

JURNAL ISMETEK

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

KAJIAN FAKTOR	Jujuk
EVALUASI TINGGI MUKA AIR BANJIR	Udien
EVALUASI STERILISASI FASILITAS DARAT	Yudi
OPTIMASI JARINGAN	Triyono
ANALISIS UNJUK KERJA	Srihanto
PERFORMA MESIN BERBASIS TORSI	Bantu...
PERAWATAN GENSET	Sahidul Anam...
PERANCANGAN PREDIKSI PASAR SAHAM	Lola...
REVIEW METODE INTERLOCK	Djoko
	Berliyanto
ANALISIS KEBUTUHAN	Berliyanto
ANALISIS MUTU	Sigit Yulianto
KAPASITAS GARDU	Leni Yulianto
ANALISA UNJUK KERJA	Hariyanto
ANALISIS DAN PERANCANGAN	Wibisono
ANALISA PENGARUH	Indra Wibisono
MERANCANG SISTEM	Sigit Wibisono
ANALISIS DAN PERANCANGAN	Surya Darma
KAMPUS MERDEKA	Rendy
PERANCANGAN BEJANA TEKAN	Parman

JURNAL

is me Tek

PUBLIKASI ILMIAH INSTITUT TEKNOLOGI BUDI UTOMO**• INFORMATIKA • SIPIL • MESIN • ELEKTRO • SISTEM INFORMASI • ARSITEKTUR****TIM REDAKSI****PENANGGUNG JAWAB**

Dr. Ir. Martin Djamin, M.Sc

PEMIMPIN REDAKSI

Dr. Iwan Setyadi, ST, MT

REDAKSI AHLI

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

Dr. Ir. Martin Djamin, M.Sc

Dr. Suryadi, ST, MT

Dr. Jujuk Kusumawati, ST, M.Si

Dr. Berliyanto, S.Kom, MTI

Ir. Suwito, MM

REDAKSI PELAKSANA

Ir. Srihanto, MT

Aji Nurrohman, S.Kom, MMSI

Leni Devera Asrar, ST, MT

Udien Yulianto, ST, M.Tech

Dedi Setiadi, SE, M.Kom

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 : ismetek@itbu.ac.id



00052



180534 641081

JURNAL ismeTek

PUBLIKASI ILMIAH INSTITUT TEKNOLOGI BUDI UTOMO

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

DAFTAR ISI

Kajian Faktor Penyebab Pembengkakan Biaya (*Cost Overruns*) Pada Proyek
Konstruksi Gedung

Jujuk 1

Evaluasi Tinggi Muka Air Banjir Sungai Taman Untuk Penentuan Tinggi Level Jalan Tol
Pada Proyek Probolinggo – Banyuwangi STA. 49+200-STA 49+275

Udien9

Evaluasi Sterilisasi Fasilitas Darat Pelabuhan Penyeberangan Sape Provinsi Nusa Tenggara
Barat

Yudi..... 15

Optimasi Jaringan *Long Term Evolution* (LTE) 4G Pada Salah Satu Apartemen Di Jakarta

Triyono.....22

Analisis Unjuk Kerja Sistem Refrigerasi Dengan Daya Kompresor 1/5 Pk, Berdasarkan
Variasi Suhu Evaporator

Srihanto 30

Performa Mesin Berbasis Torsi Dengan Variasi Celah Katup Tipe Sohc Vario ESP 110 Cc

Bantu, Parman, Bambang, Parulian, Reza..... 40

Perawatan Genset 2000 Kva Di Gedung Apartement T.P. Dengan Metode *Reliability
Centered Maintenance* (RCM)

Sahidul Anam, Gilang44

Review Metode Interlock Pemasangan Dinding Menggunakan Bata Ringan Sebagai
Pengganti Kolom Praktis Terhadap Biaya Dan Waktu Pada Proyek Perumahan *The
Sanctuary Collection Sentul, Bogor*

Djoko..... 52

Analisis Kebutuhan Dan Rancangan Sistem Registrasi Pelatihan *Non Destructive Testing*
(NDT) Di Balai Besar Bahan Dan Barang Teknik (B4T)

Berliyanto60

JURNAL i s m e T e k

PUBLIKASI ILMIAH INSTITUT TEKNOLOGI BUDI UTOMO

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

Analisis Mutu Pengelasan Pada Tabung Baja LPG 3 Kg

Sigit Yulianto.....67

Kapasitas Gardu Traksi Mengurangi Headway Operasional KRL Jalur Yogyakarta
Lintas Solo-Klaten

Leni 71

Analisa Unjuk Kerja Pelumas Merk X Dan Y Pada Kendaraan Bermesin Bensin Dengan
Kapasitas 1400 cc Dan Dilengkapi *Turbocharger*

Hariyanto..... 81

Analisis Dan Perancangan Aplikasi Kasir Pada Bengkel Andi Motor Berbasis Android

Wibisomo..... 89

Analisa Pengaruh Solar Dan Peralite Terhadap Hasil Film Radiografi Pengujian Ndt Pada
Pipa ss 6 inchi *Schedule Standard*

Indra..... 104

Merancang Sistem Keamanan Sepeda Motor Menggunakan *Amr Voice* (Android) Dan
Mikrokontroler Arduino Uno Dengan Komunikasi *Bluetooth*

Sigit Wibisomo 110

Analisis Dan Perancangan *Website Ecommerce* Dengan Metode Pembayaran
Menggunakan *Payment Gateway* Pada Toko Tps Outdoor

Surya Darma 117

Kampus Merdeka : Perspektif Filsafat Ki Hajar Dewantara

Rendy..... 121

Implementasi Dan Karakterisasi Proses Anodizing Pada Komponen Alat Kosmetik
Berbahan Aluminium Tube 9004

Iwan, Indra..... 126

Perancangan Bejana Tekan Vertikal BerisiUdara Kapasitas 3,5 M Dan Tekanan
Kerja 5,5 Kg/Cm

Parman 132

KAJIAN FAKTOR PENYEBAB PEMBENGGKAKAN BIAYA (COST OVERRUNS) PADA PROYEK KONSTRUKSI GEDUNG

Jujuk Kusumawati

*Program Studi Teknik Sipil, FTSP, Institut Teknologi Budi Utomo Jakarta,
jujukk07@gmail.com*

Abstrak

Proyek konstruksi di kota besar seringkali mengalami terjadinya *Cost Overruns* pada saat pembangunan konstruksi, *Cost Overruns* adalah biaya proyek yang melebihi anggaran yang telah ditetapkan, sehingga menimbulkan kerugian bagi kontraktor. Banyak hal yang dapat menyebabkan *Cost Overruns* tersebut mulai dari biaya, pelaksanaan serta hubungan kerja, mengenai aspek dokumen-dokumen proyek, material, tenaga kerja, peralatan, keuangan proyek, waktu pelaksanaan proyek, dan lingkungan alam proyek. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui dan menganalisis hasil kajian penyebab pembengkakan biaya (*Cost Overruns*) pada proyek konstruksi gedung dan faktor dominan yang terjadi.

Metode yang digunakan adalah dengan skala likert yang digunakan untuk mengukur sikap dan pendapat dengan menunjukkan tingkat persetujuannya untuk melengkapi kuisioner. Hasil penelitian kemudian dianalisis dengan analisis responden dan analisis deskriptif. Dari hasil penelitian bahwa terdapat 4 (empat) aspek yang paling dominan penyebab *Cost Overruns* yaitu: estimasi biaya proyek, pelaksanaan serta hubungan kerja di proyek, waktu pelaksanaan proyek, aspek keuangan proyek, dan aspek material proyek.

Faktor penyebab *Cost Overruns* yang paling dominan yaitu yang memiliki nilai paling tinggi adalah tidak memperhitungkan biaya yang tidak terduga dengan nilai 2,33% dengan nilai *mean* sebesar 4,04 sebagai rangking 1, Ketidaktepatan estimasi biaya dengan nilai 2,31% dengan nilai *mean* sebesar 4,00 sebagai rangking 2, Terjadinya banyak pengulangan pekerjaan karena mutu kurang baik/kurang bagus dengan nilai 2,23% dengan nilai *mean* sebesar 3,86 sebagai rangking 3, Keterlambatan jadwal/schedule karena pengaruh cuaca dengan nilai 2,15% dengan nilai *mean* sebesar 3,72 sebagai rangking 4, Pembayaran tidak tepat waktu dengan nilai 2,13% dengan nilai *mean* sebesar 3,70 sebagai rangking 5, Adanya kenaikan harga bahan dan material dengan nilai 2,11% dengan nilai *mean* sebesar 3,66 sebagai rangking 6.

Kata kunci: kajian, faktor, pembengkakan, *cost cverruns*, proyek, konstruksi, gedung

1. PENDAHULUAN

Di perkotaan dan juga beberapa daerah, kerap tidak sedikit yang membangun proyek konstruksi bangunan gedung (*building construction*) seperti gedung perkantoran, gedung sekolah, gedung rumah sakit, dan lainnya. Semakin banyak bangunan gedung yang dibangun, semakin banyak juga fungsi dan manfaatnya untuk banyak orang. Maka dari itu, semakin cepat selesai proyek konstruksi semakin cepat pula gedung tersebut dapat digunakan.

Pada pelaksanaan proyek konstruksi seringkali dijumpai proyek yang mengalami pembengkakan biaya (*Cost Overruns*) maupun keterlambatan waktu. Pada proses ini akan melibatkan organisasi proyek dan melibatkan koordinasi dari semua sumber daya proyek

seperti tenaga kerja, peralatan konstruksi, material, dana, teknologi, dan metode serta waktu untuk menyelesaikan proyek tepat waktu sesuai dengan anggaran yang telah ditentukan, serta sesuai dengan standar mutu dan kinerja yang dispesifikasikan oleh perencana. Semakin besar ukuran suatu proyek, maka semakin banyak masalah yang harus dihadapi. Jika tidak ditangani dengan baik, masalah-masalah tersebut akan menimbulkan dampak yang salah satunya berupa pembengkakan biaya (*Cost Overruns*).

Cost Overruns pada tahap pelaksanaan proyek sangat bergantung pada perencanaan, koordinasi dan pengendalian dari kontraktor dan juga bergantung pada estimasi biaya. Banyak hal yang menyebabkan *Cost Cverruns* biaya pada proyek konstruksi. Untuk

meminimumkan terjadinya nilai *Cost Overruns* biaya pada proyek, perlu mengetahui penyebab terjadinya terlebih dahulu. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk mengkaji faktor penyebab terjadinya Pembengkakan Biaya (*Cost Overruns*) pada proyek konstruksi gedung.

2. METODOLOGI

2.1. Jenis Penelitian

Jenis penelitian yang dilakukan merupakan penelitian kajian deskriptif yaitu jenis penelitian yang digunakan untuk menganalisis data dengan cara mendeskripsikan atau menggambarkan data yang telah terkumpul sebagaimana adanya.

Variabel yang akan digunakan terhadap penelitian Variabel Tunggal yaitu Pembengkakan Biaya (*Cost Overruns*) terbagi ke dalam sepuluh indikator diantaranya adalah estimasi biaya, pelaksanaan dan hubungannya, Aspek dokumen proyek, material, tenagakerja, peralatan, aspek keuangan, waktupelaksanaan, kelayakan ekonomi, dan lingkungan alam. Untuk sepuluh kelompok faktor penyebab *overruns* biaya dapat dijabarkan lagi seperti yang terlihat pada tabel yang mana tabel tersebut akan digunakan untuk melengkapi kuisisioner yang akan dibuat.

Metodologinya adalah penelitian dalam bentuk kajian terhadap *Cost Overruns* (sebagai variabel tunggal) dengan faktor-faktor sebagai indikator.

2.2. Metode Penelitian

2.2.1. Metode Pengumpulan Data

Pengumpulan Data ini dapat dilakukan dengan Pengambilan data Primer dengan menggunakan kuisisioner online dan data sekunder dari jurnal penelitian sebelumnya. tahapan rincian penelitian ini dilakukan untuk mengumpulkan data-data yang berhubungan dengan penyebab *Cost Overruns* proyek konstruksi pada kontraktor gedung dengan membagikan kuisisioner yang telah dibuat. Ada beberapa jenis data yang diperlukan, yaitu data

primer dan data sekunder, berikut pengertian dari data primer dan data sekunder:

a. Data Primer adalah sumber data yang langsung memberikan data kepada pengumpul data. Sumber data primer didapatkan melalui kegiatan pengisian kuisisioner yang dilakukan peneliti kepada responden.

- Kuisisioner, adalah daftar pertanyaan tertulis yang ditujukan kepada responden, jawaban responden atas semua pertanyaan pada kuisisioner kemudian dicatat/direkam. Kriteria pengisi kuisisioner sebagai berikut:

- Seseorang yang sedang atau pernah bekerja di proyek konstruksi gedung
- Memiliki pengalaman bekerja minimal 2 tahun pada proyek tersebut.
- Pernah mengalami pembengkakan biaya (*cost overruns*) pada proyek tersebut.

Untuk pengisian data tabel dibawah ini, terdapat 5 pilihan dalam Skala Likert diantaranya adalah:

- Sangat Tidak Setuju / STS
- Tidak Setuju / TS
- Kurang Setuju / KS
- Setuju / S
- Sangat Setuju / SS

Tabel 2.1 Faktor Penyebab Terjadinya Cost Overruns dengan Skala Likert

NO.	FAKTOR PENYEBAB	SKALA				
		1	2	3	4	5
A. ESTIMASI BIAYA PADA PROYEK						
1	Menggunakan teknik estimasi biaya yang salah					
2	Tidak memperhitungkan biaya yang tidak terduga					
3	Ketidaktepatan estimasi biaya					
4	Data informasi proyek yang kurang lengkap					
B. PELAKSANAAN DAN HUBUNGAN KERJA DI PROYEK						
5	Manajer proyek tidak kompeten saat melakukan tugasnya					
6	Hubungan antara owner, perencana, dan kontraktor yang kurang baik					
7	Konsultansi kurang maksimal dalam pengawasan proyek					
8	Kurang koordinasi antara manajer proyek dan perencana kontraktor					
9	Terjadi banyak pengulangan pekerjaan karena mutu kurang baik kurang bagus					
10	Tingginya frekuensi perubahan pada saat pelaksanaan					

11	Banyaknya proyek yang ditangani dalam waktu yang sama				
12	Kurang koordinasi antara kontraktor utama dan sub kontraktor				
13	Subkontraktor tidak kompeten melakukan tugasnya				
14	Persaingan yang tidak sehat antar pekerja				
C. ASPEK DOKUMEN-DOKUMEN PROYEK					
15	Dokumen kontrak tidak lengkap / tidak lengkap				
16	Penunjukan subkontraktor and supplier yang kurang handal				
17	Keterlambatan persetujuan gambar konstruksi				
18	Design dan gambar kerja berubah				
19	Perubahan lingkup proyek				
20	Kontrol dan kualitas				
D. MATERIAL PROYEK					
21	Hilangnya bahan dan material proyek				
22	Adanya kenaikan harga bahan dan material				
23	Keterlambatan pengiriman bahan bahan dan material				
24	Pemilihan material yang tidak sesuai				
25	Ceroboh dalam mengatur penyimpanan bahan dan material				
26	Kurangnya bahan dan material konstruksi				

NO.	FAKTOR PENYEBAB	SKALA				
		1	2	3	4	5
E. TENAGA KERJA PROYEK						
27	Terjadi kemakan harga upah pada tenaga kerja					
28	Kurangnya tenaga kerja pada proyek					
29	Kurangnya kualitas tenaga kerja					
30	Produktivitas tenaga kerja yang menurun					
31	Tidak tepat untuk penempatan personel pada struktur organisasi proyek					
F. PERALATAN PROYEK						
32	Biaya sewa alat yang meningkat					
33	Biaya mobilisasi dan demobilisasi untuk peralatan yang meningkat					
34	Keterlambatan dalam pengiriman peralatan pada proyek					
35	Pemilihan alat berat yang kurang sesuai					
36	Ceroboh dalam mengatur penyimpanan peralatan pada proyek					
G. ASPEK KEUANGAN PADA PROYEK						
37	Pengendalian keuangan yang buruk di proyek					
38	Pembayaran tidak tepat waktu					
39	Suku bunga pinjaman pada bank yang tinggi					
40	Kurangnya kemampuan subkontraktor dalam hal keuangan					
41	Pendanaan dari owner yang tertunda					
H. WAKTU PELAKSANAAN PROYEK						
42	Terlambatnya selesai karena pengaruh cuaca					
43	Banyak terjadi pemundian pekerjaan pada proyek					
44	Persyaratan insial lembur bagi para pekerja					
45	Penjadwalan yang kurang baik atau tidak teratur					
46	Terjadi percepatan selesai					
I. KELAYAKAN EKONOMI PROYEK						
47	Terjadi kelebihan di lokasi proyek					
48	Terdapat kelebihan kasangan dari pemecintah					
49	Perubahan hukum dan aturan pemerintah					
J. LINGKUNGAN ALAM						
50	Terjadinya bencana alam (gempa, banjir, tsunami, dan lain-lain)					
51	Cuaca buruk					
52	Pencemaran lingkungan yang disebabkan kegiatan pada proyek					

Sumber : Tabel Kuisioner

Biasanya data-data ini berupa diagram, grafik, atau tabel.

2.2.2. Metode Analisis Data

Setelah semua data terkumpul, kemudian dilakukan analisis data dari hasil pengisian responden dan hasil pengisian kuisioner melalui google form kemudian akan diolah sesuai dengan metode yang di gunakan. Adapun metode analisis data yang digunakan pada penelitian ini adalah:

1. Analisis Responden

Analisis responden ini berupa analisis pengolahan data yang digunakan untuk memberi gambaran dari hasil yang diberikan oleh responden terhadap pernyataan pada kuisioner.

2. Analisis Deskriptif

Analisis Deskriptif berguna untuk mendapatkan informasi yang bersifat deskriptif mengenai variabel penelitian. Analisis deskriptif adalah untuk menganalisa data yang terkumpul sebagaimana adanya tanpa bermaksud membuat suatu kesimpulan yang berlaku untuk umum atau generalisasi. Sehingga analisa ini bersifat mendukung analisa data selanjutnya.

Perhitungan dengan menggunakan Skala Likert, Skala likert digunakan karena mempunyai banyak kemudahan dalam menyusun pernyataan, memberi skor atau nilai yang lebih tinggi tarafnya mudah dibandingkan dengan skor atau nilai yang lebih rendah, selain itu juga memiliki realibilitas yangtinggi dapat dijabarkan sebagai berikut:

$$\text{Rumus} = T \times P_n$$

Keterangan:

T = Total jumlah responden yang memilih

P_n = Pilihan angka skor likert

Interpretasi Skor Perhitungan

Agar mendapat hasil interpretasi, dilakukan terlebih dahulu mengetahui skor tertinggi (Y) dan skor terendah (X) untuk item

b. Data Sekunder merupakan berbagai informasi yang telah ada sebelumnya dan dengan sengaja dikumpulkan oleh peneliti yang digunakan untuk melengkapi kebutuhan data penelitian.

penilaian dengan rumus sebagai berikut:

$Y = \text{skor tertinggi likert} \times \text{jumlah responden}$

$X = \text{skor terendah likert} \times \text{jumlah responden}$

Dengan hasil penilaian interpretasi responden adalah berupa nilai yang dihasilkan dengan menggunakan rumus index %.

Rumus Index %

$$\text{Rumus Index \%} = \frac{\text{Total Skor}}{F} \times 100$$

- Interval Penilaian
- Kriteria interpretasi skornya berdasarkan interval sebagai berikut :
- Angka 0% - 19,99% = Sangat (tidak setuju/buruk/kurang sekali)
 - Angka 20% - 39,99% = Tidak Setuju/kurang baik
 - Angka 40% - 59,99% = Kurang Setuju
 - Angka 60% - 79,99% = Setuju Baik
 - Angka 80% - 100% = Sangat (setuju/baik/suka)

3. Analisis Rangkings

Setelah didapat nilai *Mean* dari pengolahan maka didapat urutan ranking dari masing-masing faktor penyebab pembengkakan biaya pada proyek konstruksi gedung dan akan diambil 6 tertinggi yang akan dijadikan sebagai faktor yang paling dominan.

2.2.3. Metode Pembahasan Hasil Analisis

Metode pembahasan hasil analisis pada penelitian ini yaitu dengan mengumpulkan hasil perhitungan excel yang terdapat mean, indeks, presentase dan ranking. penarikan sampel acak sederhana (simple random sampling) dengan populasi terbatas yaitu perusahaan kontraktor semua golongan yang pernah melaksanakan proyek konstruksi gedung. Untuk memudahkan dalam melakukan pengolahan data secara matematis maka dilakukan pemberian kode pada jawaban responden. Pemberian kode menggunakan skala Likert (skala sikap) yang diungkapkan dari sangat tidak setuju sampai sangat setuju dengan skor 1 sampai 5. Setelah data diolah dan mendapatkan hasil selanjutnya mencari faktor penyebab yang paling dominan berdasarkan dari hasil *mean*. Indeks, dan ranking dari yang tertinggi. Dan dibuat grafik

untuk melihat tingkatan hasil yang paling dominan.

