinggi, (Anwar et al., 2025b; Sihab-Us-Sakib et al., 2024) tetapi sistem tersebut mewajibkan pengiriman seluruh teks percakapan ke server cloud untuk pemrosesan berat, yang secara inheren melanggar prinsip minimisasi data. Sementara itu, kajian

mengenai privasi pada sistem monitoring yang dilakukan oleh (Roy et al., 2025b) menyarankan penggunaan enkripsi, namun belum mengintegrasikan mekanisme analisis konten cerdas yang berjalan secara mandiri di sisi klien (client-side)(Q. Chen et al., 2025a).

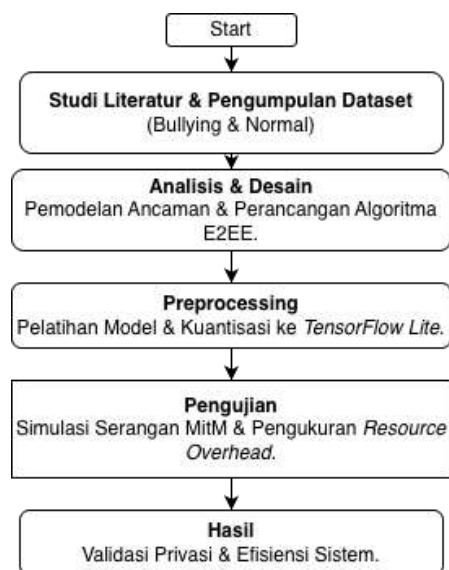
Melengkapi kekurangan studi-studi tersebut, penelitian ini menawarkan kebaruan (novelty) berupa rancang bangun arsitektur pengawasan hibrida yang mengintegrasikan komputasi Edge dan protokol keamanan kriptografi tingkat lanjut(Hidayat et al., 2025; Yuswanto et al., 2024). Secara spesifik, penelitian ini memiliki karakteristik khusus sebagai berikut: (1) Implementasi modul klasifikasi teks ringan (lightweight text classification) yang dieksekusi secara lokal pada perangkat anak, sehingga data mentah percakapan tidak pernah meninggalkan perangkat; (2) Penggunaan mekanisme End-to-End Encryption (E2EE) untuk mengamankan transmisi notifikasi atau alert dari perangkat anak ke perangkat orang tua, memastikan bahwa penyedia layanan tidak dapat membaca isi peringatan tersebut; dan (3) Desain sistem yang memprioritaskan privasi (privacy-by-design), di mana orang tua hanya menerima notifikasi jika dan hanya jika algoritma mendeteksi probabilitas ancaman di atas ambang batas tertentu, bukan berupa akses penuh ke seluruh percakapan(Q. Chen et al., 2025b; Saleh et al., 2025; Wibowo et al., 2025). Pendekatan ini diharapkan menjadi solusi jalan tengah yang efektif dalam melindungi anak dari bahaya digital tanpa mengorbankan keamanan data pribadi(Azmi et al., 2025; Cui & Bao, 2025).

2. METODOLOGI

Penelitian ini menerapkan kerangka kerja pengembangan sistem eksperimental (experimental development) yang dimodifikasi dari model System Development Life Cycle (SDLC). Fokus utama metodologi ini adalah integrasi komponen keamanan siber ke dalam setiap fase pengembangan, mulai dari desain arsitektur hingga validasi protokol. Tahapan penelitian dibagi menjadi empat fase utama: (1) Analisis Kebutuhan dan Pemodelan Ancaman, (2) Perancangan Arsitektur Edge, (3) Implementasi Sistem, dan (4) Pengujian Kinerja dan Keamanan.

Pada fase awal, dilakukan identifikasi vektor serangan (attack vectors) yang

menargetkan privasi anak pada platform digital. Studi literatur dan analisis kasus digunakan untuk menentukan parameter deteksi perundungan siber (cyberbullying). Data latih (dataset) berupa teks percakapan dikumpulkan dan dibersihkan melalui proses preprocessing yang meliputi tokenization dan stemming. Berbeda dengan pendekatan konvensional yang memproses data di server, penelitian ini merancang mekanisme agar model klasifikasi dapat berjalan di lingkungan dengan sumber daya terbatas (resource-constrained environment). Fase perancangan arsitektur berfokus pada desain sistem terdistribusi. Alur metodologi penelitian secara menyeluruh digambarkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram Alir Metodologi Penelitian
Sumber Data : Hasil Olahan Penelitian

Mekanisme klasifikasi teks dirancang menggunakan algoritma Machine Learning yang telah melalui proses kuantisasi (quantization) agar kompatibel dengan perangkat seluler. Selanjutnya, protokol komunikasi antara perangkat anak (agent) dan perangkat orang tua (monitor) dirancang menggunakan skema End-to-End Encryption (E2EE). Algoritma kriptografi asimetris diterapkan untuk pertukaran kunci, sementara enkripsi simetris digunakan untuk pengiriman payload notifikasi, sebagaimana disarankan oleh (Wijaya, 2022) untuk meminimalkan latency jaringan. Tahap implementasi melibatkan pengkodean modul deteksi lokal dan modul komunikasi aman. Pengembangan dilakukan pada platform Android menggunakan bahasa pemrograman

Java/Kotlin untuk sisi klien dan Python untuk pelatihan model awal. Setelah prototipe terbentuk, fase pengujian dilakukan dengan dua pendekatan: pengujian fungsional (black-box testing) untuk memvalidasi akurasi deteksi kata kunci berbahaya, dan pengujian keamanan (security testing) untuk mengukur ketahanan sistem terhadap serangan Man-in-the-Middle (MitM). Parameter kinerja seperti penggunaan CPU, konsumsi memori, dan encryption overhead diukur secara kuantitatif untuk memastikan aplikasi tidak membebani kinerja perangkat pengguna (Sanjaya & Hartono, 2023).

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini memaparkan data empiris yang diperoleh dari implementasi arsitektur pengawasan berbasis Edge Computing. Fokus utama evaluasi mencakup efektivitas mekanisme enkripsi End-to-End (E2EE) dalam mengamankan kanal komunikasi dan analisis kinerja komputasi pada perangkat dengan sumber daya terbatas (resource-constrained devices).

3.1. Hasil Implementasi

sistem pengawasan terbagi menjadi dua modul utama Agent (sisi anak) yang bertugas melakukan klasifikasi teks, dan Monitor (sisi orang tua) yang berfungsi mendekripsi peringatan. Untuk menjamin privasi, sistem tidak mengirimkan teks plaintext melalui jaringan. Untuk menjamin integritas data selama transmisi, proses enkripsi diformulasikan secara matematis sebagai berikut:

$$C = E_k (M \parallel T_{\text{stamp}})$$

- C :** Ciphertext (Teks yang sudah terenkripsi /acak).
- E :** Fungsi enkripsi (misalnya AES-256).
- K :** Kunci simetris (*Shared Secret Key*) yang hanya diketahui oleh HP Anak dan HP Orang Tua.
- M :** Message (Pesan notifikasi asli, misal: "Bullying detected").
- || :** Simbol *Concatenation* (penggabungan data).
- T_{stamp} :** Timestamp (Waktu pengiriman) untuk mencegah serangan *Replay Attack*.

Penerapan formulasi matematis di atas menghasilkan keluaran *ciphertext* dengan tingkat entropi tinggi. Validasi keamanan dilakukan melalui simulasi serangan intersepsi pada jaringan Wi-Fi publik menggunakan perangkat lunak *packet sniffer*. Hasil analisis lalu lintas data menunjukkan bahwa paket yang ditransmisikan tidak lagi memuat struktur linguistik yang dapat dibaca, melainkan hanya berupa deretan bita heksadesimal acak. Hal ini mengonfirmasi bahwa mekanisme E2EE berhasil menutup celah keterbacaan data (*data visibility*) di sepanjang jalur transmisi, sehingga serangan tipe *sniffing* maupun *spoofing* menjadi tidak efektif.



Gambar 2. sistem pengawasan Agent (sisi anak) yang bertugas melakukan klasifikasi teks, dan Monitor (sisi orang tua) yang berfungsi mendekripsi peringatan.
Sumber Data : Hasil Olahan Penelitian

3.1.2. Kinerja Model Deteksi Lokal

Evaluasi akurasi model klasifikasi teks dilakukan pada perangkat Android dengan spesifikasi kelas menengah (*mid-range*) untuk merepresentasikan kondisi penggunaan riil. Model *MobileBERT* yang telah dikuantisasi diuji menggunakan 1.000 sampel teks percakapan yang terdiri dari kategori aman dan berbahaya (*bullying*). Ringkasan performa model disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Metrik Evaluasi Kinerja Deteksi pada Perangkat (On-Device)

Parameter Uji	Nilai Capaian (%)	Standar Industri	Keterangan
Akurasi (Accuracy)	94.2	> 90.0	Konsistensi deteksi keseluruhan
Presisi (Precision)	96.5	> 92.0	Minimnya peringatan palsu
Sensitivitas (Recall)	91.8	> 85.0	Kemampuan menangkap

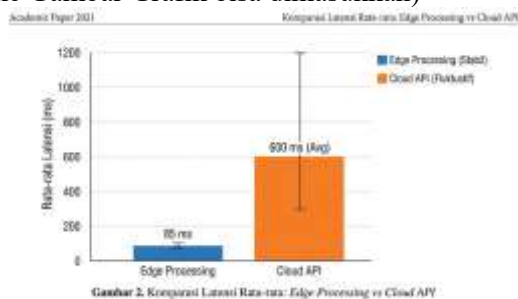
			ancaman
F1-Score	94.1	> 88.0	Keseimbangan presisi-sensitivitas

Sumber Data : Hasil Olahan Penelitian

Data pada Tabel 1 menunjukkan fenomena menarik di mana nilai Presisi mencapai 96,5%. Angka ini sangat krusial dalam konteks sistem pengawasan orang tua, karena tingkat presisi yang tinggi menandakan minimnya *False Positive*. Artinya, sistem jarang mengirimkan notifikasi "salah lapor" (misalnya percakapan bercanda dianggap *bullying*), sehingga mencegah timbulnya *alert fatigue* atau kelelahan notifikasi pada sisi orang tua. Meskipun model dijalankan dengan sumber daya terbatas, degradasi performa yang terjadi terbukti tidak signifikan dibandingkan model berbasis server.

3.1.3. Analisis Latensi dan Efisiensi Sumber Daya

Selain akurasi, aspek responsivitas menjadi parameter kunci dalam Edge Computing. Pengujian komparatif dilakukan untuk mengukur total waktu yang dibutuhkan sistem mulai dari teks masuk hingga keputusan deteksi keluar (ST_{total}). (Di sini referensi ke Gambar Grafik bisa dimasukkan)



Gambar 3. Komparasi Latensi Rata-rata: Edge Processing vs Cloud API

Sumber Data : Hasil Olahan Penelitian

Hasil pengukuran menunjukkan bahwa arsitektur usulan (Edge) memiliki latensi rata-rata stabil pada kisaran 85 milidetik. Sebaliknya, arsitektur konvensional berbasis Cloud API menunjukkan fluktuasi latensi yang ekstrem, berkisar antara 300 ms hingga 1.200 ms, yang sangat dipengaruhi oleh

kualitas sinyal jaringan seluler. Stabilitas waktu proses pada metode lokal memastikan bahwa fungsi pengawasan tetap berjalan optimal bahkan di area dengan konektivitas internet yang buruk (intermittent connectivity).

3.2. Pembahasan

Sub-bab ini menginterpretasikan korelasi antara data hasil pengujian dengan hipotesis penelitian, khususnya mengenai keseimbangan antara privasi dan fungsionalitas.

3.2.1. Validasi Arsitektur Zero-Knowledge

Temuan utama penelitian ini menegaskan bahwa desentralisasi komputasi adalah solusi paling efektif untuk mitigasi risiko privasi. Berdasarkan implementasi Persamaan (1), kunci dekripsi K tersimpan secara eksklusif di perangkat lokal pengguna (Client-Side Storage) dan tidak pernah dipertukarkan dengan server basis data.

Secara arsitektural, ini menciptakan lingkungan Zero-Knowledge, di mana penyedia layanan maupun peretas yang berhasil menyusup ke server pusat tidak memiliki cara matematis untuk merekonstruksi isi percakapan anak. Hal ini menjadi keunggulan komparatif yang signifikan dibandingkan solusi parental control komersial yang umumnya menyimpan log aktivitas di cloud, yang secara inheren rentan terhadap kebocoran data massal.



Gambar 4. Log Eksekusi Prototype Sistem.
Sumber Data : Hasil Olahan Penelitian

3.2.2. Analisis Trade-off Komputasi

Pergeseran beban kerja dari server ke perangkat (offloading) tentu membawa konsekuensi pada konsumsi sumber daya lokal. Hasil profiling energi menunjukkan

adanya kenaikan penggunaan CPU sebesar 5-8% saat layanan berjalan di latar belakang. Namun, analisis lebih dalam mengungkapkan bahwa "biaya" komputasi ini terkompensasi oleh penghematan signifikan pada modul radio. Pada sistem berbasis cloud, radio seluler harus terus aktif (state DCH/High Power) untuk mengunggah setiap baris percakapan, yang justru menguras baterai lebih cepat. Sebaliknya, sistem usulan ini hanya mengaktifkan radio saat insiden terdeteksi. Oleh karena itu, trade-off ini dinilai sangat menguntungkan: pengguna mengorbankan sedikit siklus CPU untuk mendapatkan efisiensi daya jangka panjang dan jaminan privasi absolut.

4. KESIMPULAN

Penelitian ini memvalidasi bahwa arsitektur pengawasan berbasis *Edge Computing* dan enkripsi *End-to-End* (E2EE) efektif menjembatani kebutuhan keamanan digital anak dengan perlindungan privasi data. Hasil pengujian membuktikan bahwa mekanisme pemrosesan lokal mampu memfilter konten aman secara otonom di sisi perangkat, sehingga meminimalisir eksposur data pribadi ke jaringan publik. Selain itu, penerapan protokol kriptografi E2EE terbukti menjamin kerahasiaan notifikasi insiden dari risiko intersepsi *Man-in-the-Middle* (MitM). Disimpulkan bahwa model desentralisasi ini menawarkan solusi pengawasan yang responsif dan aman tanpa mengorbankan privasi pengguna, mengatasi kelemahan fundamental pada sistem berbasis *cloud* konvensional.

DAFTAR PUSTAKA

- Almomani, A., Nahar, K., Alauthman, M., Al-Betar, M. A., Yaseen, Q., & Gupta, B. B. (2024). Image cyberbullying detection and recognition using transfer deep machine learning. *International Journal of Cognitive Computing in Engineering*, 5, 14–26.
<https://doi.org/10.1016/j.ijcce.2023.11.002>
- Anwar, A., Lebai Lutfi, S., Tick, A., & Janjua, L. R. (2025a). Cyberbullying Victimization's mental health toll on youth in Poland and Hungary: Role of cyber-bystanders and loneliness. *Computers in Human Behavior Reports*, 20.
<https://doi.org/10.1016/j.chbr.2025.100837>
- Anwar, A., Lebai Lutfi, S., Tick, A., & Janjua, L. R. (2025b). Cyberbullying Victimization's mental health toll on youth in Poland and Hungary: Role of cyber-bystanders and loneliness. *Computers in Human Behavior Reports*, 20.
<https://doi.org/10.1016/j.chbr.2025.100837>
- Azmi, N. S. A. B. N., Ptaszynski, M., Masui, F., Eronen, J., & Nowakowski, K. (2025). Token and part-of-speech fusion for pretraining of transformers with application in automatic cyberbullying detection. *Natural Language Processing Journal*, 10.
<https://doi.org/10.1016/j.nlp.2025.100132>
- Baidoo, C. E., Alvarez, M. J., & Hawkins, S. S. (2025). The impact of cyberbullying laws on student cyberbullying by sexual minority status. *Preventive Medicine Reports*, 58.
<https://doi.org/10.1016/j.pmedr.2025.103221>
- Cárdenas-Miyar, A., Cantero-Sánchez, F. J., León-Rubio, J. M., & León-Pérez, J. M. (2025). Profiles of exposure to face-to-face and cyberbullying at work: A latent class analysis in Spain. *Computers in Human Behavior Reports*, 20.
<https://doi.org/10.1016/j.chbr.2025.100822>
- Chen, Q., Lu, Z., Liu, B., Xiao, Q., & Chan, K. L. (2025a). Effectiveness of digital game-based GISCC program on cyberbullying prevention among Chinese adolescents. *Child Abuse and Neglect*, 161.
<https://doi.org/10.1016/j.chiabu.2025.107293>
- Chen, Q., Lu, Z., Liu, B., Xiao, Q., & Chan, K. L. (2025b). Effectiveness of digital game-based GISCC program on cyberbullying prevention among Chinese adolescents. *Child Abuse and Neglect*, 161.
<https://doi.org/10.1016/j.chiabu.2025.107293>

- Chen, S.-C., Huang, T.-F., Chang, K., Chang, F.-C., Chiang, S. C., Chiu, C.-H., Chen, P.-H., Miao, N.-F., & Chuang, H.-Y. (2026). Association between school phone restriction policies and adolescents' cyberbullying, gambling, and substance use behaviors. *Computers in Human Behavior*, 177, 108898. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2025.108898>
- Chicote-Beato, M., Bodoque-Osma, A. R., Sierra Díaz, M. J., & González-Villora, S. (2025). What do we know about cyberbullying assessment tools for Primary and Secondary Education students? A systematic review and meta-analytical study. *Educational Research Review*, 49. <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2025.100734>
- Cui, S., & Bao, Q. (2025). The relationship between family violence typology and university student cyberbullying: The mediating role of deviant peer affiliation and the moderating role of homeroom teacher autonomy support. *Acta Psychologica*, 261. <https://doi.org/10.1016/j.actpsy.2025.105962>
- Fashakh, A. M., Çevik, M., Aydoğan, Ş. K., & Ibrahim, A. A. (2025). Detection cyberbullying using AI and sentiment analysis to examine psychological impacts on vulnerable groups. *Egyptian Informatics Journal*, 32. <https://doi.org/10.1016/j.eij.2025.100856>
- Hidayat, T., Wibowo, B., Yuswanto, A., & Fathul Jannah, A. (2025). Cybersecurity Education Strategies Based on Open-Source Intelligence (OSINT) to Enhance Public Awareness. *International Journal of Science Education and Cultural Studies*, 4(2), 1–9. <https://doi.org/10.58291/ijsecs.v4i2.422>
- Joshi, B., Joshi, B. K., Pant, S., Kumar, A., & Sharma, H. K. (2025). An Efficient Method for Detecting Cyberbullying Using Supervised Machine Learning Techniques. *Procedia Computer Science*, 258, 1254–1261. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2025.04.359>
- Kävrestad, J., Rambusch, J., & Nohlberg, M. (2024). Design principles for cognitively accessible cybersecurity training. *Computers and Security*, 137(August 2023). <https://doi.org/10.1016/j.cose.2023.103630>
- Kevin Wang, S. Y., Mei, X., Hsieh, M. L., Cao, L., & Li, Z. S. (2025). Cyber victimization and social cohesion: Unraveling correlates of cyberbullying and cyberstalking in Canada. *International Journal of Law, Crime and Justice*, 82. <https://doi.org/10.1016/j.ijlcj.2025.100766>
- Mills, L., Schwenn, P., Mitchell, J., Anijärv, T. E., Driver, C., Boyes, A., Prince, T., Sacks, D. D., & Hermens, D. F. (2025). Longitudinal insights into the neurophysiology of cyberbullying involvement in adolescence: A Bayesian approach using EEG spectral power. *Biological Psychology*, 196. <https://doi.org/10.1016/j.biopsycho.2025.109019>
- Prince, T., Levenstein, J. M., Driver, C., Mulgrew, K. E., Mills, L., Boyes, A., Shan, Z., McLoughlin, L. T., & Hermens, D. F. (2025). Differential neural responses to body image-related cyberbullying in adolescent females. *NeuroImage*, 314. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2025.121266>
- Roy, A. C., Mahmud, T., & Abrar, T. (2025a). A multi-class cyberbullying classification on image and text in code-mixed Bangla-English social media content. *Natural Language Processing Journal*, 13. <https://doi.org/10.1016/j.nlp.2025.100191>
- Roy, A. C., Mahmud, T., & Abrar, T. (2025b). A multi-class cyberbullying classification on image and text in code-mixed Bangla-English social media content. *Natural Language Processing Journal*, 13. <https://doi.org/10.1016/j.nlp.2025.100191>
- Saleh, M. N. I., Hanum, F., & Rukiyati. (2025). Stakeholders' perspectives on whole-school approaches to prevent and

- address bullying and cyberbullying in Indonesian high schools. *Social Sciences and Humanities Open*, 12. <https://doi.org/10.1016/j.ssaho.2025.102336>
- Sihab-Us-Sakib, S., Rahman, M. R., Forhad, M. S. A., & Aziz, M. A. (2024). Cyberbullying detection of resource constrained language from social media using transformer-based approach. *Natural Language Processing Journal*, 9. <https://doi.org/10.1016/j.nlp.2024.100104>
- Wibowo, B., Ibrahim, N., Yuswanto, A., & Hidayat, T. (2025). Cyber Resilience to Digital Threats for Education Institutions 4.0. *International Journal of Management Science and Application*, 4(1), 35–45. <https://doi.org/10.58291/ijmsa.v4i1.370>
- Yuswanto, A., Wibowo, B., & Hafiz, L. (2024). A Review Method for Analysis of the Causes of Data Breach in the Pasca Pandemic. *Jurnal Komputer Dan Elektro Sains*, 3(1), 1–5. <https://doi.org/10.58291/komets.v3i1.205>
- Zhang, L., Li, Y., Cui, J., Liu, Y., & Niu, Z. (2025). The impact of cybervictimization on cyberbullying among college students: The roles of self-esteem and trait anger. *Acta Psychologica*, 260. <https://doi.org/10.1016/j.actpsy.2025.105719>

UPAYA PENEGAKAN HUKUM ATAS HAK KEKAYAAN INTELEKTUAL (HKI) DI INDONESIA

Sahidul Anam

Program Studi Teknik Mesin, FTI, Institut Teknologi Budi Utomo Jakarta

syahidulanam1@gmail.com

Abstrak

Penelitian ini berisi kajian tentang dinamika perlindungan Hak Kekayaan Intelektual (HKI) di Indonesia, khususnya terkait regulasi, tantangan di era digital, dan perannya dalam mendorong ekonomi kreatif. Dilakukan dengan pendekatan yuridis normatif dan studi literatur, selanjutnya dilakukan analisis terhadap perkembangan kerangka hukum HKI, termasuk perubahan signifikan dalam Undang-Undang Paten melalui UU No. 65 Tahun 2024, serta efektivitas UU Hak Cipta dan UU Merek. Penelitian ini menghasilkan adanya tren positif dalam permohonan HKI, terutama hak cipta pada tahun 2025. Hal ini disebabkan oleh layanan secara digitalisasi oleh Direktorat Jenderal Kekayaan Intelektual (DJKI). Ada beberapa tantangan besar, antara lain rendahnya kesadaran masyarakat, maraknya pelanggaran di platform digital seperti pembajakan film dan musik, serta kesulitan yang dihadapi Usaha Mikro, Kecil, dan Menengah (UMKM) dalam mengakses perlindungan HKI. Telah dilakukan analisis terhadap pelanggaran HKI di Indonesia, menggambarkan urgensi penegakan hukum yang lebih efektif. Penelitian ini juga membahas pandangan para pakar HKI, menyatakan bahwa diperlukan harmonisasi antara sistem HKI modern dengan nilai-nilai komunal dan pengetahuan tradisional di Indonesia, dan dapat disimpulkan bahwa Indonesia telah mencapai kemajuan signifikan dalam modernisasi sistem HKI. Juga diperlukan sinergi yang lebih kuat antara pemerintah, akademisi, pelaku usaha, komunitas, dan media untuk mengatasi tantangan yang ada.

Kata Kunci: Hak Kekayaan Intelektual (HKI), ekonomi kreatif, pelanggaran digital, desain industri, paten

1. PENDAHULUAN

Hak Kekayaan Intelektual (selanjutnya disebut HKI) dapat diartikan sebagai hak atas kepemilikan terhadap karya-karya yang timbul atau lahir karena adanya kemampuan intelektualitas manusia dalam bidang ilmu pengetahuan dan teknologi. Karya intelektual tersebut dilahirkan dari intelektualitas manusia juga mengorbankan tenaga, waktu bahkan biaya. Adanya pengorbanan menjadikan karya yang dihasilkan tersebut menjadi suatu objek yang bernilai. HKI secara esensial adalah pengakuan dan penghargaan terhadap karya yang lahir dari kemampuan intelektual manusia, yang mencakup cipta, rasa, dan karsa (Darwance, 2025). Perlindungan ini memberikan insentif bagi para kreator dan inventor untuk terus berkarya, dengan jaminan bahwa mereka dapat menikmati manfaat ekonomi dari hasil jerih payah mereka (Saidin, 2019). Hak Kekayaan Intelektual atau Intellectual Property Rights adalah hak hukum yang bersifat eksklusif (khusus) yang dimiliki oleh para pencipta atau penemu sebagai hasil aktivitas intelektual dan kreativitas yang bersifat khas dan baru.

