

JURNAL ISMETEK

PUBLIKASI ILMIAH INSTITUT TEKNOLOGI BUDI UTOMO

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

RUMAH JENGKI SEBAGAI CIRI KHAS ARSITEKTUR TROPIS	Medina
RANCANG BANGUN PENGUNCI ROLL	Sugiri
ANALISIS SENTIMEN DAN PERSEPSI PUBLIK YOUTUBE	Teguh
MONITORING DAN PERANGKAT KENDALI ELEKTRONIK	Fathoni
PENERAPAN CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORK (CNN)	Lola
ANALISIS KINERJA DAN EFISIENSI GEAR PUMP SUNNY KING	Rusdi
OPTIMASI KEANDALAN KENDARAAN OPERASIONAL	Bantu
EVALUASI KUANTITAS KEBUTUHAN PEMELIHARAAN BANTALAN	Hendry
EVALUASI KERUSAKAN PILE STRUCTURE	Jon
EVALUASI KINERJA PROYEK METODE EARNED VALUE	Ike
AKTIVITAS MANUSIA DALAM HUNIAN SEBAGAI ACUAN	Tri
DETEKSI SARKASME PADA ULASAN APLIKASI MYPERTAMINA	Faizal
IMPLEMENTASI ARSITEKTUR IOT BERBIAYA RENDAH	Budi
ANALISIS MENENTUKAN REKOMENDASI FILM	Abdurrahman
PENERAPAN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA	Cahyono,Leni,Eko
PENGARUH PROSES PENGELASAN SMAW TERHADAP SUS 304 L	Parman
PERANCANGAN DAN IMPLEMENTASI SISTEM INFORMASI	Bagus

JURNAL *ismeTek*

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

RUMAH JENGKI SEBAGAI CIRI KHAS ARSITEKTUR TROPIS MODERN DI INDONESIA <i>Medina</i>	1
RANCANG BANGUN PENGUNCI ROLL SEBAGAI PENGGANTI ALTERNATIF KOMPONEN RUSAK PADA MESIN PACKING HORIZONTAL <i>Sugiri</i>	4
ANALISIS SENTIMEN DAN PERSEPSI PUBLIK PADA KOMENTAR YOUTUBE STUDI KASUS TENTANG KAITAN ANTARA PENERIMA BEASISWA LUAR NEGERI DENGAN ISU PERPINDAHAN KEWARGANEGARAAN (ANAK JADI WNA) MENGGUNAKAN MACHINE LEARNING <i>Teguh</i>	15
RANCANG BANGUN SISTEM MONITORING DAN PERANGKAT KENDALI ELEKTRONIK RUMAH TINGGAL BERBASIS ESP32 DAN APLIKASI BLYNK <i>Fathoni</i>	21
PENERAPAN CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORK (CNN) UNTUK DETEKSI DAN ESTIMASI JARAK KENDARAAN <i>Lola</i>	28
ANALISIS KINERJA DAN EFISIENSI GEAR PUMP SUNNY KING DALAM SISTEM PEMINDAHAN BAHAN CAIR DAN SLURRY DI INDUSTRI MANUFAKTUR KIMIA <i>Rusdi</i>	34
OPTIMASI KEANDALAN KENDARAAN OPERASIONAL MELALUI PREVENTIVE MAINTENANCE BERDASARKAN ANALISIS MTBF DAN MTTR <i>Bantu</i>	44
EVALUASI KUANTITAS KEBUTUHAN PEMELIHARAAN BANTALAN DAN BALAS PADA KORIDOR STASIUN JAKARTA KOTA - STASIUN TANJUNG PRIUK DAOP 1 JAKARTA <i>Hendry</i>	49
EVALUASI KERUSAKAN PILE STRUCTURE TERHADAP KINERJA OPERASIONAL BANGUNAN JETTY PT. CHANDRA ASRI CILEGON <i>Jon</i>	57

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

Ike.....70

AKTIVITAS MANUSIA DALAM HUNIAN SEBAGAI ACUAN DALAM Mencari STANDAR
MINIMUM RUMAH DI INDONESIA

Tri.....76

DETEKSI SARKASME PADA ULASAN APLIKASI MYPERTAMINA MENGGUNAKAN MODEL
INDOBERT DENGAN PENDEKATAN CRISP-DM

Faizal.....82

IMPLEMENTASI ARSITEKTUR IOT BERBIAYA RENDAH UNTUK DETEKSI REAL-TIME KUALITAS
UDARA PADA HUNIAN TERDAMPAK EMISI KENDARAAN

Budi.....82

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

Abdurrahman.....95

PENERAPAN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA SISTEM ARUS SEARAH BERBASIS
INTERNET OF THINGS DAN ANDROID

Cahyono, Leni, Eko.....103

PENGARUH PROSES PENGELASAN SMAW TERHADAP SIFAT MEKANIK MATERIAL
SUS 304 L

Parman.....110

PERANCANGAN DAN IMPLEMENTASI SISTEM INFORMASI PERSEDIAAN BARANG DI
GUDANG PT. IDC INDONESIA BERBASIS WEB

Bagus.....120

RUMAH JENGKI SEBAGAI CIRI KHAS ARSITEKTUR TROPIS MODERN DI INDONESIA

Medina Suci Handayani

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

Medina.suci.handayani@gmail.com

Abstrak

Dalam hal desain arsitektur di Indonesia, khususnya yang mengusung tema arsitektur tropis tanah air maka hal ini tidak lepas dari pengaruh arsitek senior legendaris yaitu Mr. Liem Bwam Tjie yang terkenal mempopulerkan arsitektur modern khas pasca kemerdekaan yang di usung menjadi salah satu arsitektur khas Nusantara yang Bernama Rumah Jengki. Rumah Jengki banyak di temui di Kawasan Menteng, Jakarta Pusat dan Kebayoran yang di zaman dahulu banyak di huni oleh kaum elite bangsa ini. Rumah Jengki memiliki desain yang unik yaitu perpaduan antara gaya Khas desain arsitektur Belanda dan pencampurannya dengan sentuhan gaya tropis dengan atap nya yang miring seperti segilima (pentagon) dan juga banyaknya ventilasi seperti jendela dan lubang angin.

1. PENDAHULUAN

Bermula dari pasca kemerdekaan bangsa Indonesia yang memiliki krisis identitas terutama dalam hal arsitektur, sebelum kemerdekaan Indonesia telah memiliki sosok Arsitek legendaris yang terkenal pada masanya, yaitu Mr. Liem Bwam Tjie yaitu seseorang yang di kenal sebagai Bapak Arsitektur Modern di Indonesia.

Arsitektur Jengki sendiri merupakan sebutan yang digunakan untuk menggambarkan gaya arsitektur yang populer di Indonesia pasca kemerdekaan atau di tahun 1950 hingga 1960. Kata Jengki berasal dari kata “Art Deco” yang dalam Bahasa Indonesia diucapkan sebagai “Arsitek” atau “Jengki” atau “Yankee”.

Arsitektur jengki dipengaruhi oleh gaya arsitektur modernis dari Barat, terutama gaya arsitektur Art Deco dan juga beberapa elemen arsitektur tradisional Indonesia.

Berhasilnya arsitektur modern yang dibawa oleh arsitek Belanda pada awal abad ke 20, adalah penyesuaian yang baik dengan iklim tropis lembab yang ada di Nusantara. Di dalam praktek pembangunan penyesuaian dengan iklim setempat itu dinyatakan dalam detail-detail elemen bangunan seperti overstek yang cukup lebar untuk melindungi bangunan dari sinar matahari yang masuk setelah pukul 9.00 pagi sampai pukul 4.00 sore, serta untuk melindungi tampiasnya air hujan yang masuk melalui pembukaan jendela. Pembukaan bangunan yang mengarah ke Utara-Selatan untuk menghindari arah sinar matahari langsung. Pembukaan yang cukup dengan lubang-lubang angin diatas pintu, jendela

maupun atap supaya terjadi cross ventilasi yang baik dsb.nya adalah perwujudan dalam praktek-praktek bangunan di lapangan. Mr. Liem Bwam Tjie sangat menyadari akan hal-hal tersebut.



Gambar 1. Foto Mr. Liem Bwam Tjie
(Sumber : Dikken, 2004.2)

Walaupun demikian, Nama beliau mungkin agak jarang terdengar, namun arsitek kelahiran Semarang yang lahir di Semarang pada 6 September 1891, dari keluarga Tionghoa generasi keempat yang tinggal di Hindia Belanda waktu itu (Dikken, 2002:5)



Gambar 2. Ilustrasi Rumah Jengki di Jakarta
(sumber : rumahdanvilaideal.blogspot.com)

Dari penelusuran yang tercatat sudah beberapa rumah berlanggam arsitektur tropis modern yang telah beliau buat diantaranya :

1. Rumah Sih Tiauw Hien, Semarang 1930
2. Villa Oei Tjong Houw, Kopeneng 1931,
3. Rumah Tan Tjong Ie, Semarang 1931
4. Rumah Ir. Be Kian Tjong, Semarang (1931),
5. rumah tinggal Dr. Ir. Han Tiauw Tjong, Semarang (1931) dsb

2. METODOLOGI

Tahap pengkajian dilaksanakan dengan metode penelitian terhadap literatur yang tersedia baik jurnal dan artikel yang didapat di internet. Untuk literatur mengenai sang Tokoh pelopor yaitu Mr. Liem Bwam Tjie itu sendiri di dapat dari penelitian tugas akhir mahasiswa dari Universitas Semarang dan juga Penelitian dari seorang pengajar di Universitas Kristen Petra Surabaya.

Dalam jurnal ini yang lebih memfokuskan kepada Arsitektur Jengki, gaya ini menampilkan bentuk-bentuk geometris sederhana dan garis-garis yang tegas. Bangunan-bangunan ini sering kali memiliki atap datar atau atap yang hampir datar dengan sudut tajam. Orientasinya juga termasuk ke dalam gaya Arsitektur Minimalis dan menghindari gaya arsitektur yang rumit seperti menghilangkan ornament dan dekorasi yang dirasa tidak perlu. Bangunan ini memiliki garis bangunan tegas dan permukaan yang halus.



Gambar 3. Ilustrasi Gambar Rumah Jengki di Daerah Bilangan Kebayoran
(Sumber : Sipilnesia.com)

IDENTIFIKASI PENERAPAN ARSITEKTUR RUMAH JENGKI DI INDONESIA :

Arsitektur Jengki merupakan warisan Sejarah pada peradaban Indonesia dan menjadi saksi penting perkembangan arsitektur modern di Negara ini. Meskipun banyak arsitektur jengki yang memiliki perubahan atau pembongkaran seiring berjalannya waktu, tetapi beberapa contoh bangunan yang masih bertahan dan menjadi bagian penting dalam panorama arsitektur Indonesia.



Gambar 4. Ilustrasi Gambar Rumah Jengki yang masih dalam kondisi terawat di Daerah Menteng Jakarta.

(Sumber : Sipilnesia.com)

Adapun kriteria dan ciri-ciri khusus yang melekat erat pada gaya arsitektur rumah Jengki tersebut ialah :

1. Dinding rumah yang berbetuk miring dan segi lima yang menunjukkan segi arsitektur jengki di bagian eksterior.
2. Penggunaan Batu alam untuk dinding rumah dengan mayoritas berwarna abu-abu yang ditempel dalam susunan asimetris yang memberikan Kesan nyaman dan sejuk.
3. Penggunaan Beton dan Kaca untuk memberikan Kesan bersih dan modern.
4. Ukuran Beranda atau teras yang cukup luas dengan bagian atap beranda yang di dominasi dengan bentuk melengkung untuk mengurangi Kesan monoton dari arsitektur Eropa yang kaku.
5. Sirkulasi Udara Rumah yang cukup baik dan penggunaan Roster yang mendukung terjadinya sirkulasi yang baik khas rumah jengki yang

mempertimbangkan persyaratan rumah tropis.

6. Sentuhan lokal yang khas, walaupun terpengaruh oleh gaya barat, arsitektur jengki dapat menggabungkan elemen lokal seperti ornament ukiran batik khas Jawa dan ornament reliq khas Indonesia lainnya untuk memberikan sentuhan bernuansa lokal pada bangunan tersebut.



Gambar 5. Ilustrasi Rumah Jengki, Rumah peristirahatan milik Kwik Tjien di Tawangmangu rancangan Arsitek Mr. Liem Bwam Tjie di tahun 1934.

(sumber : Dikdens, 2002)

Dalam pemilihan furniture rumah jengki cukup mudah dikenali karena bagian ujung meja dan kursi runcing.

Material furniture berupa kayu dan besi yang mayoritas asli dari Indonesia juga tak jarang menggunakan Rotan dan Karet.

Interior rumah jengki sendiri jarang memiliki sekat agar tidak membatasi antar ruangan atau berkonsep terbuka atau *Openplan*. Sudut perabotan tajam dan tak jarang memiliki bentuk pentagon yang khas.



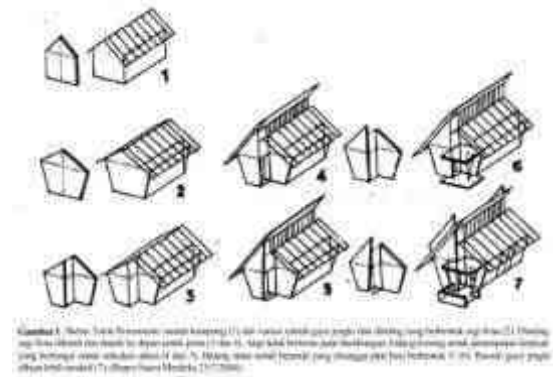
Gambar 6. Ilustrasi gambar Furniture yang biasa diterapkan di Rumah Jengki berbahan Rotan.
(Sumber : antique-atlas.com)

3.HASIL DAN PEMBAHASAN

Rumah Jengki modern hingga kini masih dapat dijumpai di wilayah perumahan karyawan BPM di Kebayoran. Contoh Arsitektur ini juga ada pada Gedung BPI, PDAM hingga Gedung Politeknik Kesehatan yang kesemuanya berlokasi di Jakarta.

Dengan adanya pembahasan di atas, maka dapat disimpulkan bahwa Arsitektur Jengki merupakan gaya bangunan khas Indonesia usia merebut kemerdekaan sehingga pencampuran antara budaya Eropa masih cukup kental dan bagaimana arsitek Indonesia menggabungkan antara arsitektur tropis khas Indonesia dengan budaya campuran Khas Barat dan *Art Deco*.

Berikut merupakan sketsa yang menceritakan awal mula pembentukan rumah jengki berdasarkan teori perkembangan arsitektur pencampuran antara Barat dan Tropis Nusantara :



Gambar 7. Sketsa awal mula pembentukan rumah jengki
(sumber : Internet)

Sketsa 1. Pemahaman Konsep Rumah jengki awal

Sketsa Totok Rusmanto yang memiliki pendapat bahwa asal muasal rumah jengki berasal dari rumah kampung.

Sketsa 2. Jenis dan variasi rumah jengki

Pengembangan desain keduaialah pendapat yang mengatakan pengembangan utama ialah dari desain atap yang berbentuk segilima.

Sketsa 3 dan 4.

Sketsa Nomor 3 dan 4 yang menggambarkan dinding segilima yang di Tarik untuk menjadi bukaan pintu.

Sketsa 4 dan 5.

Sketsa pada nomor 4 dan 5 yang menggambarkan bahwa atap tidak bertemu dengan bumbungan sehingga memberika ruang untuk krepyak, guna memberikan sirkulasi udara yang mumpuni.

Sketsa 6.

Bidang datar untuk menaruh penyangga berbetuk V

Sketsa 7.

Pengembangan dari rumah jengki yang dibentuk untuk lebih atraktif.

4.KESIMPULAN

Untuk Kesimpulan dari hasil penelitian diatas, Hadirnya arsitektur jengki merupakan bentuk tegas bangsa Indonesia agar tidak mengikuti budaya Eropa khususnya Belanda, terutama pada desain bangunan. Langkah ini menandai era modern di awal kebangkitan Indonesia setelah di jajah, anak bangsa berusaha sekuat tenaga untuk memberikan identitas khas khususnya pada arsitektur Indonesia di zaman pasca kemerdekaan.

DAFTAR PUSTAKA

Dikkens, 2002
Antique-atlas.com
Handinoto, 2012
Sipilnesia.com
rumahdanvilaideal.blogspot.com
https://www.detik.com/properti/arsitektur/d-8066173/makna-dalam-arsitektur-jengki-bebaskan-diri-dari-pengaruh-penjajah#google_vignette
Repro Suara Merdeka, 2004

RANCANG BANGUN PENGUNCI ROLL SEBAGAI PENGGANTI ALTERNATIF KOMPONEN RUSAK PADA MESIN PACKING HORIZONTAL

¹**Moch. Sugiri, ²Galang Astu Januar Pratama**

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

²*Jurusan Teknik Mesin, FTI, Institut Teknologi Budi Utomo Jakarta,*
galang080101@gmail.com

Abstrak

Industri makanan dan minuman terus berkembang seiring meningkatnya permintaan terhadap produk praktis seperti minuman serbuk. Dalam proses produksinya, pengemasan menjadi tahap penting untuk menjaga mutu dan keamanan produk. PT XY menghadapi kendala pada komponen pengunci roll mesin horizontal packing yang sering rusak, menyebabkan posisi plastik kemasan tidak presisi, sehingga memicu cacat kemasan dan peningkatan limbah. Penelitian ini bertujuan merancang komponen pengunci roll alternatif yang dapat dibuat secara mandiri dan lebih ekonomis. Material yang digunakan adalah aluminium, dengan proses pembentukan dilakukan secara manual menggunakan metode hand bending. Proses ini melibatkan alat sederhana seperti palu karet, jangka sorong, dan gunting plat, tanpa bantuan mesin modern. Hasil uji fungsional menunjukkan bahwa komponen alternatif dapat terpasang dengan baik dan menjaga kestabilan gulungan plastik selama mesin beroperasi. Komponen berhasil menurunkan tingkat produk cacat, dengan penurunan rata-rata produk cacat dari 1,26% menjadi 0,68%. Hasil ini menunjukkan bahwa rancangan komponen pengganti berhasil meningkatkan efisiensi pengemasan dan layak diterapkan sebagai solusi pengganti sistem pengunci roll rusak.

Kata kunci : Mesin Pengemas, Mesin *Packing horizontal*, Pengunci Roll, Produk Cacat.

1. PENDAHULUAN

Industri makanan dan minuman merupakan sektor yang terus berkembang seiring meningkatnya kebutuhan konsumen terhadap produk yang praktis dan instan. Salah satu produk yang diminati adalah minuman serbuk karena kemudahan dalam penyajian dan daya tahan cukup lama. PT. XY menjadi salah satu perusahaan yang memproduksi minuman serbuk sejak lama. Dalam proses produksinya pengemasan menjadi tahap penting menjaga kualitas dan keamanan produk baik secara fisik, biologi maupun kimia[1].

Pada industri moderen proses pengemasan dilakukan menggunakan mesin *packing* yang memiliki keunggulan mengemas produk dengan cepat dan diisi secara otomatis sesuai yang sudah ditentukan. Mesin pengemas meningkatkan jumlah produksi dan ketelitian, sehingga kualitas tetap terjaga[2].

PT. XY tidak hanya menjaga kualitas produk, tetapi juga menentukan efisiensi produksi dan dampak lingkungan. Pengemasan dalam industri minuman serbuk sering kali menghasilkan limbah, baik berupa bahan kemas, produk cacat kemasan, maupun limbah operasional dari mesin produksi. Hal ini menyebabkan penurunan efisiensi dan efektifitas pada pemborosan dan peningkatan biaya produksi[3]. Pemborosan dapat diartikan sebagai aktivitas dalam proses produksi yang tidak memberikan nilai tambah terhadap transformasi input menjadi output dalam keseluruhan alur nilai yang mencakup pembuatan hingga distribusi produk[4].

Sebagian masalah bersumber saat proses pengemasan terjadi pada Mesin *Horizontal Packing* di PT. XY. Dan kerusakan komponen pengunci *roll* menjadi penyebab sumber masalah. Mesin *Horizontal Packing* bekerja dengan cara memasukan lembaran plastik yang

digulung sebagai bahan pengemas[5]. Produk dan plastik kemasan bertemu diatas *belt conveyor* dan telah diberi jarak antar produk, kemudian dilakukan pengepresan dan pemotongan. *Belt conveyor* juga memindahkan produk dari mesin *Horizontal Packing* ke Mesin Box Otomatis[6]. Pengunci *roll* berperan sebagai menjaga posisi gulungan plastik tetap stabil. Ketika pengunci *roll* mengalami kerusakan, posisi plastik menjadi tidak presisi, sehingga produk tidak tersegel dengan baik, menyebabkan kemasan robek dan menjadi limbah plastik.

Pengunci *roll* tergabung dalam sistem kontrol yang mengatur kecepatan *rolling* otomatis untuk penarikan dan pengepresan plastik kemasan[7]. Apabila gulungan plastik bergeser maka plastik dalam proses penarikan dan pengepresan akan bergeser juga dan mengakibatkan kemasan robek.

Secara konsep, sistem pengunci *roll* dirancang agar mampu menahan torsi gesekan dan tekanan radial yang muncul selama mesin berputar. Susunan radial memastikan distribusi gaya yang seragam selama rotasi, meningkatkan stabilitas sistem dan mengurangi keausan mekanis[8]. Namun dilapangan menunjukkan kerusakan biasanya diakibatkan oleh beban rotasi yang tinggi, dan keausan material. Kesalahan dalam parameter desain atau pemrosesan material juga dapat mengakibatkan kegagalan pengencangan yang sejenis[9].

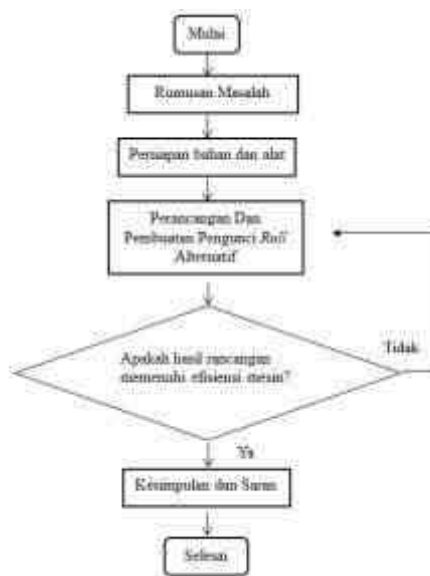
Perbaikan terhadap komponen yang mengalami kerusakan telah dilakukan, namun kerusakan yang sama terus berulang dalam waktu yang relative singkat. Pergantian komponen rusak memerlukan suku cadang dari produsen mesin, yang memerlukan waktu tunggu cukup lama serta biaya pembelian yang relative tinggi. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk merancang komponen alternatif sebagai pengganti sistem pengunci *roll* yang dapat diproduksi secara mandiri. Komponen alternatif dirancang menggunakan bahan aluminium dan dibentuk melalui proses manual (*hand bending*). Proses manual (

hand bending) salah satu metode bending tanpa menggunakan mesin[10][11]. Dengan metode ini, biaya pembuatan komponen menjadi lebih ekonomis dibandingkan dengan pembelian suku cadang dari produsen asli.

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 kualitatif dan kuantitatif, karena penelitian ini bersifat data dan eksperimen. Penggunaan penelitian jenis kuantitatif dan kualitatif bertujuan untuk menyajikan hasil yang bersifat rinci, prosedur yang spesifik dan hipotesis yang dirumuskan dengan jelas.

2.2. Komponen Pengunci Roll

Sistem pengunci *roll* dipasang pada poros *big roll* dan terdiri dari beberapa komponen utama yang berfungsi untuk menjaga kestabilan posisi *roll* kemas selama proses operasional. Adapun komponen-komponen pengunci *roll* tersebut dijelaskan sebagai berikut :

1. Poros Big Roll (Gambar 2) berfungsi sebagai penyangga utama bagi gulungan plastik film.



Gambar 2. Poros Big Roll
Sumber:Penelitian mandiri

2. Pin Pengunci Roll (Gambar 3) berperan untuk menahan dan mencengkram roll agar posisinya tetap stabil dan tidak mengalami pergeseran saat digunakan.



Gambar 3. Pin Pengunci Roll
Sumber:Penelitian mandiri

3. Knop pengunci roll (Gambar 4) dioperasikan dengan memutarnya ke arah kanan maupun kiri. Untuk mempermudah proses pemutaran, tuas perlu ditarik ke arah luar. Fungsi utama dari knop ini adalah untuk menggerakkan pin pengunci agar dapat mencengkeram roll dengan kuat, sehingga posisinya tetap stabil.



Gambar 1. Knop Pengunci Roll

Sumber:Penelitian mandiri

Kerusakan pada sistem pengunci roll menyebabkan posisi bahan kemasan menjadi tidak stabil selama proses produksi. Ketidakstabilan ini berpengaruh terhadap akurasi dalam penarikan dan pengepresan plastik kemasan, yang menghasilkan kemasan cacat serta menurunkan tingkat efisiensi produksi. Perhatikan gambar berikut yang menunjukkan kondisi kerusakan pada sistem pengunci. Gambar 5 menunjukkan pin pengunci mengembang dan bergerak maju setelah knop diputar ke arah kiri. Sedangkan Gambar 6 pin pengunci tidak mengembang tetapi tetap bergerak maju.



Gambar 5. Sistem Pengunci Berfungsi
Sumber:Penelitian mandiri



Gambar 6. Sistem pengunci tidak berfungsi
Sumber:Penelitian mandiri

Pada kasus lainnya pin pengunci mengembang dan bergerak maju tetapi setelah proses produksi berlangsung, pin bergerak turun atau tidak mengembang secara otomatis tanpa mampu menjaga posisinya tetap stabil.

2.3. Proses Pengukuran Kebutuhan Pengunci Roll Alternatif

Pada tahap ini dilakukan proses pengukuran untuk menentukan dimensi yang diperlukan dalam pembuatan komponen pengunci roll alternatif, yang dirancang sebagai pengganti komponen yang mengalami kerusakan pada mesin horizontal packing. Tabel 1 menunjukkan diameter poros *big roll* dan *core*.

Tabel 1. Diameter poros *big roll* dan *core*

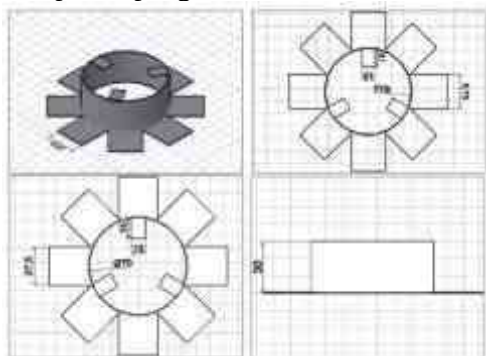
No	Uraian	Ukuran
1.	Diameter luar poros <i>big roll</i>	69,20 mm
2.	Diameter dalam <i>core</i>	76,45 mm

Sumber:Penelitian mandiri

Proses pengukuran pada poros dan *core roll*, dapat ditentukan batas toleransi maksimum dan minimum diameter sebagai dasar perancangan pengunci *roll* alternatif yaitu memiliki batas minimum diameter 69.2 mm dan batas maksimum diameter 76.45 mm.

2.4.Desain Komponen Pengunci Roll Alternatif

Gambar 7 menunjukkan desain komponen pengunci roll alternatif



Gambar 7. Desain Komponen Pengunci Roll Alternatif

Sumber:Penelitian mandiri

2.5. Alat dan Bahan yang dipergunakan dalam penelitian.

Pada tahap perancangan ini dilakukan persiapan alat dan pemilihan material yang sesuai berdasar prosedur dari metode perancangan yang digunakan adalah:

1. Jangka Sorong (Vernier Caliper)
2. Penggaris
3. Gunting plat
4. Palu karet
5. Cetakan/ Jig pengunci roll alternatif
6. Spidol
7. Kikir
8. Plat alumunium tebal 1 mm.

2.6. Rumus Perhitungan Waste

Perhitungan *waste* dalam penelitian ini didasarkan pada selisih antara jumlah total produk yang diproses dengan jumlah produk yang dinyatakan layak (produk OK). Selisih tersebut dikategorikan sebagai produk cacat (*waste*) dalam satu batch. Nilai *waste* dinyatakan dalam dua bentuk, yaitu dalam satuan unit dan dalam bentuk persentase terhadap jumlah keseluruhan produk yang diproses. Yaitu menggunakan Persamaan 1:

$$Waste (unit) = Jumlah Produk Diproses$$

$$- Jumlah produk \quad (1)$$

Persamaan 2:

$$Waste (\%) = \left(\frac{Waste Unit}{Jumlah Produk Diproses} \right) \times 100 \quad (2)$$

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Gambaran umum proses rancang bangun

Salah satu komponen penting dalam sistem kerja mesin packing horizontal adalah pengunci roll, yang berfungsi menjaga posisi gulungan bahan kemas agar tetap stabil selama proses produksi berlangsung. Namun dalam kondisi tertentu, komponen ini dapat mengalami kerusakan akibat keausan, deformasi, atau kegagalan mekanis lainnya. Kerusakan pada sistem pengunci roll berdampak langsung terhadap kestabilan penarikan plastik kemas, sehingga menurunkan akurasi hasil pengepresan dan meningkatkan potensi cacat produk. Berdasarkan permasalahan

tersebut, dilakukan perancangan dan pembuatan komponen pengganti sebagai solusi alternatif untuk menggantikan sistem pengunci *roll* yang sudah tidak berfungsi optimal. Rancangan bangun ini bertujuan menghasilkan komponen baru yang mampu menjalankan fungsi pengunci secara efektif, dengan mempertimbangkan kesesuaian dimensi poros, karakteristik bahan, dan kemudahan dalam proses pembentukan dan pemasangan. Proses rancang bangun dilakukan secara bertahap, dimulai dari pengukuran kebutuhan dimensi, pemilihan material, hingga pembentukan komponen menggunakan metode manual berbasis alat bantu sederhana. Seluruh tahapan disusun dengan pengamatan langsung terhadap performa komponen dalam kondisi operasional mesin. Hasil dari proyek ini dapat menjadi solusi praktis bagi permasalahan teknis yang terjadi pada mesin *packing horizontal*.

3.2. Hasil Perhitungan Kebutuhan Panjang Plat Aluminium

Dalam tahap perancangan komponen pengunci alternatif, perlu ditentukan panjang plat yang akan digunakan sebagai bahan pembentukan. Untuk menghitung kebutuhan plat, digunakan Persamaan 2.3 dengan acuan diameter rencana sebesar 70 mm.

$$K = \pi \times d$$

Dimana:

K : Keliling lingkaran

d : diameter lingkaran

π : perbandingan antara keliling dengan diameter lingkaran yang besarnya mendekati bilangan 3,14

$$\begin{aligned} K &= \pi \times d \\ &= 3.14 \times 70 \text{ mm} \\ &= 219.8 \text{ mm} = 21.98 \text{ cm} \end{aligned}$$

Dengan demikian, panjang plat yang diperlukan untuk proses pembuatan pengunci *roll* alternatif adalah sebesar 21.98 cm.

3.3. Hasil Perancangan Dan Pembuatan Komponen

Tahap perancangan dan pembuatan komponen pengunci *roll* alternatif dilakukan secara manual melalui beberapa proses pembentukan secara bertahap, dimulai dari pembentukan sudut siku-siku, pembentukan melingkar, hingga pembuatan bagian penahan untuk mencengkram posisi *roll* dengan kuat. Setiap proses difokuskan untuk menghasilkan komponen yang sesuai dengan spesifikasi dimensi poros *big roll*, serta memastikan kestabilan dan presisi fungsi dalam sistem mesin *packing horizontal*. Proses pembentukan dilakukan dengan memanfaatkan alat bantu sederhana, namun tetap mempertimbangkan akurasi dimensi serta kesesuaian bentuk akhir terhadap kebutuhan mesin.

3.4. Hasil Pembentukan Sudut Siku-Siku Plat Aluminium

Gambar 8 menunjukkan bahwa sudut tekukan mendekati bentuk siku-siku secara visual, dengan tingkat kelurusan yang cukup baik dan sudut presisi yang mendekati 90°. Selain itu, hasil pengukuran ulang menunjukkan bahwa tidak terdapat deformasi yang signifikan pada area tekukan, sehingga plat masih mempertahankan kekakuannya secara struktural.



Gambar 8. Hasil Pembentukan Sudut Siku-Siku

Sumber: Penelitian mandiri

3.5. Hasil Pembentukan Melingkar pada Plat Aluminium

Setelah pembentukan sudut selesai, proses dilanjutkan dengan pembentukan melingkar pada salah satu sisi plat aluminium yang telah ditebuk. Pembentukan ini dilakukan dengan membuat potongan kecil sepanjang sisi plat secara berkala, lalu membentuknya melingkar mengikuti pola jig sebagai acuan. Tujuan proses ini adalah menghasilkan lengkungan dengan diameter yang sesuai dengan ketentuan batas minimum diameter 69.2 mm dan batas maksimum diameter 76.45 mm. Ukuran diameter jig yang dipakai 70 mm (Gambar 9).



Gambar 9. Hasil Pembentukan Melingkar pada Plat Aluminium
Sumber:Penelitian mandiri

3.6. Hasil Pembuatan Penahan Pengunci Roll Alternatif

Proses terakhir dalam perakitan komponen pengunci adalah pembentukan bagain penahan yang berfungsi sebagai pengunci *roll* secara langsung. Bagian ini dibentuk dengan menandai area yang sejajar dengan posisi pin pada sistem pengunci mesin, kemudian dilakukan pemotongan kecil dan tekukan ke arah dalam agar dapat menjepit *roll* secara stabil. Gambar 10 menunjukkan penahan pengunci roll alternatif.



Penahan Pengunci Roll Alternatif

Gambar 10. Penahan Pengunci Roll Alternatif

Sumber:Penelitian mandiri

Gambar 11 menunjukkan penahan sesuai jalur pin sistem penguncian. Bentuk akhir dalam perakitan komponen menunjukkan bahwa penahan mampu menyesuaikan dengan tiga titik penyangga/pin dari sistem pengunci *roll* mesin.



Gambar 11. Penahan Sesuai Jalur Pin Sistem Penguncian

Sumber:Penelitian mandiri

3.7. Analisis Fungsional Komponen

Setelah melalui proses perancangan dan pembuatan, komponen pengunci *roll* alternatif yang telah dibuat perlu diuji untuk mengetahui apakah fungsi utamanya sebagai pengunci gulungan pada mesin *packing horizontal* dapat berjalan sesuai dengan tujuan awal perancangan. Analisis fungsional ini mencakup dua aspek utama, yaitu pemasangan terhadap poros big *roll*, serta penilaian stabilitas dan keamanan komponen dalam kondisi aktual.

Penilaian dilakukan secara langsung melalui proses uji coba fisik pada mesin, serta observasi visual terhadap reaksi komponen ketika terpasang dan digunakan. Gambar 12 menunjukkan pengunci roll alternatif.



Gambar 12. Pengunci *Roll* Alternatif
Sumber: Penelitian mandiri

3.8. Uji Pasang Pengunci *Roll* Alternatif

Langkah awal yang dilakukan untuk menguji fungsional komponen adalah melakukan pemasangan langsung terhadap poros *big roll*. Pengujian ini bertujuan untuk memastikan bahwa dimensi hasil pembuatan telah sesuai dengan toleransi ukuran yang sebelumnya ditetapkan, yaitu kurang lebih berdiameter 70 mm. Gambar 13 diperlihatkan kondisi di mana pin pengunci *roll* mesin yang mengalami kerusakan, tidak mengalami pengembangan sesuai dengan fungsi utamanya, serta terlihat bahwa pin pengunci tersebut bergerak masuk ke arah dalam *core roll*.



Gambar 13. Sebelum Pemasangan Pengunci *Roll* Alternatif
Sumber: Penelitian mandiri

Setelah dilakukan pemasangan pengunci *roll* alternatif, pin pengunci mesin tidak lagi masuk ke dalam *core roll*. Hal ini disebabkan oleh adanya penahan pada pengunci *roll* alternatif yang berfungsi menahan pergerakan pin. Kondisi tersebut dapat dilihat pada Gambar 14.



Gambar 14. Sesudah Pemasangan Pengunci *Roll* Alternatif
Sumber: Penelitian mandiri

Hasil pengujian menunjukkan bahwa pengunci alternatif dapat dipasang dengan baik pada poros *big roll*. Komponen mengikuti kontur poros secara menyeluruh dan tidak terdapat celah besar yang dapat mengganggu posisi *roll* selama proses produksi. Selain itu, bentuk melingkar yang diperoleh melalui proses penekukan manual terbukti menyesuaikan dengan poros. Dari sisi pengoperasian, proses pemasangan juga dapat dilakukan dengan cukup mudah tanpa memerlukan

alat bantu tambahan. Tidak ditemukan adanya pergeseran *roll* yang berarti saat mesin mulai dijalankan, yang menandakan bahwa fungsi dasar sebagai pengunci telah dapat dijalankan dengan baik.

3.9. Stabilitas dan Keamanan Komponen

Setelah proses pemasangan berhasil dilakukan, pengujian dilanjutkan untuk menilai kestabilan komponen selama mesin bekerja, serta aspek keamanannya, terutama pada sisi hasil potongan dan tekukan. Stabilitas diuji dengan cara mengamati apakah pengunci tetap mempertahankan bentuk dan posisinya ketika mesin mengalami getaran atau tekanan berulang saat proses kerja berlangsung. Berdasarkan hasil observasi, hasil tekukan memiliki kekakuan yang cukup untuk menahan beban dari gulungan plastik film. Komponen tetap berada pada posisi semula tanpa menunjukkan tanda-tanda pergeseran. Hal ini menunjukkan bahwa kekuatan struktural hasil pembuatan manual memenuhi kebutuhan dasar penguncian. Dari sisi keamanan, proses pengikiran dilakukan pada bagian tepi plat untuk menghilangkan sisi tajam yang berpotensi menyebabkan cedera saat pemasangan. Hal ini penting karena pengoperasian alat dilakukan secara manual dan langsung oleh tangan operator. Oleh karena itu, selain fungsional secara mekanis, komponen juga telah memenuhi aspek keamanan kerja. Gambar 15 terlihat bahwa proses pengikiran belum dilakukan, sehingga bagian sisi pada pengunci *roll* alternatif masih tampak tajam. Sementara itu, gambar 16, proses pengikiran telah dilakukan, sisi pengunci *roll* sudah tampak lebih halus.



Gambar 15. Sebelum Proses Pengikiran
Sumber: Penelitian mandiri



Gambar 16. Sesudah Proses Pengikiran
Sumber: Penelitian mandiri

3.10. Perbandingan Waste Sebelum dan Sesudah Pemasangan Alat Pengunci *Roll*

Perbandingan waste dilakukan sebagai alat ukur keberhasilan penelitian ini dalam menilai efektivitas pemasangan alat pengunci *roll* alternatif. Data sebelum pemasangan alat diperoleh melalui pengamatan langsung terhadap proses produksi yang dilakukan pada tanggal 5 hingga 7 Mei 2025 untuk sepuluh batch produksi. Sementara itu, data setelah pemasangan alat dikumpulkan selama periode 20 hingga 22 Mei 2025 pada jumlah batch yang sama. Fokus utama pengamatan adalah selisih antara jumlah produk yang diproses oleh mesin dengan jumlah produk yang lolos inspeksi akhir (produk OK), yang kemudian dihitung sebagai waste dalam satuan unit dan persentase. Sebelum alat dipasang rata-rata persentase waste cenderung lebih tinggi dengan nilai rata-rata 1,26% (Gambar 16). Setelah alat pengunci

roll alternatif diterapkan, waste menunjukkan penurunan secara umum dengan rata-rata 0.68% (Gambar 17).



Gambar 16. Persentasi Produk Cacat Sebelum Pemasangan Pengunci Roll Alternatif

Sumber: Penelitian mandiri



Gambar 17. Persentasi Produk Cacat Setelah Pemasangan Pengunci Roll Alternatif

Sumber: Penelitian mandiri

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian, perancangan, proses pembuatan, serta uji fungsional terhadap komponen pengunci roll alternatif pada mesin packing horizontal, maka dapat disimpulkan beberapa hal berikut :

1. Perancangan sistem pengunci roll alternatif sebagai pengganti komponen yang rusak telah dilakukan dengan mengacu pada dimensi aktual poros big roll dan core roll. Desain difokuskan agar mampu menyesuaikan dengan diameter yang ada serta memberikan daya jepit yang memadai. Penggunaan pendekatan manual dan sederhana tetap memungkinkan tercapainya bentuk

komponen yang presisi dan fungsional.

2. Metode pembuatan komponen pengunci dilakukan dengan teknik pembentukan manual, meliputi proses penekukan siku, pembentukan melingkar, dan pembuatan penahan roll. Seluruh proses dilakukan menggunakan alat bantu sederhana seperti palu karet, jig, kikir, gunting plat, dan jangka sorong. Proses ini terbukti dapat menghasilkan bentuk dan dimensi yang sesuai meskipun tanpa bantuan mesin modern.

3. Berdasarkan hasil analisis fungsional, komponen pengunci roll alternatif dapat dipasang dan berfungsi dengan baik. Komponen mampu menjaga kestabilan gulungan plastik selama mesin beroperasi, tidak mengalami pergeseran, dan aman digunakan. Data perbandingan sebelum dan sesudah pemasangan menunjukkan penurunan rata-rata persentase waste, dari sebelumnya 1,26% menjadi 0.68%. Ini membuktikan bahwa pengunci roll alternatif berhasil meningkatkan kestabilan proses dan menurunkan jumlah produk cacat. Oleh karena itu, komponen hasil rancangan ini dinilai layak digunakan sebagai solusi pengganti sistem pengunci rol yang rusak.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] T. R. P. Lestari, "Keamanan Pangan Sebagai Salah Satu Upaya Perlindungan Hak Masyarakat Sebagai Konsumen," *Aspir. J. Masal. Sos.*, vol. 11, no. 1, pp. 57–72, 2020, doi: 10.46807/aspirasi.v11i1.1523.
- [2] J. R. Material, M. Energi, I. Nugraha, J. Sumarjo, and M. T. Maulana, "8075-18362-2-Pb," *J.*

- Rekayasa Mater. Manufaktur dan Energi*, vol. 4, no. 2, pp. 139–149, 2021.
- [3] A. Khunaifi, Ranga Primadasa, and Sugoro Bhakti Sutono, “Implementasi Lean Manufacturing untuk Meminimasi Pemborosan (Waste) Menggunakan Metode Value Stream Mapping di PT. Pura Barutama,” *J. Rekayasa Ind.*, vol. 4, no. 2, pp. 87–93, 2022, doi: 10.37631/jri.v4i2.560.
- [4] R. Fitriyani, S. Saifudin, and K. Margareta, “Usulan Perbaikan untuk Pengurangan Waste Pada Proses Produksi dengan Metoda Lean Manufacturing,” *J. PASTI*, vol. 13, no. 2, p. 187, 2019, doi: 10.22441/pasti.2019.v13i2.008.
- [5] B. Ibrahim and M. E. Oktavian, “Perancangan konstruksi dan biaya mesin pengemas roti untuk industri kecil,” *Tek. Peranc. Manufaktur, Politek. Manufaktur Negeri Bandung*, vol. 2, no. 1, pp. 1–7, 2016.
- [6] K. A. Prayitno and S. T. Umar, “Rancangan Mesin Pengemas Padi Kering Menggunakan Motor DC,” Universitas Muhammadiyah Surakarta, 2019. [Online]. Available: <http://eprints.ums.ac.id/id/eprint/81532%0Ahttp://eprints.ums.ac.id/81532/1/naskah publikasi.pdf>
- [7] P. Kushartanto, M. Kabib, and R. Winarso, “Sistem Kontrol Gerak dan Perhitungan Produk pada Mesin Press dan Pemotong Kantong Plastik,” *J. Crankshaft*, vol. 2, no. 1, pp. 57–66, 2019, [Online]. Available: <https://jurnal.umk.ac.id/index.php/cra/article/view/3086>
- [8] C. Delisle and A. Science, “Design and Research of a Rotating Packing Device with AI Integration Miles Whitaker,” *J. Comput. Sci. Softw. Appl.*, vol. 5, no. 4, 2025.
- [9] D. Croccolo *et al.*, “Failure of Threaded Connections: A Literature Review,” *Machines*, vol. 11, no. 2, 2023, doi: 10.3390/machines11020212.
- [10] Y. Umardani and S. Darmanto, “Aplikasi peralatan tekuk plat untuk industri berbasis logam,” *J. Pengabd. Vokasi*, vol. 3, no. 2, 2023.
- [11] Moch. Sugiri, Anggit Haryanto, Rancang Bangun Alat Press Briket Arang menggunakan Dongkrak Manual Hidrolik Kapasitas 2 Ton, Vol 16 No 2 (2023): Vol 16 No 2 (2023): Jurnal ISMETEK Vol.16 No.2 Desember 2023

ANALISIS SENTIMEN DAN PERSEPSI PUBLIK PADA KOMENTAR YOUTUBE STUDI KASUS TENTANG KAITAN ANTARA PENERIMA BEASISWA LUAR NEGERI DENGAN ISU PERPINDAHAN KEWARGANEGARAAN (ANAK JADI WNA) MENGGUNAKAN MACHINE LEARNING

Teguh Muryanto

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

Abstrak

Penelitian ini dilatarbelakangi maraknya polemik digital di platform YouTube terkait pernyataan seorang alumni penerima beasiswa negara (LPDP) mengenai anaknya yang menjadi Warga Negara Asing (WNA). Isu sensitif tersebut memicu perdebatan publik yang luas di ruang siber mengenai nilai nasionalisme, identitas kebangsaan, serta tanggung jawab moral awardee terhadap tanah air. Guna memetakan polarisasi opini masyarakat yang masif dan tidak terstruktur secara otomatis, penelitian ini menerapkan pendekatan kuantitatif dengan metode komparatif eksperimental berbasis machine learning. Data komentar dikumpulkan dari platform YouTube menggunakan YouTube Data API v3 untuk kemudian diklasifikasikan ke dalam tiga kategori sentimen utama, yaitu positif, negatif, dan netral. Dalam proses pengerjaannya, data teks mentah yang bersifat informal terlebih dahulu dilewatkan pada rangkaian tahapan text preprocessing yang ketat, meliputi cleaning, Case Folding, normalisasi kata tidak baku (slangwords), Tokenizing, stopword removal, hingga Stemming dengan bantuan pustaka Sastrawi. Ekstraksi fitur dilakukan menggunakan metode pembobotan Term Frequency-Inverse Document Frequency (TF-IDF). Tahap pelabelan data awal dijalankan dengan pendekatan leksikon (lexicon-based matching), sebelum akhirnya data diumpungkan pada tiga algoritma klasifikasi yang dibandingkan, yaitu Naive Bayes, Random Forest, dan Support Vector Machine (SVM). Kinerja dari ketiga model tersebut dievaluasi secara objektif menggunakan instrumen Confusion Matrix berdasarkan metrik akurasi, presisi, recall, dan F1-Score tanpa melibatkan implementasi sistem aplikasi.

Kata Kunci : Analisis Sentimen, YouTube, LPDP, Support Vector Machine, Random Forest, Naive Bayes, TF-IDF.

1. PENDAHULUAN

Kemajuan teknologi informasi telah menjadikan media sosial, khususnya *YouTube*, sebagai ruang publik baru bagi masyarakat untuk mengekspresikan pendapat dan merespons berbagai isu aktual. Setiap unggahan video yang menyentuh isu sensitif kebangsaan berpotensi memicu ribuan bahkan jutaan komentar yang mencerminkan keberagaman opini publik. Salah satu fenomena yang baru-baru ini memicu perdebatan sengit di ruang digital adalah kasus seorang alumni penerima beasiswa Lembaga Pengelola Dana Pendidikan (LPDP) yang secara terbuka menyatakan kebanggaannya karena anaknya telah menjadi Warga Negara Asing (WNA). Pernyataan kontroversial ini tidak hanya menyoroti etika penerima beasiswa negara, tetapi juga membuka diskusi lebih luas tentang nasionalisme, identitas kebangsaan, serta hubungan kontraktual antara negara dan para *awardee* di era globalisasi.

Seiring dengan meningkatnya jumlah komentar yang membahas isu tersebut, analisis secara manual menjadi kurang efektif karena keterbatasan waktu, subjektivitas, serta potensi inkonsistensi hasil. Oleh karena itu, pendekatan berbasis *machine learning*

semakin banyak digunakan dalam analisis sentimen karena mampu mengolah data teks dalam jumlah besar secara otomatis, objektif, dan terukur. Media sosial menjadi wadah yang krusial karena melaluinya data berukuran besar mengalir setiap harinya tanpa intervensi struktural yang membatasi hak berpendapat.

Dalam perkembangan teknologi informasi yang semakin pesat, analisis sentimen menjadi salah satu metode yang banyak digunakan untuk memahami opini publik terhadap suatu topik tertentu. Meningkatnya penggunaan internet dan media sosial menyebabkan bertambahnya volume data teks yang dihasilkan pengguna, seperti komentar dan diskusi daring. [1]

Meskipun penelitian analisis sentimen pada komentar *YouTube* telah banyak dilakukan, sebagian besar masih berfokus pada topik umum seperti produk, hiburan, atau peristiwa politik berskala luas. Pemanfaatan komentar *YouTube* untuk menganalisis sentimen publik terhadap isu yang mengaitkan "beasiswa dari negara" dengan fenomena "anak jadi WNA" yang memiliki sensitivitas dan dampak sosial tinggi masih relatif terbatas.

Dalam penelitian berbasis media sosial, analisis sentimen memiliki peranan penting karena mampu memberikan gambaran mengenai respons masyarakat terhadap suatu fenomena secara luas dan real-time. Media sosial menjadi sumber data utama karena menyediakan opini pengguna secara langsung dalam jumlah besar, termasuk melalui komentar pada platform YouTube [2].

Komentar *YouTube* umumnya bersifat tidak terstruktur, mengandung bahasa informal, singkatan, sarkasme, serta ekspresi emosional yang beragam, sehingga menimbulkan tantangan dalam proses klasifikasi sentimen.

Proses analisis sentimen umumnya melibatkan beberapa tahapan, yaitu pengumpulan data, *preprocessing* teks, ekstraksi fitur, serta proses klasifikasi menggunakan algoritma machine learning. Tahapan tersebut dilakukan untuk menghasilkan data yang lebih bersih dan terstruktur sehingga dapat meningkatkan akurasi proses klasifikasi [3].

Berdasarkan penelitian terdahulu, Algoritma *Naive Bayes*, *Random Forest*, dan *Support Vector Machine* (SVM) telah banyak digunakan dalam analisis sentimen komentar *YouTube*, namun umumnya diterapkan pada topik yang berbeda dan jarang dibandingkan dalam satu kerangka evaluasi yang seragam. Kondisi ini menunjukkan adanya celah riset berupa kurangnya studi komparatif yang secara khusus mengevaluasi kinerja ketiga algoritma tersebut pada kasus polemik yang melibatkan penerima beasiswa negara dan isu perpindahan kewarganegaraan. Kebaruan penelitian ini terletak pada penggabungan isu sensitif kebangsaan dengan analisis sentimen melalui pendekatan komparatif tiga algoritma *machine learning*.

1. METODOLOGI

1.1 Jenis Penelitian

Metode penelitian yang digunakan dalam studi ini adalah metode kuantitatif dengan pendekatan komparatif. Pendekatan komparatif dipilih untuk membandingkan kinerja tiga algoritma klasifikasi, yaitu *Naive Bayes*, *Random Forest*, dan *Support Vector Machine* (SVM) dalam menganalisis sentimen komentar pada video *YouTube* yang membahas isu penerima beasiswa luar negeri yang dikaitkan dengan perpindahan kewarganegaraan.

Oleh karena itu, algoritma *machine learning* seperti *Naive Bayes*, *Random Forest*, dan *Support Vector Machine* (SVM) sering digunakan dalam analisis sentimen karena terbukti mampu mengklasifikasikan teks ke dalam kategori sentimen positif, negatif, dan netral dengan tingkat akurasi yang baik [4].

Data penelitian berupa komentar pengguna

yang diperoleh dari platform *YouTube*. Data tersebut kemudian diproses untuk mengidentifikasi tiga kategori sentimen, yaitu positif, negatif, dan netral. Melalui pendekatan ini, penelitian bertujuan untuk menentukan algoritma dengan performa terbaik dalam mengklasifikasikan sentimen, sehingga mampu menghasilkan analisis yang lebih akurat terhadap persepsi publik di media sosial.

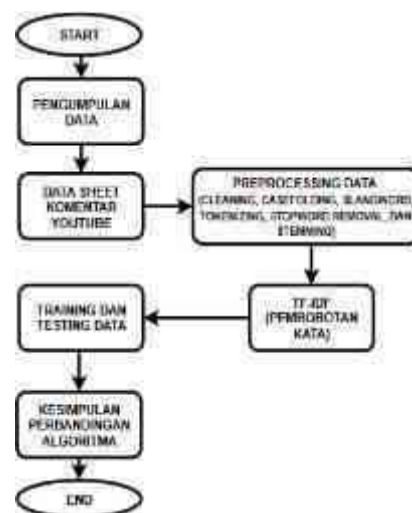
Untuk menghasilkan analisis yang akurat, penelitian ini menggabungkan metode pelabelan menggunakan kamus bahasa (*Lexicon-Based* dengan *InSet Lexicon*), serta membandingkan performa tiga algoritma sekaligus, yaitu *Naive Bayes*, *Support Vector Machine* (SVM), dan *Random Forest*.

Naive Bayes Classifier merupakan salah satu algoritma klasifikasi berbasis probabilitas yang menggunakan Teorema Bayes sebagai dasar perhitungannya. Algoritma ini bekerja dengan menghitung peluang suatu data termasuk ke dalam kelas tertentu berdasarkan karakteristik atau fitur yang dimiliki. *Naive Bayes* memiliki asumsi bahwa setiap fitur bersifat independen satu sama lain atau disebut sebagai asumsi *naive* [5].

Random Forest merupakan salah satu algoritma machine learning berbasis ensemble learning yang digunakan untuk meningkatkan performa klasifikasi dengan menggabungkan banyak pohon keputusan (*decision tree*). Algoritma ini bekerja dengan membangun sejumlah *decision tree* dari subset data yang berbeda, kemudian menggabungkan hasil prediksi dari seluruh pohon untuk menentukan hasil akhir [6].

Dengan pendekatan ini, penelitian diharapkan tidak hanya mampu mengelompokkan komentar dengan baik, tetapi juga bisa mengatasi masalah ketidakseimbangan jumlah data agar hasil akurasi menjadi lebih maksimal.