Tabel 2.2 Rencana tabel rekapitulasi

NO.	FAKTOR PENYEBAB	HASIL PENELITIAN			
		MEAN	Indeks %	Presentase	Ranking
A. ESTIMASI BIAYA PROYEK					
1	Menggunakan metode estimasi biaya yang salah				
2	Tidak memperhitungkan biaya yang tidak terduga				
3	Ketidaktelitian estimasi biaya				
4	Data informasi proyek yang kurang lengkap				
B. PELAKSANAAN DAN HUBUNGAN KERJA DI PROYEK					
5	Manajer proyek tidak bertanggung jawab terhadap anggaran				
6	Melakukan semua urusan, pembelian, dan kontraktor yang kurang baik				
7	Kontrol biaya maksimal dalam pelaksanaan proyek				
8	Kurang koordinasi antara Manajer proyek dan Pemantau konstruksi				
9	Terdapat banyak pengalangan pekerjaan karena tidak kurang baik atau kurang lengkap				
10	Terangnya dokumen perubahan pada saat pelaksanaan				

NO.	FAKTOR PENYEBAB	HASIL PENELITIAN			
		MEAN	Indeks %	Presentase	Ranking
A. ESTIMASI BIAYA PROYEK					
1	Menggunakan metode estimasi biaya yang salah				
2	Tidak memperhitungkan biaya yang tidak terduga				
3	Ketidaktelitian estimasi biaya				
4	Data informasi proyek yang kurang lengkap				
B. PELAKSANAAN DAN HUBUNGAN KERJA DI PROYEK					
5	Manajer proyek tidak bertanggung jawab terhadap anggaran				
6	Melakukan semua urusan, pembelian, dan kontraktor yang kurang baik				
7	Kontrol biaya maksimal dalam pelaksanaan proyek				
8	Kurang koordinasi antara Manajer proyek dan Pemantau konstruksi				
9	Terdapat banyak pengalangan pekerjaan karena tidak kurang baik atau kurang lengkap				
10	Terangnya dokumen perubahan pada saat pelaksanaan				

NO.	FAKTOR PENYEBAB	HASIL PENELITIAN			
		MEAN	Indeks %	Presentase	Ranking
11	Absah/korupsi biaya bahan dan material				
12	Ketidaktelitian pelaksanaan bahan dan material				
13	Pemilihan material yang tidak sesuai				
14	Ketidaktelitian dalam mengatur perencanaan bahan dan material				
15	Melakukan bahan dan material konstruksi				
E. TENAGA KERJA PROYEK					
16	Terdapat kurangnya keahlian tenaga kerja				
17	Keahlian tenaga kerja pada proyek				
18	Keahlian tenaga kerja yang kurang tidak lengkap				
19	Produktivitas tenaga kerja yang menurun				
20	Kurang disiplin dalam pelaksanaan pekerja pada setiap tahapan proyek				
F. PERALATAN PROYEK					
21	Biaya sewa alat peralatan yang meningkat				
22	Biaya maintenance peralatan yang meningkat				

Tabel 3.1 Data Kuisioner

NO.	FAKTOR PENYEBAB	HASIL PENELITIAN			
		MEAN	Indeks %	Persentase	Ranking
34	Kemampuan pengawasan peralatan pada proyek				
33	Persediaan alat berat yang kurang memadai				
36	Kemampuan dalam mengatur penyediaan peralatan pada proyek				
G. ASPEK KEUANGAN PROYEK					
37	Pengendalian keuangan yang baik di proyek				
38	Penyediaan tidak tepat waktu				
39	Terjadinya error hingga pengajuan pada bank				
40	Kemampuan dalam mengatur karakteristik dalam hal manajemen keuangan di proyek				
41	Persediaan dari owner yang memadai				
H. WAKTU PELAKSANAAN PROYEK					
42	Kemampuan jadwal terhadap karena pengaruh cuaca				
43	Terjadi terjadi penundaan pelaksanaan pada proyek				
44	Penyediaan jadwal baseline bagi para pekerja				

NO.	FAKTOR PENYEBAB	HASIL PENELITIAN			
		MEAN	Indeks %	Persentase	Ranking
47	Pengendalian yang kurang baik atau tidak terata				
46	Terjadi penundaan jadwal terhadap				
I. KELAYAKAN EKONOMI PROYEK					
47	Terjadi biaya-biaya serta kerebutan di sekitar lokasi proyek				
48	Adanya kebijakan keuangan yang baik dari pemerintah				
49	Persediaan bahan dan peralatan pemerintah				
J. LINGKUNGAN ALAM					
50	Stabilitas alam (gempa, banjir, tsunami, dan lain-lain)				
51	Cuaca yang baik diluar pelaksanaan				
52	Pemeriksaan lingkungan sekitar lokasi pada proyek				

Sumber: Pengumpulan data primer

NO.	FAKTOR PENYEBAB	HASIL PENELITIAN		
		MEAN	Indeks %	Persentase
A. ESTIMASI BIAYA PROYEK				
1	Menggunakan teknik estimasi biaya yang salah	3,18	63,20	1,82
2	Tidak memperhatikan biaya yang tidak terduga	4,04	80,80	2,33
3	Ketidaktepatan estimasi biaya	4,00	80,00	2,31
4	Data informasi proyek yang kurang lengkap	3,32	66,40	1,91
B. PELAKSANAAN DAN HUBUNGAN KERJA DI PROYEK				
5	Manajer proyek tidak kompeten saat melakukan tugasnya	2,68	53,60	1,53
6	Hubungan antara owner, pemerintah, dan kontraktor yang kurang baik	3,10	62,00	1,79
7	Kemampuan manajerial dalam pengawasan proyek	2,84	56,80	1,64
8	Kurang koordinasi antara Manajer proyek dan Pemerintah kontraktor	3,18	63,60	1,83
9	Terjadi banyak pengalangan pelayanan karena antara kontraktor yang kurang lengkap	3,80	76,00	2,23
10	Tanggapan dalam perubahan pada saat pelaksanaan	3,48	69,60	2,00
11	Berkah proyek yang dibagikan dalam waktu yang lama	2,74	54,80	1,58
12	Kurang koordinasi antara kontraktor utama dan sub kontraktor	3,32	66,40	1,91
13	Subkontraktor tidak kompeten melakukan tugasnya	3,14	62,80	1,81
14	Pemeriksaan yang tidak tepat saat pelaksanaan	2,70	54,00	1,56

NO.	FAKTOR PENYEBAB	HASIL PENELITIAN		
		MEAN	Indeks %	Persentase
C. ASPEK DOKUMEN-DOKUMEN PROYEK				
15	Stabilitas kontrak tidak sesuai kontrak	2,90	58,00	1,71
16	Pemenuhan dokumentasi and supplier yang kurang memadai	3,24	64,80	1,87
17	Kemampuan pengawasan di pemerintahan pemerintah	3,48	69,60	2,00
18	Stabilitas dan kualitas kerja kontraktor	3,20	64,00	1,92
19	Persediaan lengkap proyek	3,20	64,00	1,92
20	Kontrak dan kualitas	3,30	66,00	1,95
D. MATERIAL PROYEK				
21	Stabilitas bahan dan material proyek	3,26	65,20	1,87
22	Adanya kualitas bahan-bahan dan material	3,80	76,00	2,23
23	Kemampuan pengawasan bahan dan material	3,64	72,80	2,13
24	Persediaan material yang tidak sesuai	3,20	64,00	1,92
25	Kemampuan dalam mengatur dan mengatur bahan dan material	2,80	56,00	1,73
26	Kemampuan bahan dan material kontraktor	3,14	62,80	1,81
E. TENAGA KERJA PROYEK				
27	Terjadi kualitas upah pada tenaga kerja	3,10	62,00	1,79
28	Kelengkapan tenaga kerja pada proyek	3,14	62,80	1,81
29	Kualitas tenaga kerja yang kurang/ tidak lengkap	3,40	68,00	1,96
30	Persediaan tenaga kerja yang memadai	3,80	76,00	2,23
31	Kemampuan dalam pengawasan personal pada standar organisasi proyek	3,22	64,40	1,94
F. PERALATAN PROYEK				
32	Harga atau sewa peralatan yang memadai	3,40	68,00	1,96
33	Stabilitas ketersediaan dan kualitas peralatan yang memadai	3,38	67,60	1,93
34	Kemampuan pengawasan peralatan pada proyek	3,42	68,40	1,97

NO.	FAKTOR PENYEBAB	HASIL PENELITIAN		
		MEAN	Indeks %	Persentase
35	Persediaan alat berat yang memadai	3,22	64,40	1,94
36	Waktu dalam penyelesaian proyek	3,14	62,80	1,81
ASPEK KELAYAKAN EKONOMI				
37	Pemenuhan dokumentasi and supplier yang kurang memadai	3,00	60,00	1,69
38	Pemenuhan kontrak yang tidak sesuai	3,70	74,00	2,13
39	Terjadi banyak pengalangan pelayanan karena antara kontraktor yang kurang lengkap	3,80	76,00	2,23
40	Kemampuan manajerial dalam pengawasan proyek	3,24	64,80	1,87
41	Persediaan dari owner yang memadai	3,30	66,00	1,95
WAKTU PELAKSANAAN PROYEK				
42	Kemampuan jadwal terhadap karena pengaruh cuaca	3,70	74,00	2,13
43	Terjadi terjadi penundaan pelaksanaan pada proyek	3,00	60,00	1,69
44	Penyediaan jadwal baseline bagi para pekerja	3,80	76,00	2,23
45	Persediaan yang kurang baik atau tidak terata	3,34	66,80	1,94
46	Terjadi penundaan jadwal terhadap	3,02	60,40	1,67
KELAYAKAN EKONOMI PROYEK				
47	Terjadi biaya-biaya serta kerebutan di sekitar lokasi proyek	3,10	62,00	1,79
48	Adanya kebijakan keuangan yang baik dari pemerintah	3,22	64,40	1,94
49	Persediaan bahan dan peralatan pemerintah	3,10	62,00	1,79
LINGKUNGAN ALAM				
50	Stabilitas alam (gempa, banjir, tsunami, dan lain-lain)	3,30	66,00	1,95
51	Cuaca yang baik diluar pelaksanaan	3,04	60,80	1,71
52	Pemeriksaan lingkungan sekitar lokasi pada proyek	3,28	65,60	1,91

Sumber: Data sekunder

3. PEMBAHASAN

3.1. Data Penelitian

a. Data Primer

Identifikasi Penyebab Faktor Pembengkakan Biaya (*Cost Overruns*) Pada Proyek Konstruksi Gedung akan menggunakan hasil data kuisioner:

b. Data Sekunder

Pengumpulan data sekunder Selain dari buku-buku, sumber dan referensi penulisan penelitian ini juga berasal dari jurnal-jurnal yang telah

diterbitkan sebelumnya. Berikut jurnal yang menjadi acuan dalam penelitian ini:

Tabel 3.2. Jurnal Referensi

No.	Judul Jurnal	Penulis & Tahun terbit	Hasil Penelitian	Penelitian Penulis
1	Identifikasi Penyebab Utama Penyebab Keselamatan Gerakan	Prasasti, 2007	Faktor dominan penyebab (yang menyebabkan) kecelakaan kerja adalah kesalahan kerja (Kesalahan Kerja manusia), tetapi secara keseluruhan insiden keselamatan manusia, seperti tindakan yang melanggar prosedur, kesalahan kerja, dan pelanggaran kerja yang terjadi di lapangan, ketidaklengkapan informasi teknis, dan adanya hambatan komunikasi yang terjadi di lapangan.	Fakta penelitian ini menunjukkan bahwa kesalahan yang dilakukan oleh faktor penyebab yang melanggar prosedur sangat berpengaruh terhadap keselamatan kerja.
2	Faktor-faktor keselamatan air pada proyek konstruksi dan keselamatan perikanan air	Harahap, 2010	Faktor yang menjadi penyebab utama yang dikarenakan oleh ketidaklengkapan prosedur-prosedur adalah Keselamatan Kerja Konstruksi tidak diperhatikan oleh para pekerja, sehingga menimbulkan kecelakaan keselamatan keselamatan dan keselamatan kerja yang menimbulkan kerugian baik secara individu maupun secara kolektif, permasalahannya di antaranya adalah, jarak dan memiliki metode analisis SPH yang menjadi penyebab utama kecelakaan.	Fakta penelitian ini menunjukkan bahwa kesalahan yang dilakukan oleh faktor penyebab yang melanggar prosedur sangat berpengaruh terhadap keselamatan kerja.
3	Analisis Penyebab Utama Pada Gerakan Tipe Proyek Konstruksi	Indrianti, 2009	Dari 8 penyebab keselamatan, faktor dominan penyebab adalah dari tindakan proyek yang melanggar keselamatan kerja manusia, dan kesalahan prosedur yang terjadi.	Fakta penelitian ini menunjukkan bahwa kesalahan yang dilakukan oleh faktor penyebab yang melanggar prosedur sangat berpengaruh terhadap keselamatan kerja.
4	Analisis Penyebab Peristiwa Peristiwa Utama Pada Proyek Konstruksi Bangunan Gedung Dan Lantai	Yusuf, 2012	Faktor dominan penyebab insiden keselamatan kerja adalah kesalahan prosedur, tetapi secara keseluruhan insiden keselamatan manusia, seperti tindakan yang melanggar prosedur, kesalahan kerja, dan pelanggaran kerja yang terjadi di lapangan.	Fakta penelitian ini menunjukkan bahwa kesalahan yang dilakukan oleh faktor penyebab yang melanggar prosedur sangat berpengaruh terhadap keselamatan kerja.
5	Analisis Penyebab Peristiwa Utama Pada Proyek Konstruksi Bangunan Gedung	Idahomardani, 2010	Faktor dominan penyebab insiden keselamatan kerja adalah kesalahan prosedur, tetapi secara keseluruhan insiden keselamatan manusia, seperti tindakan yang melanggar prosedur, kesalahan kerja, dan pelanggaran kerja yang terjadi di lapangan.	Fakta penelitian ini menunjukkan bahwa kesalahan yang dilakukan oleh faktor penyebab yang melanggar prosedur sangat berpengaruh terhadap keselamatan kerja.
6	Kelengkapan dan waktu pelaksanaan proyek - Klasifikasi dan pengaruh dari penyebab-penyebabnya.	Prasasti, 2009	Hasil penelitian yang diperoleh adalah faktor yang dominan sebagai penyebab keselamatan dan keselamatan kerja yang terjadi di lapangan.	Fakta penelitian ini menunjukkan bahwa kesalahan yang dilakukan oleh faktor penyebab yang melanggar prosedur sangat berpengaruh terhadap keselamatan kerja.

Sumber: Data penulis

dan yang terakhir mencari tingkatan atau ranking dari penyebab *Cost Overruns*.

Tabel 3.3 Hasil Rekap Tabel

NO.	FAKTOR PENYEBAB	HASIL PENELITIAN			
		Mean	Index %	Ranking	
A. ESTIMASI RUYA PROVER					
1	Menggunakan teknik estimasi biaya yang tepat	4,16	84,33	1,83	46
2	Tidak menggunakan biaya yang tepat	4,09	80,80	1,93	1
3	Mendapatkan estimasi biaya yang tepat	4,00	80,00	2,03	2
4	Data informasi proyek yang kurang lengkap	3,33	68,40	1,80	23
B. PELAKSANAAN DAN HUBUNGAN KERJA DI PROJEK					
5	Manajer proyek tidak kompeten dan tidak baik bagannya	3,69	74,80	1,93	19
6	Hubungan antara vendor, pemasok, dan kontraktor yang kurang baik	3,10	63,00	1,70	46
7	Kelebihan biaya material dalam pelaksanaan proyek	3,06	63,30	1,84	46
8	Kurang koordinasi antara Manajer proyek dan Perencana kontraktor	3,10	63,00	1,83	19
9	Terdapat kurang pengawasan pelaksanaan kerja oleh Manajer proyek	4,00	73,30	1,93	9
10	Tingginya efisiensi pembelian pada saat pelaksanaan	4,00	80,00	2,00	17
11	Manajemen proyek yang kurang baik dan tidak ada yang dapat mengkoordinasi antara kontraktor dan sub-kontraktor	3,74	74,80	1,79	48
12	Kurang koordinasi antara kontraktor utama dan sub-kontraktor	3,33	68,40	1,80	23

NO.	FAKTOR PENYEBAB	HASIL PENELITIAN			
		Mean	Index %	Ranking	
13	Salah melakukan tabel komposisi material yang digunakan	4,16	82,30	1,83	42
14	Pengawasan yang tidak ada atau kurang	2,76	54,00	1,56	90
C. ASPEK EKONOMI PROJEK					
15	Dukungan kontraktor tidak lengkap	2,88	58,20	1,71	67
16	Pembayaran subkontraktor yang kurang yang kurang sesuai	3,16	64,30	1,82	59
17	Keuntungan pembelian di perusahaan yang kurang	3,49	69,80	2,01	50
18	Denda dan penalti biaya material	3,50	70,00	2,02	49
19	Pembayaran tidak sesuai	3,52	70,40	2,02	48
20	Konsumi dan limbah	3,58	71,20	2,03	47
D. MATERIAL PROJEK					
21	Materi yang kurang lengkap	3,24	64,80	1,82	57
22	Adanya kesalahan harga bahan dan material	3,66	73,20	1,91	9
23	Kemungkinan pengisian bahan dan material	3,64	72,80	1,91	7
24	Pembelian material tidak sesuai	3,10	62,00	1,80	29
25	Kualitas bahan material yang digunakan	3,80	76,00	1,93	32
26	Kelebihan bahan dan material kontraktor	3,10	62,00	1,81	42
E. TEKNOLOGI PROJEK					
27	Terdapat kesalahan pada sistem kerja	3,10	62,00	1,83	28
28	Kelengkapan semua kerja	3,34	66,80	1,89	24
29	Manajemen tenaga kerja yang kurang	3,46	69,20	1,90	20
30	Produktivitas tenaga kerja yang kurang	3,80	76,00	2,00	11
31	Kurang tepat dalam penggunaan peralatan, alat dan organisasi proyek	3,22	64,40	1,80	36
F. PERALATAN PROJEK					
32	Tempa kerja yang berlebihan yang berlebihan	3,40	68,00	1,90	26
33	Biaya pembelian dan pemeliharaan peralatan yang berlebihan	3,38	67,60	1,89	22
34	Kerusakan peralatan yang berlebihan pada proyek	3,42	68,40	1,87	18

NO.	FAKTOR PENYEBAB	HASIL PENELITIAN			
		Mean	Index %	Ranking	
G. METODE PROJEK					
35	Pembelian dan harga yang kurang sesuai	3,23	64,60	1,80	33
36	Membayar dalam pelaksanaan proyek yang berlebihan pada proyek	3,24	64,80	1,81	40
H. ASPEK MANAJEMEN PROJEK					
37	Pengawasan pelaksanaan yang kurang di proyek	3,80	76,00	2,00	9
38	Manajemen tenaga kerja yang kurang	3,79	75,80	1,99	8
39	Tingginya efisiensi pembelian pada saat pelaksanaan	3,29	65,80	1,81	37
40	Kelebihan pembelian dan pembelian yang berlebihan	3,34	66,80	1,81	22
41	Pembayaran dan waktu yang berlebihan	3,38	67,60	1,80	28
I. WAKTU PELAKSANAAN PROJEK					
42	Kerusakan peralatan yang berlebihan dalam pelaksanaan proyek	3,79	75,80	1,99	8
43	Manajemen pelaksanaan dan pembelian yang berlebihan	3,80	76,00	2,00	9
44	Pengawasan pelaksanaan yang kurang	3,80	76,00	1,99	10
45	Pembayaran dan waktu yang berlebihan	3,38	67,60	1,80	28
46	Terdapat kesalahan pembelian dan pembelian yang berlebihan	3,81	76,20	1,97	15
J. KETIDAK AKURATAN PROJEK					
47	Terdapat kesalahan dalam pelaksanaan dan pembelian yang berlebihan	3,83	76,60	1,99	16
48	Adanya kesalahan pembelian yang berlebihan dan pembelian yang berlebihan	3,83	76,60	1,99	17
49	Pembayaran dan waktu yang berlebihan	3,38	67,60	1,81	40

NO.	FAKTOR PENYEBAB	HASIL PENELITIAN			
		Mean	Index %	Ranking	
K. LINGKUNGAN ALAM					
50	Denda dan penalti biaya material	3,50	70,00	1,90	29
51	Costa yang tidak ada atau kurang	3,64	72,80	1,93	7
52	Pembayaran yang berlebihan dalam pelaksanaan proyek	3,38	67,60	1,89	22

Sumber: Hasil analisis

3.2. Pembahasan Hasil Analisis Data
3.2.1. Faktor Penyebab *Cost Overruns*

Pada hasil analisis data diatas ini berupa penjabaran dan penjelasan dari hasil pembahasan yang telah dilakukan. Terlihat pada Tabel 3.3 menunjukkan hasil dari analisis yang telah dihitung menggunakan Excel, dari mencari hasil mean/rata-rata, kemudian mencari indeks kategori interval penilaian, dilanjutkan mencari presentase dari hasil indeks

Terlihat pada Tabel 3.4 menunjukkan hasil berupa tingkatan teratas dari penyebab *cost overruns* konstruksi gedung.

Tabel 3.4 Penyebab *Cost Overruns* berdasarkan Tingkatan

NO	FAKTOR PENYEBAB	MEAN	INDEX	PERSENTASE %	RANKING
2	Tidak memperhitungkan biaya yang tidak terduga	4,04	80,80	2,33	1
3	Ketidaktepatan estimasi biaya	4,00	80,00	2,31	2
6	Terjadi banyak pengulangan pekerjaan karena mutu kurang baik/kurang bagus	3,86	77,20	2,23	3
4	Keterlambatan jadwal karena pengaruh cuaca	3,72	74,40	2,15	4
5	Pembayaran tidak tepat waktu	3,70	74,00	2,13	5
22	Adanya kenaikan harga bahan dan material	3,66	73,20	2,11	6

NO	FAKTOR PENYEBAB	MEAN	INDEX	PERSENTASE %	RANKING
17	Keterlambatan penyelesaian di lapangan akibat penundaan pembayaran	3,48	69,60	2,09	10
10	Ketidaktepatan estimasi biaya	3,46	69,20	2,08	11
14	Ketidaktepatan estimasi biaya	3,42	68,40	2,07	12
16	Terjadi banyak pengulangan pekerjaan karena mutu kurang baik/kurang bagus	3,42	68,40	2,07	13
38	Pembayaran tidak tepat waktu	3,40	68,00	2,06	14
23	Adanya kenaikan harga bahan dan material	3,38	67,60	2,05	15

NO	FAKTOR PENYEBAB	MEAN	INDEX	PERSENTASE %	RANKING
8	Adanya kenaikan harga bahan dan material	3,18	63,60	1,89	16
27	Ketidaktepatan estimasi biaya	3,18	63,60	1,89	17
1	Tidak memperhitungkan biaya yang tidak terduga	3,16	63,20	1,87	18
18	Pembayaran tidak tepat waktu	3,16	63,20	1,87	19
13	Keterlambatan penyelesaian di lapangan akibat penundaan pembayaran	3,14	62,80	1,85	20
36	Ketidaktepatan estimasi biaya	3,14	62,80	1,85	21
47	Terjadi banyak pengulangan pekerjaan karena mutu kurang baik/kurang bagus	3,12	62,40	1,83	22

Sumber: Hasil Penelitian

Dari tabel 3.4 terlihat hasil faktor penyebab *cost overruns* pada proyek konstruksi gedung berdasarkan pemilihan tingkatan yang dari yang pertama sampai yang terakhir. sesuai pertanyaan di kuisioner ada 52 pertanyaan, dari hasil tingkatan ada yang berada ditingkat yang sama artinya faktor tersebut berada ditingkat yang sama dengan faktor lain.