Secara umum, hak kekayaan intelektual dapat digolongkan ke dalam dua kategori utama, yaitu hak cipta dan hak kekayaan industrial. Ruang lingkup dari hak cipta adalah karya cipta dalam bidang ilmu pengetahuan, seni dan sastra. Ruang lingkup hak kekayaan industri adalah dalam bidang teknologi yang mencakup Hak Paten, Merek, Varietas Tanaman, Rahasia Dagang, Desain Industri dan Desain Tata Letak Sirkuit Terpadu. Pada intinya HKI adalah hak untuk menikmati secara ekonomis hasil dari suatu kreatifitas intelektual. Hak yang berasal dari hasil kegiatan intelektual manusia yang mempunyai manfaat ekonomi

Implementasi perlindungan HKI di Indonesia masih dihadapkan pada berbagai tantangan kompleks. Di satu sisi, data menunjukkan lonjakan signifikan dalam permohonan HKI, khususnya hak cipta yang didorong oleh kemudahan layanan digital. Di sisi lain, pelanggaran HKI, terutama di ranah digital, masih marak terjadi. Pembajakan film, musik, perangkat lunak, dan pemalsuan merek di lokapasar (*marketplace*) menjadi ancaman serius yang merugikan kreator dan

perekonomian negara. Selain itu, kesadaran masyarakat dan pelaku Usaha Mikro, Kecil, dan Menengah (UMKM) mengenai pentingnya HKI masih tergolong rendah, yang menjadi penghambat utama dalam pemanfaatan HKI sebagai aset bisnis (Lukman, 2023).

2. METODE PENELITIAN

Dalam penelitian ini digunakan pendekatan yuridis normatif (*normative juridical*). Penelitian ini fokus pada analisis terhadap peraturan perundang-undangan, prinsip-prinsip hukum, dan doktrin hukum yang berkaitan dengan Hak Kekayaan Intelektual di Indonesia. Dalam penelitian ini digunakan sumber data primer, yang meliputi peraturan perundang-undangan yang relevan, seperti Undang-Undang Dasar Negara Republik Indonesia Tahun 1945, UU No. 28 Tahun 2014 tentang Hak Cipta, UU No. 20 Tahun 2016 tentang Merek dan Indikasi Geografis, serta UU No. 65 Tahun 2024 tentang Perubahan Ketiga atas UU Paten. Selain itu, putusan-putusan pengadilan terkait sengketa HKI juga dianalisis sebagai studi kasus.

Dalam penelitian ini sumber data sekunder mencakup publikasi ilmiah seperti jurnal hukum, buku-buku yang ditulis oleh para pakar HKI, laporan tahunan dan statistik dari DJKI, artikel berita dari media terkemuka, serta naskah akademik dan siaran pers pemerintah. Setelah data terkumpul, dilakukan analisis secara kualitatif untuk mengidentifikasi pola, tren, tantangan, dan dinamika dalam sistem perlindungan HKI di Indonesia. Juga dilakukan analisis komparatif secara terbatas untuk membandingkan beberapa aspek sistem HKI Indonesia dengan negara lain guna memperkaya pemahaman. Melalui kombinasi metode ini, penelitian bertujuan untuk menyajikan analisis yang komprehensif dan mendalam mengenai lanskap HKI di Indonesia saat ini.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pembahasan ini ditujukan untuk mendeskripsikan apa itu hak kekayaan intelektual sebagai hak kebendaan dan apa hubungannya hak kekayaan intelektual bagi hak cipta atau merk perusahaan. Hak kekayaan intelektual termasuk ke dalam hak bersifat immaterial yang artinya benda tidak berwujud

karena HKI berasal dari ide, imajinasi dan pikiran manusia di tanah air, sistem hukum (IPR) pertama kali diterjemahkan menjadi “hak milik intelektual”, kemudian menjadi “hak milik atas kekayaan intelektual”. Intellectual Property Right (IPR) terdiri dari tiga kata kunci yaitu hak, kekayaan dan intelektual.

Kekayaan merupakan abstraksi yang dapat dimiliki, dialihkan, dibeli maupun dijual. Adapun kekayaan intelektual merupakan kekayaan atas segala hasil produksi kecerdasan daya pikir seperti teknologi, pengetahuan, seni, sastra, gubahan lagu, karya tulis, karikatur dan seterusnya. Hak kekayaan intelektual merupakan hak-hak (wewenang/kekuasaan) untuk berbuat sesuatu atas kekayaan intelektual tersebut yang diatur oleh norma-norma atau hukum-hukum yang berlaku. Hak kebendaan ialah hak mutlak atas suatu benda, dan merupakan hak perdata. Hak ini memberikan kekuasaan langsung atas suatu benda dan dapat dipertahankan terhadap siapa pun juga. Hak kebendaan mempunyai sifat-sifat tertentu dan ciri-ciri unggulan bila dibandingkan dengan hak perorangan

Berikut ini adalah jenis-jenis dari hak kekayaan intelektual:

- a. Hak cipta atau copyright, adalah suatu hak yang diberikan pada pencipta atas karya literature dan artistic perusahaan, tujuannya yaitu tentunya untuk memberikan perlindungan hak cipta perusahaan dan mendukung serta memberikan penghargaan atas kreatifitas yang dituangkan dalam UU No. 24 Tahun 2014
- b. Paten atau patent, adalah hak eksklusif yang diberikan negara kepada inventor atas hasil invensinya di bidang teknologi, untuk selama waktu tertentu melaksanakan sendiri invensinya tersebut atau memberikan persetujuannya kepada pihak lain untuk melaksanakan, sesuai UU No. 14 Tahun 2001
- c. Merk dagang atau trademark, adalah tanda berupa gambar, nama, kata, huruf, angka, susunan warna, atau kombinasi dari unsur-unsur tersebut yang memiliki tanda pembeda yang biasanya digunakan dalam kegiatan perdagangan barang atau jasa, sesuai

UU No. 15 Tahun 2001

- d. Desain industri atau industrial design, adalah kreasi bentuk, konfigurasi atau komposisi garis atau warna, atau garis dan warna atau gabungan yang berbentuk tiga dimensi atau dua dimensi yang memberikan kesan estetis serta dapat dipakai untuk menghasilkan suatu produk, barang, komoditas industri, atau kerajinan tangan, sesuai UU No. 31 Tahun 2000
- e. Sirkuit terpadu, adalah suatu produk jadi atau setengah jadi yang di dalamnya terdapat berbagai elemen dan sekurang-kurangnya satu dari elemen tersebut adalah elemen aktif, yang sebagian atau seluruhnya saling berkaitan serta dibentuk secara terpadu di dalam sebuah bahan semikonduktor untuk menghasilkan fungsi elektronik, sesuai UU No. 32 Tahun 2000
- f. Rahasia Dagang atau trade secret, adalah informasi yang tidak diketahui oleh umum dibidang teknologi bisnis, memiliki nilai ekonomis yang berguna untuk kegiatan usaha, dan kerahasiaannya dijaga oleh pemilik rahasia dagang.

Peran HKI dalam Ekonomi dan Pembangunan

HKI memegang peranan krusial dalam ekosistem ekonomi kreatif. Perlindungan HKI memberikan jaminan hukum yang memungkinkan kreator dan inovator untuk mengkomersialkan karya mereka, baik melalui penjualan langsung, lisensi, maupun waralaba. Hal ini tidak hanya memberikan keuntungan finansial bagi individu, tetapi juga mendorong terciptanya lapangan kerja dan pertumbuhan industri kreatif secara keseluruhan. Menurut Prof. Irene Calbolli, hampir semua produk yang dikonsumsi publik sarat dengan muatan HKI, dan perlindungannya penting untuk menumbuhkan kreativitas serta meningkatkan reputasi produk yang pada akhirnya mendorong pertumbuhan ekonomi bangsa. Bagi Usaha Mikro, Kecil, dan Menengah (UMKM), HKI dapat menjadi aset tak berwujud yang sangat berharga. Kepemilikan HKI seperti merek dagang yang terdaftar dapat meningkatkan kepercayaan pelanggan, membedakan produk dari pesaing, dan membuka peluang untuk menarik investasi

serta memperluas pasar. Banten Kemenkumham, Bahkan, HKI kini dapat dijadikan objek jaminan fidusia, yang membuka akses pembiayaan bagi pelaku usaha. Pemerintah pun telah meluncurkan program pembiayaan UMKM berbasis KI untuk mendorong pemanfaatan ini.

Hak Kekayaan Intelektual (HKI) berperan vital dalam ekonomi pembangunan dengan mendorong inovasi, memberikan perlindungan hukum bagi pencipta dan inovator, meningkatkan daya saing produk, menjadi aset ekonomi yang bisa dimonetisasi (lisensi, royalti), serta menarik investasi untuk menciptakan lapangan kerja, terutama dalam sektor ekonomi kreatif dan teknologi tinggi, serta membantu produk lokal bersaing di pasar global

Peran Utama HKI dalam Ekonomi Pembangunan

1. Insentif untuk Inovasi dan Kreativitas:

- memberikan hak eksklusif kepada pencipta untuk mengontrol dan mendapatkan imbalan finansial dari karya mereka, mendorong mereka untuk terus berinovasi tanpa takut ditiru.
- Ini menciptakan lingkungan kondusif untuk penelitian dan pengembangan (R&D).

2. Monetisasi dan Penciptaan Nilai Ekonomi:

- HKI seperti paten, merek, dan hak cipta dapat dijadikan aset untuk mendapatkan keuntungan finansial melalui lisensi, royalti, atau penjualan, meningkatkan nilai ekonomi produk kreatif.
- Sektor ekonomi kreatif berkontribusi signifikan pada PDB nasional berkat perlindungan HKI.

3. Perlindungan dari Pembajakan dan Peniruan:

- Melindungi karya dari pencurian dan penyalahgunaan, mencegah kerugian ekonomi bagi pencipta dan perusahaan.
- Menjaga kualitas dan reputasi produk, misalnya batik atau kerajinan tangan, agar tidak diklaim pihak lain.

4. **Peningkatan Daya Saing Global:**

Memungkinkan produk kreatif dan teknologi Indonesia bersaing di pasar internasional dengan perlindungan yang kuat terhadap karya intelektual mereka.

5. **Alat Investasi dan Pertumbuhan:**

- Perusahaan yang dilindungi HKI lebih tertarik berinvestasi dalam inovasi karena adanya jaminan keamanan atas investasi tersebut.
- Pertumbuhan industri berteknologi tinggi dan kreatif yang dilindungi HKI menciptakan lapangan kerja baru dan pertumbuhan ekonomi.

6. **Penguatan UMKM:**

Pemerintah memfasilitasi UMKM untuk mendaftarkan HKI (merek, paten, dll.) agar karya mereka terlindungi, menjadi aset untuk modal (jaminan fidusia), dan dapat bersaing di pasar

Contoh Sektor yang didukung HKI:

- Ekonomi Kreatif: Film, musik, desain, kerajinan, kuliner (indikasi geografis).
- Industri Teknologi: Farmasi, teknologi informasi, manufaktur (paten, desain industri).

Dengan demikian, HKI adalah katalisator penting dalam ekonomi pembangunan modern, mengubah kreativitas dan pengetahuan menjadi aset berwujud yang mendorong pertumbuhan ekonomi dan kesejahteraan

Upaya modernisasi dan sosialisasi yang dilakukan DJKI tercermin dalam data statistik permohonan HKI yang menunjukkan tren peningkatan signifikan dalam beberapa tahun terakhir.

Hak Cipta menunjukkan lonjakan paling dramatis. Setelah pertama kali melampaui 100.000 pada tahun 2022, permohonan terus meroket hingga mencapai 200.210 per 3 Desember 2025. Peningkatan ini diatribusikan pada keberhasilan sistem POP HC dan meningkatnya kesadaran di kalangan kreator. Provinsi di Pulau Jawa, seperti Jawa Timur (36.305) dan Jawa Barat (29.744), mendominasi pencatatan hak cipta pada tahun 2025, mencerminkan kuatnya ekosistem kreatif dan pendidikan di wilayah tersebut.

Merek juga menunjukkan tren positif, dengan permohonan dalam negeri konsisten di atas 100.000 sejak 2022. Kelas yang paling

banyak diminati adalah kelas 30 (kopi, teh, dll.), kelas 3 (kosmetik), dan kelas 25 (pakaian), yang mengindikasikan geliat sektor kuliner, kecantikan, dan fesyen. Permohonan dari luar negeri juga meningkat, dengan Tiongkok menunjukkan kenaikan signifikan sebesar 78,77% pada tahun 2024 dibandingkan 2023

Paten mengalami peningkatan permohonan dari 12.449 pada 2021 menjadi 15.815 pada 2024. Namun, sebuah catatan penting adalah dominasi pemohon asing. Rata-rata permohonan paten dalam negeri hanya sekitar 15,9% dari total permohonan sejak tahun 2020, menunjukkan tantangan bagi Indonesia untuk meningkatkan inovasi teknologi domestic.

Desain Industri dalam negeri naik sebesar 20,53% pada 2024, didorong oleh kegiatan pendampingan yang dilakukan DJKI di berbagai daerah. Indonesia bahkan mencatatkan peningkatan permohonan desain industri nasional terbesar di dunia. Sektor otomotif (suku cadang), tekstil, dan furnitur menjadi kategori yang dominan.

Tantangan Kontemporer dalam Perlindungan HKI

Di balik tren positif permohonan, ekosistem HKI Indonesia masih dibayangi oleh sejumlah tantangan fundamental yang memerlukan perhatian serius.

Rendahnya Kesadaran Hukum dan Pemanfaatan HKI

Minimnya kesadaran dan pendidikan masyarakat tentang HKI menjadi isu utama yang menjadi sumber dari berbagai masalah lain (Lukman, 2023). Banyak masyarakat, termasuk pelaku UMKM, belum sepenuhnya memahami nilai strategis HKI dan cenderung menganggap proses pendaftarannya rumit dan mahal (Journalversa.com, 2025). Praktisi hukum Insan Budi Maulana dan Ketua Masyarakat HAKI Gunawan Suryomurcito sepakat bahwa rendahnya kesadaran ini menjadi hambatan utama penegakan hukum, karena masyarakat lebih memilih produk bajakan yang harganya jauh lebih murah. Untuk mengatasi ini, DJKI dan kantor wilayahnya gencar melakukan sosialisasi, edukasi, dan pendampingan melalui berbagai program seperti Klinik Kekayaan Intelektual

Bergerak (KKIB) dan penerapan konsep pentahelix yang melibatkan akademisi, bisnis, komunitas, pemerintah, dan media.

Pelanggaran HKI di Era Digital

Era digital membawa tantangan baru yang lebih kompleks. Kemudahan menyalin dan mendistribusikan konten digital telah memicu maraknya pelanggaran HKI. Pembajakan musik, film, perangkat lunak, dan buku digital masih mendominasi lanskap pelanggaran. Studi kasus yang menghebohkan publik meliputi:

Pembajakan Film: Film "Pengabdi Setan" menjadi korban pembajakan masif di situs streaming ilegal, yang menyebabkan kerugian finansial signifikan bagi produser.

Pelanggaran Hak Cipta Musik: Lagu "Cinta Luar Biasa" karya Andmesh Kamaleng banyak digunakan tanpa izin untuk tujuan komersial, mengakibatkan hilangnya potensi royalti. Kasus serupa menimpa lagu SKJ88 yang digunakan dalam iklan tanpa lisensi. Sengketa royalti juga sering terjadi, seperti yang melibatkan restoran Mie Gacoan dan Lembaga Manajemen Kolektif.

Pemalsuan di Lokapasar (Marketplace): Platform *e-commerce* dan media sosial kerap menjadi sarana penjualan barang palsu, seperti produk MS Glow dan merek mewah Louis Vuitton.

Menghadapi ini, pemerintah melalui DJKI dan Kementerian Komunikasi dan Digital (Komdigi) telah menandatangani perjanjian kerja sama untuk pengawasan konten digital dan pemblokiran situs pelanggar HKI dalam waktu 24 jam. Selain itu, wacana pemanfaatan teknologi seperti *blockchain* untuk manajemen hak cipta digital mulai mengemuka sebagai solusi potensial untuk meningkatkan transparansi dan ketertelusuran.

Penegakan Hukum (Law Enforcement)

Meskipun kerangka hukum sudah ada, penegakan hukum HKI di lapangan masih dianggap lemah (Yulianti, 2025). Tantangannya meliputi keterbatasan sumber daya aparat penegak hukum, kerumitan pembuktian dalam kasus digital, dan proses hukum yang terkadang panjang dan mahal.

Banyak kasus pelanggaran HKI yang berakhir di pengadilan, seperti kasus pemalsuan merek "Gajah Duduk" yang pelakunya divonis pidana penjara dan denda, serta gugatan Louis Vuitton terhadap penjual produk palsu yang dimenangkan oleh merek mewah tersebut. Namun, banyak pula kasus yang prosesnya berlarut-larut atau putusannya dianggap belum memberikan keadilan penuh, seperti sengketa merek "Ayam Geprek Bensu" yang kompleks.

Praktisi hukum Insan Budi Maulana mengkritik penegakan hukum yang terlalu menitikberatkan pada aspek pidana tanpa mengatasi akar masalah, yaitu harga produk asli yang tinggi. Ia menyarankan pendekatan yang lebih seimbang, termasuk menekan harga produk asli atau memberikan subsidi untuk sektor pendidikan. DJKI sendiri berkomitmen untuk memperkuat sinergi antara pusat dan daerah dalam penanganan pelanggaran KI dan meningkatkan kualitas Penyidik Pegawai Negeri Sipil (PPNS).

Perlindungan Pengetahuan Tradisional dan Ekspresi Budaya Tradisional

Salah satu diskursus paling penting dalam HKI di Indonesia adalah bagaimana melindungi Pengetahuan Tradisional (PT) dan Ekspresi Budaya Tradisional (EBT) yang bersifat komunal. Prof. Dr. Agus Sardjono, S.H., M.H., seorang Guru Besar HKI dari Universitas Indonesia, secara konsisten mengkritik penerapan rezim HKI Barat yang individualistik terhadap kekayaan intelektual komunal milik masyarakat adat Indonesia. Menurutnya, sistem HKI yang ada saat ini belum mampu memberikan perlindungan yang adil bagi PT dan EBT, seperti pengetahuan tentang obat-obatan tradisional atau motif seni komunal.

Prof. Agus Sardjono berpendapat bahwa UU Pemajuan Kebudayaan harus bersinergi dengan UU HKI. Ia mengusulkan adanya penyerasian norma hukum, misalnya dengan mengamandemen UU Paten untuk mengakui hak kolektif masyarakat lokal, dan menempatkan pemerintah sebagai kustodian (penjaga) hak-hak komunal tersebut (Law UI, 2022). Meskipun UU Paten terbaru telah menyederhanakan prosedur untuk invensi berbasis SDG/PT, tantangan untuk

menciptakan sebuah sistem *sui generis* (sistem hukum tersendiri) yang komprehensif untuk melindungi kekayaan intelektual komunal masih menjadi pekerjaan rumah besar bagi Indonesia.

Tantangan Baru: Kecerdasan Buatan (AI)

Perkembangan pesat AI memunculkan tantangan hukum baru yang belum sepenuhnya diakomodasi oleh regulasi HKI yang ada. Isu-isu fundamental meliputi: Siapakah pencipta karya yang dihasilkan oleh AI? Apakah AI bisa menjadi subjek hukum pemegang HKI? Dan bagaimana pertanggungjawaban hukum jika AI melakukan pelanggaran hak cipta dengan menggunakan data pelatihan tanpa izin?. Kasus-kasus gugatan global terhadap perusahaan AI seperti Nvidia dan Open AI oleh para penulis dan penerbit musik karena penggunaan karya berhak cipta sebagai data pelatihan menjadi preseden penting. Di Indonesia, UU Hak Cipta dan UU Paten saat ini masih membatasi subjek hukum pencipta atau inventor pada manusia (orang-perorangan). Meskipun program komputer dilindungi sebagai hak cipta, dan algoritma dengan efek teknis bisa dipatenkan, status hukum karya yang sepenuhnya dihasilkan AI masih menjadi area abu-abu yang memerlukan pengaturan lebih lanjut.

4. KESIMPULAN

Perlindungan Hak Kekayaan Intelektual di Indonesia menunjukkan gambaran yang kontradiktif tetapi penuh harapan. Indonesia telah mencapai kemajuan signifikan dalam modernisasi kerangka regulasi dan layanan HKI. Pengesahan UU No. 65 Tahun 2024 tentang Paten dan digitalisasi layanan oleh DJKI telah mendorong lonjakan permohonan HKI, yang mengindikasikan peningkatan kesadaran dan aktivitas inovasi di Masyarakat. Rendahnya kesadaran hukum masyarakat secara umum, maraknya pelanggaran HKI di ranah digital, lemahnya penegakan hukum, serta kesulitan yang dihadapi UMKM menjadi hambatan serius. Isu-isu yang lebih kompleks seperti perlindungan pengetahuan tradisional yang bersifat komunal dan tantangan yang ditimbulkan oleh teknologi AI juga menuntut respons kebijakan yang cermat dan adaptif.

diperlukan strategi yang komprehensif dan kolaboratif. Penguatan penegakan hukum harus diimbangi dengan edukasi publik yang masif dan berkelanjutan. Dengan mengatasi tantangan yang ada secara sistematis, Indonesia berpotensi besar untuk mentransformasikan kekayaan intelektualnya menjadi kekuatan ekonomi yang berdaya saing tinggi di panggung global

DAFTAR PUSTAKA

- Darwance, D., Yokotani, Y., & Anggita, W. (2025). Artificial Intelligence Berdasarkan Konsep Hak Kekayaan Intelektual: Sebuah Tinjauan Filosofis. *Jurnal Magister Hukum Udayana*, 14(3), 665-693.
- Journalversa.com. (2025). Strategi Perlindungan dan Pemanfaatan Hak Kekayaan Intelektual (HKI) oleh UMKM. *Quantum Juris: Jurnal Hukum Modern*, 7(3), 29-32.
- Law UI. (2022). *Hak Kekayaan Intelektual dan Pengetahuan Tradisional (Prof. Dr. Agus Sardjono, S.H., M.H.) oleh M. Sofyan Pulungan*. Diakses dari <https://law.ui.ac.id/v3/hak-kekayaan-intelektual-dan-pengetahuan-tradisional-prof-dr-agus-sardjono-s-h-m-h-oleh-m-sofyan-pulungan/>
- Lukman, M. (2023). Tantangan Penegakan Hukum Hak Kekayaan Intelektual dalam Pengembangan Ekonomi Kreatif di Era Revolusi Industri 4.0. *Nusantara: Jurnal Ilmu Pengetahuan Sosial*, 10(6), 2971-2981.
- Saidin, O. K. (2019). *Aspek Hukum Hak Kekayaan Intelektual (Intellectual Property Rights)* (10th ed.). Rajawali Pers.
- Yulianti, Y. (2025). Kajian Yuridis terhadap Perlindungan Hak Kekayaan Intelektual di Era Digital Berdasarkan Undang-Undang Nomor 28 Tahun 2014 tentang Hak Cipta. *Universal Journal of Social Justice*, 341-350.

ANALISIS KAPASITAS *TRACTION POWER SUBSTATION* (TPSS) PADA SAAT KONDISI DARURAT PADA TPSS JATIMULYA – JATIBENING BARU UNTUK PENGOPERASIAN *LIGHT RAIL TRANSIT* (LRT) JABODEBEK

¹Padmundana, ²Budiono, ³Hafid Ilham Rosyadi

¹²³Program Studi Teknik Elektro, FTI, Institut Teknologi Budi Utomo Jakarta
padmundana@itbu.ac.id

Abstrak

Traction Power Substation (TPSS) merupakan infrastruktur vital yang berperan penting dalam menjamin keberlangsungan operasional Kereta LRT di Indonesia. Pada kondisi darurat, seperti bencana alam atau gangguan teknis, TPSS dituntut memiliki kapasitas daya yang memadai agar operasional kereta tetap berjalan secara aman dan andal. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kemampuan kapasitas TPSS dalam kondisi darurat, khususnya pada ruas Jatimulya–Jatibening Baru, dengan skenario kegagalan salah satu TPSS yang terhubung secara paralel sehingga tidak dapat digunakan untuk mendukung operasional LRT. Metode penelitian dilakukan dengan membandingkan kapasitas daya TPSS pada kondisi normal dan kondisi darurat, disertai analisis data serta perhitungan berdasarkan spesifikasi teknis masing-masing TPSS. Hasil perhitungan menunjukkan bahwa pada kondisi normal dengan headway aktual 10 menit, seluruh TPSS memiliki nilai pembebanan di bawah 100% sehingga mampu beroperasi secara kontinu. Namun, pada simulasi kondisi darurat ketika salah satu TPSS padam dengan headway 10 menit, hanya TPSS Cikunir 2 dan TPSS Bekasi Barat yang mampu saling mem-backup secara terus-menerus, sementara TPSS lainnya hanya dapat beroperasi maksimal selama 2 jam akibat persentase pembebanan mencapai 100% hingga 150%. Selanjutnya, pada kondisi darurat dengan penyempitan headway menjadi 5 menit, TPSS yang mengalami pembebanan sebesar 150% hingga 300% hanya mampu beroperasi dalam rentang waktu 1–5 menit. Temuan ini menunjukkan bahwa meskipun TPSS masih mampu menopang operasional pada kondisi tertentu, diperlukan strategi dan perencanaan yang lebih optimal untuk meningkatkan keandalan suplai daya dalam menghadapi kondisi darurat, guna menjamin keselamatan dan kelancaran operasional Kereta LRT Jabodebek.

Kata Kunci : *Traction Power Substation* (TPSS), headway, *Light Rail Transit* (LRT), Kapasitas Daya, Suplai Daya

1. PENDAHULUAN

Light Rail Transit (LRT) Jabodebek merupakan moda transportasi berbasis rel yang dirancang sebagai solusi transportasi yang efisien dan ramah lingkungan untuk mengurangi kemacetan serta emisi gas rumah kaca di kawasan perkotaan, khususnya wilayah Jakarta, Bogor, Depok, dan Bekasi. LRT Jabodebek memiliki peran strategis dalam mendukung sistem transportasi publik yang terintegrasi di Indonesia. Pembangunannya didasarkan pada Peraturan Presiden Nomor 98 Tahun 2015 tentang Percepatan Penyelenggaraan Kereta Api Ringan/LRT yang terintegrasi di wilayah Jabodebek, dengan PT Kereta Api Indonesia (KAI) ditunjuk sebagai operator LRT Jabodebek [1]. LRT Jabodebek melayani rute Stasiun Dukuh Atas–Jatimulya dan Stasiun Dukuh Atas–Harjamukti.