1.2 Kerangka Pemikiran



Gambar 1: Kerangka Berpikir
Sumber: Penelitian mandiri

Berikut adalah uraian alur kerangka penelitian yang berfokus pada analisis sentimen komentar YouTube menggunakan algoritma *Naïve Bayes*, *Support Vector Machine* (SVM), dan *Random Forest*:

- a. Pengumpulan Data (*Start* Pengumpulan data) Penelitian dimulai dengan tahap pengambilan data, yaitu proses mengumpulkan opini atau komentar dari platform YouTube yang berkaitan dengan topik beasiswa LPDP.
- b. Data Sheet Komentar YouTube Komentar-komentar yang telah berhasil diperoleh melalui proses *crawling* kemudian dikumpulkan, ditata, dan disimpan dalam bentuk lembar data (*data sheet*) mentah yang siap untuk masuk ke tahap pemrosesan.
- c. *Preprocessing* Data Langkah selanjutnya adalah pra-pemrosesan data (*data preprocessing*). Tahap ini bertujuan untuk membersihkan dan mengubah data teks mentah agar menjadi lebih terstruktur. Proses *preprocessing* yang dilakukan meliputi *cleaning* (menghapus tautan, simbol, dan karakter yang tidak diperlukan), *case folding* (mengubah semua huruf menjadi huruf kecil), *slangword* (mengubah kata tidak baku/gaul menjadi kata baku), *tokenizing* (memotong string teks menjadi potongan kata), *stopword removal* (membuang kata yang tidak memiliki makna penting), serta *stemming* (mengubah kata berimbuhan menjadi kata dasar bahasa Indonesia).
- d. TF-IDF (Pembobotan Kata) Setelah data teks bersih, dilakukan proses pembobotan kata menggunakan metode *Term Frequency-Inverse Document Frequency* (TF-IDF). Metode ini berfungsi untuk mengubah data teks (*string*) menjadi representasi vektor numerik berdasarkan bobot kepentingan suatu kata di dalam dokumen, sehingga data dapat dipahami oleh algoritma *machine learning*.
- e. *Training* dan *Testing* Data Tahap berikutnya adalah proses pelatihan (*training*) dan pengujian (*testing*) model menggunakan data yang telah melalui pembobotan. Data akan dibagi menjadi data latih dan data uji untuk diterapkan pada tiga algoritma yang dibandingkan, yaitu *Naïve Bayes Classifier*, *Support Vector Machine* (SVM), dan *Random Forest*. Proses pengujian juga mencakup evaluasi performa model menggunakan metrik *accuracy*, *precision*, *recall*, dan *F1-score*.
- f. Kesimpulan Perbandingan Algoritma (*End*) Tahap terakhir adalah penarikan kesimpulan berdasarkan hasil perbandingan performa ketiga algoritma yang diuji. Pada tahap ini, dilakukan analisis untuk menentukan algoritma mana yang memiliki tingkat akurasi dan kinerja terbaik dalam mengklasifikasikan sentimen positif dan negatif

pada komentar YouTube terkait LPDP.

1.3 Objek dan Metode Pengumpulan Data

Objek dalam penelitian ini adalah komentar pengguna YouTube pada video yang membahas kontroversi alumni penerima beasiswa luar negeri (LPDP) terkait perubahan kewarganegaraan anaknya menjadi WNA. Metode pengumpulan data dilakukan secara otomatis melalui metode data *crawling* memanfaatkan YouTube Data API v3 melalui parameter *comment Threads* dan properti video Id yang kemudian diekspor ke dalam format .csv.

2.4. Metode Analisis Data (*Text Preprocessing*)

Tahapan pra-pemrosesan teks yang dilewati secara berurutan meliputi :

- a. **Cleaning:** Menghapus tautan URL, *mention*, *hashtag*, angka, dan seluruh tanda baca.
- b. **Case Folding:** Mengubah seluruh teks alfabet menjadi huruf kecil.
- c. **Slangword Normalization:** Mengonversi kata tidak baku/gaul menjadi kata formal.
- d. **Tokenizing:** Memotong kalimat menjadi token kata mandiri berdasarkan spasi.
- e. **Stopword Removal:** Menghapus kata umum penghubung menggunakan pustaka Sastrawi.
- f. **Stemming :** Mengubah kata berimbuhan menjadi kata dasar bahasa Indonesia.

2. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bagian pembahasan, peneliti tidak hanya menyajikan hasil analisis secara deskriptif, tetapi juga melakukan interpretasi terhadap pola sentimen yang muncul dalam komentar pengguna. Pembahasan ini bertujuan untuk memberikan gambaran yang lebih mendalam mengenai bagaimana masyarakat merespons isu penerima beasiswa luar negeri yang dikaitkan dengan perpindahan kewarganegaraan.

3.1. Cleaning

Cleaning merupakan tahap awal dalam proses *text preprocessing* yang bertujuan untuk membersihkan data teks dari berbagai elemen yang tidak diperlukan. Data komentar yang diambil dari media sosial biasanya masih mengandung berbagai karakter yang dapat mengganggu proses analisis, seperti tanda baca, angka, simbol khusus, URL, maupun spasi berlebih. Dengan membersihkan teks terlebih dahulu, kualitas data yang digunakan dalam proses analisis sentimen dapat menjadi lebih baik dan hasil model klasifikasi menjadi lebih akurat.

	Komentar	cleaning
0	Komenya itu bu beneran dng TOTAL KONT	Komenya itu beneran dng TOTAL KONT
1	Sebenarnya mau pamer ama surga atau nreka L	Sebenarnya mau pamer ama surga atau nreka L
2	Peluang untuk mentingnya kalah sama yang ldi	Peluang untuk mentingnya kalah sama yang ldi
3	Gali siswa mang mampu jagan dobet basise (PDP	Gali siswa mang mampu jagan dobet basise (PDP
4	MANUSIA TIDAK PUNYA HALL	MANUSIA TIDAK PUNYA HALL

Gambar 2 : Hasil Proses *Cleaning*
Sumber: Penelitian mandiri

3.2. Case Folding

Case Folding merupakan tahap dalam *text preprocessing* yang bertujuan untuk menyeragamkan bentuk huruf dalam teks. Pada tahap ini seluruh huruf dalam teks diubah menjadi huruf kecil (*lowercase*). Proses ini dilakukan karena dalam analisis teks, perbedaan huruf besar dan huruf kecil tidak memiliki makna yang berbeda. Sebagai contoh, kata "Pendidikan", "pendidikan", dan "PENDIDIKAN" secara semantik memiliki arti yang sama. Namun bagi sistem komputer, ketiga bentuk tersebut dianggap sebagai kata yang berbeda apabila tidak dilakukan proses case folding.

	Komentar	cleaning	case folding
0	Komenya itu bu beneran dng TOTAL KONT	Komenya itu beneran dng TOTAL KONT	Komenya itu beneran dng TOTAL KONT
1	Sebenarnya mau pamer ama surga atau nreka L	Sebenarnya mau pamer ama surga atau nreka L	Sebenarnya mau pamer ama surga atau nreka L
2	Peluang untuk mentingnya kalah sama yang ldi	Peluang untuk mentingnya kalah sama yang ldi	Peluang untuk mentingnya kalah sama yang ldi
3	Gali siswa mang mampu jagan dobet basise (PDP	Gali siswa mang mampu jagan dobet basise (PDP	Gali siswa mang mampu jagan dobet basise (PDP
4	MANUSIA TIDAK PUNYA HALL	MANUSIA TIDAK PUNYA HALL	MANUSIA TIDAK PUNYA HALL

Gambar 3 : Hasil Proses *Case Folding*
Sumber: Penelitian mandiri

3.3. Slangwords

Slangwords merupakan kata-kata tidak baku atau bahasa gaul yang sering digunakan dalam percakapan sehari-hari, terutama pada media sosial. Dalam data komentar dari platform seperti YouTube, atau Instagram, sering ditemukan berbagai bentuk kata tidak baku seperti singkatan, penulisan yang disingkat, maupun variasi kata yang tidak sesuai dengan kaidah bahasa Indonesia yang baku.

Pada tahap ini dilakukan proses normalisasi kata slang menjadi kata yang lebih baku agar dapat dipahami dengan lebih baik oleh sistem analisis teks. Contohnya seperti kata "gk" atau "ga" yang diubah menjadi "tidak", "bgt" menjadi "banget", "yg" menjadi "yang", serta "dgn" menjadi "dengan".

	Komentar	cleaning	case folding	slangwords	tokenize
0	Komenya itu bu beneran dng TOTAL KONT	Komenya itu beneran dng TOTAL KONT	Komenya itu beneran dng TOTAL KONT	Komenya itu beneran dng TOTAL KONT	Komenya itu beneran dng TOTAL KONT
1	Sebenarnya mau pamer ama surga atau nreka L	Sebenarnya mau pamer ama surga atau nreka L	Sebenarnya mau pamer ama surga atau nreka L	Sebenarnya mau pamer ama surga atau nreka L	Sebenarnya mau pamer ama surga atau nreka L
2	Peluang untuk mentingnya kalah sama yang ldi	Peluang untuk mentingnya kalah sama yang ldi	Peluang untuk mentingnya kalah sama yang ldi	Peluang untuk mentingnya kalah sama yang ldi	Peluang untuk mentingnya kalah sama yang ldi
3	Gali siswa mang mampu jagan dobet basise (PDP	Gali siswa mang mampu jagan dobet basise (PDP	Gali siswa mang mampu jagan dobet basise (PDP	Gali siswa mang mampu jagan dobet basise (PDP	Gali siswa mang mampu jagan dobet basise (PDP
4	MANUSIA TIDAK PUNYA HALL	MANUSIA TIDAK PUNYA HALL	MANUSIA TIDAK PUNYA HALL	MANUSIA TIDAK PUNYA HALL	MANUSIA TIDAK PUNYA HALL

Gambar 4 : Hasil Proses Slangwords
Sumber: Penelitian mandiri

3.4. Tokenize

Tokenizing merupakan tahap dalam *text preprocessing* yang bertujuan untuk memecah teks menjadi bagian-bagian yang lebih kecil yang disebut *token*. Token biasanya berupa kata-kata tunggal yang dihasilkan dari pemisahan sebuah kalimat atau dokumen teks. Pada tahap ini, setiap kalimat akan dipecah berdasarkan spasi atau tanda pemisah lainnya sehingga menghasilkan daftar kata yang terpisah. Sebagai contoh, kalimat "pendidikan di indonesia perlu diperbaiki" setelah melalui proses tokenizing akan diubah menjadi daftar kata seperti ["pendidikan", "di", "indonesia", "perlu", "diperbaiki"].

	Komentar	cleaning	case folding	slangwords	tokenize
0	Komenya itu bu beneran dng TOTAL KONT	Komenya itu beneran dng TOTAL KONT	Komenya itu beneran dng TOTAL KONT	Komenya itu beneran dng TOTAL KONT	Komenya itu beneran dng TOTAL KONT
1	Sebenarnya mau pamer ama surga atau nreka L	Sebenarnya mau pamer ama surga atau nreka L	Sebenarnya mau pamer ama surga atau nreka L	Sebenarnya mau pamer ama surga atau nreka L	Sebenarnya mau pamer ama surga atau nreka L
2	Peluang untuk mentingnya kalah sama yang ldi	Peluang untuk mentingnya kalah sama yang ldi	Peluang untuk mentingnya kalah sama yang ldi	Peluang untuk mentingnya kalah sama yang ldi	Peluang untuk mentingnya kalah sama yang ldi
3	Gali siswa mang mampu jagan dobet basise (PDP	Gali siswa mang mampu jagan dobet basise (PDP	Gali siswa mang mampu jagan dobet basise (PDP	Gali siswa mang mampu jagan dobet basise (PDP	Gali siswa mang mampu jagan dobet basise (PDP
4	MANUSIA TIDAK PUNYA HALL	MANUSIA TIDAK PUNYA HALL	MANUSIA TIDAK PUNYA HALL	MANUSIA TIDAK PUNYA HALL	MANUSIA TIDAK PUNYA HALL

Gambar 5 : Hasil Proses Tokenize
Sumber: Penelitian mandiri

3.5. Stopword Removal

Stopword Removal merupakan tahap dalam *text preprocessing* yang bertujuan untuk menghapus kata-kata umum yang sering muncul dalam teks tetapi tidak memiliki makna penting dalam proses analisis. Kata-kata tersebut biasanya hanya berfungsi sebagai penghubung dalam kalimat dan tidak memberikan kontribusi signifikan terhadap makna utama dari sebuah teks.

Pada tahap ini, sistem akan menghapus kata-kata stopwords dari hasil tokenizing sehingga hanya menyisakan kata-kata yang dianggap lebih penting atau memiliki makna yang lebih kuat dalam analisis. Dengan menghilangkan kata-kata yang tidak relevan, jumlah fitur dalam data teks dapat dikurangi sehingga proses analisis menjadi lebih efisien.



Gambar 6 : Hasil Proses *Stopword Removal*
Sumber: Penelitian mandiri

3.6. Stemming

Stemming merupakan salah satu tahap dalam *text preprocessing* yang bertujuan untuk mengubah kata yang memiliki imbuhan menjadi bentuk kata dasar (*root word*). Dalam bahasa Indonesia, banyak kata yang mengalami penambahan awalan, akhiran, atau konfiks sehingga menghasilkan berbagai variasi kata yang sebenarnya memiliki makna dasar yang sama. Proses stemming dilakukan dengan cara menghilangkan imbuhan seperti awalan (*prefix*), akhiran (*suffix*), maupun kombinasi imbuhan pada suatu kata. Contohnya seperti kata “memakan”, “dimakan”, dan “makanan” yang setelah melalui proses stemming akan menjadi kata dasar “makan”.



Gambar 7 : Hasil Proses *Stemming*
Sumber: Penelitian mandiri

3.7. Hasil Evaluasi Model (*Confusion Matrix*)

Dataset dibagi menjadi 80% data *training* dan 20% data *testing*. Hasil matriks konfusi untuk pengujian masing-masing algoritma pada data uji dipaparkan di bawah ini.

Tabel 1 : *Confusion Matrix Naive Bayes*

Aktual \ Prediksi	Negatif	Netral	Positif
Negatif	252	0	0
Netral	64	0	2
Positif	140	0	7

Sumber: Penelitian mandiri

Tabel 2 : *Confusion Matrix SVM*

Aktual \ Prediksi	Negatif	Netral	Positif
Negatif	243	0	9
Netral	55	5	6
Positif	95	0	52

Tabel 3 : *Confusion Matrix Random Forest*

Aktual \ Prediksi	Negatif	Netral	Positif
Negatif	229	5	28
Netral	47	13	6
Positif	89	7	51

Sumber: Penelitian mandiri

3.8. Analisis Perbandingan Model

Tabel 4 : Hasil Perbandingan Metrik Performa Klasifikasi

Model Algoritma	<i>Accuracy</i>	<i>Precision</i>	<i>Recall</i>	<i>F1-Score</i>
<i>Naive Bayes</i>	0.556989	0.545369	0.556989	0.414155
<i>Support Vector Machine</i>	0.645161	0.722379	0.645161	0.581966
<i>Random Forest</i>	0.630108	0.628783	0.630108	0.588081

Sumber: Penelitian mandiri

3.9. Pembahasan Performa

Berdasarkan metrik evaluasi pada Tabel 3.5, *Support Vector Machine* (SVM) dikonfirmasi memiliki tingkat *Accuracy* murni tertinggi yaitu 0.645161 dan tingkat *Precision* yang dominan mencapai 0.722379. Hal ini membuktikan bahwa algoritma SVM sangat andal dalam memisahkan pola kalimat kontroversial isu kebangsaan dan meminimalkan kesalahan tipe *False Positive*.

Meskipun demikian, model *Random Forest* memperlihatkan kestabilan nilai *F1-Score* yang sangat kompetitif (0.588081) berkat kemampuannya menangkap sampel data pada kelas netral yang minoritas jauh lebih baik daripada model *Naive Bayes*.

3.10. Hasil pembahasan

Random Forest terpilih sebagai model terbaik dalam penelitian ini karena menunjukkan performa yang paling unggul dan stabil dalam mengklasifikasikan sentimen, terutama saat mempertimbangkan distribusi kelas yang tidak seimbang (*imbalanced data*). Sebagai algoritma berbasis *ensemble learning* yang menggabungkan banyak pohon keputusan (*decision trees*), *Random*

Forest melakukan generalisasi data dengan cara mengambil sampel acak baik dari sisi data (*bagging*) maupun dari sisi fitur (*feature randomness*). Karakteristik ini membuat *Random Forest* lebih tangguh terhadap variasi teks komentar YouTube yang tidak merata dan mampu menekan risiko *overfitting*, sehingga menghasilkan nilai *Accuracy* serta keseimbangan *F1-Score* yang optimal di seluruh kelas sentimen (Positif, Negatif, dan Netral).

3. SIMPULAN

- a. Karakter opini publik di kolom komentar *YouTube* terhadap isu sensitif ini secara umum sangat didominasi oleh Sentimen Negatif (54,7%), mengekspresikan ketidakpuasan publik atas lunturnya nasionalisme *awardee*.
- b. Evaluasi kinerja menunjukkan bahwa model *Support Vector Machine* (SVM) merupakan algoritma terbaik untuk tugas klasifikasi ini dengan raihan nilai *Accuracy* sebesar 64,52% dan *Precision* sebesar 72,24%.
- c. *Naive Bayes* mencatatkan nilai terendah dengan tingkat *Accuracy* 55,70% dan *F1-Score* sebesar 41,42% akibat bias ekstrim terhadap data tidak seimbang.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Liu, B. (2020). *Sentiment Analysis: Mining Opinions, Sentiments, and Emotions*. Cambridge University Press.
- [2] Jurafsky, D., & Martin, J. H. (2024). *Speech and Language Processing (3rd ed. draft)*. Prentice Hall.
- [3] Manning, C. D., Raghavan, P., & Schütze, H. (2008). *Introduction to Information Retrieval*. Cambridge University Press.
- [4] Breiman, L. (2001). *Random Forests*. *Machine Learning*, 45(1), 5-32.
- [5] Cortes, C., & Vapnik, V. (1995). *Support-vector networks*. *Machine Learning*, 20(3), 273-297.
- [6] Pedregosa, F., et al. (2011). *Scikit-learn: Machine learning in Python*. *Journal of Machine learning Research*, 12.

RANCANG BANGUN SISTEM MONITORING DAN PERANGKAT KENDALI ELEKTRONIK RUMAH TINGGAL BERBASIS ESP32 DAN APLIKASI BLYNK

Mohammad Fathoni

¹Program Studi Teknik Elektro ,FTI, Institut Teknologi Budi Utomo Jakarta,
m.fathoni@itbu.ac.id

Abstrak

Penggunaan energi listrik pada rumah tinggal meningkat seiring bertambahnya jumlah perangkat elektronik yang digunakan dalam kehidupan sehari-hari. Kondisi ini dapat menimbulkan pemborosan energi apabila tidak disertai sistem pemantauan. Selain itu, aspek keamanan instalasi listrik rumah tangga menjadi perhatian penting karena adanya risiko gangguan tegangan yang dapat merusak peralatan elektronik. Oleh karena itu, diperlukan suatu sistem monitoring dan kontrol penggunaan energi listrik yang mampu melakukan pengawasan secara real-time. Penelitian ini bertujuan untuk merancang prototipe sistem monitoring serta kontrol perangkat listrik rumah tinggal berbasis Internet of Things (IoT). Sistem dikembangkan dengan mengintegrasikan sensor PZEM-004T dan DHT22 pada mikrokontroler ESP32 untuk memperoleh data konsumsi energi listrik, suhu, dan kelembapan ruangan secara real-time. Selain itu, sistem kontrol perangkat listrik dirancang menggunakan modul relay yang dapat dioperasikan melalui aplikasi Blynk. Metode penelitian yang digunakan adalah metode eksperimental dengan pendekatan rekayasa (engineering approach), meliputi tahap perancangan, pembuatan, dan pengujian prototipe. Pengujian dilakukan dengan membandingkan hasil pembacaan sensor terhadap alat ukur referensi berupa multimeter digital dan thermo-hygrometer. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sensor PZEM-004T mampu melakukan monitoring parameter kelistrikan secara real-time dengan hasil pengukuran tegangan tertinggi sebesar 220 V dan total konsumsi energi listrik sebesar 1,889 kWh. Sensor DHT22 menghasilkan rata-rata error sebesar 0,79% untuk suhu dan 2,38% untuk kelembapan, yang menunjukkan tingkat akurasi yang baik. Sistem kontrol berbasis relay juga berhasil mengendalikan beban listrik melalui aplikasi Blynk dengan tingkat keberhasilan 100%. Berdasarkan hasil tersebut, sistem yang dirancang mampu menjalankan fungsi monitoring dan kontrol perangkat elektronik rumah tinggal secara efektif serta berpotensi menjadi solusi smart home sederhana berbasis IoT.

Kata kunci: Internet of Things, ESP32, PZEM-004T, DHT22, Blynk, monitoring energi listrik, smart home.

1. PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi informasi dan komunikasi telah memberikan dampak signifikan dalam berbagai aspek kehidupan, termasuk dalam bidang sistem otomasi rumah. Salah satu teknologi yang banyak digunakan adalah *Internet of Things* (IoT), yang memungkinkan perangkat elektronik saling terhubung dan dapat dipantau maupun dikendalikan secara jarak jauh. Penerapan IoT dalam rumah tinggal dapat diwujudkan melalui ESP32 dan Aplikasi *blynk* yang dapat digunakan untuk memantau dan mengendalikan perangkat elektronik rumah tinggal melalui IoT.

Di Indonesia, penggunaan energi listrik rumah tinggal cenderung meningkat seiring dengan bertambahnya perangkat elektronik yang digunakan sehari-hari. Tanpa adanya sistem pemantauan yang baik, sering terjadi pemborosan energi dan

kurangnya kesadaran penghuni terhadap pemantauan energi. Selain itu, aspek keamanan listrik rumah juga menjadi hal yang krusial, mengingat masih seringnya terjadi *drop voltage* yang dapat merusak perangkat elektronik. Oleh karena itu, diperlukan sebuah sistem yang mampu memantau dan mengendalikan penggunaan energi serta memberikan pengawasan listrik rumah secara *real-time*[1].

Berdasarkan permasalahan tersebut, penelitian ini dilakukan dengan tujuan merancang, mengimplementasikan, dan memperkenalkan ESP32 serta aplikasi *blynk* yang dapat membantu penghuni rumah dalam pemantauan listrik rumah dan pengendalian perangkat elektronik berbasis IoT sehingga dapat meningkatkan kenyamanan sistem kelistrikan rumah serta efisiensi dan kemudahan pengendalian perangkat. [2]

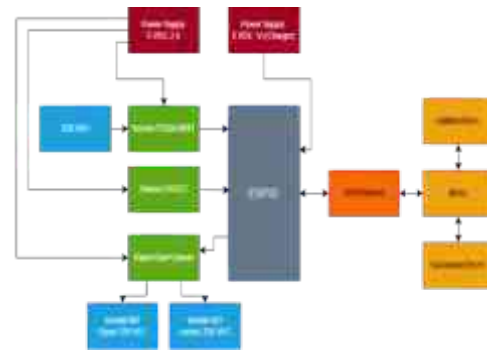
2. METODOLOGI PENELITIAN

Metode penelitian yang digunakan penelitian ini adalah metode penelitian eksperimental dengan pendekatan rekayasa (*engineering approach*), yaitu melakukan perancangan, pembuatan, dan pengujian prototipe sistem. Perancangan rangkaian sistem dilakukan untuk menghubungkan seluruh komponen yang digunakan dalam penelitian sehingga dapat bekerja sesuai dengan fungsi yang dirancang. Rangkaian sistem terdiri dari ESP32, sensor PZEM-004T, sensor DHT22, modul relay, dan *power supply* yang saling terintegrasi. Pengujian sistem dilakukan dengan membandingkan hasil pembacaan sensor PZEM-004T dan DHT22 terhadap alat ukur referensi, yaitu *multimeter digital* dan *thermo-hygrometer*. Data hasil pengujian dicatat dan diolah menggunakan Microsoft Excel untuk memudahkan analisis. Parameter yang diamati meliputi tegangan, energi listrik (kWh), suhu ruangan, dan kelembapan ruangan.

3. PEMBAHASAN

3.1. Perancangan Sistem

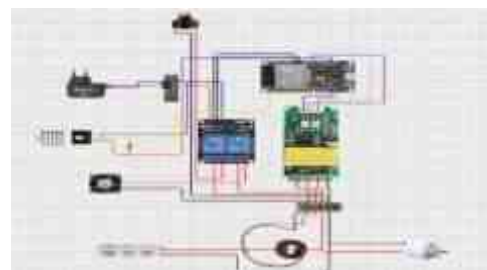
Tahap perancangan sistem dilakukan secara bertahap, dimulai dari identifikasi kebutuhan alat, perancangan perangkat keras (*hardware*), perancangan perangkat lunak (*software*), hingga integrasi seluruh sensor dan modul kontrol dengan mikrokontroler ESP32. Setiap tahapan dirancang agar sistem *monitoring* dan kontrol elektronik rumah tinggal dapat beroperasi sesuai dengan fungsi yang diharapkan. Adapun gambaran umum sistem yang dirancang ditunjukkan pada blok diagram pada Gambar .1.



Gambar 1. Diagram Blok Sistem
Sumber: Data Proyek

3.2. Perancangan Rangkaian Sistem

Perancangan rangkaian sistem dilakukan untuk menghubungkan seluruh komponen yang digunakan dalam penelitian sehingga dapat bekerja sesuai dengan fungsi yang dirancang. Rangkaian sistem terdiri dari ESP32, sensor PZEM-004T, sensor DHT22, modul relay, dan *power supply* yang saling terintegrasi. Adapun rancangan rangkaian sistem secara keseluruhan ditunjukkan pada Gambar 3.2.



Gambar 2. Wiring Rangkaian Sistem
Sumber: Data Proyek

3.3. Pengujian Sistem

3.3.1. Pengujian Tegangan dan Energi Listrik

Pengujian tegangan dan energi listrik (kWh) dilakukan untuk mengetahui kemampuan sensor PZEM-004T dalam memantau parameter kelistrikan. Hasil pengukuran tegangan dibandingkan dengan *multimeter digital* sebagai alat ukur referensi untuk mengetahui tingkat akurasi sensor. Tingkat kesalahan pengukuran tegangan dihitung menggunakan persamaan dibawah ini. Sebagai contoh, pada pukul 13.00 WIB diperoleh hasil pengukuran *multimeter*

sebesar 215 V dan sensor PZEM-004T sebesar 215,6 V. Maka nilai error dapat dihitung sebagai berikut:

$$Error(\%) = \frac{(215 - 215,6)}{215} \times 100\%$$

$$Error(\%) = 0,28\%$$

Pengukuran tegangan dan energi di lakukan pada waktu-waktu pemakaian listrik cukup besar yaitu di siang hari hingga tengah malam dengan hasil pengukuran sebagai berikut :

Tabel 1. Hasil Pengujian Tegangan & Energi

Waktu	Multimeter (V)	PZEM (V)	Error (%)	Energi (kWh)
12.00	217	217	0,00	0
13.00	219	215,6	0,28	0,043
14.00	213	214,9	0,09	0,2373
15.00	213	213,3	0,23	0,442
16.00	213	212,4	0,28	0,602
17.00	219	220	0,46	0,766
18.00	214	216,3	0,94	0,967
19.00	209	208	0,48	1,104
20.00	203	203	0,00	1,214
21.00	201	201	0,00	1,406
22.00	201	205,3	2,09	1,604
23.00	202	203	0,50	1,775
00.00	209	209,3	0,14	1,882

Sumber: Penelitian mandiri

Berdasarkan hasil perhitungan, diperoleh nilai rata-rata error sebesar 0,42%.

3.3.2. Pengujian Arus Listrik

Pengujian arus listrik dilakukan dengan membandingkan hasil pengukuran sensor PZEM-004T terhadap *multimeter digital* sebagai alat ukur referensi. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui tingkat akurasi sensor dalam mengukur arus listrik pada beban. Perhitungan nilai error arus listrik dilakukan menggunakan Persamaan yang sama dengan perhitungan error egangan.

$$Error(\%) = \frac{(0,705 - 0,699)}{0,705} \times 100\%$$

$$Error(\%) = 0,006\%$$

Pengukuran arus listrik di lakukan pada waktu-waktu pemakaian listrik cukup besar yaitu di siang hari hingga tengah malam dengan hasil pengukuran sebagai berikut :

Tabel 2. Hasil Pengujian Arus (Ampere)

Waktu	Multimeter (A)	PZEM (A)	Error (%)
12.00	0,633	0,667	5,33
13.00	0,797	0,82	2,60
14.00	0,914	0,89	2,63
15.00	0,783	0,79	0,88
16.00	0,695	0,67	2,48
17.00	1,038	0,98	5,09
18.00	0,669	0,671	0,30
19.00	0,661	0,69	4,38
20.00	0,663	0,682	2,67
21.00	1,044	1,01	3,14
22.00	0,705	0,699	0,85
23.00	0,583	0,578	0,86
00.00	0,541	0,562	4,07

Sumber: Penelitian mandiri

Berdasarkan hasil perhitungan, diperoleh nilai rata-rata error sebesar 2,65%.

3.3.3. Pengujian Suhu Dan Kelembaban

Nilai error pengukuran suhu dan kelembaban dihitung menggunakan Persamaan seperti sebelumnya dengan membandingkan hasil pembacaan sensor DHT22 terhadap *thermo-hygrometer* sebagai alat ukur referensi.

Tabel 3. Hasil Pengukuran Menggunakan Thermo-Hygrometer

Waktu	Suhu (°C)	Kelembapan (%)
12.00	32,1	78
13.00	32,3	72
14.00	32,7	73
15.00	32,6	75
16.00	32,8	75
17.00	32,8	74
18.00	32,8	72
19.00	32,8	74
20.00	31,4	62
21.00	30,9	33
22.00	30,4	33
23.00	30,4	32
00.00	30,1	47

Sumber: Penelitian mandiri

Tabel 4. Hasil Pengukuran Menggunakan Sensor DHT22

SENSOR DHT22		
Waktu	Suhu (°C)	Kelembapan (%)
12:00	31,9	75
13:00	32,1	73
14:00	32,3	72
15:00	32,3	73
16:00	32,6	75
17:00	32,6	73
18:00	32,7	70
19:00	32,2	73
20:00	31,2	69
21:00	30,3	73
22:00	30,2	71
23:00	29,7	70
00:00	30	47

Sumber: Penelitian mandiri

Tabel 5. Hasil Perhitungan Error

ERROR DHT22 & Hgrometer (%)		
Waktu	Error Suhu (%)	Error Kelembapan (%)
12:00	0,62	3,85
13:00	0,62	3,39
14:00	0,61	3,27
15:00	0,62	3,67
16:00	0,61	0,09
17:00	0,61	4,05
18:00	0,91	2,78
19:00	1,33	4,85
20:00	0,64	3,23
21:00	1,29	3,27
22:00	0,66	0,00
23:00	0,66	3,85
00:00	0,33	0,00%

Sumber: Penelitian mandiri

Berdasarkan hasil perhitungan, diperoleh nilai rata-rata error sebesar 0,79% untuk pengukuran suhu dan 2,38% untuk pengukuran kelembapan.

3.3.4. Pengujian Relay

Pengujian relay dilakukan sebagai tahap verifikasi terhadap fungsi kontrol pada sistem *monitoring* dan perangkat kontrol elektronik rumah tinggal yang telah dirancang. Pengujian dilakukan dengan mengirimkan perintah *ON* dan *OFF* melalui aplikasi Blynk untuk mengendalikan kondisi relay serta beban yang terhubung. Melalui pengujian ini dapat diketahui apakah relay mampu merespons perintah dari pengguna dengan baik sehingga fungsi kontrol jarak jauh dapat berjalan sesuai dengan yang diharapkan.

Tabel 3.6 Hasil Pengujian Relay

NO	Perintah Blynk	Relay	Beban	Kondisi Beban	Hasil
1	ON	CH1	Kipas	Menyala	Berhasil
2	OFF	CH1	Kipas	Mati	Berhasil
3	ON	CH2	Lampu	Menyala	Berhasil
4	OFF	CH2	Lampu	Mati	Berhasil

Sumber: Penelitian mandiri

Berdasarkan hasil pengujian pada Tabel diatas, relay mampu merespons setiap perintah yang dikirimkan melalui aplikasi Blynk dengan baik. Seluruh beban yang terhubung dapat menyala dan mati sesuai dengan kondisi relay, sehingga fungsi kontrol pada sistem dapat berjalan sesuai dengan perancangan.

Selain pengujian fungsi *ON* dan *OFF*, dilakukan juga pengujian waktu respon relay untuk mengetahui kecepatan sistem dalam mengeksekusi perintah yang dikirim melalui aplikasi Blynk. Pengujian dilakukan dengan mengukur selang waktu antara saat perintah diberikan hingga relay dan beban merespons perintah tersebut. Hasil pengujian waktu respon relay ditunjukkan pada Tabel dibawah ini.

Tabel 7. Pengujian Respon Relay

NO	Perintah	Beban	Waktu Respon (detik)
1	ON	Kipas	1,2
2	OFF	Kipas	1
3	ON	Lampu	1,1
4	OFF	Lampu	1,2

Sumber: Penelitian mandiri

Berdasarkan hasil pengujian, relay mampu merespons perintah yang dikirim melalui aplikasi Blynk dengan waktu respon yang relatif cepat. Hal ini menunjukkan bahwa komunikasi antara aplikasi Blynk, ESP32, dan relay dapat berjalan dengan baik sehingga proses pengendalian beban dapat dilakukan secara *real-time*.

3.3.5. Pengujian Aplikasi Blynk

Dari hasil pengujian terhadap aplikasi *Blynk* menunjukkan bahwa aplikasi dapat bekerja dengan baik terlihat dari tampilan dari gambar dibawah ini :



Gambar 3.3. Hasil Pengujian Aplikasi *Blynk*

Sumber: Data Proyek

Pada gambar diatas terlihat bahwa data yang dikirimkan oleh sensor suhu dan kelembaban dan ditampilkan dengan baik serta sistem kendali relay dapat dilakukan melalui aplikasi ini.

3.3.6. Analisis Pengukuran Tegangan dan Energi Listrik

Berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan diperoleh nilai rata-rata tegangan sebesar 210,23 V menggunakan *multimeter* digital dan 210,84 V menggunakan sensor PZEM-004T. Dari hasil perbandingan tersebut diperoleh nilai rata-rata error sebesar 0,42%. Nilai error yang relatif kecil menunjukkan bahwa sensor PZEM-004T memiliki tingkat akurasi yang baik dalam mengukur tegangan listrik sehingga layak digunakan sebagai perangkat *monitoring* pada sistem yang dirancang. Perbedaan hasil pengukuran yang terjadi dapat disebabkan oleh toleransi sensor, akurasi alat ukur referensi, serta perbedaan waktu pembacaan data antara sensor dan *multimeter*.

Selain itu, hasil pengamatan menunjukkan bahwa nilai tegangan tertinggi terjadi pada pukul 17.00, yaitu sebesar 219 V berdasarkan pengukuran *multimeter* dan 220 V berdasarkan pengukuran sensor PZEM-004T. Perubahan nilai tegangan yang terjadi selama periode pengujian dapat dipengaruhi oleh kondisi jaringan listrik dan variasi beban yang digunakan. Dari hasil pengukuran tegangan memperlihatkan bahwa pola perubahan tegangan yang dihasilkan sensor PZEM-004T memiliki kecenderungan yang sama dengan hasil pengukuran *multimeter digital*.

Berdasarkan hasil *monitoring* energi listrik, diperoleh total konsumsi energi sebesar 1,889 kWh selama periode pengujian. Nilai energi listrik menunjukkan peningkatan secara bertahap seiring dengan lamanya waktu penggunaan beban, yang menandakan bahwa sensor PZEM-004T mampu melakukan pencatatan energi secara akumulatif dengan baik. Kenaikan energi terbesar terjadi pada rentang waktu pukul 14.00–15.00, yaitu sebesar 0,2247 kWh. Hal ini menunjukkan bahwa pada rentang waktu tersebut beban listrik mengonsumsi energi lebih besar dibandingkan periode pengamatan lainnya. Secara keseluruhan, hasil pengukuran energi listrik memperlihatkan tren peningkatan yang stabil sehingga dapat disimpulkan bahwa sistem *monitoring* mampu merekam dan menampilkan data konsumsi energi listrik secara *real-time* melalui aplikasi *Blynk*.

3.3.7. Analisis Pengukuran Arus Listrik

Hasil Pengukuran arus listrik menunjukkan adanya perbedaan antara hasil pengukuran sensor PZEM-004T dan *multimeter digital* sebagai alat ukur referensi. Dari hasil perhitungan diperoleh nilai rata-rata error sebesar 2,65%, yang menunjukkan bahwa sensor memiliki tingkat akurasi yang cukup baik untuk keperluan *monitoring* arus listrik. Meskipun terdapat selisih pengukuran, pola perubahan arus yang ditunjukkan sensor PZEM-004T memiliki kecenderungan yang sama dengan hasil pengukuran *multimeter*..

Nilai arus tertinggi terjadi pada pukul 17.00 dengan hasil pengukuran sebesar 1,078 A pada *multimeter* dan 0,98 A pada sensor PZEM-004T. Selain itu, peningkatan arus kembali terjadi pada pukul 21.00 dengan nilai 1,044 A pada *multimeter* dan 1,03 A pada sensor PZEM-004T. Kondisi tersebut menunjukkan adanya peningkatan penggunaan beban listrik pada waktu tertentu sehingga arus yang mengalir menjadi lebih besar. Sementara itu, nilai arus terendah tercatat pada pukul 00.00, yaitu sebesar 0,541 A pada *multimeter* dan 0,563 A pada sensor PZEM-004T. Kesesuaian pola grafik antara kedua alat menunjukkan bahwa sensor PZEM-004T mampu mengikuti perubahan arus yang terjadi pada beban dengan

baik dan dapat digunakan untuk *monitoring* arus listrik secara *real-time*.

3.3.8. Analisis Pengukuran Suhu Dan Kelembaban

Berdasarkan hasil pengujian yang telah disajikan didapatkan bahwa sensor DHT22 menghasilkan nilai rata-rata error sebesar 0,79% untuk pengukuran suhu dan 2,38% untuk pengukuran kelembapan terhadap *thermo-hygrometer* sebagai alat ukur referensi. Nilai error tersebut menunjukkan bahwa sensor memiliki tingkat akurasi yang baik dalam memantau kondisi lingkungan ruangan. Selain itu, terdapat pola perubahan suhu dan kelembapan yang dihasilkan sensor DHT22 memiliki kecenderungan yang sama dengan hasil pengukuran *thermo-hygrometer* selama periode pengujian. Pada pukul 00.00, kedua alat menunjukkan penurunan nilai suhu dan kelembapan dibandingkan jam-jam sebelumnya. Kondisi tersebut diduga dipengaruhi oleh penggunaan pendingin ruangan (*Air Conditioner/AC*) oleh penghuni, sehingga suhu ruangan menjadi lebih rendah dan memengaruhi tingkat kelembapan udara. Kesesuaian pola pengukuran antara sensor DHT22 dan *thermo-hygrometer* menunjukkan bahwa sistem yang dirancang mampu melakukan *monitoring* suhu dan kelembapan secara *real-time* dengan baik[3].

3.3.9. Analisis Hasil Pengujian Relay

Hasil pengujian relay menunjukkan bahwa seluruh perintah *ON* dan *OFF* yang dikirim melalui aplikasi Blynk berhasil dieksekusi oleh ESP32 dan relay sesuai dengan kondisi yang diharapkan. Selain itu, waktu respon yang diperoleh menunjukkan bahwa komunikasi antara aplikasi Blynk, jaringan internet, ESP32, dan relay dapat berlangsung dengan baik sehingga sistem mampu melakukan pengendalian perangkat elektronik secara *real-time*. Namun, kinerja sistem sangat dipengaruhi oleh kualitas koneksi internet yang digunakan. Apabila terjadi penurunan kualitas sinyal atau koneksi internet yang lambat, maka waktu respon sistem akan meningkat sehingga dapat menyebabkan keterlambatan (*delay*) pada eksekusi perintah yang dikirim dari aplikasi Blynk ke ESP32. Meskipun demikian, selama

proses pengujian sistem tetap mampu menjalankan fungsi kontrol dengan baik sesuai dengan perancangan yang telah dibuat.

3.3.10. Analisis Kinerja Sistem Secara Keseluruhan

Secara keseluruhan, sistem *monitoring* dan perangkat kontrol elektronik rumah tinggal berbasis ESP32 dan aplikasi Blynk telah berhasil direalisasikan sesuai dengan perancangan yang telah dibuat. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sensor PZEM-004T mampu melakukan *monitoring* parameter kelistrikan berupa tegangan, arus, energi listrik dan penggunaan daya dengan tingkat error yang relatif kecil terhadap alat ukur referensi. Selain itu, sensor DHT22 juga mampu melakukan pengukuran suhu dan kelembapan ruangan dengan tingkat akurasi yang baik. Seluruh data hasil *monitoring* dapat ditampilkan pada aplikasi Blynk secara *real-time* sehingga memudahkan pengguna dalam memantau kondisi perangkat dan lingkungan ruangan dari jarak jauh.

Dari sisi fungsi kontrol, relay *dual channel* yang terintegrasi dengan ESP32 berhasil mengendalikan beban listrik berupa lampu dan kipas sesuai dengan perintah yang diberikan melalui aplikasi Blynk. Komunikasi antara aplikasi Blynk, jaringan internet, ESP32, dan perangkat kontrol dapat berjalan dengan baik selama proses pengujian. Meskipun waktu respon sistem dapat dipengaruhi oleh kualitas koneksi internet, sistem tetap mampu menjalankan fungsi *monitoring* dan kontrol sesuai dengan tujuan penelitian. Dengan hasil pengujian yang diperoleh, sistem yang dirancang dinilai layak untuk diterapkan pada lingkungan rumah tinggal sebagai solusi *monitoring* dan pengendalian perangkat elektronik secara *real-time*, serta memiliki potensi untuk dikembangkan pada skala yang lebih luas sesuai kebutuhan pengguna.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil perancangan, implementasi, dan pengujian yang telah dilakukan pada sistem *monitoring* dan perangkat kontrol elektronik rumah tinggal berbasis ESP32 dan aplikasi Blynk, maka dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut:

- a. Sistem *monitoring* dan perangkat kontrol elektronik rumah tinggal berbasis ESP32 dan aplikasi Blynk

- berhasil dirancang dan diimplementasikan sesuai dengan perencanaan yang telah dibuat.
- b. Sensor PZEM-004T mampu melakukan *monitoring* parameter kelistrikan berupa tegangan, arus, daya dan energi listrik secara *real-time*. Hasil pengujian menunjukkan nilai rata-rata error sebesar 0,42% untuk pengukuran tegangan dan 2,65% untuk pengukuran arus dibandingkan dengan *multimeter digital* sebagai alat ukur referensi.
 - c. Sensor DHT22 mampu melakukan *monitoring* suhu dan kelembapan ruangan secara real-time dengan nilai rata-rata error sebesar 0,79% untuk pengukuran suhu dan 2,38% untuk pengukuran kelembapan dibandingkan dengan *thermo-hygrometer* sebagai alat ukur referensi.
 - d. Sistem kontrol berbasis relay dual channel berhasil mengendalikan beban listrik berupa lampu dan kipas melalui aplikasi Blynk dengan tingkat keberhasilan 100%. Waktu respon sistem menunjukkan bahwa komunikasi antara aplikasi Blynk, ESP32, dan relay dapat berjalan dengan baik sehingga pengendalian perangkat elektronik dapat dilakukan secara *real-time*.
 - e. Secara keseluruhan, sistem yang dirancang telah mampu menjalankan fungsi monitoring dan kontrol perangkat elektronik rumah tinggal dengan baik, sehingga dapat digunakan sebagai solusi *smart home* sederhana berbasis *Internet of Things* (IoT).

esp8266,” *ITEJ (Information Technol. Eng. Journals)*, vol. 6, no. 1, pp. 46–52, 2021.

1. DAFTAR PUSTAKA

1. A. R. Agma, “Implementasi Internet of Things (IoT) pada Sistem Smart Home,” *J. Inform. Indones.*, vol. 1, no. 1, pp. 15–21, 2025.
2. A. W. Aditya, N. R. Alham, R. M. Utomo, and others, “Sistem Pemantauan Konsumsi Energi Listrik Berbasis Web Sebagai Upaya Konservasi Energi,” *Techno. com*, vol. 22, no. 1, 2023.
3. A. Yuliati, “Analisis sistem monitoring daya dan kendali saklar berbasis

PENERAPAN CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORK (CNN) UNTUK DETEKSI DAN ESTIMASI JARAK KENDARAAN

Lola

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

Abstrak

Deteksi dan estimasi jarak kendaraan adalah dua tugas yang perlu dilakukan oleh kendaraan otonom. Perkembangan pembelajaran mendalam (*deep learning*), khususnya CNN, memungkinkan pemrosesan citra untuk berbagai tugas. Pada makalah ini, dibahas penggunaan CNN untuk deteksi dan estimasi jarak kendaraan dengan model Dist-YOLO. Model dibangun dengan *backbone* Xception dan *head* YOLOv3 yang dimodifikasi serta dilatih menggunakan *dataset* KITTI. Berdasarkan percobaan yang dilakukan, model sudah dapat mendeteksi dan mengestimasi jarak kendaraan dengan cukup baik. Peningkatan lebih lanjut yang dapat dilakukan adalah optimasi model, sehingga dapat melakukan inferensi secara *real-time*.

Kata Kunci : Deteksi Kendaraan, Estimasi Jarak Kendaraan, CNN, YOLO, Dist-YOLO

1. PENDAHULUAN

Mendeteksi kendaraan yang ada dan memperkirakan jaraknya adalah dua tugas yang perlu dilakukan kendaraan otonom. Terdapat dua jenis sensor yang dapat digunakan untuk estimasi jarak, yaitu sensor aktif (misalnya lidar dan radar) dan sensor pasif (misalnya kamera). Estimasi jarak sensor aktif lebih akurat dan algoritma pemrosesan jaraknya lebih sederhana, tetapi harganya lebih mahal daripada sensor pasif (J.Brummelen, 2021).

Ide yang mendasari estimasi jarak dengan kamera adalah kemampuan manusia dalam tugas tersebut dengan hanya masukan mata. Otak manusia mampu memperkirakan posisi objek-objek dengan hanya melihatnya. Teknologi kecerdasan buatan dan pembelajaran mendalam (*deep learning*) memungkinkan komputer untuk melakukan tugas tersebut.

Deteksi kendaraan dengan pembelajaran mendalam dapat dilakukan dengan dua pendekatan, yaitu satu tahap dan dua tahap. Pendekatan satu tahap memiliki waktu pemrosesan yang lebih cepat, tetapi kinerjanya mungkin tidak seakurat pendekatan dua tahap (L. Liu, 2023). (Redmon, 2021) mengusulkan model satu tahap berbasis CNN (*convolutional neural network*) yang bernama YOLO (You

Only Look Once) untuk tugas deteksi. Model tersebut memiliki kinerja yang baik dan waktu pemrosesan yang cepat, sehingga cocok untuk berbagai aplikasi yang membutuhkan deteksi objek.

Pada makalah ini, dibahas tugas deteksi objek dan estimasi jarak kendaraan menggunakan CNN. Estimasi jarak dapat dilakukan secara langsung dalam model deteksi objek atau secara terpisah berdasarkan hasil deteksi objek. Model Dist-YOLO (Vajgl, 2022) digunakan karena mampu mengestimasi jarak langsung pada vektor hasil prediksi model.

Implementasi model dibuat dengan model *backbone* pra-latih Xception dan pelatihan dilakukan pada *dataset* KITTI yang memiliki label jarak. Terakhir, eksperimen pada berbagai citra masukan dilakukan dan hasilnya dievaluasi.



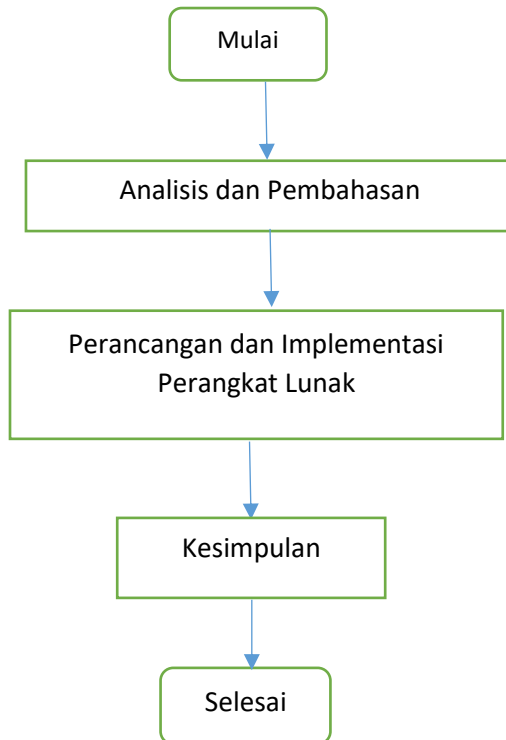
Gambar 1. Berbagai Sensor pada Kendaraan Otonom
Sumber : Vajgl, 2022



Gambar 3. Waktu Inferensi Satu Citra
Sumber : Penelitian mandiri

2. METODOLOGI

Metodologi penelitian digambarkan dalam bentuk diagram alir sebagai berikut:



Gambar 2. Diagram Alir Metodologi Penelitian
Sumber :

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

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

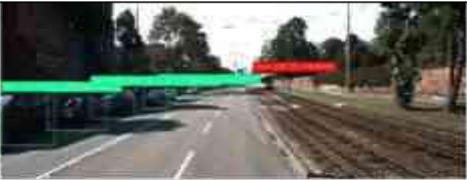
3.1 HASIL

Model diujicobakan pada beberapa contoh citra yang memuat satu atau lebih kendaraan. Waktu inferensi model diukur pada mesin dengan Nvidia T4 dan didapatkan waktu pemrosesan yang tertera pada gambar 3. Model memerlukan waktu inferensi di atas 1 detik, sehingga belum mampu melakukan deteksi dan estimasi jarak secara *real-time*.

Tabel 1 memperlihatkan beberapa contoh hasil deteksi dan estimasi jarak kendaraan pada beberapa citra. Terdapat keterangan beberapa estimasi jarak di bawah citra, dari kendaraan paling depan ke paling belakang, karena ukuran label yang mungkin terlalu kecil untuk dilihat di laporan. Semua satuan jarak adalah dalam meter. Empat baris pertama adalah citra dari *dataset* KITTI, sedangkan empat baris berikutnya adalah citra jalan di Kota Bandung (Ulin, 2025).

Model sudah cukup baik melakukan prediksi, bahkan pada citra yang cukup berbeda dengan data latih, yaitu citra di Kota Bandung. Model dapat mendeteksi kendaraan-kendaraan pada citra dan memperkirakan kedalamannya (jarak dari kamera). Akan tetapi, kinerjanya masih dapat ditingkatkan lagi. Kendaraan yang jauh nampak kecil, sehingga beberapa masih belum terdeteksi (misal baris 8). Kendaraan dengan model yang cukup berbeda juga beberapa masih belum terdeteksi (misal baris 7). Model dapat dilatih lagi pada beragam *dataset* dan berbagai tempat sehingga kemampuan deteksi dan estimasinya dapat lebih baik.

Tabel 1. Beberapa Contoh Hasil Deteksi dan Estimasi Jarak

No	Prediksi
1	 (Keterangan: 10.5, 16.6, 19.5, ...)
2	 (Keterangan: 25.2, 34.5, 40.3, 77.3, ...)
3	 (Keterangan: 3.5, 11.2, 16.6, 22.9, ...)
4	 (Keterangan : 6.8, 12.1, 19.6, ...)

6	 (Keterangan: 8.9, 6, 12.1, ...)	
7	 (Keterangan: 29.9)	
8	 (Keterangan: 12.5, 19.7)	

Sumber : Dokumentasi penelitian mandiri

	(Keterangan : 6.8, 12.1, 19.6, ...)	
5	 (Keterangan: 17.9, 25, 28.6, ...)	3.2 PEMBAHASAN A. Pembelajaran Mendalam Pembelajaran mendalam (<i>deep learning</i>) adalah pembelajaran mesin yang menggunakan jaringan saraf buatan dengan tiga atau lebih lapisan. Jaringan saraf tersebut meniru cara kerja otak manusia dan memungkinkan pembelajaran pada data yang besar. Pembelajaran mendalam ada dalam beragam produk dan layanan sehari-hari, misalnya asisten digital, deteksi <i>fraud</i> kartu kredit, hingga <i>self-driving cars</i> .

Pembelajaran mendalam adalah *subset* dari pembelajaran mesin. Pembedanya dengan pembelajaran mesin klasik adalah tipe data dan metode pembelajaran yang digunakan. Pembelajaran mendalam mampu menghilangkan beberapa tahap pra-proses data dan memproses data yang tidak terstruktur, misalnya teks dan citra.

B. Jaringan Saraf Konvolusi

Jaringan saraf konvolusi (*convolutional neural network / CNN*) adalah jaringan saraf buatan yang memiliki kinerja baik pada tugas yang menerima data masukan berupa citra, suara, atau sinyal suara. CNN memiliki tiga tipe utama lapisan, yaitu lapisan konvolusi, lapisan *pooling*, dan lapisan *fully-connected* (FC).

Lapisan konvolusi adalah komponen utama dalam CNN, tempat kebanyakan komputasi terjadi. Lapisan ini membutuhkan beberapa komponen, yaitu data masukan, filter, dan peta fitur. Filter adalah *array* bobot yang akan dikonvolusikan dengan data masukan. Nilai bobot dalam filter tetap ketika dioperasikan pada berbagai bagian citra, dikenal dengan istilah *parameter sharing*.



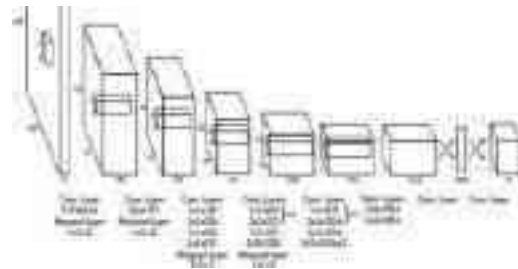
Gambar 4. Berbagai Lapisan pada CNN
Sumber : <https://www.towardsdatascience.com>

Lapisan *pooling* melakukan *downsampling* atau pengurangan dimensi, sehingga mengurangi banyaknya parameter masukan. Operasi pada lapisan ini mirip dengan lapisan konvolusi, tetapi filter yang digunakan bukanlah bobot, melainkan fungsi agregat. Terdapat dua tipe *pooling*, yaitu *max pooling* dan *average pooling*.

Lapisan *fully-connected* (FC) adalah lapisan yang melakukan tugas klasifikasi berdasarkan fitur yang telah diekstraksi pada berbagai lapisan sebelumnya. Pada lapisan ini, tiap *neuron* terhubung dengan seluruh *neuron* pada lapisan sebelumnya. Lapisan ini biasanya menggunakan fungsi aktivasi softmax untuk mengklasifikasikan masukan.

C. You Only Look Once (YOLO)

YOLO (Redmon, 2021) adalah model CNN yang mampu melakukan deteksi objek dengan kinerja yang baik dan waktu eksekusi yang cepat. YOLO menerapkan pendekatan satu tahap, yaitu langsung memprediksi kotak pembatas objek dalam sekali langkah. Arsitektur YOLO dapat dilihat pada gambar 5.

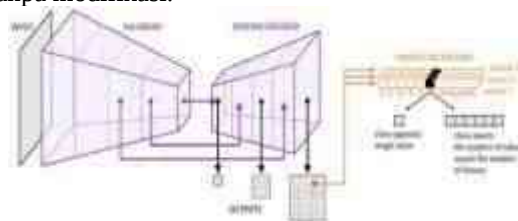


Gambar 5. Arsitektur YOLO
Sumber : Redmon, 2021

Pelatihan model ini terdiri atas dua tahap, yaitu *pre-training* dan *fine-tuning*. Pada tahap *pre-training*, 20 lapisan konvolusi pertama dilatih pada ImageNet secara *supervised*. Pada tahap *fine-tuning*, model dilatih pada tugas deteksi dengan tambahan 4 lapisan konvolusi dan 2 lapisan *fully-connected*. Hasil prediksi pada lapisan terakhir adalah probabilitas kelas objek dan kotak pembatas (*bounding box*) objek tersebut.