3.2.2. Faktor penyebab yang paling Dominan

Pada hasil analisis data ini berupa penjabaran dan penjelasan dari hasil pembahasan yang telah dilakukan. Terlihat pada Tabel 3.5 menunjukkan hasil berupa tingkatan teratas atau yang paling dominan dari penyebab *Cost Overruns* pada konstruksi gedung.

Tabel 3.5 Faktor Penyebab Paling dominan

NO.	FAKTOR DOMINAN	MEAN	Percentase (%)	Ranking
1	Tidak memperhitungkan biaya yang tidak terduga	4,04	2,33%	1
2	Ketidaktepatan estimasi biaya	4,00	2,31%	2
3	Terjadi banyak pengulangan pekerjaan karena mutu kurang baik/kurang bagus	3,86	2,23%	3
4	Keterlambatan jadwal/schedule karena pengaruh cuaca	3,72	2,15%	4
5	Pembayaran tidak tepat waktu	3,70	2,13%	5
6	Adanya kenaikan harga bahan dan material	3,66	2,11%	6

Sumber: Hasil analisis



Gambar 3.1 Grafik nilai *mean*/rata-rata
Sumber: Hasil Penelitian



Gambar 3.2 Grafik nilai *Presentase*
Sumber: Hasil Penelitian

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pembahasan dan analisis dalam penelitian ini dapat disimpulkan sebagai berikut :

- a. Penyebab *cost overruns* konstruksi gedung terdapat 10 (sepuluh) Indikator berdasarkan peringkat rangking sebagai berikut:
 1. Estimasi biaya proyek
 2. Pelaksanaan dan hubungan kerja di proyek
 3. Waktu pelaksanaan proyek
 4. Aspek keuangan proyek
 5. Material proyek
 6. Lingkungan alam
 7. Tenaga kerja proyek
 8. Aspek dokumen proyek
 9. Peralatan proyek
 10. Kelayakan ekonomi proyek
- b. Terdapat variabel dengan indikatornya yang menjadi paling dominan pada penyebab *cost overruns* konstruksi gedung, yaitu:
 1. Tidak memperhitungkan biaya yang tidak terduga dengan nilai 2,33% dengan nilai *mean* sebesar 4,04 sebagai rangking 1.
 2. Ketidaktepatan estimasi biaya dengan nilai 2,31% dengan nilai *mean* sebesar 4,00 sebagai rangking 2.
 3. Terjadinya banyak pengulangan pekerjaan karena mutu kurang baik dengan nilai 2,23% dengan nilai *mean* sebesar 3,86 sebagai rangking 3.
 4. Keterlambatan jadwal/schedule karena pengaruh cuaca dengan nilai 2,15% dengan nilai *mean* sebesar 3,72 dengan rangking 4.
 5. Pembayaran tidak tepat waktu dengan nilai 2,13% dengan nilai *mean* sebesar 3,70 dengan ranking 5.
 6. Adanya kenaikan harga bahan dan material dengan nilai 2,11% dengan

nilai *mean* sebesar 3,66 dengan rangking 6.

DAFTAR PUSTAKA

- Arikunto, Suharsimi. *Prosedur Penelitian Suatu Pendekatan Praktik*. Rineka Cipta. Jakarta. 2019.
- Dipohusodo, Istimawan. 1996. *Manajemen Proyek dan Konstruksi*, jilid 2. Penerbit Kanisius. Yogyakarta
- Ervianto, W. I. *Manajemen Proyek Konstruksi*. Yogyakarta. 2002.
- Fahadila F. *Kajian Faktor Penyebab Cost Overrun pada Proyek Konstruksi Gedung*. Program Magister Teknik Sipil, Universitas Katolik Parahyangan, Bandung. 2017.
- Fahirah F. *Identifikasi Penyebab Overruns Biaya Proyek Konstruksi Gedung*. Teknik Sipil Universitas Tadulako, Palu. 2007
- Hassan, haekal. *Faktor-faktor keterlambatan pada proyek konstruksi dan alternatif penyelesaiannya*. 2016.
- Pilcher, Roy. *Principles of Construction Management*. London. 1992.
- Santoso, Indriani. *Analisa Overruns Biaya pada Beberapa Tipe Proyek Konstruksi*. Program Pasca Sarjana U.K Petra. 1999.
- Schwalbe, Kathy. *Manajemen Proyek Teknologi Informasi (Edisi ke-7)*. Boston. 2012.
- Teknik Elektronika. *Pengertian Skala Likert (Likert Scale) dan Menggunakannya* [online].
- Soeharto I. *Manajemen Proyek dari Konseptual sampai Operasional*. Penerbit Erlangga. Jakarta. 2001.
- Sugiyono. *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif dan R&D*. PT. Alfabet. Bandung. 2016.

EVALUASI TINGGI MUKA AIR BANJIR SUNGAI TAMAN UNTUK PENENTUAN TINGGI LEVEL JALAN TOL PADA PROYEK PROBOLINGGO – BANYUWANGI STA. 49+200-STA 49+275

Udien Yulianto

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

Abstrak

Sungai dapat didefinisikan sebagai saluran di permukaan bumi yang terbentuk secara alamiah yang melalui saluran itu air dari darat mengalir ke laut. Permukaan bumi secara alami mengalami erosi begitu muncul ke permukaan. Sedangkan Banjir adalah aliran air sungai yang tingginya melebihi muka air normal, sehingga melimpas dari palung sungai menyebabkan adanya genangan pada lahan rendah di sisi sungai. Faktor alamiah terjadinya banjir adalah curah hujan yang sangat banyak dan tidak diimbangi dengan daerah resapan air yang baik. Tergengangnya suatu jalan disebabkan oleh beberapa faktor, salah satunya adalah banjir lokal dan banjir kiriman.

Analisis hidrologi dan drainase dibuat untuk memenuhi pekerjaan perencanaan teknik DED (Detail Engineering Design) jalan Tol Probolinggo – Banyuwangi seksi II Sta.46+100–Sta.105+600. Berdasarkan analisis perencanaan hidrologi dan drainase merupakan gambaran umum dari perencanaan hidrologi dan drainase pada pekerjaan jalan tol Probolinggo –Banyuwangi yang meliputi analisis hidrologi drainase, perhitungan Evaluasi Tinggi Muka Air Banjir Sungai Taman Untuk Penentuan Tinggi Level Jalan Tol Pada Proyek Probolinggo – Banyuwangi Sta. 49+200-Sta 49+275.

Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan metode Hidrograf Satuan Sintetik Nakayahu untuk debit banjir dan rumus Manning untuk menghitung tinggi muka air sungai Deli pada bagian yang akan menentukan tinggi level jembatan.

Kata kunci : evaluasi, muka air, banjir, sungai, level

1. PENDAHULUAN

Faktor alamiah terjadinya banjir adalah curah hujan yang sangat banyak dan tidak diimbangi dengan daerah resapan air yang baik, serta kurangnya saluran drainage. Hujan akan menyerap ke dalam tanah dan kemudian diikat oleh akar pepohonan dan dialirkan lagi melalui aliran air semacam sungai yang pada akhirnya bermuara lagi di lautan, penyebab banjir dan genangan di antaranya yang mengalami alih fungsi sehingga tidak lagi bisa menahan laju banjir. misalnya saja sungai di perkotaan, banyak masyarakat yang membuang sampah di sungai sehingga berpotensi menyumbat aliran air.

Banjir adalah aliran air sungai yang tingginya melebihi kapasitas pengaliran sungai, sehingga melimpas dari palung sungai menyebabkan adanya genangan pada lahan rendah di sisi sungai. aliran air limpasan

melimpasi muka tanah yang biasanya tidak dilewati aliran air. Peristiwa banjir sendiri tidak menjadi permasalahan, apabila tidak mengganggu terhadap aktivitas atau kepentingan manusia dan permasalahan ini timbul setelah manusia melakukan kegiatan pada daerah dataran banjir.

Proyek tol Probolinggo-Banyuwangi sta.49+200 Sta.49+275 perlu dilakukan perencanaan dengan metode yang tepat maka diperlukan analisa tinggi muka air banjir (MAB) yang telah direncanakan dan tidak melupakan tujuan adanya pembangunan jalan/jembatan.

tersebut yang semakin tinggi, mengalir dan

2. METODOLOGI

~~2.1. Jenis Penelitian~~

Sebuah penelitian dapat terlihat dalam bentuk jenis penelitian itu sendiri yang akan digunakan dalam penelitian tersebut. Pada

vol. 13-01

penelitian ini digunakan jenis evaluasi, pada pekerjaan yang sudah di rencanakan.

Metodologi yang digunakan dalam penyusunan penelitian ini yaitu Metodologi Variabel dan Indikator:

Variabel penelitian ini adalah : Tinggi Muka Air
Indikator penelitian ini adalah : Intensitas Curah Hujan

2.2. METODE PENELITIAN

Metode penelitian adalah langkah-langkah yang diambil oleh peneliti untuk mengumpulkan data atau informasi untuk diolah dan dianalisis secara ilmiah.

2.2.1. Metode Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilakukan dengan menggunakan data sekunder. Data sekunder adalah data yang diperoleh dan dikumpulkan peneliti dari berbagai sumber yang telah ada yang berupa dokumen-dokumen pelaksanaan proyek.

- Karakteristik daerah pengaliran
- Data curah hujan
- Data debit sungai
- Data morfologi sungai
- Penentuan metode analisa yang dipakai

Standar perhitungan analisa hidrologi dalam penentuan debit banjir, telah ditetapkan melalui Kepmen PU no 306/KPTS/1989 tentang pengesahan 32 standar konsep SNI bidang pekerjaan umum, yaitu Metode Perhitungan Debit Banjir (SNI 03 – 2415 – 1991), dan SNI 03 – 3424 – 1994 tentang Tata Cara Perencanaan Drainase Permukaan Jalan.

Desain lebih ditekankan pada kompilasi ketinggian banjir yang pernah terjadi dan dibandingkan terhadap *output* dari analisis data curah hujan, dimana perhitungan desain akan menggunakan elevasi banjir yang tertinggi. Data-data tersebut antara lain:

- a) Data curah hujan, harian yang didapat dari Badan Meteorologi dan Geofisika.

- b) Peta Rupa Bumi telah di *super-impose* dengan foto satelit (Bakosurtanal)
- c) Peta Lembar Geologi dari Pusat Pengembangan dan Penelitian Geologi

2.2.2. Metode Analisis Data

Metode analisis data adalah kegiatan menganalisis data, dari data yang telah didapatkan maka melakukan kajian dengan teori dan data-data yang sudah diperoleh.

- a) Tahapan Metodologi Analisis Penentuan Luas *Catchment Area* (Das) *Catchment area* (daerah tangkapan air) merupakan suatu wilayah daratan yang merupakan satu kesatuan dengan sungai dan anak-anak sungainya, yang berfungsi menampung, menyimpan, dan mengalirkan air yang berasal dari curah hujan ke danau atau ke laut secara alami, yang batas di darat merupakan pemisah topografis yang dapat berupa punggung - punggung bukit atau gunung dan batas di laut sampai dengan daerah perairan yang masih terpengaruh aktivitas daratan.

Catchment area dapat dikatakan menjadi suatu ekosistem dimana terdapat banyak aliran sungai, daerah hutan dan komponen penyusun ekosistem lainnya termasuk sumber daya alam. Namun, komponen yang terpenting adalah air, yang merupakan zat cair yang terdapat di atas, ataupun di bawah permukaan tanah, termasuk dalam pengertian ini air permukaan, air tanah, air hujan, dan air laut yang berada di darat. *Catchment area* erat kaitannya dengan Daerah Aliran Sungai (DAS).

Analisis atau penentuan luas daerah tangkapan air secara umum bergantung kepada data

- Peta *Digital Elevation Model* (DEM)
- *Pixel* (Kerapatan atau Dimensi Peta)

- b) Analisis Curah Hujan
 Dalam analisis curah hujan dibagi menjadi empat tahap pengolahan dan hujan harian maksimum tiap tahun.

2.2.3. Metode Pembahasan Hasil Analisis

Setelah dilakukan analisis data, maka dilakukan pembahasan hasil analisis. Dari hasil analisis yang diperoleh akan dilakukan perhitungan untuk menentukan elevasi tinggi muka air di Sungai Taman agar tinggi jembatan yang yang ditentukan aman dari banjir dan menghasilkan sebuah kesimpulan untuk tujuan menjawab rumusan masalah yang da pada penelitian ini.

3. PEMBAHASAN

3.1. Data Penelitian

Dalam proses menganalisis suatu penelitian, dibutuhkan data penelitian yang akurat untuk mencapai hasil yang akurat. Dalam penelitian ini didapat data sekunder berupa : Luas Catchmen Area (DAS), Data Curah Hujan Maksimum, Data Uji Distribusi Frekuensi, Data Debit Sungai.

3.1.1. Luas Catchmen Area (DAS)

Catchment Area merupakan luasan tangkapan hujan yang menuju satu titik persilangan bangunan drainase/ sungai yang menentukan perkiraan debit rencana. Gambar *Catchment Area* Sungai Taman sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 3.1. berikut ini.



Gambar 3.1 *Catchment Area* Sungai Taman

3.1.2. Data Curah Hujan Maksimum

Data hujan harian maksimum (R24) didapatkan dari pos pengamatan hujan, pos pengamatan hujan yang digunakan adalah pos hujan Kendit dengan jangka waktu 16 tahun dari tahun 2003 sampai dengan tahun 2018. Berikut disampaikan Tabel 3.1 hasil Curah Hujan Maksimum Pos Pengamatan Hujan Kendit.

Tabel 3.1 Curah Hujan Maksimum

Tahun (th)	Curah Hujan Maksimum Tahunan (mm)
2003	103
2004	140
2005	99
2006	123
2007	82
2008	125
2009	150
2010	136
2011	100
2012	78
2013	63
2014	76
2015	62
2016	71
2017	87
2018	74

Sumber: Hasil Perhitungan



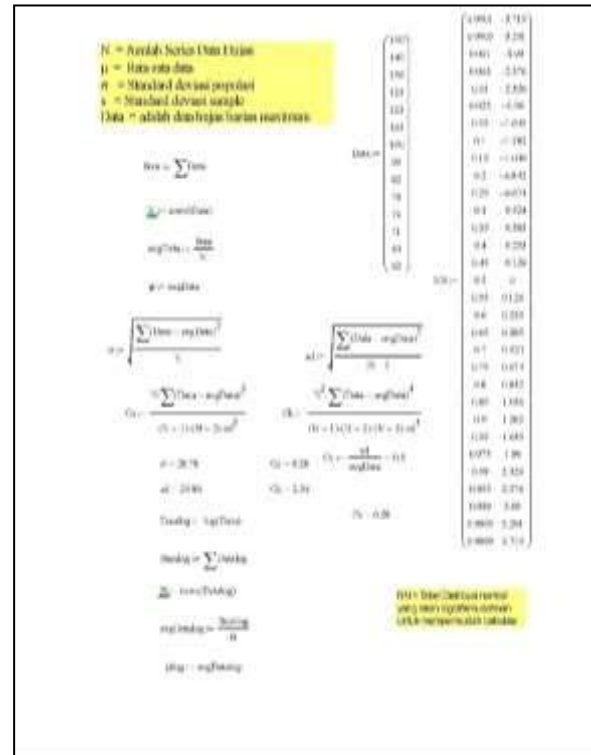
Gambar 3.2 Lokasi Pos Hujan Kendit

3.1.3. Uji Distribusi Frekuensi

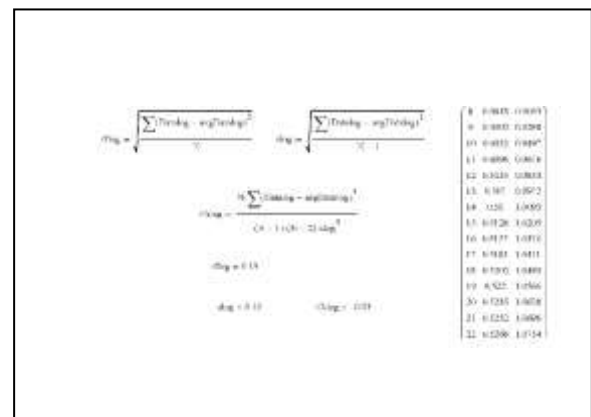
Beberapa distribusi yang dapat digunakan, antara lain distribusi normal, lognormal, *extreme value Type I* (Gumbel), dan/atau log Pearson III (LP3). Analisis frekuensi untuk pemilihan distribusi hujan yang sesuai untuk daerah yang ditinjau dapat dilakukan dengan metode yang lazim digunakan di Indonesia, yaitu metode moment. Dengan menghitung parameter statistik seperti nilai rerata, standar deviasi, koefisien variasi, koefisien skewness dan koefisien kurtosis dari data yang ada serta diikuti dengan uji statistik, maka distribusi probabilitas hujan yang sesuai dapat ditentukan, koefisien kurtosis dari data yang ada serta diikuti dengan uji statistik, maka distribusi probabilitas hujan yang sesuai dapat ditentukan.

Beberapa metode yang dapat digunakan dalam pengujian kesesuaian distribusi, yaitu uji Sminov-Kolmogorov dan/atau uji Chi Kuadrat, selanjutnya akan dijabarkan contoh perhitungan uji analisa distribusi frekuensi dan uji kesesuaian distribusi.

Berikut adalah contoh Lembar Kerja Analisis dan perhitungan curah hujan rata-rata rancangan Stasiun Kendit dengan menggunakan Metode Log Pearson III dan Metode Gumbel dengan data hujan maksimum daerah tahunan (1997-2015). Dari hasil perhitungan hujan rancangan dengan dua metode tersebut akan diuji kesesuaian distribusinya sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 3.3:



Gambar 3.3 Analisis Frekuensi Data Pos Hujan Kendit (1)



Gambar 3.4 Analisis Frekuensi Data Pos Hujan Kendit (2)

3.2. Analisis Data

3.2.1. Analisis Intenistas Hujan Di Lokasi Penelitian

Dalam studi ini untuk menghitung intensitas curah hujan digunakan rumus Mononobe, karena tidak tersedia data hujan jangka pendek (menitan atau jam-jaman). Sehingga bila data hujan jangka pendek tidak tersedia, dan yang tersedia hanya data hujan

harian, maka intensitas hujan dapat dihitung dengan rumus Mononobe.

Untuk daerah di Indonesia umumnya waktu lamanya hujan berkisar antara 5-7 jam. Menurut hasil pengamatan, informasi instansi terkait dan historis hujan, bahwa durasi hujan di lokasi proyek, rata-rata terjadi dalam 6 jam. Hasil perhitungan intensitas hujan dengan rumus Mononobe.

Contoh perhitungan intensitas hujan kala ulang 2 tahun sebagai berikut

$$I = \frac{R_{24}}{24} \cdot \left(\frac{24}{tc}\right)^{2/3}$$

$$I = \frac{96.3}{24} \cdot \left(\frac{24}{6}\right)^{2/3}$$

$$I = 21.40 \text{ mm/jam}$$

3.2.2. Analisis Debit Banjir Rancangan Yang Terjadi Pada Sungai Taman

Metode Perhitungan Debit Rencana didasarkan pada Luas Catchment Area yang sudah ditentukan batasnya, menurut SNI 2415:216 tentang "Tata Cara Perhitungan Debit Banjir Rencana" yang sebagaimana dimaksud pada luasan catchment area yang kurang dari 5 km² menggunakan Metode Perhitungan Rasional Praktis, dan pada luasan catchment area yang lebih dari 5 km² menggunakan Metode Perhitungan Hidrograf Satuan Sintetis. Pada Analisis Debit Banjir di Sungai Taman didapatkan Luas Ctachment Area sebesar 16.594 km², dan panjang sungai utama 9.711 km.

3.3. Pembahasan Hasil Analisis

3.3.1. Hasil Analisis Intenistas Hujan Di Lokasi Penelitian

Dari hasil analisis intensitas curah hujan pada lokasi penelitian di dapatakan hasil di bawah ini :

Tabel 3.3.1. Perhitungan Intensitas Hujan Berdasarkan Kala Ulang

Kala Ulang (T)	Analisis Distribusi	Intensitas Hujan (mm/jam)
2	Gumbel	21.41
5		28.86
10		33.79
25		40.02
50		44.65
100		49.24
200		53.81

3.3.2. Hasil Analisis Debit Banjir Rancangan Yang Terjadi Pada Sungai Taman

Dari hasil Analisis Debit Banjir Rancangan menggunakan Metode Hidrograf Satuan Sintetis Nakayasu, didapat debit kala ulang 100 tahun sebesar 163.590 m³/dt, dibawah ini adalah besaran debit menggunakan metode Hidrograf Satuan Sintetis berdasarkan Kala Ulang.

Debit metode Hidrograf Satuan Sintetis Nakayashu berdasarkan Kala Ulang

Kala Ulang Tahun	Q m ³ /dt
2	48.205
5	95.878
10	112.269
25	132.971
50	148.336
100	163.590
200	178.784

Sumber: Hasil Perhitungan

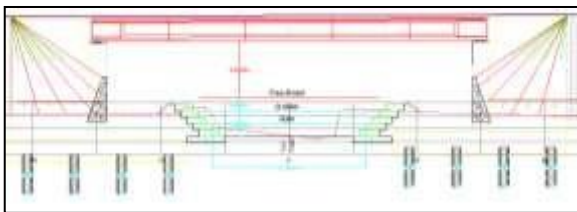
3.3.3. Hasil Analisis Ananlisis Tinggi Muka Air Banjir

1. Dari hasil analisis muka air sungai Taman di inlet, didapat tinggi muka airnya 1.59 m dari elevasi tanah, dengan kecepatan aliran rata-rata 8.906 m/s.
2. Dari hasil analisis muka air sungai Taman di as jalan, didapat tinggi muka airnya 1.99 m dari elevasi tanah, dengan kecepatan aliran rata-rata 6.85 m/s

3. Dari hasil analisis muka air sungai Taman di inlet, didapat tinggi muka airnya 1.96 m dari elevasi tanah, dengan kecepatan aliran rata-rata 6.94 m/s

3.3.4. Hasil Analisis Penentuan Tinggi Aman Jembatan

Dari hasil analisis diatas, dengan besaran Debit 2 tahun (48,205 m³/dt) dan besaran Debit 100 tahun (163,590 m³/dt) maka didapat rekomendasi tinggi jembatan dari elevasi muka sungai terendah setinggi 3 meter



Gambar 3.5 Penentuan Tinggi Aman Jembatan.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis tinggi muka air banjir dengan menggunakan metode Hidrograf Satuan Sintetis Nakayashu maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

- 1) Dari hasil analisis perencanaan hidrologi Perencanaan Teknik (DED) Jalan Tol Probolinggo Banyuwangi Paket Konsultasi 2 STA 46+100 – STA 105+600 didapatkan curah hujan dengan kata ulang diatas adalah 200,91 curah hujan sebesar 44,65.
- 2) Berdasarkan hasil analisis ini di dapat debit bajir menggunakan kala ualang Q50 adalah 148.336 m³/dt.