Agar dapat beroperasi secara optimal, LRT Jabodebek memerlukan fasilitas operasi yang andal, meliputi sistem persinyalan, telekomunikasi, dan instalasi listrik.

Berdasarkan Peraturan Menteri Perhubungan Nomor PM.12 Tahun 2011 tentang Persyaratan Teknis Instalasi Listrik Perkeretaapian, instalasi listrik berfungsi untuk menggerakkan kereta listrik, mengoperasikan sistem persinyalan dan telekomunikasi, serta mendukung fasilitas penunjang lainnya [2]. Instalasi listrik perkeretaapian terdiri dari Traction Power Substation (TPSS) sebagai catu daya dan peralatan transmisi tenaga listrik. TPSS berperan mengubah tegangan listrik dari sistem kelistrikan utama menjadi tegangan yang sesuai dengan kebutuhan operasional kereta LRT.

TPSS Jatimulya–Jatibening Baru merupakan salah satu TPSS yang menyuplai daya listrik bagi pengoperasian LRT pada lintasan Stasiun Jatimulya hingga Stasiun Jatibening Baru. Pada kondisi normal, TPSS mampu menyediakan daya sesuai dengan kapasitas yang telah direncanakan. Namun, dalam kondisi darurat seperti gangguan teknis, bencana alam, atau kegagalan sistem, TPSS

harus tetap mampu mendukung operasional secara efektif dan efisien. Oleh karena itu, analisis kapasitas TPSS pada kondisi darurat menjadi sangat penting untuk memastikan keandalan operasional dan kontinuitas pasokan daya.

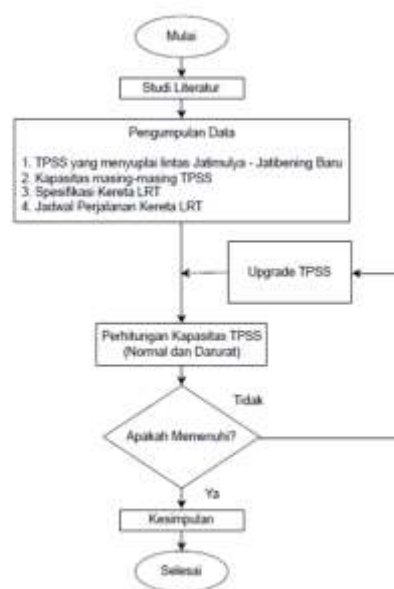
Analisis ini mencakup penilaian kemampuan TPSS dalam menyuplai daya saat terjadi gangguan. TPSS Jatimulya–Jatibening Baru dipasang secara paralel untuk meningkatkan keandalan pasokan, meskipun konfigurasi tersebut berpotensi menimbulkan risiko kegagalan ketika salah satu TPSS padam. Jika beban dialihkan ke TPSS yang masih beroperasi, perhitungan kapasitas daya yang tepat diperlukan untuk mencegah overload. Perhitungan kapasitas TPSS pada kondisi darurat dapat dilakukan dengan menghitung daya *output* TPSS dan menganalisis kemampuan TPSS dalam memenuhi kebutuhan daya untuk operasional LRT Jabodebek.

LRT Jabodebek menerima pasokan listrik sebesar 750 VDC. Sumber tegangan ini berasal dari suplai listrik PLN sebesar 20 kV AC, yang kemudian diturunkan menjadi 590 VAC melalui *transformator step-down*. Selanjutnya, tegangan 590 VAC tersebut diubah menjadi arus searah (DC) sebesar 750 VDC oleh rectifier. Tegangan 750 VDC ini disalurkan melalui Rel Ketiga (*Third Rail*) dan diteruskan ke rangkaian kereta LRT melalui CCD (*Current Collector Device*) [3]. Sistem elektrifikasi dari LRT memiliki keuntungan dalam segi kereta listrik seperti bobot kereta lebih ringan, percepatan lebih cepat, emisi karbon yang sangat sedikit agar ramah lingkungan dan lainnya [4].

2. METODOLOGI

Jenis penelitian yang digunakan adalah metode kuantitatif, yaitu dengan cara mengumpulkan data yang bersumber dari PT KAI (Divisi LRT Jabodebek) yang selanjutnya digunakan untuk melakukan perhitungan menggunakan rumus yang sesuai.

Untuk menentukan kapasitas daya TPSS yang dibutuhkan maka perhitungan yang dilakukan meliputi jarak pengisian TPSS, daya maksimum dalam 1 jam, kapasitas daya berdasarkan headway seperti yang terlihat pada persamaan (1) – (4) [5].



Gambar 1. Diagram Alir
Sumber Data : Hasil Olahan Data Penelitian

$$D = \frac{1}{2} (B - A) + \frac{1}{2} (C - B) \quad (1)$$

$$Y = S \times D \times \left(\frac{60}{N}\right) \times 2 \times 50 \times \left(\frac{W}{1000}\right) \quad (2)$$

$$Z1 = Y + 1,7 \times \square \text{Imaks} \times \square Y \quad (3)$$

$$Zn = Z1/2,5 \quad (4)$$

Keterangan :

D = Jarak pengisian TPSS (km)

(B – A) = Jarak TPSS A ke TPSS B (km)

(C – B) = Jarak TPSS B ke TPSS C (km)

Y = Daya maksimum dalam satu jam (kW)

S = Komposisi rangkaian kereta LRT Jabodebek (set)

D = Jarak pengisian TPSS (km)

H = Headway perjalanan kereta LRT (menit)

N = 2 (untuk jalur ganda), 1 (untuk jalur tunggal)

P = Asumsi tingkat konsumsi energi 50 Wh/ton-km

W = Berat total kereta LRT dan total penumpang 200%

Z1 = Kapasitas daya berdasarkan headway

Y = Daya maksimum dalam satu jam

Zn = Kapasitas daya TPSS yang dibutuhkan (kW)

Z1= Kapasitas daya berdasarkan *headway* (kW)

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Tabel 1. Stasiun Lintas Jatimulya – Jatibening Baru

No	Nama Stasiun	Letak KM
1	Jatimulya	17 + 400
2	Bekasi Barat	13 + 702
3	Cikunir 2	10 + 472
4	Cikunir 1	9 + 172
5	Jatibening Baru	6 + 512

Sumber Data : Hasil Olahan Data Penelitian

Tabel 2. Jarak Antar TPSS

No	Lokasi TPSS	KM Awal	KM Akhir	Jarak (km)
1	Jatimulya - Bekasi	17,400	14,940	2,460
2	Bekasi – Bekasi Barat	14,940	13,400	1,540
3	Bekasi Barat – Cikunir 2	13,400	11,660	1,740
4	Cikunir 2 – Cikunir 1	11,660	9,900	1,760
5	Cikunir 1 – Jatibening Baru	9,900	6,490	3,410

Sumber Data : Hasil Olahan Data Penelitian

Tabel 2. Kapasitas TPSS

No	Nama Stasiun	Kapasitas Rectifier Terpasang (kW)
1	Jatimulya	3.000
2	Bekasi Barat	3.000
3	Cikunir 2	3.000
4	Cikunir 1	3.000
5	Jatibening Baru	3.000

Sumber Data : Hasil Olahan Data Penelitian

Tabel 4. Standar Pembebanan Rectifier

No	Pembebanan	Kemampuan
1	100 %	Continous
2	150 %	120 menit
3	200 %	5 menit
4	300 %	1 menit

Sumber Data : Hasil Olahan Data Penelitian

Perhitungan dilakukan dengan cara menghitung jumlah setengah dari jarak TPSS Depo ke Jatimulya dan setengah jarak dari TPSS Jatimulya ke Bekasi. Parameter untuk perhitungan jarak pengisian TPSS Bekasi adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 \text{KM TPSS Depo} &= 19 + 000 \text{ (Sebagai TPSS A)} \\
 \text{KM TPSS Jatimulya} &= 17 + 400 \text{ (Sebagai TPSS B)} \\
 \text{KM TPSS Bekasi} &= 14 + 940 \text{ (Sebagai TPSS C)}
 \end{aligned}$$

Maka perhitungan jarak pengisian TPSS Jatimulya dapat menggunakan persamaan (1)

$$\begin{aligned}
 D &= \frac{1}{2} (B - A) + \frac{1}{2} (C - B) \\
 &= \frac{1}{2} (17,400 - 19,000) + \frac{1}{2} (14,940 - 17,400) \\
 &= 0,8 + 1,230 \\
 &= 2,03 \text{ km}
 \end{aligned}$$

Tabel 5. Jarak Pengisian TPSS

No	Lokasi TPSS	Jarak Pengisian (km)
1	Jatimulya	2,03
2	Bekasi	2,00
3	Bekasi Barat	1,64
4	Cikunir 2	1,75
5	Cikunir 1	2,58
6	Jatibening Baru	2,64

Sumber Data : Hasil Olahan Data Penelitian

Perhitungan daya maksimum dalam satu jam (Y) TPSS Jatimulya dapat menggunakan persamaan (2)

$$\begin{aligned}
 Y &= S \times D \times \left(\frac{60}{H}\right) \times N \times P \times \left(\frac{W}{1000}\right) \\
 &= 6 \times 2,03 \times \left(\frac{60}{10}\right) \times 2 \times 50 \times \left(\frac{353,16}{1000}\right) \\
 &= 2.580,89 \text{ kW}
 \end{aligned}$$

Maka kapasitas daya berdasarkan *headway* (Z1) TPSS Jatimulya dapat diketahui menggunakan persamaan (3)

$$\begin{aligned}
 Z1 &= Y + 1,7 \times \sqrt{I_{\text{maks}}} \times \sqrt{Y} \\
 &= 2.580,89 + 1,7 \times \sqrt{1.610} \times \sqrt{2.580,89} \\
 &= 6.046,24 \text{ kW}
 \end{aligned}$$

Selanjutnya dapat diketahui besarnya kapasitas daya yang dibutuhkan (Zn) pada TPSS Jatimulya dengan menggunakan persamaan (4)

$$\begin{aligned}
 Zn &= \left(\frac{Z1}{2,5}\right) \\
 &= \left(\frac{6.046,24}{2,5}\right) \\
 &= 2.418,50 \text{ kW}
 \end{aligned}$$

Tabel 6. Hasil Perhitungan Kapasitas TPSS dalam kondisi normal

KONDISI NORMAL					
No	TPSS	Hasil Perhitungan (kW)	Kapasitas Rectifier Terpasang (kW)	Persentase Kapasitas TPSS	Kondisi sesuai PM 50 tahun 2018
1	Jatimulya	2.418,50	3000	81%	Continuous
2	Bekasi	2.392,96	3000	88%	Continuous
3	Bekasi Barat	2.079,92	3000	69%	Continuous
4	Cikunir 2	2.176,96	3000	79%	Continuous
5	Cikunir 1	2.874,74	3000	94%	Continuous
6	Jatibening Baru	2.923,31	3000	97%	Continuous

Sumber Data : Hasil Olahan Data Penelitian

Tabel 7. Hasil perhitungan kapasitas TPSS dalam kondisi darurat

KONDISI DARURAT							
No	TPSS yang Padam	Hasil Perhitungan (kW)	Headway (menit)	Hasil Perhitungan (kW)	Kapasitas Rectifier Terpasang (kW)	Persentase Kapasitas TPSS	Kondisi sesuai PM 50 tahun 2018
1	Jatimulya	Bekasi	10 (aktual)	3.051,88	3000	102%	2 jam
		Bekasi	5	5.150,15	3000	172%	5 Menit
2	Bekasi	Jatimulya	10 (aktual)	3.051,88	3000	102%	2 jam
		Jatimulya	5	5.150,15	3000	172%	5 Menit
3	Bekasi Barat	Bekasi Barat	10 (aktual)	3.107,70	3000	104%	2 jam
		Bekasi Barat	5	5.249,91	3000	175%	5 Menit
		Bekasi	10 (aktual)	3.107,70	3000	104%	2 jam
		Bekasi	5	5.249,91	3000	175%	5 Menit
4	Cikunir 2	Cikunir 2	10 (aktual)	2.825,94	3000	94%	Continuous
		Cikunir 2	5	4.747,30	3000	158%	5 Menit
		Bekasi Barat	10 (aktual)	2.825,94	3000	94%	Continuous
		Bekasi Barat	5	4.747,30	3000	158%	5 Menit
		Cikunir 1	10 (aktual)	3.565,39	3000	119%	2 jam
		Cikunir 1	5	6.071,48	3000	202%	1 Menit
5	Cikunir 1	Cikunir 2	10 (aktual)	3.565,39	3000	119%	2 jam
		Cikunir 2	5	6.071,48	3000	202%	1 Menit
		Jatibening Baru	10 (aktual)	3.619,22	3000	121%	2 jam
		Jatibening Baru	5	6.168,45	3000	206%	1 Menit
6	Jatibening Baru	Cikunir 1	10 (aktual)	3.619,22	3000	121%	2 jam
		Cikunir 1	5	6.168,45	3000	206%	1 Menit

Sumber Data : Hasil Olahan Data Penelitian

Berdasarkan Tabel 6, perhitungan kebutuhan daya TPSS pada kondisi normal untuk pengoperasian LRT Jabodebek dengan headway aktual 10 menit menunjukkan bahwa TPSS Jatimulya membutuhkan daya sebesar 2.418,50 kW, TPSS Bekasi 2.392,96 kW, TPSS Bekasi Barat 2.079,92 kW, TPSS Cikunir 2 2.176,96 kW, TPSS Cikunir 1 2.874,74 kW, dan TPSS Jatibening Baru 2.923,31 kW. Keenam TPSS tersebut memiliki persentase pembebanan di bawah 100%, sehingga berdasarkan persyaratan pembebanan rectifier pada Tabel 4, seluruh TPSS masih mencukupi dan mampu beroperasi secara terus-menerus.

Selanjutnya, berdasarkan simulasi pada Tabel 7 dengan skenario salah satu TPSS padam dan headway tetap 10 menit, diperoleh hasil sebagai berikut. Saat TPSS Jatimulya padam, TPSS Bekasi mem-backup dengan daya 3.051,88 kW. Saat TPSS Bekasi padam, TPSS Jatimulya dan TPSS Bekasi Barat mem-backup masing-masing sebesar 3.051,88 kW dan 3.107,70 kW. Saat TPSS Bekasi Barat padam, TPSS Bekasi dan TPSS Cikunir 2 mem-backup sebesar 3.107,70 kW dan 2.825,94 kW. Saat TPSS Cikunir 2 padam, TPSS Bekasi Barat dan TPSS Cikunir 1 mem-backup sebesar 2.825,94 kW dan 3.565,39 kW. Saat TPSS Cikunir 1 padam, TPSS Cikunir 2

dan TPSS Jatibening Baru mem-backup sebesar 3.565,39 kW dan 3.619,22 kW. Saat TPSS Jatibening Baru padam, TPSS Cikunir 1 mem-backup sebesar 3.619,22 kW. Pada kondisi ini, TPSS dengan persentase pembebanan di bawah 100% hingga 200% masih mampu beroperasi secara terus-menerus.

Pada kondisi darurat dengan salah satu TPSS padam dan headway dipersempit menjadi 5 menit, terjadi peningkatan pembebanan yang signifikan. Daya backup berkisar antara 4.747,20 kW hingga 6.168,45 kW dengan persentase pembebanan 158% hingga 206%. Berdasarkan persyaratan pembebanan pada Tabel 4, TPSS dengan pembebanan 100% hingga 300% pada kondisi ini hanya mampu beroperasi maksimal selama 1 menit.

4. KESIMPULAN

Setelah dilakukan analisis perhitungan kapasitas TPSS untuk mensuplai daya listrik pada TPSS lintas Jatimulya – Jatibening Baru saat kondisi darurat dapat disimpulkan bahwa:

1. Berdasarkan perhitungan kebutuhan daya TPSS dalam kondisi normal untuk pengoperasian LRT Jabodebek dengan headway aktual yaitu 10 menit, hasil perhitungan TPSS Jatimulya sebesar 2.418,50 kW, TPSS Bekasi, sebesar 2.392,96 kW, TPSS Bekasi Barat sebesar 2.079,92 kW, TPSS Cikunir 2 sebesar 2.176,96 kW, TPSS Cikunir 1 sebesar 2.874,74 kW, dan TPSS Jatibening Baru sebesar 2.923,31. Seluruh TPSS tersebut memiliki persentase pembebanan dibawah 100% sehingga mampu beroperasi secara terus menerus.

2. Jika dilakukan simulasi dengan salah satu TPSS padam dengan headway aktual yaitu 10 menit maka hanya TPSS Cikunir 2 yang dapat mem-backup secara terus-menerus ketika TPSS Bekasi Barat padam dan TPSS Bekasi Barat yang dapat mem-backup secara terus-menerus ketika TPSS Cikunir 2 padam, karena kedua TPSS tersebut memiliki persentase pembebanan dibawah 100%, serta TPSS lainnya hanya mampu beroperasi paling lama selama 2 jam saja, karena memiliki persentase pembebanan 100% hingga 150%.

3. Ketika dilakukan perhitungan dalam kondisi darurat saat salah satu TPSS padam dengan penyempitan headway menjadi 5 menit, maka semua TPSS yang memiliki persentase

pembebanan 150% hingga 300% hanya mampu beroperasi selama 1 - 5 menit saja.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] “Perpres Nomor 98 Tahun 2015”.
- [2] “MENTERIPERHUBUNGAN REPUBLIK INDONESIA.”
- [3] Sugianto, H. A. Alfiansyah, V. Hadi, and Ariman, “Analisa Perhitungan Kapasitas Daya Gardu Traksi Pada Kereta Rel Listrik,” *J. Presisi*, vol. 25, no. 2, pp. 1–15, 2023.
- [4] H. I. Arjiansah and Umar, “Penggunaan Suplai Daya Rel Ketiga dan Rugi-Rugi Sistem Propulsi Pada Light Rail Transit (LRT),” *Simp. Nas. RAPI XX – 2021 FT UMS*, pp. 167–174, 2021.
- [5] E. Haryatmi and R. Setyo Wibowo, “Analisis Kapasitas Daya Pada Gardu Traksi Lintas Bojonggede – Bogor Menggunakan Kereta Rel Listrik Seri EA 203,” *J. Perkeretaapi. Indones. (Indonesian Railw. Journal)*, vol. 6, no. 1, pp. 1–13, 2022, doi: 10.37367/jpi.v6i1.193.

PENGEMBANGAN ALAT MONITORING REAL- TIME PADA KWh METER 3 FASE UNTUK OPTIMALISASI PENGUKURAN ENERGI LISTRIK BERBASIS BLYNK IOT DI LINGKUNGAN MNC STUDIO

¹ Cahyono Koerniawan Hidayat ²Leni Devera Asrar ³Eko Priyono

Program Studi Teknik Elektro, FTI, Institut Teknologi Budi Utomo,
cahyonokh@itbu.ac.id , leniasrar@itbu.ac.id, ekopriyono@itbu.ac.id

Abstrak

Dalam konteks meningkatnya kesadaran akan pentingnya efisiensi pengukuran energi listrik. Maka pengembangan alat monitoring real-time pada kWh meter 3 fase menjadi semakin relevan. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan sebuah alat monitoring yang mampu menyediakan informasi real-time tentang konsumsi energi listrik pada kWh meter 3 fase di lingkungan MNC Studio. Metode pengembangan alat ini menggunakan platform Blynk Internet of Things (IoT) untuk mengintegrasikan data dari kWh meter dengan perangkat pintar seperti smartphone atau tablet. Penelitian ini terdiri dari beberapa tahap, diantaranya perancangan sistem, implementasi, dan pengujian. Analisis kebutuhan dilakukan dengan mewawancarai pengguna potensial dan mengidentifikasi fitur yang dibutuhkan. Perancangan sistem meliputi pemilihan sensor yang sesuai dalam hal ini menggunakan microcontroller NodeMCU Espressif Systems Platform-8266 (ESP-8266), sensor Peacefair Electronic Energy Meter (PMEZ-004T) sebagai alat membaca arus, tegangan serta daya dari CT (current transformer), seoftware Arduino IDE untuk membuat skema alat, dan pengaturan koneksi ke platform Blynk. Implementasi sistem melibatkan pemasangan sensor pada kWh meter 3 fase dan konfigurasi perangkat lunak untuk mentransfer data secara real-time. Pengujian dilakukan untuk memverifikasi kinerja alat monitoring, termasuk akurasi pengukuran dan responsivitas antar muka pengguna.

Kata Kunci: ESP 8266, PZEM 004T, CT, Blynk, KWH Meter.

1. PENDAHULUAN

Alat monitoring kWh meter yang berada dilingkungan MNC studios saat ini masih manual atau belum terakses pada software. Untuk melakukan kegiatan pencatatan data seorang teknisi harus mendatangi satu persatu panel distribusi. Hal ini menjadi masalah ketika jumlah operator di lapangan tidak memadai ketika dibutuhkan data secepat mungkin karena berbenturan dengan pekerjaan yang lain.

Demikian pula dalam input data laporan untuk mengajukan tagihan maupun pencocokan data terkadang ada kesalahan maupun kekosongan pada kegiatan tersebut, dikarenakan lupa bahkan dengan sengaja mengacuhkan rutinitas. Sehingga mengakibatkan admin harus menebak atau memasukan angka sembarang dengan parameter dari kebiasaan pemakaian daya harian pada panel tersebut. Oleh karena itu di butuhkan sebuah monitoring yang bisa di akses secara realtime, di manapun dan

kapanpun yang menunjukkan parameter arus, tegangan, daya, $\cos \rho$, Frekuensi.

Menggunakan sistem Internet of Things (IoT) dengan aplikasi Blynk adalah sebuah layanan aplikasi yang dirancang dan digunakan untuk mengontrol mikrokontroler dari jaringan internet. Aplikasi yang disediakan oleh blynk sendiri masih butuh disusun sesuai dengan kebutuhan. Penggunaan aplikasi tersebut pada penelitian ini didasari oleh mudahnya implementasi program blynk dengan mikrokontroler, mudahnya pemasangan pada smartphone, penyusunan tampilan aplikasi bisa disesuaikan sendiri sesuai dengan selera, dan aplikasi ini gratis (M. H. Bin Zohari and M. F. Bin Johari ,2019) merupakan sebuah solusi yang tepat karena kita dapat memonitoring secara realtime dan dari jarak jauh melalui gawai. Sistem Internet of Things (IoT) merupakan konsep dimana suatu device atau perangkat yang diintegrasikan input-input sensor dan program software dengan tujuan untuk mengirim data dan bertukar data yang

mengkoneksikan benda fisik dan virtual selama terhubung ke internet (A. Junaidi, 2015)

Hal tersebut mendorong penulis untuk membuat sebuah prototype monitoring kWh meter berbasis Internet of things (IoT) menggunakan microcontroller NodeMCU ESP 8266 dipadukan dengan sensor PZEM-004t sebagai pembaca data pada aliran listrik 3 fase, untuk mengolah dan konektivitas bahasa pemrograman C++ dari Arduino IDE yang disederhanakan dengan bantuan pustaka - pustaka (libraries) yang ada di dalam program mudah dipahami menjadi pilihan penulis menggunakan software ini, untuk tampilan data kWh meter memakai LCD pada device dan aplikasi Blynk di smartphone, laptop maupun PC sebagai subscriber.

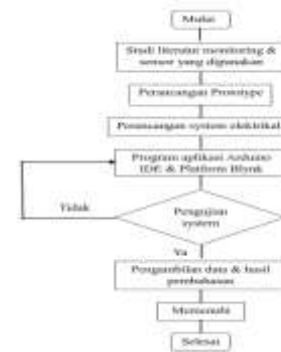
2. METODOLOGI

2.1 Jenis Penelitian

Jenis penelitian yang digunakan yaitu perancangan alat melalui prototipe (R&D) merupakan metode penelitian yang dilakukan secara sengaja dan sistematis untuk menyempurnakan produk yang telah ada maupun mengembangkan suatu produk baru melalui pengujian sehingga produk tersebut dapat dipertanggungjawabkan.

Selain jenis penelitian tersebut pada penulisan ini menggunakan metode penelitian kuantitatif dimana sangat diperlukan dalam perbandingan dan perhitungan dari data yang ditampilkan oleh alat. Sehingga membuat suatu kerangka dasar penyelesaian terhadap permasalahan yang diangkat dalam skripsi ini. Pada penelitian ini, metode yang digunakan adalah perancangan alat monitoring real-time pada kWh Meter 3 fase untuk optimalisasi konsumsi energi listrik berbasis blynk IoT di lingkungan MNC Studios.

2.2 Diagram Alir



Gambar 1 Diagram Alir Sistem Monitoring Berbasis IoT

Sumber : Penelitian Mandiri 2025

1. Studi Literatur

Tahapan ini dilakukan sebagai landasan teori dalam menghimpun data serta penyelesaian masalah. Pencarian referensi-referensi dalam Studi literatur ini diperoleh dari berbagai sumber seperti, jurnal penelitian, tugas akhir, maupun dari internet.

2. Perancangan prototipe

Tahapan ini penulis melakukan perancangan alat dan bahan, memilih penempatan device untuk mendapatkan tampilan yang maksimal.