D. Dist-YOLO

Dist-YOLO (Vajgl, 2022) adalah varian YOLO yang mampu memprediksi jarak absolut objek hanya dengan informasi dari sebuah citra kamera monokuler. Model tersebut memberikan estimasi jarak dengan galat relatif 11% pada pengujian di *dataset* KITTI. Modifikasi yang dilakukan juga tidak berpengaruh besar pada waktu eksekusi jika dibandingkan dengan model YOLO tanpa modifikasi.



Gambar 6. Arsitektur Dist-YOLO
Sumber : Vajgl, 2022

Dist-YOLO terdiri atas dua bagian, yaitu *backbone* dan *feature decoder* (*head*). *Backbone* bertindak sebagai *feature extractor* dan menggunakan model pra-latih, misalnya Darknet-53 dan Xception. *Head* adalah kepala YOLO yang dimodifikasi dan memiliki tugas melakukan deteksi dan estimasi jarak. Modifikasi yang dilakukan pada kepala YOLO agar dapat melakukan estimasi jarak adalah perubahan vektor prediksi dan fungsi *loss* yang digunakan.

Deteksi dan estimasi jarak kendaraan menggunakan model Dist-YOLO (Vajgl, 2022). Terdapat dua bagian pada model ini, yaitu *backbone* dan *head*. *Backbone* adalah model pra-latih yang telah dilatih pada *dataset* citra yang besar, misalnya ImageNet. *Backbone* disambungkan ke *head* YOLO yang dimodifikasi vektor keluarannya untuk *fine-tuning* pada tugas deteksi dan estimasi jarak. Pada implementasi model, digunakan *backbone* Xception dan *head* YOLOv3 (dengan modifikasi). Pelatihan *fine-tune* dilakukan menggunakan *dataset* KITTI.

E. Pengumpulan Dataset

Dataset yang digunakan adalah KITTI (Geiger, 2023) yang telah diproses anotasi jaraknya (Vajgl, 2022). Anotasi (label) terdiri atas 6 nilai per objek, yaitu 4 nilai koordinat x dan y sudut kiri atas dan kanan bawah *bounding box*, 1 nilai kelas, dan 1 nilai jarak dalam meter. Terdapat 7 kelas yang digunakan, yaitu Pedestrian, Car, Van, Truk, Person_Sitting, Cyclist, dan Tram.

F. Pembuatan Model

Pembuatan model menggunakan beberapa pustaka yang disediakan oleh (Vajgl, 2022). Model dibuat dengan membuat sebuah model baru yang merupakan gabungan *backbone* Xception yang diperoleh dari pustaka Keras dan *head* YOLOv3 (dimodifikasi) yang disusun sendiri dalam kode. Berikut adalah kode untuk melakukan penyusunan tersebut.



Gambar 7. Kode Penyusunan Model Gabungan *Backbone* Xception
Sumber : Vajgl, 2022

Sebagaimana dapat diperhatikan pada kode, Dist-YOLO dibuat dengan menggabungkan *backbone* dan *head*.

Perbedaan YOLOv3 dan Dist-YOLO adalah dimensi vektor keluaran dan fungsi *loss* yang digunakan. Pada kode diatas yang merupakan Dist-YOLO, ukuran *out_filter* adalah jumlah *anchor* yang digunakan dikalikan dengan banyak kelas + 6. Sedangkan pada YOLOv3, ukurannya jumlah *anchor* dikalikan banyak kelas + 5. Perbedaan ini karena pada Dist-YOLO terdapat data tambahan jarak yang perlu diprediksi. Perbedaan lainnya adalah fungsi *loss* pada Dist-YOLO dimodifikasi sehingga mempertimbangkan data jarak.

C. Pelatihan

Pelatihan dilakukan menggunakan citra sejumlah 1000, dibagi menjadi 800 data latih dan 100 data validasi. Pelatihan dilakukan sebanyak 50 *epoch* dengan ukuran *batch* 16. Hasil pelatihan dapat disimpan untuk kemudian digunakan dalam melakukan inferensi.

4. KESIMPULAN

Jaringan saraf konvolusi (CNN) dapat digunakan untuk berbagai tugas, antara lain untuk deteksi dan estimasi jarak kendaraan. Model deteksi satu tahap YOLO dapat dimodifikasi sehingga menghasilkan Dist-YOLO, yaitu model yang mampu mendeteksi dan mengestimasi jarak kendaraan. Berdasarkan percobaan yang dilakukan berbasis model telah cukup baik dalam membedakan jarak atau kedalaman kendaraan dari kamera, meskipun masih terdapat galat dan belum mampu memproses secara *real-time*.

DAFTAR PUSTAKA

1. Geiger, A, Lenz, P, Stiller, C, Urtasun, R., (2023), "Vision meets robotics: The KITTI dataset," Int J Rob Res, vol. 32, no. 11, 1231–1237.
2. J. Brummelen, Van, M. O'Brien, D. Gruyer, Najjaran, H., (2021), "Autonomous vehicle perception: The technology of today and tomorrow", Transp Res Part C Emerg Technol, vol. 89, 384–406.
3. L. Liu., (2023), "Deep Learning for Generic Object Detection: A Survey", Int J Comput Vis, vol. 128, no. 2, 261–318

4. Redmon, J, S. Divvala, R. Girshick, Farhadi, A., (2021), “You Only Look Once: Unified, Real-Time Object Detection “, IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR), IEEE, 779–788.
5. Vajgl, M, Hurtik, P, Nejezchleba, T., (2022), “Dist-YOLO: Fast Object Detection with Distance Estimation”, Applied Sciences, vol. 12, no. 3, 1354.
6. Ulin, Opas., (2025), “KELILING KOTA BANDUNG || Suasana kota Bandung di pagi hari,” <https://youtu.be/rs5OX4JpnMc>.

ANALISIS KINERJA DAN EFISIENSI GEAR PUMP SUNNY KING DALAM SISTEM PEMINDAHAN BAHAN CAIR DAN SLURRY DI INDUSTRI MANUFAKTUR KIMIA

¹Rusdi Dahlan, MT. ² Dimas Fran Agung

¹Program Studi Teknik Mesin, FTI, Institut Teknologi Budi Utomo Jakarta,
rusdidahlan73@gmail.com

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

Abstrak

Gear pump Sunny King banyak digunakan dalam sistem pemindahan cairan industri karena mampu menghasilkan aliran stabil dan tekanan tinggi. Namun, saat digunakan secara aktif, pompa ini sering mengalami penurunan efisiensi dan kerusakan dini seperti kebocoran internal, keausan gigi, dan peningkatan suhu dan getaran, yang meningkatkan biaya operasional dan meningkatkan risiko downtime produksi. Kajian ini terbatas pada pompa merek Sunny King dan menggunakan metode eksperimental sebelum dan sesudah modifikasi untuk mengidentifikasi komponen teknis yang mempengaruhi efisiensi dan menyarankan modifikasi mekanis untuk meningkatkan kinerja. Hasil pengujian menunjukkan bahwa modifikasi desain dan prosedur perawatan dapat meningkatkan efisiensi volumetrik. Rekomendasi teknis yang dihasilkan dapat digunakan untuk mengurangi kerusakan, memperpanjang umur pakai pompa, dan meningkatkan keandalan sistem pemindahan cairan industri, khususnya di industri kimia dan manufaktur.

Kata Kunci: Gear pump, Efisiensi, Modifikasi, Keandalan.

1. PENDAHULUAN

Sistem pemindahan cairan sangat penting dalam industri modern untuk berbagai proses produksi, termasuk pembagian pelumas, bahan kimia, dan cairan pendingin. Gear pump, yang terkenal karena kemampuan untuk menghasilkan aliran fluida bertekanan tinggi yang stabil, adalah bagian penting dari sistem ini. Sunny King Machinery Co., Ltd. memiliki lebih dari 30 tahun pengalaman dalam pembuatan pompa industri dan merupakan salah satu produsen gear pump yang cukup dikenal di Asia, dengan berbagai merek yang beredar. [3]

Gear pump Sunny King banyak digunakan dalam aplikasi industri. Namun, tidak banyak penelitian ilmiah yang secara khusus mengevaluasi kinerja dan efektivitas gear pump Sunny King saat digunakan dalam lingkungan operasi. Namun, desain internal gigi, viskositas fluida, kecepatan putaran, dan tekanan kerja adalah beberapa faktor yang sangat memengaruhi efisiensi pompa. Ketidaksesuaian antara kondisi lapangan dan spesifikasi pabrikan dapat menyebabkan peningkatan konsumsi energi, penurunan efisiensi volumetrik, dan risiko kerusakan mekanis.

Suatu kajian teknis mendalam diperlukan untuk mengevaluasi kinerja gear pump Sunny King saat ini, khususnya untuk sistem pemindahan cairan industri yang memiliki karakteristik fluida kompleks dan tuntutan operasional tinggi. Penelitian ini juga bertujuan untuk menemukan parameter operasi ideal, menilai efisiensi volumetrik dan mekanik, dan memberikan rekomendasi teknis untuk meningkatkan efisiensi dan keandalan sistem secara keseluruhan.

Gearpump sunny king sering kali rusak lebih cepat dari yang diharapkan, terutama Ketika digunakan dalam kondisi yang tidak biasa atau tidak memenuhi spesifikasi pabrikan.

Studi lapangan dilakukan pada pada manufaktur kimia pt xxx, pembuat detergent. Material yang di transfer adalah campuran bahan dasar detergent yang berbentuk powder dengan liquid yang disebut slurry.

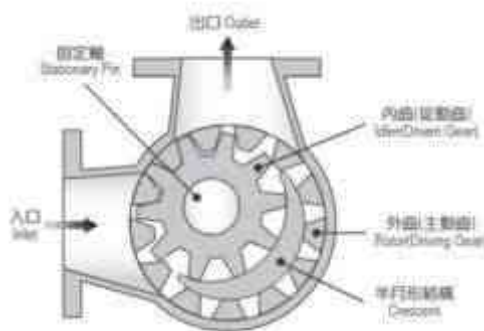
Beberapa kerusakan yang sering terjadi:

- Penurunan efisiensi transfer material
- Peningkatan suhu dan getaran selama prosedur operasi
- Kesulitan maintenance
- Kebocoran seal
- Keausan gigi
- Keausan rumah pompa

- g. As pompa patah
- h. Bearing pompa rusak
- i. V-belt putus atau rusak

1.1. Kerusakan yang sering terjadi dapat mengurangi kinerja system. Akibatnya biaya pemeliharaan meningkat dan ada resiko **Internal Gear pump Sunny King**

Pompa Internal Gear Sunny King adalah pompa tipe volumetrik yang dirancang untuk memindahkan fluida secara presisi melalui mekanisme roda gigi bersarang. Pompa ini sangat cocok untuk aplikasi industri yang membutuhkan aliran fluida yang konsisten dan akurat, terutama untuk fluida yang memiliki viskositas tinggi. [3]



Gambar 1. Struktur internal Gear pump Sunny King

Sumber : Penelitian mandiri

Keterangan gambar :

- a. Roda Gigi Internal (*Driven Gear*): Ini adalah komponen yang secara langsung memindahkan fluida dan terletak di dalam roda gigi eksternal. Ini berputar mengikuti gerakan roda gigi penggerak.
- b. Roda Gigi Eksternal (*Driving Gear*): Berfungsi sebagai penggerak utama dan memutar roda gigi internal melalui interaksi gigi yang saling mengunci.
- c. Struktur Eksentrik: Poros roda gigi yang tidak sejajar, atau eksentrik, menciptakan ruang yang berubah-ubah antara gigi internal dan eksternal. Dengan perubahan volume ini, fluida dapat ditarik masuk dan kemudian ditekan keluar.
- d. *Inlet* adalah jalur masuknya fluida atau material untuk selanjutnya masuk ke ruang internal gear pump lalu di tarik masuk dan di tekan keluar .
- e. *Outlet* adalah jalur keluarnya fluida yang sudah di proses di internal gear pump dan memilki tekanan sehingga material dapat di transfer

- f. *Stationery pin* adalah poros penahan roda *driven gear* agar dapat berputar sempurna. [3]

berhentinya produksi, yang sering mengakibatkan penurunan hasil produksi dan kerugian bagi industri, terutama industry kimia dan sejenisnya.

Penyebab kerusakan ini dapat berasal dari berbagai hal seperti :

- a. Ketidakesesuaian antara viskositas fluida dan kapasitas pompa.
- b. Kapasitas transfer yang melebihi batas desain.
- c. Kerusakan yang umum terjadi.
- d. Ketidakkonsistenan dalam prosedur perawatan dan inspeksi.

Dari masalah di atas dilakukan analisa pengamatan sebagai berikut :

- a. Penelitian hanya dilakukan pada spek pompa ig-8 ukuran 4 inci dan ig-7 ukuran 3 inci
- b. Modifikasi yang dilakukan adalah modifikasi mekanikal
- c. Biaya yang dikeluarkan hanya biaya konsumsi listrik tanpa memperhitungkan biaya investasi secara keseluruhan.

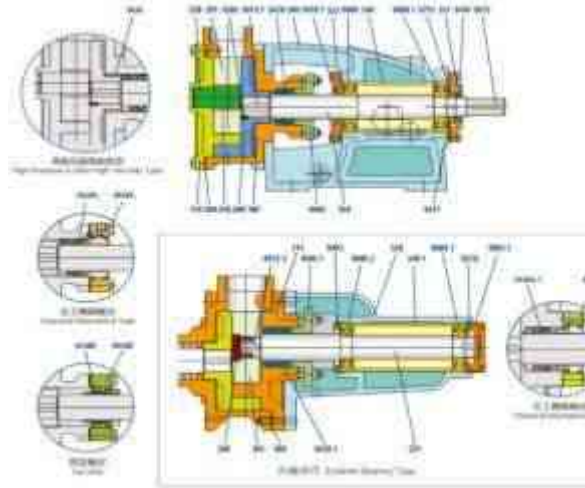
Penelitian ini memiliki 3 tujuan sebagai berikut:

- a. Menganalisis kinerja actual gear pump sunny king untuk spek pompa ig-8 ukuran 4 inci dan ig-7 ukuran 3 inci
- b. Mengidentifikasi faktor-faktor yang mempengaruhi penurunan efisiensi gear pump dalam aplikasi industri dan penyebabnya.
- c. Memberikan rekomendasi untuk meningkatkan kinerja dan memudahkan perawatan gear pump sunny king agar lebih efisien

1.2. Internal Gear pump Sunny King

Pompa Internal Gear Sunny King adalah pompa tipe volumetrik yang dirancang untuk memindahkan fluida secara presisi melalui mekanisme roda gigi bersarang. Pompa ini sangat cocok untuk aplikasi industri yang membutuhkan aliran fluida yang konsisten

Berikut adalah detail dari komponen komponen dari *Gear pump sunny king* :



Gambar 2. Detail komponen internal *Gear pump Sunny King*
Sumber : Penelitian mandiri

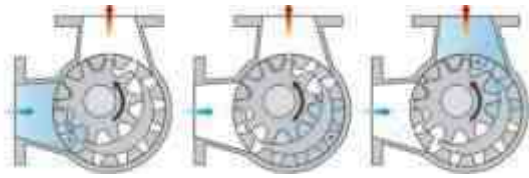
Tabel 1. Nama Komponen internal *gear pump Sunny King*

No	Parts Name	Mat 1	Mat 2	Mat 3
100	Casing	FC200	SC513	SC514
110	End Cover	FC200	SC513	SC514
111	End Cover	FC200	SC513	SC514
200	Drive Gear	S45C	SUS304	SUS316
201	Driven Gear	S45C	SUS304	SUS316
210	Shaft	S45C	SUS304	SUS316
220	Stationary Pin	SCM440	SUS304	SUS316
221	Driven Shaft	S45C	SUS304	SUS316
230	Bushing	According to Proses Conditions		
240	Washer	S45C	SUS304	SUS316
400	Gasket, Casing	Non-Asbestos		
500	Bearing Bracket	FC200	FC200	FC200
520	External Bearing Bracket	FC200	FC200	FC200
521	Bearing Cover, DR	FC200	FC200	FC200
522	Bearing Cover, NDR	FC200	FC200	FC200
540	Bearing Sleeve	SS400	SS400	SS400
540.1	Bearing Sleeve	SS400	SS400	SS400
9000	Bearing	Deep Groove Ball Bearing		
9000.1	Bearing			
9000.2	Bearing			
9000.3	Bearing			
9013	Key, DR	S45C	S45C	S45C
9013.1	Key, NDR	SUS304	SUS304	SUS316
9013.2	Key, Driven Gear	SUS304	SUS304	SUS316
9020	Bushing	According to Proses Conditions		
9213	Bearing Locknut	S45C	S45C	S45C
9217	Bearing Washer	S45C	S45C	S45C
9270	Locknut	S45C	SUS304	SUS316
9410	V-Ring, DR	NBR	NBR	NBR
9410.1	V-Ring, NDR	NBR	NBR	NBR
9430	Soft Packing	According to Proses Conditions		
9430A	Mechanical Seal			
9430B	Leap Seal			
9430.1	Soft Packing			
9430A.1	Mechanical Seal			
9903	Regulation Nut	FC200	FC200	FC200
9903.1	Regulation Nut	FC200	FC200	FC200
9906	Gland Cover	FC200	SUS304	SUS316
9906.1	Gland Cover	FC200	SUS304	SUS316
9930A	Shaft Seal Cover	FC200	SUS304	SUS316
9930A.1	Shaft Seal Cover	FC200	SUS304	SUS316
9206	Set Screw	SUS304	SUS304	SUS316

Sumber : Penelitian mandiri

1.3.Prinsip Kerja Internal *Gear pump Sunny King*

1. Siklus Hisap (*Phase Suction*) : Tekanan negatif terbentuk di sisi inlet ketika roda gigi berputar dan ruang antar gigi membesar. Fluida menyerap ruang antar gigi.
2. Transportasi Cairan : Cairan yang terperangkap di antara gigi internal dan eksternal diangkut secara mekanis ke sisi outlet.
3. Siklus Buang (*Phase of Discharge*): Fluida dipompa keluar dari pompa dengan tekanan yang lebih tinggi saat ruang antar gigi mengecil karena rotasi.



Gambar 3. Prinsip Kerja Internal Gear Pump
Sunny King
Sumber : Penelitian mandiri

1.4. Analisa Akar Masalah

Root Cause Analysis (RCA) atau analisa akar masalah adalah proses analitik yang dirancang untuk membantu mengidentifikasi faktor-faktor yang mendasari yang memiliki berkontribusi atau secara langsung menyebabkan kejadian terburuk utama atau kegagalan sistem. Hasil dari RCA biasanya digunakan untuk memandu dan mengarahkan perubahan pada proses, lingkungan, dan manusia perilaku untuk mencegah atau mengurangi probabilitas bahwa peristiwa yang merugikan akan terjadi di masa depan. [6]

Untuk mencari akar masalah, dapat menggunakan metoda 5 Why, merupakan suatu metode *problem solving* menggunakan teknik tanya-jawab sederhana untuk menyelidiki hubungan sebab akibat yang menjadi akar dari suatu permasalahan. 5 Why bertujuan untuk menemukan titik lemah dari suatu produk atau proses. [7]

1.5. Rencana Perbaikan

- Containment Action* adalah tindakan segera untuk menentukan tingkat masalah dan mencoba untuk membatasi atau mengisolasi efeknya. Misalnya menghentikan produksi, penggunaan dengan kondisi tertentu,
- Correction Action* : tindakan segera untuk memperbaiki masalah yang paling jelas untuk menghilangkan ketidaksesuaian. Misalnya, pengerjaan ulang, perbaikan.
- Corrective Action* : tindakan nyata untuk menghilangkan akar penyebab dan mencegah masalah nyata terjadi lagi
- Preventive Action Proactive* : tindakan untuk mencegah masalah potensial terjadi di masa depan [8]

Preventive maintenance merupakan salah satu jenis perawatan yang banyak digunakan oleh kebanyakan perusahaan manufaktur dan jasa, metode ini bertujuan untuk mencegah

kerusakan peralatan yang sifatnya mendadak. Pekerjaan perawatan biasanya dilakukan pada interval waktu yang direncanakan. Jarak interval ini ditentukan dari tingkat peralatan atau mesin dan kondisi beban. Pekerjaan perawatan preventif bisa menolong memperpanjang umur mesin (sampai 3-4 kali) dan mengurangi kerusakan yang tidak diharapkan. [12]

1.6. Formulasi Perhitungan Kinerja Pompa

Rumus dan perhitungan yang digunakan untuk menganalisa kinerja gearpump adalah sebagai berikut: [10]

a. Debit atau Kapasitas Pompa

$$Q = V/t \quad (1)$$

Dimana,

- Q : Kapasitas pompa (m³/s)
V : Volume cairan (m³)
T : Selang waktu (s)

Untuk pipa dengan diameter d, volume per detik akan sama dengan luas penampang pipa (A) dikalikan dengan kecepatan v, sehingga persamaan 1 dapat ditulis kembali dalam bentuk :

$$v = \frac{Q}{A} = \frac{Q}{\frac{\pi}{4} \times d^2} \quad (2)$$

Dimana,

- v : Kecepatan aliran (m/s)
A : Luas penampang pipa (m²)
Q : Kapasitas pompa (m³/s)
d : Diameter pipa (m)

b. Head Total (H_{tot})

Head total pompa yang dibutuhkan untuk mengalirkan jumlah suatu fluida cair dihitung dengan menggunakan rumus berikut : [10]

$$H_{tot} = h_a + \Delta h_p + h_l + v^2/2g + h_f \quad (3)$$

Dimana,

h_a : Head statis total (m) perbedaan tinggi antara muka air sisi keluar dan sisi hisap
tanda positif dipakai apabila permukaan air sisi keluar lebih tinggi daripada sisi hisap

Δh_p : Perbedaan head tekanan (m)

Δh_p = h_{p2} - h_{p1}

H_l : Berbagai kerugian head di pipa, katup, belokan, sambungan, dll.

v²/2g : Head kecepatan keluar (m)

g : Percepatan gravitasi (9,8 m/s²)

h_f : Head kerugian gesek dalam pipa (m)

$$hf = \lambda \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{v^2}{2g} \quad (4)$$

$$\lambda = 0,020 + \frac{0,0005}{D} \quad (5)$$

Dimana,

hf : Head kerugian gesek dalam pipa (m)

v : Kecepatan rata-rata aliran di dalam pipa

λ : Koefisien kerugian gesek (rumus darcy)

L : panjang pipa(m)

D : diameter dalam pipa(m)

- Head kerugian pada belokan Pipa

$$hl_4 = f \frac{v^2}{2 \cdot g} \quad (6)$$

Dimana,

hl₄: Kerugian Head pada belokan (m)

f : Koefisien pada elbow

v : Kecepatan rata rata fluida (m/s)

f : koefisien Kerugian

Tabel 2. Koefisien Kerugian pada Belokan

Sudut	f, halus	f, kasar
5°	0,016	0,024
10°	0,034	0,044
15°	0,042	0,062
30°	0,130	0,165
45°	0,236	0,320
60°	0,471	0,684
90°	1,129	1,265

Sumber : Pompa dan Kompresor (Jefri M. Sulisno, MSME) Hal. 34

- Head kerugian pada katup (valve)

$$hv = f_v \frac{v^2}{2 \cdot g} \quad (7)$$

Dimana,

hv : Kerugian Head Katup (m)

f_v : Koefisien head katup

v : Kecepatan rata-rata pada penampang masuk katup (m/s)

- Kerugian Head karena pembesaran penampang secara gradual

$$hf = f \cdot \frac{(v_1 - v_2)^2}{2 \cdot g} \quad (8)$$

Dimana,

v₁ : Kecepatan rata-rata di penampang yang kecil (m/s)

v₂ : Kecepatan rata-rata di penampang yang besar (m/s)

f : Koefisien kerugian (nilai f = 1)

g : Percepatan gravitasi = 9,8 m/s²

hf : Kerugian head

c. Daya Hidrolik

Daya hidrolik pompa dihitung dengan menggunakan rumus berikut : [10]

$$P_w = 0,163 \cdot \gamma \cdot Q \cdot H \quad (9)$$

Dimana,

γ : Berat fluida per satuan volume (kgf/l)

Q : Kapasitas (m³/min)

H : Head total pompa (m)

P_w: Daya Fluida (kW)

d. Daya Poros Pompa

Daya poros pompa dihitung dengan menggunakan rumus berikut : [10]

$$P_{prs} = P_w / \eta_p \quad (10)$$

Dimana,

P_{prs} = Daya poros sebuah pompa (kW)

P_w = Daya Fluida (kW)

η_p = Efisiensi pompa

e. Daya Nominal Penggerak Mula (Daya Motor)

Daya nominal penggerak mula dihitung dengan menggunakan rumus berikut : [10]

$$P_m = \frac{P_{prs} \times (1 + \alpha)}{\eta_T} \quad (11)$$

Dimana,

P_m : Daya Nom. Penggerak Mula (kW)

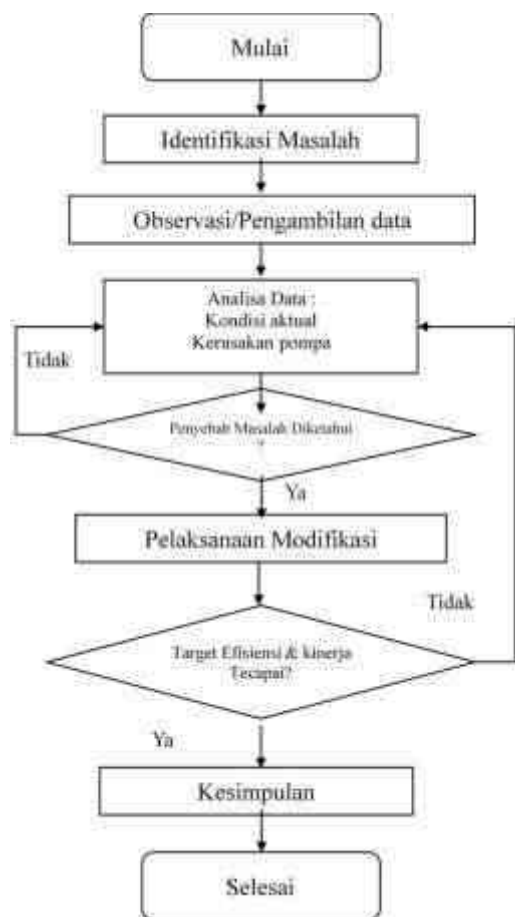
P_{prs} : Daya Poros (kW)

α : faktor cadangan (0.1 ~ 0.2)

η_T : efisiensi transmisi

2. METODOLOGI

Alur proses penelitian ditunjukkan pada diagram alir berikut ini:



Gambar 4. Diagram alir penelitian analisis kinerja dan efisiensi *gear pump sunny king*.
Sumber : Penelitian mandiri

2.1. Sample yang Menjadi Objek Penelitian

Sample yang menjadi objek penelitian adalah *Gear pump sunny king* tipe ig 7 ukuran 3 inci dengan kapasitas transfer kurang lebih 420 liter per menit berjumlah 2 pump, dan *Gear pump sunny king* tipe ig 8 ukuran 4 inci dengan kapasitas transfer kurang lebih 700 liter per menit berjumlah 6 pump, material yang ditransfer adalah *liquid* dan *slurry*.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Data Kerusakan Gearpump Sunny King

Pengambilan data diambil dari kondisi aktual operasi nyata dan record breakdown dari tahun 2021 hingga 2023



Gambar 5. Frekuensi kerusakan per tahun.
Sumber : Penelitian mandiri



Gambar 6. Data total kerusakan Gearpump
Sumber : Penelitian mandiri

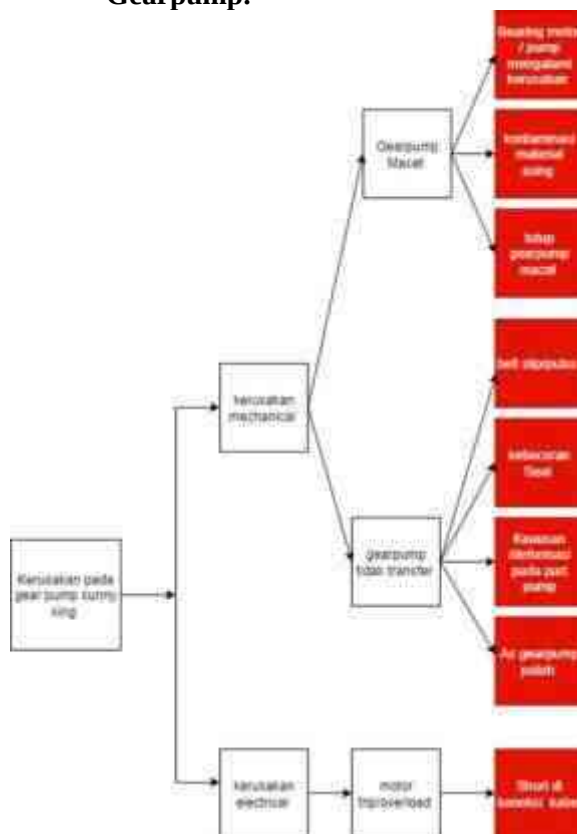
Tabel 3. Tipe kerusakan dan Jumlah

No	Type kerusakan	Jumlah kerusakan
1	Gearpump macet	21
2	V-belt putus/aus	7
3	As pompa patah	5
4	Gearpump tidak transfer	4
5	Motor trip	3
6	Lainnya	2

Sumber : Penelitian mandiri

Grafik dan table tersebut menunjukkan bahwa kerusakan gear pump macet adalah jenis yang paling sering terjadi, dengan 25 kasus per tahun.

3.2. Identifikasi penyebab kerusakan Gearpump.



Gambar 7. Diagram why-why analysis kerusakan Gearpump.

Sumber : Penelitian mandiri

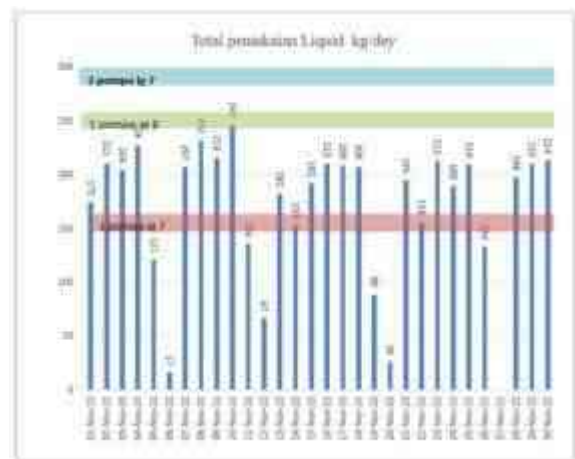
3.3. Rekomendasi Untuk Meningkatkan Kinerja Dan Memudahkan Perawatan Gear Pump Sunny King Agar Lebih Efisien

Tabel 4. Tipe Gearpump Sunny King

Size Type	DIN 2448		RPM	2 Inlet		3 Inlet	
	Flow (m³/h)	Head (m)		Flow (m³/h)	Head (m)	Flow (m³/h)	Head (m)
IG-1	15	12	500	11	8.5	8	1
IG-2	20	14	500	18	1	14	1
IG-3	25	1	500	48	1	42	2
IG-4	40	112	400	118	2	100	3
IG-5	50	2	400	118	3	100	5
IG-6	60	212	470	260	5	215	7.5
IG-7	80	3	470	400	7.5	420	10
IG-8	100	4	390	750	10	700	15
IG-9	150	6	380	1100	15	1000	20
IG-10	150	6	380	1800	20	1400	30

Sumber : Penelitian mandiri

Dari table di atas, gearpump yang digunakan menggunakan type ig-7 dengan dimensi plange 3 inci dengan kapasitas transfer 420-450 liter per menit, dan gearpump dengan type ig-8 dengan dimensi plange 4 inci yang dapat mentransfer material dengan kapasitas 700-750 liter per menit. Dari ke 2 type ini masing masing memiliki 2 pump untuk setiap line transfer, seperti line slurry dan rec slurry menggunakan pump type ig-8 dengan satu pump transfer dan satu pump sebagai cadangan yang siap dipakai, Namun line transfer liquid menggunakan type pump ig-7 dengan ke-2 pompa transfer secara bersamaan di satu line yang sama untuk memenuhi kapasitas transfer yaitu sebesar kurang lebih 800 liter per menit hal inilah yang menyebabkan penanganan kerusakan akan menurunkan produksi bahkan mengakibatkan stop jika keduanya tidak dapat transfer. Berikut grafik penggunaan material liquid berdasarkan table gearpump.



Gambar 8. Grafik Pemakaian Material Liquid.

Sumber : Penelitian mandiri

Berdasarkan tabel rekomendasi pompa gearpump memiliki beberapa kondisi aktual dengan kondisi 6 jam operasional. pertama penggunaan 1 pompa ig 7 dengan maksimal dapat mentransfer 150 ton, dan jika

menggunakan 2 pompa ig 7 dapat mentrasfer maksima 280 ton, Pemakaian liquid pada bulan november 2022 paling tinggi sebanyak 246,903 kg per day atau 247 ton per hari sebanyak 184 batching dengan varian yang berbeda jika terjadi penurunan trasfer material akan mengakibatkan produksi menurun drastis, bahkan dapat stop operasi, karena ke 2 pompa transfer secara bersamaan di satu line yang sama. Dan Jika dilakukan improve pada pompa menggunakan type ig 8 dapat mentrasfer material kurang lebih 252 ton per day sudah cukup mentransfer kebutuhan harian. Namun jika tetap menggunakan gearpump ig 7 dapat menyebabkan kesulitan dalam penanganan maintenance ataupun perawatan berkala. Maka perlu adanya analisa untuk meningkatkan efisiensi dan memudahkan perawatan dari gearpump .

3.4. Perhitungan kinerja Pompa Pompa Gearpump Type Ig 7

Berdasarkan spesifikasi yang telah terpasang di lapangan, dengan debit pompa (Q) 420 liter per menit, diameter sisi hisap pompa 3 inci dengan jarak 3 meter dan diameter sisi keluar fluida 3 inci dengan jarak 60 meter memiliki L bow 3 inci sebanyak 3 L bow yang terpasang di sepanjang pipa dengan koefisien gesek 90°, juga memiliki Valve 3 inci pada jalur masuk dan jalur keluar fluida, dengan perbedaan ketinggian jalur masuk dan jalur keluar 1 meter. Diketahui berat jenis fluida yang di transfer adalah 1.6 kgf/l terdapat pembesaran pipa dari 3 inci pada sisi in ke 4 inci pada sisi out dan memiliki head statis 54 meter. maka dari spesifikasi teknis tersebut diperoleh perhitungan sebagai berikut:

- Rugi-rugi dari instalasi pipa (Hl)
Dengan menggunakan rumus 4 & 5 :

Rugi-rugi aliran di sisi hisap (Hl1)

$$HL1 = 0.02656x \left(\frac{1.5357^2}{2x9.8} \right) x \frac{3}{0.0762} = 0.1258 m$$

Rugi-rugi aliran di sisi keluar (Hl2)

$$HL2 = 0.02656x \left(\frac{1.5357^2}{2x9.8} \right) x \frac{60}{0.0762} = 2.516 m$$

Rugi-rugi aliran di L-bow 90° (Hl3) menggunakan rumus (6)

$$HL3 = 1.129x \left(\frac{1.5357^2}{2x9.8} \right) x 4 = 0.5433 m$$

Rugi-rugi aliran pada valve 3 inci 3 pcs menggunakan rumus (7)

$$HL4 = 1.12x \left(\frac{1.5357^2}{2x9.8} \right) x 3 = 0.0433 m$$

Rugi-rugi karena pembesaran pipa (HL5) menggunakan rumus 8

v_2 dihitung dengan formulasi kontinuitas :

$$v_2 = 0.8641 m/s$$

$$HL5 = 1 \left(\frac{(1.5357 - 0.864)^2}{2x9.8} \right) = 0.02301 m$$

$$Hl \text{ total} = HL1 + HL2 + HL3 + HL4 + HL5 = 3.251 m$$

Head total menggunakan rumus (3) :

$$H_{tot} = ha + \Delta hp + hl + v^2 d / 2g + h_f$$

$$H_{tot} = 54 + 0 + 3.251 + 0.1203 = 57.37 m$$

Daya Air (Power Water) menggunakan rumus (9) :

$$P_w = 0.163x1.6x0.42x57.37 = 6.28 kW$$

Daya Poros menggunakan rumus (10) dengan efisiensi pompa 75% :

$$P_{prs} = \left(\frac{6.28}{0.75} \right) = 8.37 kw$$

Daya Motor menggunakan rumus (11) dengan efisiensi transmisi 95%

$$P_m = \left(\frac{8.37(1 + 0.1)}{0.95} \right) = 9.69 kW$$

Dari perhitungan di atas dengan daya motor 9.69 kw sudah cukup untuk memindahkan fluida, namun karena kapasitas transfer material kurang lebih 700 liter per menit maka harus menggunakan ke 2 pompa untuk mencapai transfer tersebut. Hal ini membuat sulitnya proses maintenance apabila ke 2 pompa di pakai secara bersamaan.

3.5. Perhitungan kinerja Pompa Pompa Gearpump Type Ig 8

Berdasarkan spesifikasi yang telah terpasang di lapangan, dengan debit pompa (Q) 700 liter per menit, diameter sisi hisap pompa 4 inci dengan jarak 3 meter dan diameter sisi keluar fluida 4 inci dengan jarak 60 meter memiliki L bow 4 inci sebanyak 3 L bow yang memiliki sudut 90° yang terpasang di sepanjang pipa, juga memiliki Valve 3 inci pada jalur masuk dan jalur keluar fluida, dan memiliki head statis 54 meter. Dengan cara yang sama dengan penghitungan pompa Ig 7 maka data kinerja Pompa Ig8 akan diperoleh sebagai berikut :

$$Hl1 = 0.02492x \left(\frac{1.44^2}{2x9.8} \right) x \frac{3}{0.1016} = 0,0561$$

$$Hl2 = 0.02492x \left(\frac{1.44^2}{2x9.8} \right) x \frac{60}{0.1016} = 1.588 \text{ m}$$

$$Hl3 = 1.129x \left(\frac{1.44^2}{2x9.8} \right) x 4 = 0.01053 \text{ m}$$

$$Hl4 = 0.12x \left(\frac{1.44^2}{2x9.8} \right) x 3 = 0.03808 \text{ m}$$

$$HL \text{ Total} = 0.0561 \text{ m} + 1.588 \text{ m} + 0.01053 + 0.03806 = 1.69269 \text{ m}$$

$$H_{\text{tot}} = 54 + 0 + 1.6927 + 0.1203 = 55.813 \text{ m}$$

$$P_w = 0.163 \times 1.6 \times 0.7 \times 55.813 = 10.19 \text{ kW}$$

$$P_{\text{prs}} = \left(\frac{10.19}{0.75} \right) = 13.58 \text{ kW}$$

$$P_m = \left(\frac{13.58(1 + 0.1)}{0.95} \right) = 15.73 \text{ kW}$$

Dari perhitungan di atas dengan daya motor 15.73 kW sudah cukup untuk mentransfer fluida 700 liter per menit. Dan berdasarkan table rekomendasi motor yang digunakan adalah 10-15 hp atau 7.46 kW- 11 kW namun pada kondisi yang sudah terpasang dapat menggunakan motor gearpump sebelumnya yaitu 15 hp atau 11 kW. Artinya dapat dilakukan modifikasi dengan melakukan fabrikasi dan penggantian pompa gear pump menjadi ig 8 tanpa mengubah system motor.

3.6. Perawatan dan Perbaikan Rutin Gearpump

Setelah dilakukan modifikasi pada sistem gear pump, diperlukan penerapan program perawatan yang bersifat rutin, terjadwal, dan berkesinambungan untuk memastikan kinerja peralatan tetap berada pada kondisi optimal. Perawatan ini tidak hanya mencakup kegiatan inspeksi berkala, tetapi juga melibatkan penerapan konsep preventive maintenance dan predictive maintenance sebagai upaya untuk meminimalisasi potensi kerusakan serta meningkatkan keandalan sistem. Salah satu aspek krusial dalam program perawatan adalah penyusunan jadwal penggantian komponen atau spare part berdasarkan life time yang telah ditentukan oleh standar teknis maupun rekomendasi pabrikan. Dengan adanya jadwal yang terstruktur, proses perawatan dapat dilaksanakan secara sistematis, umur pakai gear pump Sunny King dapat diperpanjang, dan risiko kegagalan operasional dapat ditekan. Implementasi strategi ini diharapkan mampu mendukung keberlangsungan operasional industri secara efisien sekaligus meningkatkan reliabilitas peralatan dalam jangka panjang.

Tabel 5. Jadwal Aktivitas Perawatan
Gearpump

No	Aktivitas Perawatan	Frekuensi	Bulan	Keterangan
1	pembersihan area	Harian	Jan-Des	pembersihan unit pompa
2	pengencangan baut dan mur	Mingguan	Jan-Des	cek semua baut dan mur
3	Pemeriksaan visual kebocoran	Mingguan	Jan-Des	Cek seal, sambungan pipa
4	pengecekan tutup pump	Mingguan	Jan, Feb, ... Des	Ganti bila ada kerusakan
5	pemeriksaan visual v-belt	Bulanan	Jan, Feb, ... Des	v-belt belum ada kerusakan
6	Penggantian seal	Triwulan	Mar, Jun, Sep, Des	Gunakan seal tiger 1/2"
7	Pembersihan filter dan strainer	Bulanan	Jan-Des	Hindari sumbatan aliran
8	penggantian bearing pompa	Semester	Jun & des	TBM bearing dan seal
9	penggantian bearing motor	Tahunan	desember	TBM bearing dan seal
10	pemeriksaan rangkaian listrik	Tahunan	Desember	megger dan termal panel

Sumber : Penelitian mandiri

4. KESIMPULAN

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

1. Analisis Kinerja Actual Gear Pump Sunny King Untuk Pompa Ig-7 Ukuran 3 Inci

- menunjukkan daya motor yang digunakan menghasilkan transfer Fluida 420 liter per menit sehingga perlu untuk selalu menggunakan 2 gearpump untuk mencapai target transfer fluida 700 liter per menit. Untuk pompa Ig-8 ukuran 4 inci menunjukkan daya motor yang digunakan menghasilkan transfer fluida 700 liter per menit sehingga dengan 1 gearpump dapat mensupport target transfer fluida.
2. Factor-Faktor Yang Mempengaruhi Penurunan Efisiensi Gearpump karena terjadi karena :
 - 2.1. kerusakan mechanical : gearpump macet yang disebabkan, kerusakan bearing, tutup gearpump macet, dan kontaminasi material asing, ada juga kerusakan yang menyebabkan gearpump tidak mentransfer fluida karena belt putus atau slip, kebocoran material, keausan pada inner gear, as gearpump patah.
 - 2.2. Kerusakan electrical : motor tripping, karena kabel atau power motor short circuit.
 3. Rekomendasi yang dilakukan untuk meningkatkan kinerja dan memudahkan perawatan gearpump sunny king sehingga menjadi lebih efisien, dengan improve gearpump dari type ig 7 dengan plange 3 inci, menjadi gearpump type ig 8 dengan plange 4 inci. Serta dilakukan total predictive maintenance dengan identifikasi item dan jadwal yang sudah terkonfirmasi.
 5. GmbH, O. (n.d.). Optibelt - technical Manual V-Belt Drives.
 6. Staugaitis, S. D., 2002. A Summary of Root Cause Analysis and its use in State development disabilities agencies. cambridge: Human Services.
 7. Toyoda, S., 1930. methode 5 why. japan: s.n.
 8. Nena Nikita, 2021. 5 Why's and Ishikawa : Practical Guidelines for effective root cause analisis. jakarta, Bambang Eko Cahyono.
 9. Imo Pump. (2000). Rotary Pump Hand book. <http://www.imo-pump.com>
 10. Jeri, P., dan, F., & Sarwono, E. (2020). ANALISIS KINERJA POMPA GEAR PUMP TERHADAP KAPASITAS ALIRAN MINYAK CPO (CRUDE PALM OIL) DI PTPN. XIII PKS RIMBA BELIAN. Jurnal Suara Teknik 60 Journal, 11(2).
 11. Sularso, dan Haruo Tahara., "Pompa & Kompresor", PT. Pradnya Paramita, Jakarta, 2000.
 12. Dede Sudrajat. "PENGARUH PREVENTIVE MAINTENANCE TERHADAP HASIL PRODUKSI PADA PROSES PRODUKSI MESIN AREA LINE D DI PT. TRIANGLE MOTORINDO", 2016

DAFTAR PUSTAKA

1. Dasar, K. (n.d.). 53 5B Rahmah Aprillia Herdien Makalah Detergent dan Sabun.
2. BAB II DASAR TEORI 2.1. DASAR TEORI POMPA 2.1.1. Definisi Pompa. (n.d.). available: https://eprints.undip.ac.id/41326/3/BAB_I_I.pdf
3. ? ?????. (n.d.). ?? ?? Internal Gear pump 3M7Y001.
4. Hadi, S., Politeknik, S., & Malang, N. (2021). MEKANIKA FLUIDA DASAR Eko Yudiyanto Politeknik Negeri Malang. <https://www.researchgate.net/publication/350558740>

OPTIMASI KEANDALAN KENDARAAN OPERASIONAL MELALUI PREVENTIVE MAINTENANCE BERDASARKAN ANALISIS MTBF DAN MTTR

Bantu Hotsan Simanullang, Adi Muhammad Fauzan

Program Studi Teknik Mesin, FTI, Institut Teknologi Budi Utomo Jakarta,
hotsanitbu@gmail.com

Abstrak

Kendaraan operasional merupakan aset penting yang mendukung kelancaran aktivitas perusahaan, sehingga tingkat keandalan dan ketersediaannya perlu dijaga melalui penerapan *preventive maintenance*. Penelitian ini bertujuan mengevaluasi efektivitas *preventive maintenance* dalam meningkatkan *reliability* dan *availability* kendaraan menggunakan indikator *Mean Time Between Failure* (MTBF) dan *Mean Time To Repair* (MTTR). Metode yang digunakan adalah deskriptif kuantitatif dengan memanfaatkan data historis kerusakan, *downtime*, dan perawatan kendaraan operasional. Hasil penelitian menunjukkan total *downtime* sebesar 152 jam dengan 19 kejadian kerusakan. Nilai MTBF mengalami penurunan dari 52 jam menjadi 20 jam, sementara MTTR tetap stabil sebesar 8 jam. Hal ini mengindikasikan bahwa peningkatan *downtime* lebih dipengaruhi oleh frekuensi kerusakan dibandingkan waktu perbaikan. Selain itu, *availability* kendaraan juga menurun dari 86,67% menjadi 71,43%. Dengan demikian, diperlukan optimalisasi *preventive maintenance* berbasis kondisi untuk meningkatkan keandalan kendaraan.

Kata kunci: *preventive maintenance*, MTBF, MTTR, *downtime*, *reliability*, *availability*, kendaraan operasional.

I. PENDAHULUAN

Kendaraan operasional merupakan aset strategis yang berperan penting dalam mendukung kelancaran aktivitas industri, khususnya dalam proses distribusi, mobilisasi tenaga kerja, dan pelayanan operasional. Tingginya intensitas penggunaan kendaraan menyebabkan peningkatan risiko kerusakan yang berdampak langsung terhadap *downtime*, sehingga mempengaruhi produktivitas dan efisiensi operasional perusahaan (Jardine et al., 2006). Oleh karena itu, pengelolaan sistem pemeliharaan yang efektif menjadi kebutuhan utama dalam menjaga keandalan (*reliability*) dan ketersediaan (*availability*) kendaraan operasional.

Preventive maintenance merupakan pendekatan yang umum digunakan untuk mencegah terjadinya kerusakan dengan cara melakukan perawatan secara terjadwal. Pendekatan ini terbukti mampu mengurangi frekuensi kegagalan serta meningkatkan umur pakai komponen (Dhillon, 2002). Selain itu, efektivitas *preventive maintenance* dapat

dianalisis menggunakan indikator keandalan seperti *Mean Time Between Failure* (MTBF) dan *Mean Time To Repair* (MTTR), yang berfungsi untuk mengevaluasi tingkat kerusakan dan efisiensi proses perbaikan (Ebeling, 2019). Namun, dalam praktiknya, masih banyak perusahaan yang mengalami peningkatan *downtime* meskipun *preventive maintenance* telah diterapkan.

Penelitian sebelumnya umumnya berfokus pada analisis hubungan antara *preventive maintenance* dengan penurunan *downtime* atau peningkatan *reliability* secara umum (Muchiri & Pintelon, 2008). Namun demikian, masih terdapat keterbatasan dalam mengidentifikasi faktor dominan yang mempengaruhi kenaikan *downtime*, khususnya dalam membedakan pengaruh antara frekuensi kerusakan yang direpresentasikan oleh MTBF dan durasi perbaikan yang direpresentasikan oleh MTTR. Oleh karena itu, diperlukan penelitian yang mampu menguraikan kontribusi kedua parameter tersebut secara lebih spesifik.

Berdasarkan permasalahan tersebut, penelitian ini memiliki kebaruan (*novelty*) dengan menunjukkan bahwa peningkatan downtime kendaraan operasional lebih dominan dipengaruhi oleh meningkatnya frekuensi kerusakan (penurunan MTBF) dibandingkan oleh lamanya waktu perbaikan (MTTR). Dengan demikian, penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi dalam pengembangan strategi preventive maintenance yang lebih berbasis kondisi (*condition-based maintenance*) guna meningkatkan keandalan dan ketersediaan kendaraan operasional..

2. METODOLOGI

Penelitian ini menggunakan pendekatan deskriptif kuantitatif untuk menganalisis efektivitas penerapan *preventive maintenance* terhadap keandalan dan ketersediaan kendaraan operasional. Pendekatan ini dipilih karena mampu memberikan gambaran objektif berdasarkan data numerik terkait frekuensi kerusakan, waktu perbaikan, serta tingkat downtime kendaraan.

Dalam penelitian ini, analisis dilakukan dengan menggunakan parameter keandalan (*reliability*) dan pemeliharaan (*maintainability*), yaitu *Mean Time Between Failure* (MTBF) dan *Mean Time To Repair* (MTTR), serta indikator ketersediaan (*availability*). MTBF digunakan untuk mengukur rata-rata waktu antar kerusakan, sedangkan MTTR digunakan untuk mengukur rata-rata waktu yang diperlukan dalam proses perbaikan.

2.1. Perhitungan Parameter

1. MTBF = total waktu operasi / jumlah kerusakan
2. MTTR = total waktu perbaikan / jumlah kerusakan
3. Downtime total dan downtime rate
4. Availability = $MTBF / (MTBF + MTTR)$

2.2. Analisis Data

Menganalisis hubungan antara *preventive maintenance* dengan *downtime*, serta mengevaluasi perubahan nilai MTBF dan MTTR terhadap tingkat keandalan kendaraan.

2.3. Interpretasi Hasil

Menentukan faktor dominan yang mempengaruhi peningkatan *downtime*, apakah berasal dari frekuensi kerusakan atau lamanya proses perbaikan.

2.4. Penarikan Kesimpulan dan Rekomendasi

Menyusun kesimpulan berdasarkan hasil analisis serta memberikan rekomendasi perbaikan sistem *maintenance*.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

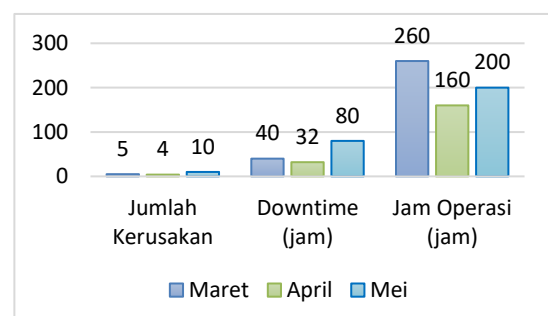
3.1. Analisis Downtime Kendaraan Operasional

Berdasarkan hasil pengolahan data, diperoleh total *downtime* kendaraan operasional sebesar 152 jam dengan jumlah kerusakan sebanyak 19 kejadian selama periode penelitian. Peningkatan downtime yang signifikan terjadi pada bulan Mei dengan nilai mencapai 80 jam, yang menunjukkan adanya gangguan operasional yang cukup besar dibandingkan bulan sebelumnya.

Tabel 1. Data Downtime Kendaraan Operasional

Bulan	Kerusakan	Downtime (jam)	Jam Operasi
Maret	5	40	260
April	4	32	160
Mei	10	80	200

Sumber: Penelitian mandiri



Gambar 3.1 Grafik *Downtime* Kendaraan Operasional

Sumber: Penelitian mandiri

Selain itu, hasil perhitungan downtime rate menunjukkan tren peningkatan dari bulan Maret hingga Mei. Hal ini mengindikasikan bahwa proporsi waktu kendaraan yang tidak beroperasi semakin besar terhadap total waktu operasional. Kondisi ini berpotensi menurunkan produktivitas serta efisiensi penggunaan kendaraan operasional.

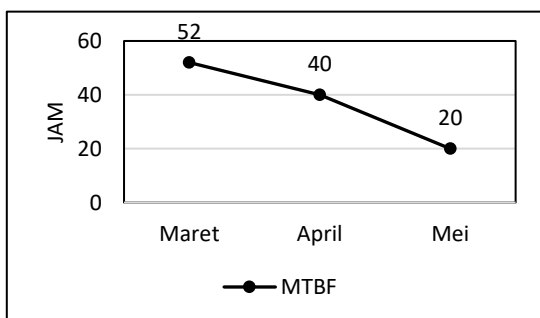
3.2. Analisis Reliability menggunakan MTBF

Nilai *Mean Time Between Failure* (MTBF) menunjukkan tren penurunan yang signifikan, yaitu dari 52 jam pada bulan Maret menjadi 20 jam pada bulan Mei. Penurunan nilai MTBF ini menunjukkan bahwa frekuensi kerusakan kendaraan semakin meningkat, sehingga tingkat keandalan kendaraan operasional mengalami penurunan.

Tabel 2. Perhitungan MTBF

Bulan	MTBF (jam)
Maret	52
April	40
Mei	20

Sumber: Penelitian mandiri



Gambar 3.2 Grafik MTBF Kendaraan Operasional

Sumber: Penelitian mandiri

Penurunan MTBF tersebut diduga dipengaruhi oleh tingginya intensitas

penggunaan kendaraan, khususnya pada kegiatan operasional luar kota yang menyebabkan peningkatan keausan komponen. Selain itu, adanya ketidaksesuaian antara jadwal *preventive maintenance* dengan kondisi aktual kendaraan juga berkontribusi terhadap meningkatnya frekuensi kerusakan.

3.3. Analisis Maintainability menggunakan MTTR

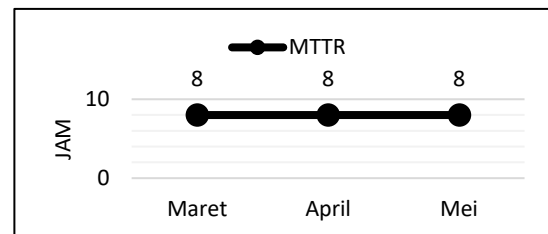
Berbeda dengan MTBF, nilai *Mean Time To Repair* (MTTR) menunjukkan kondisi yang relatif stabil, yaitu sebesar 8 jam untuk setiap kejadian kerusakan. Hal ini menunjukkan bahwa proses perbaikan kendaraan telah berjalan secara konsisten dan efisien.