Rekapitulasi data hujan harian stasiun hujan kendit (Data Tahun 2008-2017).

DAFTAR PUSTAKA

- AASHTO. : “A Policy on Geometric Design of Highway and Street“, Published in the USA, 1984.
- AASHTO. : “Highway Drainage Guidelines“, Published in the USA, 1979.
- Badan Standardisasi Nasional. : “Tata Cara Perencanaan Hidrologi dan Hidraulik

untuk Bangunan di Sungai”, YBPPU, Jakarta, 1987.

Dewan Standardisasi Nasional : “Tata Cara Perencanaan Drainase Permukaan Jalan”, YBPPU, Jakarta, 1994.

Dirjen Pengairan, Dep PU. : “Standar Perencanaan Irigasi”, CV Galang Persada, Bandung, 1986.

Transportation Technology for Developing Countries : “Copenhium 5 – Roadside Drainage”, USAID, Washington DC, 1978.

Sri Harto. : “Analisis Hidrologi”, Gramedia Pustaka Utama, Jakarta, 1993.

Suyono Sosrodarsono : “Hidrologi untuk Pengairan”, Pradnya Paramita, Jakarta, 1993.

Joesroen Loebis : “Banjir Rencana untuk Bangunan Air”, Yayasan Badan Penerbit Pekerjaan Umum, Jakarta, 1992.

Soewarno : “Hidrologi – Aplikasi Metode Statistik untuk Analisis Data Jilid Idan IP”, Nova, Bandung, 1995.

Linsley Ray K Jr. : “Hidrologi untuk Insinyur”, Erlangga, Jakarta, 1986.

Dewan Standardisasi Nasional : Tata Cara Perencanaan Drainase Permukaan Jalan”, Yayasan Badan Penerbit Pekerjaan Umum, Jakarta, 1994

EVALUASI STERILISASI FASILITAS DARAT PELABUHAN PENYEBERANGAN SAPE PROVINSI NUSA TENGGARA BARAT

Yudi Setiawan

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

Abstrak

Pelabuhan Sape merupakan pelabuhan yang dikelola oleh PT. ASDP Indonesia Ferry (Persero) Cabang Sape. Pada saat ini di Pelabuhan Penyeberangan Sape masih terdapat beberapa kekurangan dikarenakan masih banyaknya orang maupun kendaraan yang tidak berkepentingan dapat dengan mudah masuk ke wilayah pelabuhan sehingga menyebabkan pelabuhan menjadi kurang teratur, masih terjadinya pertemuan (crossing) antara kendaraan yang akan masuk ke dalam kapal dengan kendaraan yang keluar dari kapal, dan pedagang asongan yang menjajakan jualannya di area sekitar Dermaga, Hal ini disebabkan belum adanya penerapan sistem zonasi yang sesuai dengan Peraturan Menteri Perhubungan Nomor 29 tahun 2016 tentang Sterilisasi Pelabuhan Penyeberangan. Sehingga dalam kegiatan naik turun penumpang dan bongkar muat kendaraan terdapat beberapa kendala antara lain, belum adanya penerapan zonasi di pelabuhan yang menyebabkan orang yang tidak berkepentingan masuk ke area yang terlarang, dan bercampurnya penumpang dan kendaraan pada saat naik atau turun dari kapal. Untuk menganalisa hal tersebut berpedoman pada Peraturan Menteri Perhubungan Nomor 29 tahun 2016 tentang Sterilisasi Pelabuhan Penyeberangan dan SK.242/HK.104/DRJD/2010 tentang Pedoman Teknis Manajemen Lalu Lintas Penyeberangan. Analisa yang digunakan ialah analisa penentuan zona, analisa perlengkapan yang mendukung sistem zona, dan analisa pola arus kendaraan

Di Pelabuhan Penyeberangan Sape nyatanya masih terdapat fasilitas pokok lahan daratan yang masih kurang hingga tidak ada sehingga dapat menghambat kegiatan operasional pelabuhan. Berdasarkan hasil analisa, maka dapat diketahui bahwa Pelabuhan Penyeberangan Sape belum menyediakan ruang tunggu yang memiliki luas dan kursi ruang tunggu yang memadai sehingga banyak penumpang yang duduk dilantai ketika menunggu kapal yang tripnya hanya sekali sehari. Oleh karena itu, perlu adanya tinjauan serta penambahan pada beberapa fasilitas yang kurang hingga bahkan tidak ada pada pelabuhan Sape hal ini dilakukan untuk meningkatkan pelayanan yang ada di Pelabuhan Penyeberangan Sape. Dengan menerapkan sistem zonasi berdasarkan Peraturan Menteri Perhubungan Nomor 29 tahun 2016 tentang Sterilisasi Pelabuhan Penyeberangan dan pengaturan pola arus lalu lintas sesuai dengan SK.242/HK.104/DRJD/2010 tentang Pedoman Teknis Manajemen Lalu Lintas Penyeberangan serta menambahkan perlengkapan yang mendukung system zona seperti rambu yang dibutuhkan dalam mendukung keamanan dan kenyamanan

Kata kunci : evaluasi, sterilisasi, fasilitas, Pelabuhan, penyeberangan,

1. PENDAHULUAN

Kabupaten Bima terletak di bagian timur Pulau Sumbawa Provinsi Nusa Tenggara Barat, dimana di kabupaten ini terdapat salah satu kecamatan yang paling rendah letaknya dari permukaan laut yaitu Kecamatan Sape. Transportasi merupakan perpindahan manusia atau barang dari satu tempat ke tempat lainnya dengan menggunakan sebuah kendaraan yang digerakkan oleh manusia atau mesin, transportasi digunakan untuk memudahkan manusia dalam melakukan aktivitas sehari – hari. Transportasi merupakan tolak ukur dalam interaksi antar wilayah dan sangat penting

perannya dalam menunjang proses perkembangan suatu wilayah, transportasi memiliki contoh berupa angkutan penyeberangan.

Angkutan penyeberangan merupakan angkutan yang berfungsi sebagai jembatan yang menghubungkan jaringan jalan dan/atau jaringan jalur kereta api yang dipisahkan oleh perairan untuk mengangkut penumpang dan kendaraan beserta muatannya. Oleh karena itu keberadaan angkutan penyeberangan harus dilengkapi dengan sarana dan prasarana yang memadai bagi pengguna jasa agar dalam pelayanannya pengguna jasa terlayani dengan

baik. Terdapat banyak pelabuhan angkutan penyeberangan di Indonesia yang melayani berbagai lintasan komersil maupun lintasan perintis, salah satu dari pelabuhan penyeberangan tersebut adalah Pelabuhan Penyeberangan Sape yang berada di Kabupaten Bima Provinsi Nusa Tenggara Barat. Pelabuhan Penyeberangan Sape merupakan salah satu pelabuhan penyeberangan komersil yang di kelola oleh PT. ASDP Cabang Sape yang terletak di Kabupaten Bima yang berada dalam wilayah Provinsi Nusa Tenggara Barat Pelabuhan Sape melayani 2 lintasan, yaitu Sape – Labuan Bajo, dan Sape – Waingapu.

Pelabuhan ini menunjang pengangkutan hasil – hasil pertanian, kebutuhan bahan bangunan, industri, pariwisata, serta menciptakan lalu lintas angkutan penumpang, barang dan kendaraan. Pelabuhan Sape melayani lintasan komersil yang didukung dengan 3 (tiga) kapal yaitu KMP. Cakalang untuk lintasan Sape – Labuan Bajo, KMP. Cucut untuk lintasan Sape – Waingapu, KMP. Komodo untuk lintasan pariwisata di Labuan Bajo. Pada kondisi saat ini Pelabuhan Sape masih belum berfungsi secara optimal karena masih belum diterapkan sistem zonasi pada pelabuhan seperti masih ada pedagang memasuki area dermaga, pengantar dan/atau penjemput memasuki lapangan siap muat, penumpang menunggu keberangkatan kapal diatas dermaga *Movable Bridge* serta bercampurnya penumpang dan kendaraan, dan terjadinya pertemuan (*crossing*) antara kendaraan masuk dan kendaraan keluar yang menyebabkan terganggunya arus lalu lintas di Pelabuhan. Sementara saat ini pihak pemerintah telah mengeluarkan aturan terkait dengan sistem zonasi yang dituangkan dalam Peraturan Menteri Perhubungan Nomor 29 Tahun 2016 Tentang Sterilisasi Pelabuhan Penyeberangan, maka setiap pelabuhan penyeberangan dituntut agar lebih memperhatikan pembagian zona wilayah, tata letak, dan pengaturan lalu lintas yang ada di pelabuhan penyeberangan baik itu penumpang, maupun kendaraan. Keteraturan dan Kelancaran pergerakan muatan yang ada

pada suatu pelabuhan menunjukkan keberhasilan kinerja suatu pelabuhan dalam mengatur dan mengolah operasional pelabuhan untuk menjadi lebih baik di dalam memberikan pelayanan kepada masyarakat.

2. METODOLOGI

2.1. Jenis Penelitian

Penelitian ini merupakan jenis penelitian evaluasi yaitu jenis penelitian dengan melakukan kajian terhadap penilaian suatu hasil atau penyelesaian masalah. Penelitian evaluasi mempertimbangkan keuntungan suatu program, proses serta teknik yang telah digunakan untuk melakukan suatu penelitian. Pengambilan kesimpulan penelitian didasarkan atas tolok ukur dan kriteria tertentu misalnya sasaran yang hendak dicapai melalui program yang dilaksanakan. Tolok ukur untuk komponen-komponen program adalah kualitas maksimal yang dikehendaki bagi setiap komponen.

2.2. Metodologi Penelitian

2.2.1. Metode Analisis Data

Yaitu kegiatan mengolah data, dari data yang sudah diperoleh, melakukan kajian dengan teori dan data-data yang diperoleh. Analisis Data juga dilakukan dengan mengorganisasikan data, menjabarkan kedalam unit-unit, melakukan sintesis, menyusun kedalam pola, memilih mana yang penting dan yang akan dipelajari dan membuat kesimpulan.

a. Analisa Sistem Zonasi Pelabuhan

Sterilisasi pelabuhan Penyeberangan Sape dapat diterapkan dengan berpedoman pada Peraturan Menteri Perhubungan Darat Nomor 29 Tahun 2016 tentang sterilisasi pelabuhan. Berikut ini adalah pembagian zona menurut peraturan :

- Zonasi A untuk Orang
Zonasi A sebagaimana dimaksud meliputi:
 - Zona A1 untuk penempatan loket dan parkir kendaraan dan hanya di peruntukan bagi pengantar/penjemput penumpang

- (dari Pintu Gerbang pelabuhan sampai loket)
- Zona A2 untuk ruang tunggu dan hanya diperuntukan bagi calon penumpang.
 - Zona A3 untuk pemeriksaan tiket penumpang dan hanya di peruntukan bagi orang yang akan menyeberang.
- b. Zonasi B untuk Kendaraan
Zonasi B sebagaimana dimaksud meliputi:
- Zona B1 merupakan area pelabuhan untuk penempatan jembatan timbang dan *toll gate* bagi kendaraan
 - Zona B2 merupakan area pelabuhan untuk antrian kendaraan yang akan menyeberang (sudah memiliki tiket)
 - Zona B3 merupakan area muat kendaraan siap masuk ke kapal
- c. Zonasi C untuk Fasilitas Vital.
Zona C sebagaimana dimaksud merupakan area pelabuhan untuk keamanan dan keselamatan fasilitas penting, dilarang dimasuki orang kecuali petugas, antara lain:
- Bunker
 - Rumah MB (*Moveable bridge*) dan *Gangway*
 - Hidran air
 - Gardu Listrik/ Genset
 - Tempat Bolder

2.2.2. Metode Pembahasan Hasil Analisis

Setelah didapatkan analisis data, maka langkah selanjutnya adalah menentukan cara menyelesaikan masalah yang ada di bawah ini sesuai dengan kondisi yang ada yaitu:

- 1) Melakukan perhitungan terhadap masing-masing zona guna memenuhi standar yang telah diterapkan peraturan sehingga kinerja pelabuhan semakin optimal dalam memberikan pelayanan ke pengguna jasa.

- 2) Pengoptimalan penerapan zona di pelabuhan berupa pola pengaturan arus penumpang di pelabuhan Sape yang membagi antara zona non penumpang, zona calon penumpang dan zona penumpang sehingga masing-masing zona dapat berfungsi secara optimal dan teratur. Sedangkan penerapan zonasi terhadap kendaraan harus dilakukan agar lalu lintas di pelabuhan dapat berjalan lancar. Selain itu penerapan zonasi yang dilakukan harus membuat area pelabuhan steril dari orang atau kendaraan yang tidak berkepentingan dan penumpang tidak ikut menunggu di dalam kendaraan.

3. PEMBAHASAN

3.1. Data Penelitian

3.1.1. Produktivitas Kapal

Angkutan penyeberangan di kabupaten Bima memiliki peranan yang penting bagi kelancaran kegiatan transportasi masyarakat Bima dan sekitarnya, Pelabuhan Penyeberangan yang terdapat di Kabupaten Bima adalah Pelabuhan Penyeberangan Sape yang menjadi tujuan utama masyarakat untuk menyeberang ke Labuan Bajo dan Waingapu. Banyaknya pengguna jasa yang menyeberang menjadi tolok ukur dalam kemajuan atas pengembangan operasional di Pelabuhan, Pelabuhan yang memiliki dua kapal ini mampu melayani kegiatan penyeberangan tersebut.

Lintasan komersil kapal yang beroperasi pada Pelabuhan Penyeberangan Sape yaitu lintas Sape – Labuan Bajo dan Sape – Waingapu dengan armada yang beroperasi yaitu KMP Cakalang dan KMP Cucut serta 1 kapal tambahan untuk lintasan pariwisata ke pulau – pulau di sekitar Labuan Bajo yaitu KMP Komodo.

Berikut data produktivitas kapal di pelabuhan penyeberangan Sape dengan lintas Sape – Labuan Bajo diperoleh hasil survei selama 15 (lima belas hari) hari di bulan September 2021 :

Tabel 3.1 Produktivitas Kapal

No	Tanggal	Peta	Perumpang		Berdasarkan Jenis Kapal										Total				
			Anak-anak	Dewasa	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		11	12		
1	12 Sept 2021	1	0	76	53	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	129
2	13 Sept 2021	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	14 Sept 2021	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	15 Sept 2021	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	16 Sept 2021	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	17 Sept 2021	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	18 Sept 2021	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8	19 Sept 2021	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	20 Sept 2021	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	21 Sept 2021	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11	22 Sept 2021	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12	23 Sept 2021	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
13	24 Sept 2021	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14	25 Sept 2021	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15	26 Sept 2021	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
16	27 Sept 2021	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
17	28 Sept 2021	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
18	29 Sept 2021	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
19	30 Sept 2021	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20	1 Okt 2021	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Sumber: data sekunder

Berdasarkan data diatas, pada tanggal 29 September 2021 adalah lintasan Sape – Labuan Bajo dengan hasil produksi 250. Sedangkan pada tanggal lainnya produktivitas kapal dilakukan sesuai jadwal.

3.1.2. Produktivitas Tahunan

Berikut data produktivitas tahunan untuk operasi komersil di pelabuhan Sape – Labuan Bajo selama 5 (lima) tahun terakhir:

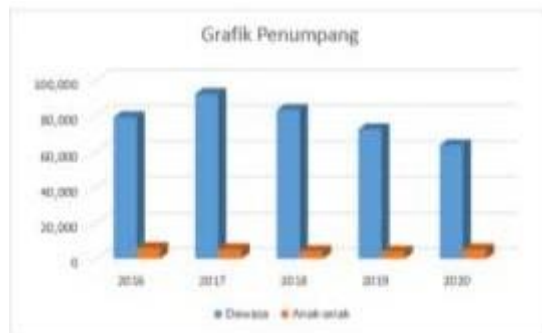
Tabel 3.2 Produktivitas Tahunan

Sumber : Hasil Survei, 2021

Uraian	Tahun				
	2016	2017	2018	2019	2020
Jumlah Trip	1.635	1.573	962	858	818
Dewasa	79.247	92.213	83.291	72.408	63.487
Anak-anak	5.963	5.237	4.228	4.056	5.143
Sub Jumlah	85.210	97.450	87.519	76.467	68.630
Golongan I	56	67	72	58	71
Golongan II	12.004	15.036	12.580	10.815	9.768
Golongan III	213	198	183	155	238
Golongan IV A	3.237	3.574	3.193	3.079	3.065
Golongan IV B	3.000	3.129	3.048	2.804	2.924
Golongan V A	24	41	19	33	27
Golongan V B	9.239	8.739	6.834	5.615	5.772
Golongan VI A	-	-	-	-	5
Golongan VI B	5.837	4.087	2.219	1.452	1.400
Golongan VII	80	72	103	276	239
Golongan VIII	14	30	4	51	15
Golongan IX	7	2	26	31	28
Jumlah	33.711	34.975	28.281	24.369	23.552

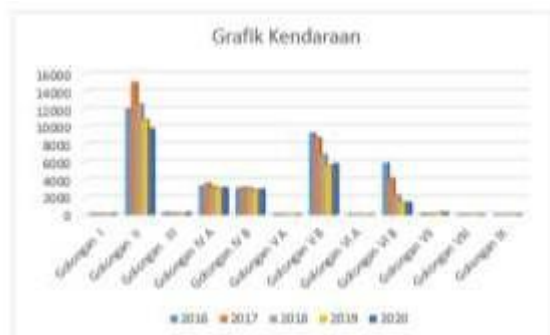
Sumber: hasil survei

Sesuai dengan data produktivitas penumpang dan kendaraan pelabuhan penyeberangan Sape periode 2017 - 2021 akan terlihat pada grafik berikut:



Gambar 3.1 Grafik Data Produktivitas Penumpang
Sumber : Hasil Survei, 2021

Berdasarkan grafik data berikut, untuk setiap tahun mengalami peningkatan namun pada tahun 2021 terjadi penurunan disebabkan karena keadaan pandemi Covid-19 yang sedang terjadi.



Gambar 3.2 Grafik Data Produktivitas Kendaraan
Sumber : Hasil Analisis, 2021

Sedangkan grafik data kendaraan untuk setiap tahun mengalami peningkatan namun pada tahun 2021 terjadi penurunan juga, karena disebabkan oleh keadaan pandemi Covid-19 yang sedang terjadi sehingga mengalami penurunan.

3.2. Analisis

3.2.1. Analisis Kondisi Eksisting

a. Sistem Zonasi Eksisting

Saat ini di Pelabuhan Penyeberangan Sape belum menerapkan sistem zonasi yang berlaku yaitu Peraturan Menteri Perhubungan Nomor 29 Tahun 2016 tentang Sterilisasi Pelabuhan Penyeberangan. Pada kondisi eksisting di Pelabuhan Penyeberangan Sape masih terjadi crossing

yaitu kendaraan yang keluar dari kapal dengan kendaraan yang akan masuk maupun antara kendaraan pengantar jemput dan penumpang, keadaan loket penumpang yang digabung dengan loket kendaraan, keberadaan pedagang asongan di area pelabuhan yang bukan pada tempatnya seperti di area rumah Movable Bridge. Hal tersebut menyebabkan Pelabuhan Penyeberangan Sape menjadi tidak teratur serta dapat mengganggu kelancaran kegiatan operasional di Pelabuhan.



Gambar 3.3 Loket Penumpang yang bergabung dengan Loket Kendaraan
Sumber: hasil survei



Gambar 3.4 Pedagang Asongan yang berada di Area Rumah MB
Sumber: hasil survei

Keberadaan pedagang asongan di area pelabuhan yang bukan pada tempatnya seperti di area menuju ke dermaga, tempat pemeriksaan tiket dan di *movable bridge*

dapat mengganggu, kegiatan bongkar muat kendaraan dari dan ke kapal.



Gambar 3.5 Ruang Tunggu Penumpang
Sumber: hasil survei

3.3. Pembahasan Hasil Analisis

3.3.1. Pemilihan Sistem yang Direkomendasikan

1. Zona A untuk penumpang

Dari hasil analisis penentuan zona A1 yaitu kondisi eksisting lapangan parkir pengantar/penjemput Pelabuhan Penyeberangan Sape masih memenuhi dari hasil analisis. Sedangkan, kondisi eksisting lapangan parkir tidak di pakai untuk tempat parkir namun hanya untuk mengantar atau menjemput penumpang.

Selanjutnya zona A2 yaitu kondisi eksisting ruang tunggu penumpang dengan luas 82,2 m² belum memenuhi dari hasil analisis, masih perlu dilakukan penambahan tempat duduk dengan jumlah paling sedikit 71 kursi sehingga penumpang tidak keluar dan menunggu pada tempat yang bukan zona penumpang yaitu di area dermaga.

Zona A3 yaitu jalan penumpang yang akan masuk ke kapal serta sebagai tempat untuk pemeriksaan tiket penumpang yang akan masuk ke kapal.

2. Zona B untuk kendaraan

Hasil analisis zona B1 yaitu area penempatan jembatan timbang dan *toll gate* bagi kendaraan. Di pelabuhan

penyeberangan Sape masih dalam 1 lokasi yaitu di gedung terminal, sedangkan untuk jembatan timbang ada dengan kapasitas 15 ton.

Zona B2 kondisi eksisting antrian kendaraan untuk menuju ke tempat parkir siap muat dan telah memiliki tiket.