3. Perancangan Sistem Elektrikal

Tahapan ini dilakukan simulasi penyatuan wiring melalui software fritzing. Setelah wiring pada software dianggap benar, maka langsung diimplementasikan secara langsung pada modul sensor yang di gunakan seperti sensor PZEM 004t dan mikrokontroler NodeMCU ESP 8266.

4. Program Aplikasi Arduino IDE & Platform Blynk.

Tahapan ini dilakukan untuk pembuatan program perintah untuk mikrokontroler NodeMCU ESP 8266 pada software Arduino IDE. Setelah itu dilakukan pengujian untuk memeriksa ada tidaknya kesalahan dalam pemrograman dengan melakukan compile pada menu yang ada di software Arduino.

5. Pengujian sistem.

Tahapan ini dilakukan setelah perancangan system electrical berhasil

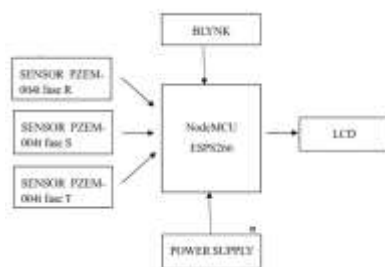
dan pemrograman berhasil yaitu dengan melakukan pengujian monitoring pada tiap sensor apakah sudah berfungsi dengan baik dalam pembacaan nilai sensor. Pengujian dilakukan pada menu serial monitor di software Arduino menggunakan pembacaan serial baud untuk mendapatkan nilai pembacaan sensor dan pada dashboard menu platform thinger.io. Apabila uji system gagal atau mengalami masalah maka harus mengulangi pada langkah sebelumnya

6. Pengambilan, Pengolahan Data dan Kesimpulan

Pengambilan dan pengolahan data dilakukan setelah melihat hasil monitoring yang ditampilkan pada dashboard Blynk. Kemudian dari hasil data yang diperoleh, maka dapat diambil kesimpulan dalam penelitian tersebut.

2.3 Perancangan Blok Diagram

Pada perancangan sebuah alat langkah pertama adalah membuat konsep rangkaian sistem kerja alat, hal itu sangat membantu dalam mengetahui alur kerja masing-masing komponen dari alat tersebut. Agar memudahkan dalam penyusunan dan alur kerja masing-masing komponen maka dibuatkanlah rangkaian seperti yang ditampilkan pada gambar 2 blok diagram alur :



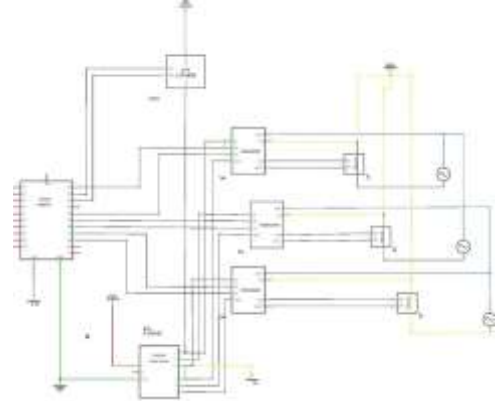
Gambar 2 Blok Diagram Alat.

Sumber : Penelitian Mandiri 2025

Dari blok diagram tersebut terlihat bahwa power supply menggunakan adaptor sebagai power dan Sensor PZEM-004t digunakan sebagai input sensor yang nantinya akan mengirimkan sinyal analog. Hasil sensing tersebut di transmisikan ke board kontrol esp8266 yang kemudian

di olah dan di tampilkan ke LCD serta aplikasi blynk jika alat tersebut terhubung ke wifi. Untuk indikator pada divicenya yaitu lampu indikator. Yang berfungsi sebagai indikator tanda terhubung ke wifi.

2.4 Perancangan Rangkaian Pengawatan



Gambar 3 Rangkaian Pengawatan Alat.

Sumber : Penelitian Mandiri 2025

Pada skema pengawatan menunjukkan baterai sebagai power Supply menggunakan modul adaptor tambahan sehingga dapat menghasilkan output 3.3V dengan perangkat input berupa sensor PZEM-004t begitu pun perangkat output berupa led, yang telah diintegrasikan dengan mikrokontroler ESP- 8266. Dimana LED1 apabila berfungsi sebagai penanda bahwa perangkat telah aktif. Sensor PZEM-004t berfungsi sebagai penerima data dari hasil bacaan CT (Current Transformator) Semua input hasil pembacaan sensor akan di kirim melalui ESP-8266 dengan bantuan jaringan internet ke Blynk dan dapat dilihat secara real-time hasil pembacaan sensor tersebut.

2.5 Alat dan Bahan Penelitian

1. Alat Penelitian

Alat penelitian merupakan keseluruhan alat kerja yang dapat digunakan untuk mendukung setiap pekerjaan yang dilakukan dalam penelitian ini dalam tahap pengembangan sistem. Pada tabel 1 berisi daftar seluruh alat yang digunakan dalam penelitian ini.

Tabel 1 Daftar Alat yang Digunakan Penelitian.

NO	Alat	Merk/Keterangan	Kuantiti (pcs)
1	Solder	-	1
2	Cutter	-	1
3	Tang Kombinasi	-	1
4	Tang Potong	-	1
5	Lem Tembak	-	1
6	Tespen	-	1
7	Gunting	-	1
8	Obeng	Plus (+), Minus (-)	1

Sumber : Penelitian Mandiri 2025

2. Bahan Penelitian

Bahan penelitian adalah bahan-bahan atau komponen yang digunakan selama proses penelitian. Tabel 2 adalah bahan yang digunakan dalam penelitian ini.

Tabel 2 Daftar Bahan yang Digunakan Penelitian.

NO	Bahan	Merk/Keterangan	Kuantiti (pcs)
1	Laptop	ASUS VivoBook A442U	1
2	NodeMCU ESP 8266	Espressif System	1
3	PZEM-004T	Proceolan	3
4	LCD I2C	-	1
5	Kabel micro USB	-	1
6	Fitting Lampu	-	3
7	Lampu	-	3
8	Stop Kontak	-	1
9	Kabel Jumper male to female	-	...
10	Kabel Jumper male to male	-	...
11	Kabel Jumper female to female	-	...

Sumber : Penelitian Mandiri 2025

Tabel 3 Tabel Peralatan Software

Peralatan Software		
Material	Justifikasi Pemakaian	Kuantitas (pcs)
Arduino IDE	Software utama yang dibutuhkan dalam menyelesaikan alat penelitian	1
Platform Blynk	Software utama yang dibutuhkan dalam menyelesaikan alat penelitian	1
Fritzing	Software pendukung yang dibutuhkan dalam menyelesaikan alat penelitian	1

Sumber : Penelitian Mandiri 2025

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Assembling Alat

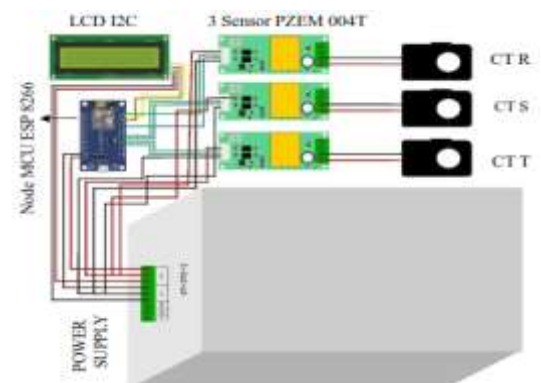
Tahap assembling alat adalah proses merakit seluruh komponen elektronik dan mekanik untuk membentuk sistem monitoring real-time pada kWh meter 3 fase. Proses ini dilakukan setelah seluruh rancangan blok diagram, simulasi, dan perencanaan perangkat keras dan lunak

selesai dilakukan. Assembling melibatkan kegiatan menyusun, menyolder, dan menyambungkan kabel serta perangkat elektronik ke dalam satu kesatuan sistem. Komponen utama dalam perakitan alat ini meliputi:

- 1) 1 Mikrokontroler NodeMCU ESP8266
- 2) Tiga buah sensor PZEM-004T untuk masing-masing fase (R, S, dan T)
- 3) LCD I2C
- 4) Adaptor power supply (110 - 220 VAC input, 5V 5A output)
- 5) Kabel jumper (male-male, male-female, female-female)
- 6) Perangkat pengaman seperti sekering dan MCB

Pemasangan alat dilakukan dengan mengikuti skema wiring diagram dan blok diagram yang telah dirancang pada Bab III. NodeMCU dipasang di posisi sentral karena berfungsi sebagai pusat pengolahan data dan penghubung ke platform Blynk melalui koneksi WiFi. Setiap sensor PZEM-004T diposisikan untuk membaca parameter listrik dari masing-masing fase, dengan output data berupa tegangan, arus, daya aktif, faktor daya, frekuensi, dan pemakaian energi listrik.

Pemasangan dilakukan secara hati-hati untuk menghindari hubung singkat dan kesalahan koneksi Pin. Semua sambungan diuji menggunakan multimeter sebelum diberikan tegangan kerja. Gambar 4 menunjukkan hasil dari pembuatan sistem perakitan dan pengawatan alat.



Gambar 4 Assembling Alat
Sumber : Penelitian Mandiri 2025

3.2 Pengujian Alat

Pengujian dilakukan dengan membandingkan pembacaan dari alat yang telah dibuat dengan alat ukur standar (seperti multimeter digital atau power meter konvensional). Tujuan pengujian adalah untuk mengetahui:

1. Selisih pembacaan arus, tegangan, daya, dan energi.
2. Konsistensi nilai antara sensor satu dengan yang lain.
3. Respon waktu dari alat monitoring terhadap perubahan beban.
4. Akurasi tingkat pembacaan kWh meter IoT dengan kWh meter standar

Power meter standar yang dipakai adalah ZGJC 3 Phase model CJ- 3D3YS, sedangkan untuk multimeter penulis menggunakan FLUKE.



Gambar 5 Pengujian Alat dengan Menggunakan kWh IoT dan Alat ukur Standar.
 Sumber : Penelitian Mandiri 2025

1. Pengujian Tegangan

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui akurasi data yang terbaca pada kWh meter yang peneliti dan ditampilkan pada monitor blynk, kemudian dibandingkan dengan pengukuran standar. Alat standar yang dipakai adalah power meter ZGJC 3 Phase model CJ-3D3YS, serta tang ampere FLUKE.

Pengukuran ini menampilkan pembacaan tegangan pada phase to netral (P – N). Hasil pengukuran dengan menggunakan alat prototipe peneliti dan alat ukur standar dilakukan selama 4 jam 30 menit dengan 3 kali pengukuran.

1) Pengujian Tegangan dihari pertama

Pengujian pada hari pertama menggunakan 1 beban motor pompa 3 phase dengan spesifikasi beban 0.75 kW, hasil pengujian pembacaan tegangan menggunakan kWh meter IoT dengan kWh meter konvensional



Gambar 6 Tampilan Tegangan Listrik pada Aplikasi Blynk dan Pada LCD Alat dan Alat Ukur Konvensional.

Tabel 3 Hasil Pengujian Tegangan Hari Pertama.

Fase	kWh IoT (V)	kWh Konvensional (V)	Selisih (V)
R	227	227,6	0,997
S	231	231,7	0,997
T	228	229,3	0,994
Avg	228,7	229,5	0,996

Sumber : Penelitian Mandiri 2025

Dari data pada tabel tersebut diketahui bahwa tegangan yang terbaca pada kWh meter IoT memiliki nilai rata-rata 228.7 V sedangkan untuk kWh Meter konvensional adalah 229.5 V, dengan akurasi pengukuran dari kedua kWh meter 0,996 V .

2) Pengujian Tegangan Hari Kedua

Pengujian pada hari kedua menggunakan 2 beban motor pompa 3 phase dengan spesifikasi beban 1,5 kW dengan kecepatan 3.2 rpm. Nilai tegangan hasil pengujian terdapat pada table berikut:

Tabel 4 Hasil Pengujian Tegangan hari ke-2.

Fase	kWh IoT (V)	kWh Konvensional (V)	Selisih (V)
R	223	224.1	0.995
S	228	228.0	1
T	225	225.8	0.996
Avg	225.3	225.97	0.997

Sumber : Penelitian Mandiri 2025

Dari data diatas kita dapat mengetahui bahwa rata rata pembacaan tegangan masing masing alat adalah 225,3 V di kWh IoT dan 225,97 V di kWh konvensional, dengan Selisih sebesar 0.997 V.

3) Pengujian Tegangan dihari ketiga.

Pada hari ketiga masih menggunakan motor pompa 3 phase dengan spesifikasi daya 1.5 kW dan kecepatan 4,6 rpm. Pengujian ini menghasilkan data yang dimasukkan pada tabel berikut :

Tabel 5 Hasil Pengujian Tegangan Hari ke-3

Fase	kWh IoT (V)	kWh Konvensional (V)	Selisih (V)
R	226	226.9	0.996
S	230	231.7	0.993
T	228	229.7	0.992
Avg	228	229.4	0.994

Sumber : Penelitian Mandiri 2025

Untuk pengujian dihari ketiga data tegangan rata-rata yang terbaca kWh meter IoT adalah 228 V dan kWh Meter konvensional 229.4 V dengan selisih pengukuran adalah 0.994 V.

2. Pengujian Arus Listrik

Pengujian ini dilakukan untuk memantau arus pemakaian beban listrik yang terdapat pada sistem distribusi panel pada masing-masing fase. Pengambilan data dilakukan tiga tahap

dimana setiap satu pengujian hanya memantau selama 1 jam 30 menit.

1) Pengujian arus listrik hari pertama

Pengujian pemakaian arus tahap pertama ini menggunakan motor dengan spesifikasi 0,75 kW dengan kecepatan 2,1 rpm. Dan hasil pengujian ini dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 5 Hasil pengujian arus listrik hari pertama.

Fase	kWh IoT (A)	kWh Konvensional (A)	Selisih (%)
R	1.23	1.23	1
S	1.19	1.19	1
T	1.24	1.27	0.98
Avg	1.22	1.23	0.99

Sumber : Penelitian Mandiri 2025

2) Pengujian arus listrik hari kedua

Hasil pengujian arus listrik hari kedua dapat dilihat pada tabel 4.5 dimana disitu terdapat data yang bisa dibaca berapa banyak arus yang terpakai oleh motor 1,5 kW dengan kecepatan 4.2 rpm.

Tabel 6 Hasil pengujian pemakaian daya listrik Hari Ke-2

Fase	kWh IoT (W)	kWh Konvensional (W)	Selisih (W)
R	275.7	245.3	1.12
S	283.3	283.0	1.001
T	295.7	227.6	1.3
Avg	284.9	251.9	1.13

Sumber : Penelitian Mandiri 2025

Dari tabel tersebut dapat dilihat nilai rata-rata daya listrik yang terukur oleh kWh IoT adalah 284,9 W dan kWh meter Konvensional adalah 251,9 W dengan selisih pengukuran di 1.13 W.

3) Pengujian Daya Listrik Tahap Ketiga

Pada pengujian tahap ketiga menggunakan beban motor dengan daya 1.5 kW dan kecepatan 4.5 rpm. Data nilai hasil pengujian terdapat pada tabel berikut:

Tabel 7 Hasil pengujian pemakaian daya listrik Hari Ke-3

Fase	kWh IoT (W)	kWh Konvensional (W)	Selisih (W)
R	252.1	251.8	1,001
S	266.0	292.1	0,91
T	275.0	282.3	0,97
Avg	264,4	275,4	0,96

Sumber : Penelitian Mandiri 2025

Nilai rata-rata hasil pengukuran dari pengujian di kWh IoT adalah 264,4 W dan pada kWh meter konvensional adalah 275,4 W dengan selisih pengukuran 0,96 W.

3. Pengujian Energi Terpakai

Pengujian ini menggunakan beban yang berbeda pada pengambilan nilai energi listrik yang terpakai, dilakukan tiga kali pengujian dengan masing- masing pengujian memakan waktu selama 1 jam 30 menit.

- 1) Pengujian Energi Terpakai Pertama.
- 2)

Tabel 8 Energi yang terpakai pada pengujian pertama

Fase	kWh IoT (kWh)	kWh Konvensional (kWh)	Selisih (kWh)
R	0,21	-	
S	0,2	-	
T	0,11	-	
Total	0,52	0,53	0,998

Sumber : Penelitian Mandiri 2025

Nilai total pemakaian energi listrik pada kWh meter IoT 0.55 kWh dan pada kWh meter konvensional 0.53 kWh dengan nilai selisih 0.998 kWh.

- 3) Pengujian energi terpakai hari kedua

Pada tahap ketiga pengujian menggunakan beban motor 3 phase dengan daya 1.5 kW dan kecepatan 4.5 rpm menghasilkan data yang terdapat pada tabel berikut :

Tabel 8 Energi yang Terpakai pada Hari kedua

Fase	kWh IoT (kWh)	kWh Konvensional (kWh)	Selisih (W)
R	0.65		
S	0.68		
T	0.72		
Total	2.05	1,6	1.3

Sumber : Penelitian Mandiri 2025

Total pemakaian energi listrik pada pengujian ke 2 di kWh meter IoT adalah 2.05 kWh dan pada kWh meter konvensional adalah 1,6 kWh dengan selisih pengukuran 1.3 kWh.

- 4) Pengujian Energi Terpakai Tahap ketiga

Pada tahap ini pengujian menggunakan beban motor 3 phase dengan daya 1.5 kW dan kecepatan 4,5 rpm menghasilkan data yang terdapat pada tabel berikut:

Tabel 9 Energi yang terpakai pada Hari ketiga.

Fase	kWh IoT (kWh)	kWh Konvensional (kWh)	Selisih (W)
R	0.49	-	
S	0.42	-	
T	0.46	-	
Total	1,37	1,4	0,94

Sumber : Penelitian Mandiri 2025

Nilai total pemakaian energi listrik pada tahap ini di kWh meter IoT adalah 1.31 kWh dan pada kWh meter konvensional adalah 1.4 kWh dengan selisih pengukuran 0.94 %.

3.3 Perhitungan Data

Dari data pengujian alat dapat dibandingkan dengan hasil perhitungan manual menggunakan multimeter dan juga tang amper untuk pengukuran tegangan beserta arus. Nilai yang didapatkan dari pengukuran tersebut tercantum pada tabel berikut :

Tabel 10 Hasil Pengukuran Multimeter dan Tang Amper

Fase	Pengujian pertama		Pengujian kedua		Pengujian ketiga	
	Tegangan (V)	Arus (A)	Tegangan (V)	Arus (A)	Tegangan (V)	Arus (A)
R	227.1	2.1	228.7	1.1	225.7	2.0
S	230	2.1	232.8	1.2	228.4	2.1
T	228.3	2.1	230.5	1.2	225.4	2.1

Sumber : Penelitian Mandiri 2025

Dari tabel pengukuran diatas dapat disimpulkan dengan grafik yang terdapat pada gambar dibawah ini:



Gambar 7 Grafik Konsumsi Energi Listrik
Sumber : Penelitian Mandiri 2025

Dari grafik diatas dapat dilihat bahwa pembacaan konsumsi listrik pada setiap pengujian dapat dilihat bahwa pembacaan alat ukur standar lebih unggul dengan masing-masing selisih adalah 0,007 kWh pada pengujian pertama, 0,118 kWh pada pengujian kedua, dan 1,102 kWh pada pengujian ketiga.

Dari hasil pengukuran dapat disimpulkan bahwa konsumsi energi listrik ditentukan dengan kapan dan beban apa yang kita pakai dalam pengujian. Dimana pengujian memakai 3 jenis motor induksi, pada pengujian pertama motor dengan daya 0,75 kW berkecepatan 2.1 rpm, pengujian ke-2 motor dengan daya 1.5 kW berkecepatan 3,2 rpm, dan pengujian terakhir motor dengan daya 1,5 kW berkecepatan 4,5 rpm.

3.4 Analisis Alat

Dari hasil perhitungan dan pengujian alat kemungkinan kesimpulan bahwa :

1. Selisih data alat kWh IoT dengan alat ukur standar. Perbedaan data pengukuran antara alat kWh meter dengan alat ukur standar memiliki selisih pengukuran rata-rata selisih 0,996 V pada tegangan dimana power

meter konvensional lebih unggul hasil pengukurannya, demikian pula perbandingan pengukuran arus memiliki selisih 0,99 A dimana alat ukur standar lebih unggul, tetapi dalam pengukuran daya alat ukur kWh meter IoT lebih unggul pada dua kali pengujian dimana selisih pengukuran daya adalah 1.21 W, hasil tersebut sangat berpengaruh pada energi listrik yang terpakai dimana selisih hasil pengukuran 1.29 kWh pada pembacaan kWh Meter IoT.

2. Konektifitas alat ukur dengan aplikasi blynk. Untuk bisa terhubung dengan aplikasi blynk, alat harus mendapatkan jaringan internet (wifi). Tanpa internet alat tetap beroperasi melakukan pengambilan data, tetapi tidak bisa mengirimkan hasil pembacaan ke aplikasi blynk.
3. komunikasi esp 8266 dengan sensor. Kualitas komunikasi antara ESP8266 dan sensor PZEM-004T termasuk metode pengukuran dan protokol komunikasi, dapat mempengaruhi akurasi dan kecepatan respons.

4. KESIMPULAN

Dari hasil perancangan, implementasi, dan pengujian yang telah dilakukan, maka didapatkan sebuah kesimpulan sebagai berikut :

1. Alat pengukuran kWh meter berbasis IoT dengan microcontroller NodeMCU ESP8266 berhasil dirancang dan diimplementasikan dengan baik. Pada beban yang sama hasil pengukuran data listrik dengan alat ukur standar memiliki selisih nilai hal ini disebabkan nilai tahanan yang berbeda pada setiap alat ukur.
2. Pengukuran menggunakan alat rancangan memiliki nilai efisiensi pada segi waktu, karena teknisi bisa langsung mengakses data lewat aplikasi secara realtime.

3. Alat pengukuran IoT sangat bergantung pada jaringan internet untuk konektivitas terhadap aplikasi.
4. Aplikasi blynk uji coba hanya mampu menerima (limit) 30.000 message, dan tools yang terbatas.

DAFTAR PUSTAKA

- A. Junaidi, "INTERNET OF THINGS, SEJARAH, TEKNOLOGI DAN PENERAPANNYA," *Jurnal Ilmiah Teknologi Informasi Terapan*, vol. I no 3, hlm. 3, 2015, doi: 10.33197/jitter.vol1.iss3.2015.66.
- M. H. Bin Zohari and M. F. Bin Johari, "Weather monitoring system using blynk application," *Int. J. Innov. Technol. Explor. Eng.*, 2019, doi: 10.35940/ijitee.L3666.119119.

KEKERASAN DAN STRUKTUR MIKRO PADUAN ALUMINIUM AC4CH AKIBAT VARIASI SOLUTION *TREATMENT* DAN *ARTIFICIAL AGING*

¹Bantu Hotsan Simanullang*, ²Suryadi, ³Widi Hartono

Program Studi Teknik Mesin, FTI, Institut Teknologi Budi Utomo Jakarta,

bantuhotsan@gmail.com*

Abstrak

Penelitian ini bertujuan menganalisis pengaruh variasi temperatur solution treatment (480°C dan 530°C) dan artificial aging (150°C dan 200°C) terhadap perubahan kekerasan dan struktur mikro paduan aluminium AC4CH yang digunakan sebagai bahan baku velg. Metode penelitian meliputi solution treatment selama 2 jam diikuti pendinginan cepat (quenching) dalam media air, kemudian artificial aging selama 2 jam. Hasil uji kekerasan Rockwell B menunjukkan peningkatan nilai dari 42,30 HRB pada kondisi tanpa aging menjadi 54,04 HRB pada kombinasi perlakuan 530°C + 200°C. Analisis mikrostruktur mengindikasikan globularisasi partikel Si dan terbentuknya presipitat Mg₂Si yang berkontribusi pada peningkatan kekerasan. Perlakuan optimum diperoleh pada solution treatment 530°C dengan artificial aging 200°C.

Kata kunci: Aluminium AC4CH, heat treatment, solution treatment, artificial aging, kekerasan

I. PENDAHULUAN

Paduan aluminium AC4CH termasuk jenis Al-Si-Mg yang banyak digunakan pada industri otomotif, terutama velg kendaraan, karena sifatnya ringan, tahan korosi, dan memiliki kekuatan yang baik. Namun, sifat mekanik alami dari paduan ini belum sepenuhnya memenuhi standar performa yang dibutuhkan sehingga diperlukan perlakuan panas (heat treatment) untuk meningkatkan kekuatan dan kekerasannya.

Metode heat treatment yang umum digunakan adalah kombinasi solution treatment dan artificial aging. Solution treatment berfungsi melarutkan partikel intermetalik, sedangkan artificial aging mempercepat pembentukan presipitat penguas seperti Mg₂Si. Beberapa penelitian sebelumnya (Rasyiid & Rasyid, 2024; Setiadi et al., 2022) menunjukkan bahwa variasi temperatur aging memengaruhi kekerasan aluminium. Akan tetapi, penelitian spesifik terkait pengaruh parameter solution treatment dan artificial aging pada paduan AC4CH untuk aplikasi velg masih terbatas.

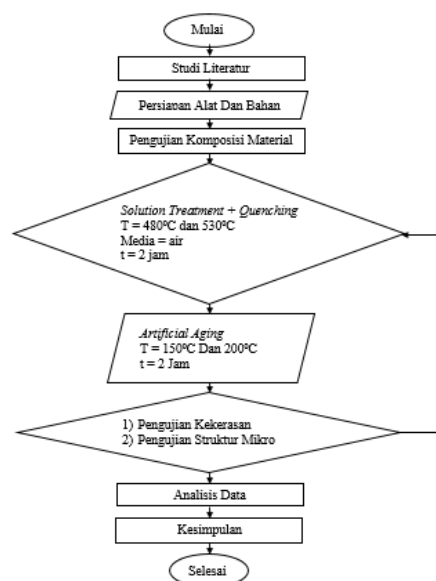
Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh variasi temperatur *solution treatment* dan *artificial*

aging terhadap nilai kekerasan dan perubahan struktur mikro paduan aluminium AC4CH.