Tabel 3. Perhitungan MTTR

Bulan	MTTR (jam)
Maret	8
April	8
Mei	8

Sumber: Penelitian mandiri

Gambar 3. Grafik MTTR Kendaraan Operasional



Sumber: Penelitian mandiri

Stabilnya nilai MTTR mengindikasikan bahwa sistem pemeliharaan yang berkaitan dengan proses perbaikan, seperti ketersediaan teknisi dan prosedur kerja, telah berjalan dengan baik. Dengan demikian, peningkatan *downtime* yang terjadi tidak disebabkan oleh lamanya proses perbaikan, melainkan oleh meningkatnya jumlah kerusakan yang terjadi.

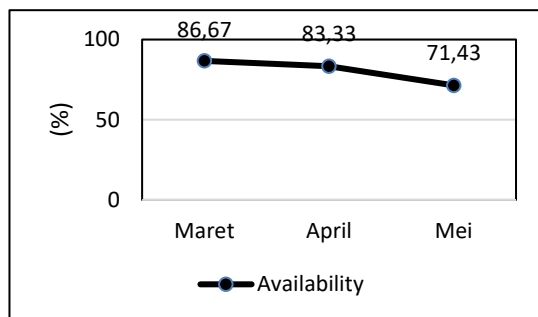
3.4. Analisis Availability Kendaraan Operasional

Nilai *availability* kendaraan operasional mengalami penurunan dari 86,67% pada bulan

Maret menjadi 71,43% pada bulan Mei. Penurunan ini menunjukkan bahwa tingkat kesiapan kendaraan dalam mendukung aktivitas operasional perusahaan semakin berkurang.

Tabel 4. Perhitungan Availability

Bulan	Availability (%)
Maret	86,67
April	83,33
Mei	71,43



Gambar .4 Grafik Availability
Kendaraan Operasional
Sumber: Penelitian mandiri

Penurunan *availability* berkorelasi langsung dengan penurunan MTBF yang menunjukkan peningkatan frekuensi kerusakan kendaraan. Sementara itu, nilai MTTR yang stabil tidak memberikan pengaruh signifikan terhadap penurunan *availability*. Hal ini menguatkan bahwa faktor utama penurunan ketersediaan kendaraan adalah rendahnya tingkat keandalan.

3.5. Evaluasi Preventive Maintenance

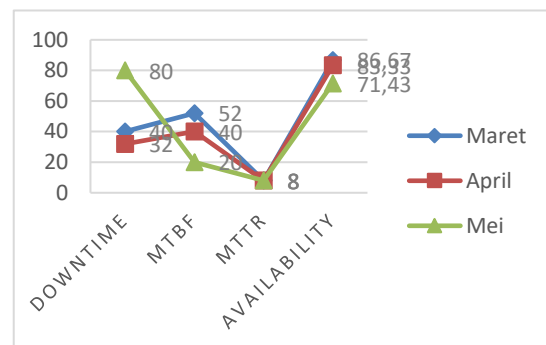
Hasil penelitian menunjukkan bahwa preventive maintenance yang diterapkan perusahaan telah mampu menjaga kestabilan proses perbaikan, namun belum efektif dalam menekan frekuensi kerusakan kendaraan. Kondisi ini menunjukkan bahwa sistem perawatan yang diterapkan masih bersifat time-based maintenance dan belum sepenuhnya mempertimbangkan kondisi aktual komponen (*condition based maintenance*).

Tabel 5. Rekapitulasi Analisis

Bulan	Downtime	MTBF	MTTR	Availability
Maret	40	52	8	86,67
April	32	40	8	83,33
Mei	80	20	8	71,43

Sumber: Penelitian mandiri

Peningkatan *downtime* lebih dominan disebabkan oleh frekuensi kerusakan (MTBF) dibandingkan oleh lamanya waktu perbaikan (MTTR). Temuan ini memperkuat konsep dalam *reliability engineering* bahwa frekuensi kegagalan merupakan faktor dominan dalam menentukan kinerja sistem.



Gambar .5 Hubungan MTBF terhadap
Downtime

Sumber: Penelitian mandiri

Selain itu, beberapa kendala yang ditemukan dalam pelaksanaan *preventive maintenance* meliputi keterlambatan pengadaan spare part, jadwal kendaraan yang padat, serta kurang optimalnya monitoring kondisi kendaraan. Faktor-faktor tersebut menyebabkan perawatan tidak dilakukan secara tepat waktu dan memicu terjadinya kerusakan berulang.

Dengan demikian, diperlukan pengembangan strategi maintenance yang lebih adaptif, seperti penerapan *condition based maintenance* serta peningkatan sistem monitoring, agar frekuensi kerusakan dapat ditekan dan keandalan kendaraan operasional dapat ditingkatkan.

3. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian, dapat disimpulkan bahwa penerapan preventive

maintenance belum sepenuhnya optimal dalam meningkatkan keandalan kendaraan operasional. Hal ini ditunjukkan oleh penurunan nilai MTBF dari 52 jam menjadi 20 jam yang menandakan meningkatnya frekuensi kerusakan. Sementara itu, nilai MTTR tetap stabil sebesar 8 jam, yang menunjukkan bahwa proses perbaikan telah berjalan dengan baik. Peningkatan *downtime* terutama disebabkan oleh seringnya kerusakan, bukan lamanya waktu perbaikan. Dampaknya, nilai availability mengalami penurunan. Oleh karena itu, diperlukan pengembangan strategi maintenance berbasis kondisi serta peningkatan monitoring untuk mengurangi frekuensi kerusakan dan meningkatkan keandalan kendaraan.

5. DAFTAR PUSTAKA

- Jardine, A. K., Lin, D., & Banjevic, D. (2006). A review on machinery diagnostics and prognostics implementing condition-based maintenance. *Mechanical systems and signal processing*, 20(7), 1483-1510.
- Dhillon, B. S. (2002). *Engineering maintenance: a modern approach*. cRc press.
- Ebeling, C. E. (2019). *An introduction to reliability and maintainability engineering*. Waveland Press.
- Muchiri, P., & Pintelon, L. (2008). Performance measurement using overall equipment effectiveness (OEE): literature review and practical application discussion. *International journal of production research*, 46(13), 3517-3535.
- Kumar, U. D., Crocker, J., Knezevic, J., & El-Haram, M. (2000). *Reliability, maintenance and logistic support:-A life cycle approach*. Springer US.
- Mobley, R. K. (2002). *An introduction to predictive maintenance*. Elsevier.
- Wireman, T. (2004). *Total productive maintenance*. Industrial Press Inc.

EVALUASI KUANTITAS KEBUTUHAN PEMELIHARAAN BANTALAN DAN BALAS PADA KORIDOR STASIUN JAKARTA KOTA - STASIUN TANJUNG PRIUK DAOP 1 JAKARTA

Hendry Sampurna

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

Abstrak

Penelitian ini membahas tentang penilaian jumlah perawatan bantalan dan balas di jalur antara Stasiun Jakarta Kota dan Stasiun Tanjung Priuk yang berada di wilayah Daerah Operasi 1 Jakarta. Dalam penelitian ini, dilakukan penilaian jumlah kebutuhan perawatan bantalan dan balas berdasarkan hasil perhitungan dari analisis tonase yang lewat dan klasifikasi kelas jalur kereta api. Analisis tonase yang bisa diangkut atau daya angkut per tahun ditentukan dengan melihat data stamformasi dan seberapa sering sampel koridor yang diteliti digunakan. Kelas jalan koridor bisa ditentukan menggunakan tabel klasifikasi jalan rel yang ada di Peraturan Menteri Nomor 60 Tahun 2012. Selanjutnya, dalam penelitian ini dilakukan analisis terhadap faktor-faktor yang dapat mempengaruhi jumlah kebutuhan pemeliharaan bantalan dan balas di koridor. Hasil analisis menunjukkan bahwa koridor adalah jalur dengan jenis jalan rel kelas III yang memiliki kapasitas angkut sebesar 9. Dalam hasil penelitian, ditemukan 10 faktor yang bisa mempengaruhi jumlah kebutuhan pemeliharaan bantalan dan balas, lengkap dengan urutan peringkat berdasarkan nilai hasil Uji RII (Relative Important Index) dari kuesioner yang digunakan dalam penelitian.

Kata kunci: Perawatan, tonase yang lewat, kategori jalan rel, kapasitas angkut, skala likert, faktor-faktor yang bisa mempengaruhi.

1. PENDAHULUAN

Namun, kemajuan pemerintah dalam melaksanakan kebijakan strategis nasional, seperti penerapan Grafik Perjalanan Kereta Api (Gapeka) Tahun 2025, memiliki dampak pada kinerja dan ketahanan infrastruktur rel. Hal ini akan membuat beban lalu lintas kereta api menjadi lebih padat dan intensif di jalur tertentu. Peningkatan beban lalu lintas ini secara langsung mempengaruhi umur material jalan rel, terutama bagian-bagian penting seperti rel, bantalan, dan balas, yang harus menahan beban berulang dengan frekuensi yang lebih tinggi. Oleh karena itu, kita perlu melakukan penilaian yang mendalam tentang jumlah kebutuhan pemeliharaan infrastruktur jalan rel, terutama di jalur-jalur yang terkena dampak perubahan jadwal dan peningkatan beban dalam Gapeka 2025.

Namun, saat ini ada beberapa masalah yang menjadi perhatian dalam pengelolaan pemeliharaan jalur kereta Daop 1 Jakarta di antara Stasiun Jakarta Kota dan Stasiun Tanjung Priuk. Hal ini membuat lalu lintas

semakin padat dan bisa menyebabkan tekanan berlebih pada keausan bantalan dan balas di jalur kereta. Selain itu, beban gandar yang tinggi dari kereta barang yang melintas lebih dari 20 kali sehari mempercepat kerusakan material balas dan bantalan. Ketidakstabilan struktur jalur kereta disebabkan oleh beban yang tidak merata, serta komponen bantalan dan balas yang sudah melewati masa pakai atau tidak dirancang untuk menahan beban gandar lebih dari 20 ton, sehingga dapat menyebabkan potensi kerusakan struktural pada jalur kereta.

Masalah-masalah tersebut menunjukkan betapa pentingnya untuk mengevaluasi dan menghitung kebutuhan pemeliharaan jalur rel dengan cara yang tepat dan berkelanjutan. Data ini akan menjadi dasar untuk menyusun program perawatan yang efektif dan efisien. Hal ini bertujuan untuk menghitung kebutuhan jumlah material pada struktur bawah komponen jalan rel, agar pemeliharaan jalan rel dapat dilakukan secara efektif dan efisien.

2. METODOLOGI PENELITIAN

2.1 Metode Analisis Data

Analisis Kuantitas Kebutuhan Pemeliharaan Bantalan dan Balas

Perhitungan daya angkut lintas dilakukan untuk mengetahui jenis jalan rel dari suatu lintas berdasarkan nilai daya angkutnya. Daya angkut lintas menunjukkan jenis dan jumlah total beban kereta api yang melintas di jalur tersebut dalam satu tahun. Sebelum mencari daya angkut untuk lintas, pertama-tama kita perlu mengetahui berat kereta penumpang dan gerbongnya.

$$F = 0,023 \times T^{0,3} \times VMAX^{0,5} \times (1 + Fp) \text{ kali per tahun} \dots (2.1)$$

Keterangan:

F = Frekuensi pemecokan (kali/thn)

T = Daya angkut lintas / passing tonnage (ton/thn)

Vmax = Kecepatan maksimum kereta api (km/jam)

Fp = Faktor penentu

Faktor indeks (fi) menunjukkan seberapa besar pengaruh faktor penentu terhadap pekerjaan pemecokan. Nilai fi sudah ditentukan berdasarkan jenis komponen bantalan, penambat, jenis sambungan, dan kondisi tanah di koridor yang sedang diteliti.

$$Fp = Jb + Jp + Js + Kt \dots (2.2)$$

$$Jb = (fi \times \%beton) + (fi \times \%kayu) + (fix\%baja) \dots (2.3)$$

$$Jp = (fi \times \%elastis) + (fix\%kaku) \dots (2.4)$$

$$Js = (fi \times \%las) + (fix\%plat) \dots (2.5)$$

$$Kt = (fi \times \%baik) + (fi \times \%sedang) + (fix\%jelek) \dots (2.6)$$

$$\dots (2.6)$$

Keterangan:

Fp = Faktor Penentu

Jb = Jenis Bantalan

Jp = Jenis Penambat

Js = Jenis Sambungan rel

Kt = Kondisi Tanah

Penggantian bantalan dihitung menggunakan rumus (2.7). Umur pakai bantalan bervariasi: kayu 10 tahun, beton 50 tahun, besi 40 tahun.

$$Bt = \frac{jml}{ub} \dots (2.7)$$

Keterangan:

Bt = Kebutuhan penggantian bantalan (batang/tahun)

Jml = Jumlah bantalan (batang)

Ub = Umur bantalan (tahun)

Perhitungan berapa banyak volume balas yang diperlukan di jalur antara Stasiun Jakarta Kota dan Stasiun Tanjung Priuk bisa dilakukan menggunakan rumus (2.8), (2.9), dan (2.10) di bawah ini:

$$\text{Volume balas} = \frac{(2b+2c) \times (d1+t)}{2} \dots (2.8)$$

$$\text{Volume bantalan} = (p \times l \times t) \dots (2.9)$$

$$\text{Total volume balas} = \frac{(2b+2c) \times (d1+t)}{2} - (p \times l \times t) \dots (2.10)$$

$$\dots (2.10)$$

Keterangan:

b = lebar bahu balas dari as track

c = lebar berem / kaki balas bawah dari as track

d1 = tebal balas atas

p = panjang bantalan beton

l = lebar bantalan beton

t = tinggi bantalan beton

2.2 Metode Pembahasan Hasil Analisis

Metode Pembahasan Hasil Analisis Kuantitas Kebutuhan Pemeliharaan Bantalan dan Balas

Rekap data ditampilkan dalam tabel, yang mempermudah melihat hasil pengolahan. Tabel mencakup kapasitas angkut, jenis jalan rel, dan informasi pemeliharaan.

Tabel .1 Rekap Hasil Analisis Kuantitas Kebutuhan Pemeliharaan Bantalan dan Balas

No	Komponen Analisis	Hasil Perhitungan	Ket
1	Daya angkut lintas (<i>passing tonnage</i>)		
2	Kelas jalan rel		
3	Frekuensi pemecokan balas		
4	Kebutuhan pemeliharaan bantalan kayu		

No	Komponen Analisis	Hasil Perhitungan	Ket
5	Kebutuhan pemeliharaan bantalan beton		
6	Kebutuhan pemeliharaan volume balas		

Sumber: Arbie, 2022

3. PEMBAHASAN

3.1 Analisis Data

Analisis Kuantitas Kebutuhan Pemeliharaan Bantalan dan Balas

Panjang jalur dari Stasiun Jakarta Kota ke Stasiun Tanjung Priuk adalah sekitar 7 kilometer. Kapasitas angkut jalur dapat dihitung dengan rumus tertentu.

1. Perhitungan Tonase Kereta Penumpang dan Barang Harian.

Analisis tonase untuk kereta penumpang dan barang harian dilakukan berdasarkan data frekuensi kereta tahun 2025. Setiap jenis kereta memiliki kode tertentu, seperti K1 untuk kereta eksekutif, KRL untuk kereta penumpang, dan seterusnya. Contoh perhitungan diberikan untuk Kereta Commuter Line yang melintas di rute ini.

- a. Perhitungan pada Kereta Commuter Line 2200:

Dimana untuk menghitung Beban Kereta Penumpang Harian (Tp) bisa diketahui lewat rumus yang ada dengan cara perhitungan sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 Tp \text{ KA Penumpang} &= (\text{Jumlah Kereta} \times \text{Berat Kereta}) \times \text{Frekuensi KA} \\
 Tp \text{ Commuter Line 2200} &= (8 \text{ CL}) \times \text{Frekuensi KA} \\
 &= (8 \times 35 \text{ Ton}) \times 1 \\
 &= 280 \text{ ton}
 \end{aligned}$$

Perhitungan ini akan diterapkan pada semua kereta penumpang, dan hasilnya akan memberikan total tonase harian kereta penumpang di rute Stasiun Jakarta Kota - Stasiun Tanjung Priuk. Rekap hasil

perhitungan akan ditampilkan di Tabel 3.1 berikut:

Tabel 2 Rekap Berat Stamformasi Rangkaian KA

No	Nama KA	Rangkaian (ton)								Frekuensi	Jumlah Berat (ton)
		K1	K2	KMP2	CL	K3	LOK	KMP3	B		
		37	37	48	35	33	84	56	48		
1	2200 KRL	-	-	-	8	-	-	-	-	1	280
2	2201 KRL	-	-	-	8	-	-	-	-	1	280
3	2204 KRL	-	-	-	8	-	-	-	-	1	280
4	2206 KRL	-	-	-	8	-	-	-	-	1	280
5	2208 KRL	-	-	-	8	-	-	-	-	1	280
6	2210 KRL	-	-	-	8	-	-	-	-	1	280
7	2212 KRL	-	-	-	8	-	-	-	-	1	280
8	2214 KRL	-	-	-	8	-	-	-	-	1	280
9	2216 KRL	-	-	-	8	-	-	-	-	1	280
10	2218 KRL	-	-	-	8	-	-	-	-	1	280
11	2220 KRL	-	-	-	8	-	-	-	-	1	280
12	2222 KRL	-	-	-	8	-	-	-	-	1	280
13	2224 KRL	-	-	-	8	-	-	-	-	1	280
14	2226 KRL	-	-	-	8	-	-	-	-	1	280
15	2228 KRL	-	-	-	8	-	-	-	-	1	280
16	2230 KRL	-	-	-	8	-	-	-	-	1	280
17	2232 KRL	-	-	-	8	-	-	-	-	1	280
18	2234 KRL	-	-	-	8	-	-	-	-	1	280
19	2236 KRL	-	-	-	8	-	-	-	-	1	280
20	2238 KRL	-	-	-	8	-	-	-	-	1	280
21	2240 KRL	-	-	-	8	-	-	-	-	1	280
22	2242 KRL	-	-	-	8	-	-	-	-	1	280
23	2244 KRL	-	-	-	8	-	-	-	-	1	280
24	2246 KRL	-	-	-	8	-	-	-	-	1	280
25	2248 KRL	-	-	-	8	-	-	-	-	1	280
26	2250 KRL	-	-	-	8	-	-	-	-	1	280
27	2252 KRL	-	-	-	8	-	-	-	-	1	280
28	2254 KRL	-	-	-	8	-	-	-	-	1	280
29	2256 KRL	-	-	-	8	-	-	-	-	1	280
30	2258 KRL	-	-	-	8	-	-	-	-	1	280
31	2260 KRL	-	-	-	8	-	-	-	-	1	280
32	2262 KRL	-	-	-	8	-	-	-	-	1	280
Total Berat											8.960

Sumber: Data Sekunder

Berdasarkan ringkasan dari tabel, total berat keseluruhan untuk kereta penumpang (Tp) adalah 8.960 ton.

- b. Perhitungan pada 2520/KA B:

Dimana untuk menghitung Beban Kereta Barang Harian (Tb) bisa diketahui dari rumus sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 Tb \text{ KA} &= (\text{Jumlah Kereta} \times \text{Berat Kereta}) \times \text{Frekuensi KA} \\
 Tb \text{ Paket Lintas Selatan} &= (30 \times 46) \times 1 \\
 &= 1.380 \times 1 \\
 &= 1.380 \text{ ton}
 \end{aligned}$$

Perhitungan pada contoh ini dilakukan untuk semua KA Barang, lalu kita akan mendapatkan jumlah total berat harian KA barang untuk rute Stasiun Jakarta Kota - Stasiun Tanjung Priuk yang

dirangkum dalam tabel 3.2 di bawah ini:

Tabel .3 Rekap Berat Stamformasi Rangkaian KA Barang

No	Nama KA	Rangkaian (ton)								Frekuensi	Jumlah Berat (ton)
		K1	G/G	KMP1	KRW	GR	G/W	KMP3	B		
1	2320: K.A.B	-	-	-	-	-	-	-	30	1	1.380
2	2322: K.A.B	-	-	-	-	-	-	-	30	1	1.380
3	2324: K.A.B	-	-	-	-	-	-	-	30	1	1.380
4	2326: K.A.B	-	-	-	-	-	-	-	30	1	1.380
5	2328: K.A.B	-	-	-	-	-	-	-	30	1	1.380
6	2334: K.A.B	-	-	-	-	-	-	-	30	1	1.380
7	2336: K.A.B	-	-	-	-	-	-	-	30	1	1.380
Total Berat											9.660

Sumber: Data Sekunder

Dari ringkasan data yang ada di tabel, kita bisa lihat bahwa total berat untuk kereta barang (Tb) mencapai 9.660 ton.

2. Perhitungan Tonase Lokomotif

Berdasarkan total berat lokomotif setiap hari terlihat, dan data jumlah kereta sesuai Grafik Perjalanan Kereta Api Tahun 2025. Contoh perhitungan berat lokomotif CC201 juga disertakan.

a. Lokomotif CC201

Berat CC201 = Berat Lokomotif x Frekuensi Lokomotif
= 84 ton x 9 kali frekuensi
= 756 ton

Penghitungan terhadap sampel kemudian dilakukan untuk semua jenis lokomotif, sehingga kita bisa melihat total berat lokomotif yang tertera di Tabel 3.3 di bawah ini:

Tabel .4 Tonase Lokomotif Harian

No	Lokomotif	Berat	Frekuensi	Jumlah Berat
1	CC 201	84 ton	9	756 ton
Total Berat Lokomotif				756 ton

Sumber: Data Sekunder

Pada tabel, didapatkan hasil beban lokomotif setiap hari (T1) di jalur Stasiun Jakarta Kota hingga Stasiun Tanjung Priuk yaitu 756 ton.

3. Perhitungan Daya Angkut Lintas

Kita bisa menghitung daya angkut lintas dalam satu tahun dengan rumus dan hasil perhitungan sebelumnya.

$Tp = 8.960 \text{ ton}$

$K1 = 1.4$ (koefisien lokomotif)

$Tb = 9.660 \text{ ton}$

$Kb = 1.5$ (beban gandar > 18 ton)

$T1 = 756 \text{ ton}$

Nilai berat setara harian untuk jalur Stasiun Jakarta Kota hingga Stasiun Tanjung Priuk.

$TE = 8.960 + (1,5 \times 9.660) + (1,4 \times 756)$

$TE = 24.508 \text{ ton/hari}$

Berdasarkan perhitungan lainnya:

$TE = 24.508 \text{ ton/hari}$

$S = 1,1$

$T = 360 \times S \times TE$

$T = 360 \times 1,1 \times 24.508$

$T = 9.705.168 \text{ ton/tahun}$

Menurut perhitungan, daya angkut di jalur antara Stasiun Jakarta Kota dan Stasiun Tanjung Priuk adalah 9.705.168 ton setiap tahun.

4. Penentuan Evaluasi Kelas Jalan Rel

Kapasitas angkut tahunan pada jalur antara Stasiun Jakarta Kota dan Stasiun Tanjung Priuk adalah 9.705.168 ton. Hasil ini sesuai dengan tabel 3.4 yang menunjukkan klasifikasi rel.

Tabel .5 Klasifikasi Kelas Jalan Rel

Kelas Jalan	Panjang Tonnage (juta ton-tahun)	V _{max} (km/jam)	P _{max} Gandar (ton)	Tipe Rel	Jenis Bantalan	Jenis Penan-ban	Tebal Batas Atas (cm)	Tebal Batas Bawah (cm)
I	> 20.10 ⁶	120	18	R.60/R.54	Beton	EQ	50	50
II	10.10 ⁶ – 20.10 ⁶	110	18	R.60/R.54	Beton	EQ	50	50
III	5.10 ⁶ – 10.10 ⁶	100	18	R.54/R.50	Beton/Kayu	EQ	50	50
IV	2.5.10 ⁶ – 5.10 ⁶	90	18	R.54/R.50	Beton/Kayu	EQ	50	50
V	< 2.5.10 ⁶	80	18	R.54/R.50/R.42	Beton/Kayu/Batu	EQ	50	40

Sumber: PM Nomor 60 Tahun, 2012

Jalur antara Stasiun Jakarta Kota dan Stasiun Tanjung Priuk termasuk rel kelas jalan III. Kapasitas angkut mencapai 9.705.168 ton per tahun. Rel ini bisa berjalan dengan kecepatan maksimum 100 km per jam, menggunakan tipe R.54/R.50. Bantalan bisa terbuat dari beton atau kayu.

Penambat elastis ganda memiliki ketebalan balas atas 30 cm dan lebar bahu balas 50 cm, menahan beban maksimum 18 ton. Perhitungan pemeliharaan mengacu pada kelas jalan III.

5. Kebutuhan Frekuensi Pemecokan Balas
Berdasarkan rumus dan informasi material rel dari DAOP I Jakarta, faktor-faktor penting dalam perhitungan ditentukan pada tabel .5.

Tabel .6 Rekap Perhitungan Faktor Penentu

Komponen	Jumlah	Persentase (p)	(fi)	Perhitungan
Bantalan kayu	293	2%	0.2	Jb = (fi beton x p beton)+(fi kayu x p kayu)+(fi besi x p besi) Jb = (0x98%)+(0.2x2%)+(0.1x0%) = 0.4%
Bantalan besi	-	0%	0.1	
Bantalan beton	11.524	98%	0	
Penambat elastis	47.268	100%	0	Jp = (fi elastis x p elastis)+(fi kaku x p kaku) Jp = (0x100%)+(0.2x0%) = 0%
Penambat kaku	-	0%	0.25	
Sambungan Las	596	100%	0	Js = (fi las x p las)+(fi plat x p plat) Js = (0x100%)+(0.2x0%) = 0%
Sambungan Plat	-	0%	0.5	
Tanah baik	Keseluruhan	100%	0	Kt = (fi baik x p baik)+(fi sedang x p sedang)+(fi jelek x p jelek) Kt = (0x100%)+(0.7x0%)+(1.5x0%) = 0%
Tanah sedang	-	0%	0.75	
Tanah jelek	-	0%	1.5	

Sumber: Olahan penelitian

Berdasarkan tabel 3.5, kita bisa mendapatkan nilai faktor penentu (Fp) untuk bagian jalan rel antara Stasiun Jakarta Kota dan Stasiun Tanjung Priuk dengan cara menghitung seperti ini:

$$Fp = Jb + Jp + Js + Kt$$

$$Fp = 0,4 \% + 0 \% + 0 \% + 0 \%$$

$$Fp = 0,4 \% \text{ sama dengan } 0,004$$

Dari hasil perhitungan faktor penentu, kita bisa menghitung berapa banyak frekuensi pemecokan yang diperlukan dengan menggunakan rumus seperti berikut:

$$F = 0,023 \times T^{0,3} \times VMAX^{0,5} \times (1 + Fp)$$

$$F = (0,023 \times 9.705.168^{0,3} \times 100^{0,5}) \times (1 + 0,004)$$

$$F = (0,023 \times 124,7 \times 10) \times (1,004)$$

$$F = 28,796 \text{ kali/tahun}$$

$$F = 28,796 : 12$$

$$F = \mathbf{2,416 \text{ kali/ bulan}}$$

Berdasarkan hasil penghitungan, dapat disimpulkan bahwa seberapa sering pemecokan untuk pemeliharaan rel di jalur Stasiun Jakarta Kota ke Stasiun Tanjung Priuk dilakukan dua kali dalam sebulan.

6. Kebutuhan Pemeliharaan Bantalan

Berdasarkan rumus dan informasi material rel dari sumber lain, kita bisa menghitung pemeliharaan bantalan untuk jalur Jakarta Kota-Tanjung Priuk. Diketahui:

$$\begin{aligned} \text{Jumlah bantalan} &= \text{Beton } 11.524 \text{ batang} \\ &= \text{Kayu } 293 \text{ batang} \\ \text{Umur bantalan} &= \text{Beton (50 tahun)} \\ &= \text{Kayu (10 tahun)} \end{aligned}$$

Jadi, kita bisa mengetahui berapa banyak bantalan yang perlu dirawat di Daop I untuk jalur Stasiun Jakarta Kota sampai Stasiun Tanjung Priuk dengan mengganti bantalan setiap tahun, menggunakan rumus :
Untuk bantalan Beton,

$$Bt = \frac{Jml}{Ub}$$

$$Bt = \frac{11.524}{50}$$

$$Bt = \mathbf{230 \text{ (batang/tahun)}}$$

Untuk bantalan Kayu,

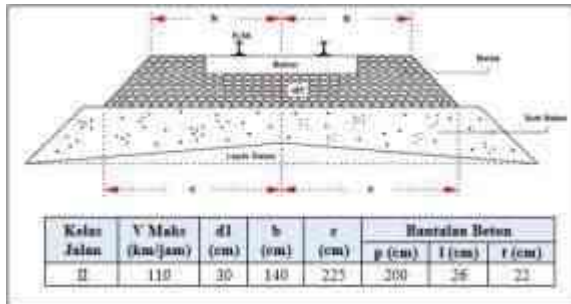
$$Bt = \frac{293}{10}$$

$$Bt = 29 \text{ (batang/tahun)}$$

Hasil perhitungan menunjukkan bahwa kebutuhan pemeliharaan bantalan per tahun di jalur antara Stasiun Jakarta Kota dan Stasiun Tanjung Priuk adalah 29 bantalan kayu dari total 293 bantalan, sedangkan untuk bantalan beton, diperlukan 230 bantalan per tahun dari total 11. 524 bantalan.

7. Kebutuhan Pemeliharaan Volume Balas

Kebutuhan volume balas dihitung berdasarkan rumus dengan memperhatikan kelas jalan III dari analisis tonase dan bentuk penampang melintang sesuai PM 60 Tahun 2012.



Gambar .1 Penampang Melintang Jalan Rel 1067

Sumber: PM 60 Tahun 2012

Berdasarkan ketentuan teknis Kelas Jalan III, nilai untuk b, c, d1, p, l, dan t telah disebutkan. Dengan informasi ini, perhitungan dapat dilakukan menggunakan rumus yang tepat.

Keterangan:

$$b = 140 \text{ cm}$$

$$c = 225 \text{ cm}$$

$$d1 = 30 \text{ cm}$$

$$p = 200 \text{ cm}$$

$$l = 26 \text{ cm}$$

$$t = 22 \text{ cm}$$

$$\text{Luas Penampang Balas} = \frac{(2b+2c) \times (d1+t)}{2}$$

$$= \frac{(2(140 \text{ cm})+2(225 \text{ cm})) \times (30 \text{ cm}+22 \text{ cm})}{2}$$

$$= \frac{(730 \text{ cm}) \times (52 \text{ cm})}{2}$$

$$= 18,980 \text{ cm}^2$$

$$= 1,898 \text{ m}^2$$

$$V \text{ Bantalan} = p \times l \times t$$

$$= 200 \text{ cm} \times 26 \text{ cm} \times 22 \text{ cm}$$

$$= 114,400 \text{ cm}^3$$

$$= 0,114 \text{ m}^3$$

Sesuai aturan, ukuran volume balas untuk Kelas Jalan III adalah 1,898 m² dan volume bantalan 0,114 m³. Jalur Jakarta Kota dan Tanjung Priuk panjang 7,2 km dengan 11.524 bantalan. Volume balas yang tepat untuk jalur ini adalah:

Total volume balas per segmen 1 km:

$$= 1.000 \text{ m} \times 1,898 \text{ m}^2$$

$$= 1.716,00 \text{ m}^3$$

Total volume balas per segmen 200 m:

$$= 200 \text{ m} \times 1,898 \text{ m}^2$$

$$= 379,00 \text{ m}^3$$

Total volume bantalan per segmen 1 km:

$$= 1.624 \text{ batang} \times 0,114 \text{ m}^3$$

$$= 185,00 \text{ m}^3$$

Total volume bantalan per segmen 200 m:

$$= 158 \text{ batang} \times 0,114 \text{ m}^3$$

$$= 18,00 \text{ m}^3$$

Jadi, total kebutuhan volume balas yang ideal adalah sebagai berikut:

$$(1.716 \text{ m}^3 - 185 \text{ m}^3) \times 7 + (379 \text{ m}^3 - 18 \text{ m}^3) \times 1 = 11.078,00 \text{ m}^3.$$

Tabel .7 Rekap Data Kondisi Aset Balas Eksisting

REKAP ASSET KONDISI VOLUME BALAS KORIDOR (ST. JAKARTA KOTA - ST. TANJUNG PRIUK)											
No	Jalan (km)	Kondisi Balas					Dimensi Bantalan			Volume	
		b	c	d1	p	l	t	p	l	t	Balok (m ³)
1	0+000 - 1+000	1.400	2.250	3.000	2.000	2.200	0.100	1.800	0.200	0.220	1.723,00
2	1+000 - 2+000	1.400	2.250	3.000	2.000	2.200	0.100	1.800	0.200	0.220	1.723,00
3	2+000 - 3+000	1.400	2.250	3.000	2.000	2.200	0.100	1.800	0.200	0.220	1.723,00
4	3+000 - 4+000	1.400	2.250	3.000	2.000	2.200	0.100	1.800	0.200	0.220	1.723,00
5	4+000 - 5+000	1.400	2.250	3.000	2.000	2.200	0.100	1.800	0.200	0.220	1.723,00
6	5+000 - 6+000	1.400	2.250	3.000	2.000	2.200	0.100	1.800	0.200	0.220	1.723,00
7	6+000 - 7+000	1.400	2.250	3.000	2.000	2.200	0.100	1.800	0.200	0.220	1.723,00
8	7+000 - 8+000	1.400	2.250	3.000	2.000	2.200	0.100	1.800	0.200	0.220	1.723,00
Total Volume Aset Balas											10.993,00

Sumber: Data Sekunder

Berdasarkan informasi dari Tabel 3.6, total volume balas untuk jalur antara Stasiun Jakarta Kota dan Stasiun Tanjung Priuk sepanjang 7,2 km adalah 10.993,00 m³. Volume idealnya adalah

11.078,00 m³. Volume balas ideal untuk setiap segmen 1 km adalah 1.531 m³ dan untuk segmen 200 m adalah 361 m³. Terdapat perbedaan 85,00 m³ antara perhitungan tersebut.

Tabel 8. Perbandingan volume balas eksisting dan ideal

No	Segmen	Volume Ideal	Volume Eksisting	Kekurangan Volume
1	KM 0+00 – 1+00	1.531 m ³	1.523 m ³	8 m ³
2	KM 1+00 – 2+00	1.531 m ³	1.525 m ³	6 m ³
3	KM 2+00 – 3+00	1.531 m ³	1.520 m ³	11 m ³
4	KM 3+00 – 4+00	1.531 m ³	1.527 m ³	4 m ³
5	KM 4+00 – 5+00	1.531 m ³	1.521 m ³	10 m ³
6	KM 5 +00 – 6+00	1.531 m ³	1.518 m ³	13 m ³
7	KM 6+00 – 7+00	1.531 m ³	1.510 m ³	21 m ³
8	KM 7+00 – 0+200	361 m ³	349 m ³	12 m ³
Total				85 m ³

Sumber: Olahan penelitian

Berdasarkan analisis, diketahui bahwa di jalur antara Stasiun Jakarta Kota dan Stasiun Tanjung Priuk masih ada selisih dalam jumlah yang diperlukan untuk balas sebanyak 85,00 m³.

3.2 Pembahasan Hasil Analisis

Pembahasan Hasil dari Analisis Kuantitas Kebutuhan Pemeliharaan Bantalan dan Balas

Berdasarkan analisis yang telah dilakukan, didapatkan sejumlah temuan penting tentang perawatan jalur kereta antara Stasiun Jakarta Kota dan Stasiun Tanjung Priuk. Kapasitas muat di jalur ini tercatat mencapai 9.705.168 ton setiap tahun, sehingga termasuk ke dalam jalur kereta kelas III. Dari analisis frekuensi pemeliharaan balas, ditemukan bahwa perawatan ini perlu dilakukan dua kali setiap bulan. Untuk bantalan, kebutuhan perawatan setiap tahun adalah 29 bantalan kayu dari total 293 bantalan, dan 230 bantalan beton dari total 11.524 bantalan. Di sisi lain, perbandingan antara kebutuhan dan ketersediaan volume balas menunjukkan ada kekurangan sebesar 421,00 m³. Rangkuman lengkap dari hasil perhitungan bisa dilihat di Tabel 4.23 di bawah ini:

Tabel 9. Rekap Hasil Analisis Kuantitas Kebutuhan Pemeliharaan

No	Komponen Analisis	Hasil Perhitungan	Keterangan
1	Daya angkut lintas (<i>passing tonnage</i>)	9.705.168 ton/tahun	Berdasarkan total angkutan kereta api per tahun di koridor
2	Kelas jalan rel	Kelas jalan rel III	Sesuai klasifikasi berdasarkan beban dan tonase
3	Frekuensi pemecokan balas	2 kali/bulan	Dilakukan rutin untuk menjaga kestabilan struktur jalan rel
4	Kebutuhan pemeliharaan bantalan kayu	29 bantalan/tahun	Proporsi sekitar 9,9% dari total keseluruhan bantalan kayu eksisting
5	Kebutuhan pemeliharaan bantalan beton	230 bantalan/tahun	Proporsi sekitar 2% dari total keseluruhan bantalan beton eksisting
6	Kebutuhan pemeliharaan volume balas	421,00 m ³	Perlu penambahan volume balas untuk memenuhi standar kebutuhan

Sumber: Olahan penelitian

4. KESIMPULAN

Berdasarkan analisis dan diskusi yang sudah dilakukan, beberapa poin penting dapat disampaikan mengenai hasil analisis, antara lain:

Dari penelitian, terlihat bahwa jalur antara Stasiun Jakarta Kota dan Stasiun Tanjung Priuk merupakan tipe jalur kelas III. Selain itu, analisis menunjukkan kapasitas angkut lintasan mencapai 9.705.168 ton setiap

tahunnya. Pemeliharaan balas dilakukan dua kali sebulan, dan untuk kebutuhan pemeliharaan bantalan dalam setahun diperlukan 29 bantalan kayu dari total 293 bantalan dan 230 bantalan beton dari 11.524 bantalan yang ada. Di samping itu, analisis juga menunjukkan ada kekurangan volume balas sebesar 85,00 m³.

5. DAFTAR PUSTAKA

Kementerian Perhubungan Republik Indonesia. 2011. Peraturan Menteri Perhubungan Nomor 31 Tahun 2011 tentang Standard dan Tata Cara Pemeriksaan Prasarana. Jakarta: Kementerian Perhubungan.

PT. Kereta Api Indonesia (Persero). 2012. Sistem Perawatan Jalan Rel dan Jembatan Terencana (Perjana). Bandung: Subdirektorat Track and Bridge

Riko, H,. (2009). Sistem Pemeliharaan Jalan Rel Kereta Api (Studi Kasus Koridor Stasiun. Duri-Stasiun Tangerang. Jurnal Transportasi.

Aulia, A.,R & Parikesit, D. (2017). Perencanaan Pemeliharaan Jalan Rel Daop VI Yogyakarta. Palembang: Departemen Teknik Sipil dan Lingkungan.

Sugiyono, (2011). Metode Penelitian Kuantitatif, kualitatif, dan R&D. Bandung Afabeta.

EVALUASI KERUSAKAN PILE STRUCTURE TERHADAP KINERJA OPERASIONAL BANGUNAN JETTY PT. CHANDRA ASRI CILEGON

Jon Putra

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

jonputra@itbu.ac.id

Abstrak

Struktur jetty sangat penting untuk aktivitas pelabuhan dan industri petrokimia, terutama untuk proses bersandar dan memuat serta membongkar kapal. Namun, jika ada kerusakan pada struktur tiang pancang, ini bisa mengganggu kekuatan dan fungsi jetty. Penelitian ini bertujuan untuk menilai seberapa besar kerusakan pada tiang pancang mempengaruhi kemampuan jetty dalam menahan kapal, dan juga untuk mengusulkan solusi perbaikan yang tepat. Penelitian dilakukan di jetty PT. Chandra Asri Petrochemical, di mana ditemukan kerusakan seperti korosi, bentuk yang berubah, dan pengurangan daya dukung pada tiang pancang. Analisis dilakukan dengan memakai software SAP2000 dan menggunakan metode pemodelan struktur serta beban operasi yang realistis. Hasil dari studi pertama menunjukkan bahwa jetty masih mampu menopang kapal dengan berat hingga 8000 DWT meskipun ada beberapa elemen yang mengalami kelebihan beban. Studi yang kedua menunjukkan bahwa dengan menambahkan fender dan melakukan penguatan menggunakan metode retrofit, kapasitas jetty untuk menahan kapal bisa ditingkatkan hingga 10000 DWT dengan kecepatan bersandar maksimal 0,35 m/s. Jadi, bisa disimpulkan bahwa kombinasi antara perbaikan struktural dan pengendalian operasi adalah solusi yang baik untuk menjaga performa jetty agar tetap optimal.

Kata kunci: Operasional, jetty, tiang, struktur, kerusakan.

1. PENDAHULUAN

Jetty adalah fasilitas penting untuk operasi industri petrokimia, termasuk di PT. Chandra Asri Petrochemical. Ia digunakan untuk memuat dan membongkar bahan baku dan produk. Kerusakan pada pile structure yang mendukung jetty dapat menimbulkan masalah serius bagi operasi dan keamanan.

PT. Chandra Asri adalah perusahaan petrokimia terbesar di Indonesia, dan jetty-nya sangat penting untuk kelancaran distribusi bahan baku. Namun, kerusakan pada pile structure menjadi perhatian karena dapat memengaruhi stabilitas jetty. Penyebab kerusakan bisa termasuk karat, tabrakan kapal, atau beban berlebih. Penilaian menyeluruh diperlukan, dan perangkat lunak analisis struktur seperti SAP2000 dapat digunakan untuk mengevaluasi kondisi dan merencanakan perbaikan.

Diperlukan kajian teknis menyeluruh untuk menilai struktur pile di jetty PT. Chandra Asri Petrochemical. Tujuannya untuk menemukan tingkat kerusakan, dampaknya pada stabilitas struktur, dan cara

memperbaiki atau memperkuatnya. Analisis akan dilakukan dengan software SAP2000 untuk memberikan saran teknis untuk meningkatkan keandalan jetty.

2. METODOLOGI PENELITIAN

2.1 Metode Analisis Data

Metode analisis data dilakukan untuk menilai seberapa baik kinerja struktur Jetty-C sebelum dan sesudah diperbaiki, dengan memakai software SAP2000 sebagai alat utama. Tujuan dari analisis ini adalah untuk mengetahui apakah struktur yang ada masih bisa menahan beban yang diberikan, serta seberapa besar peningkatan kinerjanya setelah diperbaiki. Proses analisis dibagi menjadi dua bagian utama, yaitu:

- a. Penilaian Kondisi yang Ada, Pemodelan struktur dilakukan berdasarkan keadaan nyata Jetty-C dengan menggunakan data tentang bentuk dan material yang ada. Beban-beban seperti beban tetap, beban yang berubah, dan beban dari lingkungan (seperti saat sandar, bertambat, arus, dan angin) dimasukkan ke dalam model. Hasil dari analisis gaya dan perubahan bentuk dibandingkan dengan kapasitas bagian struktur untuk

menilai apakah struktur yang ada masih layak.

- b. Penilaian Kondisi Setelah Perbaikan, Model struktur diperbarui sesuai dengan keadaan setelah perbaikan, termasuk perubahan ukuran atau penambahan material. Analisis dilakukan lagi untuk melihat bagaimana respons struktur setelah perbaikan. Penilaian difokuskan pada peningkatan kapasitas dan pengurangan perubahan bentuk, untuk memastikan bahwa perbaikan berhasil dalam meningkatkan keselamatan dan fungsi jetty.

2.2 Metode Pembahasan Hasil Analisis

Pembahasan hasil analisis dilakukan untuk menjawab pertanyaan penelitian yang sudah ditentukan. Tujuannya adalah untuk mengevaluasi kemampuan struktur jetty dalam kondisi saat ini dan setelah diperbaiki atau diubah. Metode diskusi dilakukan dalam dua langkah utama sebagai berikut:

- a. Evaluasi Kapasitas Jetty Saat Ini, pada langkah pertama, dilakukan penilaian terhadap gaya yang bekerja di bagian-bagian seperti tiang dan balok. Gaya dorong, momen bengkok, dan gaya geser yang muncul dianalisis dan dibandingkan dengan kemampuan yang sudah direncanakan untuk masing-masing bagian. Jika gaya yang muncul lebih besar dari kemampuan yang direncanakan, ini menunjukkan bahwa ada kemungkinan struktur akan gagal yang perlu segera ditangani demi keselamatan dan fungsi jetty. Evaluasi ini menjadi dasar untuk menjawab pertanyaan mengenai kemampuan jetty yang ada setelah mengalami kerusakan.
- b. Evaluasi Struktur Setelah Perbaikan, langkah kedua adalah menilai perubahan struktur setelah perbaikan, seperti penambahan beton. Perubahan pada bagian struktural diperiksa untuk memastikan bahwa tidak melebihi batas yang diperbolehkan agar struktur tetap dapat berfungsi dengan baik dan tidak membahayakan keselamatan pengguna. Evaluasi ini juga dilakukan untuk mengetahui berapa banyak beban kapal

yang bisa ditampung oleh jetty setelah strukturnya diperbaiki.

3. PEMBAHASAN

3.1 Analisis Data

3.1.1 Analisis Kapasitas Struktur Jetty dalam Kondisi Eksisting

- a. Perhitungan pembebanan

- 1) Beban Mati (Dead Load)

Tabel 3.1 Beban mati (Dead Load) pada jetty

No	Elemen	Dimensi / Data	Volume (m ³)	Densitas (ton/m ³)	Beban Mati (ton)
1	Slab Concrete 1	Tebal = 0,4 m, Luas = 1426,71 m ²	570,68	2,4	1.369,63
2	Slab Concrete 2	Tebal = 1,13 m, Luas = 43,29 m ²	49,78	2,4	119,47
3	Beam Besar	1,8 m x 1,5 m x 105 m	283,50	2,4	680,40
4	Beam Kecil	0,4 m x 0,4 m x 798,25 m	127,40	2,4	305,76
	Total		1.031,36		2.475,26

Sumber: Data Sheet

- 2) Beban Mati Tambahan adalah berat semua bahan di Jetty, bukan struktur utama, yang bisa bervariasi seiring waktu.

Tabel 3.2 Beban Mati Tambahan (Superimposed Dead Load)

No	Material	Elemen	Dimensi	Berat Jenis
1	Fender	Natural Rubber	4 buah	12 kN/m ³

Sumber: Data Sheet

- 3) Beban tumbukan kapal saat ini melibatkan kapal tanker minyak dan kapal logistik dengan kapasitas 10.000 DWT yang berlabuh di jetty utama. Ban truk telah dipasang untuk menahan tekanan. Analisis beban tumbukan menggunakan rumus pada SNI 1725 2016.

$$P_s = DWT^{1/2} \times 12.5V$$

Dimana:

PS = gaya tumbukan kapal (ton)

DWT = dead weight tonnage kapal (ton)

V = kecepatan sandar kapal (m/s), 0.5 m/s

$$P_s = 10000^{1/2} \times 12.5 \times 0.5$$

$$\begin{aligned} P_s &= 625 \text{ kN} \\ P_s &= 625/9,81 \\ P_s &= 64 \text{ ton} \end{aligned}$$

- 4) Beban yang diterima kapal saat berlabuh dipengaruhi oleh hembusan angin dan aliran air. Penelitian sistem berlabuh penting untuk memastikan kapasitasnya cukup menahan gaya tersebut sesuai standar OCDI.

Tabel 3.3 Standard values of Tractive forces by Ships

Gross Tonnage of Ship (t)	Tractive Force on Mooring Post (kN)	Tractive Force on Bollard (kN)
Over 200 and not more than 500	150	150
Over 500 and not more than 1,000	250	250
Over 1,000 and not more than 2,000	350	250
Over 2,000 and not more than 3,000	350	350
Over 3,000 and not more than 5,000	350	350
Gross Tonnage of Ship (t)	Tractive Force on Mooring Post (kN)	Tractive Force on Bollard (kN)
Over 5,000 and not more than 10,000	500	500
Over 10,000 and not more than 20,000	1,000	700
Over 20,000 and not more than 50,000	1,500	1,000
Over 50,000 and not more than 100,000	2,000	1,000

Sumber: OCDI

Gaya tarik pada bollard atau bitt harus sesuai standar desain. Jika informasi kapal tidak ada, perkiraan

Gross Tonnage (GT) dapat digunakan.

$$GT = DWT / 1,5$$

$$GT = 10000 / 1,5$$

$$GT = 6667 \text{ kN}$$

Dengan ukuran kapal tersebut, maka satu bollard seharusnya bisa menahan beban maksimal mencapai 500 kN atau 50 ton.

- 5) Beban Arus pada Tiang, pengiraan daya arus yang ada pada tiang jetty mengikuti formula SNI 1725 2016, seperti berikut:

$$TEF = 0,5 \times Cd \times Vs^2 \times Ad$$

Dimana :

TEF= gaya seret akibat arus (kN/m)

Cd = koefisien seret, 0.7

Vs = kecepatan arus maksimum (m/s), 0.5 m/s

Ad = luas proyeksi tiang (m²), 1.90 m²

$$TEF = 0,5 \times 1,2 \times 0,5^2 \times 8,46$$

$$TEF = 1,27 \text{ kN/9,81}$$

$$TEF = 0,13 \text{ Ton}$$

- 6) Beban Angin pada Bagian Atas (Wind Load), cara menghitung kekuatan angin pada bagian atas jetty mengikuti rumus RSNI T-02 2005, seperti ini:

$$TEW = 0,0006 \times Cw \times Vw^2 \times Ab$$

Dimana:

TEW = beban angin rencana (kN/m)

Cw = koefisien seret, 1.25

Vw = kecepatan angin maksimum (m/s), 37 m/s

Ab = tinggi proyeksi (m), 0.3 mberthing (tumbukan kapal) dan gaya mooring (tarikan tali kapal).

$$TEW = 0,0006 \times 1,25 \times 37^2 \times 8$$

$$TEW = 8,21 \text{ kN/9,81}$$

$$TEW = 0,84 \text{ ton}$$

- 7) Penggabungan beban dibagi menjadi dua jenis: beban operasional dan beban gempa. Pedoman terdapat pada Kriteria Desain Dermaga POLB 2012.

Tabel 3.4 Load Resistance Factor Design

LOAD RESISTANCE FACTOR DESIGN (LRFD) ^a									
LOAD COMBINATION FACTORS									
Case	D	L+I	E	W	BE	M	R+S+T	BU	C
I	1.20	1.60	1.60	1.60	—	—	1.20	1.20	1.20
II	0.90	—	1.60	1.60	—	—	1.20	1.00	1.20
III	1.20	1.00	1.60	1.60	1.60	—	—	1.20	1.20
IV	1.20	1.60	1.60	1.60	—	1.60	—	1.20	1.20
SERVICE LOAD DESIGN (SLD) ^b									
LOAD COMBINATION FACTORS									
Case	D	L+I	E	W	BE	M	R+S+T	BU	C
I	1.00	1.00	1.00	1.00	—	—	1.00	1.00	1.00
II	1.00	0.75	1.00	0.75	1.00	—	—	1.00	1.00
III	1.00	1.00	1.00	1.00	—	1.00	—	1.00	1.00

^a The Load Resistance Factor Design requires the strength reduction factor, ϕ , as specified in ACI-318 2006. Strength reduction factors shall follow ACI-318 (Ref. 2) for reinforced concrete design and AISC (Ref. 4) for structural steel design.
^b For the load factor of crane load, see Table 3-1.
^c Reduce load factor to 0.9 for dead load (D) to check members for minimum axial load and minimum moment.
^d Increase in allowable stress shall not be used.

Sumber: POLB

Dimana:

D = dead loads
L+I = live loads + impact load factor
E = earth pressure loads
W = wind loads, and others environmental loads (current and wave loads)
BE = berthing loads
M = mooring loads
R+S+T = creep, shrinkage, and temperature loads
BU = buoyancy loads
C = current on structure loads

Tabel 3.5 Kombinasi Layan akibat Beban Operasional

Kombinasi	Berat Sendir (DL)	Beban Mati (SDL)	Beban Hidup (LL)	Beban Tumbukan Kapal (BL)	Beban Tambat Kapal (NL)	Beban Arus & Angin (C & W)
COMB 1	1.2	1.2	—	—	—	—
COMB 2	1.2	1.2	1.6	—	—	1.6
COMB 3	1.2	1.2	1	1.6	—	1.6
COMB 4	1.2	1.2	1.6	—	1.6	1.6

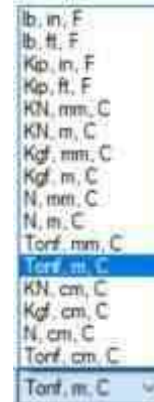
Sumber: Data Sheet

b. Proses pemodelan struktur Jetty di SAP2000 dilakukan secara teratur melalui langkah-langkah penting.

1) Membuat Model Struktur

a) Mula-mula, buka aplikasi SAP2000 dan ciptakan file yang baru.

b) Pilih satuan yang tepat, seperti kN, m, atau ton.



Gambar 3.1 Menentukan satuan

Sumber: Olahan Penelitian

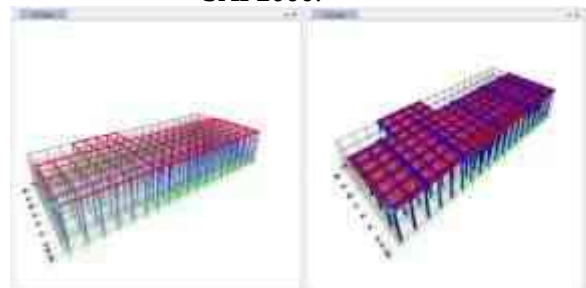
c) Mendefinisikan grid dan layout struktur berdasarkan gambar teknis.



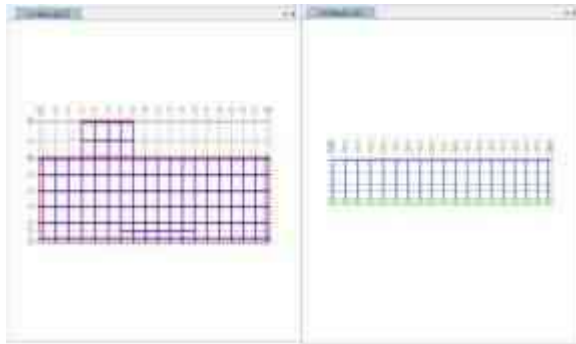
Gambar 3.2 Menentukan grid dan layout

Sumber: Olahan Penelitian

d) Untuk membuat bagian-bagian bangunan seperti lantai, balok, tiang beton, dan tiang baja, gunakan perintah Draw Frame Elements untuk elemen garis dan Draw Area Elements untuk elemen bidang dalam model SAP2000.