Zona B3 yaitu Zona ini merupakan area muat kendaraan siap masuk kapal. Bagi kendaraan yang membawa penumpang harus turun di area penumpang zona A1. Sedangkan parkir kendaraan roda 2 (dua) dan roda 4 (empat) ditempatkan pada area yang berbeda..

3. Zona C untuk fasilitas vital

Zona ini berfungsi untuk kemandirian dan keselamatan area pelabuhan dan tidak diizinkan masuk selain petugas, seperti contoh *bunker*, rumah *movable bridge*, hidran air, gardu listrik dan tempat *border*.

3.3.2. Perbandingan antara Sistem yang Ada dengan Sistem yang Direkomendasikan

Berikut Perbandingan dan Manfaat antara Sistem yang Ada dengan Kondisi yang Direncanakan dalam penelitian ini:

Tabel 3.3 Perbandingan Kondisi Saat ini dan Kondisi Direncanakan

No	Kondisi Saat Ini	Kondisi Yang Direkomendasikan
1.	Kondisi Gedung Terminal hanya terdiri dengan ruang tunggu penumpang yang dengan jumlah kursi penumpang dalam ruang tunggu hanya cukup untuk 20 orang sehingga hal tersebut mengurangi fungsi dan ruang tunggu tersebut sebagai tempat menunggu penumpang sebelum naik ke kapal. Gedung Terminal tidak dimanfaatkan secara optimal. Luasan Ruang tunggu: 42 m ² (Ruang Tunggu) Jumlah Kapasitas Kursi Penumpang: 20 Orang	Adanya penambahan luas ruang tunggu yang kondisi eksistingnya yaitu 42m ² menjadi 109 m ² untuk kebutuhan operasional dan adanya penambahan kursi ruang tunggu penumpang yaitu dari kondisi eksisting yang hanya memiliki kursi sebanyak 20 unit kursi menjadi 91 unit kursi agar setiap penumpang dapat mendapatkan kenyamanan, untuk rencana yang dibuat penulis yaitu rencana untuk jangka pendek dengan memanfaatkan ruangan yang tidak terpakai di ruang tunggu sekitar untuk dijadikan ruang tunggu sehingga untuk pembangunan jangka pendek hal ini bisa cepat terealisasi dan lebih efektif.

2.	Belum diterapkannya sistem zonasi sehingga masih banyak orang-orang yang tidak berkepentingan memasuki wilayah yang tidak untuk umum seperti pedagang yang bertebaran di dermaga, penumpang yang menunggu tidak memanfaatkan ruang tunggu yang telah disediakan, bahkan Penumpang lebih banyak memilih langsung menunggu di kapal. Hal ini dapat membuat dermaga menjadi tidak tertata dan tertata.	Penetapan zona wilayah untuk penumpang harus dilakukan melalui Peraturan Menteri Perhubungan Nomor 29 Tahun 2016 tentang Sterilisasi Pelabuhan Penyeberangan dan diadakannya sosialisasi dan informasi kepada pengguna jasa dan masyarakat tentang sistem zona wilayah Pelabuhan Penyeberangan Sape. Zona A : Loket Penumpang dan Lapangan Parkir Antar/Jemput Ruang tunggu penumpang Jalur masuk dermaga Zona B : Tolgate dan Jembatan Timbang Amanan Kendaraan Ketersediaan Siap muat Zona C : Jalur Keluar Masuk Kapal dan Fasilitas vital
----	---	--

Sumber : Hasil Analisis Penulis, 2021

4. KESIMPULAN

- a. Pada kondisi eksisting Pelabuhan Penyeberangan Sape belum memiliki luasan yang cukup dan jumlah kursi ruang tunggu yang memadai, dibutuhkan penambahan luas dan banyaknya kursi ruang tunggu yaitu dari kondisi eksisting luas ruang tunggu yang ada 82 m² menjadi 109 m² untuk kondisi rencana dan untuk kursi ruang tunggu dari kondisi eksisting yaitu 20 unit kursi menjadi 91 unit untuk kondisi rencana.
- b. Belum diterapkannya sistem zona serta belum terdapat papan rambu zona di pelabuhan penyeberangan Sape mengakibatkan belum adanya batasan di area pelabuhan bagi pengguna jasa hal ini dapat dilihat dari terdapatnya orang-orang yang tidak berkepentingan memasuki area pelabuhan dan daerah terlarang bagi umum, serta pemanfaatan ruang tunggu yang tidak maksimal dan efektif sehingga pelabuhan menjadi kurang tertata. Langkah yang dapat diambil yaitu dengan menerapkan sistem zonasi berdasarkan Peraturan Menteri Perhubungan Nomor 29 Tahun 2016 Tentang Sterilisasi Pelabuhan Penyeberangan sehingga dapat mengembalikan fungsi pelabuhan dan menciptakan pelabuhan penyeberangan yang sesuai dengan standar dari Peraturan Menteri Perhubungan Nomor 29 Tahun

2016 Tentang Sterilisasi Pelabuhan
Penyeberangan.

DAFTAR PUSTAKA

- Indonesia. Kementerian Perhubungan. (2019). *Peraturan Nomor 66 tentang Mekanisme Penetapan dan Formulasi Perhitungan Tarif Angkutan Penyeberangan*. Jakarta: Menteri Perhubungan.
- Indonesia. Kementerian Perhubungan. (2017). *Peraturan Nomor 103 tentang Pengaturan dan Pengendalian Kendaraan yang Menggunakan Jasa Angkutan Penyeberangan*. Jakarta: Menteri Perhubungan.
- Indonesia. Kementerian Perhubungan. (2016). *Peraturan Nomor 29 tentang Sterilisasi Pelabuhan Penyeberangan*. Jakarta: Menteri Perhubungan.
- Indonesia. Kementerian Perhubungan. (2014). *Peraturan Nomor 13 tentang Rambu Lalu Lintas*. Jakarta: Menteri Perhubungan.
- Indonesia. Kementerian Perhubungan. (2004). *Keputusan Nomor 52 tentang Penyelenggaraan Pelabuhan Penyeberangan*. Jakarta: Menteri Perhubungan.
- Indonesia. Direktorat Jenderal Perhubungan Darat. (2010). *Peraturan Nomor SK.242/HK.104 tentang Pedoman Teknis Manajemen Lalu Lintas Penyeberangan*. Jakarta: Direktur Jenderal Perhubungan Darat.
- Indonesia. Direktorat Bina Sistem Lalu Lintas dan Angkutan Kota. (1998). *Pedoman Perencanaan dan Pengoperasian Fasilitas Parkir*. Jakarta: Iskandar Abu Bakar, dkk.

OPTIMASI JARINGAN LONG TERM EVOLUTION (LTE) 4G PADA SALAH SATU APARTEMEN DI JAKARTA

Triyono Budi Santoso

Program Studi Teknik Elektro, FTI, Institut Teknologi Budi Utomo Jakarta,
triyono.budi@gmail.com

Abstrak

Jaringan seluler saat ini semakin berkembang dan telah mengalami evolusi dalam kurun waktu bertahun-tahun. Diawali dari sistem 2G, 3G hingga saat ini yang sedang dikembangkan oleh provider di Indonesia yaitu sistem LTE (Long Term Evolution) / 4G, serta next generation 5G yang sedang dalam tahap uji coba atau masih sangat terbatas penerapannya di Indonesia. Dalam menerapkan teknologi ini, terdapat banyak sekali faktor yang harus diperhatikan agar dihasilkan layanan dan jaringan yang berkualitas. Pada tulisan ini dibahas tentang bagaimana cara mengoptimalkan layanan dengan teknologi sistem berbasis generasi 4G pada salah satu gedung hunian tinggi berjenis apartemen di salah satu area elit di Jakarta, dengan melakukan analisa pada bagian lantai rendah (lantai 3), menengah (lantai 19) dan tinggi (lantai 56). Berdasarkan skenario optimasi dengan pemasangan *repeater*, dihasilkan kebutuhan antenna pada lantai 3 adalah 3 buah antenna dengan nilai rata-rata *RSRP* -52.04 dBm dan nilai rata-rata *SINR* 10.33 dB, sedangkan pada lantai 19 dibutuhkan 3 buah antenna dengan nilai rata-rata *RSRP* -66.32 dBm dan nilai rata-rata *SINR* 13.18 dB, dan pada lantai 56 dibutuhkan 3 antenna dengan nilai rata-rata *RSRP* -66.32 dBm dan nilai rata-rata *SINR* 13.18 dB. Sedangkan berdasarkan skenario perencanaan *IBC* pada lantai 3 diperoleh kebutuhan antenna 2 buah dengan nilai rata-rata *RSRP* -56.51 dBm dan rata-rata *SINR* 18.36 Db. Pada lantai 19 dibutuhkan 5 antenna dengan nilai rata-rata *RSRP* -58.31 dBm dan nilai rata-rata *SINR* 11.34 dB, sedangkan pada lantai 56 dibutuhkan 5 antenna dengan nilai rata-rata *RSRP* -58.31 dBm dan nilai rata-rata *SINR* 11.34 dB. Dan untuk hasil simulasi *upgrade carrier module* dari *carrier* 10 MHz menjadi 15 MHz telah menaikkan nilai rata-rata *throughput* dari 10.809 Mbps dengan rata-rata *RSRP* -86.6 dBm menjadi 36.568 Mbps dengan rata-rata *RSRP* -86.6 dBm.

Kata kunci : LTE, repeater, optimasi, RSRP, SINR, throughput

1. PENDAHULUAN

Semakin tingginya kebutuhan manusia akan layanan informasi saat ini telah menjadikan faktor kecepatan sinyal (*download* maupun *upload*) merupakan hal yang sangat penting dalam aspek layanan jaringan seluler. Jaringan Long Term Evolution (LTE) saat ini dinilai bisa menjadi teknologi seluler yang menghadirkan kecepatan yang semakin cepat demi kebutuhan akan intensitas pemakaian data. Para pengguna LTE yang mayoritasnya tinggal di daerah padat penduduk terutama di Apartemen, seringkali tidak mendapat layanan karena tingginya gedung yang menyebabkan tidak adanya jaringan seluler. Salah satunya di Apartemen St. Moritz yang berada di daerah Puri Kembangan. Melalui pengukuran maupun tingkat pengaduan dari penghuni, terdapat kondisi pada beberapa lantai atau titik tertentu di apartemen tersebut yang kurang baik cakupannya sehingga perlu dilakukan optimasi jaringan di area yang bermasalah tersebut.

Dari hasil penelitian sebelumnya, pada (Widiyanto, 2013) melakukan optimasi jaringan 3G menggunakan *repeater* di PT SICPA PERURI SEKURINK, hasil yang didapatkan parameter RSCP, RSSI, dan Ec/No menjadi lebih baik dibandingkan sebelum adanya pemasangan *repeater*. Pada (Triakotora, 2015) mengoptimasi jaringan LTE dengan melakukan perencanaan jaringan *indoor LTE* di stasiun gambir dengan cara melakukan perhitungan secara kapasitas dan cakupan. Disimulasikan dengan *software* RPS 5.4 yang hasilnya *RSRP* mendapatkan nilai -42.80 dBm, nilai *SINR* didapatkan 12.12 dB, dan nilai *throughput* 1008 Kbps. Pada (Purnomo, 2018) optimasi jaringan dengan cara melakukan perencanaan *In Building Coverage* pada gedung UNISBA dengan hasil pada parameter *RSRP* berkisar -55.9 dBm hingga -12.08 dBm dan *SINR* berkisar dari 22.66 dB hingga 40.99 dB dengan hasil itu sudah memenuhi standar KPI operator yang diteliti. Pada (Putri, 2017) optimasi jaringan LTE dengan menggunakan struktur TDD

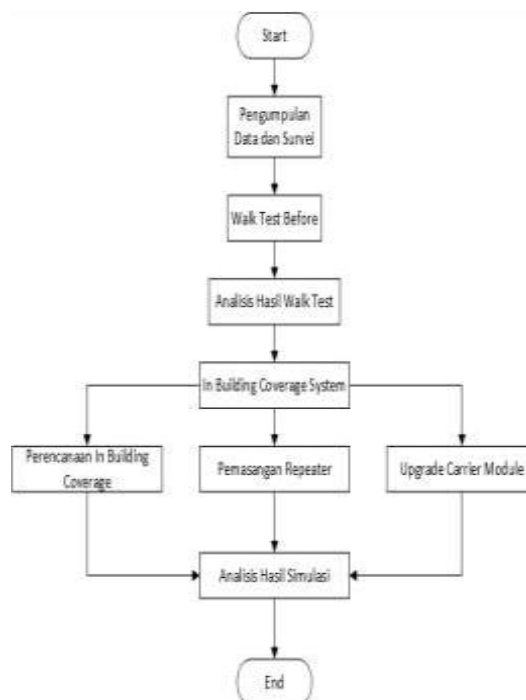
subframe yang berbeda, physical tuning, dan implementasi higher-order MIMO hasil yang didapatkan nilai *RSRP* meningkat dari $100\% \leq -80$ dBm menjadi $94,48\% \geq -80$ dBm dengan target KPI $80\% \geq -80$ dBm. Pada (Rofiansyah, 2018) optimasi jaringan *LTE* menggunakan metode drive test dengan *software* Nemo Handy. Hasil yang didapatkan mengalami kenaikan 44,4% pada parameter *RSRP* dan 25,1% pada parameter *SINR*.

Berdasarkan penelitian sebelumnya, maka dalam tulisan ini dilakukan 3 skenario simulasi perbaikan, yaitu dengan pemasangan *repeater*, perencanaan *In Building Coverage (IBC)*, dan *upgrade carrier module* untuk mengoptimalkan jaringan *LTE* di Apartemen St. Moritz. Untuk skenario perencanaan *IBC* dan pemasangan *repeater* perlu dilakukan dimensioning secara cakupan dan kapasitas untuk menentukan jumlah antena *indoor*, yang disimulasikan menggunakan *software* RPS 5.4, dan pada skenario *upgrade carrier module* dilakukan menggunakan *software* Atoll 3.3.0.7383 dengan merubah *bandwidth* dari 10 MHz menjadi 15 MHz.

2. METODOLOGI

Gedung Apartemen St. Moritz secara geografis terletak pada koordinat $6^{\circ}11'27.04''S$ $106^{\circ}44'19.03''E$. Untuk mengetahui keadaan jaringan eksisting, dilakukan prosedur *walk test* pada 3 lantai gedung, yaitu lantai 3, lantai 19 dan lantai 56. Selain itu juga dilakukan pengukuran level daya sinyal di luar gedung (*outdoor*) untuk memperkuat hipotesa bahwa dibutuhkan optimasi untuk menangani masalah jaringan *LTE* di Apartemen St. Moritz, khususnya dimana terdapat area *coverage* sinyal yang bermasalah.

Adapun Diagram Alir kegiatan optimasi jaringan digambarkan sebagaimana pada Gambar 2.1 dibawah ini :



Gambar 2.1 Diagram Alir Optimasi Jaringan *LTE*

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Hasil

Apartemen St. Moritz memiliki spesifikasi detail sebagaimana pada tabel 3.1 dibawah ini, dengan perkiraan jumlah pengguna tipikal tiap lantai adalah 117.

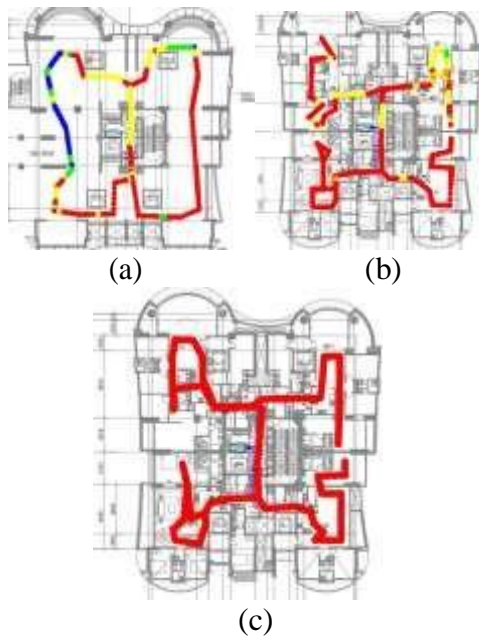
Tabel 3.1 *Detail Bangunan Apartemen St. Moritz*

Luas Bangunan Semua Lantai	45.770 m ²
Tinggi Bangunan	172 m
Tinggi Bangunan Perlantai	4 m
Jumlah Lantai	43
Luas Area Lantai 3	1121 m ²
Luas Area Lantai 19	1121 m ²
Luas Area Lantai 56	1121 m ²

Sumber Data : Hasil Olahan Data Penelitian

3.1.1 Walk Test

Hasil pengukuran *walk test* terhadap kualitas penerimaan berdasarkan parameter *RSRP* (*Reference Signal Received Power*) pada ketiga lantai adalah sebagaimana digambarkan pada Gambar 3.1 dan penjelasannya pada Tabel 3.2.



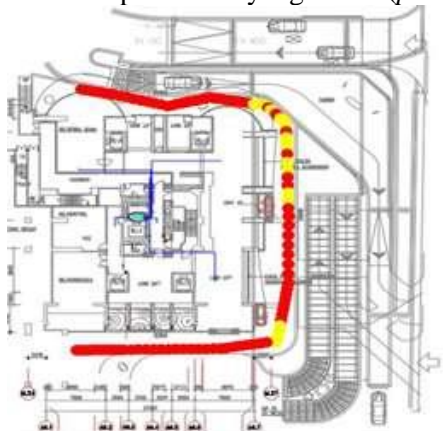
Gambar 3.1 Hasil Walk Test
 a. Lt. 3 ; b. Lt. 19 ; c. Lt. 56
 Sumber Data : Hasil Olahan Data Penelitian

Tabel 3.2 Range RSRP Level

RSRP Range	Keterangan
-80 dBm to 0 dBm	Excellent
-90 dBm to -80 dBm	Good
-100 dBm to -90 dBm	Fair
-130 dBm to -100 dBm	Poor

Sumber Data : Widiyanto, 2013

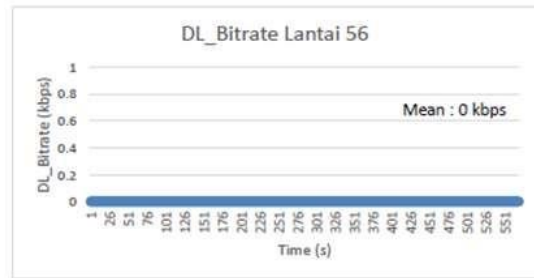
Sedangkan hasil *walk test* pada area *outdoor* gedung, diperoleh sebagaimana Gambar 3.2 dibawah ini. Baik tes *indoor* maupun *outdoor* menunjukkan bahwa keadaan penerimaan sinyal berada pada level yang buruk (*poor*).



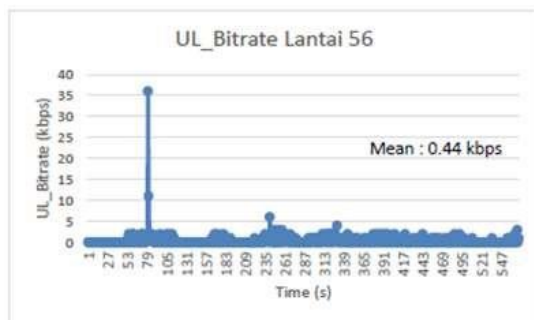
Gambar 3.2 Hasil Walk test area Outdoor
 Sumber Data : Hasil Olahan Data Penelitian

Hasil tersebut berkorelasi pada kecepatan rata-rata sinyal tatkala digunakan untuk men-

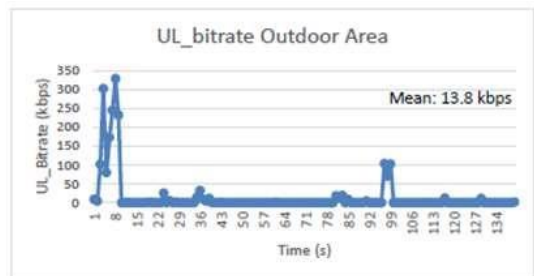
download maupun meng-*upload* data atau informasi, seperti dibuktikan pada Gambar 3.3 untuk kecepatan *download* dan Gambar 3.4 untuk kecepatan *upload* di salah satu lantai terkait, dalam hal ini lantai 56. Dengan keadaan seperti ini sudah tentu kualitas yang dirasakan oleh penghuni lantai adalah sangat tidak memuaskan. Terlebih lagi, pengguna tidak dapat mengandalkan jaringan sinyal yang diterimanya dari area *outdoor*, karena hasilnya kurang lebih sama, seperti hasil pengukuran pada Gambar 3.5 dan Gambar 3.6.



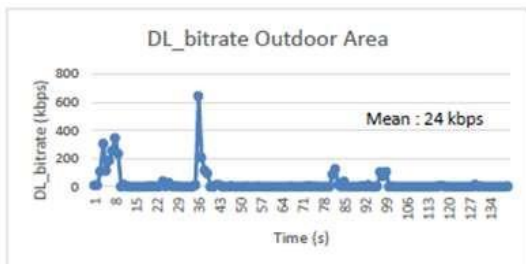
Gambar 3.3 Grafik Throughput Download
 Sumber Data : Hasil Olahan Data Penelitian



Gambar 3.4 Grafik Throughput Upload
 Sumber Data : Hasil Olahan Data Penelitian



Gambar 3.5 Grafik Throughput Download dari jaringan outdoor
 Sumber Data : Hasil Olahan Data Penelitian

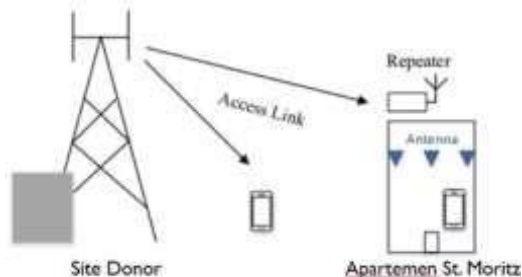


Gambar 3.6 Grafik Throughput Upload dari jaringan outdoor
Sumber Data : Hasil Olahan Data Penelitian

3.1.2 Optimasi

Untuk memperbaiki nilai *RSRP* yang juga berkorelasi dengan *SINR* (*Signal to Interference Noise Ratio*) maka beberapa hal yang dapat dilakukan adalah :

3.1.2.1 Pemasangan Repeater



Gambar 3.7 Skenario Pemasangan Repeater
Sumber Data : Hasil Olahan Data Penelitian

Melalui perhitungan, dihasilkan persyaratan optimum untuk skenario pemasangan *repeater* sebagai berikut :

Tabel 3.3 Jumlah antena untuk skenario pemasangan *repeater*

Lantai	Σ sel capacity	Σ sel coverage	Jumlah Antenna
3	3	1	3
19	3	2	3
56	3	2	3

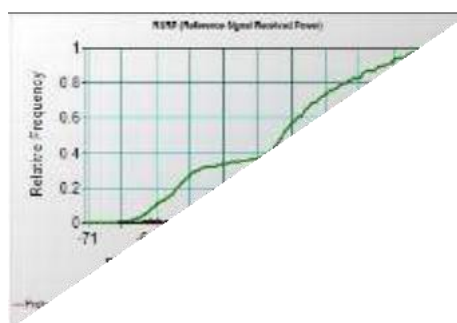
Sumber Data : Hasil Olahan Data Penelitian

Adapun hasil peningkatan penerimaan sinyal (*RSRP*) dengan simulasi menggunakan *software* RPS 5.4 pada tiap lantai.