2. METODE PENELITIAN

2.1. Material

Material yang digunakan adalah paduan aluminium AC4CH sesuai standar JIS H 5202. Hasil uji komposisi menunjukkan kandungan utama: Al 92,286%, Si 7,156%, dan Mg 0,269%.



Gambar 1 Diagram Alir Penelitian
Sumber : Penelitian Mandiri (2025)

2.2. Prosedur Heat Treatment

1. Solution treatment, dengan temperatur 480°C dan 530°C, waktu tahan 2 jam.
2. Quenching, dengan pendinginan cepat dalam media air.
3. Artificial aging, dengan temperatur 150°C dan 200°C, waktu tahan 2 jam.

2.3. Pengujian

1. Kekerasan, diuji dengan Rockwell B (HRB) pada 5 titik tiap sampel.
2. Struktur mikro, diamati dengan mikroskop metalurgi Olympus BX41M setelah preparasi grinding, polishing, dan etching menggunakan Keller reagent.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Kekerasan

Hasil uji kekerasan disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1 Hasil Uji Kekerasan Rockwell B (HRB)

<i>Solution Treatment</i> (°C)	<i>Aging</i> (°C)	Kekerasan Rata-rata (HRB)
480 (tanpa aging)	-	42,30
480	150	47,60
480	200	50,58
530 (tanpa aging)	-	49,22
530	150	52,90
530	200	54,04

Sumber: Hasil Penelitian

Dari tabel terlihat adanya peningkatan kekerasan seiring naiknya temperatur solution treatment dan aging. Nilai tertinggi diperoleh pada 530°C + 200°C sebesar 54,04 HRB.

3.2. Struktur Mikro

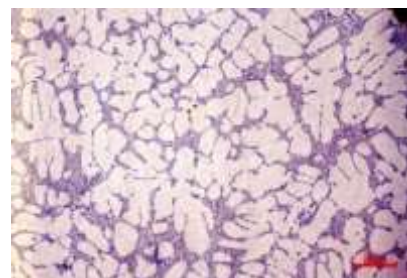


Gambar 2 Struktur Mikro Aluminium AC4CH setelah *Solution Treatment* dan *Quenching* pada

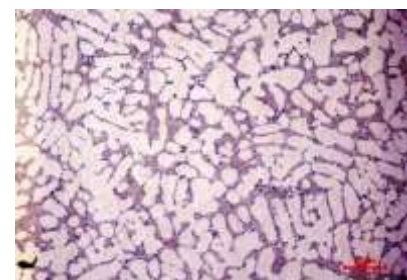
480°C tanpa *Artificial Aging*, pembesaran 100×
Sumber: Hasil Penelitian



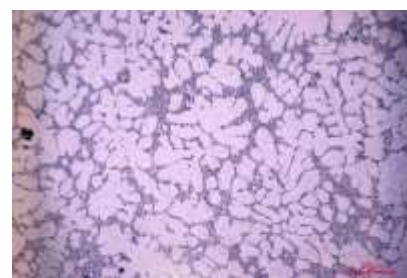
Gambar 3 Struktur Mikro Aluminium AC4CH setelah *Solution Treatment* 480°C dan *Artificial Aging* 150°C, pembesaran 100×
Sumber: Hasil Penelitian



Gambar 4 Struktur Mikro Aluminium AC4CH setelah *Solution Treatment* 480°C dan *Artificial Aging* 200°C, pembesaran 100×
Sumber: Hasil Penelitian

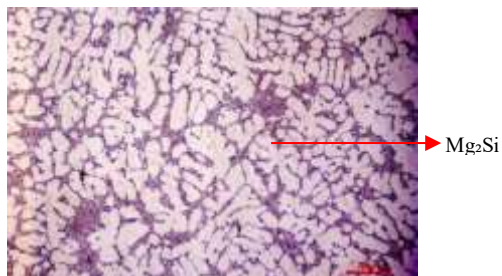


Gambar 5 Struktur Mikro Aluminium AC4CH setelah *Solution Treatment* dan *Quenching* pada 530°C tanpa *Artificial Aging*, pembesaran 100×
Sumber: Hasil Penelitian



Gambar 6 Struktur Mikro Aluminium AC4CH setelah *Solution Treatment* 530°C dan *Artificial*

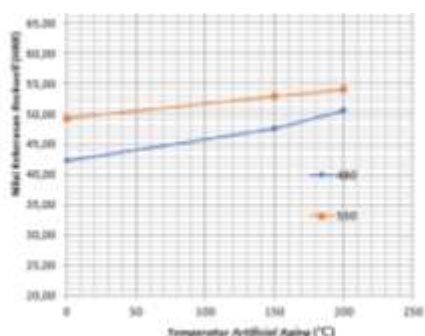
Aging 150°C, pembesaran 100×
Sumber: Hasil Penelitian



Gambar 7 Struktur Mikro Aluminium AC4CH setelah *Solution Treatment* 530°C dan *Artificial Aging* 200°C, pembesaran 100x.
Sumber: Hasil Penelitian

3.3. Pembahasan

Peningkatan kekerasan disebabkan oleh presipitasi Mg_2Si yang semakin banyak pada aging suhu tinggi. Hal ini sejalan dengan mekanisme precipitation hardening, di mana presipitat halus memberikan penguatan maksimum (*peak aging*), sedangkan presipitat kasar akibat aging lebih tinggi cenderung menurunkan ketangguhan. Hasil penelitian ini konsisten dengan studi Subiyanto et al. (2022) pada paduan A356 yang juga menunjukkan peningkatan kekerasan melalui aging.



Gambar 2 Pengaruh temperatur *Artificial Aging* terhadap kekerasan aluminium AC4CH pada dua temperatur *Solution Treatment* (480°C dan 530°C)

Sumber: Hasil Penelitian

3. KESIMPULAN

Hasil penelitian menunjukkan bahwa temperatur *solution treatment* dan *artificial*

aging memiliki pengaruh signifikan terhadap nilai kekerasan dan mikrostruktur aluminium AC4CH. Peningkatan temperatur *solution treatment* dari 480°C hingga 530°C, diikuti dengan perlakuan *artificial aging* pada 200°C, memberikan peningkatan kekerasan yang nyata, yaitu dari 42,30 HRB (pada 480°C tanpa aging) menjadi 54,04 HRB (pada 530°C + 200°C).

Perubahan ini berkaitan erat dengan terbentuknya presipitat Mg_2Si yang berperan penting dalam meningkatkan kekerasan material. Perlakuan optimum diperoleh pada kombinasi *solution treatment* 530°C dan *artificial aging* 200°C, yang menghasilkan struktur mikro lebih homogen dan kekerasan maksimum.

5. DAFTAR PUSTAKA

- Rasyiid, N. R., & Rasyid, A. H. A. (2024). Analisa Pengaruh Perlakuan Panas T6 Terhadap Kekerasan Aluminium Al6061 untuk Aplikasi Velg Sepeda Motor. *Jurnal Teknik Mesin*, 12(3), 77–82.
- Setiadi, B., et al. (2022). Analisa Sifat Mekanis Velg Aluminium Sepeda Motor Menggunakan Heat Treatment. *Sainstech*, 32(4), 64–73.
- Subiyanto, H., et al. (2022). Studi Eksperimen Pengaruh Penambahan Magnesium dan Pemanasan Oven Painting terhadap Kualitas Velg Aluminium A356. *Prosiding Forum Ilmiah Nasional Teknik*, 1(1).
- Low, S. R. (2001). Rockwell Hardness Measurement of Metallic Materials. NIST Manual.Manual.

PERANCANGAN SISTEM INFORMASI MANAJEMEN BENGKEL KOMPUTER DENGAN METODE R&D

Sayyid Jamal Al Din

Prodi Sistem Informasi, FTI, Institut Teknologi Budi Utomo Jakarta,

sayyid@itbu.ac.id

Abstrak

Perkembangan yang dihadapi oleh perusahaan untuk mencapai keberhasilan perlu adanya peran serta teknologi informasi yang dapat mengolah aktifitas pekerjaan yang dapat membantu kelancaran kegiatan dan pelayanan perusahaan. Bengkel komputer bergerak dalam bidang penjualan dan jasa servis. Bengkel Komputer adalah perusahaan yang menjual berbagai macam laptop dengan berbagai macam merk dan type, selain itu toko tersebut menjual berbagai macam aksesoris laptop dengan harga yang sangat terjangkau dan berkualitas. Dalam pengolahan data transaksi penjualan dan persediaan barang sering terjadi kesalahan dalam pencatatan yang membuat tidak efisiennya waktu dan belum ada media promosi untuk mengenalkan kepada konsumen tentang produk apa saja yang dijual di Toko Bengkel Komputer. Berdasarkan uraian diatas, maka perlu dirancang suatu sistem informasi penjualan komputer berbasis web yang dapat mengurangi resiko kesalahan pencatatan dan resiko keakuratan data. Sistem ini juga diharapkan dapat lebih mempercepat proses transaksi penjualan barang, mengelola pengiriman barang, dan menghasilkan informasi yang berupa laporan yang bersangkutan dengan transaksi pembelian, penjualan dan pengiriman barang. Sistem informasi penjualan komputer ini, dapat digunakan sesuai dengan fungsinya. Dengan adanya sistem ini dapat melakukan transaksi pembelian, penjualan, persediaan barang, dan pengiriman barang secara online berbasis teknologi. Setiap pihak yang terkait dapat menerima informasi secara realtime melalui website.

Kata Kunci: Penjualan, Sistem Informasi, Bengkel Komputer.

1. Pendahuluan

Perkembangan teknologi informasi dan komunikasi menyebabkan perubahan sangat pesat di masa pandemi. Teknologi Informasi dan komunikasi merupakan berbagai aspek yang melibatkan teknologi, rekayasa dan teknik pengelolaan yang digunakan dalam pengendalian dan pemrosesan informasi, serta penggunaannya, hubungan komputer dengan manusia dan hal yang berkaitan dengan sosial, ekonomi dan kebudayaan. Tidak jarang juga perkembangan teknologi dan informasi telah merambah ke berbagai bidang diantaranya bidang industri, pendidikan, dan lain sebagainya (Oktasari & Kurniadi, 2020).

Dalam bidang usaha ada beberapa bisnis yang masih menggunakan cara lama dalam proses bisnisnya, cara lama tersebut adalah dalam melakukan proses penjualan masih menggunakan cara offline, transaksi masih menggunakan catat-mencatat, salah satunya yang masih banyak menggunakan cara lama tersebut adalah dalam bisnis usaha. (Saepuloh, 2021) Dengan

perkembangan teknologi informasi saat ini, pengelolaan proses penjualan dan transaksi di bengkel komputer dapat dilakukan secara lebih optimal bila memanfaatkan teknologi informasi. Penggunaan teknologi informasi bertujuan untuk mempermudah dalam pengelolaan informasi dan keakuratan informasi (Wardhani & Aziz, 2020).

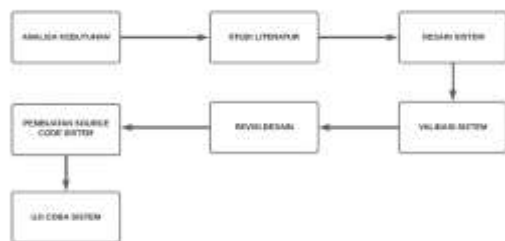
Digital Space Komputer adalah perusahaan yang bergerak dalam bidang penjualan dan jasa Service, bidang perbaikan komputer, mulai dari PC Office, laptop, Macbook, Mining Bitcoin, dan maintenance. Wirausaha ini dibangun mulai tahun Agustus 2021. Tujuan Digital Space Komputer adalah membuka lapangan pekerjaan bagi teknisi komputer pemula maupaun yang mahir. Berdasarkan hasil wawancara yang dilakukan kepada pemilik toko dan observasi yang dilakukan penulis, proses sistem berjalan pada Digital Space Komputer dimulai dari pelanggan melakukan Service komputer dan selanjutnya penjualan sparepart masih menggunakan secara offline, penulisan nota dan laporan masih

menggunakan cara manual, Digital Space Komputer ini belum menerapkan sistem secara terkomputerisasi (Audrilia & Budiman, 2020).

Solusi dari masalah pada bengkel komputer maka akan dibangun sistem informasi manajemen bengkel berbasis web yang dapat memberikan kemudahan bagi pelanggan dalam mencari informasi baik mencari kebutuhan-kebutuhan yang tersedia di dalam media informasi Bengkel Komputer.(Ramadhan et al., 2020) Dengan adanya sistem ini bertujuan memfasilitasi proses penjualan produk dengan cara online, transaksi bengkel komputer agar lebih mudah. Menyediakan informasi yang lengkap mengenai informasi produk dan informasi data status Service pelanggan. Serta web ini juga akan menyediakan laporan penjualan untuk memudahkan pihak bengkel komputer dalam melihat hasil penjualannya (Faryati & Trisnawati, 2021).

2. Metode Penelitian

Metode perancangan sistem informasi manajemen Bengkel Komputer yang digunakan adalah model Research and Development (R&D) yang merupakan suatu proses pembuatan rancangan aplikasi yang bersifat berulang dan dengan perencanaan yang cepat dimana terdapat umpan balik yang memungkinkan terjadinya perulangan dan perbaikan aplikasi sampai aplikasi tersebut memenuhi kebutuhan dari pengguna. Sebagai berikut tahap-tahap dalam perancangan sistem informasi manajemen Bengkel Komputer.(Kristinawati, 2020)



Gambar 1 Metode Rancangan Sistem
Sumber : (Kristinawati, 2020)

1. Rancangan Desain Sistem

Dalam tahapan ini dimulai dengan perencanaan spesifikasi produk yang

dikembangkan melalui perumusan tujuan dari penggunaan produk yang dibutuhkan oleh user, yaitu memberikan kemudahan bagi pengguna Bengkel Komputer untuk menentukan keputusan. Melalui penetapan spesifikasi produk yang dikembangkan maka dapat diperoleh gambaran mengenai produk yang akan dikembangkan yang selanjutnya dapat dibuat rancangan kerja sistem baru berdasarkan penilaian terhadap sistem kerja lama, sehingga dapat ditemukan kelemahan-kelemahan terhadap sistem lama tersebut dan kemudian dikembangkan menjadi sistem yang baru. Pengembangan desain sistem informasi dilakukan dengan membuat perancangan sistem yaitu UML, ERD, dan perancangan database, perancangan user interface, dan perancangan arsitektural sistem.

2. Validasi Sistem

Melakukan uji coba lapangan awal dalam skala terbatas. Pada langkah ini dilakukan pengujian dan validasi desain sistem berupa pengujian UML ERD, normalisasi, database, dan desain user interface, desain arsitektural, apakah desain sudah valid atau belum. Validasi desain dilakukan dengan menggunakan instrument penelitian berupa form validasi yang melibatkan pakar.

3. Revisi Desain Awal

Berdasarkan hasil uji validasi pakar jika terdapat kesalahan atau ketidaktepatan dalam perancangan sistemnya dilakukan perbaikan terhadap desain desain sistemnya. Perbaikan ini sangat mungkin dilakukan lebih dari satu kali, sesuai dengan hasil yang ditunjukkan dalam uji coba terbatas, sehingga diperoleh draft produk (model) utama yang siap untuk dikembangkan menjadi sebuah produk siap digunakan.

4. Perancangan Sistem Manajemen

Setelah desain sistem dinyatakan valid oleh pakar maka dilakukan pembuatan produk akhir dengan membuat program aplikasi (Source Code) dengan menggunakan bahasa pemrograman PHP, CSS, Html, Javascript dan database MySQL. Hasil akhirnya berupa produk sistem informasi manajemen berbasis web yang sudah berfungsi dan siap untuk dilakukan uji coba lapangan.

5. Uji Coba Sistem Manajemen

Uji coba utama yang melibatkan stakeholder (calon user). Dalam tahapan ini dilakukan uji coba Output running program oleh calon user. Apabila masih ada kekurangan akan direvisi sesuai masukan dari calon user sampai mendapat rekomendasi baik.

3. Hasil dan Pembahasan

Hasil analisis yang didapat dari penelitian terhadap bengkel komputer sebagai berikut:

Tabel 1. Hasil Analisis

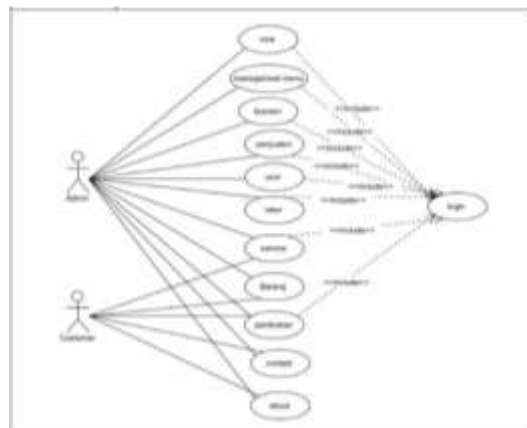
NO	PERMASALAHAN	ANALISA DAMPAK
1.	Saat transaksi penjualan berlangsung kepada konsumen, hanya dilakukan secara manual, seperti tertulis pada sebuah nota penjualan.	Ketika nota tersebut hilang atau rusak menyulitkan untuk pencatatan ataupun melihat kembali transaksi
2.	Sistem penjualan masih menggunakan cara sistem penjualan offline atau belum terkomputerisasi.	Saat mengalami situasi pembatasan social maka menyulitkan untuk melakukan penjualan karena belum memiliki data yang cukup
3.	Penulisan laporan masih menggunakan sistem manual.	Seringkali terjadi selisih antara pembelian dan hasil penjualan serta mudah terjadi

		kehilangan data
4.	Ketika ada yang membutuhkan barang dan ingin melihat gambarnya harus mengirimkan satu persatu melalui whatsapp	Membutuhkan banyak biaya dan smartphone yang memiliki ruang yang cukup besar
5.	Penjual sering menanyakan status barang yang diservis	Waktu bekerja menjadi kurang efektif karena harus menjawab chat dari pelanggan

Sumber : Penelitian Mandiri

3.2. Perancangan

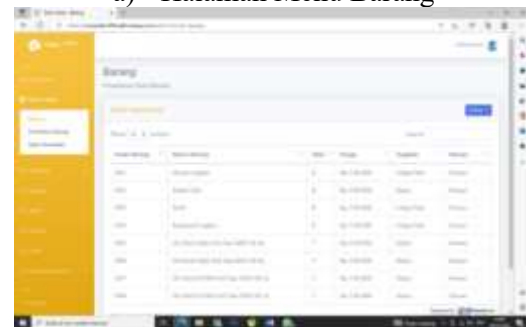
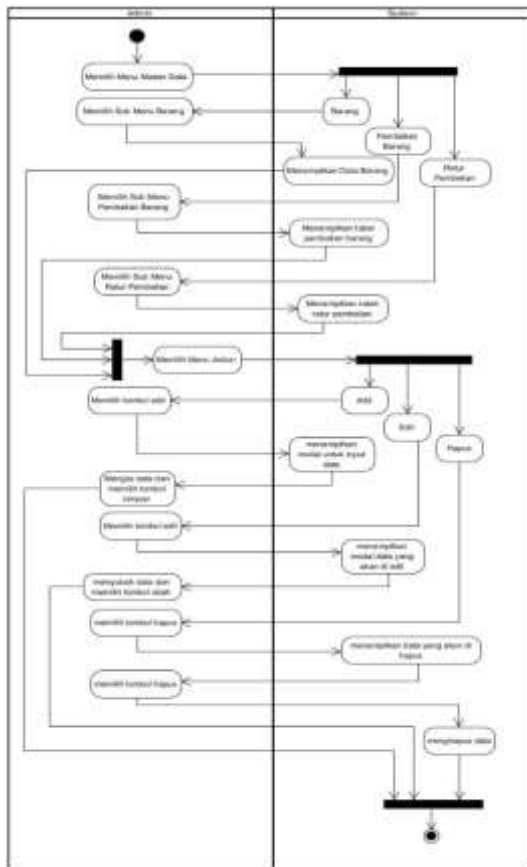
A. Use case



Gambar 1. Use case

Sumber : Penelitian Mandiri

Barang, Menu Pembelian Barang
dan Menu *Retur* Pembelian



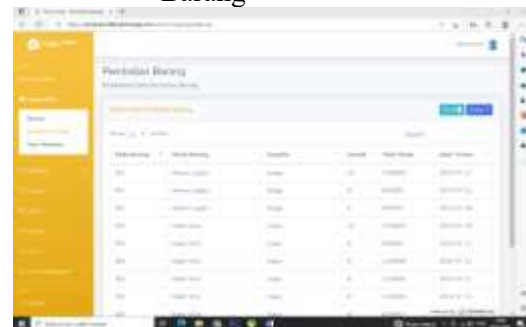
Gambar 3. Halaman Menu Barang
Sumber : Penelitian Mandiri

Pada gambar dapat dijelaskan pada halaman Menu Barang terdapat daftar menu barang yang tersedia untuk transaksi. Jika ada barang yang ingin di hapus transaksi maka admin hanya mengklik nama barang lalu ke menu *Action* sebelah kanan atas kemudian klik hapus dan jika ingin mengedit, admin tinggal klik *Action* di sebelah kanan atas kemudian klik edit lalu akan tampil di monitor kode barang, nama barang, stok, harga dan lainnya maka admin dapat mengedit sesuai dengan kebutuhan.

C. Desain Interface

1. Halaman *Backend*

a. Halaman *Login*



Gambar 2. Halaman Login
Sumber : Penelitian Mandiri

Gambar 4. Halaman Menu Barang
Sumber : Penelitian Mandiri

Halaman *Login* berfungsi untuk masuk kemenu utama

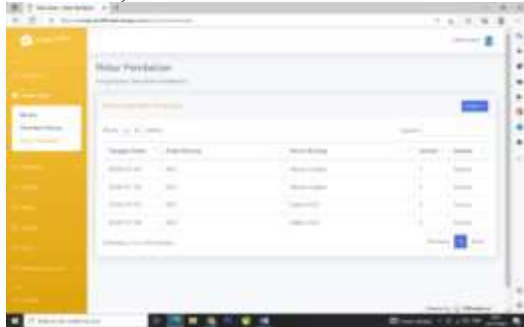
b. Halaman *Master Data*

Halaman *Master Data* terdiri dari 3 menu diantaranya Menu

Pada gambar dapat dijelaskan pada halaman Menu Pembelian Barang terdapat daftar menu Pembelian barang yang tersedia untuk transaksi sehingga dapat melihat rincian pembelian barang sehingga admin dapat mengetahui tanggal pembelian barang.

Jika ada barang yang ingin di hapus transaksi pembelian barang maka admin hanya mengklik nama pembelian barang lalu ke menu *Action* sebelah kanan atas kemudian klik hapus.

c) Halaman *Return* Pembelian



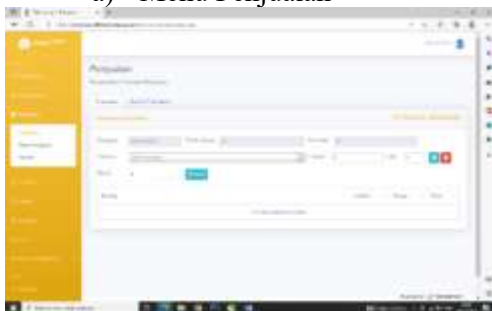
Gambar 5. Halaman Menu *Retur* Pembelian
Sumber : Penelitian Mandiri

Pada gambar dapat dijelaskan pada halaman Menu *Retur* Pembelian terdapat daftar menu *Retur* Pembelian untuk di *Retur* barang apa saja. Jika ada barang yang ingin di hapus maka di menu *Retur* pembelian maka admin hanya mengklik nama *Retur* Pembelian lalu ke menu *Action* sebelah kanan atas kemudian klik hapus.

c. Menu Transaksi

Halaman *Master Data* terdiri dari 3 menu diantaranya Menu Penjualan, Menu *Retur* Penjualan dan *Service*.

a) Menu Penjualan

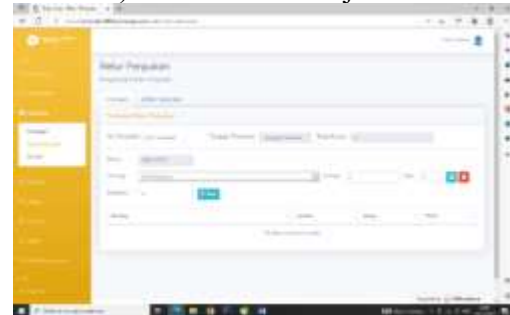


Gambar 6. Halaman Menu Penjualan
Sumber : Penelitian Mandiri

Pada gambar dapat dijelaskan pada halaman Menu Penjualan terdapat daftar

menu Penjualan dan untuk pembuatan *invoice* serta dapat mencetak resi pembayaran

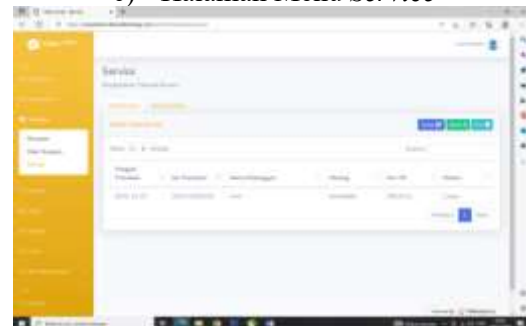
b) Menu *Retur* Penjualan



Gambar 7. Halaman Menu *Retur* Penjualan
Sumber : Penelitian Mandiri

Pada gambar dapat dijelaskan pada halaman Menu *Retur* Penjualan terdapat daftar menu *Retur* Penjualan dan untuk pembuatan *invoice* serta dapat mencetak resi pembayaran

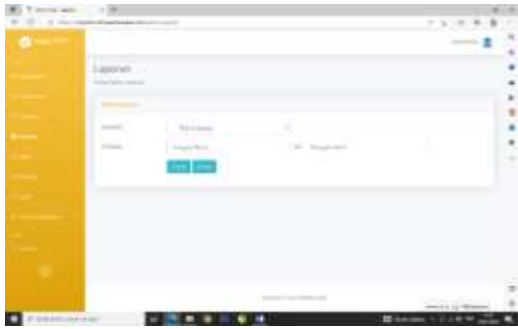
c) Halaman Menu *Service*



Gambar 8. Halaman Menu *Service*
Sumber : Penelitian Mandiri

Pada gambar dapat dijelaskan pada halaman Menu *Service* terdapat Menu *Service* dan menu *Service* baru. Menu *List Service* terdapat detail barang, rincian pembayaran serta mencetak resi pembayaran sedangkan menu *Service* baru terdapat data data pelanggan dari mulai nama pelanggan, nama barang sampai keluhan apa saja yang dialami oleh pelanggan.

d. Menu Laporan



Gambar 9. Halaman Menu Laporan
Sumber : Penelitian Mandiri

Pada gambar dapat dijelaskan pada halaman Menu laporan berfungsi untuk menampilkan laporan yang akan dicetak berdasarkan data yang dipilih sesuai dengan kriteria yang diinginkan serta dengan bulan dan tahun yang diinginkan oleh admin.