Gambar 3.3 Geometri Jetty
Sumber: Olahan Penelitian



Gambar 3.4 Geometri Tiang Jetty dan Plat lantai Jetty
Sumber: Olahan Penelitian

- c. Menentukan Jenis Material
1. Masuk ke menu Definisikan → Material, lalu pilih jenis material seperti beton dan baja sesuai dengan standar yang berlaku.

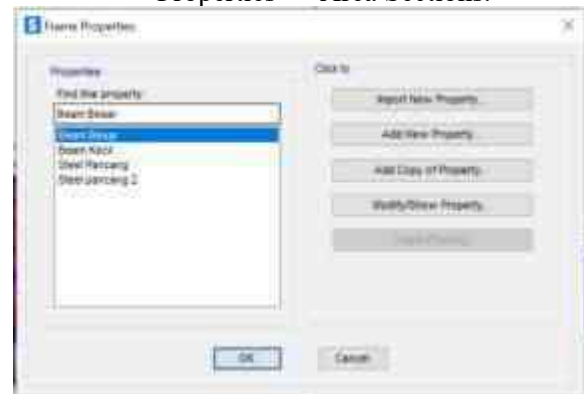


Gambar 3.5 Materials concrete
Sumber: Olahan Penelitian

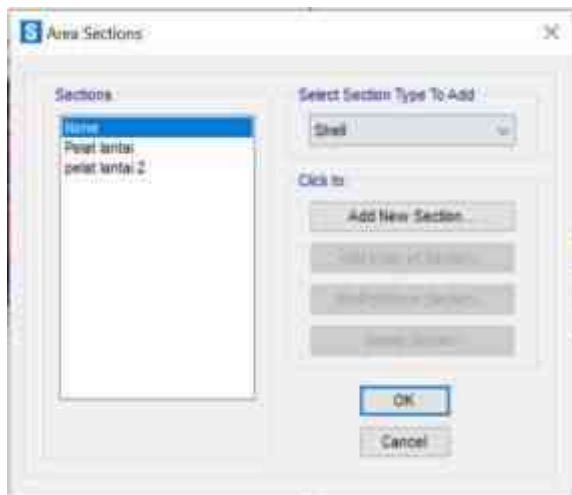


Gambar 3.6 Materials Steel
Sumber: Olahan Penelitian

2. Pergilah ke Define → Section Properties → Frame Sections untuk menentukan bentuk elemen struktur seperti balok dan tiang. Untuk pelat lantai, pergi ke Define → Section Properties → Area Sections.

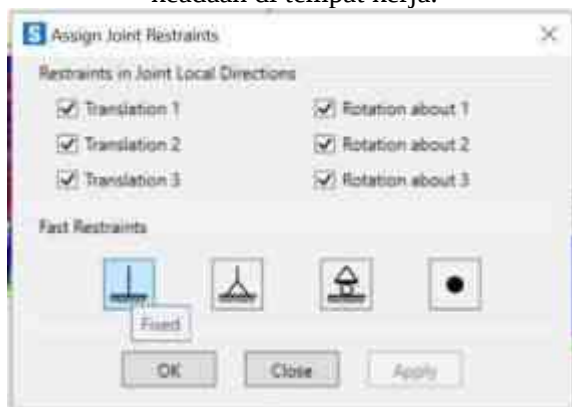


Gambar 3.7 Frame Section
Sumber: Olahan Penelitian



Gambar 3.8 Area Section
Sumber: Olahan Penelitian

3. Mengatur keadaan peletakan, gunakan Assign → Joint Restraints untuk menentukan peletakan jepit penuh atau sendi sesuai dengan keadaan di tempat kerja.



Gambar 3.9 Joint Restraints
Sumber: Olahan Penelitian

4. Mengatur beban pada struktur Jetty, buka menu Define → Load Patterns untuk menjelaskan berbagai jenis beban yang akan mempengaruhi struktur jetty, seperti:
 - a) Beban Mati (berat sendiri dan beban yang tidak bergerak)
 - b) Beban Mati Tambahan (fender, pelat tambahan, dan lain-lain)
 - c) Beban Operasional (berlabuh, mengikat, arus, angin, beban dari crane atau orang)

- d) Beban Seismik (gempa dari arah X dan Y)



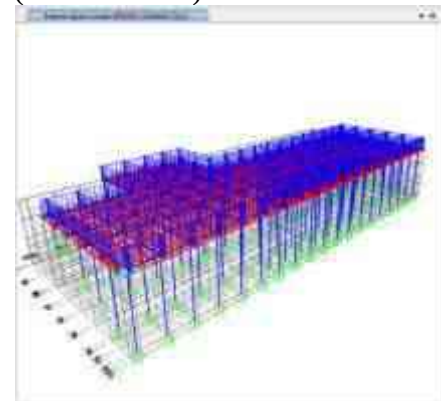
Gambar 3.10 Define Load Patterns
Sumber: Olahan Penelitian

5. Setelah semua beban ditentukan, kamu bisa membuat kombinasi pembebanan dengan cara memilih Define → Load Combinations.



Gambar 3.11 Load Combinations
Sumber: Olahan Penelitian

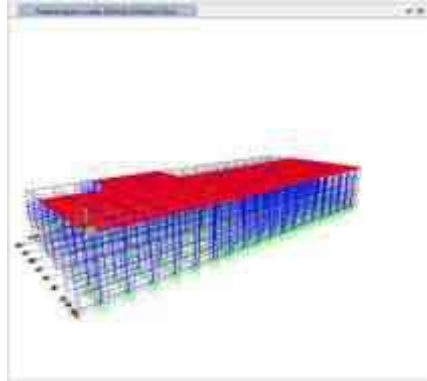
- d. Input Pembebanan ke dalam Model
 1. Beban Merata (Uniform Load), untuk Balok/Tiang, Beban Merata (Uniform Load)



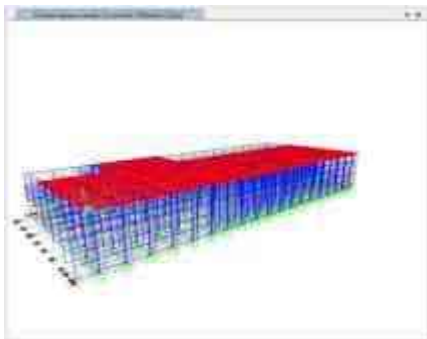
Gambar 3.12 Beban Merata untuk DL dan LL
Sumber: Olahan Penelitian

Untuk Balok atau Tiang: Beban mati yang merata, beban dari crane, beban angin, dan beban arus bisa

dimasukkan dengan cara memilih elemen frame (balok atau tiang), kemudian klik Assign → Frame Loads → Distributed.

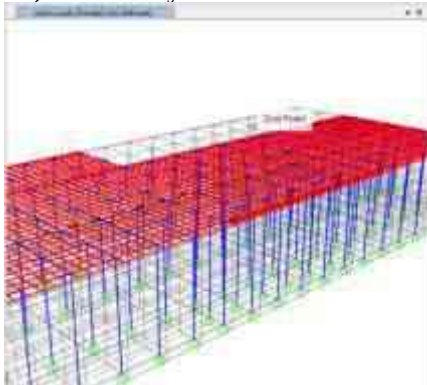


Gambar 3.13 Beban Angin
Sumber: Olahan Penelitian

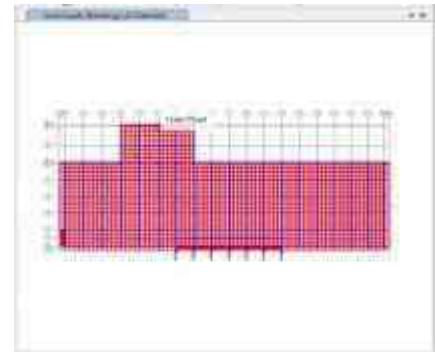


Gambar 3.14 Beban arus
Sumber: Olahan Penelitian

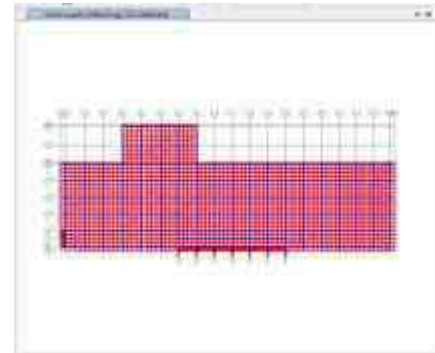
2. Beban Titik di Node (Beban Sambungan), beban yang termasuk dalam kategori ini adalah Rubber Fender, Beban Berlabuh, dan Gaya Tumbukan Kapal. Masukkan arah gaya yang diperlukan (Fx, Fy, atau Fz) dan nilainya dalam satuan ton.



Gambar 3.15 Beban Fender
Sumber: Olahan Penelitian

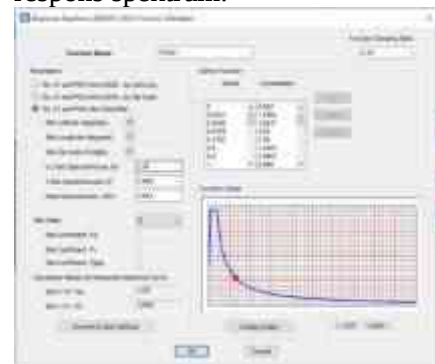


Gambar 3.16 Beban Berthing
Sumber: Olahan Penelitian



Gambar 3.17 Beban Mooring
Sumber: Olahan Penelitian

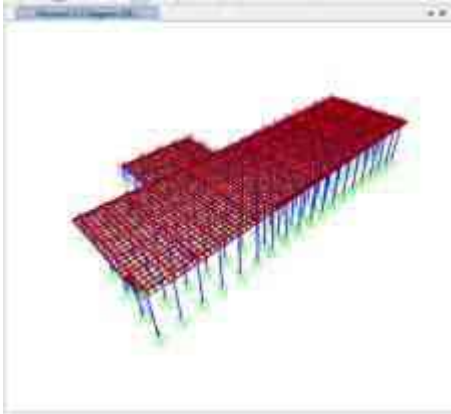
3. Beban Gempa (Seismic Load) dapat dimasukkan dalam pola beban dengan jenis Seismic. Ini bisa dilakukan menggunakan metode analisis statik ekuivalen atau respons spektrum.



Gambar 3.18 Seismic Load
Sumber: Olahan Penelitian

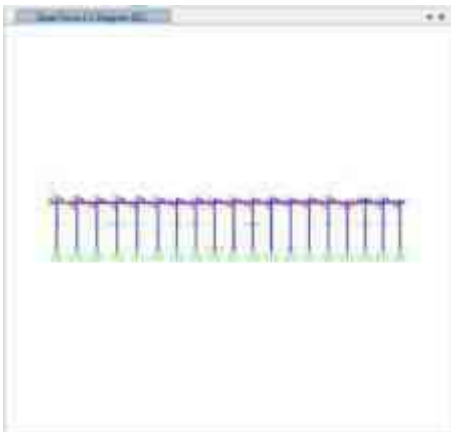
- e. Analisis Gaya Dalam (Aksial, Momen, Geser)

Ini adalah cara yang digunakan dalam aksial, momen, dan geser saat membuat model jetty utama:



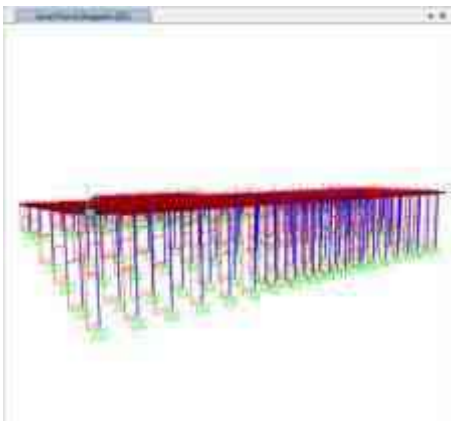
Gambar 3.19 Gaya Momen Ultimit Jetty

Sumber: Olahan Penelitian



Gambar 3.20 Gaya Geser Ultimit pada Jetty

Sumber: Olahan Penelitian



Gambar 3.21 Gaya Aksial Ultimit Jetty

Sumber: Olahan Penelitian

Nilai-nilai ini didapat dari hasil keluaran perangkat lunak yang menganalisis struktur dan menghitung kapasitas izin, yang disajikan dalam tabel.

Berikut Perhitungan Kapasitas Pipa Baja:

Data Input:

Diameter luar pipa (D) = 0,6 m

Tebal pipa (t) = 0,005 m

Fy (Tegangan leleh baja) = 245 MPa = 245000 kN/m²

Perhitungan:

Diameter dalam (d) = D - 2t = 0,6 - 2×0,005 = 0,59 m

Luas penampang (A) = $\pi/4 \times (D^2 - d^2)$
= $\pi/4 \times (0,6^2 - 0,59^2)$ = 0,0093415 m²

Momen penampang (Z) = $\pi/32 \times ((D^4 - d^4)/(D/2))$
= $\pi/32 \times ((0,6^4 - 0,59^4)/(0,6/2))$
= 0,002756132 m³

Pmax (Pn) = Fy × A
= 245000 × 0,0093415
= 2288,6675 kN/9,81
= 233,3 tonf

Vmax (Vn) = 0,6 × Fy × A
= 0,6 × 245000 × 0,0093415
= 1373,20 kN/9,81
= 139,9 tonf

Mmax (Mn) = Fy × Z
= 245000 × 0,002756132
= 675,2522736 kNm/9,81
= 68,83 tonf-m

Hasil analisis menunjukkan bahwa nilai tertinggi dari gaya-gaya dalam yang bekerja pada elemen struktur adalah:

1. Gaya aksial maksimum (Pmax) = 109,55 tonf
2. Gaya geser maksimum (Vmax) = 57,93 tonf
3. Momen lentur maksimum (Mmax) = 66,83 tonf-m

Tabel 3.6 Gaya Dalam yang Bekerja pada Elemen Struktur

Gaya/Momen	Nilai Maksimum	Kapasitas (Ijin)	Ket
$M_{max} < M_n$	66,83 tonf-m	68,83 tonf-m	OK
$P_{max} < P_n$	109,55 tonf	233,3 tonf	OK
$V_{max} < V_n$	57,93 tonf	139,9 tonf	OK

Sumber: Olahan Penelitian

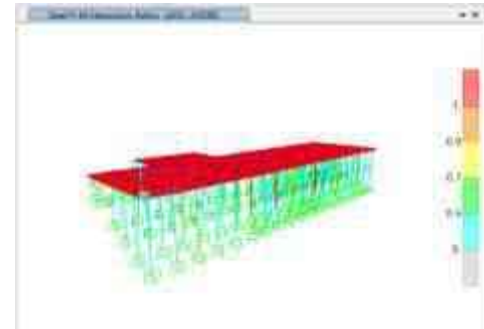
- f. Analisis Rasio Tegangan Steel pile Pemeriksaan dilakukan pada elemen tiang pancang baja untuk mengetahui seberapa baik tiang tersebut berfungsi ketika menghadapi kombinasi gaya aksial dan momen lentur. Dari analisis yang dilakukan, ditemukan beberapa elemen yang memiliki nilai rasio interaksi P-M lebih dari 1.0.

Tabel 3.7 Hasil Analisis Elemen Nilai Rasio Steel pile

No	ID Elemen	Nama	Jenis Elemen	Status	Rasio Interaksi
1	48	Steel Pancang	Kolom	Overstressed	1,048846
2	73	Steel Pancang	Kolom	Overstressed	1,004983
3	101	Steel Pancang	Kolom	Overstressed	1,006233
4	119	Steel Pancang	Kolom	Overstressed	1,019772
5	20	Steel Pancang 2	Kolom	Overstressed	1,861814
6	25	Steel Pancang 2	Kolom	Overstressed	1,849908
7	29	Steel Pancang 2	Kolom	Overstressed	1,876515

Sumber: Olahan Penelitian

Gambar 3.22 di bawah ini menunjukkan hasil pemeriksaan rasio interaksi, di mana warna merah menunjukkan elemen yang mengalami overstress (rasio > 1.0) dan tidak aman terhadap beban yang ada.



Gambar 3.22 Rasio Interaksi
Sumber: Olahan Penelitian



Gambar 3.23 Rasio Interaksi Pile (20, 25, 29)
Sumber: Olahan Penelitian



Gambar 3.24 Rasio Interaksi Pile (26, 48, 73, 101, 119)
Sumber: Olahan Penelitian

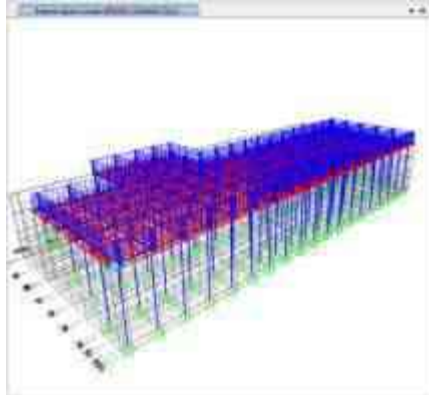
Temuan ini menunjukkan bahwa dalam kondisi saat ini, struktur jetty tidak dapat dengan aman menahan beban maksimum dari kapal. Untuk mengetahui batas kapasitas yang masih aman, dilakukan analisis secara bertahap dengan berbagai variasi beban yang mengacu pada kapasitas Deadweight Tonnage (DWT) kapal.

8.000 DWT ditentukan sebagai batas aman untuk operasi, agar tidak terjadi kerusakan pada struktur karena beban yang berlebihan.

3.1.2 Analisis Kapasitas Struktur Jetty setelah Perbaikan (Retrofit)

a. Input Pembebanan ke dalam Model

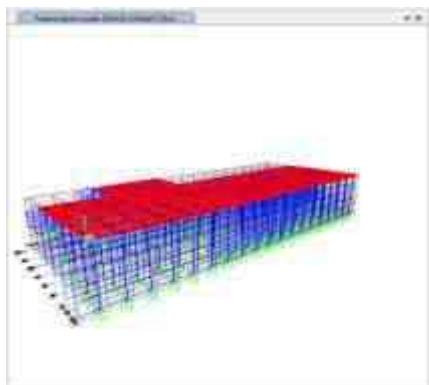
1. Beban Merata (Uniform Load), untuk Balok/Tiang, Beban Merata (Uniform Load)



Gambar 3.25 Beban Merata untuk DL dan LL

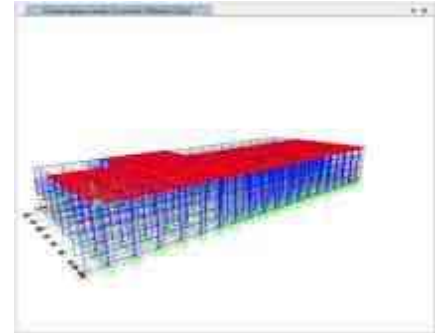
Sumber: Olahan Penelitian

Untuk Balok atau Tiang: Beban tetap yang merata, beban dari crane, angin, dan arus bisa ditambahkan dengan memilih elemen seperti balok atau tiang. Klik Assign, pilih Frame Loads, lalu Distributed. Pilih pola beban yang diinginkan, seperti Beban Mati, Crane, Angin, atau Arus. Arah beban biasanya Z negatif untuk beban vertikal, dan X atau Y untuk beban angin dan arus.



Gambar 3.26 Beban Angin

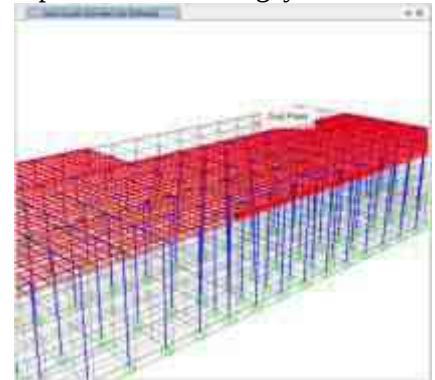
Sumber: Olahan Penelitian



Gambar 3.27 Beban arus

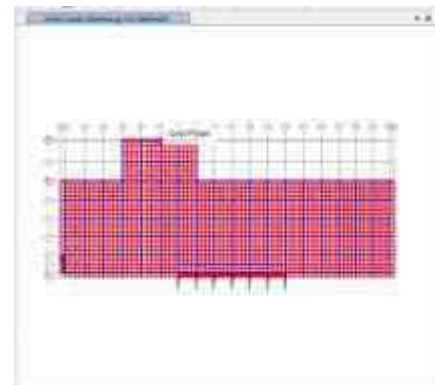
Sumber: Olahan Penelitian

2. Beban titik di node meliputi Rubber Fender, Beban Mooring, dan gaya tumbukan kapal. Untuk menginput, pilih titik sambungan, klik Assign → Joint Loads → Forces, masukkan arah gaya dan nilainya dalam ton, seperti 64 ton untuk gaya tumbukan.



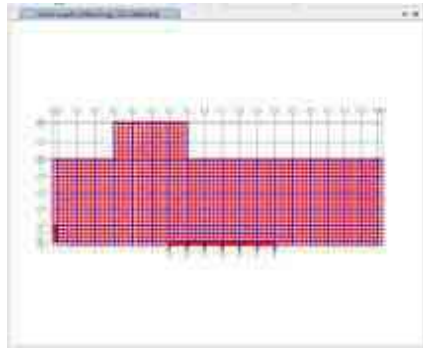
Gambar 3.28 Beban Fender

Sumber: Olahan Penelitian



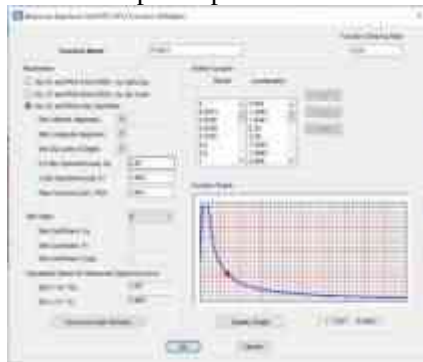
Gambar 3.29 Beban Berthing

Sumber: Olahan Penelitian



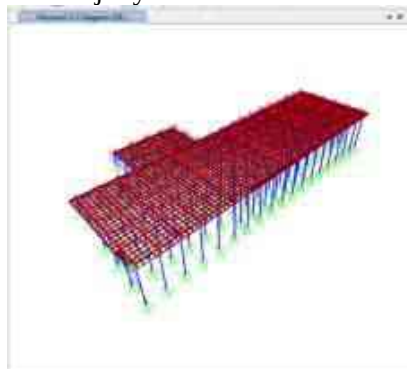
Gambar 3.30 Beban Mooring
Sumber: Olahan Penelitian

3. Beban Gempa, Beban gempa bisa ditambahkan melalui Pola Beban dengan tipe Seismik menggunakan cara analisis statik yang setara atau analisis respons spektrum.

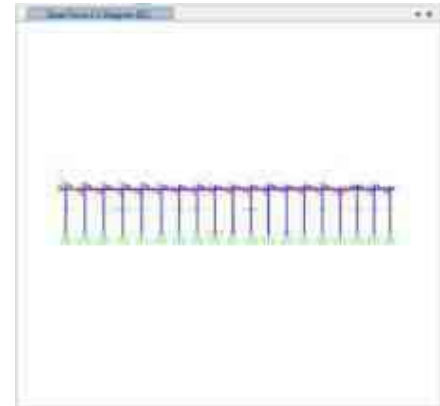


Gambar 3.31 Seismic Load
Sumber: Olahan Penelitian

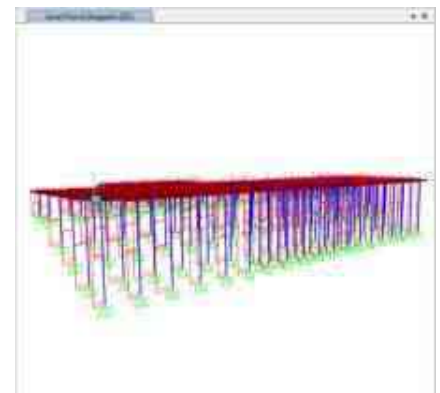
- b. Analisis Gaya Dalam (Aksial, Momen, Geser)
Di bawah ini adalah gaya dalam aksial, momen, dan geser yang terdapat pada pemodelan jetty utama:



Gambar 3.32 Gaya Momen Ultimit Jetty
Sumber: Olahan Penelitian



Gambar 3.33 Gaya Geser Ultimit pada Jetty
Sumber: Olahan Penelitian



Gambar 3.34 Gaya Aksial Ultimit Jetty
Sumber: Olahan Penelitian

Hasil analisis struktur menunjukkan gaya aksial, gaya geser, dan momen lentur pada elemen struktur akibat beban. Data kapasitas pipa baja ditampilkan dalam tabel.

Ini adalah Perhitungan Kapasitas Pipa Baja:

Data Input:

Diameter luar pipa (D) = 0,6 m

Tebal pipa (t) = 0,005 m

Fy (Tegangan leleh baja) = 245 MPa = 245000 kN/m²

Perhitungan:

Diameter dalam (d) = $D - 2t = 0,6 - 2 \times 0,005 = 0,59$ m

Luas penampang (A) = $\pi/4 \times (D^2 - d^2)$

$$= \pi/4 \times (0,6^2 - 0,59^2) = 0,0093415 \text{ m}^2$$

$$\begin{aligned} \text{Momen penampang (Z)} &= \pi/32 \times ((D^4 - d^4)/(D/2)) \\ &= \pi/32 \times ((0,6^4 - 0,59^4)/(0,6/2)) \\ &= 0,002756132 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P_{\max} (P_n) &= F_y \times A \\ &= 245000 \times 0,0093415 \\ &= 2288,6675 \text{ kN/9,81} \\ &= 233,3 \text{ tonf} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_{\max} (V_n) &= 0,6 \times F_y \times A \\ &= 0,6 \times 245000 \times 0,0093415 \\ &= 1373,20 \text{ kN/9,81} \\ &= 139,9 \text{ tonf} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{\max} (M_n) &= F_y \times Z \\ &= 245000 \times 0,002756132 \\ &= 675,2522736 \text{ kNm/9,81} \\ &= 68,83 \text{ tonf-m} \end{aligned}$$

Hasil pemeriksaan mengungkapkan angka tertinggi dari gaya-gaya dalam yang berpengaruh pada bagian struktur, yaitu:

1. Gaya aksial tertinggi ($P_{\max}$) = 109,55 tonf
2. Gaya geser tertinggi ($V_{\max}$) = 57,93 tonf
3. Momen lentur tertinggi ($M_{\max}$) = 66,83 tonf-m

Tabel 3.8 Gaya Dalam yang Bekerja pada Elemen Struktur

Gaya/Momen	Nilai Maksimum	Kapasitas (Ijin)	Ket
$M_{\max} < M_n$	64,99 tonf-m	68,83 tonf-m	OK
$P_{\max} < P_n$	109,98 tonf	233,3 tonf	OK
$V_{\max} < V_n$	55,373 tonf	139,9 tonf	OK

Sumber: Olahan Penelitian

- c. Analisis Rasio Tegangan Steel pile
Analisis rasio tegangan tiang pancang baja menunjukkan bahwa semua bagian aman, dengan nilai rasio di bawah 1,0 setelah perbaikan struktur.

3.2 Pembahasan Hasil Analisis

3.2.1 Evaluasi Kapasitas Jetty dalam Kondisi Eksisting

Pemeriksaan terhadap keadaan struktur jetty yang ada saat ini menunjukkan bahwa tiang pondasi tidak cukup kuat untuk menahan beban kapal terbesar yang ada. Hal ini berpotensi menyebabkan tiang pondasi mengalami stres berlebihan.

Analisis dilakukan dengan memperhitungkan kapal yang memiliki kapasitas 8.000 DWT. Hasil pemeriksaan menunjukkan bahwa gaya internal dalam struktur serta kemampuan tiang umumnya masih dalam batas aman. Namun, ada tiga tiang yang sebelumnya rusak dan menunjukkan rasio pemakaian lebih dari 1. Oleh karena itu, jetty masih bisa digunakan untuk kapal hingga 8.000 DWT, dengan catatan harus ada pengawasan dan pemeriksaan lebih lanjut terhadap bagian yang penting. Hasil analisis juga menunjukkan nilai maksimum dari gaya yang bekerja pada elemen struktur, yaitu:

Tabel 3.9 Gaya Dalam yang Bekerja pada Elemen Struktur

Gaya/Momen	Nilai Maksimum	Kapasitas (Ijin)	Ket
$M_{\max} < M_n$	59,54 tonf-m	68,83 tonf-m	OK
$P_{\max} < P_n$	109,97 tonf	233,3 tonf	OK
$V_{\max} < V_n$	59,54 tonf	139,9 tonf	OK

Sumber: Olahan Penelitian

Hasil pemeriksaan menunjukkan bahwa walaupun beberapa bagian tiang mengalami tekanan yang berlebihan, kekuatan bangunan masih cukup untuk menahan beban itu, tanpa harus ditambah dengan penguatan lainnya. Perbandingan kapasitas struktural tetap terjaga.

Tabel 3.10 Hasil Analisis Elemen Nilai Rasio Steel pile

No.	ID Elemen	Nama	Rasio Interaksi
1	20	Steel Pancang 2	1,861814
2	25	Steel Pancang 2	1,849908
3	29	Steel Pancang 2	1,876515

Sumber: Olahan Penelitian

3.2.2 Evaluasi Kapasitas Jetty setelah Perbaikan (Retrofit)

Mengkaji dampak dari pemasangan fender di bagian depan dan perbaikan

struktur melalui retrofit pada elemen tiang baja terhadap kemampuan jetty untuk mendukung beban kapal yang memiliki kapasitas 10.000 DWT.

Hasil kajian menunjukkan bahwa nilai tertinggi dari gaya-gaya yang ada (momen lentur, gaya aksial, dan gaya geser) yang terjadi pada elemen struktur masih berada di bawah batas aman yang diizinkan untuk struktur tersebut, yaitu:

Tabel 3.11 Gaya Dalam yang Bekerja pada Elemen Struktur

Gaya/Momen	Nilai Maksimum	Kapasitas (Ijin)	Ket
$M_{max} < M_n$	64,99 tonf-m	68,83 tonf-m	OK
$P_{max} < P_n$	109,98 tonf	233,3 tonf	OK
$V_{max} < V_n$	55,373 tonf	139,9 tonf	OK

Sumber: Olahan Penelitian

Perbaikan yang sudah dilakukan terbukti berhasil dalam mengurangi rasio interaksi pada elemen steel pile yang sebelumnya mengalami tekanan berlebihan. Setelah fender dipasang dan perbaikan struktur dilakukan, angka rasio interaksi menunjukkan penurunan yang cukup besar.

Tabel 3.12 Hasil Analisis Elemen Nilai Rasio Steel pile

No.	ID Elemen	Nama	Rasio Interaksi
1	48	Steel Pancang	0,959881
2	73	Steel Pancang	0,96496
3	101	Steel Pancang	0,976961
4	119	Steel Pancang	0,963102
5	20	Steel Pancang 2	0,5357
6	25	Steel Pancang 2	0,5360
7	29	Steel Pancang 2	0,5397

Sumber: Olahan Penelitian

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan pemeriksaan struktur jetty terkait beban kapal, kita bisa menarik beberapa kesimpulan berikut:

- Dalam keadaan saat ini, gaya-gaya dalam seperti momen lentur, gaya aksial, dan gaya geser belum melebihi batas aman struktur. Dengan situasi ini, jetty masih dapat digunakan untuk kapal dengan kapasitas hingga 8.000 DWT. Diperkirakan jetty ini masih bisa

berfungsi dengan baik selama lima tahun ke depan sebelum perlu ada perbaikan atau penguatan lebih lanjut.

- Setelah dilakukan perbaikan, analisis menunjukkan bahwa dengan memasang fender di bagian depan jetty, ditambah menggunakan metode retrofit dan mengontrol kecepatan kapal saat bersandar, bisa mengurangi nilai rasio interaksi pada bagian struktur. Perbaikan ini terbukti efektif dalam meningkatkan kapasitas jetty sehingga mampu melayani kapal hingga 10.000 DWT dengan aman.

5. DAFTAR PUSTAKA

Kusuma, D. (2014). Penentuan jenis jetty berdasarkan faktor seperti topografi, kedalaman, dan kondisi hidro-oseanografi. Institut Teknologi Bandung.

Badan Standardisasi Nasional. (2016). SNI 1725:2016 – Beban minimum untuk perancangan jembatan. Jakarta: BSN

Overseas Coastal Area Development Institute of Japan. (2020). Technical standards and commentaries for port and harbor facilities in Japan. Tokyo: OCIDI.

Port of Long Beach. (2012). Wharf design criteria. California: POLB Engineering Division.

Badan Standardisasi Nasional. (2005). RSNI T-02-2005: Standar pembebanan untuk jembatan jalan raya. Jakarta: BSN.

EVALUASI KINERJA PROYEK MENGGUNAKAN METODE EARNED VALUE PADA PEMBANGUNAN GEDUNG BERTINGKAT PROYEK APARTMENT THE BELTON RESIDENCES DI JAKARTA

Ike Oktaviani

Program Studi Teknik Sipil, FTSP, Institut Teknologi Budi Utomo Jakarta
ikeoktaviani21@gmail.com

Abstrak

Seiring meningkatnya proyek konstruksi, terutama pada pembangunan gedung bertingkat, kebutuhan akan metode evaluasi kinerja yang objektif dan terukur menjadi sangat penting, metode earned value merupakan salah satu metode yang telah terbukti efektif dalam mengevaluasi kinerja proyek dari sisi waktu dan biaya secara simultan. Dengan menggunakan earned value, pengelola proyek dapat mengetahui apakah proyek berjalan sesuai rencana atau mengalami deviasi, baik terhadap jadwal maupun anggaran, isu keterlambatan proyek dan pembengkakan biaya menjadi semakin relevan untuk dianalisis, mengingat tekanan yang tinggi terhadap penyelesaian proyek tepat waktu dan efisien, khususnya di lingkungan perkotaan seperti Jakarta. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kinerja biaya dan waktu proyek konstruksi menggunakan metode Earned Value Management (EVM) serta mengidentifikasi faktor-faktor yang memengaruhi pelaksanaan proyek berdasarkan kuesioner. Metode EVM digunakan untuk mengevaluasi kinerja proyek melalui perbandingan antara rencana, realisasi, dan nilai hasil pekerjaan. Selain itu, data primer diperoleh melalui penyebaran kuesioner kepada responden yang memiliki pengalaman di bidang konstruksi untuk mengetahui persepsi terhadap faktor-faktor yang berpengaruh terhadap pelaksanaan proyek. Hasil analisis menunjukkan bahwa metode EVM dapat digunakan sebagai alat pengendalian kinerja proyek, sementara hasil kuesioner mengidentifikasi faktor-faktor utama yang memengaruhi pelaksanaan proyek. Penelitian ini diharapkan dapat menjadi bahan evaluasi dan acuan dalam meningkatkan pengendalian biaya dan waktu pada proyek konstruksi sejenis.

Kata kunci : *Earned Value Management*, Biaya Proyek, Waktu Proyek, Kinerja Proyek, Pengendalian Konstruksi, Kuesioner

1. PENDAHULUAN

Dalam dunia konstruksi, keberhasilan suatu proyek sangat bergantung pada tiga faktor utama, yaitu waktu, biaya, dan mutu, ketiga aspek tersebut harus dikelola secara seimbang untuk memastikan bahwa proyek berjalan sesuai dengan rencana yang telah ditetapkan dalam praktiknya, proyek konstruksi sering mengalami keterlambatan dan pembengkakan biaya yang cukup signifikan, hal ini dapat berdampak pada menurunnya efisiensi pelaksanaan proyek serta kerugian finansial, baik bagi kontraktor maupun pemilik proyek oleh karena itu, dibutuhkan sistem pengendalian proyek yang mampu memberikan informasi akurat mengenai kinerja proyek secara menyeluruh. (Soeharto, 2020).

Seiring meningkatnya proyek konstruksi, terutama pada pembangunan gedung bertingkat, kebutuhan akan metode evaluasi kinerja yang objektif dan terukur menjadi sangat penting, metode earned value merupakan salah satu metode yang telah terbukti efektif dalam mengevaluasi kinerja proyek dari sisi waktu dan biaya secara simultan. (Wulfram, 2021).

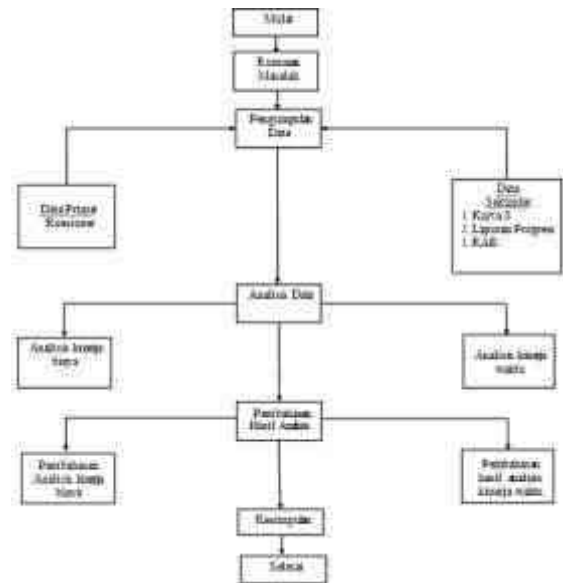
Dengan menggunakan earned value, pengelola proyek dapat mengetahui apakah proyek berjalan sesuai rencana atau mengalami deviasi, baik terhadap jadwal maupun anggaran, isu keterlambatan proyek dan pembengkakan biaya menjadi semakin relevan untuk dianalisis, mengingat tekanan yang tinggi terhadap penyelesaian proyek tepat waktu dan efisien, khususnya di lingkungan perkotaan seperti Jakarta.

Penelitian ini akan difokuskan pada proyek pembangunan gedung bertingkat Apartment The Belton Residences yang berlokasi di Jakarta, dengan tujuan untuk mengevaluasi kinerja proyek dari sisi waktu dan biaya menggunakan metode earned value, melalui pendekatan ini, diharapkan dapat diperoleh gambaran yang lebih jelas mengenai efisiensi pelaksanaan proyek, serta memberikan masukan dan rekomendasi untuk perbaikan pengendalian proyek di masa mendatang, evaluasi ini juga akan memperkuat pemahaman terhadap pentingnya penerapan metode earned value dalam proyek-proyek berskala besar dan kompleks. (Widiasanti & Lengogeni, 2021).

2. METODOLOGI

Jenis penelitian yang dilakukan menggunakan penelitian evaluasi yaitu jenis penelitian dengan melakukan kajian terhadap penelitian suatu hasil atau penyelesaian masalah pada kondisi yang telah selesai dilaksanakan. Variabel utama penelitian ini melakukan evaluasi terhadap kinerja proyek berdasarkan data numerik biaya, waktu, dan progres pekerjaan. sehingga dapat memberikan gambaran menyeluruh mengenai tingkat efektivitas serta efisiensi pelaksanaan proyek. Metodologi yang digunakan adalah penelitian evaluasi kinerja terhadap variabel, biaya dan waktu dengan menerapkan metode Earned Value yang berfungsi sebagai alat analisis terpadu untuk menilai sejauh mana proyek telah mencapai. Kerangka pemikiran merupakan dasar alur berpikir yang digunakan peneliti dalam menyusun dan melaksanakan penelitian, kerangka ini disusun berdasarkan hasil kajian kepustakaan, penelitian terdahulu, teori yang relevan, serta observasi awal di lapangan, proses dimulai dengan perumusan masalah, yaitu mengidentifikasi persoalan yang terjadi pada proyek Apartemen The Belton Residences yang menjadi fokus penelitian. Setelah masalah dirumuskan dengan jelas, dilakukan pengumpulan data, baik data primer dan data sekunder. Data yang telah terkumpul kemudian diolah dan dianalisis menggunakan metode atau pendekatan yang sesuai, sehingga dapat memberikan gambaran mengenai kinerja proyek khususnya terkait aspek waktu, biaya, hasil analisis tersebut selanjutnya dilakukan evaluasi.

Pada bagian akhir, disajikan dalam bentuk kerangka atau skema kerangka pemikiran yang menggambarkan hubungan logis antara identifikasi masalah



Gambar 1. Kerangka Pemikiran
Sumber : Analisis Mandiri (2025)

Metode Analisis Data

a. Metode Analisis Terhadap Kinerja Biaya dan Alternatif Penyelesaiannya

Analisis dan pengolahan data yang akan dilakukan adalah analisis kuantitatif terhadap kinerja biaya pada proyek Apartment The Belton Residences.

1. Budget at Completion

Budget at Completion adalah jumlah total anggaran yang telah direncanakan atau dianggarkan untuk menyelesaikan seluruh pekerjaan dalam suatu proyek. Ini merupakan estimasi biaya total proyek berdasarkan perencanaan awal, sebelum proyek dimulai atau saat baseline anggaran ditetapkan.

2. Actual Cost

Actual Cost (AC) adalah total biaya yang benar-benar telah dikeluarkan untuk menyelesaikan pekerjaan proyek pada suatu titik waktu tertentu.

3. Planned Value

Planned Value (PV) adalah nilai anggaran yang telah direncanakan untuk pekerjaan yang seharusnya telah diselesaikan pada suatu titik waktu tertentu berdasarkan jadwal pelaksanaan proyek, besarnya biaya yang dialokasikan sesuai dengan rencana awal

untuk volume pekerjaan yang direncanakan selesai hingga periode evaluasi.

4. Earned Value
5. Cost Variance
6. Cost Performance Index
7. Estimate To Completion (ETC)
8. Estimate At Completion (EAC)

b. Metode Analisis Terhadap Kinerja Waktu dan Alternatif Penyelesaiannya

1. Schedule Performance Index

Schedule Performance Index (SPI) adalah ukuran efisiensi jadwal proyek yang menunjukkan apakah proyek sedang tepat waktu, tertunda, atau lebih cepat dari jadwal, apabila nilai SPI lebih besar dari satu ($SPI > 1$), maka proyek menunjukkan kinerja jadwal yang lebih cepat dari rencana. Sebaliknya, apabila nilai SPI kurang dari satu ($SPI < 1$), proyek mengalami keterlambatan terhadap jadwal yang telah ditetapkan, maka proyek mengalami keterlambatan karena volume pekerjaan yang terealisasi lebih kecil dibandingkan dengan rencana

2. Schedule Variance

Schedule Variance (SV) adalah selisih antara nilai pekerjaan yang telah diselesaikan (EV) dengan nilai pekerjaan yang seharusnya sudah diselesaikan (PV) pada titik waktu tertentu, nilai SV menunjukkan apakah pelaksanaan proyek berjalan sesuai dengan jadwal yang telah ditetapkan atau mengalami keterlambatan maupun percepatan, apabila nilai SV bernilai positif ($SV > 0$), maka proyek berada lebih cepat dari jadwal rencana, yang menandakan bahwa progres pekerjaan yang dicapai melebihi rencana

3. Time Estimate (TE)

Time Estimate (TE) merupakan indikator yang digunakan untuk memperkirakan total waktu yang dibutuhkan hingga proyek dapat diselesaikan secara keseluruhan, analisis Time Estimate dilakukan dengan menghitung estimasi waktu penyelesaian proyek berdasarkan kinerja jadwal yang telah dicapai sampai dengan periode evaluasi tertentu.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Hasil Analisis Terhadap Kinerja Biaya dan Alternatif Penyelesaiannya

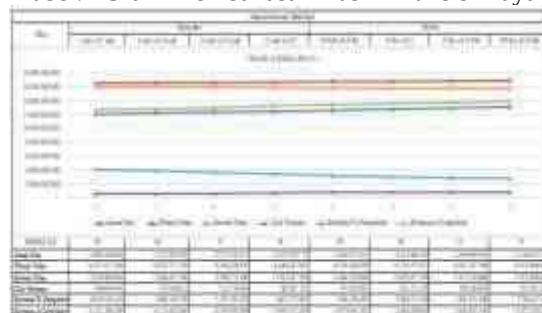
Berdasarkan pembahasan hasil perkembangan proyek pada minggu ke-85 hingga minggu ke-92, proyek efisien biaya,

ditunjukkan oleh nilai Actual Cost (AC) yang selalu lebih rendah dari Earned Value (EV), sehingga menghasilkan Cost Variance (CV) positif setiap minggu dengan rentang Rp549.049.955 – Rp827.647.251, karena EV selalu berada di bawah Planned Value (PV) dengan selisih antara Rp3,83 miliar minggu 85 hingga Rp2,95 miliar minggu 92, pengelolaan biaya dapat dinilai efektif dan tidak menunjukkan potensi pembengkakan anggaran.

Selisih ini menunjukkan bahwa meskipun terjadi perbaikan dari waktu ke waktu, progres fisik proyek tetap belum berhasil mengejar ketertinggalan jadwal yang telah ditetapkan, proyek berjalan lebih lambat dari rencana awal.

kinerja waktu belum sepenuhnya sesuai jadwal, kondisi ini menunjukkan bahwa meskipun proyek masih mengalami deviasi terhadap jadwal rencana, berikut hasil analisis dalam bentuk berupa grafik:

Tabel.1 Grafik Pembahasan Hasil Analisis Biaya



Sumber: Olahan Penelitian

Berikut hasil analisis alternatif penyelesaian yang disusun berdasarkan hasil kuesioner serta analisis data perhitungan penelitian yang telah dilakukan. Hasil analisis ini merupakan bentuk sintesis dari persepsi responden dan hasil pengolahan data, yang bertujuan untuk memberikan gambaran mengenai langkah-langkah penyelesaian yang dapat diterapkan guna mengatasi permasalahan yang muncul dalam pelaksanaan proyek, sebagaimana diuraikan sebagai berikut:

Tabel 2. Rekap Hasil Alternatif Penyelesaian

No	Faktor yang Diidentifikasi	Permasalahan Utama	Alternatif Penyelesaian
1	Pemilihan Pengadaan Material	Pemilihan pengadaan material belum terintegrasi dengan jadwal pelaksanaan agar tidak ada hambatan proses dapat dilakukan	Mengajukan permohonan pengadaan material yang telah detail dan terintegrasi dengan jadwal pelaksanaan agar tidak ada hambatan proses dapat dilakukan
2	Manajemen Persediaan Material	Ketersediaan material di lapangan belum sesuai dengan kebutuhan pekerjaan	Meningkatkan manajemen persediaan material di lapangan untuk memastikan material tersedia tepat waktu dan sesuai kebutuhan
3	Dokumentasi Kontrol dan Kualitas Kerja	Ketersediaan dokumen kontrol serta kualitas kerja	Meningkatkan kejelasan dan kelengkapan dokumen kontrol serta kualitas kerja yang dapat menunjang jadwal pelaksanaan

Sumber: Olahan Penelitian

2. Hasil Analisis Kinerja Terhadap Waktu dan Alternatif Penyelesaiannya

Berdasarkan data kinerja proyek menunjukkan secara konsisten telah terlambat, terbukti dengan nilai SV yang tetap negatif dari rencana awal, sedangkan sebesar -3,8 miliar di minggu 85 dan hanya diperbaiki ke -2,9 miliar di minggu 92, meskipun ini merupakan perbaikan sebesar Rp. 892 juta dalam 8 minggu.

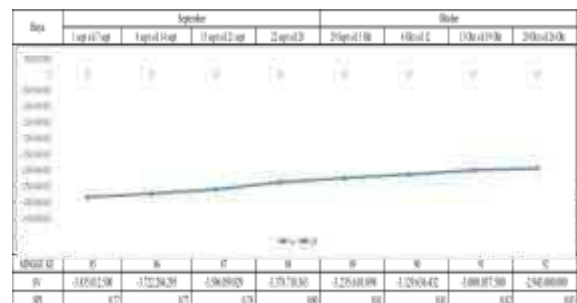
Pekerjaan yang direncanakan (Planned Value) kondisi ini mengidentifikasi bahwa proyek masih tertinggal dari jadwal, karena pekerjaan yang seharusnya diselesaikan pada periode tersebut belum dapat dicapai secara penuh, meskipun demikian, SV tampak perlahan membaik dari minggu ke minggu, menandakan adanya upaya percepatan yang mulai memberikan dampak positif.

Sementara itu, pada tabel 4.14 grafik garis SPI warna merah bergerak stabil pada rentang nilai 0,75–0,82 sepanjang minggu ke-85 hingga 92, nilai SPI yang berada di bawah 1 menunjukkan bahwa proyek berjalan lebih lambat dari rencana, atau secara kuantitatif berada sekitar 18–23% tertinggal dari jadwal.

Grafik menampilkan dua indikator utama dalam analisis kinerja jadwal menggunakan metode Earned Value, yaitu Schedule Variance (SV) dan Schedule Performance Index (SPI), kedua indikator ini menggambarkan seberapa jauh progres pekerjaan lapangan dibandingkan dengan

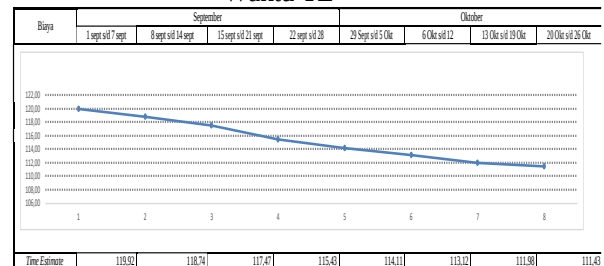
rencana jadwal proyek pada minggu ke-85 hingga 92 grafik garis SV warna biru menunjukkan nilai negatif pada seluruh minggu, yang menandakan bahwa nilai pekerjaan yang telah dicapai Earned Value selalu lebih rendah dibandingkan nilai.

Tabel 3. Grafik Pembahasan Hasil Analisis Waktu SV, SPI



Sumber: Olahan Penelitian

Tabel 4. Grafik Pembahasan Hasil Analisis Waktu TE



Sumber: Olahan Penelitian

Berikut hasil analisis alternatif penyelesaian yang disusun berdasarkan hasil kuesioner serta analisis data perhitungan penelitian yang telah dilakukan. Hasil analisis ini merupakan bentuk sintesis dari persepsi responden dan hasil pengolahan data, yang bertujuan untuk memberikan gambaran mengenai langkah-langkah penyelesaian yang dapat diterapkan guna mengatasi permasalahan yang muncul dalam pelaksanaan proyek, sebagaimana diuraikan sebagai berikut:

Tabel 5. Rekap Hasil Alternatif Penyelesaian

No	Faktor yang Dianalisis	Permasalahan Utama	Alternatif Penyelesaian
1	Metode Kerja	Metode kerja belum optimalnya sesuai dengan kondisi lapangan	Menggunakan metode kerja dengan kondisi lapangan serta menyesuaikan kebutuhan pelaksanaan pekerjaan
2	Komunikasi dan Penanganan	Komunikasi koordinasi dan penanganan masalah belum optimal dan perlu diidentifikasi dan diidentifikasi	Meningkatkan koordinasi dan penanganan masalah agar dengan cepat dapat segera diidentifikasi dan diidentifikasi
3	Tenaga Kerja	Kualitas dan kompetensi tenaga kerja belum merata	Meningkatkan kualitas dan kompetensi tenaga kerja, khususnya pada pekerjaan yang memerlukan keahlian khusus
4	Karakteristik Lokasi & Logistik	Kondisi akses dan kondisi lokasi proyek	Mengelola logistik serta menggunakan metode kerja dengan kondisi lokasi proyek guna meningkatkan kualitas pelaksanaan
5	Peralatan	Kondisi peralatan alat kerja dan alat transportasi yang digunakan	Menggunakan peralatan modern pada pekerjaan tertentu yang memiliki nilai efisiensi dan tinggi

Sumber: Olahan Penelitian

4. KESIMPULAN

Dari hasil pembahasan analisis tersebut, maka dapat diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

- Berdasarkan evaluasi kinerja biaya pada proyek Apartment The Belton Residences menggunakan metode earned value dengan indikator Budget at Completion, Actual Cost, Planned Value, Earned Value, Cost Variance dan Cost Performance Index, data menunjukkan kinerja biaya pada minggu ke-85 hingga 92 melalui analisis Earned Value dengan nilai kontrak Rp.16.875.000.000, serta dengan aktual biaya pada minggu ke – 85 sebesar Rp. 12.086.950.044 sampai minggu ke -92 sebesar 13.104.352.749, menunjukkan kinerja biaya yang efisien namun proyek, analisis varians biaya atau cost variance menunjukkan hasil yang bernilai positif, berada pada minggu ke-85 sebesar Rp 549.049.955,73 dan nilai terbesar berada pada minggu ke-91 Rp 858.240.494,75, meskipun kinerja biaya termasuk hasil positif, namun proyek tetap tertinggal dari rencana (Planned Value), hal tersebut dapat dilihat dari nilai Earned Value yang dimiliki selalu berada di bawah nilai Planned value, selisih jadwal mulai ada peningkatan yang

cukup signifikan dari sebesar Rp 3.835.012.500,00 pada minggu ke-85 menjadisebesar Rp 2.943.000.000,00 pada minggu ke-92, kecenderungan proyek mulai mengejar ketertinggalan, proyek dapat dinilai sangat baik dari sisi biaya namun perlu percepatan dari sisi waktu agar dapat kembali sesuai rencana Berdasarkan hasil analisis, permasalahan pada aspek pengadaan dan pengelolaan material serta kelengkapan dokumen proyek berpotensi menyebabkan keterlambatan pelaksanaan pekerjaan. Upaya penyelesaian difokuskan pada penyusunan perencanaan pengadaan

material yang terintegrasi dengan jadwal proyek, peningkatan manajemen persediaan material di lapangan, serta perbaikan kejelasan dan kelengkapan dokumen kontrak dan gambar kerja. Penerapan langkah-langkah tersebut diharapkan dapat menjamin ketersediaan material tepat waktu, mengurangi perubahan pekerjaan, dan mendukung kelancaran pelaksanaan proyek sesuai jadwal.

- Berdasarkan evaluasi kinerja waktu pada proyek Apartment The Belton Residences menggunakan metode earned value dengan indikator Schedule Variance dan Schedule Performa Index, data menunjukkan secara konsisten telah terlambat, terbukti dengan nilai SV yang tetap negatif dari rencana awal, sedangkan sebesar -3,8 miliar di minggu 85 dan hanya diperbaiki ke -2,9 miliar di minggu 92, meskipun ini merupakan perbaikan sebesar Rp. 892 juta dalam 8 minggu, laju pemulihan ini masih terlalu lambat jika dibandingkan dengan kebutuhan untuk mencapai kinerja sesuai rencana, hal ini diperkuat oleh nilai SPI yang hanya naik dari 0,77 menjadi 0,82, menunjukkan bahwa produktivitas mingguan baru mencapai 82% dari yang seharusnya, sehingga masih jauh dari kondisi ideal (SPI = 1), artinya proyek mengalami keterlambatan waktu pengerjaan, dari rencana awal jadwal pelaksanaan.

Berdasarkan hasil analisis permasalahan dan alternatif penyelesaiannya, dapat disimpulkan bahwa peningkatan kinerja pelaksanaan pekerjaan memerlukan

penerapan metode kerja yang lebih adaptif terhadap kondisi lapangan, penguatan koordinasi serta pengawasan yang berkelanjutan, peningkatan kualitas dan kompetensi tenaga kerja, pengelolaan logistik yang efektif sesuai karakteristik lokasi proyek, serta kesiapan peralatan melalui penyediaan cadangan. Penerapan alternatif penyelesaian tersebut diharapkan mampu meminimalkan hambatan, mengurangi risiko keterlambatan, dan mendukung pencapaian target pelaksanaan pekerjaan secara optimal.

DAFTAR PUSTAKA

Soeharto, I. (2020). Manajemen proyek: Dari konseptual sampai operasional (Edisi revisi). Jakarta: Erlangga.