3.1.2.1.1 RSRP Lantai 3



Gambar 3.8 Plot *RSRP* lantai 3
Sumber Data : Hasil Olahan Data Penelitian



Gambar 3.9 Grafik *RSRP* lantai 19, dengan nilai CDF dan PDF
Sumber Data : Hasil Olahan Data Penelitian

Pada Gambar 3.8 dan Gambar 3.9, hasil yang diperoleh pada pemasangan *repeater* untuk nilai *RSRP* rata-rata di lantai 3 adalah sebesar -52.04 dBm dengan standar deviasi 8.42. Keterangan garis berwarna hijau merupakan CDF (*Cumulative Distribution Function*) yang menyatakan total seluruh nilai daya yang diterima oleh pengguna sedangkan bar yang berwarna merah merupakan PDF (*Probability Density Function*) yang menyatakan masing-masing persentase nilai daya yang diterima oleh pengguna.

3.1.2.1.2 RSRP Lantai 19

Dapat dilihat pada Gambar 3.10 dan Gambar 3.11 bahwa nilai rata-rata *RSRP* yang akan diperoleh sebesar -66.32 dBm dengan standar deviasi 14.54.



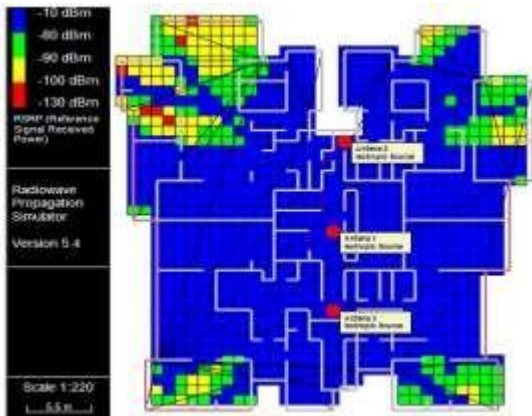
Gambar 3.10 Plot RSRP lantai 19
Sumber Data : Hasil Olahan Data Penelitian



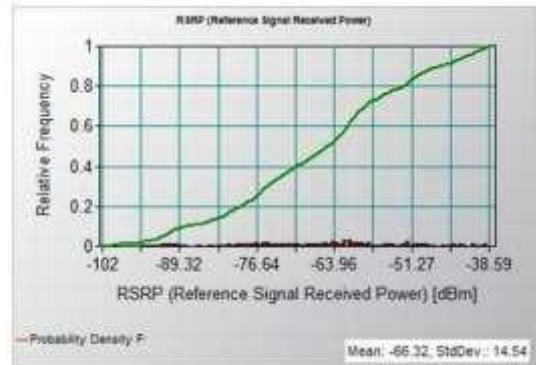
Gambar 3.11 Grafik RSRP lantai 19, dengan nilai CDF dan PDF
Sumber Data : Hasil Olahan Data Penelitian

3.1.2.1.3 RSRP Lantai 56

Begitu juga untuk perbaikan lantai 56, diperoleh nilai rata-rata RSRP yang diperoleh sebesar -66.32 dBm dengan standar deviasi sebesar 14.54 sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 3.12 dan Gambar 3.13.



Gambar 3.12 Plot RSRP lantai 56
Sumber Data : Hasil Olahan Data Penelitian



Gambar 3.13 Grafik RSRP lantai 56, dengan nilai CDF dan PDF
Sumber Data : Hasil Olahan Data Penelitian

3.1.2.2 Perencanaan IBC

Dalam perencanaan selanjutnya, juga disimulasikan peletakan antenna yang ideal di titik-titik tertentu tiap lantai. Cara ini biasanya cara ini dinamakan dengan *In Building Coverage*, yaitu dengan menempatkan antena-antena indoor pada titik yang optimal. Peletakan antena sangat berpengaruh terhadap hasil *coverage* dan biasanya cara ini yang sering dilakukan pada saat implementasi. Dengan meletakkannya pada area koridor, akan memudahkan teknisi baik saat pemasangan, saat kegiatan pemeliharaan maupun untuk penyelesaian saat terjadi gangguan.

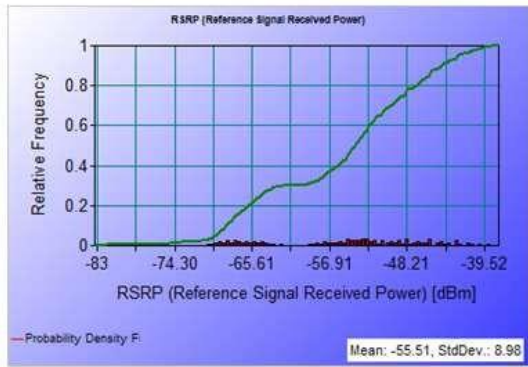
Berikut adalah simulasi yang dilakukan di tiap lantai :

3.1.2.2.1 Alternatif 1

Hasil penempatan 2 buah antena pada koridor tengah sisi memanjang, ditunjukkan pada Gambar 3.14 (a) dan (b) dimana diperoleh nilai rata-rata RSRP sebesar -55.51 dB dengan standar deviasi 8.98.



(a)



(b)

Gambar 3.14 Hasil Peletakan antenna IBC pada posisi alternatif 1

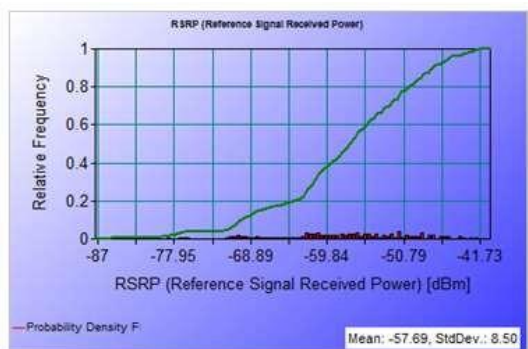
Sumber Data : Hasil Olahan Data Penelitian

3.1.2.2.2 Alternatif 2

Hasil penempatan 2 buah antenna padatitik sudut diagonal, ditunjukkan pada Gambar 3.15 (a) dan (b) dimana diperoleh nilai rata-rata RSRP sebesar -57.69 dB dengan standar deviasi 8.50.



(a)



(b)

Gambar 3.15 Hasil Peletakan antenna IBC pada posisi alternatif 2.

Sumber Data : Hasil Olahan Data Penelitian

3.1.2.2.3 Alternatif 3

Hasil penempatan 2 buah antenna pada bagian tengah sisi gedung yang lebih pendek, ditunjukkan pada Gambar 3.16 (a) dan (b)

dimana diperoleh nilai rata-rata RSRP sebesar -56.95 dB dengan standar deviasi 7.76.



(a)



(b)

Gambar 3.16 Hasil Peletakan antenna IBC pada posisi alternatif 3.

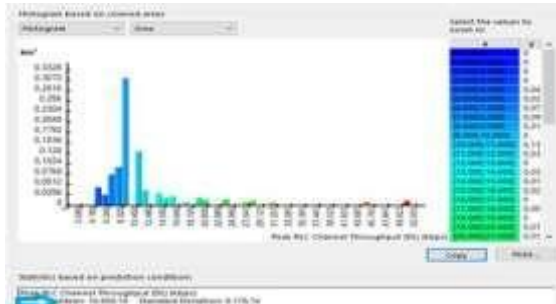
Sumber Data : Hasil Olahan Data Penelitian

Dari ketiga alternatif yang dicobakan pada lantai 3, diperoleh hasil bahwa posisi antenna pada jalur tengah sisi yang memanjang adalah lebih baik dalam hal kualitas penerimaan sinyal, jika dibandingkan dengan posisi diagonal titik sudut, maupun bagian tengah dari sisi lebar gedung.

3.1.2.3 Upgrade Carrier Module

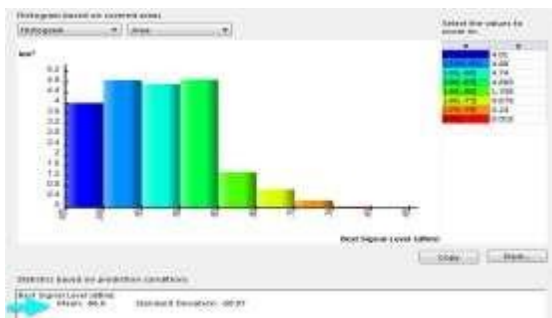
Upgrade carrier module ditujukan untuk menambah kapasitas jaringan. Dengan dilakukannya hal ini akan mampu memperbaiki performa jaringan dalam menangani jumlah pengguna yang lebih banyak. Pada simulasi ini meningkatkan kapasitas pada site 01JKB021_L_PURIMAL sektor 2 dengan mengubah frequency band dari 10 MHz menjadi 15 MHz sedangkan parameter lain dibuat sama dan mengikuti perubahan band secara otomatis. Peningkatan kapasitas tersebut adalah peningkatan

kapasitas dari *site* yang melayani sel *outdoor* namun Apartemen St. Moritz dalam cakupan dari *site* 01JKB021_L_PURIMAL sektor 2 sehingga gedung tersebut tetap dilayani oleh *site* tersebut.



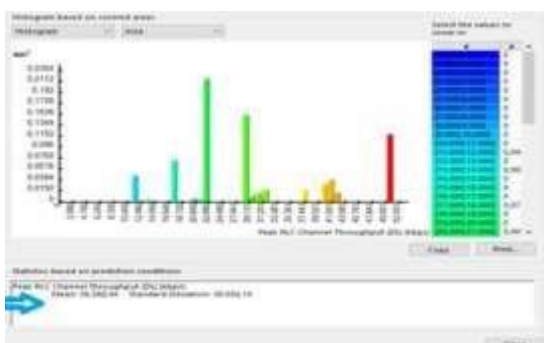
Gambar 3.17 *Throughput carrier initial site* 01JKB021_L_PURIMAL sektor 2
 Sumber Data : Hasil Olahan Data Penelitian

Pada Gambar 3.17 dapat dilihat bahwa pada *carrier initial* diperoleh rata-rata *throughput* di sisi *downlink* adalah 10.809 Mbps dengan standar deviasi 8.178 dengan nilai *throughput* yang paling banyak muncul adalah 8.32 Mbps.



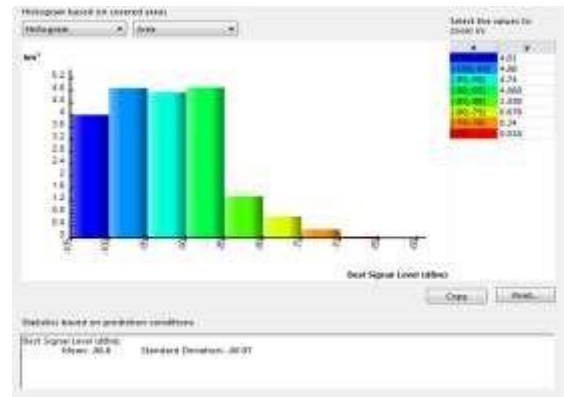
Gambar 3.18 *RSRP carrier initial*
 Sumber Data : Hasil Olahan Data Penelitian

Berdasarkan pada Gambar 3.18 dengan menggunakan *initial carrier* 10 MHz diperoleh rata-rata *RSRP* -86.6 dBm dengan nilai yang paling banyak muncul adalah range -100 s.d. -85 dBm.



Gambar 3.19 *Throughput carrier final site* 01JKB021_L_PURIMAL sektor 2
 Sumber Data : Hasil Olahan Data Penelitian

Sedangkan setelah *final carrier* menjadi 15 Mhz diperoleh nilai rata-rata *Throughput* meningkat menjadi 36.568 Mbps dengan standar deviasisebesar 28.034. peningkatan tersebut dikarenakan semakin besarnya kapasitas yang dimiliki *site* 01JKB021_L_PURIMAL sektor 2 sehingga keberhasilan paket data yang digunakan oleh pengguna juga meningkat.



Gambar 3.20 *RSRP carrier final*
 Sumber Data : Hasil Olahan Data Penelitian

Berdasarkan pada Gambar 3.20 diperoleh rata-rata *RSRP* tidak berubah yaitu -86.6 dBm dengan nilai yang paling banyak muncul adalah range -100 s.d. -85 dBm. Dapat disimpulkan bahwa dalam skenario *upgrade carrier module* diperoleh peningkatan kapasitas yang menghasilkan peningkatan *throughput* namun di sisi *RSRP* atau *receive signal level* nya tetap tanpa ada perbaikan, maka berarti skenario *upgrade carrier module* hanya menambah kapasitas namun tidak memperbaiki cakupan.

Sebagai perbandingan antara data sebelum perbaikan (data *existing*) dengan data hasil optimasi ketiga metode perbaikan yang dilakukan, dituangkan dalam Tabel 3.4 dan Tabel 3.5 dibawah ini.

Tabel 3.4 Perbandingan Data *RSRP* Sebelum (*Existing*) dan Setelah Optimasi

Lantai	<i>RSRP</i> (dBm)			
	Pengukuran <i>Existing</i>	Pengukuran Setelah Optimasi		
	<i>Walk Test</i>	Pemasangan Repeater	Perencanaan <i>IBC</i>	<i>Upgrade Carrier Module</i>
3	-96.7	-52.04	-56.51	-86.6
19	-103.7	-66.32	-58.31	-86.7
56	-117	-66.32	-58.31	-86.8

Sumber Data : Hasil Olahan Data Penelitian

Tabel 3.5 Analisis Perbandingan dari Ketiga Skenario

No.	Perbandingan	Pemasangan Repeater	Perencanaan IBC	Upgrade Carrier-Module
1	RSRP	Meningkat	Meningkat	Tetap
2	Kapasitas	Tergantung site donor	Meningkat	Meningkat
3	SINR	Baik	Baik	Baik
4	Penambahan Perangkat	Bertambah	Bertambah	Bertambah
5	Cost	Sedang	Lebih tinggi dibandingkan dengan pemasangan repeater	Lebih rendah dibandingkan pemasangan repeater

Sumber Data : Hasil Olahan Data Penelitian

4. KESIMPULAN

Optimasi Jaringan LTE pada Apartemen St. Moritz dapat dilakukan dengan menggunakan skenario pemasangan *repeater*, perencanaan IBC dan upgrade *carrier module* yang masing-masing memiliki karakteristik nya bila ditinjau dari berbagai aspek. Pengukuran pada ketiga lantai (lantai 3, 19 dan 56) sebagaimana dalam tulisan ini dilakukan untuk mewakili berbagai persoalan dan kondisi yang nyata dan dihadapi di lapangan.

Berdasarkan skenario pemasangan *repeater* didapatkan kebutuhan antena pada lantai 3 adalah 3 antena dengan nilai rata-rata RSRP -52.04 dBm dan nilai rata-rata SINR 10.33 dB. Pada lantai 19 kebutuhannya adalah 3 antena dengan nilai rata-rata RSRP -66.32 dBm dan korelasi nilai rata-rata SINR 13.18 dB. Sedangkan pada lantai 56 dibutuhkan 3 antena dengan nilai rata-rata RSRP yang dihasilkan sebesar -66.32 dBm dan nilai rata-rata SINR 13.18 dB.

Berdasarkan skenario perencanaan IBC pada lantai 3 diperoleh kebutuhan antena 2 buah dengan nilai rata-rata RSRP -56.51 dBm dan rata-rata SINR 18.36 dB. Pada lantai 19 dibutuhkan 5 antena dengan nilai rata-rata RSRP -58.31 dBm dan nilai rata-rata SINR 11.34 dB. Sedangkan pada lantai 56 dibutuhkan 5 antena dengan nilai rata-rata

RSRP -58.31 dBm dan nilai rata-rata SINR 11.34 dB.

Berdasarkan skenario *upgrade carrier module* dengan meningkatkan *carrier* dari 10 MHz menjadi 15 MHz, terjadi peningkatan nilai rata-rata *throughput* dari 10.809 Mbps dan rata-rata RSRP -86.6 dBm menjadi nilai rata-rata *throughput* 36.568 Mbps dan rata-rata RSRP -86.6 dBm.

DAFTAR PUSTAKA

- Widiyanto, A. (2013) 'Perancangan Penguatan Sinyal Indosat menggunakan *repeater* micro 3G Remotek di PT. Sicpa Peruri Sekurink', *Arsitron*, 4(2), pp. 110–114.
- Triakotora, M. H. (2015) 'Analisa Perencanaan Jaringan Long Term Evolution Indoor di Stasiun Gambir Analysis of Long Term Evolution Indoor Network Planning in Gambir', *e-Proceeding of Engineering*, 2(1), pp. 1–8.
- Purnomo, I. (2018) 'Perencanaan Indoor Building Coverage (IBC) Pada Jaringan LTE di Gedung, Kuliah Umum Universitas Islam Bandung (UNISBA)', *Karya Ilmiah*, pp. 1–7.
- Putri, A. C. U. (2017) 'Analisis Optimasi Coverage Jaringan Long Term Evolution (LTE) TDD Pada Frekuensi 2300 MHz', *Seminar Nasional Inovasi dan Aplikasi Teknologi di Industri*.
- Rofiansyah, F. (2018) 'Optimasi Jaringan LTE di Jalan Utama Area Balikpapan Utara', *Karya Ilmiah*, pp. 1–8.

ANALISIS UNJUK KERJA SISTEM REFRIGERASI DENGAN DAYA KOMPRESOR 1/5 PK, BERDASARKAN VARIASI SUHU EVAPORATOR

Srihanto

Prodi Teknik Mesin , FTI, Institut Teknologi Budi Utomo Jakarta.

srihanto58@gmail.com

Abstrak

Sistim Refrigerasi adalah suatu mesin yang berfungsi untuk memindahkan energi dari suhu rendah ke suhu lingkungan. Sistim Refrigerasi digunakan untuk menyimpan bahan makanan agar lebih tahan lama dan digunakan untuk keperluan lainnya seperti industri makanan, industri kimia, produksi ikan laut dan lain sebagainya. Komponen utama sistim refrigerasi (mesin pendingin) terdiri dari kompresor, kondensor, katup Expansi dan Evaporator. Selama tidak pernah tahu seberapa besar unjuk kerja mesin pendingin yang digunakan untuk keperluan industri pada suhu evaporator bervariasi sesuai bahan yang di simpan. Sehingga perlu adanya pengujian dan analisa sistim refrigerasi agar mengetahui seberapa besar unjuk kerja sistim refrigerasi yang dimaksud. Tujuan penelitian ini adalah melakukan pengujian mesin untuk mengetahui perbandingan berapa besar kerja kompresor, kalor yang diserap evaporator, serta besar unjuk kerja mesin atau *Coeffisien Of Performance (COP)*. Metode Penelitian yang digunakan adalah melakukan pengujian mesin Refrigerasi 1/2 PK menggunakan *Refrigerant R 134A*, kemudian dilakukan analisa perhitungan dengan berbagai buku refrigerasi maupun aplikasi internet. Sedang pengujian dilakukan pada suhu evaporator 10,5, -0,5, -10, -12°C. Dari pengujian mesin pendingin tersebut diperoleh nilai kerja kompresor tertinggi pada suhu -12°C. yaitu 100 kJ/kg, sedang nilai terendah pada suhu 10°C yaitu 75 kJ/kg. Nilai kalor yang diserap Evaporator tertinggi pada suhu 10°C yaitu 173 kJ/kg, sedang kalor yang diserap mesin pendingin terendah adalah pada suhu -12°C yaitu 170 kJ/kg. Nilai COP tertinggi adalah pada suhu 10°C yaitu 2,3 sedang COP terendah adalah 1,7.

Kata Kunci : unjuk kerja, refrigerasi, kompresor, variasi, evaporator

1. PENDAHULUAN.

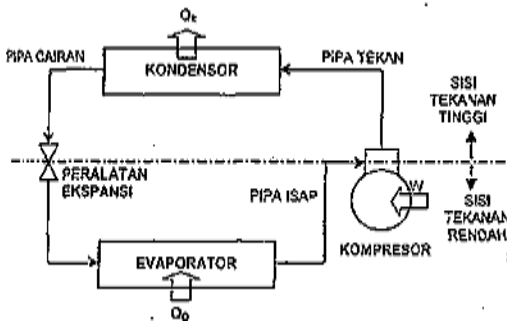
Mesin Pendingin adalah suatu mesin yang berfungsi untuk memindahkan energy dari suhu rendah ke suhu lingkungan. Mesin Pendingin (Refrigerasi) digunakan untuk menyimpan bahan makanan agar lebih tahan lama dan digunakan untuk keperluan lainnya seperti industri makanan, industri kimia, produksi ikan laut dan lain sebagainya. Komponen utama mesin Pendingin(Refrigerasi) adalah kompresor, kondensor, katup expansi, dan evaporator. Mesin pendingin bekerja pada suhu sesuai dengan bahan yang didinginkan. Sehingga tidak pernah tahu seberapa besar energi yang di serap mesin pendingin, besar kerjakompresor maupun unjuk kerja mesin atau Coefisien Of performance (COP). Untuk itu perlu adanya pengujian agar mengetahui unjuk kerja mesin tersebut di atas.

Tujuan dari analisa mesin pendingin ini adalah melakukan pengujian mesin pendingin untuk mengetahui besar kalor yang diserap

evaporator, kalor yang di lepas kondensor, kerja kompresor dan besar COP. Pengujian dilakukan dengan variasi suhu yaitu 10, 5, - 0,5 dan -12°C.