2. Halaman *Fronend*

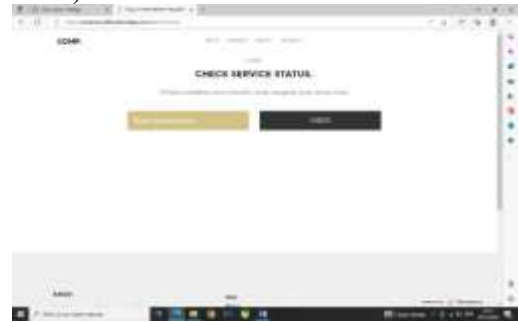
1) Halaman *Shop*



Gambar 10. Halaman Shop
Sumber : Penelitian Mandiri

Pada gambar dapat dijelaskan pada halaman *Shop* berfungsi dapat melihat produk apa saja yang dijual oleh toko.

2) Halaman *Check Service Status*



Gambar 11. Halaman Check Service Status
Sumber : Penelitian Mandiri

Pada gambar dapat dijelaskan pada halaman *Check Service Status* berfungsi dapat mengecek status *Service* dengan memasukkan nomor *invoice*.

3) Halaman *Contact*



Gambar 12. Halaman Contact
Sumber : Penelitian Mandiri

Pada gambar dapat dijelaskan pada halaman *Contact* berfungsi dapat mengetahui informasi mengenai nomor telepon toko, email toko serta lokasi tempat toko berada.

D. Pengujian

Tabel 2. Pengujian Terhadap Menu Master Data

No	Skenario Penguji	Tast Case	Hasil Yang Diharapkan	Hasil Pengujian	Kesimpulan
1.	Memilih Menu Barang	Memilih Menu Barang	Menampilkan data barang pada pengguna	Sesuai harapan	Valid
2.	Memilih Menu Pembelian Barang	Memilih Menu Pembelian Barang	Menampilkan data pembelian barang pada pengguna	Sesuai harapan	Valid
3.	Memilih <i>Retur</i> Pembelian Barang	Memilih <i>Retur</i> Pembelian Barang	Menampilkan data <i>Retur</i> pembelian barang pada pengguna	Sesuai harapan	Valid
4.	Menekan tombol "Action"	Menekan tombol "Action"	Menampilkan data "Action" pada pengguna	Sesuai harapan	Valid
5.	Menekan tombol "Edit"	Menekan tombol "Edit"	Menampilkan form edit	Sesuai harapan	Valid
6.	Menekan tombol "Add"	Menekan tombol "Add"	Menampilkan form <i>Add</i> untuk menambahkan barang	Sesuai harapan	Valid
7.	Menekan tombol "Delete"	Menekan tombol "Delete"	Dapat menghapus data barang, pembelian barang dan <i>Retur</i> pembelian barang serta menampilkan pesan berhasil <i>Delete</i>	Sesuai harapan	Valid

Sumber : Penelitian Mandiri

4. KESIMPULAN

1. Berdasarkan hasil yang didapatkan dalam pembuatan aplikasi ini, maka diperoleh beberapa kesimpulan sebagai berikut :
2. Aplikasi perancangan sistem informasi manajemen bengkel komputer ini dapat mempermudah penggunaan dari kesulitan transaksi, pembelian barang, retur pembelian barang, penjualan prodak kepelanggan pada saat penjualan serta retur penjualan.

3. Dengan aplikasi ini dapat mempermudah mendapatkan nota/invoice serta mendapatkan nomor resi sesuai jenis barang dan penggunaan yang dibutuhkan.
4. Dengan adanya aplikasi perancangan sistem informasi manajemen bengkel komputer ini, dapat mempermudah mencetak atau mengecek laporan barang, retur pembelian, penjualan, retur penjualan dan laporan Service.

DAFTAR PUSTAKA

- Audrilia, M., & Budiman, A. (2020). Perancangan Sistem Informasi Manajemen Bengkel Berbasis Web (Studi Kasus: Bengkel Anugrah). JURNAL MADANI, 3(2615–0654).
- Faryati, S., & Trisnawati, F. (2021). Perancangan Sistem Manajemen E-Commerce Berbasis Web Pada Toko Citra Graha Komputer. Duniabisnis.Org, 1.
- Kristinawati, E. (2020). Sistem Informasi Kepegawaian Berbasis Web Sebagai Pendukung Keputusan Pimpinan Di Stekom Semarang. STEKOM.
- Oktasari, A. J., & Kurniadi, D. (2020). Perancangan Sistem Informasi Manajemen Kegiatan Mahasiswa Berbasis Web. Jurnal Vokasional Teknik Elektronika Dan Informatika, 7(2302–3295).
- Saepuloh, M. (2021). Perancangan Sistem Informasi Manajemen Helpdesk Berbasis Web Dengan Framework Codeigniter Dan MySQL. Jurnal Teknik Informatika Dan Sistem Informasi, 8(2407–4322).
- Wardhani, N. K., & Aziz, M. T. A. (2020). Sistem Informasi Manajemen Sumber Daya Manusia Berbasis Web (Studi Kasus: Pt. Klik Teknologi Indonesia). Jurnal TECHNO Nusa Mandiri, 15.

RANCANG BANGUN SISTEM OTOMASI KALKULASI *OVERALL EQUIPMENT EFFECTIVINESS (OEE)* PADA LINE KEMAS PT.SAKAFARMA LABORATORIES BERBASIS *PLC SIEMENS S7-1200* DAN *INTERNET OF THINGS (IOT)*

¹*Mohammad Fathoni*

¹*Program Studi Teknik Elektro ,FTI, Institut Teknologi Budi Utomo Jakarta,
m.fathoni@itbu.ac.id*

Abstrak

Overall Equipment Effectiveness (OEE) adalah sebuah takaran seberapa efektif mesin beroperasi. OEE sangat sederhana, jelas, dan merupakan standar terpercaya. Namun, sumber data yang didapatkan menunjukkan ketidaksempurnaan. Di PT.Sakafarma Laboratories dalam mendapatkan nilai OEE dikarenakan umumnya masih manual. Dengan mengembangkan metode akuisisi dan kalkulasi data tim produksi dapat memantau performa mesin secara langsung dan mengambil keputusan dengan cepat dan akurat. Didalam tulisan ini dibuatlah sistem otomatisasi mengintegrasikan *PLC* untuk kalkulasi dan data akuisisi yang kemudian dapat diakses menggunakan web berbasis *IoT*. *PLC* yang digunakan dengan tipe *S7-1200* dengan menggunakan *function block* program untuk melakukan kalkulasi data agar data lebih akurat, kemudian data tersebut dilakukan akuisisi dengan *SCADA* melakukan akuisisi data dengan protokol *OPC UA* dan kemudian dapat ditampilkan data tersebut berbasis web menggunakan *VPN*. Hasil yang diharapkan pada pengujian alat ini adalah pemantauan performa mesin secara langsung agar dapat mengambil keputusan dengan cepat karna data yang diolah akurat dengan presentasi akurasi data 1% setelah dilakukan verifikasi data tersebut valid dan dapat digunakan diatas kebijakan perusahaan

Kata Kunci : *Overall Equipment Effectiveness, Programeble Logic Control, Internt of Things*

1. PENDAHULUAN

PT.Sakafarma Laboratories merupakan perusahaan farmasi yang memproduksi obat-obatan *FMCG (Fast Moving Consumer Goods)*, yang memiliki *line pacaging* dengan 3 mesin *Catch Master 1*, Mesin *pacaging Catch Master 1* memiliki kecepatan output 240 strip per menit, dimana per stripnya memiliki 4 tablet. Yang berjalan 24 jam atau 3 shift tanpa berhenti. Atas hal tersebut pihak perusahaan menginginkan menjalankan *TPM (Total Productive Maintenance)* dimana metode untuk mengukur (metrik) dalam penerapan program *TPM* adalah dengan metode *OEE (overall Equipment Effectivtness)* yang sekaligus ingin menerapkan program digitalisasi industri 4.0 (Susanto, 2017).

Kalkulasi *OEE* yang sudah berjalan dengan sistem manual dengan pencatatan oprator *pacaging* yang menghitung *output, reject, loading time, breakdown time*. Hal tersebut sering terjadi kesalahan dan kekeliruan yang mengakibatkan nilai *OEE*

sering tidak sesuai harapan. Dan perhitungan *OEE* dilakukan di akhir bulan yang mengakibatkan tim produksi terlalu lama dalam mengambil keputusan dalam menganalisa performa dari mesin. kemudian untuk ketiga mesin *pacaging* tersebut belum ada sistem integrasi yang menghubungkan ketiga mesin tersebut, untuk memonitoring secara realtime. Oleh karna itu sistem pencatatan manual masih belum efisien untuk mendapat data *OEE* yang akurat dan cepat (Yuhendri, 2018).

Dengan penambahan sistem *PLC* yang terpusat untuk melakukan data akuisisi dan kalkulasi secara realtime, oprator tidak perlu melakukan pencatatan *output, reject, loading time, breakdown time*. Hal ini dapat dilakukan oleh *PLC* dengan akurasi data dan proses kalkulasi secara realtime dapat dilakukan dengan mudah. Kemudian data kalkulasi *OEE* tersebut dapat di ditampilkan secara realtime dengan sistem *IoT*, dan pihak perusahaan dapat mengambil keputusan dengan cepat jika terjadi ketidak normalan pada sistem

produksi yang mengacu pada *Performance*, *Availability*, dan *Quality* (Suliantoro, 2017).

2. METODOLOGI PENELITIAN

2.1. Jenis Penelitian

Teknik yang digunakan dalam penelitian ini adalah teknik analisis data. Dimana dalam penelitian ini akan dilakukan pengumpulan data *OEE* di PT. Sakafarma Laboratories. Data data yang diperoleh merupakan data yang berbentuk angka-angka, sehingga untuk mengolahnya menggunakan metode kuantitatif yang menggunakan rumus-rumus tertentu. Rumus-rumus tersebut digunakan untuk menghitung nilai *Availability*, *Performance* dan *Quality* pada *OEE* dan dalam perbandingan nilai manual terhadap otomasi dengan PLC di *Line* kemas PT.Sakafarma Laboratories

2.2. Metode Analisis Data

Metode yang dipilih menggunakan metode analisis data secara deskriptif, data yang didapatkan berupa tabel, grafik, dan *dashboard* akan di deskriptifkan (dijelaskan) secara akurat dan tepat bagaimana proses akuisisi data hingga penjelasan dari mana data lapangan tersebut diambil dari mesin hingga mampu di terima PLC Siemens S71200 menjadi data *real* yang akan di tampilkan ke *dashboard*

3. PEMBAHASAN

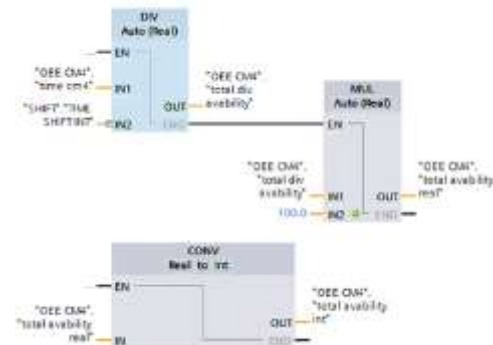
3.1. Pembuatan Program Pengambilan Data OEE

1. Pengambilan data dan Pembuatan Program *Availability*

Data *Availability* didapat dari *Operarting Time* dibagi dengan dengan *Planned production* pada program digunakan *function (DIV)* untuk melakukan pembagian dari “time cm4” dibagi dengan “TIME SHIFT INT” kemudian data tersebut menjadi “total div avability”. Kemudian nilai “total div avability” dikali 100 menggunakan *function block (MUL)* dan data “total avability real” dilakukan konversi tipe data menggunakan *function block (CONV)* dari tipe data *Real* ke *Integer* agar memudahkan melakukan pembacaan pada data *SCADA* (Rifaldi, 2020).

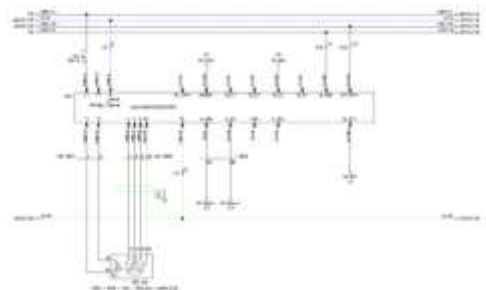
Untuk mendapatkan data *Oprrating Time* dari mesin dilakukan pengambilan sinyal (4.5

HA Start) dengan ditambahkan relay dan kemudian sinyal dilakukan *spliting* menuju *PLC existing* mesin dan *PLC S7-1200*, kemudian memberikan sinyal indikasi bahwa mesin *running* ke *PLC S7-1200*.



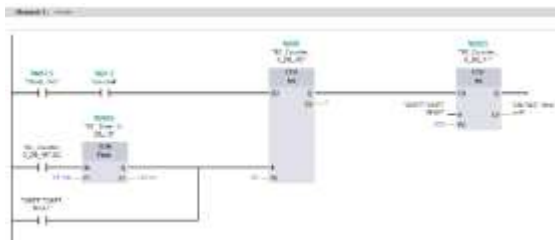
Gambar 1 Function Block Availability
Sumber: Data Proyek

Data *Operation Time* diambil dari sinyal (4.5 HA Start) yang menuju *Digital Input (%I21.3)* “run cm4” data tersebut menjadi data dengan format *Boolean* yang memiliki nilai ON adalah *True* dan OFF adalah *False*. Sedangkan data *Operation Time* bernilai waktu atau data *Integer*.



Gambar 2 Wiring Diagram Main Drive Mesin CM1
Sumber: Data Proyek

Konversi data dari *Boolean* ke satuan waktu *Integer*, didapat dari tag %M17.5 yang melakukan clock 1 Hz atau clock 1 detik yang kemudian jika %I21.3 “run cm4” dalam posisi true diagram blok akan menjadi *Normal Close* dan melakukan counter pada diagram *block (CTU)* %DB8 dengan reset tiap counter 60 kali, yang menandakan output CTU %DB8 adalah *Bolean Menit* dari *Operation Time*. Kemudian data *boolean* dari CTU %DB8 diteruskan ke CTU %DB55 untuk mengumpulkan counter time total dari *Operating Time* mesin CM.



Gambar 1 Konversi data *Boolean* ke satuan waktu *Integer*
Sumber: Data Proyek

Konversi data dari *Boolean* ke satuan waktu *Integer*, didapat dari tag %M17.5 yang melakukan clock 1 Hz atau clock 1 detik yang kemudian jika %I21.3 “run cm4” dalam posisi true diagram blok akan menjadi *Normal Close* dan melakukan counter pada diagram block (CTU) %DB8 dengan reset tiap counter 60 kali, yang menjadikan output CTU %DB8 adalah Boolean Menit dari *Operation Time*. Kemudian data *boolean* dari CTU %DB8 diteruskan ke CTU %DB55 untuk mengumpulkan counter time total dari *Operating Time* mesin CM.

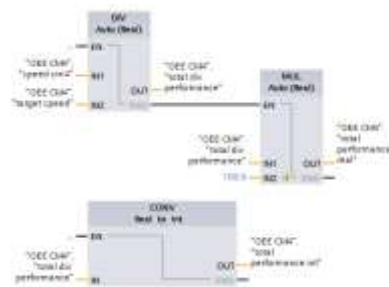
Name	Data type	Start value	Reset	Accessible	Initial
time cm4	Real	0.0			
total div availability	Real	0.0			
total availability real	Real	0.0			
total availability on	Int	0			
target speed	Real	0.0			
speed cm4	Real	0.0			

Gambar 4. Data Blocks DB91
Sumber: Data Proyek

Ditambahkan *Program Bloks DB91* memudahkan melakukan program dan melakukan manajemen tag pada pemrograman PLC. Untuk baris 2 sampai 7 digunakan untuk kalkulasi *availability*.

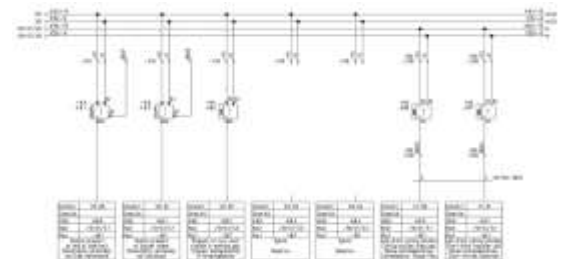
3.2. Pengambilan Data dan Pembuatan Program Performance

Data *performace* didapat dari hasil bagi dari *Speed actual* dibagi *Ideal Runtime* atau *Ideal speed*. Pada program tersebut digunakan *function bloks* (DIV) untuk membagi nilai “speed cm4” dibagi dengan “target speed” hasil bagi tersebut menjadi “total div performance”. Kemudian “total div performance” di kali 100 agar menjadi nilai persen. Kemudian dilakukan konversi dari data *Real* ke *Integer* menggunakan *function* (CONV) agar memudahkan pengiriman data ke *SCADA*.



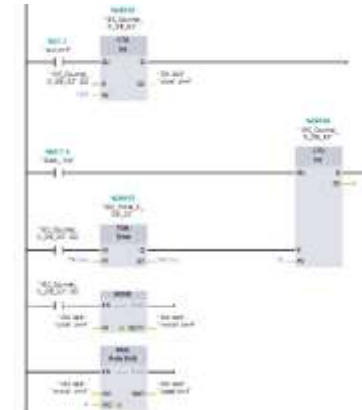
Gambar 4.2 Program Function bloks Performance
Sumber: Data Proyek

Untuk mengambil nilai *speed* mesin diambil dari umpan balik dari *cam drive cutting station*, karna proses terakhir dari kafting adalah *cutting station*. Sinyal tersebut berasal dari sensor *cam switch*, yang memiliki sinyal digital 24VDC.



Gambar 3 Wiring Diagram Camswitch
Sumber: Data Proyek

Sinyal *cam drive cutting station* tersebut masuk ke %I21.1 “out cm4” yang kemudian melakukan *counter up* pada (CTU) %DB105, *reset counter* (CTU)%DB105 dilakukan oleh *counter* (CTU)%DB106 setelah melakukan *counter* sebanyak 10 kali dalam 1 Hz (1 detik), kemudian hasil *counter* (CTU)%DB105 dikali 6 pada *function* (MUL). Total sped ada pada keluaran (MUL) “speed cm4”.



Gambar 4 Program Function bloks Speed
Sumber: Data Proyek

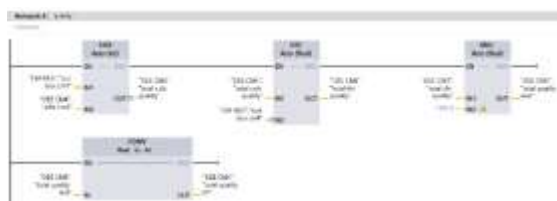
Ditambahkan *Program Blocks DB91* memudahkan melakukan program dan melakukan manajemen tag pada pemrograman PLC. Untuk baris 6 sampai 10 digunakan untuk kalkulasi *performance*.

Variable	Data Type	Initial Value
target speed	Real	0.0
speed cm4	Real	0.0
total div performance	Real	0.0
total performance real	Real	0.0
total performance int	Int	0

Gambar 5 Data Blocks Performance DB91
Sumber: Data Proyek

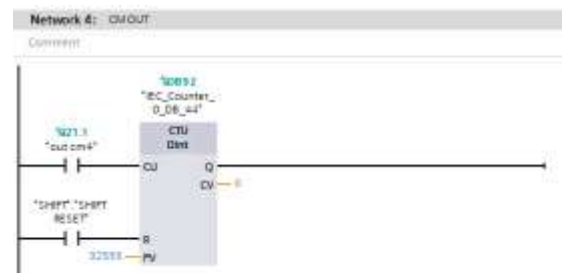
3.3. Pengambilan Data dan Pembuatan Program *Quality*

Pada gambar dibawah ini menunjukan program *bloks Quality* diperoleh dari pengurangan dari output dikurangi afkir untuk melakukan pengurangan menggunakan *function bloks* (SUB) pembegian dari “out box cm4” dikurangi “afkir cm4”, kemudian data pengurangan ada pada “total sub quality”, kemudian dilakukan pembagian dengan *function bloks* (DIV), pembagian antara “total sub quality” dibagi dengan “out box cm4” data keluaran dari pembagian ada pada “total div quality” kemudian agar nilai *quality* menjadi persen maka dilakukan perkalian dengan *function bloks* (MUL) antara “total div quality” dikali 100. Kemudian dilakukan konfersi data dari *Real* menjadi *Integer* dengan *function bloks* (CONV).



Gambar 6 Program Blocks *Quality*
Sumber: Data Proyek

Seperti pada Gambar 10 *program blocks* menggunakan *counter* (CTU) %DB92 yang di *counter* oleh %I21.1 “out cm4” counter tersebut dilakukan reset tiap akhir shift oleh tag “SHIFT RESET” nilai *Preset Value* menggunakan nilai maksimal dari nilai *integer* 16 bit yaitu 32555.



Gambar 7 Program Blocks Output Mesin
Sumber: Data Proyek

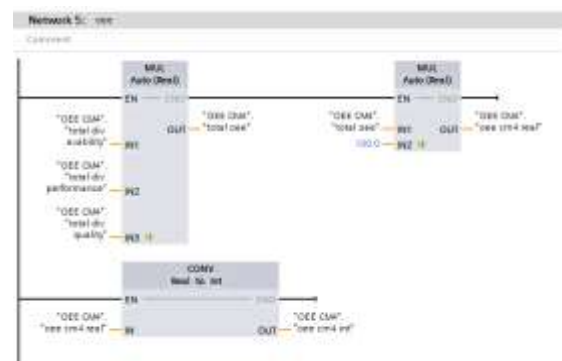
Ditambahkan *Program Blocks DB91* memudahkan melakukan program dan melakukan manajemen tag pada pemrograman PLC. Untuk baris 11 sampai 15 digunakan untuk kalkulasi *Quality*.

Variable	Data Type	Initial Value
afkir cm4	Int	0
total sub quality	Real	0.0
total div quality	Real	0.0
total quality real	Real	0.0
total quality int	Int	0

Gambar 8 Data Blocks Quality DB91
Sumber: Data Proyek

3.4. Kalkulasi Nilai *Overall Equipment Effectiveness* (OEE)

Kalkulasi untuk mendapatkan nilai *Overall Equipment Effectiveness* dilakukan dengan cara melakukan perkalian dari data yang sebelumnya sudah didapat seperti *Availability*, *Performance*, dan *Quality* kemudian untuk mendapatkan nilai presentase dari OEE total perkalian tersebut dikali dengan 100%.

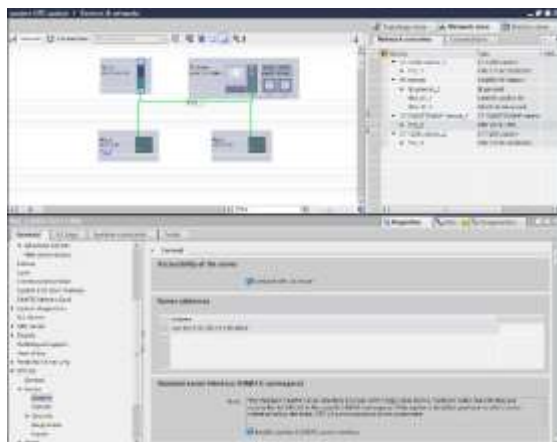


Gambar 9 Program Blocks OEE
Sumber: Data Proyek

Pada Gambar 12 program perkalian dilakukan menggunakan *program bloks* (MUL) dari data “total div avability”, “total div performance” dan “total div quality” total perkalian tersebut masuk kedalam tag “total oee” kemudian untuk mendapatkan nilai presentase dilakukan perkalian menggunakan *program bloks* (MUL) antara “total oee” dikali 100, untuk memudahkan pengambilan data menggunakan SCADA ditambahkan *program bloks* konversi menggunakan (CONV) untuk mengubah data dari *Real* menjadi tipe data *Integer*.