Wulfram, I. (2021). Manajemen konstruksi (Edisi terbaru). Yogyakarta: Andi Offset.

Widiasanti, I., & Lenggogeni, N. (2021). Estimasi biaya konstruksi. Yogyakarta: Andi.

AKTIVITAS MANUSIA DALAM HUNIAN SEBAGAI ACUAN DALAM MENCARI STANDAR MINIMUM RUMAH DI INDONESIA

Tri Wahyuni

arsitektur, fakultas teknik, Institut Teknologi Budi Utomo

twahyuni08@gmail.com

Abstrak

Rumah yang merupakan tempat bernaung menjadi sebuah kebutuhan pada setiap manusia. Pengidentifikasian kebutuhan akan ruang pada rumah ini dimaknai sebagai ruang yang mengakomodasi setiap kegiatan yang dilakukan oleh penghuni pada rumah tersebut. Penelitian ini dilakukan untuk mendapatkan identifikasi awal mengenai kebutuhan ruang yang terdefinisi melalui aktivitas penghuninya. Penelitian dilakukan pada 35 rumah yang berada di kawasan Jakarta, untuk mendapatkan gambaran umum baik aktivitas, pola ruangan serta besaran ruangan yang memungkinkan terjadi.

Kata kunci : rumah, standarisasi, standard minimum

1. PENDAHULUAN

Pada “Building, Dwelling, Thinking” oleh Martin Heidegger dalam Heidegger’s Hut. Bangunan merupakan salah satu bentuk untuk memenuhi kebutuhan manusia yang butuh tempat untuk bernaung. Menurut Heidegger, sebuah bahasa akan dimengerti jika kita memahami sifat dari bahasa itu sendiri, sama seperti sebuah naungan. (Wise, 2000).

Pembahasan naungan tidak melulu harus berupa bangunan, selama kita mengerti dan paham apa esensi dari kehadiran sesuatu hal. Keapaan dan fenomenologi dari sebuah benda menjadi penting dan akan menghasilkan berbagai macam interpretasi. Perkembangan zaman menurut saya sangat mempengaruhi tentang bagaimana seorang manusia menginterpretasikan sebuah bahasa. Manusia purba menginterpretasikan kebutuhan untuk bernaung sebagai bertinggal sementara di satu area, dalam hal ini adalah sebuah gua. Bertinggal untuk sementara waktu (nomaden) kemudian berkembang sebagai menetap. Konsepsi hidup menetap di satu area sampai saat ini masih menjadi hal yang dilakukan oleh manusia dan masih berpotensi untuk berubah dengan seiring berjalannya waktu. (Jonathan. 2006)

Dengan memahami bahwa manusia masih membutuhkan area bernaung tetap, maka kita juga harus memikirkan bagaimana

akhirnya manusia memenuhi kebutuhan hidupnya.

Hannah Arendt mengklasifikasikan kegiatan manusia ke dalam 3 jenis; labor, work, dan action. Pengklasifikasian ini kemudian ditinjau lebih lanjut oleh Finn Browning dalam bukunya, Hannah Arendt: A Critical Introduction. Finn Browning menyatakan bahwa pengklasifikasian kegiatan dalam era modern ini menimbulkan permasalahan dalam penginterpretasiannya. Ketiga aspek ini seperti memiliki hierarki yang membatasi ruang gerak kegiatan, dari yang terpenting hingga paling tidak penting (Shadab. 2013). Miskonsepsi ini akhirnya diluruskan kembali di dalam diskusi kelas Teori Perumahan Kota sehingga keterkaitan ketiga jenis ini dapat didiagramkan seperti berikut:

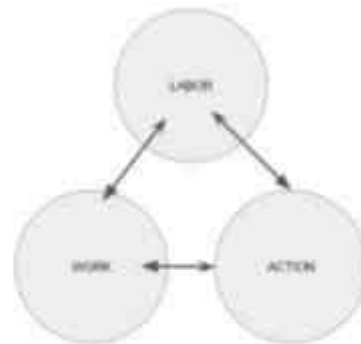


Diagram ini juga didukung oleh pendapat Finn Browning:

“They form an ontological hierarchy, in the sense that limitations of each require, if they

are to surmounted, a 'higher faculty' which is expressed in the case of labor and work in superior work of activity. Work, in the other words, offers a solution to predicaments of labor, and action redeems us from predicaments of work"

Menurut saya, ketiga jenis klasifikasi ini saling mendukung satu sama lain sehingga hierarki yang terjadi bukan lagi berdasarkan kepentingan kegiatan namun berdasarkan jenis kegiatan yang memiliki keterikatan paling dekat dan paling jauh. Keterikatan ini mengenai bagaimana satu kegiatan berhubungan dengan kegiatan lainnya, apakah akhirnya ada konsiderasi yang harus dipikirkan sehingga kegiatan tersebut harus dilakukan terpisah atau dapat digabung, dan sebagainya.

Dari penjelasan inilah muncul pertanyaan bagaimana seharusnya tempat bernaung yang baik? Le Corbusier berpendapat bahwa rumah adalah mesin, yang saya artikan sebagai rumah adalah tempat manusia bermanuver dan berkembang. Sebagai manusia yang akan meninggalkan sebuah area bernaung maka kita patut memahami apa saja yang menyebabkan sebuah area menjadi layak untuk dinaungi. Menurut J Macgregor Wise dalam *Home: Territory and Identity*, yang menjadikan rumah bukanlah ruang ataupun rumah itu sendiri tapi bagaimana manusia menginhabitasi tempat tersebut untuk dijadikan sebagai rumah. Hal ini menurut saya memiliki keterkaitan dengan pendapat Heidegger yang akhirnya mendasari pengertian dari *dwelling*.

Pengertian *dwelling* dalam bahasa Persia adalah sebuah tempat yang tetap untuk bermukim. Sebuah naungan belum tentu baik dengan hanya memiliki sebuah penutup atap menurut Shadab Shidfar dalam "The Differences Between Dwelling and Home In Architecture". Menurut saya alasan ini pula yang mendasari Martin Heidegger dalam merumuskan "building" dalam *statement* "Building, Dwelling, Thinking". Mungkin penutup atas dan bidang proteksi lainnya bisa jadi menimbulkan perasaan *dwelling* terhadap suatu area. Seorang pemulung yang hidup di jalanan dengan melakukan kegiatan hariannya di dalam gerobak mungkin dapat dikategorikan sebagai ber-*dwelling* dengan

gerobak sebagai media *dwelling*. Namun konsiderasi-konsiderasi tersebut tidak cukup untuk membuat manusia dapat ber-*dwelling* dengan layak. Kelayakan dalam ber-*dwelling* ini kemudian dibahas dalam konferensi PBB mengenai *Human Settlement* pada tahun 1966, tempat bertinggal atau tempat ber-*dwelling* yang baik adalah tempat yang dapat memberikan kenyamanan, kecocokan, struktur yang kokoh, pencahayaan dan ventilasi baik, dan bentuk bentuk immaterial lainnya.

Dengan banyak konsiderasi yang harus dipikirkan untuk memenuhi sebuah standar yang dibuat oleh PBB, maka muncul kembali apakah ada besaran minimum dari tempat *dwelling* yang dapat dikatakan layak untuk dihuni? Pertanyaan ini akhirnya merupakan penjabaran dari survey-survey yang sudah dilakukan selama di kelas Teori Perumahan Kota.

Menurut berita di detik.com, standar minimum rumah untuk bertinggal di Indonesia masih belum memenuhi standar internasional. Anggapan satu orang dapat mengokupasi sebesar 9 m² sehingga rata rata rumah yang minimum yang ada adalah 36 m², dengan asumsi 1 keluarga berisi 4 anggota keluarga. Namun standar internasional mengatakan satu orang dapat mengokupasi sebesar 12 m² sehingga seharusnya standar paling minimum dari rumah adalah 48 m².

Survey yang dilakukan bersifat bertahap sehingga memiliki keterhubungan. Survey 1 mencoba untuk melihat kegiatan apa saja yang biasa dilakukan di rumah selama 15 menit. Setelah filtrasi kegiatan tersebut, pembahasan mengenai durasi, frekuensi, dan seberapa sering kegiatan dilakukan akan diolah di dalam survey 2. Survey yang terakhir mengenai keterikatan antara satu kegiatan dengan kegiatan lainnya.

2. METODOLOGI

Metode penelitian yang digunakan adalah *grounded research* Pendekatan ini menjadi sangat cocok untuk mencapai tujuan awal penelitian untuk melihat fenomena standar minimum rumah yang berdasarkan kegiatan

penghuni menggunakan ruang pada rumah atau hunian yang mereka tempati.

Grounded research sendiri pendekatan penelitian kualitatif di mana teori dibangun secara langsung dari data lapangan melalui proses perbandingan dan analisis yang sistematis.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Survey dilakukan pada 35 rumah yang berada di Jakarta, Adapun kriteria bentuk keluarga yang menjadi obyek penelitian adalah keluarga inti yang berisikan bapak, ibu dan anak. Survey dilakukan untuk melihat bagaimana kegiatan rumah

Tabel 1. Kegiatan Rumah

NO.	NAMA KEGIATAN	JUMLAH
1	MENGURUS RUMAH	109
2	BERGAWAI	94
3	MERAWAT PAKAIAN	76
4	MEMBERSIHKAN DIRI	62
5	INTERAKSI KELUARGA	54
6	HOBİ	51
7	MAKAN MINUM	43
8	BELAJAR DAN BEKERJA	41
9	TIDUR	34
10	MASAK	34
11	IBADAH	31
12	OLAHRAGA	31
13	BERSANTAI TANPA GADGET	26
14	LAINNYA	

Sumber: Penelitian mandiri

Berdasarkan hasil survey 1 ini, ditemukan bahwa banyaknya penyebutan jenis kegiatan bergantung dengan jenis kelamin dan pekerjaan. Dengan responden terbanyak adalah mahasiswa dan kegiatan yang paling banyak disebutkan adalah mengurus rumah, kesimpulan pertama yang dapat diambil adalah mahasiswa-mahasiswa ini tinggal sendiri di dalam satu unit rumah/kos sehingga kegiatan terbanyak yang dilakukan adalah mengurus area bertinggalnya. Setelah mengurus rumah, kegiatan yang paling banyak dilakukan nomor 2 adalah bergawai. Bergawai menjadi konsiderasi yang penting

untuk dipertimbangkan dalam menunjang ulang standar minimum rumah karena dengan terhubung dengan gawai hampir semua pekerjaan dapat dilakukan di satu kegiatan dan area yang sama, misal mencari hiburan dengan *streaming* film sambil mengerjakan tugas. Tanpa perlu berpindah tempat, dua kegiatan dapat dilakukan di satu area yang sama.

Selanjutnya data data diatas ini akan diolah kembali dengan melihat aspek frekuensi, durasi, pelaku aktivitas, dan keterlibatan manusia yang menjalankan aktivitas tersebut.

Berikut adalah data hasil rekapitulasi survey 2

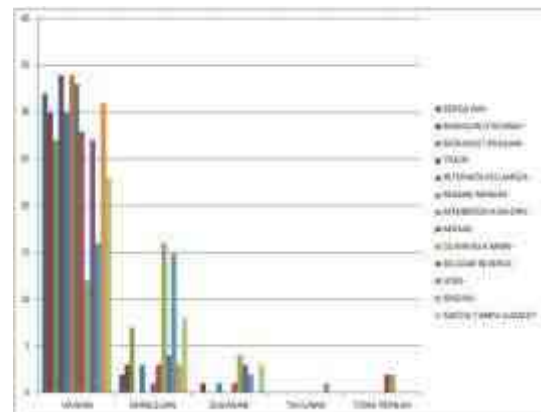


Figure 1: Diagram Frekuensi dan Aktivitas
Sumber: Penelitian mandiri

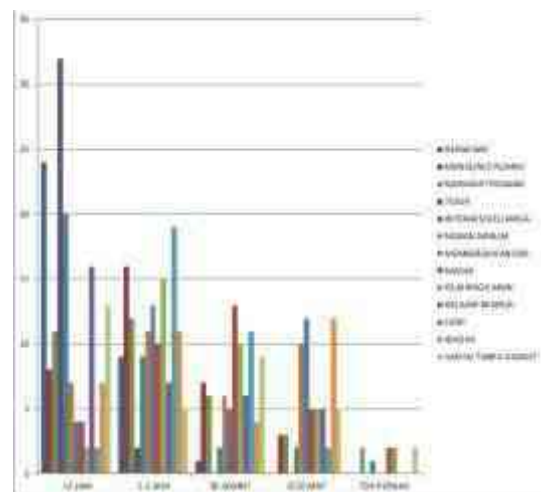


Figure 2: Diagram Durasi dan Aktivitas
Sumber: Penelitian mandiri

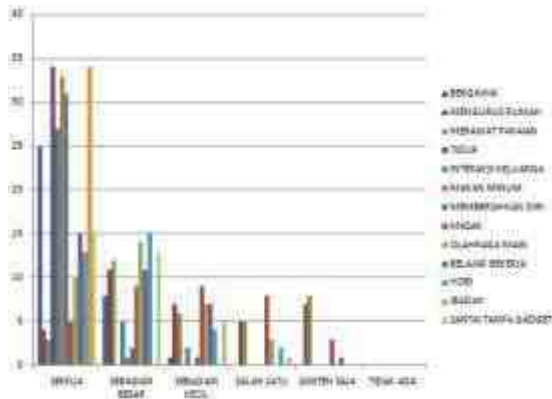


Figure 3: Diagram Pelaku dan Aktivitas
Sumber: Penelitian mandiri

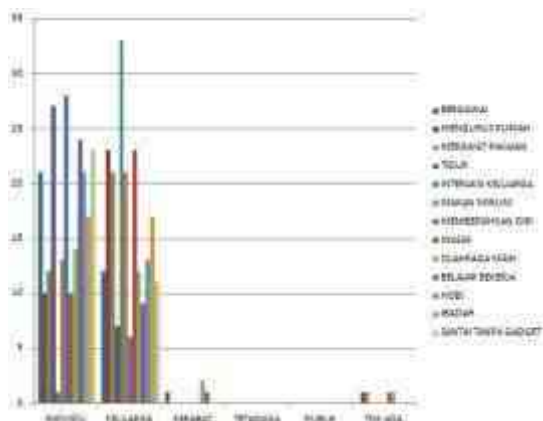


Figure 4: Diagram Keterlibatan dengan Aktivitas Sumber: Penelitian mandiri

Data data analisis survey 1 dan 2 ini menurut saya masih memegang teguh pada teori vita activa dimana hierarki dalam ketiga jenis klasifikasi berdasarkan kebutuhan terpenting hingga tidak penting, sehingga ruang gerak analisisnya menjadi sempit dan membuat bingung mengenai bagaimana menganalisis data data ini selanjutnya.

Ketika hierarki *vita activa* diubah berdasarkan keterkaitan antar satu kegiatan dengan kegiatan lain, seberapa dekat dan jauh, analisis ini kemudian berkembang dalam berbagai aspeknya seperti aspek sebelum dan sesudah kegiatan, jumlah perabotan yang digunakan, jumlah orang yang dapat melakukan, dan aktivitas yang dilakukan bersamaan dan tidak.

Berdasarkan hasil survey 3 ini dapat disimpulkan sebagai berikut:



Figure 5: hubungan antar aktivitas Sumber:
Penelitian mandiri

Analisis keterhubungan aktivitas paling banyak ini merupakan jembatan untuk menentukan ruang ruang mana yang akhirnya bersifat publik dan privat, dilihat juga dari berapa banyak orang yang dapat mengokupasi ruang tersebut.

Dari hasil di atas kelompok saya menemukan perkiraan besaran ruang yang dapat dicapai berdasarkan kedekatan ruang dan jumlah orang yang akan mengokupasi ruang. Sebagian kesimpulan digambarkan secara diagramatis sebagai berikut:



KEDEKATAN HUANG: MAKAN DAN MINUM



KEDEKATAN RUANG MEMASAK

Sumber: Penelitian mandiri



Figure 6: Diagram keterhubungan dan kedekatan kegiatan
Sumber: Penelitian mandiri

Berdasarkan hasil diagram di atas dan dari berbagai macam konsiderasi yang harus dipikirkan, perkiraan standar rumah minimum yang dikemukakan oleh kelompok saya adalah berikut:



Figure 7: Diagram keterhubungan dan kedekatan kegiatan
Sumber: Penelitian mandiri

4. KESIMPULAN

Kebutuhan manusia yang semakin beragam seiring berjalannya waktu akan sangat mempengaruhi besaran ruang yang dibutuhkan pula. Kedepannya mungkin akan ada perubahan perubahan signifikan yang akan mempengaruhi standar minimum rumah. Andil arsitektur dalam mewujudkan

rumah yang baik juga ternyata besar karena banyak faktor yang harus dipenuhi untuk membuat rumah sebagai “rumah”, mulai dari komponen material dan immaterial sampai jumlah manusia yang akan bertinggal di dalam satu rumah dan bagaimana mereka bermanuver di dalamnya.

5. DAFTAR PUSTAKA

Wise, JM. 2000. *Home: Territory and Identity*

Hill, Jonathan. 2006. *Immaterial Architecture*

Shidfar, Shadab. 2013. *The Differences Between Dwelling and Home in Architecture*. Diakses tanggal 20 Juni 2026

DETEKSI SARKASME PADA ULASAN APLIKASI MYPERTAMINA MENGGUNAKAN MODEL INDOBERT DENGAN PENDEKATAN CRISP-DM

Faizal Riza, Akbar Amin Akmaludin

Program Studi Teknik Informatika, Institut Teknologi Budi Utomo Jakarta,
faizalriza@itbu.ac.id

Abstrak

Perkembangan layanan digital pada sektor energi mendorong peningkatan interaksi pengguna melalui media ulasan aplikasi. Salah satu aplikasi yang banyak memperoleh perhatian masyarakat adalah MyPertamina, yang digunakan sebagai sarana transaksi digital dan distribusi bahan bakar bersubsidi. Ulasan pengguna pada Google Play Store mengandung berbagai opini yang dapat dimanfaatkan sebagai sumber informasi untuk mengevaluasi kualitas layanan. Namun, keberadaan kalimat sarkastik menyebabkan proses analisis sentimen konvensional sering menghasilkan klasifikasi yang kurang akurat karena makna harfiah kalimat berbeda dengan maksud sebenarnya. Penelitian ini bertujuan membangun sistem deteksi sarkasme pada ulasan aplikasi MyPertamina menggunakan model IndoBERT dengan pendekatan *Cross Industry Standard Process for Data Mining* (CRISP-DM). Dataset penelitian diperoleh melalui teknik web scraping terhadap 10.000 ulasan pengguna berbahasa Indonesia yang kemudian melalui tahapan preprocessing meliputi pembersihan teks, normalisasi kata, stemming, tokenisasi, dan pelabelan data. Model IndoBERT kemudian dilakukan proses *fine-tuning* untuk mengklasifikasikan ulasan ke dalam kategori sarkasme dan non-sarkasme. Evaluasi model dilakukan menggunakan metrik accuracy, precision, recall, dan F1-score. Hasil pengujian menunjukkan bahwa model mampu mencapai akurasi sebesar 94% dengan nilai Macro F1-score sebesar 0,93. Nilai recall yang tinggi pada kelas sarkasme menunjukkan kemampuan model dalam mengenali pola ironi dan kontradiksi makna pada ulasan pengguna. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pemanfaatan IndoBERT yang dipadukan dengan pendekatan CRISP-DM mampu meningkatkan efektivitas deteksi sarkasme sehingga dapat menjadi pendukung analisis sentimen yang lebih akurat pada layanan digital berbasis ulasan pengguna.

Kata Kunci : Analisis Sentimen, Sarkasme, IndoBERT, CRISP-DM, MyPertamina.

1. PENDAHULUAN

Transformasi digital pada berbagai sektor pelayanan publik telah mengubah pola interaksi antara penyedia layanan dan masyarakat (Voutama, 2022). Salah satu bentuk transformasi tersebut adalah pemanfaatan aplikasi bergerak (*mobile application*) sebagai media transaksi, komunikasi, serta penyampaian informasi kepada pengguna (Singgalen, 2023). PT Pertamina (Persero) mengembangkan aplikasi MyPertamina sebagai platform digital yang mendukung pembayaran non-tunai, program loyalitas pelanggan, pencarian SPBU, hingga pelaksanaan Program Subsidi Tepat (Alam & Sulisty, 2023). Sejak implementasi kebijakan pembelian bahan bakar bersubsidi melalui aplikasi tersebut, jumlah pengguna MyPertamina mengalami peningkatan yang signifikan sehingga volume ulasan pada Google Play Store juga terus bertambah (Taufiqurrahman et al., 2023). Ulasan tersebut menjadi sumber informasi penting yang merepresentasikan pengalaman, persepsi, dan tingkat kepuasan masyarakat terhadap layanan yang diberikan (Maulana et al., 2023).

Analisis terhadap ulasan pengguna merupakan salah satu pendekatan yang banyak

digunakan untuk mengevaluasi kualitas layanan digital (Riza et al., 2025; Saputra et al., 2024). Melalui analisis sentimen, opini pengguna dapat dikelompokkan ke dalam kategori positif, negatif, maupun netral sehingga organisasi memperoleh gambaran mengenai tingkat kepuasan pelanggan secara otomatis (Merdiansah et al., 2024). Informasi tersebut sangat bermanfaat sebagai dasar pengambilan keputusan dalam meningkatkan kualitas layanan maupun pengembangan fitur aplikasi (Singgalen, 2023). Akan tetapi, efektivitas analisis sentimen sangat dipengaruhi oleh karakteristik bahasa yang digunakan oleh pengguna, khususnya pada media sosial maupun platform ulasan aplikasi yang cenderung menggunakan bahasa informal, singkatan, serta gaya bahasa figuratif (Cristianini & Shawe-Taylor, 2000).

Penelitian sebelumnya (Riza et al., 2025) membandingkan berbagai algoritma machine learning klasik seperti Support Vector Machine (SVM), Random Forest, XGBoost, Light Gradient Boosting Machine (LGBM), CatBoost, dan Naïve Bayes dalam analisis sentimen ulasan aplikasi mobile banking. Hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa SVM memberikan tingkat akurasi tertinggi, sementara LGBM menawarkan

efisiensi komputasi yang lebih baik. Meskipun demikian, penelitian tersebut masih berfokus pada klasifikasi sentimen positif dan negatif sehingga belum mempertimbangkan keberadaan kalimat sarkastik yang sering menyebabkan kesalahan klasifikasi. Oleh karena itu, penelitian ini merupakan pengembangan dari penelitian sebelumnya dengan mengimplementasikan model IndoBERT yang mampu memahami konteks bahasa Indonesia secara lebih mendalam untuk mendeteksi sarkasme pada ulasan aplikasi MyPertamina.

Salah satu tantangan terbesar dalam analisis sentimen adalah keberadaan kalimat sarkastik (Merdiansah et al., 2024). Sarkasme merupakan bentuk ironi yang menyampaikan makna berlawanan dengan arti literal suatu kalimat sehingga sering kali menimbulkan kesalahan interpretasi pada sistem klasifikasi otomatis (Saputra et al., 2024). Sebagai contoh, kalimat "*Luar biasa aplikasinya, untuk membeli bensin saja harus menunggu sangat lama*" secara leksikal mengandung kata-kata positif, namun sesungguhnya bermakna keluhan terhadap performa aplikasi. Kondisi tersebut menyebabkan metode analisis sentimen konvensional yang hanya mengandalkan polaritas kata sering mengklasifikasikan kalimat sarkastik sebagai sentimen positif, padahal maksud sebenarnya adalah negatif (Maulana et al., 2023). Fenomena ini masih banyak ditemukan pada ulasan pengguna MyPertamina sehingga diperlukan pendekatan yang mampu memahami konteks kalimat secara lebih mendalam (Alam & Sulisty, 2023).

Berbagai penelitian terdahulu telah mengembangkan metode analisis sentimen terhadap ulasan aplikasi MyPertamina menggunakan algoritma Naïve Bayes, Support Vector Machine (SVM), K-Nearest Neighbor (KNN), maupun Bidirectional Long Short-Term Memory (BiLSTM) (Taufiqurrahman et al., 2023; Saputra et al., 2024). Meskipun metode-metode tersebut menunjukkan performa yang cukup baik dalam klasifikasi sentimen, sebagian besar masih mengalami keterbatasan dalam mengenali makna implisit dan kontradiksi semantik yang menjadi karakteristik utama sarkasme (Maulana et al., 2023). Seiring berkembangnya teknologi Natural Language Processing (NLP), model berbasis Transformer seperti Bidirectional Encoder Representations from Transformers (BERT) menawarkan kemampuan representasi bahasa yang lebih baik melalui mekanisme *self-attention* dan pembelajaran konteks dua arah (bidirectional context) (Devlin et al., 2019). Untuk bahasa Indonesia, model IndoBERT telah dilatih menggunakan korpus berskala besar sehingga memiliki kemampuan yang lebih baik dalam memahami struktur bahasa Indonesia

dibandingkan model pembelajaran mesin konvensional (Koto et al., 2020).

Penelitian ini mengimplementasikan model IndoBERT untuk mendeteksi sarkasme pada ulasan aplikasi MyPertamina dengan menggunakan kerangka kerja Cross Industry Standard Process for Data Mining (CRISP-DM) (Chapman et al., 2000). Pendekatan CRISP-DM dipilih karena menyediakan tahapan penelitian yang sistematis mulai dari pemahaman masalah, pengumpulan data, persiapan data, pemodelan, evaluasi, hingga implementasi sehingga proses pengembangan model dapat dilakukan secara terstruktur dan mudah direproduksi (Singgalen, 2023). Dataset penelitian diperoleh melalui teknik web scraping terhadap ulasan pengguna di Google Play Store, kemudian diproses melalui tahapan preprocessing, pelabelan, tokenisasi, fine-tuning model, dan evaluasi performa menggunakan metrik Accuracy, Precision, Recall, serta F1-score (Prokhorenkova et al., 2018).

Kontribusi utama penelitian ini terletak pada penerapan model IndoBERT dalam mendeteksi sarkasme pada ulasan aplikasi layanan publik berbahasa Indonesia dengan memanfaatkan alur kerja CRISP-DM sebagai metodologi pengembangan model (Koto et al., 2020). Selain menghasilkan model klasifikasi yang memiliki tingkat akurasi tinggi, penelitian ini juga menghasilkan sistem yang mampu mengidentifikasi ulasan sarkastik secara otomatis sehingga dapat membantu pengelola aplikasi memperoleh informasi sentimen yang lebih akurat (Merdiansah et al., 2024). Dengan demikian, hasil penelitian diharapkan dapat menjadi referensi dalam pengembangan sistem analisis sentimen berbasis deep learning untuk berbagai aplikasi layanan digital di Indonesia (Riza et al., 2020).

2. METODOLOGI

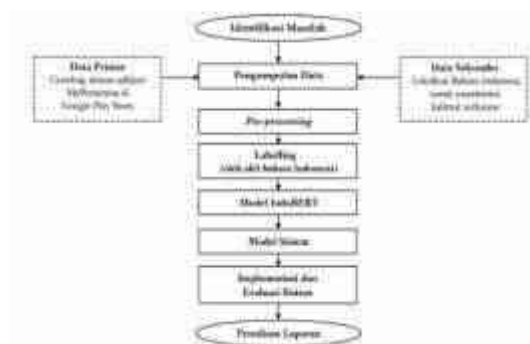
Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan metode eksperimen pada bidang Natural Language Processing (NLP). Tujuan penelitian adalah membangun model deteksi sarkasme pada ulasan pengguna aplikasi MyPertamina menggunakan model IndoBERT dengan tahapan pengembangan yang mengacu pada Cross Industry Standard Process for Data Mining (CRISP-DM). Kerangka kerja ini dipilih karena mampu menyediakan alur penelitian yang sistematis mulai dari identifikasi permasalahan hingga implementasi model sehingga memudahkan proses pengembangan dan evaluasi model klasifikasi (Chapman et al., 2000; Singgalen, 2023).

Metodologi penelitian merupakan pengembangan dari penelitian sebelumnya yang membandingkan beberapa algoritma machine learning untuk analisis sentimen ulasan aplikasi digital. Pada penelitian ini, pendekatan tersebut

dikembangkan dengan mengganti model klasifikasi konvensional menjadi model berbasis Transformer (IndoBERT) agar mampu mengenali makna kontekstual serta pola sarkasme yang tidak dapat diidentifikasi hanya berdasarkan polaritas kata (Riza et al., 2025).

2.1. Kerangka Penelitian

Tahapan penelitian mengikuti enam fase CRISP-DM sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 1, yaitu 1) *Business Understanding*, 2) *Data Understanding*, 3) *Data Preparation*, 4) *Modelling*, 5) *Evaluation* dan *Deployment*. Pada tahap *Business Understanding*, penelitian difokuskan pada permasalahan rendahnya akurasi analisis sentimen ketika menghadapi kalimat sarkastik pada ulasan aplikasi MyPertamina. Tahap ini bertujuan menentukan kebutuhan sistem yang mampu mengidentifikasi sarkasme sehingga hasil analisis sentimen menjadi lebih representatif.



Gambar 1. Kerangka Penelitian
Sumber : Hasil olahan penelitian

Tahap *Data Understanding* dilakukan dengan mengumpulkan dan mempelajari karakteristik data ulasan pengguna. Selanjutnya dilakukan *Data Preparation* melalui berbagai proses pembersihan dan normalisasi teks agar sesuai dengan format masukan model IndoBERT. Tahap *Modelling* berisi proses *fine-tuning model* menggunakan dataset yang telah diberi label, sedangkan tahap *Evaluation* mengevaluasi performa model menggunakan beberapa metrik klasifikasi. Tahap terakhir yaitu *Deployment* mengimplementasikan model ke dalam sistem berbasis web sehingga dapat digunakan untuk mendeteksi sarkasme secara otomatis.

2.2. Metode Pengumpulan Data

Dataset penelitian diperoleh melalui teknik *web scraping* terhadap ulasan aplikasi MyPertamina pada Google Play Store dengan menggunakan pustaka berbasis Python yaitu *google-play-scraper*. Pengambilan data dilakukan secara otomatis sehingga diperoleh 10.000 ulasan pengguna berbahasa Indonesia yang merupakan representasi berbagai pengalaman pengguna terhadap aplikasi MyPertamina. Dataset terdiri

atas informasi berupa nama pengguna, rating, waktu pemberian ulasan, serta isi komentar yang selanjutnya disimpan dalam format CSV untuk diproses pada tahapan berikutnya.

Pemilihan Google Play Store sebagai sumber data didasarkan pada tingginya jumlah ulasan pengguna yang memuat berbagai bentuk ekspresi, mulai dari apresiasi, kritik, hingga kalimat bernilai ironi maupun sarkasme. Karakteristik tersebut menjadikan dataset memiliki kompleksitas linguistik yang sesuai untuk penelitian deteksi sarkasme.

2.3. Data Preparation

Tahap persiapan data dilakukan untuk meningkatkan kualitas dataset sebelum digunakan pada proses pelatihan model. Tahapan preprocessing terdiri atas beberapa proses sebagai berikut.

- 1) **Cleaning**, yaitu menghapus URL, HTML tag, angka, karakter khusus, tanda baca, serta spasi berlebih menggunakan ekspresi reguler (regular expression).
- 2) **Case Folding**, yaitu mengubah seluruh huruf menjadi huruf kecil (lowercase) sehingga seluruh token memiliki bentuk yang seragam.
- 3) **Normalisasi Kata**, yaitu mengubah singkatan, kata tidak baku (slang word), dan variasi penulisan menjadi bentuk baku menggunakan kamus normalisasi Bahasa Indonesia.
- 4) **Emoji Conversion**, yaitu mengubah emoji menjadi representasi teks tertentu agar informasi emosional tetap dipertahankan selama proses klasifikasi.
- 5) **Feature Extraction**, yaitu mengekstraksi karakteristik linguistik seperti penggunaan huruf kapital berlebih, tanda seru berulang, maupun pola ekspresi emosional yang sering muncul pada kalimat sarkastik.
- 6) **Tokenization**, menggunakan tokenizer bawaan IndoBERT berbasis WordPiece Tokenizer sehingga setiap kalimat diubah menjadi urutan token yang dapat dipahami oleh model Transformer.

Setelah proses preprocessing selesai, setiap ulasan diberi label Sarkasme (1) dan Non-Sarkasme (0) melalui proses *human-in-the-loop annotation*. Pelabelan mempertimbangkan isi teks, konteks kalimat, serta kesesuaian antara isi ulasan dengan rating yang diberikan pengguna.

2.4. Arsitektur Model IndoBERT

Model klasifikasi yang digunakan adalah IndoBERT-base, yaitu model pre-trained language model berbasis arsitektur *Bidirectional Encoder Representations from Transformers* (BERT) yang telah dilatih menggunakan korpus Bahasa Indonesia berskala besar. Berbeda dengan pendekatan machine learning konvensional, IndoBERT mampu memahami hubungan

semantik antar kata melalui mekanisme self-attention sehingga lebih efektif dalam mengenali konteks kalimat yang mengandung ironi maupun sarkasme (Devlin et al., 2019; Koto et al., 2020).

Setiap kalimat hasil preprocessing dikonversi menjadi token menggunakan *WordPiece Tokenizer*, kemudian ditambahkan token khusus [CLS] sebagai representasi klasifikasi dan [SEP] sebagai penanda akhir kalimat. Representasi vektor yang dihasilkan oleh token [CLS] digunakan sebagai masukan pada lapisan klasifikasi (*classification head*) yang terdiri atas *dropout layer* dan *fully connected layer* dengan fungsi aktivasi Softmax untuk menghasilkan probabilitas kelas Sarkasme maupun Non-Sarkasme.

2.5. Fine-Tuning Model

Tahap *fine-tuning* dilakukan menggunakan dataset yang telah diberi label sehingga model mampu mempelajari karakteristik sarkasme pada ulasan pengguna MyPertamina. Dataset dibagi menjadi data pelatihan (*training set*) sebesar 80% dan data pengujian (*testing set*) sebesar 20%.

Proses pelatihan dilakukan menggunakan pustaka **PyTorch** dan **Hugging Face Transformers** dengan beberapa parameter utama sebagai berikut :

- 1) Model : indobert-base-p1
- 2) Optimizer : AdamW
- 3) Learning Rate : 2×10^{-5}
- 4) Batch Size : 16
- 5) Epoch : 3
- 6) Maximum Sequence Length : 128 token

Selama proses pelatihan, model melakukan pembaruan bobot (*weight update*) menggunakan algoritma *backpropagation* hingga nilai *loss function* mengalami konvergensi. Model terbaik dipilih berdasarkan nilai validasi tertinggi untuk mengurangi risiko *overfitting*.

2.6. Evaluasi Model

Evaluasi dilakukan menggunakan data uji yang belum pernah digunakan pada proses pelatihan. Kinerja model diukur menggunakan **Confusion Matrix** yang menghasilkan empat metrik utama, yaitu **Accuracy**, **Precision**, **Recall**, dan **F1-Score**.

Accuracy digunakan untuk mengukur proporsi prediksi yang benar terhadap seluruh data uji. *Precision* menunjukkan tingkat ketepatan model dalam mendeteksi kelas sarkasme, sedangkan *Recall* menggambarkan kemampuan model dalam menemukan seluruh data sarkastik yang sebenarnya. *F1-Score* digunakan sebagai ukuran harmonik antara *Precision* dan *Recall* sehingga lebih representatif pada dataset yang tidak seimbang.

Selain evaluasi kuantitatif, penelitian juga melakukan analisis terhadap beberapa contoh prediksi model untuk mengidentifikasi pola keberhasilan maupun kesalahan klasifikasi. Analisis ini digunakan untuk mengevaluasi kemampuan IndoBERT dalam memahami kontradiksinya, ironi, serta penggunaan bahasa informal yang banyak ditemukan pada ulasan aplikasi MyPertamina.

3. ANALISIS DAN PEMBAHASAN

3.1. Karakteristik Dataset

Dataset penelitian diperoleh melalui proses *web scraping* terhadap ulasan aplikasi MyPertamina pada Google Play Store. Sebanyak 10.000 ulasan berhasil dikumpulkan dan digunakan sebagai data penelitian. Distribusi rating menunjukkan bahwa ulasan didominasi oleh rating 5 bintang sebanyak 4.711 ulasan (47,11%) dan 1 bintang sebanyak 3.885 ulasan (38,85%), sedangkan sisanya merupakan rating 2, 3, dan 4 dengan proporsi yang relatif kecil. Kondisi ini menunjukkan bahwa persepsi pengguna terhadap aplikasi bersifat sangat terpolarisasi antara pengguna yang merasa puas dan pengguna yang mengalami berbagai kendala teknis. Distribusi sentimen ulasan disajikan pada tabel 1.

Tabel 1. Distribusi Sentimen Ulasan	
Label	Jumlah
Positif	5.241
Negatif	4.275
Netral	484
Jumlah	10.000

Sumber Data : Hasil Olahan Data Penelitian

Dataset menunjukkan bahwa sebagian besar ulasan telah memperoleh respons dari pengembang dengan rasio balasan mencapai 86,38%, yang mengindikasikan tingginya aktivitas komunikasi antara pengembang dan pengguna aplikasi. Distribusi tersebut menjadi dasar bahwa dataset memiliki variasi opini yang cukup representatif untuk proses deteksi sarkasme.

Setelah proses *preprocessing*, setiap ulasan diberikan label Sarkasme dan Non-Sarkasme melalui proses anotasi. Data kemudian dibagi menjadi data pelatihan sebesar 80% dan data pengujian sebesar 20% sebelum dilakukan proses *fine-tuning* menggunakan model IndoBERT. Tahapan ini bertujuan agar model memperoleh representasi linguistik yang sesuai dengan karakteristik bahasa informal yang digunakan pengguna aplikasi MyPertamina..

3.2. Hasil Pelabelan Data

Pelabelan dilakukan secara **manual** (*human annotation*) oleh **ahli Bahasa Indonesia** dengan

mempertimbangkan konteks kalimat, penggunaan ironi, sindiran, hiperbola, maupun pertentangan antara makna literal dan makna sebenarnya.

Selain mempertimbangkan konteks kalimat, proses pelabelan juga mengacu pada **leksikon Bahasa Indonesia** sebagai data sekunder untuk membantu mengidentifikasi kata-kata yang memiliki kecenderungan menunjukkan ekspresi sarkastik. Penggunaan leksikon tidak digunakan sebagai penentu label secara otomatis, tetapi sebagai referensi bagi anotator dalam menjaga konsistensi proses pelabelan.

Setiap ulasan dikategorikan menjadi dua kelas, yaitu:

- 1) **Non-Sarkasme (0)**, yaitu kalimat yang menyampaikan opini secara langsung tanpa mengandung unsur sindiran atau ironi.
- 2) **Sarkasme (1)**, yaitu kalimat yang mengandung sindiran, ironi, hiperbola, atau makna yang bertentangan dengan arti literal kalimat.

Contoh hasil pelabelan ditunjukkan pada tabel 2.

Ulasan	Label
"Aplikasinya sangat membantu untuk transaksi BBM."	Non-Sarkasme
"Hebat sekali aplikasinya, setiap mau dipakai pasti error."	Sarkasme
"Terima kasih, akhirnya bisa login tanpa masalah."	Non-Sarkasme
"Luar biasa, update baru malah bikin tambah rusak."	Sarkasme

Sumber Data : Hasil Olahan Data Penelitian

Dari hasil anotasi diperoleh distribusi kelas sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 2.

Label	Jumlah
Non-Sarkasme	1.503
Sarkasme	501
Total	2.004

Sumber Data : Hasil Olahan Data Penelitian

3.3. Hasil Fine-Tuning Model IndoBERT

Proses pelatihan dilakukan menggunakan model IndoBERT-base yang telah melalui tahap *pre-training* pada korpus Bahasa Indonesia kemudian disesuaikan (*fine-tuning*) menggunakan dataset penelitian. Parameter pelatihan menggunakan *optimizer* AdamW dengan *learning rate* yang rendah untuk menjaga stabilitas pembaruan bobot model.

Epoch	Val.Loss	Accuracy	F1-score
1	0.3962	0.8588	0.6000
2	0.2698	0.8353	0.7500

3	0.2006	0.9176	0.8571
---	--------	--------	--------

Sumber Data : Hasil Olahan Data Penelitian

Selama proses *fine-tuning*, nilai *validation loss* menunjukkan tren penurunan pada setiap *epoch*, yaitu dari 0,3962 pada *epoch* pertama menjadi 0,2698 pada *epoch* kedua dan mencapai 0,2006 pada *epoch* ketiga. Di sisi lain, performa model mengalami peningkatan yang ditunjukkan oleh kenaikan nilai *F1-score* dari 0,6000 pada *epoch* pertama menjadi 0,7500 pada *epoch* kedua, dan mencapai 0,8571 pada *epoch* ketiga. Meskipun akurasi validasi sempat mengalami sedikit penurunan pada *epoch* kedua, model kembali meningkat pada *epoch* ketiga hingga mencapai 91,76%, yang merupakan performa terbaik selama proses pelatihan. Pola penurunan *validation loss* yang diikuti peningkatan *F1-score* menunjukkan bahwa model semakin mampu mempelajari karakteristik sarkasme pada ulasan aplikasi MyPertamina tanpa menunjukkan indikasi *overfitting* yang signifikan. Hasil tersebut mengindikasikan bahwa representasi kontekstual yang dimiliki IndoBERT efektif dalam mengenali pola ironi dan kontradiksi makna yang menjadi ciri utama kalimat sarkastik pada teks berbahasa Indonesia.

3.4. Evaluasi Model

Evaluasi model dilakukan menggunakan data validasi yang tidak digunakan selama proses pelatihan (*fine-tuning*). Pengukuran performa dilakukan melalui confusion matrix dan beberapa metrik evaluasi klasifikasi, yaitu Accuracy, Precision, Recall, dan F1-Score. Penggunaan metrik tersebut bertujuan untuk memberikan gambaran yang komprehensif mengenai kemampuan model dalam membedakan ulasan yang mengandung sarkasme dan non-sarkasme.

Kelas	Precision	Recall	F1-score
Non-Sarkasme	0.3962	0.8588	0.6000
Sarkasme	0.75	0.98	0.86
Macro Average	0.2006	0.9176	0.8571

Sumber Data : Hasil Olahan Data Penelitian

Hasil evaluasi menunjukkan bahwa model IndoBERT memperoleh akurasi sebesar 91,76% dengan Macro Precision sebesar 0,88, Macro Recall sebesar 0,95, dan Macro F1-Score sebesar 0,90. Pada kelas Non-Sarkasme, model mencapai Precision sebesar 1,00, Recall sebesar 0,89, dan F1-Score sebesar 0,94. Sementara itu, pada kelas Sarkasme, model memperoleh Precision sebesar 0,75, Recall sebesar 1,00, dan F1-Score sebesar 0,86. Nilai *Recall* sebesar 1,00 pada kelas Sarkasme menunjukkan bahwa seluruh data sarkastik pada data validasi berhasil dikenali oleh model sehingga tidak terdapat kasus false

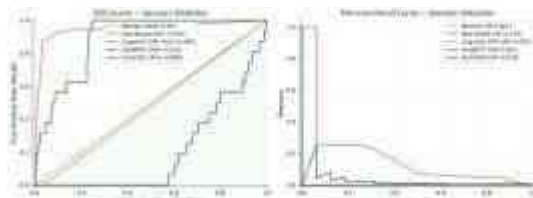
negative. Namun demikian, nilai *Precision* yang lebih rendah pada kelas tersebut mengindikasikan bahwa masih terdapat beberapa ulasan non-sarkastik yang diprediksi sebagai sarkasme.

Tabel 6. Confusion Matrix Hasil Evaluasi Model

Aktual	Prediksi Non-Sarkasme	Prediksi Sarkasme
Non-Sarkasme	57	7
Sarkasme	2	21

Sumber Data : Hasil Olahan Data Penelitian

Berdasarkan confusion matrix, dari 85 data validasi, model berhasil mengklasifikasikan 57 data Non-Sarkasme dan 21 data Sarkasme secara benar. Model menghasilkan 7 kesalahan klasifikasi berupa false positive, yaitu ulasan Non-Sarkasme yang diprediksi sebagai Sarkasme, sedangkan tidak ditemukan false negative. Kondisi ini menunjukkan bahwa model memiliki sensitivitas yang sangat tinggi dalam mendeteksi sarkasme sehingga seluruh ulasan yang benar-benar mengandung sarkasme berhasil diidentifikasi. Meskipun demikian, model masih cenderung mengklasifikasikan sebagian kecil ulasan yang bersifat negatif atau menggunakan ekspresi emosional sebagai sarkasme, sehingga menurunkan nilai *Precision* pada kelas Sarkasme.



Gambar 2. Kurva ROC dan Precision-Recall
Sumber Data : Hasil Olahan Data Penelitian

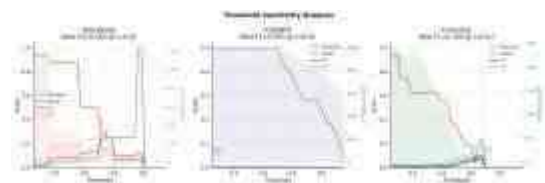
Secara keseluruhan, hasil evaluasi menunjukkan bahwa IndoBERT memiliki kemampuan yang baik dalam memahami konteks bahasa Indonesia dan mampu mengenali pola ironi serta kontradiksi makna yang menjadi karakteristik utama kalimat sarkastik.

3.5. Analisis Hasil Prediksi

Analisis terhadap hasil prediksi menunjukkan bahwa model IndoBERT mampu mengenali karakteristik utama kalimat sarkastik melalui pemahaman konteks kalimat secara menyeluruh. Berbeda dengan metode klasifikasi berbasis representasi kata (*Bag-of-Words* atau TF-IDF), IndoBERT memanfaatkan mekanisme *self-attention* untuk memodelkan hubungan semantik antarkata sehingga mampu mendeteksi kontradiksi antara makna literal dan makna sebenarnya. Karakteristik ini terlihat pada ulasan yang diawali dengan ungkapan bernada positif, seperti "*bagus*", "*mantap*", atau "*hebat*", tetapi diikuti keluhan

mengenai kegagalan fungsi aplikasi. Model berhasil mengidentifikasi pola tersebut sebagai sarkasme karena mempertimbangkan konteks keseluruhan kalimat, bukan hanya polaritas setiap kata.

Hasil evaluasi menunjukkan bahwa model memperoleh Recall sebesar 0.98 pada kelas Sarkasme, yang berarti ulasan sarkastik pada data validasi berhasil dikenali dengan baik. Kondisi ini juga tercermin pada *confusion matrix* yang menunjukkan false negative rendah, sehingga ulasan sarkastik yang salah diklasifikasikan sebagai Non-Sarkasme terdeteksi sangat rendah. Kemampuan tersebut menunjukkan bahwa IndoBERT memiliki sensitivitas yang sangat baik dalam mendeteksi pola ironi dan kontradiksi makna yang menjadi karakteristik utama kalimat sarkastik.



Gambar 3. Threshold Sensitivity Model IndoBERT
Sumber Data : Hasil Olahan Data Penelitian

Meskipun demikian, hasil pengujian masih menunjukkan **7 kasus false positive**, yaitu ulasan Non-Sarkasme yang diprediksi sebagai Sarkasme. Kondisi ini menyebabkan nilai **Precision** pada kelas Sarkasme sebesar **0,75**, lebih rendah dibandingkan kelas Non-Sarkasme yang mencapai **1,00**. Kesalahan klasifikasi tersebut umumnya terjadi pada ulasan yang mengandung ekspresi emosional atau keluhan dengan pilihan kata yang kuat, namun tidak memiliki kontradiksi makna yang cukup untuk dikategorikan sebagai sarkasme. Hal ini menunjukkan bahwa model masih cenderung memberikan prediksi Sarkasme terhadap beberapa kalimat yang memiliki karakteristik linguistik serupa, meskipun secara pragmatik merupakan kritik yang disampaikan secara langsung.

3.6. Pembahasan

Hasil penelitian menunjukkan bahwa model IndoBERT memiliki kemampuan yang baik dalam mendeteksi sarkasme pada ulasan pengguna aplikasi MyPertamina. Berdasarkan hasil *fine-tuning*, model terbaik diperoleh pada *epoch* ketiga dengan validation loss sebesar 0,2006, accuracy sebesar 91,76%, dan F1-score sebesar 0,8571. Selanjutnya, evaluasi pada data validasi menghasilkan akurasi keseluruhan sebesar 91,76% dengan Macro Precision sebesar 0,88, Macro Recall sebesar 0,95, dan Macro F1-Score sebesar 0,90, yang menunjukkan bahwa model memiliki kemampuan klasifikasi yang baik dalam

membedakan ulasan Sarkasme dan Non-Sarkasme.

Keunggulan utama model terletak pada kemampuannya memahami konteks kalimat secara dua arah (*bidirectional context*) melalui arsitektur Transformer. Mekanisme *self-attention* memungkinkan model mempelajari hubungan antarkata dalam satu kalimat sehingga mampu mengenali pola ironi, sindiran, maupun kontradiksi makna yang sering ditemukan pada ulasan pengguna. Kemampuan ini menjadi keunggulan dibandingkan metode klasifikasi berbasis fitur statistik atau representasi kata sederhana yang umumnya hanya mempertimbangkan frekuensi kemunculan kata tanpa memahami konteks kalimat.

Nilai Recall sebesar 0.98 pada kelas Sarkasme menunjukkan bahwa seluruh ulasan yang mengandung sarkasme berhasil diidentifikasi oleh model. Temuan ini mengindikasikan bahwa IndoBERT memiliki sensitivitas yang sangat tinggi dalam mendeteksi ekspresi sarkastik, sehingga berpotensi meningkatkan kualitas analisis sentimen pada ulasan aplikasi. Namun demikian, masih terdapat 7 kasus false positive yang menyebabkan nilai Precision kelas Sarkasme berada pada angka 0,75. Kesalahan tersebut menunjukkan bahwa beberapa ulasan negatif yang menggunakan ekspresi emosional atau hiperbola masih memiliki karakteristik linguistik yang menyerupai sarkasme sehingga diprediksi sebagai Sarkasme oleh model. Kondisi ini menunjukkan adanya trade-off antara sensitivitas deteksi dan ketepatan klasifikasi pada kelas Sarkasme.

Apabila dibandingkan dengan penelitian terdahulu yang menggunakan algoritma *machine learning* konvensional untuk analisis sentimen, pendekatan berbasis Transformer memberikan kemampuan representasi bahasa yang lebih kaya karena mempertimbangkan hubungan semantik antar kata. Hal ini sejalan dengan karakteristik deteksi sarkasme yang memerlukan pemahaman konteks secara menyeluruh, bukan hanya identifikasi polaritas kata positif atau negatif. Dengan demikian, penggunaan IndoBERT memberikan kontribusi terhadap peningkatan akurasi identifikasi ulasan yang mengandung makna implisit, sehingga hasil analisis opini pengguna menjadi lebih representatif.

Meskipun menunjukkan performa yang baik, penelitian ini masih memiliki beberapa keterbatasan. Dataset yang digunakan hanya berasal dari ulasan aplikasi MyPertamina pada Google Play Store sehingga belum sepenuhnya merepresentasikan variasi penggunaan bahasa pada platform lain. Selain itu, jumlah data Sarkasme yang relatif lebih sedikit dibandingkan data Non-Sarkasme mengharuskan dilakukan proses *balancing*, yang berpotensi memengaruhi kemampuan generalisasi model pada kondisi

nyata. Penelitian selanjutnya dapat memanfaatkan dataset yang lebih besar dan lebih beragam, menerapkan anotasi oleh lebih dari satu ahli bahasa untuk meningkatkan konsistensi pelabelan, serta membandingkan performa IndoBERT dengan model Transformer yang lebih mutakhir, seperti IndoRoBERTa atau ModernBERT, guna memperoleh model deteksi sarkasme dengan tingkat akurasi dan generalisasi yang lebih tinggi.

4. KESIMPULAN

Penelitian ini berhasil mengimplementasikan model IndoBERT untuk mendeteksi sarkasme pada ulasan pengguna aplikasi MyPertamina dengan mengikuti tahapan Cross Industry Standard Process for Data Mining (CRISP-DM). Dataset penelitian diperoleh melalui proses *web crawling* terhadap Google Play Store sebanyak 10.000 ulasan berbahasa Indonesia. Setelah melalui proses *preprocessing*, pelabelan manual oleh ahli bahasa Indonesia, serta proses *balancing* data, model IndoBERT-base dilakukan *fine-tuning* menggunakan dataset yang telah dipersiapkan.

Hasil *fine-tuning* menunjukkan bahwa performa terbaik diperoleh pada epoch ketiga dengan validation loss sebesar 0,2006, accuracy sebesar 91,76%, dan F1-score sebesar 0,8571. Selanjutnya, hasil evaluasi menggunakan *confusion matrix* dan *classification report* menunjukkan bahwa model mencapai akurasi sebesar 91,76%, dengan Macro Precision sebesar 0,88, Macro Recall sebesar 0,95, dan Macro F1-Score sebesar 0,90. Pada kelas Non-Sarkasme, model memperoleh Precision sebesar 1,00, Recall sebesar 0,89, dan F1-Score sebesar 0,94, sedangkan pada kelas Sarkasme diperoleh Precision sebesar 0,75, Recall sebesar 1,00, dan F1-Score sebesar 0,86. Nilai *Recall* sebesar 0.98 pada kelas Sarkasme menunjukkan bahwa seluruh ulasan sarkastik pada data validasi berhasil dikenali oleh model tanpa menghasilkan false negative, meskipun masih terdapat 7 false positive yang menyebabkan beberapa ulasan non-sarkastik diprediksi sebagai Sarkasme.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa model IndoBERT mampu memahami hubungan semantik dan konteks kalimat secara efektif melalui mekanisme *self-attention*, sehingga mampu mengenali kontradiksi antara makna literal dan makna sebenarnya yang menjadi karakteristik utama kalimat sarkastik. Kemampuan tersebut menjadikan IndoBERT lebih sesuai digunakan untuk deteksi sarkasme dibandingkan pendekatan klasifikasi berbasis representasi kata konvensional, serta berpotensi meningkatkan kualitas analisis sentimen pada ulasan aplikasi layanan digital..