Setelah dilakukan Pengujian maka hasil data pengujian dilakukan analisa berdasarkan persamaan dari referensi buku refrigerasi maupun sumber jurnal sebelumnya dan aplikasi internet. Adapun mesin Refrigerasi yang diuji adalah daya kompresor, 1/2 PK hasil Rancangan dan rakitan mahasiswa teknik mesin ITBU Jakarta. Hal-hal yang harus diperhatikan pada Penelitian ini adalah jenis refrigerant adalah R 134 A, Suhu yang di rekomendasikan -12 ° C, beban maximal ruang refrigerasi 10 kg. Untuk menentukan besar kalor yang di serap evaporator dibutuhkan nilai entalphi. Entalpi adalah energi yang terkandung dalam refrigerant sesuai suhu dan tekanan refegerant dengan satuan kj/kg atau Btu/lb untuk memperoleh harga entalpi di ambil dari tabel atau diagram R 134 A. (Wilbert F. Stoecker, Jerold W Joner, 2012)

Prinsip kerja mesin Pendingin seperti ditunjukkan pada gambar 1. diagram skematis sistim refrigerasi yaitu refrigerant di isap oleh kompresor pada tekanan rendah dari evaporator di tekan kompresor ke kondensor sehingga tekanan tinggi kemudian di kondensor refrigerant didinginkan dan fasanya menjadi cair selanjutnya di ekspansikan oleh katup ekspansike evaporator sehingga tekanan turun, di evaporator refrigerant menyerap kalor sehingga refrigerant keluar dari evaporator menjadi gas bertekanan rendah kemudian diisap oleh kompresor. Demikian kerja sistim refrigerasi secara terus menerus sehingga mampu mendinginkan ruangan yang berisi bahan yang didinginkan . Untuk lebih jelasnya dapat di lihat di gambar 1 di bawah ini (Mardika, Ratbayu Bangkit.2015):

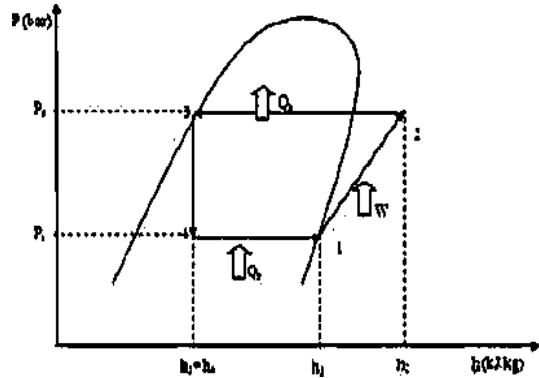


Gambar 1. Diagram skematik Sistem Refrigerasi.

Sumber: Mardika, Ratbayu Bangkit, 2015

Sedang gambar nomer 2 menjelaskan prinsip kerja siklus refrigerasi kompresi uap standart yaitu ketika refrigerant keluar evaporator berbentuk gas pada tekananrendah pada titik 1 refrigerant di kompresikansecara *adiabatic* oleh kompresor sehingga sampai titik 2 refrigerant menjadi ber tekanantinggi. Kemudian refrigerant didinginkan di kondensor untuk melepas kalor ke lingkungan pada titik 3 sehingga refrigerant menjadi cair. Selanjutnya efrigerant masuk *expansion valve* sehingga tekanan turun, tidak terjadi kerugian energi (*expansi adiabat*is) atau nilai entalpi tidak berubah ($h_3=h_4$), kemudian refrigerant masuk evaporator menyerap kalor sesuai prinsip perpindahan panas untuk mendinginkanruangan dan bahan yang didinginkan, sehingga refrigerant keluar dari evaporator fasanya berubah menjadi uap pada tekanan

rendah. Dari besarnya suhu dan tekakan maka pada diagram inilah harga entalpi dapat di tentukan. Lebih jelasnya lihat gambar 2.



Gambar 2. Siklus Refrigerasi Kompresi Uap Standart.

Sumber: Wilbert F. Stoecker, Jerold W Joner, 2012

Keterangan Gambar :

- P = tekanan Refregerant (Bar)
- h = harga entalpi (kJ/kg)
- W = kerja kompresi(kJ/kg)
- Qe = kalor yang di serap Evaporator (kJ/kg)
- Qk = kalor yang di lepas kondensor (kJ/kg)

Persamaan Yang Digunakan Untuk Analisa Unjuk Kerja Mesin Adalah :(Wilbert F. Stoecker, Jerold W Joner, 2012) :

1) Kerja kompresor persatuan massa (Wk) :

$$W_k = h_2 - h_1 \dots\dots\dots (1)$$

dimana :

h₂: Entalpi refrigerant keluar kompresor (kJ/kg).

h₁: Entalpi refrigeran masuk kompresor (kJ/kg).

2) Kalor yang dilepas kondensor (Qk) :

$$Q_k = h_2 - h_3 \dots\dots\dots (2)$$

dimana :

h₂:Entalpi refrigerant masuk kondensor (kJ/kg).

h₃: Entalpi refrigerant keluar kondensor (kJ/kg).

3) Kalor yang diserap evaporator (Q_e):

$$Q_e = h_1 - h_4 \dots (3)$$

dimana :

h_1 : Entalpi refrigerant keluar evaporator(kJ/kg).

h_4 : Entalpi refrigeran masuk evaporator (kJ/kg).

4) COP_{act} (*Coefficient of Performance*) (

$$COP_{act} = \frac{h_1 - h_4}{h_2 - h_1} \dots (4)$$

5) Laju aliran masa refrigerant (m) :

$$m = \frac{V \cdot I / 1000}{W_k} \dots (5)$$

dimana :

V : Tegangan kompresor(V)

I : Arus kompresor (A)

W_k : Besarnya kerja kompresor (kJ/kg)

6) COP_{ideal} (*Coefficient of Performance*)

$$COP_{id} = (273,15 + T_e) / (T_c T_e) \dots (6)$$

dimana :

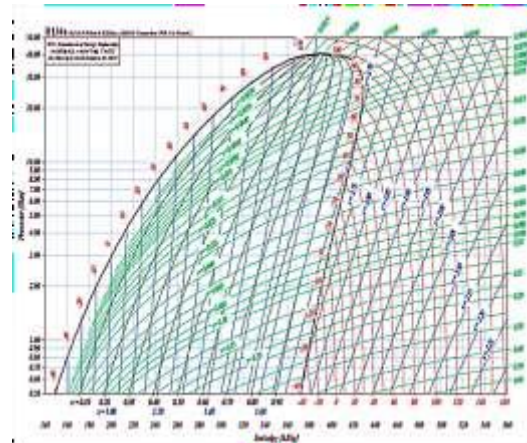
T_c : Suhu Kondensor (°C)

T_e : Suhu Evaporator (°C)

7) Efisiensi (η_m) :

$$\eta_m = \frac{COP_{aktual}}{COP_{ideal}} \dots (7)$$

Gambar nomer 3 di bawah ini adalah diagram Muller Refrigerant R 134a, memperlihatkan hubungan tekanan refrigerant (garis *Horizontal*) dan harga *entalphi* refrigerant (garis *vertikal*) untuk menentukan harga entalpi refrigerant, yang akan digunakan dalam analisa energi, kerja kompresor Energi Evpurator dan kondensor serta COP.



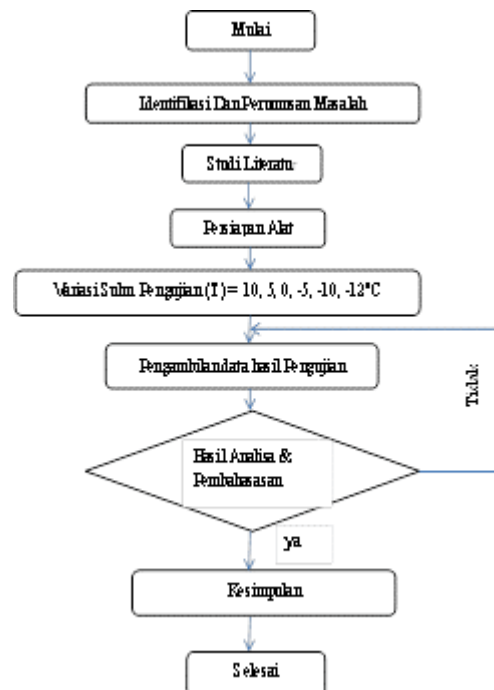
Gambar 3. Diagram P – h Refrigerant 134 A.

Sumber SWEP:

<https://www.swep.net/refrigerant- R 134 A Handbook/> 10 Oktober 2021

2. METODOLOGI

Dalam analisis Mesin Refrigerasi ini, secara keseluruhan diterapkan metodologi yang digambarkan dalam kerangka pemikiran sebagaimana dapat terlihat pada gambar 4 diagram alir berikut:



Gambar 4 Diagram Alir Analisa Mesin Pendingin. Sumber: Hasil Penelitian

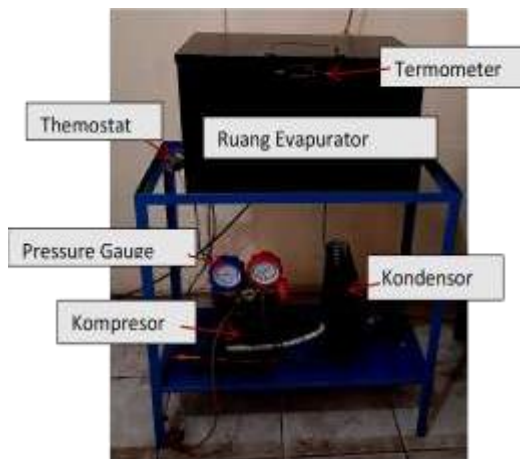
Dalam Analisa Mesin Pendingin, yang di cari dalam perhitung adalah :

- a) Besar Kalor yang di di serap di Evaporator (Q_e).
- b) Besar Kalor yang di lepas di kondensor (Q_k).
- c) Besar Daya kompresor (W_k).
- d) Besar laju aliran massa (m).
- e) Besar Cop_{act}
- f) Besar Efisiensi.(η)

Adapun data mesin pendingin Yang diuji adalah:

Sebagai mana terlihat pada gambar 5 adalah mesin Pendingin yang akan di lakukan pengujian dan analisa unjuk kerjanya. Mesin pendingin ini hasil karya mahasiswa dalam menyelesaikan skripsinya, adapun data Spesifikasi Mesin adalah :

- a) Mesin Refrigerasi kapasitas ruang 10 kg.
- b) Suhu yang di rencanakan $-12^{\circ}C$
- c) Refrigerant R 134 a.
- d) Kompresor 1/5 PK.



Gambar 5. Mesin Pendingin Daya Kompresor 1/5 PK.

Sumber: Hasil Penelitian

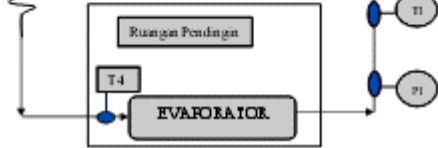
Keterangan Gambar 5:

- 1 Ruang Evaporator : 500 x700 x400 mm
2. Tinggi meja : 1000, lebar 600 mm.

Dalam melakukan pengujian di lakukan pengambilan data mesin pendingin yaitu tekanan dan suhu di tiap bagian komponen mesin pendingin. Gambar nomer 6 ini menunjukkan letak atau posisi pengambilan

satu sampai empat. Untuk lebih jelasnya lihat gambar 6 di bawah ini :

data suhu dan tekanan dari point atau titik



Gambar 6. Diagram Skematik Sistem Mesin Pendingin.

Sumber: Hasil Penelitian

Keterangan gambar :

1. P1: Titik tekanan rendah (masuk kompresor).
2. P2 : Titik tekanan tinggi (keluar kondensor).
3. T1 : Titik temperatur rendah (masuk kompresor).
4. T2 : Titik temperatur tinggi (keluar kompresor)
5. T3 : Titik temperatur tinggi (keluar kondensor)
6. T4 : Titik temperatur ruangan pendingin

3. HASIL DAN PEMBAHASAN.

- 1). Berikut data hasil pengujian yang telah dilakukan, hasilnya dapat dilihat pada tabel 1. Data yang dicatat adalah T1, T2, T3 dan T4 serta P1 dan P2. Lebih jelasnya dapat dilihat di tabel 1. Percobaan ini dengan beban Ruang evaporator berisi/isi beban 2 liter air.

Tabel 1 Data Hasil Pengujian Mesin Refrigerasi,

No	Ruang Pendingin (°C)	Tekanan (Bar)		Temperatur (°C)		Waktu (menit)	Listrik Kompresor (Amper)
		P1	P2	T1	T2		
1	30	2,8	3	31	31	0	0
2	10	0,7	14	22	37	15	0,9
3	5	0,6	13,2	23,8	38	45	0,9
4	0	0,6	13	24,4	41	75	0,9
5	-5	0,4	12,6	23,5	38,2	105	0,9
6	-10	0,4	12,3	23,6	38,4	180	0,8
7	-12	0,3	12,2	22,8	37,8	225	0,8

(Sumber : Hasil Pengujian Mesin Pendingin)

2) Pada Tabel 2. Di perlihatkan harga entalpi yang di peroleh dari diagram Tekanan dan Entalpi (P-H) Refegeranrt R 134a. Data Harga Entalpi berdasarkan suhu dan tebanan dari data pengujian dan diperoleh dari tabel diagram Tekanan (P) dan Entalpi (H) Refrigerant R 134a. Gambar 3.

Tabel 2 Harga Besar Nilai Entalpi (h)

No	Ruang Pendingin (°C)	Harga Entalpi pada suhu T (dari diagram P-H R134a) (kJ/kg)			
		h1	h2	h3	h4
1	10	425	500	252	252
2	5	422	507	252	252
3	0	428	510	259	259
4	-5	424	519	258	258
5	-10	424	519	254	254
6	-12	424	524	254	254

(Sumber : Harga Entalpi Dari Diangam P-H R 134a)

3). Tabel 3. menunjukkan hasil analisa perhitungan unjuk kerja mesin pendingin dari data pengujian mesin pendingin berdasarkan suhu ruangan ber variasi. Yaitu menunjukkan besar harga : kerja kompresor (Wk), laju aliran massa (m), kalor yang dilepas kondensor (Qk), kalor yang di serap evaporator (Qe) dan besar COP . Hasil analisa perhitungan unjuk kerja mesin pendingin tersebut dapat di lihat di tabel 3.

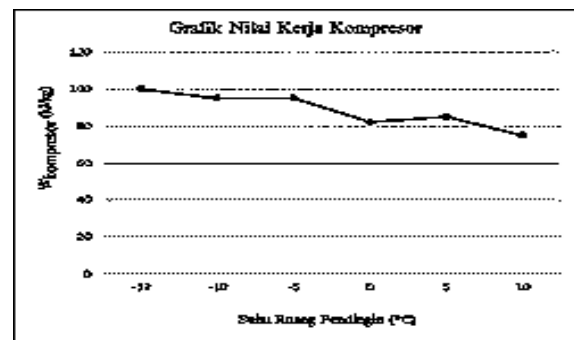
Tabel 3. Hasil Analisa Perhitungan Unjuk Kerja Mesin Pendingin:

No	Suhu Ruangan (°C)	Wk (kJ/kg)	Qk (kJ/kg)	Qe (kJ/kg)	m (kg/dt)	COP _w	COP _{td}	η (%)
1	10	75	248	173	0.00264	2,3	2,4	96
2	5	85	255	170	0.00232	2,0	2,6	74
3	0	82	251	169	0.00241	2,1	2,7	76
4	-5	95	261	166	0.00208	1,8	2,4	72
5	-10	95	265	170	0.00185	1,7	2,5	71
6	-12	100	270	170	0.00176	1,7	2,4	72

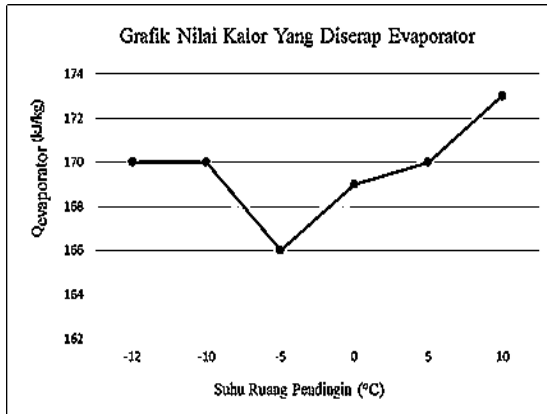
(Sumber Hasil Analisa Perhitungan data pengujian)

Pembahasan

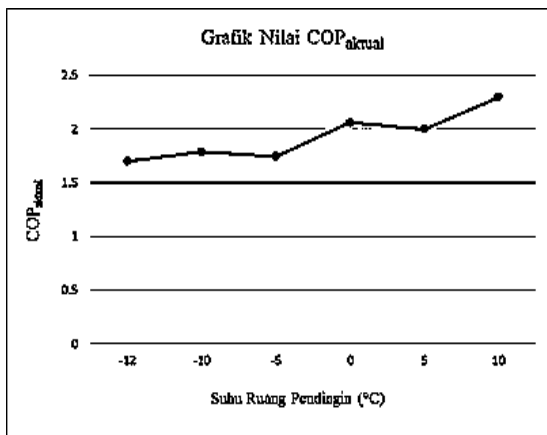
Dari hasil penelitian unjuk kerja mesin pendingin dengan diberi beban air 2 kg, Yaitu Waktu yang ter besar untuk mencapai suhu - 12°C adalah penelitian dilakukan selama 225 menit. Kerja kompresor terbesar adalah pada suhu ruangan -12°C yaitu 100kJ/kg. (lihat gambar grafik 7). Sedang kalor yang di lepas kondensor yang tertinggi adalah pada suhu ruangan -12°C yaitu 270 kJ/kg. Sedang kalor yang di serap Evaporator terbesar adalah pada suhu ruangan 10°C yaitu 173 kJ/kg, (lihat gambar 8), sedang cop terbesar adalah pad suhu ruangan 10°C yaitu 2,3. (lihat gambar nomer 9), dan Efisiensi tertinggi adalah pada suhu 10°C (lihat gambarnomer 10). Hal ini memberikan gambaran bahwa makin rendah suhu ruangan makin kecil kalor yang di serap Evaporator dan makin kecil nilai COP. Hal tersebut dapat digambarkan pada gambar grafik di bawah ini:



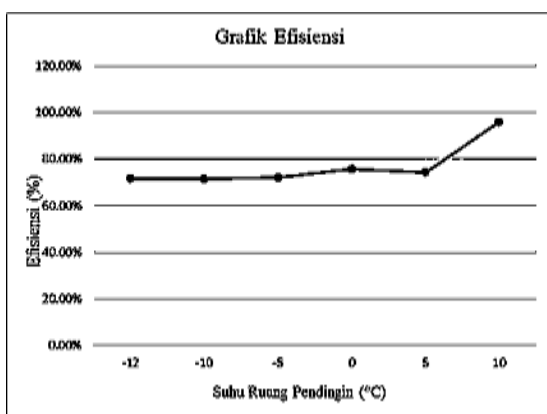
Gambar 7. Grafik Hubungan Kerja Kompresor Terhadap Suhu Ruangan. Sumber : hasil penelitian



Gambar 8. Grafik Hubungan Kalor Yang Di Serap Evapurator Terhadap Suhu Ruang Pendingin
Sumber : hasil penelitian



Gambar 9. Grafik Hubungan COP Terhadap Suhu Ruang Pendingin
Sumber : hasil penelitian



Gambar 10. Grafik Hubungan Effisiensi Terhadap Suhu Ruang Pendingin.
Sumber : hasil penelitian

4. KESIMPULAN .

Dari hasil penelitian unjuk Kerja mesin Refrigerasi ini dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut

1. Nilai kerja kompresor terendah pada suhu ruangan 10⁰C adalah 95 kJ/kg, tertinggi pada suhu ruangan -12⁰C, yaitu 100 kJ/kg
2. Nilai kalor yang dilepas kondensor terendah pada suhu -12⁰ C, yaitu 264 kJ/kg, tertinggi pada suhu ruangan 10⁰C, adalah 271 kJ/kg,
3. Mesin pendingin mampu mencapai suhu -12⁰C dengan waktu 225 menit dengan beban pendingin yaitu air mineral sebanyak 2 liter.
4. Nilai COP_{aktual} terendah 1,7, pada suhu -12⁰C, tertinggi pada suhu 10⁰C yaitu 1,8.

DAFTAR PUSTAKA

Mardika, Ratbayu Bangkit. Chest Freezer dengan daya 150 cm.2015

Makatita, Matheis Everdin, Mesin Pendingin Minuman Dengan Dua Evaporator Rangkaian seri.2017.

Samsuri Hasan,dkk. Sistem Refrigerasi Dan Tata Udara.2008. Jakarta.

SWEP.<https://www.swep.net/refrigerant> - R 134 A Handbook/ 10 Oktober 2021)

Wilbert F. Stoecker ,Jerold W Joner, Terjemahan Supratman Hara, Sistim Refrigerasi dan Tata Udara Eddisi 4, 2012.

LAMPIRAN 1.

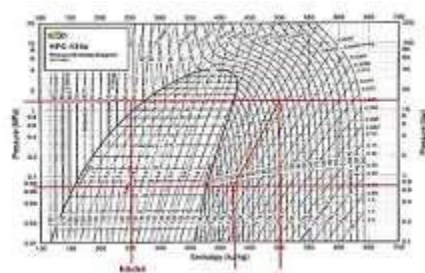


Diagram Refrigerant R134a, Tekanan Terhadap Entalpi Pada Suhu 10⁰C.
Sumber: hasil penelitian

==h==

PERFORMA MESIN BERBASIS TORSI DENGAN VARIASI CELAH KATUP TIPE SOHC VARIO eSP 110 CC

¹Bantu Hotsan S, ²Parman Sinaga, ³Bambang Agus H, ⁴Parulian, ⁵Reza K

¹Dosen Teknik Mesin, FTI, Institut Teknologi Budi Utomo Jakarta, bantuhotsan@gmail.com

²Dosen Teknik Mesin, FTI, Institut Teknologi Budi Utomo Jakarta, parman_62@yahoo.com

³Dosen Teknik Elektor, FTI, Institut Teknologi Budi Utomo Jakarta, bagus.57@gmail.com

⁴Dosen Teknik Mesin, FTI, Institut Teknologi Budi Utomo Jakarta, bagus.57@gmail.com

⁵Jurusan Teknik Mesin, FTI, Institut Teknologi Budi Utomo Jakarta.