3.5. Pembuatan Tag OPC UA untuk komunikasi ke SCADA

PLC Siemens S71200 memiliki format komunikasi OPC UA Server yang dapat digunakan menjadi komunikasi antara PLC dengan SCADA yang akan dibuat, dan tipe SCADA CMT FHDX-220 memiliki format OPC UA Client yang dapat terhubung dengan OPC UA Server milik PLC.



Gambar 10 Program Blocks OEE

Sumber: Data Proyek

Konfigurasi *Hardware* pada PLC dilakukan untuk melakukan aktivasi akses OPC UA Server dengan melakukan ceklist pada (Activate OPC UA server) dan kemudian dilakukan *addressing* dengan alamat (opc.tcp://10.126.15.150:4840).



Gambar 11 OPC UA Server tags

Sumber: Data Proyek

Pada Gambar 14 dilakukan pembuatan *Tags* untuk OPC dengan *Data Bloks* (DB91) dengan ini tags yang berada di (DB91) sudah menjadi tags OPC yang nantinya dapat dilakukan komunikasi dengan SCADA.

3.6. Pembuatan Dashboard Tampilan SCADA

Setelah melakukan data akuisisi pada mesin dan kalkulasi pada program PLC kemudian dibuat protokol komunikasi menggunakan OPC langkah selanjutnya membuat *Dashboard* tampilan pada SCADA. *Hardware* SCADA yang digunakan menggunakan Weintek seri FHDX-220 dengan protokol komunikasi OPC dan juga IOT, untuk *Software* yang digunakan untuk pembuatan *Dashboard* menggunakan *EasyBuilder pro*.



Gambar 12 Create New Project EasyBuilder pro

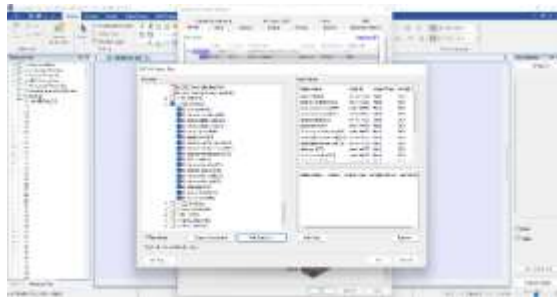
Sumber: Data Proyek

Gambar 15 merupakan tampilan awal saat *create new project* pada aplikasi EasyBuilder pro, disini kita memilih perangkat yang akan digunakan sesuai spesifikasi dan kebutuhan. Disini digunakan CMT-FHDX 220 sebagai *hardware* SCADA.



Gambar 13 EasyBuilder pro *Communication Settings*
Sumber: Data Proyek

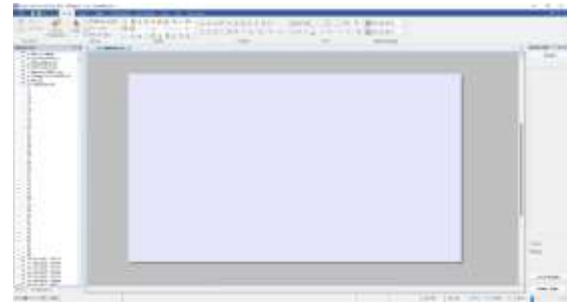
Setelah melakukan pemilihan hardware seperti pada Gambar 15 kemudian dilakukan konfigurasi komunikasi seperti Gambar 4.16, konfigurasi komunikasi menggunakan OPC UA *Client*, kemudian dilakukan konfigurasi alamat OPC sesuai *hardware* PLC yang telah dikonfigurasi dengan menggunakan format alamat (10.126.15.150:4840) kemudian klik *ok*.



Gambar 4. 14 EasyBuilder Pro OPC UA Tags

Sumber: Data Proyek

Tags OPC dapat otomatis dilakukan *scanning* oleh EasyBuilder pro, seperti pada Gambar 4.17 tag pada DB91 dapat sepenuhnya diambil. Kemudian klik (Add Items) agar tag dapat tersimpan di CMT FHDX220. Untuk *formart data type* dapat *generate* secara otomatis oleh sistem dan tidak dilakukan klasifikasi data tipe lagi pada SCADA, setelah data masuk pada (Import Items) kemudian klik (ok) untuk melakukan step selanjutnya.



Gambar 15 Pembuatan *Window* Baru
Sumber: Data Proyek

Gambar 18 menjelaskan tampilan awal pembuatan *dashboard* pada SCADA, tampilan nantinya dibuat sesuai kebutuhan desainer dan user sehingga kita bisa melakukan perubahan dan modifikasi pada tampilan yang mudah diterima oleh penerima informasi.

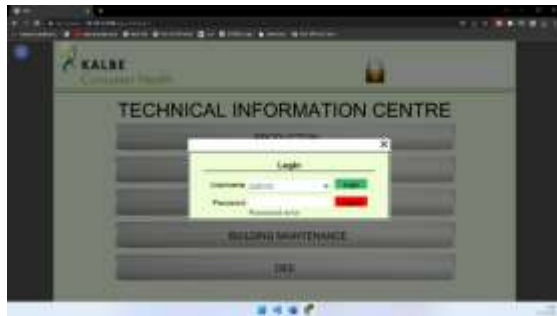
2. Hasil Rancang Bangun

Hasil rancang bangun ini berisi tentang *Dashboard* yang telah di finaisasi dan di setuju oleh departement produksi, dan dapat di akses oleh jaringan lokal perusahaan dan secara jaringan global dengan akses internet.



Gambar 16 Tampilan *Dashboard* awal OEE
Sumber: Data Proyek

Gambar 19 merupakan tampilan awal *dashboard* yang dapat di kostumisasi dengan penambahan objek dan tag sesuai kebutuhan *user*. Pada tampilan ini bisa kita tambahkan *board login* untuk sistem keamanan data perusahaan. Selain itu tampilan *home dashboard* dapat langsung menampilkan data OEE.



Gambar 17 Tampilan Login pada Dashboard
Sumber: Data Proyek

Gambar 20 menampilkan login data dengan keamanan Username dan Password yang dapat di kostumisasi sesuai keinginan user kemudian ditambahkan *button* untuk Login dan Logout untuk memudahkan akses dan penggantian username, dan muncul *notifikasi* jika terjadi kesalahan dalam input Username dan Password dengan memunculkan tulisan *Password Error*.



Gambar 18 Tampilan Overview OEE CM1
Sumber: Data Proyek

Gambar 21 merupakan tampilan utama status dan OEE mesin, berikut penjelasan lengkap tampilan CM1 OVERVIEW :

- Runtime* : Waktu oprasi mesin dalam satu shift dengan satuan menit
- Idle time* : Waktu operasi mesin namun tidak menghasilkan *output*
- Stop* : Waktu berhenti mesin dalam satuan menit
- Breakdown* : Waktu berhenti mesin ketika terjadi kerusakan
- Actual Speed* : Kecepatan mesin sesungguhnya dalam satuan *slave/min*
- Target Speed* : Target kecepatan Mesin dalam satuan *slave per menit*

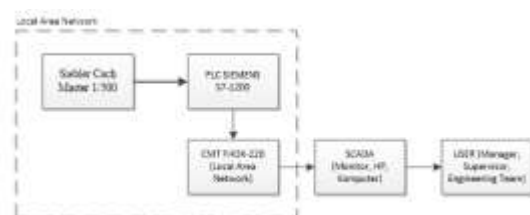
- Output* : Banyaknya produk yang dihasilkan ketika proses produksi
- Afkir* : Banyaknya prodak yang tidak sesuai standar (*reject*)
- OEE Trend* : Trend OEE yang fluktuatif berdasarkan waktu historical
- Total OEE* : Hasil perhitungan dari *availability, performance, quality*



Gambar 19 Tampilan Overview OEE CM1 dengan Smartphone
Sumber: Data Proyek

Gambar 22 merupakan tampilan *dashboard* yang diakses menggunakan Smartphone berbasis *android* secara keseluruhan data yang tampilan pada Smartphone sama seperti yang ditampilkan pada PC. Sistem ini dapat diakses dengan jaringan *simcard* menggunakan VPN atau jaringan *wifi* jaringan lokal perusahaan.

Adapun cara kerja dan aliran alir data dari sistem yang dapat dilihat pada gambar berikut :



Gambar 20 Cara Kerja dan Arah Aliran Data
Sumber: Data Proyek

Arah aliran data diambil dari mesin sibler CM1/500 dengan mengambil data dari tiap sensor *existing* yang sudah terpasang, lalu dilakukan pengolahan seperti konversi dan kalkulasi data ke PLC S7-1200, jika data sudah dilakukan konversi dan kalkulasi kemudian dibuatkan *tagging* yang nantinya dikirim ke CMT FHDX-220 melalui komunikasi *OPC UA*

di jaringan *Local Area Network* menggunakan kabel RJ45. Data tersebut kemudian diolah pada CMT FHDX-220 yang nantinya dibuatkan tampilan *interface*, jika desain dinyatakan memenuhi syarat dan sesuai standar *user* maka *interface* di lakukan aktifasi *easy access* untuk bisa diakses secara IoT dan data sudah bisa di masukan kedalam *Cloud Server*, lalu *user* dapat mengakses data tersebut dengan berbagai platform seperti monitor, *handphone*, dan komputer, dan pada akhirnya data dari arah alir adalah ke pengguna dengan tujuan untuk melihat OEE, dan untuk keperluan analisa pada sistem produksi.

Setelah proses rancang bangun dan pembuatan *interface dashboard* selesai, maka proses tersebut perlu dilakukan pengkajian kembali agar memberikan data yang lebih baik, dengan metode pengambilan data selama 10 hari pada periode 01 September 2022 sampai 10 September 2022, validasi dilakukan antara pencatatan manual dengan pencatatan yang dilakukan oleh PLC

Tabel 1 Kalkulasi OEE Manual oleh Operator

Date	Avability	Performance	Quality	oe
01/09/2022	62%	80%	100%	50%
02/09/2022	70%	90%	100%	63%
03/09/2022	77%	90%	100%	69%
04/09/2022	63%	100%	100%	63%
05/09/2022	62%	100%	100%	62%
06/09/2022	68%	89%	100%	61%
07/09/2022	69%	88%	100%	61%
08/09/2022	71%	98%	100%	70%
09/09/2022	60%	99%	100%	59%
10/09/2022	65%	100%	100%	65%

Sumber: Data Proyek

Tabel 2 Kalkulasi OEE Manual oleh PLC

Date	Avability	Performance	Quality	oe
01/09/2022	60%	80%	100%	48%
02/09/2022	65%	90%	100%	59%
03/09/2022	68%	90%	100%	61%
04/09/2022	63%	100%	100%	63%
05/09/2022	65%	100%	100%	65%
06/09/2022	70%	89%	100%	62%
07/09/2022	70%	88%	100%	62%
08/09/2022	70%	98%	100%	69%
09/09/2022	60%	99%	100%	59%
10/09/2022	65%	100%	100%	65%

Sumber: Data Proyek

Setelah proses rancang bangun dan pembuatan *interface dashboard* selesai, maka proses tersebut perlu dilakukan pengkajian kembali agar memberikan yang lebih baik ,

seperti ditunjukan pada Tabel 1 dan tabel 2 dimana setelah dilakukan penelitian dengan pengambilan data didapat rata -rata perbandingan perhitungan manual dan perhitungan menggunakan plc berada pada 1% *error* hal ini membuktikan bahwa sistem berjalan dengan baik, dan pihak perusahaan memvalidasi dan menggunakan data tersebut untuk analisa sistem produksi.

4. KESIMPULAN

Rancang bangun sistem kalkulasi OEE menggunakan PLC Siemens S7-1200 dapat disimpulkan sebagai berikut :

- Rancang bangun sistem kalkulasi OEE menggunakan PLC Siemens S7-1200 menggunakan aplikasi Tia Portal, cMT FHDX, aplikasi easy builder. Sistem ini dapat diakses menggunakan *Global IP* dan *Local IP*.
- Validasi data pengujian sistem rancang bangun dilakukan dari 1 September 2022 sampai 10 September 2022 didapat selisih 1% saja, hal ini terjadi karna ada faktor eksternal dan internal yang terjadi pada pengambilan data.
- Hasil monitoring menggambarkan apa yang terjadi pada sistem produksi berdasarkan beberapa nilai dari avability, performance, quality. Hal ini sangat membantu memecahkan penyebab masalah, sehingga hal ini dapat diselesaikan menggunakan OEE.

1. DAFTAR PUSTAKA

- A. Susanto, "MODUL PROGRAMMABLE LOGIC CONTROLLER (PLC) BERBASIS ARDUINO SEVERINO," *Jurnal Edukasi Elektro*, vol. 1, no. 2, 2017, [Online].Available: <http://journal.uny.ac.id/index.php/jee/>
- D. Yuhendri, "Penggunaan PLC Sebagai Pengontrol Peralatan Building Automatis," 2018.
- H. Suliantoro, N. Susanto, H. Prastawa, and I. Sihombing, "PENERAPAN METODE OVERALL EQUIPMENT EFFECTIVENESS (OEE) DAN FAULT TREE ANALYSIS (FTA) UNTUK MENGUKUR EFEKTIFITAS MESIN RENG," 2017.

4. M. R. Rifaldi, G. Kec, P. Rebo, and J. Timur, "Overall Equipment Effectiveness (OEE) Pada Mesin Tandem 03 Di PT. Supernova Flexible Packaging," *Jurnal Rekayasa Industri (JRI)*, vol. 2, no. 2, 2020.

ANALISIS BEBAN DAN DAYA MESIN PENDINGN GEDUNG LAB SIMULATOR MULTIGUNA SISTEM OTOMASI GOA 3 UKURAN 17,5 x 14 x 8,6 M BALAI PENGUJIAN PERKERETAAPIAN DI BEKASI

Pedro Da Silva

¹Program Studi Teknik Mesin, FTI, Institut Teknologi Budi Utomo
Jakarta, pedrodpp89@gmail.com

Abstrak

Balai Pengujian Perkeretaapian yang bertempat di Kota Bekasi merupakan unit kerja dibawah naungan Direktorat Jenderal Perkeretaapian, Kementerian Perhubungan memiliki tugas dan fungsi untuk melaksanakan pengujian terhadap sarana, prasarana, dan sumber daya manusia di bidang perkeretaapian. Untuk menunjang proses pengujian sumber daya manusia (SDM), Balai Pengujian Perkeretaapian memiliki fasilitas berupa gedung lab simulator multiguna sistem otomasi GOA 3 dengan luas 17,5 x 14 x 8,6 m yang dibagi dalam beberapa ruangan yaitu ruang simulator, ruang *Briefing*, ruang *Server*, ruang instruktur, dan ruang respionis, dengan tiap ruangan menggunakan AC *split* berbagai ukuran. Dalam melaksanakan pengujian terhadap SDM dibutuhkan terjaganya pengkondisian udara dalam ruangan untuk menjaga faktor kenyamanan dan konsentrasi dari para peserta pengujian. Oleh karena itu penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kebutuhan beban pendinginan AC pada masing-masing ruangan dengan meneliti berbagai faktor sumber beban pendinginan serta melakukan perhitungan nilai beban pendinginan yang terjadi. Dari hasil perhitungan tersebut didapatkan beban pendinginan total gedung lab simulator adalah 30171,18 kCal/jam (119658,9 Btu/h), dengan beban pendinginan paling besar terjadi pada ruang simulator sebesar 21597,36 kCal/jam (85655,11 Btu/h) dan beban pendinginan paling rendah terjadi pada ruang *Server* yaitu sebesar 1155,251 kCal/jam (4581,73 Btu/h). Berdasarkan hasil perhitungan yang didapatkan AC pada setiap ruangan masih mencukupi terhadap beban pendinginan yang terjadi pada masing-masing ruang.

Kata Kunci: Gedung Lab Simulator, AC *Split*, Beban Pendinginan.

1. Pendahuluan

Balai Pengujian Perkeretaapian merupakan unit pelaksana tugas di bawah Direktorat Jenderal Perkeretaapian (DJKA) Kementerian Perhubungan, bertempat di Kota Bekasi Provinsi Jawa Barat. Balai Pengujian Perkeretaapian sesuai dengan PM 56 Tahun 2023 memiliki tugas dan fungsi sebagai pelaksana pengujian terhadap sarana, prasarana, dan kecakapan sumber daya manusia di bidang perkeretaapian. Pelaksanaan pengujian terhadap sumber daya manusia bidang perkeretaapian salah satunya adalah dilakukan pada awak sarana perkeretaapian. Pengujian terhadap awak sarana perkeretaapian dilakukan melalui beberapa tahap antara lain uji teori, uji wawancara, dan uji praktik.

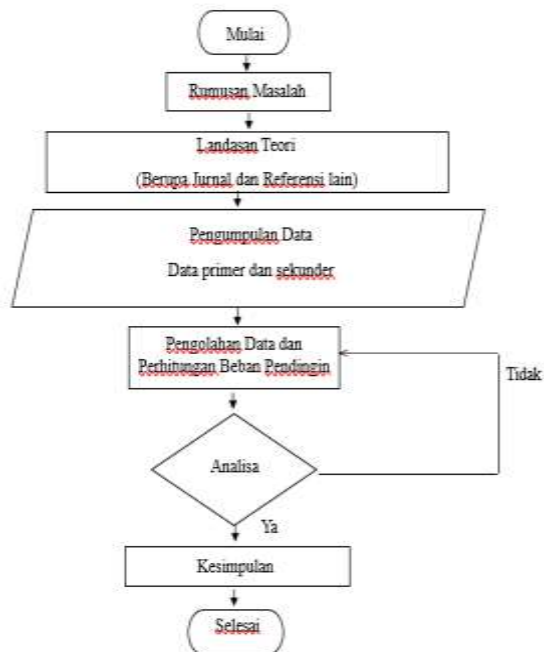
Untuk menunjang kegiatan uji praktik terhadap awak sarana perkeretaapian, balai pengujian perkeretaapian menyediakan fasilitas berupa simulator pengoprasian sarana perkeretaapian multiguna untuk sistem operasi otomasi GOA 3 (*Grade of Automation 3*). Simulator multiguna GOA 3 terdiri dari komponen mekanik dan elektrik yang disusun di dalam satu ruangan lab

simulator dengan instalasi sistem pengkondisian udara.

Aktivitas komponen mekanik dan elektrik dalam pengoprasian simulator multiguna GOA 3 di ruang lab simulator menghasilkan energi panas, ditambah dengan aktivitas manusia dan faktor lainnya menyebabkan peningkatan suhu ruangan lab simulator. Peningkatan suhu ruangan dapat berpengaruh kepada konsentrasi peserta uji yang menurun dan mengurangi kinerja dari komponen simulator. Pengkondisian udara pada bangunan bertujuan menciptakan kondisi yang nyaman bagi penghuni dalam suatu ruangan melalui proses perlakuan terhadap udara dalam mengatur suhu, kebersihan, kelembaban dan pendistribusian beban pendinginan bertujuan agar kapasitas pada beban puncak sesuai dengan yang diinginkan, mengurangi kerusakan akibat kerja unit yang terlalu berat dan pemborosan energi. Hal ini yang perlu untuk dilakukan studi kasus mengenai sistem pendingin yang baik dengan mempertimbangkan faktor kenyamanan dan kebutuhan [1].

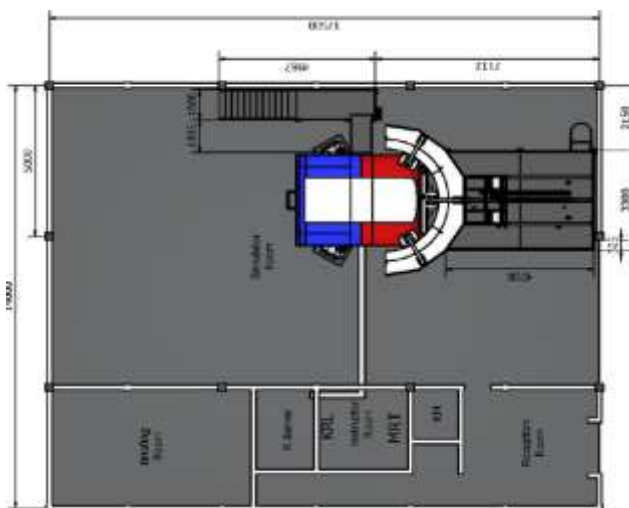
2. METODOLOGI

Alur proses penelitian Analisis Beban dan Daya Mesin Pendingin Gedung Lab Simulator dapat dilihat pada diagram alir berikut ini.



Gambar 1 Diagram Alir Penelitian

2.1 Gedung Lab Simulator Multiguna



Gambar 2 Denah 2D Gedung Lab Simulator
(Sumber : Manual Book Simulator)

Gedung lab simulator sistem otomasi GOA 3 atau dapat juga disebut Multipurpose Simulator Sarana Perkeretaapian merupakan sistem yang dirancang khusus untuk memberikan solusi teknologi inovatif dalam memfasilitasi proses sertifikasi bagi Awak Sarana Perkeretaapian. Sertifikasi ini bertujuan tidak hanya untuk meningkatkan pengetahuan dan keterampilan,

tetapi juga memberikan pengalaman nyata melalui simulasi operasional MRT dan KRL JR-205.

Gedung lab simulator sistem otomasi GOA 3 terletak di Kantor Balai Pengujian Perkeretaapian Kota Bekasi, Jawa Barat. Memiliki luas berukuran 17,5 x 14 x 8,6 m, gedung lab simulator terdiri dari 5 (lima) ruang utama yaitu Ruang Simulator, Ruang Briefing, Ruang Server, Ruang Instruktur, dan Ruang Resepsionis. Ruangan utama tersebut yang selanjutnya akan dilakukan perhitungan dan analisa, untuk mempermudah masing-masing ruangan akan disajikan dalam bentuk tabel sebagai berikut:

Tabel 1 Data Spesifikasi Ruangan Gedung Lab Simulator

Data objek	Ruangan				
	1	2	3	4	5
Luas total jendela kaca (m ²)	-	-	-	-	0,038925
P x L x T ruangan (m)	17,1x9,8x8,6	6x3,7x3,1	1,8x2,7x3,1	2,8x2,7x3,1	4x3,8x3,1
Luas penampang dinding (m ²)	343,8 (bata 30 (Besi))	60,1	27,9	34,1	36,6
Luas atap (m ²)	167,6	22,2	4,86	7,56	15,2
Luas lantai (m ²)	167,6	22,2	4,86	7,56	15,2
Jumlah orang di ruangan	5	15	-	5	5
Kalor sensibel orang (W)	72	72	-	72	72
Peralatan elektronik: (unit)	20	3	1	14	1
Jumlah lampu	6	3	1	1	3
Daya Listrik mesin Pendingin (kW)	9960 (@2PK 6Unit)	1.560 (@1PK 2Unit)	1160	780	780

Keterangan Ruangan:
1. Ruang Simulator
2. Ruang Briefing;
3. Ruang Server;
4. Ruang Instruktur;
5. Ruang Resepsionis.

(Sumber : Penelitian Pribadi)

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Dalam melakukan pembahasan pada penelitian ini dilakukan pengumpulan data berupa evaluasi pada dokumen spesifikasi teknis gedung dan dokumen parameter terkait koefisien konduktivitas tiap bahan pada dinding, lantai, dan atap, serta pengukuran langsung menggunakan *laser distance meter*, meteran untuk luas ruangan

dan anemometer untuk mengukur temperatur pada tiap ruangan.

Hasil pengukuran luas pada tiap ruangan dapat dilihat pada tabel 1, untuk hasil pengukuran temperatur pada tiap ruang dilakukan pengamatan selama lima hari dimulai pada tanggal 10 sampai 15 Juni 2024 dengan didapatkan hasil $\Delta T_{\text{tertinggi}}$ sebesar 8 °C pada ruang simulator hingga 9,8 °C pada ruang *server*, setelah semua data didapatkan maka dapat dilakukan perhitungan beban pendinginan pada tiap ruangan menggunakan persamaan pada tiap faktor yang ada sebagai berikut:

3.1 Beban Kalor Pendingin dari Orang

Diketahui data pada tabel 1 jumlah penghuni pada tiap ruangan, salah satunya adalah ruang *briefing* dengan jumlah 15 orang. Sesuai dengan peramaan [1].

$$Q_o = N_o \times k_s \times f_k$$

Dimana:

N_o = jumlah orang

K_s = 106 kCal/jam (kategori kegiatan nilai ini diasumsikan nilai total panas laki-laki dewasa, dipilih karena merupakan nilai aman).

Koreksi faktor kelompok = 0,947

$Q_{\text{orang}} = 15 \times 106 \times 0,947 = 1505,73$ kCal/jam

Jadi, beban kalordari faktor orang pada ruang *briefing* sebesar 1505,73 kCal/Jam.

Dengan menggunakan persamaan yang sama didapatkan nilai Q_{orang} untuk setiap ruangan dapat dilihat pada tabel berikut ini:

Tabel 2 Beban kalor dari orang

Nama Ruangan	Jumlah Orang	Beban Kalor (kCal/jam)
Ruang Simulator	5	501,91
Ruang <i>Briefing</i>	15	1505,73
Ruang <i>Server</i>	0	0
Ruang Instruktur	5	501,91
Ruang Resepsionis	5	501,91
Jumlah Kalor		3011,46

(Sumber : Penelitian Pribadi)

3.2 Heat Loss dari Dinding

Gedung lab simulator menggunakan tipe dinding bata ringan yang dilapisi plaster pada tiap sisi dengan pada ruang simulator terdapat bagian yang berbahan plat besi yang berfungsi juga sebagai pintu barang.

Dari identifikasi bahan yang telah diketahui di atas, maka kita dapat menentukan nilai tahanan kalor setiap lapisan dinding dengan luas permukaan dinding untuk mendapatkan nilai tahanan total agar bisa mendapatkan nilai K [1].