DAFTAR PUSTAKA

- Alam, S., & Sulisty, M. I. (2023). Analisis sentimen berdasarkan ulasan pengguna aplikasi MyPertamina pada Google Play Store menggunakan metode Naïve Bayes. *Storage: Jurnal Ilmiah Teknik dan Ilmu Komputer*, 2(3), 100–108.
- Chapman, P., Clinton, J., Kerber, R., Khabaza, T., Reinartz, T., Shearer, C., & Wirth, R. (2000). *CRISP-DM 1.0: Step-by-Step Data Mining Guide*. SPSS Inc.
- Devlin, J., Chang, M. W., Lee, K., & Toutanova, K. (2019). BERT: Pre-training of Deep Bidirectional Transformers for Language Understanding. *Proceedings of NAACL-HLT 2019*, 4171–4186.
- Khodak, M., Saunshi, N., & Vodrahalli, K. (2018). A Large Self-Annotated Corpus for Sarcasm. *Proceedings of the Eleventh International Conference on Language Resources and Evaluation (LREC 2018)*.
- Koto, F., Rahimi, A., Lau, J. H., & Baldwin, T. (2020). IndoLEM and IndoBERT: A Benchmark Dataset and Pre-trained Language Model for Indonesian NLP. *Proceedings of COLING 2020*, 757–770.
- Maulana, I., Apriandari, W., & Pambudi, A. (2023). Analisis sentimen berbasis aspek terhadap ulasan aplikasi MyPertamina menggunakan Support Vector Machine. *Idealis: Indonesian Journal of Information Systems*, 6(2), 172–181.
- Merdiansah, R., Siska, S., & Ridha, A. A. (2024). Analisis sentimen pengguna X Indonesia terkait kendaraan listrik menggunakan IndoBERT. *Jurnal Ilmu Komputer dan Sistem Informasi (JIKOMSI)*, 7(1), 221–228.
- Potamias, R., Siolas, G., & Stafylopatis, A. (2020). A Transformer-Based Approach to Irony and Sarcasm Detection. *Information Processing & Management*, 57(6).
- Prokhorenkova, L., Gusev, G., Vorobev, A., Dorogush, A. V., & Gulin, A. (2018). CatBoost: Unbiased Boosting with Categorical Features. *Advances in Neural Information Processing Systems*, 31.
- Riza, F., Hendrakusuma, D. F., Wibowo, B., Afghani, D. Y. A., & Abdurrahman. (2025). Perbandingan Kinerja Algoritma Klasifikasi Machine Learning Dalam Analisis Sentimen Ulasan Mobile Banking WONDR BY BNI. *INTECOMS: Journal of Information Technology and Computer Science*, 8(2), 425–436. <https://doi.org/10.31539/intecom.v8i2.14826>
- Riza, F., Rifai, S., Dirgantara, A., Sfenrianto, Rasenda, & Herdyansyah, S. (2020). Information Retrieval Technique for Indonesian PDF Document with Modified Stemming Porter Method Using PHP. *Journal of Physics: Conference Series*, 1477(3), 032016.
- Saputra, A., Hariyono, R. S., & Saraswati, N. M. (2024). Analisis Sentimen Pengguna Aplikasi MyPertamina Menggunakan Algoritma Bidirectional Long Short Term Memory. *Jurnal Eksplora Informatika*, 13(2), 156–163.
- Singalen, Y. A. (2023). Penerapan CRISP-DM dalam Klasifikasi Sentimen dan Analisis Perilaku Pembelian Layanan Akomodasi Hotel Berbasis Algoritma Decision Tree. *Jurnal Sistem Komputer dan Informatika (JSON)*, 5(2), 237–248.
- Sun, C., Qiu, X., Xu, Y., & Huang, X. (2019). How to Fine-Tune BERT for Text Classification? *China National Conference on Chinese Computational Linguistics*, 194–206.
- Taufiqurrahman, H., Anggraeny, F. T., & Al Haromainy, M. M. (2023). Perbandingan Algoritma Naïve Bayes dan K-Nearest Neighbor pada Analisis Sentimen Ulasan Aplikasi MyPertamina. *JATI (Jurnal Mahasiswa Teknik Informatika)*, 7(6), 3934–3939.
- Vaswani, A., Shazeer, N., Parmar, N., Uszkoreit, J., Jones, L., Gomez, A. N., Kaiser, Ł., & Polosukhin, I. (2017). Attention Is All You Need. *Advances in Neural Information Processing Systems*, 30.
- Voutama, A. (2022). Sistem Antrian Cucian Mobil Berbasis Website Menggunakan Konsep CRM dan Penerapan UML. *Komputika: Jurnal Sistem Komputer*, 11(1), 102–111.
- Wolf, T., Debut, L., Sanh, V., Chaumond, J., Delangue, C., Moi, A., Cistac, P., Rault, T., Louf, R., Funtowicz, M., & Brew, J. (2020). Transformers: State-of-the-Art Natural Language Processing. *Proceedings of EMNLP: System Demonstrations*, 38–45.
- Yang, D., Cardie, C., & Frazier, B. (2015). A Hierarchical Contextual Model for Sarcasm Detection in Social Media. *Proceedings of ACL-IJCNLP*, 244–249.

IMPLEMENTASI ARSITEKTUR IOT BERBIAYA RENDAH UNTUK DETEKSI REAL-TIME KUALITAS UDARA PADA HUNIAN TERDAMPAK EMISI KENDARAAN

Budi Wibowo

Teknik Informatika, Teknologi Industri, Institut Teknologi Budi Utomo
budiwibowo1993@gmail.com

Abstrak

Tingginya emisi gas buang dari kendaraan bermotor di kawasan pemukiman yang berbatasan langsung dengan jalan raya utama telah menciptakan risiko kesehatan yang signifikan bagi masyarakat. Guna merespons permasalahan tersebut, riset ini merancang sebuah arsitektur Internet of Things (IoT) yang ekonomis untuk memantau kualitas udara di dalam ruangan (Indoor Air Quality/IAQ) secara real-time. Kami menggunakan mikrokontroler ESP32 yang dipadukan dengan sensor gas terjangkau seperti PM2.5 dan CO. Untuk menjaga efisiensi pengiriman data, sistem ini dibekali dengan mekanisme penyaringan data (data filtering) tepat pada edge node. Hasil pengujian melalui simulasi menunjukkan bahwa sistem mampu menangkap fluktuasi polutan dengan tingkat latensi yang rendah serta akurasi yang cukup baik, terutama saat merespons dinamika emisi pada jam sibuk. Tidak hanya menyajikan data melalui dasbor berbasis cloud dan indikator visual langsung, solusi ini dirancang agar dapat diakses oleh masyarakat luas sebagai langkah preventif untuk memitigasi dampak buruk polusi. Walaupun implementasinya saat ini masih terbatas pada tahap simulasi, riset ini membuka peluang besar untuk pengembangan sistem smart home yang lebih tangguh dan solutif dalam mendukung kesehatan lingkungan di Indonesia.

Kata Kunci: IoT, Indoor Air Quality, Low-Cost, Real-time, Traffic Pollution.

1. PENDAHULUAN

Urbanisasi yang pesat telah memicu peningkatan kepadatan lalu lintas secara signifikan, terutama di kawasan hunian yang terletak tepat di sisi jalan raya utama (Li et al., 2020) (Putri, 2024). Emisi kendaraan bermotor menjadi penyumbang utama polutan berbahaya, seperti Particulate Matter (PM2.5) dan Karbon Monoksida (CO), yang dapat menembus sistem ventilasi bangunan serta menurunkan kualitas udara dalam ruangan (Indoor Air Quality atau IAQ). Mengingat masyarakat menghabiskan sekitar 90% waktunya di dalam ruangan, pemantauan IAQ menjadi krusial untuk mencegah gangguan kesehatan pernapasan jangka panjang (Puig et al., 2025). Dalam beberapa tahun terakhir, State of the Art (SotA) dalam teknologi pemantauan udara telah beralih dari stasiun pemantau statis yang mahal menuju solusi berbasis Internet of Things (IoT). Penelitian terdahulu (Amin et al., 2024) telah mendemonstrasikan keberhasilan penerapan jaringan sensor nirkabel untuk memantau parameter lingkungan di gedung perkantoran dan infrastruktur cerdas (Mh et al., 2024). Mayoritas studi yang ada saat ini berfokus pada integrasi sensor komersial dengan

platform mikrokontroler seperti Arduino atau Raspberry Pi untuk mengirimkan data ke server cloud guna visualisasi data jarak jauh. Meskipun teknologi IoT untuk pemantauan udara terus berkembang, terdapat kesenjangan signifikan dalam literatur dan implementasi saat ini. Pertama, solusi IAQ komersial berpresisi tinggi seringkali memiliki harga yang mahal, sehingga tidak terjangkau bagi rumah tangga berpenghasilan rendah hingga menengah di area padat penduduk (Gunasinghe & Tharmaseelan, 2019). Kedua, penelitian yang ada cenderung bersifat generik dan tidak dirancang secara spesifik untuk menangani dinamika fluktuasi polutan yang cepat di lingkungan pinggir jalan, di mana lonjakan polusi terjadi secara real-time sesuai dengan jam sibuk lalu lintas (Rozaq & Dwi, 2023). Ketiga, arsitektur IoT berbiaya rendah yang ada saat ini seringkali mengalami kendala latensi dan kehilangan data (data loss) ketika melakukan transmisi data berkelanjutan dalam interval pendek (Bonaventura et al., 2025). Penelitian ini memperkenalkan kebaruan (novelty) melalui pengembangan arsitektur IoT yang dioptimalkan secara khusus untuk karakteristik hunian di pinggir jalan dengan

biaya implementasi yang rendah. Berbeda dengan pendekatan sebelumnya, sistem ini mengintegrasikan mekanisme penyaringan data (data filtering) pada edge node untuk meningkatkan efisiensi transmisi, serta kalibrasi berbasis regresi sederhana untuk meningkatkan akurasi sensor berbiaya rendah terhadap pola emisi kendaraan tertentu (Castor et al., 2024). Berdasarkan permasalahan tersebut, tujuan utama dari penelitian ini adalah: Merancang arsitektur sistem IoT berbiaya rendah yang mampu memantau parameter IAQ (PM2.5, CO, suhu, dan kelembapan) secara real-time (Martins et al., 2024). Mengimplementasikan prototipe perangkat keras yang tangguh terhadap gangguan lingkungan yang lazim terjadi di perumahan pinggir jalan. Mengevaluasi performa sistem terkait latensi transmisi data, stabilitas koneksi, dan akurasi pembacaan sensor dibandingkan dengan instrumen standar selama puncak kepadatan lalu lintas (Wibowo, n.d.).

2. METODOLOGI

Penelitian ini menggunakan pendekatan eksperimental teknik yang berfokus pada perancangan, pembuatan prototipe, dan pengujian sistem IoT berbiaya rendah. Metodologi penelitian terbagi ke dalam empat tahapan utama, yakni perancangan arsitektur sistem, pemilihan perangkat keras, implementasi perangkat lunak, serta akuisisi data lapangan di lingkungan hunian tepi jalan raya.

2.1. Sistem Arsitektur

Arsitektur yang diusulkan mengikuti model IoT tiga lapis (three-tier) yang mencakup Perception Layer, Network Layer, dan Application Layer. Perception Layer terdiri dari mikrokontroler yang terintegrasi dengan sensor lingkungan untuk menangkap data mentah polutan (PM2.5, CO), suhu, dan kelembapan. Network Layer menggunakan konektivitas Wi-Fi (IEEE 802.11 b/g/n) untuk transmisi paket data dari edge node ke server cloud. Terakhir, Application Layer berfungsi sebagai dasbor berbasis cloud untuk pemrosesan dan visualisasi data IAQ secara real-time.

2.2. Perancangan dan Implementasi Perangkat Keras

Pemilihan komponen memprioritaskan ketersediaan dan nilai ekonomis. ESP32 DevKit V1 dipilih sebagai unit pemrosesan utama karena arsitektur dual-core, konektivitas Wi-Fi/Bluetooth terintegrasi, dan konsumsi daya rendah. Untuk deteksi polutan, sensor PMS5003 digunakan untuk mengukur PM2.5 berdasarkan teori hamburan laser, sementara sensor MQ-135 atau MQ-7 digunakan untuk mendeteksi konsentrasi gas CO. Selain itu, DHT22 diintegrasikan untuk memantau suhu dan kelembapan ambien. Sistem ini juga dilengkapi dengan LCD 16x2 berbasis I2C sebagai antarmuka visual lokal dan LED sebagai indikator tingkat kualitas udara (Choudhary et al., 2025; Harkai, 2024).



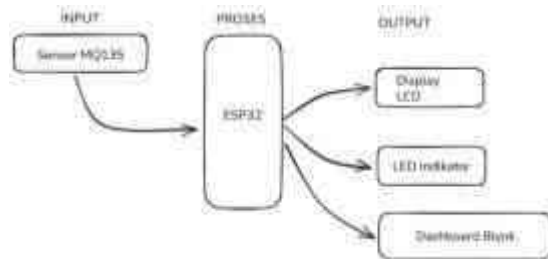
Gambar 1 sensor MQ-135
Sumber: Penelitian mandiri

2.3. Perangkat Lunak dan Protokol Komunikasi

Firmware dikembangkan menggunakan bahasa C++ dalam lingkungan *Arduino IDE*. Protokol *MQTT* (*Message Queuing Telemetry Transport*) dipilih untuk transmisi data karena *header* yang ringan dan penggunaan *bandwidth* yang efisien. Alur data dimulai dengan akuisisi sensor setiap 5 detik. *ESP32* menerapkan filter *moving average* untuk meredam *noise* sebelum data diserialisasi ke format *JSON* dan dipublikasikan ke *MQTT Broker* (Mendoza et al., 2025).

2.4. Diagram Alir

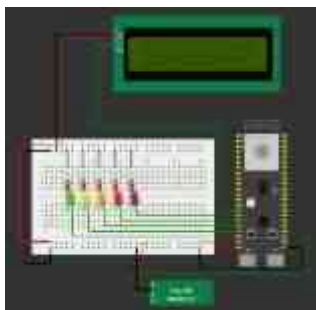
Pada gambar dibawah ini merupakan blok diagram pada penelitian yang memperlihatkan sensor MQ135 yang kemudian di proses oleh ESP32 sehingga dapat menghasilkan keluaran yang di tampilkan pada LCD, LED indikator dan Dashboard pada Blynk.



Gambar 2. Gambar Proses sistem bekerja
Sumber: Penelitian mandiri

2.5. Pengujian Sistem

Pengujian dilakukan melalui dua skenario: Uji Reliabilitas: Mengukur tingkat kehilangan paket (packet loss) dan latensi selama jam sibuk (07.00–09.00 dan 16.00–18.00) dibandingkan dengan jam tidak sibuk. Uji Sensitivitas: Mengkorelasikan pembacaan sensor dengan observasi visual tingkat kemacetan lalu lintas untuk memverifikasi kemampuan sistem dalam mendeteksi lonjakan polusi akibat kemacetan. Skema rangkaian elektronika dan blok diagram sistem (sebagaimana terlihat pada Gambar 3) menunjukkan integrasi sensor MQ-135 sebagai input, ESP32 sebagai prosesor, serta LCD, LED, dan dasbor Blynk sebagai unit output sistem.



Gambar 3. Skema Rangkaian
Sumber: Penelitian mandiri

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian sistem dilakukan melalui simulasi pada platform Wokwi untuk memvalidasi alur kerja hardware dan software.

3.1 Pengujian Sensor

Pengujian bertujuan untuk menilai sensitivitas sensor dalam merespons perubahan konsentrasi gas secara real-time. Hasil pengujian disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Tabel Pengujian Pembacaan Sensor MQ135

No.	Nilai ADC (Analog)	Estimasi Konsentrasi Gas (ppm)	Kategori Kualitas Udara	Kondisi Simulasi	Keterangan
1.	75	10 ppm	Sangat Baik	Startup Sensor	Sensor awal aktif
2.	115	77 ppm	Baik	Udara Bersih	Normal, belum ada polusi
3.	692	169 ppm	Tidak Sehat	Simulasi Polusi 1	Kendaraan ramai (ring)
4.	463	113 ppm	Sedang	Polusi Menurun	Mulai berkurang, masih masih ada
5.	401	96 ppm	Baik	Stabilisasi	Udara kembali relatif normal
6.	637	153 ppm	Tidak Sehat	Simulasi Polusi 2	Apa untuk saat, simulasi polusi meningkat
7.	520	127 ppm	Sedang	Polusi Menurun Lagi	Emit perlahan turun
8.	344	84 ppm	Baik	Udara Bersih Kembali	Udara stabil, kembali hari

Sumber: Penelitian mandiri

3.2 Pengujian Antarmuka dan Indikator

Pengujian dilakukan pada LCD 16x2, indikator LED, dan dasbor Blynk. Indikator LED diklasifikasikan berdasarkan rentang konsentrasi gas yang disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Tabel Tingkat Kualitas Udara

Warna LED	Kategori	Rentang ppm
Hijau	Sangat Baik	0 – 50 ppm
Kuning	Baik	51 – 100 ppm
Oranye	Sedang	101 – 150 ppm
Merah	Tidak Sehat	151 – 200 ppm
Ungu	Sangat Buruk	> 200 ppm

Sumber: Penelitian mandiri

Selama pengujian, sistem secara otomatis membaca data dari sensor MQ-135, mengonversi nilai analog menjadi estimasi ppm, dan menyalakan satu LED sesuai dengan kategori hasil pembacaan.

3.3 Pengujian Dashboard Blynk

Dashboard Blynk yang berfungsi sebagai antarmuka pengguna jarak jauh (remote user interface) untuk memantau kualitas udara dalam rumah secara real-time. Aplikasi Blynk dipilih karena mendukung koneksi dengan mikrokontroler ESP32 melalui jaringan Wi-Fi serta menyediakan widget visual yang mudah dikonfigurasi.



Gambar 4 Tampilan Dashboard pada aplikasi Blynk
Sumber: Penelitian mandiri

Hasil pengujian menunjukkan bahwa

- 1) Dashboard Blynk mampu menerima dan menampilkan data dari sensor secara real-time dan konsisten.
- 2) Kategori kualitas udara tampil sesuai logika sistem, identik dengan yang ditampilkan pada LCD fisik.

Dengan demikian, integrasi dashboard Blynk dalam sistem ini berhasil meningkatkan kemudahan akses informasi bagi pengguna, memungkinkan pemantauan kualitas udara dari mana saja hanya melalui smartphone.

3.4 Pembahasan

Berdasarkan hasil pengujian yang dilakukan, sistem IoT yang dirancang menunjukkan kinerja yang konsisten dalam memantau kualitas udara. Sensor MQ-135 mampu merespons perubahan konsentrasi gas dengan linearitas yang cukup baik terhadap nilai ADC yang terbaca oleh ESP32. Integrasi LCD 16x2 melalui komunikasi I2C terbukti efektif dalam menyajikan data real-time tanpa adanya delay yang berarti, yang menunjukkan efisiensi dalam pengiriman data serial. Pada sisi indikator, penggunaan lima buah LED memudahkan pengguna dalam menginterpretasikan tingkat kualitas udara secara visual tanpa harus membaca angka ppm secara mendetail. Pengujian pada dasbor Blynk juga membuktikan bahwa integrasi cloud berjalan dengan baik; data yang tampil pada dasbor smartphone identik dengan apa yang muncul pada LCD fisik, memastikan bahwa sistem memiliki sinkronisasi yang tinggi antara edge node dan application layer. Secara keseluruhan, sistem telah memenuhi tujuan awal penelitian yaitu memberikan sistem peringatan dini bagi penghuni rumah di area pinggir jalan. Meskipun pengujian saat ini masih menggunakan simulasi Wokwi, hasil ini memberikan fondasi teknis yang kuat bahwa arsitektur ESP32 yang dikembangkan mampu menangani beban data untuk

pemantauan lingkungan berkelanjutan. Langkah selanjutnya yang diperlukan adalah kalibrasi langsung dengan sensor standar di lapangan untuk mengompensasi pengaruh suhu dan kelembapan lingkungan nyata terhadap akurasi sensor MQ-135.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian, sistem pemantauan kualitas udara berbasis ESP32 dan sensor MQ-135 terbukti efektif dalam memberikan informasi real-time mengenai tingkat polusi udara pada hunian di tepi jalan raya. Sistem ini mampu mengonversi data analog sensor menjadi estimasi ppm dan mengklasifikasikannya ke dalam lima kategori kualitas udara: Sangat Baik, Baik, Sedang, Tidak Sehat, dan Sangat Buruk. Integrasi LCD 16x2, indikator LED, serta dasbor Blynk telah berhasil memfasilitasi pemantauan baik secara lokal maupun jarak jauh melalui perangkat seluler. Hasil simulasi pada platform Wokwi menunjukkan bahwa sistem mampu merespons fluktuasi polusi secara cepat, akurat, dan konsisten, sekaligus meningkatkan kesadaran pengguna terkait kesehatan lingkungan smart home. Pengujian lapangan mendatang akan difokuskan pada optimalisasi kalibrasi sensor dan stabilitas sistem agar solusi ini dapat diimplementasikan secara praktis sebagai perangkat pemantau kualitas udara yang tangguh di Indonesia.

DAFTAR PUSTAKA

- Amin, A., Wang, X., Guoxiang, S., Shi, Y., Ndumiaassan, J. N., & Okasha, M. (2024). Design And Experimentation of a Solar-Powered Robot for Cleaning the Greenhouse Roofs. *Results In Engineering*, 23(July), 102602. <https://doi.org/10.1016/J.Rineng.2024.102602>
- Bonaventura, D., Esposito, S., & Bella, G. (2025). A Case of Smart Devices That Compromise Home Cybersecurity. *Computers And Security*, 151. <https://doi.org/10.1016/J.Cose.2024.104286>
- Castor, P. R. P., Nabua, M. A., Bokingito, P. B., Alce, A. R. B., & Galido, A. P. (2024). Design And Development of A University

- Outdoor Air Quality Monitoring System. *Procedia Computer Science*, 234, 1697–1704.
<https://doi.org/10.1016/j.procs.2024.03.175>
- Choudhary, V., Guha, P., Pau, G., & Mishra, S. (2025). An Overview of Smart Agriculture Using Internet of Things (Iot) And Web Services. *Environmental And Sustainability Indicators*, 26(January), 100607.
<https://doi.org/10.1016/j.indic.2025.100607>
- Gunasinghe, A., & Tharmaseelan, J. (2019). Smart Water Dispenser. *International Journal of Innovative Science and Research Technology*, 4(4).
<https://www.researchgate.net/publication/348832527>
- Harkai, A. (2024). Managing Cyber-Security Risks Associated with Iot Devices for Conducting Financial Transactions Within the Smart Home Ecosystem. *Procedia Computer Science*, 242, 200–210.
<https://doi.org/10.1016/j.procs.2024.08.260>
- Hermawan, S., Rahmawati, S., Aditia, Q., Wibowo, B., & Yuswanto, A. (2023). Designing A Water Temperature Control and Monitoring System for Vaname Shrimp Cultivation Based On The Internet Of Things (Iot). *Jurnal Komputer Dan Elektro Sains*, 1(1), 14-17.
- Li, Z., Yano, A., & Yoshioka, H. (2020). Feasibility Study of A Blind-Type Photovoltaic Roof-Shade System Designed For Simultaneous Production Of Crops And Electricity In A Greenhouse. *Applied Energy*, 279, 115853.
<https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2020.115853>
- Martins, P., Ramos, A., Pina, E., Vaz, P., Silva, J., & Abbasi, M. (2024). Smart Building Control: An Android Application for Enhanced Monitoring And Management In The Internet Of Things Era. *Procedia Computer Science*, 238(2019), 594–601.
<https://doi.org/10.1016/j.procs.2024.06.066>
- Mendoza, A. P., Chávez, J. L. C., & Mendoza, R. T. (2025). Applications And Methodologies of Internet of Things In Warehouses And Inventory Management: A Systematic Literature Review. *Procedia Computer Science*, 253, 1236–1245.
<https://doi.org/10.1016/j.procs.2025.01.185>
- Mh, M., Jakarta, T., Agustino, R., Saputro, M. I., Gustiawan, H., & Sakaria, M. A. (2024). *Inovasi Pengelolaan Sampah : Tempat Sampah Pintar Berbasis Iot Di Penerapan It Dalam Pengelolaan Sampah . Tempat Sampah Ini Dapat Mendeteksi Tingkat Museum, Tetapi Juga Bagi Pengunjung Dan Lingkungan. Pengunjung Akan Mendapatkan*. 10(1), 309–325.
- Permana, R., Yuswanto, A., & Wibowo, B. (2023). A Nodemcu Internet Of Things-Based Fire Automation Design with Blynk Apps Notifications. *Teknomik*, 6(1), 14-19.
- Puig, F., Garcia-Vila, M., Soriano, M. A., & Rodríguez-Díaz, J. A. (2025). Aquacrop-Iot: A Smart Irrigation Platform Integrating Real-Time Images And Weather Forecasting. *Computers And Electronics In Agriculture*, 235(April), 110372.
<https://doi.org/10.1016/j.compag.2025.110372>
- Putri, N. A. Z. (2024). *Sistem Pendeteksi Kualitas Udara Dalam Ruangan Berbasis Internet Of Things (Iot)*. 5(1), 9–17.
- Rozaq, I. A., & Dwi, N. Y. (2023). Pengembangan Tempat Sampah Otomatis Berbasis Internet of Things (Iot) Untuk Pengelolaan Sampah Logam Dan Non-Logam. *Jeecom Journal of Electrical Engineering and Computer*, 5(2), 250–257.
<https://doi.org/10.33650/Jeecom.V5i2.6908>
- Wibowo, B., & Alaydrus, M. (2019, October). Smart Home Security Analysis Using Arduino Based Virtual Private Network. In *2019 Fourth International Conference on Informatics and Computing (Icic)* (Pp. 1-4). Ieee.
- Wibowo, B., & Yuswanto, A. (2023). The Early Detection of Lpg Gas Cylinder Leaks In Households Based on The Internet Of Things With Sms Message Notifications. *Jurnal Komputer Dan Elektro Sains*, 1(1), 1-4.

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, Penggalian Data, Algoritma Apriori

1. PENDAHULUAN

Penggalian 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 penggalian data. Aturan yang menyatakan asosiasi antara beberapa atribut sering disebut analisis keranjang pasar. Analisis asosiasi atau *association rule mining* adalah teknik penggalian 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].

Cara implementasi algoritma Apriori pada data berskala besar untuk menghasilkan rekomendasi film berdasarkan genre.

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

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

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

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

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

3.2. 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 :

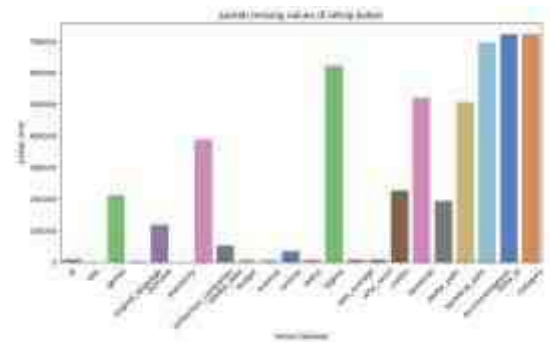
1. 'Title': 'title',
2. 'Director':
 'production_companies',
3. 'Cast': 'credits',
4. 'Country': 'original_language',
5. 'Release_Date': 'release_date',
6. 'Duration': 'runtime',
7. 'Type': 'genres',
8. 'Description': 'overview',
9. 'Rating': 'popularity'

[illegible]

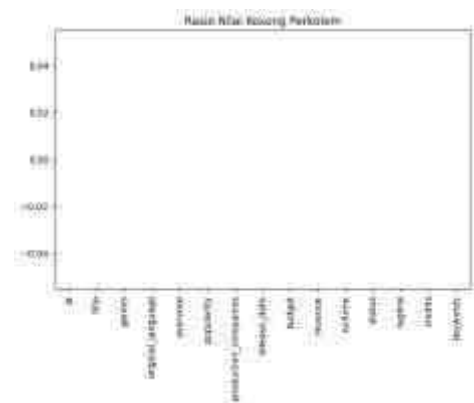
3.3. Data Cleaning

1. Data Duplikat

2. Melihat missing value



Untuk mencegah terhapusnya data yang penting, digunakan metode ffill: `df.fillna(method='ffill', inplace=True)` Metode ffill berfungsi untuk mengisi nilai yang kosong dengan nilai sebelumnya. Setelah langkah pengisian data tersebut, barulah dilakukan penghapusan missing value yang memiliki banyak nilai kosong.



3. Menghapus data kolom yang tidak diperlukan

```

class pandas.core.frame.DataFrame
Index: 0 entries
Data columns (total 17 columns):
 #   Column                Non-Null Count  Dtype  
---  -
 0   id                     0 non-null     float64
 1   title                  0 non-null     object  
 2   genres                 0 non-null     object  
 3   original_language      0 non-null     object  
 4   overview               0 non-null     object  
 5   popularity             0 non-null     object  
 6   production_companies   0 non-null     object  
 7   release_date           0 non-null     object  
 8   budget                 0 non-null     float64
 9   revenue                 0 non-null     float64
10   runtime                0 non-null     object  
11   status                 0 non-null     object  
12   tagline                0 non-null     object  
13   credits                0 non-null     object  
14   keywords               0 non-null     object  
dtype: float64(5), object(12)
memory usage: 0.0+ bytes

```

Gambar 6. Info data kolom sebelum dihapus
Sumber Data : Hasil Olahan Data Penelitian

```

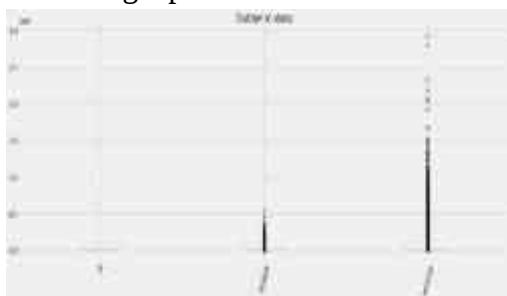
class pandas.core.frame.DataFrame
Index: 0 entries
Data columns (total 15 columns):
 #   Column                Non-Null Count  Dtype  
---  -
 0   id                     0 non-null     float64
 1   title                  0 non-null     object  
 2   genres                 0 non-null     object  
 3   original_language      0 non-null     object  
 4   overview               0 non-null     object  
 5   popularity             0 non-null     object  
 6   production_companies   0 non-null     object  
 7   release_date           0 non-null     object  
 8   budget                 0 non-null     float64
 9   revenue                 0 non-null     float64
10   runtime                0 non-null     object  
11   status                 0 non-null     object  
12   tagline                0 non-null     object  
13   credits                0 non-null     object  
14   keywords               0 non-null     object  
dtype: float64(5), object(12)
memory usage: 0.0+ bytes

```

Gambar 7. Info data setelah hapus kolom
Sumber Data : Hasil Olahan Data Penelitian

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

4. Menghapus Outlier



Gambar 8. Visualisasi data sebelum dihapus outlier
Sumber Data : Hasil Olahan Data Penelitian

Visualisasi diatas terdapat dua titik koordinat : 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.

Visualisasi diatas terdapat dua titik koordinat : 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 9. Visualisasi data setelah dihapus outlier
Sumber Data : Hasil Olahan Data Penelitian

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

3.4. Data Transformation

Pada tranformasi data berdasarkan genre dari film

```

genre Action Adventure Animation Comedy Crime Drama Family Fantasy Horror Mystery Romance Sci-Fi Thriller
0      0      0      0      0      0      0      0      0      0      0      0      0      0      0      0      0      0      0      0
1      0      0      0      0      0      0      0      0      0      0      0      0      0      0      0      0      0      0      0
2      0      0      0      0      0      0      0      0      0      0      0      0      0      0      0      0      0      0      0
3      0      0      0      0      0      0      0      0      0      0      0      0      0      0      0      0      0      0      0
4      0      0      0      0      0      0      0      0      0      0      0      0      0      0      0      0      0      0      0

```

Gambar 10. 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.

3.5. Data Mining

3.5.1. 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	0.103825	(Adventure)
2	0.087432	(Animation)
3	0.229588	(Comedy)
4	0.070503	(Crime)

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

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

Menampilkan nilai confidence

	antecedent	consequent	antecedent support	consequent support	support	confidence	if
0	Animation	Family	0.087432	0.103825	0.060109	0.6875	0.6875
1	Animation	Crime	0.087432	0.070503	0.0060109	0.0060109	0.0060109
2	Animation	Comedy	0.087432	0.229588	0.020000	0.2450	0.2450
3	Animation	Action	0.087432	0.224044	0.019500	0.2230	0.2230
4	Action	Animation	0.224044	0.087432	0.038500	0.1718	0.1718

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 0.060109 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".

- g. **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

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

Menampilkan nilai Lift

antecedents	consequents	antecedent support	consequent support	support	confidence	lift
1. Adventure	Action	0.169399	0.224044	0.380543	0.894401	5.169102
2. Animation	Adventure	0.224044	0.169399	0.413524	0.750452	5.280452
3. Animation	Action	0.224044	0.169399	0.413524	0.750452	5.280452
4. Animation	Family	0.224044	0.169399	0.413524	0.750452	5.280452

Gambar 12 Hasil perhitungan nilai lift dengan batas minimal nilai 1.0

Sumber Data : Hasil Olahan Data Penelitian

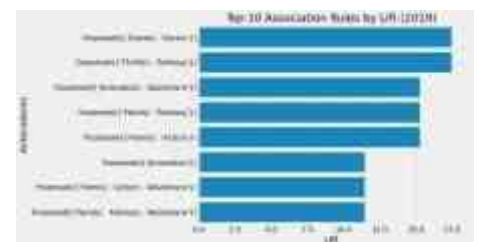
Berikut adalah cara menghitung nilai lift dari data di atas:

- a. **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.
- b. **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.

- c. **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.
- d. **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.

3.5.2. Hasil Analisis Algoritma Apriori



Gambar 13. Hasil genre terbesar dari perhitungan nilai lift diatas 1.0
Sumber Data : Hasil Olahan Data Penelitian

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

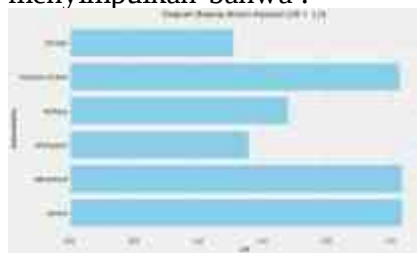
- Pada data teratas terdapat kombinasi data genre drama dan horor dengan nilai 17.5

- Pada data teratas ke 2 terdapat genre Thiller 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

3.6. Interpretasi/Evaluasi

3.6.1. Kesimpulan dari data

Pada tahap evaluasi menyimpulkan bahwa :



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

Sumber Data : Hasil Olahan Data Penelitian

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

3.6.2. Rekomendasi berdasarkan Analisis

Hasil penelitian diatas 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.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Arhami & Nasir. *Data mining algoritma dan impelementasi*. 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

PENERAPAN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA SISTEM ARUS SEARAH BERBASIS INTERNET OF THINGS DAN ANDROID

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

Energi matahari sangat melimpah terutama di daerah dengan iklim tropis seperti Indonesia yang selalu terpapar sinar matahari sepanjang tahun. Ini merupakan sumber energi yang dapat dikembangkan dan dimanfaatkan. Penelitian ini ditujukan untuk mempermudah dan mengetahui kerusakan pada panel pembangkit listrik tenaga surya lebih awal, sehingga dapat segera melakukan troubleshooting lebih dini sebelum kerusakan lebih lanjut dengan menggunakan mikrokontroler NodeMCU 8266 yang dapat di IOT. Penelitian ini dirancang untuk mengetahui pemanfaatan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) dengan beban arus searah terhadap kapasitas PLTS yang digunakan. Pengujian Penerapan Pembangkit Listrik Tenaga Surya Sistem Arus Searah Berbasis Internet Of Things Dan Android, Pengukuran yang dilakukan antara lain mengukur tegangan rata – rata yang dihasilkan Solar Cell adalah 17,05 V. Mengukur tegangan dari SCC (Solar Charger Controller) ke baterai dengan rata – rata tegangan yang terukur pada SCC adalah 12,44 V. Mengukur tegangan dari SCC (Solar Charger Controller) ke Stop Kontak dengan rata – rata tegangan yang terukur pada Stop Kontak adalah 12.46 V. Proses pengambilan data hasil pembacaan tegangan dan beban output PLTS dilakukan kurang lebih 4 jam dengan pengambilan data hasil pembacaan selama 30 menit sekali dengan sensor PZEM-017 dengan rata-rata tegangan yang terbaca adalah 12,09 V, dan rata-rata arus yang terbaca adalah 0,32 A.

Kata Kunci: PLTS, NodeMCU, IOT, jarak jauh, kontrol

1. PENDAHULUAN

Di daerah tropis seperti Indonesia, penggunaan energi panas matahari sangat baik dan tepat (D. Dzulfikar and W. Broto, 2016). Saat ini, ada banyak potensi untuk pengembangan energi surya sebagai sumber energi terbarukan. Tenaga surya adalah sumber daya terbarukan yang selalu dapat diakses. Tenaga surya juga dapat digunakan sebagai sumber energi cadangan yang, jika digabungkan dengan sel surya, akan menghasilkan listrik. Sel surya telah merevolusi cara kita berpikir tentang energi sejak tahun 1970-an dan memberi kita teknik baru untuk menghasilkan energi listrik tanpa memerlukan bahan bakar fosil seperti batu bara, minyak, gas, atau proses nuklir. Sel surya juga lebih bermanfaat bagi lingkungan karena dapat beroperasi secara efektif di hampir semua lokasi di dunia yang memiliki sinar matahari tanpa melepaskan polutan yang dapat membahayakan lingkungan (G. Widayana, 2012). Pemanfaatan energi matahari untuk menghasilkan energi listrik adalah salah satu

contohnya, fasilitas ini dikenal dengan sebutan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) di masyarakat (A. Supriyadi and J. Jamaalud, 2018) Mengingat sumber energi matahari yang sering kali sangat melimpah di tanah Indonesia, pemanfaatan sumber energi listrik alternatif sangat menjanjikan (K. Akhmad, 2005)

Penelitian ini menerapkan sistem listrik arus searah bertegangan arus searah (DC) dengan menggunakan NodeMCU ESP8266, kemudian interface dari aplikasi blynk yang terkoneksi internet akan menampilkan grafik beban yang dapat dimonitoring secara real time. Sistem tegangan arus searah dipilih untuk meningkatkan efisiensi sistem PLTS, karena PLTS membangkitkan tegangan arus searah dan beban juga dipakai beban arus searah.

Meskipun sederhana, murah, dan yang paling penting, tidak merusak ekosistem lingkungan, energi matahari adalah sumber daya terbarukan yang hampir tidak pernah digunakan oleh banyak orang (J. Jamaaluddin and S. Sumarno, 2012). Panel surya, pengontrol

pengisi daya surya (SCC), baterai atau aki, dan beban membentuk sebuah sistem PLTS. Untuk menyalakan beban pada lampu, sistem PLTS mengubah energi surya menjadi energi listrik arus searah (N. S. Kumara, 2017)

Panel surya adalah perangkat yang mengubah energi cahaya (foton) sinar matahari secara langsung menjadi energi listrik.

Untuk menyimpan energi listrik yang dihasilkan oleh panel surya di siang hari untuk digunakan di malam hari, baterai adalah bagian penting dari PLTS. Produk ini cukup tersedia di tingkat nasional dalam hal distribusi dan kapasitas. Untuk melihat dalam kegelapan, lampu adalah perlengkapan sehari-hari yang penting. Ada lampu yang digunakan di mana-mana di planet ini.

2. METODOLOGI

2.1 Jenis Penelitian

Di dalam penelitian ini menggunakan sistem yang memungkinkan untuk melakukan pemantauan Sistem PLTS yang dapat mengubah energi matahari menjadi energi listrik arus searah untuk menyuplai beban pada lampu secara real time.

2.2 Diagram Alir

Diagram alir menggambarkan pola berpikir kita dalam melakukan suatu kegiatan penelitian yang dapat disampaikan dalam bentuk diagram urutan penelitian. Berikut adalah diagram alir penelitian :



Gambar 1 Diagram Alir

Sumber : Penelitian Mandiri 2026

1. Studi Literatur

Pada fase ini, penelitian, survei dan berbagai referensi dari buku, jurnal dan studi dibandingkan untuk

mendapatkan bahan yang cocok untuk penelitian. Perancangan prototipe Tahapan ini penulis melakukan perancangan alat dan bahan, memilih penempatan device untuk mendapatkan tampilan yang maksimal.

2. Analisis Kebutuhan Sistem

Tahap ini merupakan tahap analisis terhadap apa saja yang dibutuhkan dalam penelitian. Suatu proses di mana masalah terpenting yang dihadapi dijelaskan secara sistematis

3. Perancangan Sistem

Proses desain sistem pada tahap ini dimulai dengan pembuatan diagram blok dan diagram node (masing-masing untuk sensor dan mikrokontroler).

4. Implementasi

Melakukan konfigurasi pada Arduino, mulai dari pembuatan program, perancangan alat, instalasi alat, konfigurasi aplikasi yang digunakan untuk memonitoring, melakukan penulisan algoritma dan diupload ke setiap mikrokontroler.

5. Pengambilan Data

Kumpulkan informasi tentang tes yang telah dijalankan.

6. Analisis Data

Fase terakhir dari penelitian ini adalah analisis data. Sistem dapat memberikan informasi karena data pengukuran dari sensor telah diproses secara efektif.

7. Kesimpulan

Menarik kesimpulan dari penelitian, berguna untuk menggambarkan pengantar singkat dan kesimpulan dari penelitian.

2.3 Metode Penelitian

Dalam melaksanakan suatu penelitian penulis membutuhkan metode yang tepat dalam membantu sebuah penelitian agar berjalan lancar dan mendapatkan hasil sesuai dengan yang diharapkan. Adapun metode yang diterapkan penulis sebagai berikut :

1. Metode Pengumpulan Data

Metode yang digunakan penulis untuk memperoleh informasi dan data yang dibutuhkan penulis. Pengumpulan data dilakukan dengan cara berikut :

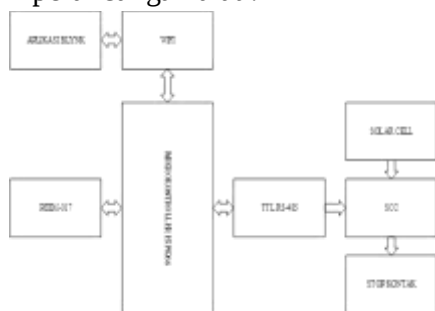
- 1) Studi literatur, yaitu mengumpulkan, mempelajari dan memahami teori – teori yang dibutuhkan dalam pembuatan laporan tugas akhir ini dari buku – buku referensi, artikel, jurnal dan sumber lain yang terkait dengan Penerapan Pembangkit Listrik Tenaga Surya Sistem Arus Searah Berbasis Internet Of Things Dan Android.
 - 2) Metode observasi, yaitu metode mengumpulkan data hasil pemantauan beban pada sistem PLTS dengan arus searah menggunakan smartphone.
2. Metode Analisis Data
- Analisis data adalah suatu proses atau upaya untuk mengolah data menjadi informasi yang baru. Pada penelitian ini digunakan metode analisis data jenis kuantitatif. Metode analisis data kuantitatif adalah metode yang digunakan ketika melakukan penelitian berkaitan dengan data numerik.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Perancangan Data

1. Blok Diagram Rangkaian

Perancangan dengan melihat tiap blok diagram. Berikut diagram blok perancangan alat :



Gambar 2 Blok Diagram Alat.

Sumber : Penelitian Mandiri 2026

Pada perancangan alat Penerapan Pembangkit Listrik Tenaga Surya Sistem Arus Searah Berbasis Internet Of Things Dan Android, terdiri dari beberapa komponen yaitu : Solar Cell, SCC (Solar Charge Controller), TTL RS485 dan baterai. Untuk

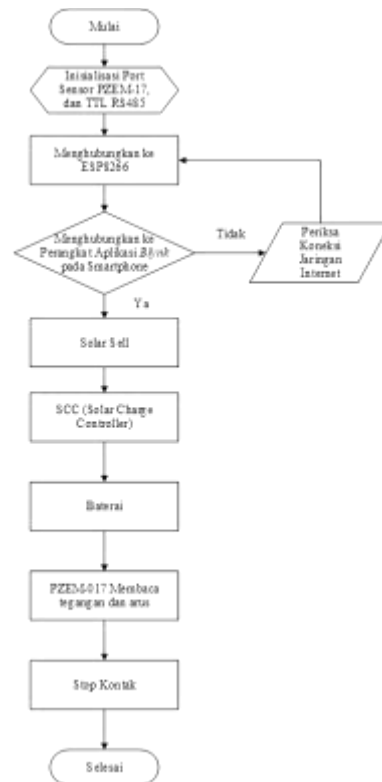
mikrokontroler yang digunakan adalah ESP8266, sensor yang digunakan adalah sensor tegangan dan arus PZEM-017.

2. Diagram Alir Alat

Suatu bentuk diagram yang dikenal sebagai diagram alir digunakan untuk mengilustrasikan algoritma atau langkah-langkah berurutan dari instruksi dalam suatu sistem. Diagram alir sering digunakan sebagai bukti dokumentasi untuk menggambarkan struktur logis dari sebuah sistem yang akan dibangun dan kemudian diserahkan kepada programmer. Dengan cara ini, diagram alir dapat membantu memberikan solusi untuk masalah yang mungkin timbul selama pembangunan sebuah sistem. Pada intinya, simbol-simbol digunakan untuk menggambarkan diagram alir. Setiap simbol menunjukkan langkah tertentu dalam suatu proses, dan garis penghubung digunakan untuk menjelaskan bagaimana satu langkah mengarah ke langkah berikutnya.

Penulisan kode atau perintah pada ESP8266 menggunakan bahasa C dan perangkat lunak Arduino IDE membuat program data untuk mikrokontroler. Program data ESP8266 dirancang untuk melakukan tugas-tugas berikut :

- 1) Menerima input dari sensor tegangan PZEM-017.
- 2) Mikrokontroler ESP8266 akan memproses sinyal input dari sensor.
- 3) Nilai output akan dikirimkan ke server blynk, melalui jaringan WiFi.



Gambar 3 Diagram Alir Alat.
Sumber : Penelitian Mandiri 2026

3. Perancangan Perangkat Keras

Perancangan perangkat keras Penerapan Pembangkit Listrik Tenaga Surya Sistem Arus Searah Berbasis Internet Of Things Dan Android terdiri dari beberapa bagian yaitu Solar Cell, SCC (Solar Charge Controller), ESP8266, TTL RS485, Shunt Resistor, Baterai 12 V 9 Ah, PZEM-017, MCB 2P, Kabel Jumper, Stop Kontak, Terminal Blok.

Prinsip kerja dari alat ini adalah sel surya akan menyerap energi matahari, lalu SCC (Solar Charge Controller) akan mengisi baterai. Sensor PZEM-017 akan membaca tegangan, arus, dan daya yang dihasilkan oleh PLTS arus searah ini.



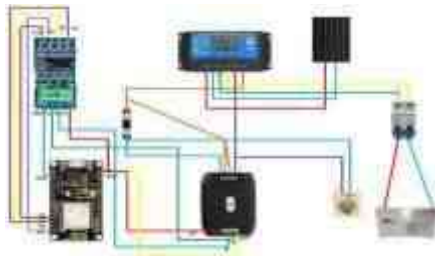
Gambar 4. Wiring Diagram Alat.
Sumber : Penelitian Mandiri 2026

Tabel 1 Konfigurasi Alat.

Sensor PZEM-017	TTL RS485	ESP8266
V+	V+	V+
GND	GND	GND
—	TX	GPIO Pin 10
—	RX	GPIO Pin 11
—	—	GPIO Pin 12
—	—	GPIO Pin 13
—	—	—
—	—	—

Solar Cell	SCC	Baterai	Stop Kontak
Load	PV Load	—	—
—	Baterai	Charge Battery	—
—	Load	—	Load

- Rangkaian Pengawat Sensor PZEM-017 dan TTL RS485 ke ESP8266
PZEM-017 adalah modul komunikasi DC yang mengukur tegangan, arus, daya, dan energi. Modul ini dapat mengukur daya DC hingga 300VDC dan arus pada rentang pemasangan shunt eksternal 50A hingga 300A. Port komunikasi RS485 internal yang menggunakan protokol Modbus-RTU, yang digunakan oleh sebagian besar perangkat industri, ada di semua pengukur energi seri PZEM. Modul TTL RS-485 merupakan komponen yang digunakan sebagai media konverter antara RS485 dan komunikasi serial (UTL UART). Modul ini dapat digunakan pada mikrokontroler untuk berkomunikasi, membaca, atau memberikan informasi ke perangkat melalui komunikasi RS485.



Gambar 5 Rangkaian Keseluruhan.
Sumber : Penelitian Mandiri 2026

Tabel 2 Konfigurasi Pin PZEM-017 dan
TTL RS485 ke ESP8266.

Sensor PZEM-017	TTL RS485	ESP8266
5V	5V	5V
GND	GND	GND
	DE	GPIO Pin D0
	RE	GPIO Pin D1
	RD	GPIO Pin D2
	DI	GPIO Pin D3
A	A	
B	B	

5. Perancangan Perangkat Lunak

Pada suatu sistem tentunya terdapat algoritma agar sistem tersebut dapat berjalan sesuai yang diinginkan. Tentu diperlukan pembuatan program untuk mengolah data nilai sensor agar sensor tersebut mengeluarkan nilai output yang sesuai. Arduino IDE adalah software yang digunakan untuk mengolah data sensor dan membuat sketch pemrograman. Setelah program dibuat sesuai dengan instruksi pada sensor yang akan digunakan lalu program diupload ke mikrokontroler ESP8266 agar dapat membaca hasil inputan dari sensor yang digunakan. Berikut tahapan pemrograman Perancangan perangkat lunak Penerapan Pembangkit Listrik Tenaga Surya Sistem Arus Searah Berbasis Internet Of Things Dan Android:

- 1) Inisialisasi pin sensor PZEM-017 dan TTL RS485 ke ESP8266 dan Blynk.

Pada tahapan ini dilakukan inisialisasi port untuk sensor PZEM-017 sebagai analog input, sehingga nilai pembacaan sensor yang berupa nilai ADC dikonversi menjadi nilai ukuran tegangan dan arus.



Gambar 6 Tampilan pada Aplikasi
Blynk.

Sumber : Penelitian Mandiri 2026

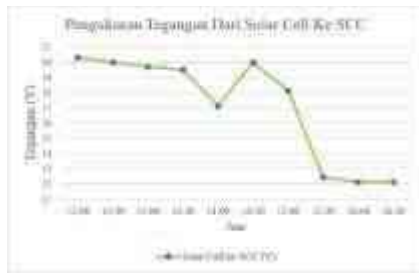
3.2 Analisis

Tujuan dari Penerapan Pembangkit Listrik Tenaga Surya Sistem Arus Searah Berbasis Internet Of Things Dan Android adalah untuk mengetahui apakah alat sudah sesuai dengan yang diharapkan dan dapat membaca arus, tegangan, dan daya pada output PLTS secara real-time.

Pada tabel 3. menunjukkan hasil data pengukuran Penerapan Pembangkit Listrik Tenaga Surya Sistem Arus Searah Berbasis Internet Of Things Dan Android, pengujian dilakukan pada jam 12.00 sampai dengan 16.30. Pengukuran yang dilakukan antara lain mengukur tegangan yang dihasilkan dari solar cell, tegangan dari SCC (Solar Charger Controller) ke baterai, dan tegangan keluaran dari SCC ke stop kontak.

Tabel 3 Hasil Pengukuran pada SCC.

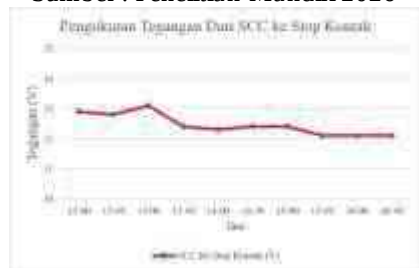
No	Jam	Solar Cell ke SCC (V)	SCC ke Baterai (V)	SCC ke Stop Kontak (V)
1	12:00	20,1	11	12,9
2	12:30	20	12,9	12,8
3	13:00	19,5	11	12,1
4	13:30	19,5	12,7	12,4
5	14:00	17,1	12,9	12,3
6	14:30	20	12,7	12,4
7	15:00	18,1	12,1	12,4
8	15:30	13,8	12,1	12,1
9	16:00	12,1	12,1	12,1
10	16:30	12,1	12,1	12,1
Rata - Rata		17,05	12,44	12,48



Gambar 7 Grafik Hasil Pengukuran Tegangan dari Solar Cell ke SCC.
Sumber : Penelitian Mandiri 2026



Gambar 8 Grafik Hasil Pengukuran Tegangan dari SCC ke Baterai.
Sumber : Penelitian Mandiri 2026

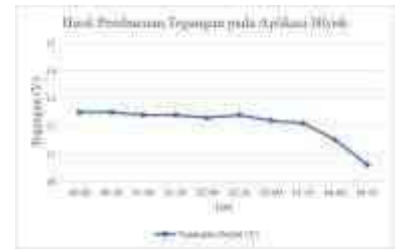


Gambar 9 Grafik Hasil Pengukuran Tegangan dari SCC ke Inverter.
Sumber : Penelitian Mandiri 2026

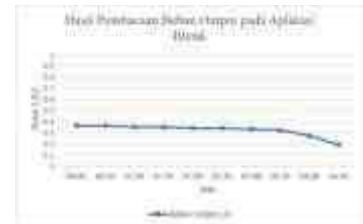
Pada tabel 4 menunjukkan hasil data dari pembacaan nilai beban pada output yang terampil pada interface aplikasi blynk yang ada di smartphone. Pengujian dilakukan dengan menggunakan beban lampu LED 10 Watt, dan dilakukan pada jam 00.00 sampai dengan jam 05.00.

Tabel 4 Hasil Pembacaan pada Aplikasi Blynk.

No	Jam	Tegangan Output (V)	Beban Output (A)
1	00:00	12,5	0,36
2	00:30	12,5	0,36
3	01:00	12,4	0,35
4	01:30	12,4	0,35
5	02:00	12,3	0,34
6	02:30	12,4	0,34
7	03:00	12,2	0,33
8	03:30	12,1	0,32
9	04:00	11,5	0,27
10	04:30	10,6	0,19
Rata - Rata		12,09	0,321



Gambar 10 Grafik Hasil Pembacaan Tegangan pada Aplikasi Blynk
Sumber : Penelitian Mandiri 2026



Gambar 11 Grafik Hasil Pembacaan Beban Output pada Aplikasi Blynk
Sumber : Penelitian Mandiri 2026

3.3 Pembahasan

Pengujian Penerapan Pembangkit Listrik Tenaga Surya Sistem Arus Searah Berbasis Internet Of Things Dan Android, dilakukan pada jam 12.00 sampai dengan 16.30. Pengukuran yang dilakukan antara lain mengukur tegangan terendah yang dihasilkan dari solar cell adalah 12,1 V, dan tegangan tertinggi yang dihasilkan Solar Cell adalah 20,3 V, dengan rata – rata tegangan yang dihasilkan Solar Cell adalah 17,05 V. Mengukur tegangan dari SCC (Solar Charger Controller) ke baterai dengan tegangan terendah yang terukur pada SCC adalah 12,1 V, dan tegangan tertinggi yang terukur pada SCC adalah 13 V, dengan rata – rata tegangan yang terukur pada SCC adalah 12,44 V. Mengukur tegangan dari SCC (Solar Charger Controller) ke Stop Kontak dengan tegangan terendah yang terukur pada Stop Kontak adalah 12,1 V, dan tegangan tertinggi yang terukur pada Stop Kontak adalah 12,9 V dengan rata – rata tegangan yang terukur pada Stop Kontak adalah 12.46 V.

Proses pengambilan data hasil pembacaan tegangan dan beban output PLTS dilakukan menggunakan lampu LED 10 W sebagai beban dengan menggunakan

sumber PLTS yang sudah tersimpan pada baterai, pengujian dilakukan hingga lampu LED padam yaitu kurang lebih 4 jam dengan pengambilan data hasil pembacaan selama 30 menit sekali, adapun tegangan terendah yang terbaca pada alat ini dengan sensor ZEM-017 adalah 10,6 V, dan tegangan tertinggi yang terbaca adalah 12,5 V, dengan rata-rata tegangan adalah 12,09 V. Adapun arus terendah yang terbaca adalah 0,19 A, dan arus tertinggi yang terbaca adalah 0,36 A, dengan rata-rata arus yang terbaca adalah 0,32 A.