Ruang simulator menggunakan bahan dinding berupa bata ringan tebal 100mm (0,1m) dengan dilapisi plester tebal 20mm (0,02m). Untuk bagian dinding berbahan besi tebal 10mm (0,01m), maka dapat ditentukan nilai tahanan kalornya adalah.

Tabel 3 Nilai tahanan kalor pada dinding

Jenis Bahan	Tahanan Konduktivitas (R) m jam°C/kCal	Tebal Bahan (m)	Nilai Tahanan (m²jam°C)
Bata	0,4	0,1	0,04
Plester	1,9	0,02	0,038
Besi	0,0242	0,01	0,000242
Nilai tahanan kalor = R x tebal bahan			

(Sumber : Penelitian Pribadi)

Berdasarkan tabel 1 didapatkan luas penampang dinding pada tiap ruangan dan menggunakan nilai tahanan kalor dari bahan yang telah diidentifikasi, maka dapat dilakukan perhitungan dengan persamaan sebagai berikut:

$$\begin{aligned} Q_1 \text{ Bata} &= \text{luas dinding} \times K \times \Delta T \\ &= 343 \text{ m}^2 \times 4 \text{ kCal/m}^2\text{jam}^\circ\text{C} \times 8^\circ\text{C} \\ &= 10976 \text{ KCal/jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q_1 \text{ Besi} &= \text{luas dinding} \times K \times \Delta T \\ &= 30 \text{ m}^2 \times 5,7 \text{ kCal/m}^2\text{jam}^\circ\text{C} \times 8^\circ\text{C} \\ &= 1368 \text{ KCal/jam} \end{aligned}$$

$$Q_1 \text{ Total} = 10976 + 1368 = 12344 \text{ KCal/jam}$$

Jadi, beban kalor dari faktor *heat loss* dari dinding pada ruang simulator sebesar 12344 kCal/Jam.

Dengan menggunakan persamaan yang sama didapatkan nilai Q_{dinding} untuk setiap ruangan dapat dilihat pada tabel berikut ini:

Tabel 4 Tabel beban kalor heat loss dari dinding

Nama Ruangan	Beban Kalor (kCal/jam)
Ruang Simulator	12344
Ruang Briefing	2283,8
Ruang Server	1093,68
Ruang Instruktur	1268,52
Ruang Resepsionis	1229,76
Total	18219,76

(Sumber : Penelitian Pribadi)

3.3 Heat Loss Dari Atap

Gedung lab simulator menggunakan atap spandek aluminium dengan lapisan plafon papan kayu multiplek pada ruang Briefing, ruang Server, ruang instruktur, dan ruang resepsionis.

Ruang Simulator, menggunakan atap spandek aluminium tebal 0,5mm (0,0005 m) dengan dilapisi peredam tebal 4mm (0,004) berbahan aluminium, maka dapat ditentukan nilai tahanan kalor pada atap adalah:

Tabel 5 Nilai tahanan kalor bahan atap

Jenis Bahan	Tahanan Konduktivitas (R) (m jam°C/kCal)	Tebal Bahan (m)	Nilai Tahanan (m ² jam°C/kCal)
Aluminium	0,0049	0,0005 (Spandek)	0,00000245
		0,004 (Peredam)	0,0000196
Kayu	7,35	0,006	0,0441
Udara	45,5	0,3	13,65
Nilai tahanan kalor = R x tebal bahan			

(Sumber : Penelitian Pribadi)

Berdasarkan tabel 1 didapatkan luas penampang atap pada tiap ruangan dan menggunakan nilai tahanan kalor dari bahan yang telah diidentifikasi, maka dapat dilakukan perhitungan dengan persamaan sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 Q_{\text{atap 1}} &= \text{luas atap} \times K \times \Delta T \\
 &= 167,7 \text{ m}^2 \times 5,7 \text{ kCal/m}^2\text{jam}^\circ\text{C} \times 8^\circ\text{C} \\
 &= 7642,6 \text{ KCal/jam}
 \end{aligned}$$

Jadi, beban kalor dari faktor *heat loss* dari atap pada ruang simulator sebesar 7642,6 kCal/Jam.

Dengan menggunakan persamaan yang sama didapatkan nilai Q_{dinding} untuk setiap ruangan dapat dilihat pada tabel berikut ini:

Tabel 6 Beban kalor heat loss dari atap

Nama Ruangan	Beban Kalor (kCal/jam)
Ruang Simulator	7642,6
Ruang Briefing	15,2
Ruang Server	3,4
Ruang Instruktur	5,07
Ruang Resepsionis	9,2
Total	7675,5

(Sumber : Penelitian Pribadi)

3.4 Heat Loss Dari Lantai

Gedung lab simulator menggunakan lantai cor dengan beberapa bahan pelapis yang berbeda, untuk ruang simulator menggunakan adukan semen, ruang Briefing dan ruang resepsionis menggunakan papan plester, untuk ruang Server menggunakan keramik, dan pada ruang instruktur menggunakan karpet.

Ruang Simulator, diketahui menggunakan adukan semen dengan nilai tahanan konduktivitas 1,07 m jam°C/kCal, selisih suhu tertinggi adalah 8 °C, maka dapat ditentukan nilai tahanan kalor pada lantai adalah:

Tabel 7 Nilai tahanan kalor bahan lantai

Jenis Bahan	Tahanan Konduktivitas (R) m jam°C/kCal
Adukan Semen	1,07
Papan plester	5,46
Marmer	0,741
Wol	10

(Sumber : Penelitian Pribadi)

Berdasarkan tabel 1 didapatkan luas penampang lantai pada tiap ruangan dan menggunakan nilai tahanan kalor dari bahan yang telah diidentifikasi, maka dapat dilakukan perhitungan dengan persamaan sebagai berikut:

$$R_{total} = R_{adukan} + R_{so} + R_{st}$$

$$R_{total} = 1,07 + 0,05 + 0,125$$

$$= 1,245 \text{ m}^2\text{jam}^\circ\text{C/kCal}$$

$$K = \frac{1}{R_{total}} = \frac{1}{1,245}$$

$$K = 0,8 \text{ kCal/m}^2\text{jam}^\circ\text{C}$$

Q1 lantai ruangan simulator dengan luas 167,6 m² adalah:

$$\begin{aligned} Q1_{lantai} &= \text{luas lantai} \times K \times \Delta T \\ &= 167,6 \text{ m}^2 \times 0,8 \text{ kCal/m}^2\text{jam}^\circ\text{C} \times 8^\circ\text{C} \\ &= 1077 \text{ KCal/jam} \end{aligned}$$

Jadi, beban kalor dari faktor *heat loss* dari lantai pada ruang simulator sebesar 1077 kCal/Jam.

Dengan menggunakan persamaan yang sama didapatkan nilai Q_{lantai} untuk setiap ruangan dapat dilihat pada tabel berikut ini:

Tabel 8 Beban kalor heat loss dari atap

Nama Ruangan	Beban Kalor (kCal/jam)
Ruang Simulator	1077
Ruang <i>Briefing</i>	37,4
Ruang <i>Server</i>	52,0
Ruang Instruktur	6,9
Ruang Resepsionis	22,7
Total	1196

(Sumber : Penelitian Pribadi)

3.5 Beban Kalor Radiasi Kaca & Heat Gain Jendela

Ruangan yang memiliki kaca tersebut adalah ruang resepsionis dengan memiliki luasan 0,039 m² menggunakan tipe satu pelat kaca biasa, setelah melakukan identifikasi terhadap kaca pada gedung lab simulator selanjutnya dilakukan perhitungan beban kalor pada kaca sebagai berikut:

1. Menghitung beban radiasi kaca:

$$Q_{kaca} = A_j \times q_r \times (t_f \times s_f) \quad \text{k.cal/jam}$$

$$\begin{aligned} Q1_{kaca} &= A_j \times q_r \times (t_f \times s_f) \\ &= 0,039 \text{ m}^2 \times 687 \text{ kCal/m}^2\text{jam} \times 0,95 \\ &= 25,45 \text{ kCal/jam} \end{aligned}$$

2. Menghitung heat gain dari jendela

Ruang resepsionis memiliki kaca seluas 0,039 m² menggunakan jenis kaca biasa satu pelat dengan nilai faktor transmisi kalor 5,5 kCal/ m² jam^oC. Selisih temperatur suhu pada ruang resepsionis adalah 8,4 °C, selanjutnya untuk melakukan perhitungan beban kalor dari jendela akan menggunakan persamaan 2.4 seperti dibawah:

$$Q2 = A_j \times k_j \times (t_2 - t_1) \quad \text{k.cal/jam}$$

$$\begin{aligned} Q2_{jendela} &= A_j \times k_j \times (t_2 - t_1) \\ &= 0,039 \text{ m}^2 \times 5,5 \text{ kCal/m}^2\text{jam}^\circ\text{C} \times 8,4^\circ\text{C} \\ &= 1,80 \text{ kCal/jam} \end{aligned}$$

Jadi, untuk total beban kalor radiasi kaca dan *heat gain* jendela adalah:

$$\begin{aligned} Q_{total} &= Q1 + Q2 = 25,45 + 1,8 \\ &= 27,25 \text{ kCal/jam} \end{aligned}$$

3.6 Beban Dari Lampu

Pada gedung lab simulator masing-masing ruang memiliki lampu dengan jumlah yang detailnya dapat dilihat pada tabel 1, dengan mengetahui jenis jenis lampu pada masing-masing ruang maka dapat dilakukan perhitungan dengan persamaan dibawah:

$$Q_{lampu} = N \times dl \times Fu \times Fb \times CLF$$

Dimana:

N = jumlah lampu

Q lampu = Kalor dari lampu

dl = Daya lampu, watt/jam

Fu = Faktor penggunaan lampu

Fb = Faktor ballast (1.06 s/d 1.44)

CLF = Cooling Load Factor, tergantung lama penggunaan. Berharga 1 jika menyala lebih 16 jam / hari (Windy Hermawan, 2012).

Ruang Simulator menggunakan 6 buah lampu LED 100 w, maka Q total ruang simulator adalah:

$$\begin{aligned} Q_{lampu} (100w) &= 6 \times 0,1 \times 1 \times 1,2 \times 0,8 = 0,576 \text{ kCal/jam} \\ Q_{total} \text{ ruang simulator} &= 0,576 \text{ kCal/jam} \end{aligned}$$

Dengan menggunakan persamaan yang sama didapatkan nilai Q_{lampu} untuk setiap ruangan dapat dilihat pada tabel berikut ini:

Tabel 9 Beban kalor dari faktor lampu

Nama Ruangan	Beban Kalor (kCal/jam)
Ruang Simulator	0,576
Ruang <i>Briefing</i>	0,055
Ruang <i>Server</i>	0,021
Ruang Instruktur	0,021
Ruang Resepsionis	0,045
Total	0,72

(Sumber : Penelitian Pribadi)

3.7 Beban Kalor Dari Peralatan Elektronik

Untuk menentukan beban kalor total dari peralatan elektronik yang dilakukan adalah melakukan inventaris terhadap besaran daya dan jumlah peralatan elektronik termasuk mesin penyejuk pada masing-masing ruang, kemudian menentukan nilai $(P_{\text{se}} \times f_p)_{\text{total}}$. Dimana P_{se} adalah daya dari peralatan elektronik, f_p adalah faktor = 1.

Ruang simulator, diketahui memiliki peralatan elektronik sebagai berikut:

Tabel 10 Total daya peralatan elektronik ruang simulator

Nama Alat	Daya (w)	Jumlah	Total Daya (W)
<i>Piston Motion Base</i>	3000	6	18000
<i>Motor Motion Base</i>	1500	1	1500
AC kabin simulator	5000	1	5000
Proyektor	365	4	1460
CCTV	15	6	90
Speaker	50	7	350
AC <i>split</i> 2PK	1660	6	9960
Total Daya Ruang Simulator (P_{total})			36360

Sumber : (Penelitian Pribadi)

Setelah mengidentifikasi P_{total} dari ruang simulator maka dapat dilakukan perhitungan dengan persamaan sebagai berikut:

$$(P_{\text{se}} \times f_p)_{\text{total}} = 36360 \times 1 = 36360 \text{ w} \\ = 36,36 \text{ Kw}$$

Diketahui $q_{\text{se}} = 0,860 \text{ kCal/kWh}$

$$Q_{\text{ruang 1}} = q_{\text{se}} \times p_{\text{total}}$$

$$Q_{\text{ruang 1}} = 0,860 \text{ kCal/kWh} \times 36,36 \text{ Kw}$$

$$Q_{\text{ruang 1}} = 31,26 \text{ kCal/jam}$$

Jadi, beban kalor dari faktor peralatan elektronik pada ruang simulator sebesar 31,26 kCal/Jam.

Dengan menggunakan persamaan yang sama didapatkan nilai $Q_{\text{elektronik}}$ untuk setiap ruangan dapat dilihat pada tabel berikut ini:

Tabel 11 Beban kalor dari faktor peralatan elektronik

Nama Ruangan	Beban Kalor (kCal/jam)
Ruang Simulator	31,2696
Ruang <i>Briefing</i>	1,4276
Ruang <i>Server</i>	6,15
Ruang Instruktur	0,99
Ruang Resepsionis	0,6837
Total	40,53

(Sumber : Penelitian Pribadi)

3.8 Total Beban Kalor Gedung Lab Simulator

Setelah melakukan perhitungan beban kalor pada tiap ruangan gedung lab simulator dari berbagai faktor, maka didapatkanlah nilai total beban kalor dari masing-masing ruang maupun total pada seluruh gedung lab simulator. Untuk detail nilai total beban pendinginan yang didapat dapat dilihat sebagai berikut:

Tabel 12 Total beban kalor keseluruhan gedung

Nama Ruangan	Total Beban Kalor (kCal/jam)	Btu/h
Ruang Simulator	21597,36	85655,11
Ruang <i>Briefing</i>	3843,61	15243,77
Ruang <i>Server</i>	1155,25	4581,73
Ruang Instruktur	1783,411	7073,01
Ruang Resepsionis	1791,5487	7105,28
Total	30171,18	119658,9

Sumber : (Penelitian Pribadi)

Berdasarkan tabel 4.15 di atas dapat dilihat ruang simulator memiliki total beban kalor paling besar yaitu 21597,36 kCal/jam (85655,11 Btu/h) sedangkan ruang *Server* memiliki total beban kalor paling rendah dengan 1155,25 (4581,725

Btu/h), Untuk total beban kalor keseluruhan gedung lab simulator adalah 30171,18 kCal/jam (119658 btu/h).

3.9 Daya Mesin Pendingin Gedung Lab Simulator

Setelah mengetahui total beban kalor yang dimiliki oleh masing-masing ruang dan total beban kalor keseluruhan gedung lab simulator, maka dapat dilakukan analisa terhadap kebutuhan AC (*Air Conditioner*) dari masing-masing ruang apakah sudah ideal. Sesuai dengan tabel 4.15 di atas beban kalor dikonversikan ke Btu/h untuk selanjutnya dibandingkan dengan AC (*Air Conditioner*) yang telah terpasang, karena unit AC yang terpasang memiliki daya satuan Btu/h dengan pengkonversian senilai 1 kCal/jam = 3,966 Btu/h (Bachtiar Yusuf, 2019) [5].

Tabel 13 perbandingan kebutuhan AC gedung lab simulator

Nama ruangan	Beban kalor (Btu/h)	AC terpasang (Btu/h)	Selisi h (Btu/h)	Perse ntase (%)	Ketera ngan
Ruang Simula tor	85655,11	108000	+22344,89	79,31	Meme nuhi
Ruang <i>Briefin g</i>	15243,77	18000	+2756,23	84,69	Meme nuhi
Ruang <i>Server</i>	4581,73	14300	+9718,27	32,04	Meme nuhi
Ruang Instruk tur	7073,01	9000	+1926,99	78,59	Meme nuhi
Ruang Reseps ionis	7105,28	9000	+1894,72	78,95	Meme nuhi

Sumber : (Penelitian Pribadi)

4. KESIMPULAN

1. Total beban pendingin pada gedung lab simulator multiguna GOA 3 (Balai Pengujian Perkeretaapian Bekasi adalah sebagai berikut:
 - a. Ruang Simulator, memiliki beban pendingin total sebesar 21597,36 kCal/jam (85655,11 Btu/h);
 - b. Ruang *Briefing*, memiliki beban pendingin total sebesar 3843,61 kCal/jam (15243,77 Btu/h);

- c. Ruang *Server*, memiliki beban pendingin total sebesar 1155,25 kCal/jam (4581,73 Btu/h);
 - d. Ruang Instruktur, memiliki beban pendingin total sebesar 1783,4 kCal/jam (7073,01 Btu/h);
 - e. Ruang Respsionis, memiliki beban pendingin total sebesar 1791,55 kCal/jam (7105,28 Btu/h).
2. Penentuan daya mesin AC yang terpasang dilakukan dengan melakukan perbandingan beban pendinginan dengan kemampuan AC yang telah terpasang, dengan hasil sebagai berikut:
 - a. Ruang Simulator, memiliki AC 2 PK sebanyak 6 buah dengan kemampuan pendinginan total sebesar 108000 Btu/h yang mencukupi untuk pendinginan ruang simulator dengan beban total 85655,11 Btu/h;
 - b. Ruang *Briefing*, memiliki AC 1 PK sebanyak 2 buah dengan kemampuan pendinginan total sebesar 18000 Btu/h yang mencukupi untuk pendinginan ruang *Briefing* dengan beban total 15243,77 Btu/h;
 - c. Ruang *Server*, memiliki AC 1 PK dan AC ½ PK masing-masing 1 buah dengan kemampuan pendinginan total sebesar 14300 Btu/h yang mencukupi untuk pendinginan ruang *Server* dengan beban total 4581,73 Btu/h;
 - d. Ruang Instruktur, memiliki AC 1 PK sebanyak 1 buah dengan kemampuan pendinginan total sebesar 9000 Btu/h yang mencukupi untuk pendinginan ruang instruktur dengan beban total 7073,01 Btu/h;
 - e. Ruang Resepsionis, memiliki AC 1 PK sebanyak 1 buah dengan kemampuan pendinginan total sebesar 9000 Btu/h yang mencukupi untuk pendinginan ruang respsionis dengan beban total 7105,28 Btu/h;
 - f. Berdasarkan perhitungan dan Analisa yang dilakukan dapat disimpulkan bahwa AC (*Air Conditioner*) yang sesuai dengan karakteristik gedung lab

simulator GOA 3 Balai Pengujian Perkeretaapian Bekasi adalah penggunaan AC *split* pada tiap ruang, dikarenakan kebutuhan dan beban pendinginan yang ada pada masing-masing ruang bervariasi sehingga penggunaan AC *split* dapat dikatakan tepat menyesuaikan kebutuhan pada tiap ruang.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Arismunandar, W. (1991). Penyegaran Udara. PT PRADNYA PARAMITA.
- [2] Arles Kurnia Sandi, H. W. (2024, Januari). Analisis Perhitungan Beban Pendinginan pada Gedung Advanced Research Laboratory Fakultas Teknik Universitas Udayana dengan Metode Cooling Load Temperature Difference. 13, 19-23.
- [3] Sahidul Anam, H. (n.d.). Analisa beban Pendinginan Gedung Kantor PT. RGA Internasional Lantai 5 di Jakarta Utara dengan Ukuran 16m x 15m x 2,8m. ISSN 2406-9841, 76-84.
- [4] ASHRAE Research. 2006. ASHRAE Handbook: Refrigeration. Inch Pound Edition
- [5] Bahtiar, Yusuf. 2019. Ahli Pendingin. Bandung.
- [6] Windi Hermawan M. 2012. Pengantar Cooling Load System tata udara. Bandung. Politeknik Negeri Bandung.

PEDOMAN PENULISAN

Ketentuan Umum

1. Penulis harus menjamin bahwa naskah yang dikirimkan adalah asli dan tidak pernah dipublikasikan di jurnal lainnya
2. Naskah yang akan di publikasikan pada Jurnal ismeTek dapat berupa hasil penelitian atau ulusan ilmiah.
3. Naskah ditulis dalam Bahasa Indonesia.
4. Penentuan layak tidaknya naskah yang akan dipublikasikan ditentukan oleh Dewan Redaksi Jurnal ismeTek berdasarkan masukan dari Redaksi Ahli yang kompeten. Naskah dikirimkan ke redaksi dalam bentuk naskah asli dan *Softcopy (microsoft office word)* dalam CD atau dapat dikirimkan melalui email. Naskah dapat dikirimkan kepada: Redaksi Jurnal ismeTek, Institut Teknologi Budi Utomo Jl. Raya Mawar Merah No. 23 Pondok Kopi Jakarta timur Telp. (021) 8611849 – 8611850 Fax. 8613627, e-mail: jurnalismetekitbu@gmail.com
5. Hak Cipta (*copyright*) tulisan yang dimuat berada pada Jurnal ismeTek.

Standar Penulisan

1. Naskah diketik dengan jarak 1 (satu) spasi dengan *margin* atas 3 cm, bawah 3 cm, kanan 3 cm, dan kiri 4 cm. naskah diketik di atas kertas A4 dengan jumlah kata antara 4.000 sampai 7.000 kata, termasuk gambar dan tabel yang diketik pada atau *file* terpisah dari teks.
2. Naskah diketik menggunakan program *Microsoft Word*, kecuali tabel dan grafik menggunakan *Microsoft Excel*, dan Gambar menggunakan format JPEG atau TIFF, formula matematika menggunakan *equation*. Huruf standar yang digunakan untuk penulisan adalah Times New Roman 11, kecuali Judul berukuran 14, sub judul berukuran 12. Untuk Abstrak, Judul Gambar, dan judul Tabel diketik dengan ukuran 10.
3. Naskah g berupa hasil penelitian maupun ulasan ilmiah disusun dengan urutan judul, nama penulis, alamat lengkap instansi setiap penulis, abstrak, pendahuluan, metode penelitian, hasil dan pembahasan, kesimpulan, dan daftar pustaka.

Tata Cara Penulisan Naskah

1. **Judul**
Judul harus singkat, spesifik, dan informatif yang mencerminkan secara tepat isi naskah, dengan jumlah kata maksimal 15 kata ditulis dalam Bahasa Indonesia dan Bahasa Inggris. Judul diikuti dengan nama pengarang, institusi dan alamat, serta catatan kaki yang merujuk pada penulisan yang bertanggung jawab untuk surat-menyurat (*corresponding author*), lengkap dengan alamat surat dan alamat *e-mail*.
2. **Abstrak.**
Abstrak ditulis dalam Bahasa Indonesia. Abstrak tidak boleh melebihi 250 kata dalam satu paragraf. Abstrak berisi intisari dari keseluruhan naskah. Hindari penggunaan singkatan kecuali yang telah umum digunakan.
3. **Kata Kunci (*keyword*)**
Kata kunci ditulis dalam Bahasa Indonesia, terdiri dari 3-5 kata dari judul, disusun berdasarkan kepentingan dan disajikan setelah abstrak.
4. **Pendahuluan**
Pada bagian ini disajikan latar belakang yang didukung dengan intisari pustaka, tujuan, dan apabila diperlukan ruang lingkup penelitian sehingga pembaca dapat mengevaluasi hasil kajian tanpa harus membaca publikasi sebelumnya. Pustaka yang digunakan harus yang benar benar relevan dengan penelitian yang dilakukan. Tinjauan pustaka sebaiknya diintegrasikan pada bagian pendahuluan, metode, dan pembahasan. Untuk naskah yang berupa ulasan ilmiah, bagian pendahuluan menyajikan latar belakang dan tujuan, serta manfaat pemilihan topik.
5. **Metode Penelitian (untuk Naskah Hasil Penelitian)**
Bagian ini berisi informasi teknik dan rinci sehingga percobaan dapat di ulang dengan baik oleh peneliti lainnya. Jika dalam penelitian digunakan peralatan/instrumen khusus, maka perlu diberikan spesifikasi alat dan kondisi operasi
6. **Hasil dan Pembahasan (untuk Naskah Hasil Penelitian)**
Bagian ini menyajikan hasil penelitian, baik dalam bentuk bahan teks, tabel, atau gambar. Penggunaan foto sangat dibatasi pada hasil yang jelas. Setiap gambar dan tabel diberi nomor secara berurutan dan harus diacu pada naskah.
7. **Kesimpulan**
Kesimpulan ditulis secara ringkas tetapi menggambarkan substansi hasil penelitian atau ulasan ilmiah yang diperoleh.
Saran diberikan secara jelas untuk dapat di tindaklanjuti oleh pihak yang relevan.
8. **Daftar Pustaka**
Disusun berdasarkan urutan abjad menggunakan *author-date system* yang relevan dengan tulisan dengan nama penulis

Pustaka yang digunakan merupakan pustaka mutakhir (10 tahun terakhir).

Daftar Pustaka disusun menggunakan APA style berdasarkan abjad (A – Z) dan tidak dibagi-bagi menjadi bagian-bagian berdasarkan jenis pustaka, misalnya buku, jurnal, internet dan sebagainya. Pustaka yang digunakan merupakan pustaka mutakhir (10 tahun terakhir).

Contoh penulisan:

- a. Buku (1 penulis):
Nama Akhir Pengarang, (Tahun). *Judul Buku, Tempat diterbitkan, Penerbit*, edisi jika ada, halaman jika ada.
- b. Buku (2 penulis):
Nama Akhir Pengarang 1, Nama Akhir Pengarang 2, (Tahun). *Judul Buku, Tempat diterbitkan, Penerbit*, edisi jika ada, halaman jika ada.
- c. Sumber online :
Penulis, (tahun). *Judul*, edisi jika ada, halaman jika ada, tanggal dilihat (<http://.....>)
- d. Handbook/Manual :
Nama Handbook/ Manual, (Tahun), Nama Perusahaan, Tempat diterbitkan, Penerbit, edisi jika ada, halaman jika ada