4. KESIMPULAN

Kesimpulan yang dapat diambil dari pengembangan dan pengujian Penerapan Pembangkit Listrik Tenaga Surya Sistem Arus Searah Berbasis Internet Of Things Dan Android adalah sebagai berikut :

1. Telah berhasil dilakukan perancangan Penerapan Pembangkit Listrik Tenaga Surya Sistem Arus Searah Berbasis Internet Of Things Dan Android dan telah sesuai dengan yang diharapkan.
2. Pengujian Penerapan Pembangkit Listrik Tenaga Surya Sistem Arus Searah Berbasis Internet Of Things Dan Android, Pengukuran yang dilakukan antara lain mengukur tegangan rata – rata yang dihasilkan Solar Cell adalah 17,05 V. Mengukur tegangan dari SCC (Solar Charger Controller) ke baterai dengan rata – rata tegangan yang terukur pada SCC adalah 12,44 V. Mengukur tegangan dari SCC (Solar Charger Controller) ke Stop Kontak dengan rata – rata tegangan yang terukur pada Stop Kontak adalah 12.46 V.
3. Proses pengambilan data hasil pembacaan tegangan dan beban output PLTS dilakukan kurang lebih 4 jam dengan pengambilan data hasil pembacaan selama 30 menit sekali dengan sensor PZEM-017 dengan rata-rata tegangan yang terbaca adalah 12,09 V, dan rata-rata arus yang terbaca adalah 0,32 A.

DAFTAR PUSTAKA

D. Dzulfikar and W. Broto, “OPTIMALISASI PEMANFAATAN ENERGI LISTRIK TENAGA SURYA SKALA RUMAH

TANGGA,” in Prosiding Seminar Nasional Fisika (E-Journal), 2016, pp. SNF2016-ERE-73-SNF2016-ERE-76. doi: 10.21009/0305020614.

- A. Supriyadi and J. Jamaaluddin, “Analisa Efisiensi Penjejak Sinar Matahari Dengan Menggunakan Kontrol ATMEGA16,” JEEE-U (Journal Electr. Electron. Eng., vol. 2, no. 1, pp. 8–15, 2018.
- K. Akhmad, “Pembangkit listrik tenaga surya dan penerapannya untuk daerah terpencil,” Din. Rekayasa, vol. 1, no. 1, pp. 29–33, 2005.
- J. Jamaaluddin and S. Sumarno, “Perencanaan Sistem Pentanahan Tenaga Listrik Terintegrasi Pada Bangunan,” JEEE-U (Journal Electr. Electron. Eng., vol. 1, no. 1, pp. 29–33, 2017, doi: 10.21070/jeee-u.v1i1.375.
- G. Widayana, “Pemanfaatan energi surya,” J. Pendidik. Teknol. dan Kejuru., vol. 9, no. 1, 2012.

PENGARUH PROSES PENGELASAN SMAW TERHADAP SIFAT MEKANIK MATERIAL SUS 304 L

Parman Sinaga

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

Abstrak

Kemajuan teknologi di bidang konstruksi yang semakin maju tidak dapat dipisahkan dari pengelasan karena mempunyai peranan penting dalam rekayasa dan reparasi logam. Pengelasan pada material baja tahan karat adalah salah satu teknologi pengelasan yang membutuhkan proses tertentu karena dalam prosesnya baja tahan karat tidak boleh bereaksi dengan udara, sehingga pengelasan bahan SS 304 L dilakukan dengan Las SMAW. (Shielding Metal Arc Welding). Permasalahannya belum di ketahuinya sifat mekanis mekanis hasil pengelasan bahan tersebut. Material SS 304 L adalah bahan baja tahan karat yang sangat tinggi sering digunakan pada konstruksi industri seperti farmasi, kimia, dan lainnya. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisa sifat mekanik yang meliputi pengujian kekerasan, uji tarik stainless steel 304 L yang di las menggunakan SMAW.. Metodologi penelitian yang dilakukan adalah pembuatan beberapa sample bahan SS 304 L untuk di lakukan pengelasan dengan 60 Amper dan 80 Amper kemudian dilakukan pengujian tarik dan kekerasan di laboratorium metalurgi, selanjutnya di Analisa untuk mengetahui dan membandingkan sifat mekanis bahan tersebut. Hasil Pengujian kekerasan diperoleh pada pengelasan bahan dengan 60 amper mempunyai kekerasan 361 HV, sedang sample yang dilas dengan 80 amper menghasilkan kekerasan 322 HV dan pengelasan dengan 100 Amper menghasilkan kekerasan 305 HV. Sedang Hasil pengujian kekuatan Tarik pada bahan dilas 60 Amper kekuatan Tarik maximal 25,487 N/mm², sedang pada bahan dilas 80 Amper kekuatan Tarik 25,762 N/mm². Dan bahan dilas pada sample 100 Amper kekuatann Tarik 25,212 N/mm². Hasil kekerasan tertinggi adalah pada pengelasan 60 Amper, Sedang kekuatan tertinggi pada pengelasa 60 Amper.

Kata Kunci : pengelasan, pengujian, kekuatan Tarik kekerasan.

1) PENDAHULUAN

Pengelasan adalah metode untuk menggabungkan dua logam dengan cara melelehkan bagian dari logam dasar dan logam pengisi, baik dengan tekanan maupun tanpa tekanan, serta dapat menggunakan atau tidak menggunakan logam tambahan, dan menghasilkan sambungan yang utuh. Aplikasi dari teknik pengelasan dalam konstruksi sangat beragam, mencakup bidang seperti perkapalan, pesawat terbang, jembatan, struktur baja, fasilitas transportasi, rel, pipa, dan lainnya.

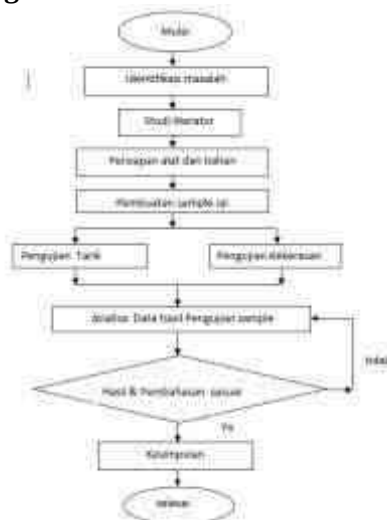
Metode pengelasan bahan tahan karat yang paling umum digunakan dalam konstruksi mesin adalah pengelasan dengan metode cair, baik melalui busur (las busur) maupun gas (las gas). Terdapat empat jenis las busur listrik, yaitu las busur gas TIG (Tungsten Inert Gas), las busur dengan elektroda terbungkus, MIG (Metal Inert Gas), las busur CO₂, las busur tanpa gas, dan las busur tenggelam. Salah satu tipe

dari las busur elektroda terbungkus adalah SMAW (Shielded Metal Arc Welding) Solid state welding memiliki kemiripan dengan electric resistance welding, namun letak perbedaannya adalah pengelasan ini hanya menggunakan energi mekanik tanpa menggunakan energi listrik. Faktor-faktor yang memengaruhi pengelasan fase padat adalah waktu, tekanan, dan temperatur. Keunggulan dari pengelasan fase padat adalah tidak ada Heat Affected Zone (HAZ). Dengan kata lain, tidak ada daerah yang terpengaruh panas dan menyebabkan adanya perubahan struktur pada logam. Proses las yang termasuk solid state welding diantaranya adalah Friction Stir Welding (FSW), Cold Welding (CW), Diffusion Welding (DFW) Pengelasan dingin (Cold Welding) adalah proses solid-state yang menyambung logam tanpa panas, mengandalkan tekanan tinggi untuk menciptakan ikatan metalurgi yang kuat (Kreasi muda, 2025).

Permasalahan yang harus dipahami adalah seberapa besar kekuatan tarik dan ketahanan pada pengelasan bahan stainless steel atau SUS 304 L dengan metode pengelasan SMAW. Oleh karena itu, dalam kesempatan ini, skripsi ini mengambil judul Pengaruh Proses Pengelasan SMAW terhadap Karakteristik Mekanik Material SUS 304 L. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi dan menganalisis sifat mekanik, yang meliputi pengujian kekerasan serta uji tarik pada stainless steel 304 L yang dilas menggunakan metode SMAW dengan variasi arus 60 A, 80 A, dan 100 A.

2) METODOLOGI PENELITIAN

2.1. Diagram Alur Penelitian



Gambar 1 Diagram Alir Penelitian
Sumber: Penelitian Mandiri 2026

Berdasarkan Gambar 1 dapat dilihat diagram alir penelitian yang menggambarkan metodologi dan kerangka penelitian dengan penjelasan sebagai berikut:

1) Identifikasi masalah :

Identifikasi masalah adalah proses mengenali dan memahami permasalahan yang ada dalam suatu bidang atau topik tertentu. Ini adalah langkah awal dalam penelitian atau pemecahan masalah, yang bertujuan untuk mendefinisikan dan menguraikan masalah secara spesifik

sehingga dapat ditangani secara lebih efektif. Yaitu untuk mengetahui kekuatan Tarik dan kekerasan hasil pengujian las bahan SUS 304 L. Identifikasi telah disampaikan di bab 1.

2) Studi Pustaka

Studi Pustaka adalah juga dikenal sebagai studi kepustakaan atau library research, adalah sebuah proses pengumpulan data dan informasi melalui sumber tertulis seperti buku, jurnal, artikel, dan penelitian terdahulu. Tujuan utamanya adalah untuk memperoleh informasi yang relevan dan sebagai landasan Analisa hasil pengujian kekerasan dan kekuatann Tarik dari hasil las SMAW dari baja SUS 304 L. Studi Pustaka telah disampaikan di bab 2.

3) Persiapan Pengujian

Melakukan persiapan peralatan dan pembuatan sample bahan yang akan di uji yaitu baja SUS 304 L kemudian di lakukan penyambungan dengan las SMAW untuk dilakukan pengujian.

4) Pengujian dan pengambilan data .

Melakukan pengujian kekuatan Tarik dan kekerasan baja sample di salah satu laboratorium metalurgi.

5) Hasil dan Pembahasan

Hasil dan pembahasan dalam penelitian atau menganalisa data hasil pengujian baik pengujian kekuatan Tarik maupun kengujian kekerasan secara objektif dari hasil pengelasan bahan SUS 304 L. kemudian menginterpretasikan hasil tersebut, menghubungkannya dengan teori, dan memberikan implikasi serta rekomendasi.

6) Persiapan Alat & Bahan

Menyiapkan alat dan bahan yang akan digunakan dalam pelaksanaan penelitian.

1. Persiapan alat Pembuatan sample Las :

1. Mesin las SMAW AC

2. Peralatan pengelasan
3. Mesin gergaji beserta kelengkapannya
4. Mesin frais vertical beserta kelengkapannya
5. Jangka sorong
6. Gerinda
7. Ampelas
8. Kikir
9. Mesin uji tari
- 7) Bahan Penelitian
 1. SUS 304 L dengan ketebalan 3 mm
 2. Elektroda E308 – 16 Merk : NIKKO Nekl ISO 9001 diameter 2,6



Gambar 2 Bahan SUS 304 L hasil pemotongan. (Sumber PT.X).



Gambar 3. Elektroda Las yang digunakan (Sumber PT.X)

2.2 Pelaksanaan Pengelasan Pembuatan Sampe

Berikut adalah Pelaksanaan Pengelasan Pembuatan Sampe:

1. Pemotongan sample dengan sesuai ukuran
2. Mempersiapkan elektroda jenis E308 - 16 dengan diameter 2,6 mm dan Mengecek kondisi mesin las SMAW pada arus DC dengan polaritas positif.
3. Meletakkan benda kerja yang akan dilas pada meja las.
4. Proses pengelasan dengan posisi mendatar.
5. Mengatur celah antara benda kerja dengan lebar 2 mm.

6. Menghidupkan mesin las dan blower agar asap yang timbul dalam pengelasan bisa terhisap keluar ruangan, sehingga tidak membahayakan kesehatan.
7. Mengelas benda kerja material SUS 304 L dengan variasi arus 60 A, 80 A, 100 A.
8. Setelah proses pengelasan semuanya selesai, kemudian mematikan mesin las dan blower
9. Hasil Las di biarkan pada proses pendinginan udara alami .
10. Finishing dengan membersihkan terak pada las dan merapikan dengan kikir.



Gambar 4 .Mesin Las yang digunakan (Sumber PT.X)

2.3 Spesifikasi Material SUS 304 L

Spesifikasi material SUS 304 L adalah baja tahan karat austenitik yang merupakan varian dari SUS 304 L dengan kandungan karbon yang sangat rendah (maksimal 0.03%). "L" pada 304 L menandakan "low carbon" atau karbon rendah. Kandungan karbon yang rendah ini bertujuan untuk mencegah pengendapan karbida (carbide precipitation) saat pengelasan, sehingga meningkatkan kemampuan las.

Tabel 1 Komposisi Kimia Bahan SUS 304 L.

Unsur	Kompisi (%)
Karbon (C)	Maks. 0,03
Mangan (Mn)	Maks. 2.0
Silicon (Si)	Maks. 1.0
Fosfor (P)	Maks. 0.045
Sulfur (S)	Maks. 0.03
Kromium (Cr)	18.0 – 20.0
Nikel (Ni)	8.0 – 12.0
Besi (Fe)	Balance

Sumber: ASTM A240

2.4 Proses Pengelasan Sample Uji

Bahan Plat SUS 304 L yang berukuran:
Panjang : 160 mm

Lebar	: 25 mm
Tebal	: 3 mm
Jumlah	: 12 batang
Bevel v grup	: 45 0
Las SMAW	: arus searah
Bahan kawat Las	: Elektroda E308 – 16
Merk	: NIKKO
	Nekle ISO
	9001
	diameter 2,6

Dari 12 pelat tersebut masing masing dibuat kampuh V setiap batang kemudian di hubung dan di las SMAW sehingga menjadi 6 sample, dengan pengelasan masing-masing menggunakan pengaturan arus yang berbeda.yaitu dengan arus 60 ampere, 80 amper dan 100 ampere.



Gambar 5 Semple hasil Pengelasan SMAW Baja SUS304 L dengan kawat las E 308 kampuh V. grup
Sumber: Penelitian Mandiri 2026

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Material Penelitian

Sesuai dengan penelitian yaitu pengaruh pengelasan SMAW dengan variasi arus pada material Baja SUS 304 L terhadap kekerasan dan kekuatan Tarik. Maka perlu di bahas tentang material Baja SUS 304 L kemudian proses pengelasan dan pembuatansample uji.

- 1) Pembuatan Spesimen Uji Kekerasan Sample atau specimen uji kekerasan di gunakan untuk Proses pengujian untuk mengetahui nilai kekerasan pada pengelasan SMAW dari bahan SUS 304 L, pada arus 60 amper, 80 amper dan 100 amper, dengan menggunakan elektroda E308. Pengujian dilakukan untuk

mengetahui kekerasan pada titik lasan yaitu di bagian raw material, puncak lasan dan daerah HEZ. Proses pembuatan Sambel uji kekerasan di bentuk dengan pemotongan ssuai dengan ukuran, kemudian bagian permukaan yang akan di tekan di berinda rata dan di haluskan dengann amplas halus sampai hasil.

Adapun pembuatan sample uji kekerasan tersebut yaitu :

Panjang 57 mm x Lebar dalam 12,5 mm.

Atau di buat bulat dengan diameter 12,5 mm.



Gambar 6. Spesimen Uji Kekerasan
Sumber : Penelitian Mandiri 2026

Pembuatan spesimen uji tarik mengacu pada standar uji ASTM E8 untuk material berbentuk plat dengan tebal tidak lebih dari 3 mm. Standar material uji tersebut dipilih karena tebal material uji 3 mm. Berdasarkan standar tersebut, maka bentuk material uji SUS 304 L untuk pengujian tarik harus disesuaikan dengan standar pengujian. Jumlah bahan untuk uji Tarik 3 batang pada hasil las dengan 60 Amper, 80 Amper dan 100 amper. Proses pembuatan specimen uji Tarik tersebut yaitu :

1. Bahan hasil pengelasan di potong dengan gerinda dan gergaji porong.
2. Saat pemotongan berikan pendinginan air .agar suhu tetap dingin.
3. Dihaluskan ndengan amplas.
4. Pemotongan sesuai dengan ukuran standar **American Society for Testing and Materials (ASTM E8)**.

Pada gambar dibawah. standart dimensi specimen pelat uji Tarik dari:

Panjang	= 200 mm
Panjang sisi tengah	= 50 mm
Lebar	= 20 mm.
Lebar pada sisi tengah	= 12,5 mm
Jari -jari	= 12,5 mm
Tebal	= 3 mm
Panjang sisi ujung	= 50 mm



Gambar 7 Standart Specimen Plat Uji Tarik Standart ASME .

Sumber: Penelitian Mandiri 2026

3.2 Hasil Pengujian Kekerasan

Pengujian kekerasan adalah suatu proses untuk mengukur ketahanan suatu material terhadap deformasi permanen akibat penetrasi benda lain yang lebih keras (indenter). Uji kekerasan Vickers adalah metode untuk mengukur kekerasan material dengan menekan indenter intan berbentuk piramida ke permukaan benda uji. Hasil kekerasan diperoleh dari perhitungan luas permukaan lekukan yang dihasilkan, menggunakan rumus yang melibatkan gaya yang diterapkan dan diagonal lekukan

Proses pengujian dilakukan untuk mengetahui nilai kekerasan pada pengelasan SMAW dengan menggunakan elektroda E 308 material SUS 304 L. dengan specimen Pengelasan 60 amper, 80 Amper dan 100 amper. Pengujian kekerasan dilakukan di laboratorium Teknik mesin Universitas Diponegoro Semarang (UNDIP). Menggunakan Metode Vickers.

1. Cara Pengujian kekerasan Vickers

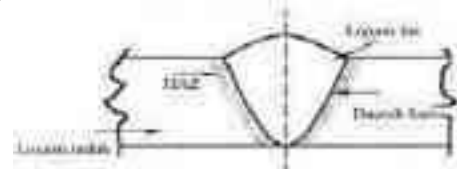
Uji kekerasan biasanya dilakukan dengan menekan objek berdimensi dan bermuatan tertentu (indenter) ke permukaan material yang akan diuji . Kekerasan ditentukan dengan mengukur kedalaman penetrasi indenter atau dengan mengukur ukuran kesan yang ditinggalkan oleh indenter.



Gambar 8. Indentor Uji Kekerasan Vickers.
Sumber: Zhengyi Jiang, Jingwei Zhao, Haibo XieChapter, 2017)

2. Pengujian di lakukan pada tiga titik yaitu :

- 1.) Daerah titik row materil,
Titik material mentah (awal) untuk pengelasan biasanya merujuk pada area di mana dua atau lebih bagian logam akan disambung menggunakan proses pengelasan
- 2.) Daerah HAZ pengelasan
Zona yang Terpengaruh Panas (Heat Affected Zone/HAZ) adalah area logam di sekitar las yang mengalami perubahan sifat material akibat panas pengelasan, tetapi tidak meleleh. HAZ adalah bagian penting yang perlu diperhatikan karena dapat mempengaruhi kekuatan dan ketahanan las. Lebar HAZ rata-rata 3,2 mm tanpa memandang ketebalan dan mutu baja. Mayoritas (92%) lebar HAZ bervariasi antara 2 mm dan 4 mm.
- 3.) Daerah Puncak Pengelasan
Titik sambungan las SMAW (Shielded Metal Arc Welding) atau las busur manual, merujuk pada area di mana dua atau lebih bagian logam digabungkan dengan menggunakan panas dari busur listrik yang dihasilkan oleh elektroda yang dilindungi.



Gambar 8 Daerah Heat Affected Zone (HAZ) pada pengelasan Logam

Sumber: Gelsonluz, 2021

3.3 Data Hasil Pengujian Kekerasan :

Uji kekerasan penting untuk menentukan ketahanan material terhadap deformasi plastis dan untuk memastikan kualitas serta daya tahan komponen logam dalam berbagai aplikasi, terutama di industri manufaktur. Uji kekerasan pada Sambungan las SMAW (Shielded Metal Arc Welding) Baja SUS 304 L

Menggunakan Metode Vickers, standart ASTM E384. Data hasil uji kekerasan logam dapat di lihat pada table dibawah ini dengan besaran HV (*Hardness Vickers*):

Tabel 2 Data Hasil Uji kekerasan pada Sambungan las SMAW Baja SUS 304L

No	Spesimen	Ara	Nilai Kekerasan (HV)
1	Batakrangan Las 60 Amper	Raw Material	295
		HEZ	361
		Weld	384
2	Sambungan Las 80 Amper	Raw Material	237
		HEZ	322
		Weld	445
3	Sambungan Las 100 Amper	Raw Material	285
		HEZ	305
		Weld	339

Dari hasil Pengujian kekerasan tersebut dapat di bauta hasil kekerasan rata-rata pada table 3

Tabel 3 Hasil Analisa Nilai Rata-rata kekerasan pada Sambungan las SMAW Baja SUS 304 L

No	Area	Spesimen	Nilai Kekerasan (HV)
1	Raw Material	Las 60 Amper	295
		Las 80 Amper	237
		Las 100 Amper	285
		Nilai Rata-rata Kekerasan Raw Material	277
2	HEZ	Las 60 Amper	361
		Las 80 Amper	322
		Las 100 Amper	305
		Nilai Rata-rata Kekerasan HEZ	329
3	Weld	Las 60 Amper	384
		Las 80 Amper	445
		Las 100 Amper	339
		Nilai Rata-rata Kekerasan Weld	389
Nilai Kekerasan rata-rata keseluruhan			331,3

3.4 Pembahasan hasil uji kekerasan

Dari tabel 2 di atas dapat dilihat data hasil penelitian menunjukkan nilai kekerasan di titik pengelasan menggunakan jenis elektroda AWS E 308 *American Welding Society (AWS)* dengan menggunakan 3 spesimen. Dapat dilihat pada titik *Raw Material* pengelasan angka kekerasan paling tinggi pada pengelasan dengan 60 Amper. yaitu 295 HV, dan angka kekerasan terendahnya pada pengelasan dengan

yaitu 257 HV pada pengelasan 80 Amper, dapat diketahui rata-rata angka kekerasan *vickersnya* yaitu 277 HV. (dari tabel 3 Selanjutnya dapat dilihat data Hasil penelitian menunjukan nilai kekerasan terendah pada di titik *HEZ* adalah 305 HV, pada pengelasan 100 amper, dan nilai kekerasan tertinggi adalah 361 HV pada pengelasan 60 amper, sedang hasil rata rata kekerasan daerah *HEZ* adalah 329 HV (table 3) Kemudian dapat dilihat data Hasil penelitian menunjukan nilai kekerasan terendah pada di titik puncak (*Weld*) adalah 338 HV, pada pengelasan 100 Amper dan nilai kekerasan tertinggi adalah 445 HV pada pengelasan 80 amper, sedang hasil rata rata kekerasan daerah *Weld* adalah 389 HV (table 3)

Dari hasil Analisa di simpulkan bahwa Nilai kekerasan pada daerah *HEZ* maupun daerah *Weld*. Berada di atas nilai rata-rata Row material. Perbedaan kekerasan tersebut diakibatkan adanya transformasi panas dari suhu tinggi di daerah pengelasan (*Weld*) ke daerah *HEZ* kemudian ke daerah *row material*.

3.5 Data Hasil PengujianTarik.

Hasil pengujian tarik adalah data yang diperoleh dari pengujian tarik, yang merupakan metode untuk mengetahui sifat mekanik suatu material dengan cara memberikan gaya tarik hingga material tersebut putus. Hasil pengujian ini memberikan informasi tentang kekuatan, keuletan, dan sifat mekanik lainnya dari material tersebut. Materialyang diuji tarik

adalah hasil pengelasan SMAW dengan variasi arus yang berbeda yaitu 60 amper, 80 amper dan 100 amper, dengan elektroda E308. jenis bahan SUS 304 L. Pengujian ini dilakukan dengan menggunakan Universal Testing Machine di Lab. Mesin Universitas Diponegoro Semarang

3.6 Prosedur Pengujian tarik

1. Menghidupkan alat uji tarik.
2. Memasang spesimen uji pada ragam alat uji tarik. Pemasangan spesimen harus benar-benar tegak lurus dengan mulut ragam, agar nantinya arah penarikan pada saat diberikan gaya atau beban bisa lurus
3. Menyiapkan kertas milimeter *block* dan meletakkannya di atas meja *plotter*, dari *milimeter block* ini nantinya akan diperoleh gambar grafik tegangan-regangan pada saat spesimen mendapatkan pengujian tarik.
4. Mengatur posisi 0 jarum pada alat ukur sebagai titik acuan awal dari gaya atau pembebanan.
5. Memberikan gaya atau pembebanan pada spesimen uji dengan menambahkan sedikit demi sedikit gaya atau beban dari tenaga pompa hingga spesimen uji putus dan berada pada gaya atau beban yang maksimal.
6. Besarnya gaya atau beban maksimal yang ditandai dengan putusnya spesimen uji dapat kita lihat dan catat hasilnya pada layar digital yang terdapat dalam CPU.
7. Hasil dari grafik tegangan-regangan dapat kita ketahui dari

milimeter *block* yang di tempatkan di meja *plotter*.

8. Menghitung besarnya tegangan tarik, tegangan luluh, dan regangan dari data yang telah didapatkan dengan menggunakan rumus sesuai persamaan yang telah ada

3.7 . Data Hasil Pengujian tarik

Hasil Pengelasan SMAW dengan variasi Arus 60 Amper, 80 Amper, 100 Amper jenis bahan SUS 304 L. dapat di lihat pada table 4.

Tabel 4. Data Hasil Pengelasan SMAW dengan variasi arus 60 A, 80 A, 100 A jenis bahan SUS 304 L

No.	Parameter	Spesimen (J)		
		60 Amper	80 Amper	100 Amper
1	Geser maksimal (N)	23437,403	23762,871	23211,361
2	Tegangan Maksimal (MPa)	449,601	453,947	427,123
3	Perpanjangan (mm)	5,878	7,497	7,388
4	Perpanjangan (%)	17,734	23,394	22,772
5	Maksimal Young (MPa)	9046,157	8028,305	7941,964

3.8 Analisa Data hasil uji Tarik bahan SUS 304 L.

- 1.) Analisa Besar Nilai Regangan hasil uji Tarik.
Analisis regangan adalah proses mengukur perubahan bentuk atau ukuran suatu benda (regangan) yang disebabkan oleh gaya atau beban yang diberikan, serta memahami bagaimana gaya tersebut didistribusikan di dalam benda tersebut.
- a) Besar Regangan (ε) pada hasil Dari pada specimen las 60 Amper bahan SUS 304 L adalah :



Gambar 9 specimen Uji tarik
pengelasan 60 Ampere
Sumber: Penelitian Mandiri
2026

$$\epsilon_{60} = \frac{L - L_0}{L_0} \times 100\%$$

Dimana :

$L - L_0$ = panjang akhir di
kurangi panjang awal setelah
di uji tarik
(8,878 mm)

L_0 = panjang mula (50 mm) (
dari gambar 4.3 hal.46)

Maka : $\epsilon = \frac{8,878}{50} \times 100\% =$
17,76 %

- b) Besar Regangan (ϵ) pada
hasil tiori pada specimen las 80
Ampere bahan SUS 304 L adalah
:



Gambar 10 specimen Uji tarik
pengelasan 80 Ampere
Sumber: Penelitian Mandiri
2026

$$\epsilon_{80} = \frac{L - L_0}{L_0} \times 100\%$$

Dimana :

$L - L_0$ = 5,497 mm (dari table
4.3)

L = 50 mm

$\epsilon_{80} = \frac{5,497}{50} \times 100\% = 10,99 \%$

- c) Besar Regangan (ϵ) pada
hasil tiori pada specimen las 100
Ampere bahan SUS 304 L adalah
:



Gambar 4.7 specimen Uji tarik
pengelasan 100 Ampere
Sumber: Penelitian Mandiri
2026

$$\epsilon_{100} = \frac{L - L_0}{L_0} \times 100\%$$

Dimana :

$L - L_0$ = 5,388 mm (dari
table 4.3)

L = 50 mm

$\epsilon_{100} = \frac{5,388}{50} \times 100\% = 10,78 \%$

- 2) Analisa Tegangan Luluh hasil
uji Tarik.

Tegangan luluh adalah
tegangan maksimum yang dapat
ditahan oleh suatu material
sebelum mengalami deformasi
permanen atau perubahan bentuk
yang tidak bisa kembali ke bentuk
aslinya setelah beban dihilangkan.
Ini adalah titik kritis di mana
material mulai beralih dari
perilaku elastis (kembali ke
bentuk semula) ke perilaku plastis
(perubahan bentuk permanen).
Deformasi Elastis adalah Saat
material dikenai tegangan, ia akan
meregang atau tertekan. Jika
tegangan dihilangkan dan
material kembali ke bentuk
aslinya, deformasi tersebut
disebut elastis. Sedangkan
tegangan luluh (σ_y) adalah
tegangan spesifik pada kurva
tegangan-regangan di mana
material mulai menunjukkan
perilaku plastis, menurut metode
metode *off set* tegangan mulur

dimulai dari nilai regangan (ϵ)
0,2 %.[3]

Menurut pengamatan hasil uji tarik nilai tegangan luluh (yield stress) pada regangan 0,2 % adalah :
Pada hasil pengelasan 60 Amper (σ_{y60}) = 225 N/mm²
Pada hasil pengelasan 80 Amper (σ_{y80}) = 125 N/mm²
Pada hasil pengelasan 100 Amper (σ_{y100}) = 75 N/mm²

3) Analisa keuletan

Analisis keuletan dan keliatan adalah dua sifat material yang berkaitan dengan kemampuan material tersebut untuk mengalami *deformasi* (perubahan bentuk) sebelum akhirnya patah. Keuletan (ductility) adalah kemampuan material untuk mengalami peregangan atau *deformasi* tarik sebelum putus, adalah kemampuan material untuk mengalami peregangan atau deformasi tarik sebelum putus.

Besar *Deformasi Penampang* dapat diukur dapat di Analisa dengan persamaan :

$$V = \frac{A - A_0}{A} \times 100 \%$$

Dimana :

V = Deformasi

Penampang (mm²)

A = luasan mula2 daerah patahan pada specimen uji tarik (mm²)

A = b x t (mm²)

Dimana : b= lebar

specimen sisi tengah =12,5 mm

T = tebal specimen sisi tengah =3 mm

A = 12,5 x 3 = 37,5 mm².

(hasil pengukuran) :

Deformasi pengelasan 60 A

Ao = Luasan daerah perpatahan (mm²)

Ao = b x t

Dimana =

b = Lebar patahan = 0,45 mm

t = tebal patahan = 2,41 mm

Deformasi hasil pengelasan 60 Ampere :

$$V = \frac{38,1 - 1,08}{A_{38,1}} \times 100\%$$

$$v = \frac{37,02}{38,1} \times 100\% = 0,971\%$$

(hasil pengukuran) :

Deformasi pengelasan 80 A

Ao = Luasan daerah perpatahan (mm²)

Ao = b x t

Dimana =

b = Lebar patahan = 0,41 mm

t = tebal patahan = 2,52 mm

Deformasi hasil pengelasan 80 Ampere :

$$V = \frac{38,1 - 1,03}{38,1} \times 100\%$$

$$v = \frac{37,07}{38,1} \times 100\% = 0,972\%$$

(hasil pengukuran) :

Deformasi pengelasan 100 A

Ao = Luasan daerah perpatahan (mm²)

Ao = b x t

Dimana =

b = Lebar patahan = 0,46 mm

t = tebal patahan = 2,13 mm

Deformasi hasil pengelasan 100 Ampere :

$$V = \frac{38,1 - 0,97}{38,1} \times 100\%$$

$$V = \frac{37,13}{38,1} \times 100\% = 0,974\%$$

3.9 Data Hasil Analisa Uji Kekuatan Tarik Hasil Lasan Baja SUS 304 L

Hasil Analisa data uji Tarik bahan SUS 304 L pada tabel 4.4 dibawah ini :

Tabel 5 Hasil Analisa datb uji Tarik hasil lasan baja SUS 304 L.

No	Parameter	Specimen Uji		
		60 Ampere	80 Ampere	100 Ampere
1	Gaya maksimal (N)	25487,443	23762,070	23212,887
2	Tegangan Max (σ) (MPa)	449,991	383,947	407,183
3	Tegangan luluh (σ _y) (MPa)	225	123	75
4	Regangan Maksimal (ε)(%)	17,76	10,99	10,78
5	Defleksi Penampang (mm)	0,971	0,872	0,974

3.10 Pembahasan hasil Uji tarik Hasil lasan Bahan SUS 304 L

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa pengaruh variasi arus las pada pengelasan logam SUS 304 L terhadap sifat mekanis kekuatan tarik secara signifikan mempengaruhi kekuatan tarik dimana kekuatan tarik tertinggi pada arus 60 amper sebesar 449,991 MPa. Sedangkan Kekuatan Tarik terendah pada arus 80 Amper sebesar 383, 947 Mpa. Sedang kekuatan tarip pada stnadart ASME (table 3.2 bab 3) adalah antara 485 – 515 MPa. Maka terjadi penurunan kekuatan Tarik.

Sedang Pengukuran tegangan luluh Yield stress (σ_y) tertinggi pda hasli las 60 amper yaitu 225 Mpa, yaitu di atas standart ASME yaitu 205 MPa. dan tegangan luluh terkecil adalah hasil lasan 100 amper yaitu 75 MPa. Di bawah standart ASME yaitu 170 – 205 MPa.

Sedang Hasil Keuletan atau regangan tertinggi adalah pada hasil lasan 60 amper yaitu 17,756 % dan terendah adalah pada hasil lasan 100 amper yaitu 10,78 % hal ini lebih rendah dari standart ASME yaitu minimal 40 %.

Berbedaan hasil uji Tarik lasan SMAW dengan variasi arus terhadap bahan SUS 304 L di sebabkan terjadinya transformasi panas daerah pengelasan ke bahan raw material, terlihat perpatahan berada di daerah HAZ.

4. KESIMPULAN

Dari Analisa pembahasan terhadap hasil penelitian pengujian mekanis pengelasan SMAW dengan variasi arus bahan SUS 304 L dapat disimpulkan bahwa:

1. Hasil kekerasan tertinggi daerah HEZ pada hasil lasan 60 amper yaitu 361 HV, sedang pada daerah weld (lasan) kekerasan tertinggi adalah pada lasan 80 amper yaitu 445 HV. Sedang standar ASME kekerasan logam SUS 304 L adalah 70 – 90 HRB.
2. Hasil Analisa dan pembahasan uji Tarik pada tegangan maximum tertinggi adalah pada hasil lasan 60 amper yaitu 449,991 Mpa. Sedang terendah adalah pada lasan 80 Amper yaitu 383,947 Mpa. Hasil ini masih dibawah standart ASME yaitu 485 – 515 Mpa

DAFTAR PUSTAKA

- Kreasimuda, (<https://kreasimudaIndonesia.com/mengenal-berbagai-jenis-pengelasan-dalam-dunia-industri/>, diunduh 11-6-25)
- Zhengyi Jiang, Jingwei Zhao, Haibo Xie Chapter 15 - Practice of Micro Flexible Rolling, SciencDirect, 2017
- Gelsonluz.<https://www.bahan.gelsonluz.com/2021/08/apa-itu-zona-fusi-definisi.html> , 9-7-25, 2021

PERANCANGAN DAN IMPLEMENTASI SISTEM INFORMASI PERSEDIAAN BARANG DI GUDANG PT. IDC INDONESIA BERBASIS WEB

Bagus Prabowo

*Program Studi Teknik Informatika, FTI, Institut Teknologi Budi Utomo Jakarta,
bagus@itbu.ac.id*

Abstrak

Sistem informasi persediaan barang berbasis web di gudang PT. IDC Indonesia dikembangkan sebagai solusi untuk pengendalian persediaan barang yang tepat sehingga dapat menjamin kelancaran proses persediaan barang di gudang. Tujuan dari penelitian ini yaitu merancang sistem informasi persediaan barang yang berfungsi untuk mempermudah pekerjaan bagian gudang baik dari pemasukkan maupun pengeluaran barang-barang serta stok barang yang tersedia dan disesuaikan dengan kebutuhan perusahaan. Penelitian ini menggunakan penelitian deskriptif kualitatif yaitu jenis penelitian yang temuan-temuannya tidak diperoleh melalui prosedur statistik atau bentuk hitungan lainnya tetapi penelitian yang berdasarkan pada fakta yang ditemui di PT. IDC Indonesia melalui pendekatan observasi langsung dan wawancara dengan pihak-pihak yang ada di gudang PT. IDC Indonesia. Adapun pengembangan sistem informasi persediaan barang menggunakan bahasa pemrograman PHP dengan framework laravel dan basis data MySQL yang dilengkapi dengan fitur login, dashboard, barang, jenis barang, satuan, barang masuk, barang keluar, laporan stok, laporan barang masuk, laporan barang keluar, manajemen user dan logout. Hasil implementasi menunjukkan bahwa sistem ini dapat membantu mencatat persediaan barang dengan penyediaan dan pendistribusian yang cepat karena menu-menu yang disediakan dapat mencari data lebih efektif serta penyimpanan data pada database lebih efisien daripada mengelolanya dengan program excel, laporan yang disediakan oleh sistem ini juga lebih cepat dan akurat baik untuk menghasilkan informasi bagi manajer tentang stok barang yang masuk dan keluar serta yang tersedia

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

1) PENDAHULUAN

Perubahan zaman pada era sekarang sangat pesat dan cepat, terutama perubahan pada sektor industri yang semakin bermacam-macam serta dituntut menciptakan inovasi agar dapat memiliki daya saing pada setiap produsen atau pelaku industri tersebut. Kemajuan teknologi tersebut dapat membantu dalam kegiatan produksi agar berjalan dengan baik sehingga dapat mencapai tujuan akhir yang diinginkan. Pada saat ini berbagai perusahaan telah menggunakan sistem dalam kegiatan operasional seperti perusahaan yang bergerak di bidang barang/jasa.

Perusahaan yang bergerak di bidang jasa lebih mengutamakan kepada pelanggan yang menggunakan jasa atau produk pada perusahaan tersebut. Semakin ketatnya persaingan bisnis menyebabkan perusahaan harus melakukan diversifikasi produk, harga dan kualitas yang bervariasi, sehingga pelanggan akan selalu mencari

nilai bidang produk atau jasa haruslah dapat mempertahankan reputasi yang baik di mata pelanggannya. Kualitas pelayanan yang baik dan berkualitas akan cenderung memberikan kepuasan yang paling berkualitas dari produk lainnya (S. P. Anggraini and S. Suaidah, 2022). Kualitas pelayanan memiliki hubungan yang erat dengan kepuasan pelanggan, kualitas pelayanan memberikan suatu dorongan kepada pelanggan untuk menjalin ikatan hubungan yang kuat dengan perusahaan.

Dalam proses bisnis perusahaan di bidang jasa juga memerlukan informasi yang cepat, tepat dan akurat untuk melangsungkan setiap kegiatannya. Tanpa adanya informasi yang cepat, tepat dan akurat, maka akan mempengaruhi kegiatan produksi yang sedang berjalan dan mengakibatkan kerugian bagi perusahaan (R. A. Aditama, 2023). Oleh karena itu, perusahaan perlu memiliki sebuah sistem yang dapat membantu memberikan informasi secara tepat khususnya pada

bagian yang berhubungan dengan manajemen persediaan barang.

Persediaan itu sendiri memiliki arti yaitu bahan atau barang yang disimpan untuk memenuhi tujuan seperti pemenuhan proses produksi, untuk dijual kembali dan untuk suku cadang peralatan produksi atau mesin (T. A. Prasetyo, 2021). Setiap perusahaan jasa yang menjalankan proses bisnisnya pasti memerlukan persediaan barang. Dengan tersedianya persediaan barang ini maka dapat melakukan proses bisnis sesuai kebutuhan atau permintaan klien. Selain itu dengan adanya persediaan barang yang cukup dapat juga untuk menghindari terjadinya kekurangan persediaan barang yang dapat membuang waktu pekerjaan. Oleh karena itu pengendalian persediaan barang menjadi suatu hal yang sangat penting dan perlu diperhatikan karena hal tersebut akan berpengaruh pada laba rugi perusahaan. Pentingnya persediaan barang membuat perusahaan harus memperhatikan kebutuhan barang secara cepat, tepat dan akurat sehingga perlu dilakukan perencanaan dan pengendalian barang yang efektif dan efisien.

Berdasarkan uraian yang telah dijelaskan, PT. IDC Indonesia perlu melakukan perubahan pada proses pengendalian persediaan dan keluar masuk barang salah satunya dengan cara membuat sistem informasi persediaan barang di gudang. Sistem yang dapat digunakan diantaranya menggunakan teknologi website, sistem informasi berbasis web sangat fleksibel karena dapat dibuka di beda-beda perangkat seperti perangkat desktop dan mobile, segi keamanannya juga sudah terjamin karena adanya SSL (Secure Socket Layer) serta SHA-256 sebagai enkripsi setiap data yang diprosesnya, selanjutnya dari segi kenyamanan pengguna terhadap data yang tersimpan di dalam database seperti MySQL di dalam server (G. Puspitasari and D. Rahmawati, 2020).

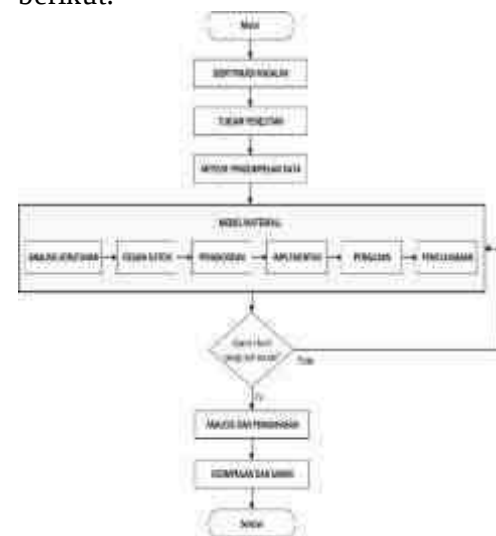
2. METODOLOGI PENELITIAN

2.1 Jenis Penelitian

Jenis penelitian yang penulis gunakan yaitu penelitian deskriptif kualitatif yaitu jenis penelitian yang temuan-temuannya tidak diperoleh melalui prosedur statistik atau bentuk hitungan lainnya tetapi penelitian yang berdasarkan pada fakta yang ditemui di PT. IDC Indonesia.

2.2 Kerangka Penelitian

Kerangka penelitian merupakan alur pemikiran yang akan menjelaskan masalah pokok penelitian. Penjelasan akan dibuat dengan menggabungkan antara teori dengan masalah yang terjadi pada penelitian dituangkan dalam bentuk kerangka pemikiran. Kerangka pemikiran yang digunakan pada penelitian ini dapat dilihat sebagai berikut:



Gambar 1. Kerangka Pemikiran
Sumber : Penelitian Mandiri 2025

2.3 Metode Penelitian

Untuk menyelesaikan permasalahan yang ada, metode pengumpulan data yang dilakukan oleh peneliti yaitu dengan cara-cara berikut:

1) Observasi

Tujuan dari observasi ini dilakukan dengan cara mencari data secara langsung di lapangan untuk kegunaan penelitian dan juga dapat menggunakan sumber-sumber fisik

seperti dokumen dan catatan yang tersedia. Hal-hal yang diobservasi adalah dokumen yang digunakan serta prosedur yang membentuk pengendalian persediaan barang pada PT. IDC Indonesia.

2) Wawancara

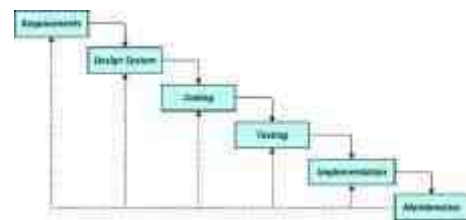
Pada penelitian ini penulis mengajukan tahap wawancara dengan cara mengajukan pertanyaan secara lisan kepada pihak yang terkait dengan pokok permasalahan. Wawancara ini dilakukan dengan berdialog langsung dengan kepala gudang serta staff inti gudang di PT. IDC Indonesia, yang kemudian dicatat seperlunya untuk memperoleh informasi tertulis atau lisan mengenai prosedur kerja dan arus formulir dalam pengendalian persediaan barang. Informasi ini juga berguna untuk digunakan dalam membuat uraian tertulis dan menyusun desain sistem informasi dengan perancangan use case dan class diagram.

3) Studi Pustaka

Studi pustaka adalah metode pengumpulan data yang dilakukan dengan membaca dan mengkaji buku, jurnal, artikel ilmiah, serta sumber-sumber lainnya yang relevan dengan penelitian. Sumber informasi dapat diperoleh baik secara offline melalui perpustakaan atau arsip fisik, maupun secara online melalui akses jurnal elektronik, repositori, dan platform penelitian lainnya. Metode ini bertujuan untuk mengumpulkan referensi teoritis dan praktis terkait topik yang sedang diteliti. Dalam penelitian ini, studi literatur digunakan untuk mendalami konsep-konsep tentang sistem informasi persediaan barang, manajemen persediaan dan implementasi teknologi yang diperlukan.

2.4 Metode Pengembangan Sistem

Metode pengembangan sistem yang digunakan dalam penelitian ini yaitu System Development Life Cycle (SDLC). SDLC adalah metode klasik dan juga terstruktur untuk pengembangan sistem informasi secara sistematis melalui beberapa tahapan yang saling berurutan. Adapun model SDLC yang digunakan dalam penelitian ini yaitu model waterfall, alasan digunakan model ini karena sesuai dengan kebutuhan pengembangan sistem yang bersifat terstruktur dan dilakukan secara bertahap. Selanjutnya untuk tahapan-tahapan dalam SDLC yang diterapkan dalam perancangan sistem informasi persediaan barang di gudang PT. IDC Indonesia adalah sebagai berikut:



Gambar 2.2 Metode Pengembangan Sistem Dengan Waterfall
Sumber : Penelitian Mandiri 2025

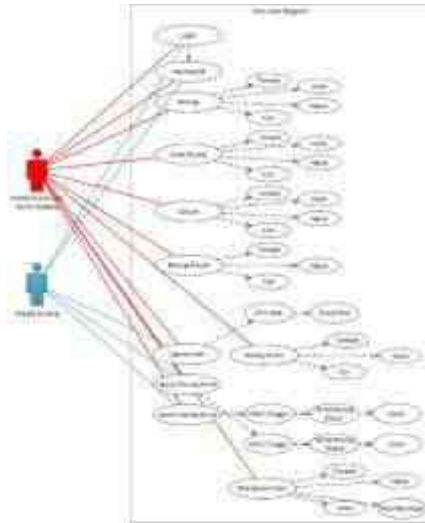
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Perancangan Sistem

Adapun pada tahap desain sistem untuk perancangan sistem informasi persediaan barang di gudang PT. IDC Indonesia, dijelaskan sebagai berikut:

1) Perancangan Use Case Diagram Sistem

Untuk memberikan gambaran interaksi antara sistem dengan pengguna diperlukan use case diagram, dengan hasil berikut:



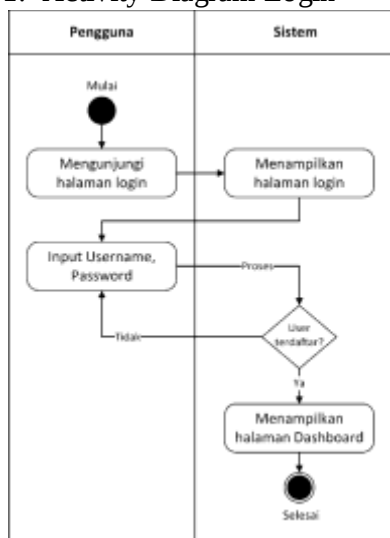
Gambar 3 Perancangan Use Case
Diagram

Sumber : Penelitian Mandiri 2025

2) Perancangan Activity Diagram Sistem

Berdasarkan use case diagram yang telah dijelaskan sebelumnya, selanjutnya dilakukan pemodelan dengan diagram aktivitas untuk sistem informasi persediaan barang dengan hasil berikut:

1. Activity Diagram Login



Gambar 4 Activity Diagram Login
Sumber : Penelitian Mandiri 2025

Aktifitas yang ada pada gambar diatas menjelaskan proses ketika pengguna melakukan login ke dalam sistem. Dimana setiap pengguna harus memasukkan username dan password yang

benar agar bisa masuk ke dalam sistem yang diawali dengan halaman dashboard. Jika salah, maka pengguna harus memasukkan username dan password yang benar.

3) Activity Diagram Barang



Gambar 5 Activity Diagram Barang

Sumber : Penelitian Mandiri 2025

Aktivitas yang ada pada gambar diatas menjelaskan proses ketika pengguna mengakses menu barang. Menu ini berguna untuk menyimpan nama-nama barang beserta dengan detailnya yang disediakan oleh gudang. Pada menu ini, pengguna dapat melakukan tambah, ubah, hapus, lihat detail dan cari data barang.

4) Activity Diagram Jenis Barang



Gambar 6 Activity Diagram Jenis Barang

Sumber : Penelitian Mandiri 2025

Aktifitas yang ada pada gambar diatas menjelaskan proses ketika pengguna mengakses menu jenis barang, menu ini berguna untuk menyimpan data jenis setiap barang. Pada menu ini, pengguna dapat melakukan tambah, ubah, hapus dan cari data jenis barang.

5) Activity Diagram Satuan Barang



Gambar 7 Activity Diagram Satuan Barang

Sumber : Penelitian Mandiri 2025

Aktifitas yang ada pada gambar diatas menjelaskan proses ketika pengguna mengakses menu satuan barang, menu ini berguna untuk menyimpan data satuan pada barang. Pada menu ini, pengguna dapat melakukan tambah, ubah, hapus dan cari data satuan barang.

3.2 Hasil Implementasi Sistem

Tahapan ini bertujuan untuk menampilkan perangkat lunak sudah dapat diimplementasikan dalam sebuah bentuk sistem nyata yang bisa diakses dan diperoleh oleh pengguna langsung. Berikut hasil antarmuka sistem informasi persediaan barang berbasis web telah selesai dibuat, yaitu:

1) Antarmuka Login dan Dashboard

Adapun hasil dari pengimplementasian antarmuka

halaman *login* dan *dashboard* sistem informasi persediaan barang berbasis web, seperti gambar berikut:



Gambar 8 Antarmuka Login

Sumber : Penelitian Mandiri 2025



Gambar 9 Antarmuka Dashboard

Sumber : Penelitian Mandiri 2025

2) Antarmuka Barang

Hasil pengimplementasian halaman barang, seperti pada gambar berikut:



Gambar 10 Antarmuka Barang

Sumber : Penelitian Mandiri 2025

3) Antarmuka Jenis Barang

Hasil pengimplementasian halaman jenis barang, seperti pada gambar berikut:



Gambar 11 Antarmuka Jenis Barang

Sumber : Penelitian Mandiri 2025

4) Antarmuka Satuan

Hasil pengimplementasian halaman satuan, seperti pada gambar berikut:



Gambar 12 Antarmuka Satuan

Sumber : Penelitian Mandiri 2025

5) Antarmuka Transaksi Barang Masuk

Ketika adanya barang masuk ke dalam gudang, pengguna perlu menginput barang tersebut di dalam halaman transaksi barang masuk, dengan hasil implementasi seperti berikut:

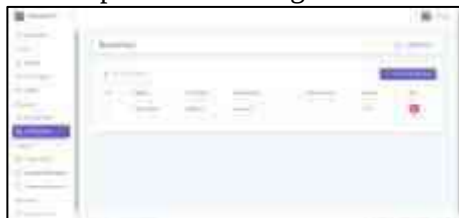


Gambar 13 Antarmuka Transaksi
Barang Masuk

Sumber : Penelitian Mandiri 2025

6) Antarmuka Transaksi Barang Keluar

Apabila adanya transaksi barang yang keluar dari gudang, maka pengguna perlu menginput data barang keluar pada halaman transaksi barang keluar, dengan hasil implementasi sebagai berikut:



Gambar 14 Antarmuka Transaksi
Barang Keluar

Sumber : Penelitian Mandiri 2025

7) Antarmuka Laporan Stok

Untuk mengetahui stok barang yang ada di dalam gudang, pengguna dapat memanfaatkan halaman laporan stok barang, dengan hasil implementasinya sebagai berikut:



Gambar 15 Antarmuka Laporan Stok

Sumber : Penelitian Mandiri 2025

8) Antarmuka Laporan Barang Masuk

Untuk mengetahui barang masuk ke gudang ada apa saja, pengguna dapat memanfaatkan halaman laporan barang masuk, dengan hasil implementasi sebagai berikut:



Gambar 16 Antarmuka Laporan
Barang Masuk

Sumber : Penelitian Mandiri 2025

9) Antarmuka Laporan Barang Keluar

Untuk mengetahui barang yang telah keluar dari gudang, pengguna dapat memanfaatkan halaman laporan barang keluar, dengan hasil implementasi sebagai berikut:



Gambar 17 Antarmuka Laporan
Barang Keluar

Sumber : Penelitian Mandiri 2025

10) Antarmuka Manajemen User

Agar administrator dapat mengelola data user yang dapat *login* ke dalam sistem, diperlukan halaman manajemen user untuk melakukan pembuatan data user hingga pengelolaan hak akses setiap user, dengan hasil implementasi sebagai berikut:



Gambar 18 Antarmuka Manajemen User

Sumber : Penelitian Mandiri 2025

(Studi Kasus: Desa Endang Mulyo),” J. Teknol. Dan Sist. Inf., vol. 3, no. 1, pp. 12–19, 2022.

R. A. Aditama and S. E. Yudhi Anggoro, Studi Kelayakan Bisnis: Teori, Praktek, dan Evaluasi. AE Publishing, 2023.

T. A. Prasetyo, “Perancangan Sistem Aplikasi Inventory Dan Analisis Persediaan Bahan Baku Dengan Min-Max Stock (Studi Kasus Di PT Piramid Mas Perdana Malang),” Aug. 2021.

G. Puspitasari and D. Rahmawati, “Perancangan Sistem Informasi Akuntansi Persediaan Bahan Baku Pada PT. Jogja Graha Selaras,” J. Profita Kaji. Ilmu Akunt., vol. 5, no. 6, Dec. 2020.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan maka dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Sistem informasi persediaan barang berbasis web pada URL <http://localhost/login> ini dapat membantu mencatat persediaan barang dengan penyediaan dan pendistribusian yang cepat karena menu-menu yang disediakan dapat mencari data lebih efektif serta penyimpanan data di database lebih efisien daripada mengelolanya dengan program excel.
2. Dari hasil pengimplementasian dan pengujian sistem informasi persediaan barang sudah disesuaikan dengan kebutuhan gudang saat ini.
3. Laporan yang disediakan oleh sistem ini juga lebih cepat dan akurat baik untuk menghasilkan informasi bagi manajer tentang stok barang yang masuk dan keluar serta yang tersedia.

DAFTAR PUSTAKA

- S. P. Anggraini and S. Suaidah, “Sistem Informasi Sentral Pelayanan Publik dan Administrasi Kependudukan Terpadu dalam Peningkatan Kualitas Pelayanan Kepada Masyarakat Berbasis Website

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-menyerurat (*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