Abstrak

Setiap kendaraan bermotor memiliki spesifikasi ukuran celah katup yang berbeda-beda tergantung jenis kendaraan. Penyetelan celah katup masuk dan buang memungkinkan mesin memiliki performa mesin yang baik, tenaga yang maksimal dan hemat bahan bakar. Kinerja mesin sangat tergantung pada setelan celah katup dalam mengatur perbandingan bahan bakar yang berlangsung menuju ruang bakar dan sisa hasil pembakaran yang dikeluarkan. Perubahan buka tutup katup yang dapat memberikan dampak terhadap jumlah pemakaian bahan bakar. Pengujian yang dilakukan pada mesin Motor Vario eSP 110 CC dengan variasi celah katup masuk yang dilakukan, torsi mesin mengalami peningkatan seiring dengan meningkatnya putaran. Dan daya yang dihasilkan juga mengalami peningkatan. Torsi tertinggi 8,14 Nm didapatkan pada bukaan katup masuk/buang 0,13 dan 0,27 mm pada putaran 5990 rpm pemakaian bahan bakar 0,0103 kg/hp.jam. Konsumsi bahan bakar terendah didapat pada bukaan katup masuk/buang 0,11 dan 0,20 pada torsi 7,94 Nm pada putaran 5930 dengan daya terendah 10,46 Hp.

Kata Kunci: celah katup, performa, mesin

I. PENDAHULUAN

Katup merupakan salah satu komponen penting pada mesin yang dipasang di atas silinder mesin pembakaran dalam yaitu mesin 4 tak, seperti kendaraan roda dua, sepeda motor. Katup masuk (*intake*) akan memasukkan bahan bakar menuju ruang bakar dan katup buang (*exhaust*) untuk mengeluarkan gas buang sisa pembakaran yang digerakkan poros bubungan atau yang disebut juga dengan *camshaft* (Irwan, 2014).

Ada dua sistem yang diatur oleh *camshaft* yakni sistem pemasukan bahan bakar dan sistem pembuangan. Sementara penggerak mekanisme katup ada dua. Tipe pertama, SOHC (*Single Head Camshaft*) yaitu mesin yang menggunakan satu *camshaft* atau yang lebih dikenal nokn as. Sedangkan tipe kedua, DOHC (*Double Over Head Camshaft*) yaitu pemakaian dua *camshaft* atau nokn as di tiap kepala silinder, satu cam dengan dua katup masuk untuk mengatur masuknya campuran bensin dan udara. Sementara cam

satunya lagi mengatur dua katup *exhaust* untuk membuang sisa gas pembakaran.

Secara umum komponen utama mekanisme katup terdiri dari: katup, dudukan katup, bantalan batang katup, pegas katup, pelatuk (*Rocker Arm*), tappet dan batang penumbuk (*Valve Lifter* dan *Push Rod*), poros Nok (*Camshaft*), masa kerja katup (*valve Timing*).

Membuka dan menutupnya katupsesuai dengan langkah-langkah piston yaitu dari titik mati atas sampai titik mati bawah (TMB) dan titik mati bawah sampai titik matiatas (TMA) tergantung dari langkahnya. Setiap langkah piston poros engkol berputar 180⁰ atau setengah lingkaran.

Setiap kendaraan bermotor memiliki spesifikasi ukuran celah katup yang berbeda-beda tergantung pada perusahaan perakitan dan jenis kendaraan masing-masing. Penyetelan celah katup masuk dan buang yang tepat memungkinkan mesin memiliki tenaga yang maksimal dan hemat bahan bakar. Celah katup harus berada pada kondisi standar untuk

mendapatkan ketepatan waktu saat membuka dan menutupnya katup. Apabila celah katup dibuat lebih kecil dari standar maka katup cepat membuka dan lebih lama menutup, yang yang mengakibatkan kompresi menjadi bocor karena saat terjadi langkah kompresi katup belum menutup (Van Harling, 2020).

Akibatnya lainnya bila penyetelan celah katup terlalu rapat, mengakibatkan mesin cepat panas dan tenaga kurang. Sebaliknya bila penyetelan celah katup terlalu renggang menimbulkan suara berisik. Penyetelan katup jika tidak dilakukan dengan tepat mempercepat usia komponen.

Kinerja mesin sangat tergantung pada setelan celah katup dalam mengatur

perbandingan bahan bakar yang berlangsung menuju ruang bakar dan juga sisa hasil pembakaran yang dikeluarkan (Cahyono,

2015). Perubahan tersebut juga mempengaruhi satuan waktu buka tutup katup yang dapat memberikan dampak terhadap jumlah pemakaian bahan bakar (Noor, 2019).

Dan melihat perkembangan mekanisme katup yang terus berkembang dari waktu ke waktu, perubahan yang dilakukan mampu membuat kerja katup semakin efektif, akibat mekanisme yang lebih minim gesekan, responsif dalam pembukaan maupun saat menutup aliran fluida. Perubahan ini memberikan pengaruh terhadap terhadap daya mesin yang dihasilkan. Semakin kecil

hambatan semakin maksimal fluida yang masuk dalam silinder (Pambayun, 2018).

Selain itu, waktu awal membuka dan menutupnya katup juga mempengaruhi daya mesin yang dihasilkan yang tidak lain merupakan tugas dari poros bubungan, *camshaft*. Pada poros bubungan terdapat nok yang akan menyebabkan katup terbuka dan

menutup sesuai dengan pergerakan nok. Dengan bantuan pegas katup, pergerakan nok ini, sesuai dengan perputaran poros engkol.

Dalam penelitian, jenis motor yang diujikan motor Honda matic yaitu Vario eSP 110 dengan mekanisme SOHC. Dikutip dari (motorun.id, 2018). Standar penyetelan celah

katup masuk 0.15 mm dan katup buang 0.25 mm, dengan jenis penggerak motor yaitu motor bakar 4 langkah.

Motor bakar empat langkah adalah

Empat langkah tersebut meliputi langkah hisap, kompresi, tenaga dan langkah buang.

Unjuk kerja mesin adalah suatu indikasi derajat keberhasilan mesin melakukan kerja yaitu mengonversikan energi kimia bahan bakar menjadi kerja mekanik yang berguna. Untuk evaluasi kinerja mesin motor matic Vario eSP110 dengan variasi celah katup menggunakan parameter sebagai berikut (Pudjanarsa, 2020):

1. Daya output (*power*)

Keluaran daya yang dihasilkan mesin pada poros keluaran *brake horse power* (bhp), kadang juga disebut *daya efektif*.

$$\text{BHP} = \frac{T n}{4.500} \quad (1)$$

Dimana T adalah torsi dalam kgf-m dan n adalah kecepatan putar dalam putaran per menit (*rpm*).

2. Torsi

Tekanan efektif rata-rata adalah tekanan hipotetik yang dapat dipikirkan (dibayangkan) bekerja pada piston selama langkah kerja. Tekanan efektif rata-rata diperoleh dari membagi kerja tiap siklus dengan volume langkah silinder tiap siklus sehingga:

$$H_p = \frac{P_m \cdot L \cdot A \cdot n \cdot i}{4.500 \cdot a} \quad (2)$$

Di mana:

P_m : Tekanan efektif rata-rata (kgf/cm²)

L : Panjang langkah torak (m)

A : Luas penampang silinder (cm²)

i :Jumlah silinder

n : Putaran mesin (rpm)

a : Jumlah putaran yang diperlukan untuk melengkapi satu siklus mesin. Dua langkah $a = 1$, empat langkah $a = 2$

Torsi dihubungkan dengan tekanan efektif rata-rata oleh persamaan (1) dan (2)

mesin yang dalam satu pembakaran dalam,

$$\frac{P}{m} \cdot A \cdot L \cdot i$$

A
 t
 a
 u

$$T = \frac{P_m \cdot A \cdot L \cdot i}{a}$$

(3)

kali siklus pembakaran akan mengalami empat langkah piston, dua putaran poros engkol menghasilkan satu langkah kerja.

3. Konsumsi bahan bakar Spesifik

Untuk menghitung konsumsi bahan bakar dengan persamaan (Paristiawan, 2020):

$$F_c = \frac{V_f}{t} \cdot \frac{3600}{1000} \text{ (kg/jam)} \quad (4)$$

Dimana:

- F_c : Konsumsi bahan bakar (kg/jam)
 t : Waktu (s), waktu rata2 6 menit
 V_f : Volume konsumsi (ml) (10ml)

Perhitungan *specific fuel consumption (SFC)* dengan menggunakan persamaan:

$$F_c$$

$$Sfc = \frac{F_c}{P} \quad (5)$$

Dimana:

- Sfc : Konsumsi bahan bakar spesifik (kg/hp.jam)
 M_f : Konsumsi bahan bakar (kg/jam)
 P : Daya (HP)

2. BAHAN DAN METODE

2.1. BAHAN

Spesifikasi dari mesin motor:

- Tipe Mesin, 4 Langkah, SOHC
- Kapasitas Mesin, 110 CC
- Diameter Langkah, 50 x 55,1 mm
- Perbandingan Kompresi, 9,5 : 1
- Daya, 6,4 Kw (8,7 PS/7.500 rpm)
- Torsi, 9,1 Nm (0,93 kgf.m / 6.000 rpm)
- Pengoperasian Gigi, Otomatis
- Sistem Pembakaran, *Injection*

Alat Pengujian:

- Dynotest 250 i*
- Blower.
- Tachometer*
- Stopwacth*
- Kunci Busi
- Kunci T, ukuran 10 mm
- Kunci Ring, ukuran 8 dan 9 mm.
- Kunci L Stel Klep
- Feeler Gauge*, diameter ketebalan 0.05 – 0.50

2.2. METODOLOGI

Penelitian dilakukan secara eksperimental dengan alat *Dynotest*. Dengan melibatkan variabel bebas dan terikat.

Variabel bebas yaitu variasi celah katup masuk (*In / intake*) dan buang (*Ex / exhaust*). Sedangkan variable terikat sekaligus yang ingin dilihat setelah proses uji kinerja mesin

yaitu daya mesin, dan pemakaian bahan bakar mesin yang diuji.

Tabel 1 Variasi Celah Katup

Katup	Celah Katup (mm)		
	1	2	3
IN	0,05	0,11	0,13
EX	0,11	0,20	0,27

Sumber: hasil analisis

Proses pengujian:

- Menghidupkan *blower*.
- Menghidupkan mesin motor.
- Putaran mesin dinaikan dengan cara memutar gas pada sepeda motor secara bertahap sampai putaran maksimal.
- Untuk mengakhiri pengujian tersebut putaran mesin diturunkan secara perlahan-lahan dan mesin kemudian dimatikan.
- Mengganti variasi celah katup yang diteliti dan mengulangi langkah pengujian dari awal sampai akhir.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Hasil Pengujian

Berdasarkan hasil pengujian *dynotest* didapatkan hasil seperti pada tabel di bawah.

Tabel 2 Torsi dan Putaran Uji *Dyno*

Celah Katup (mm)	Torsi (Nm)		Putaran (Rpm)
	IN	EX	
1	0,05	0,11	7.99
	0,11	0,13	
2	0,11	0,20	7.94
	0,20	0,27	
3	0,13	0,27	8.14
	0,27		

Sumber: hasil analisis

Berdasarkan data pengujian di atas, maka torsi yang dihasilkan dan kebutuhan bahan bakar adalah:

Tabel 3 Daya dan Konsumsi Bahan bakar Setiap Variasi Celah Katup

Celah Katup (mm)	Daya (HP)	Sfc (kg/hp.jam)
-------------------------	------------------	------------------------

1	IN	0,05	10,47	0,0105
	EX	0,11		
2	IN	0,11	10,46	0,0102
	EX	0,20		
3	IN	0,13	10,83	0,0103
	EX	0,27		

Sumber: hasil analisis



Gambar 1 Grafik Celah Katup Terhadap Daya, Torsi dan Putaran
Sumber: hasil analisis



Gambar 2 Grafik Konsumsi Bahan Bakar (Sfc) Terhadap Daya dan Putaran
Sumber: hasil analisis

3.2. Pembahasan

Dari hasil data pengujian dan perhitungan secara teoritis dihasilkan untuk penyetelan pertama, katub masuk/buang masing-masing 0,05/0,11 mm pada torsi 7,99 Nm pada putaran 5900 rpm. Daya mesin adalah 10,47 HP dengan kebutuhan bahan bakar spesifik 0,0105 kg/hp.jam. Untuk penyetelan klep kedua dengan celah masuk/buang 0,11/0,20 mm pada torsi 7,99 Nm dengan putaran 5930 rpm, daya mesin 10,46 HP dengan kebutuhan bahan bakar 0,0102 kg/hp.jam. Sedangkan untuk penyetelan ketiga celah klep masing-masing 0,13/0,27 mm pada torsi 8,14 Nm dengan putaran 5990 rpm menghasilkan daya mesin 10,83 Hp membutuhkan bahan bakar 0,0103 kg/hp.jam.

4. KESIMPULAN

Secara keseluruhan dari pengujian variasi celah katup masuk/buang menunjukkan

bahwa torsi mesin mengalami peningkatan seiring dengan meningkatnya putaran. Dan daya yang dihasilkan juga mengalami peningkatan walau tidak signifikan.

Torsi tertinggi 8,14 Nm didapatkan pada bukan katup masuk/buang 0,13 dan 0,27 mm pada putaran 5990 rpm pemakaian bahan bakar 0,0103 kg/hp.jam. Namun demikian konsumsi bahan bakar terendah didapat pada bukan katup masuk/buang 0,11 dan 0,20 pada torsi 7,94 Nm pada putaran 5930 dengan daya terendah 10,46 Hp.

DAFTAR PUSTAKA

Cahyono, T., Farid, A., & Fuhaid, N. (2015). Pengaruh jarak celah katup terhadap unjuk kerja motor bakar injeksi. *Widya Teknika*, 23(1).

Noor, M. (2019). PENGARUH PERUBAHAN SATUAN TIMING BUKA TUTUP KATUP TERHADAP KONSUMSI BAHAN BAKAR DAN EMISI GAS BUANG PADA MESIN SEPEDA MOTOR SHOGUN 125cc. *JMIO: Jurnal Mesin Industri dan Otomotif*, 1(1), 1-4.

Irwan, I., Suyatno, A., & Fuhaid, N. (2014). Pengaruh Celah Katup terhadap Daya dan Efisiensi pada Motor Matic. *Proton: Jurnal Ilmu-Ilmu Teknik Mesin*, 6(1), 220835.

Pudjanarsa, A., & Nursuhud, D. (2020). *Konversi Energi*. DKI Jakarta: Andi Offset Yogyakarta.

Paristiawan, P. A., & Simanullang, B. H. (2021, February). Effect of performance generator set 1.5 PK 4 stroke with variations in load and type of spark plugs. In *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* (Vol. 1034, No. 1, p. 012052). IOP Publishing.

Pambayun, N. A. Y., Sukoco, S., Suyanto, W., & Sudarwanto, S. (2018). KONSEP MODIFIKASI UNTUK MENINGKATKAN DAYA MESIN SEPEDA MOTOR. *Jurnal Pendidikan Vokasi Otomotif*, 1(1), 38-53.

Van Harling, V. N., & Urbata, A. (2020). Pengaruh Variasi Penyetelan Katup Terhadap Putaran Pada Engine Stand Motor Bensin. *Jurnal Pendidikan Teknik Mesin Undiksha*, 8(2), 79-85.

PERAWATAN GENSET 2000 kVA DI GEDUNG APARTEMENT T.P. DENGAN METODE RELIABILITY CENTERED MAINTENANCE (RCM)

¹Sahidul Anam, ²Gilang Ramadhan

Program Studi Teknik Mesin, FTI, Institut Teknologi Budi Utomo Jakarta,,
syahidulanam1@gmail.com, gilangramadhan466@gmail.com

Abstrak

Pentingnya genset pada suatu bangunan saat ini sebagai cadangan tenaga listrik tambahan sudah menjadi kebutuhan primer. Genset atau kepanjangan dari generator set adalah sebuah perangkat yang berfungsi menghasilkan daya listrik. Disebut sebagai generator set dengan pengertian satu set peralatan gabungan dari dua perangkat berbeda yaitu engine dan generator atau alternator, bagian-bagian genset berupa *stator, rotor, exciter, AVR, prime mover*. Untuk mempertahankan kondisi sebuah item atau peralatan, dan mengembalikannya dalam kondisi tertentu, perawatan genset dengan metode *Reliability Centered Maintenance* (RCM), merupakan metode pemeliharaan yang menentukan langkah-langkah yang harus diambil untuk menjamin peralatan bekerja sesuai dengan fungsinya. Berdasarkan data hasil FMEA studi kasus yang dilakukan di Gedung Apartemen T.P. ditemukan bahwa beberapa komponen dari mesin generator mengalami kegagalan saat mesin sedang beroperasi. Metode RCM dapat mengetahui kejelasan setiap komponen kerusakan pada genset melalui tahapan FMEA. Metode RCM menyimpulkan untuk segera melakukan penjadwalan perbaikan pada piston dan *governor*, ditunjukkan dengan nilai interval perawatan sebesar 63 jam dan 63,76 jam. Pada komponen filter udara dan filter bahan bakar didapat nilai interval perawatan sebesar 80,34 dan 78,92. Diperlukan tindakan pergantian baru pada filter udara dan filter bahan bakar agar tidak mengganggu keoptimalan mesin. Sebelum perawatan tenaga mesin kurang dari 1500 rpm dan tidak konstan sehingga hasil daya *output* tidak stabil dan cenderung turun. Sedangkan tingkat efisiensi genset setelah melalui perawatan adalah meningkatnya tenaga mesin menjadi normal sebesar 1500 rpm yang tentunya akan mendapatkan daya yang besar. Dengan beban 60% perolehan *output* daya meningkat yaitu dari 700 kVA (sebelum RCM) menjadi 800 kVA (sesudah RCM).

.Kata kunci: genset, metode, *reliability centered maintenance*

1 PENDAHULUAN

Pentingnya genset pada suatu bangunan saat ini sebagai cadangan tenaga listrik tambahan untuk bangunan instansi dan sudah menjadi kebutuhan primer. Misalnya, untuk gedung apartemen, cadangan tenaga listrik tambahan sangat diperlukan karena di dalam gedung apartemen terdapat banyak fasilitas listrik yang tersedia, mulai dari AC, kulkas, televisi, dan lain sebagainya. Ketersediaan dari peralatan tersebut sudah pasti harus mampu ditunjang dengan genset yang baik. Tidak bisa dipungkiri jika aliran listrik padam, dan juga ketidak stabilan arus listrik berpotensi memicu masalah yang signifikan pada skala yang lebih besar. Terlebih lagi, jika hunian yang ada di apartemen itu banyak. Pengelola tentu harus melakukan upaya yang lebih besar jika terjadi sejumlah kerusakanelektrik akibat listrik padam tersebut. Namun, dengan adanya genset, akan bisa diminimalisir dengan baik.

Saat suplai listrik dari PLN mati pada sebuah gedung apartemen atau listrik PLN di sebuah wilayah tidak mampu untuk mendistribusikan ke gedung apartemen, maka gedung apartemen tersebut wajib menyediakan pasokan listrik sendiri dengan memakai genset yang digerakan oleh motor diesel. Motor diesel adalah motor bakar dalam yang juga disebut motor penyalaan kompresi ("*Compression-Ignition engine*"). Motor diesel sebagai penggerak generator yang di gunakan pada Gedung Apartemen T.P adalah Genset Caterpillar Model Engine 3516. Motor diesel sangat rentan terhadap kegagalan fungsi, dimana penyebab kegagalan fungsi banyak disebabkan oleh kesalahan manusia, faktor umur, system perawatan, dan pengoperasian alat. Penyebab kegagalan tersebut juga karena kurangnya perencanaan dari pihak manajemen untuk membuat rencana strategi untuk program perawatan. Perlu diaplikasikan metode perawatan berbasis keandalan (RCM).

Genset atau kepanjangan dari generator set adalah sebuah perangkat yang berfungsi menghasilkan daya listrik. Disebut sebagai generator set dengan pengertian satu set peralatan gabungan dari dua perangkat berbeda yaitu *engine* dan generator atau alternator. Engine sebagai perangkat pemutar sedangkan generator atau alternator sebagai perangkat pembangkit listrik. *Engine* dapat berupa perangkat mesin diesel berbahan bakar solar atau mesin berbahan bakar bensin, sedangkan generator atau alternator merupakan kumparan atau gulungan tembaga yang terdiri dari *stator* (kumparan statis) dan *rotor* (kumparan berputar).

Stator adalah bagian statis dari generator yang merubah perubahan garis-garis gaya magnet yang melaluinya menjadi sumber tegangan. Di dalam *stator* terdapat belitan penghantar yang disusun sedemikian rupa sesuai kaidah baik jumlah lilitan, jarak antara lilitan dan beda sudut antar fasa, sehingga menghasilkan tegangan 3 fasa yang mempunyai sudut 120 derajat terhadap fasa. *Rotor* adalah merupakan elemen yang berputar, pada *rotor* terdapat kutub-kutub magnet dengan lilitan-lilitan kawatnya dialiri oleh arus searah.

Exciter adalah bagian generator yang berfungsi untuk pembangkitan tegangan sebagai sumber arus *rotor* untuk pembentukan kutub. *Exciter* ini terdiri dari *exciter stator* dan *exciter rotor*. *Exciter stator* mendapat sumber arus dari *Automatic Voltage Regulator* (AVR), sedangkan *exciter rotor* mengeluarkan tegangan arus kutub rotor. (Kenedi, 2018)

2 METODOLOGI

Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian dilaksanakan di Apartemen The Peak at Sudirman, Jl. Setiabudi Raya No. 9 Jakarta Selatan 12910. Penelitian dan pengolahan data dilakukan selama satu bulan yaitu mulai dari 01 Januari 2022 hingga 31 Januari 2022.

Data Penelitian

Data yang diperlukan untuk melakukan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Spesifikasi genset
2. Kapasitas beban di gedung TP
3. Data operasional generator set

Tahapan Penelitian

Dalam pelaksanaan penelitian ini memiliki beberapa tahap meliputi:

1. Studi Literatur

Studi Literatur dilakukan dengan berbagai cara, diantaranya yaitu membaca teori-teori yang berkaitan dengan topik penelitian yang terdiri dari buku-buku referensi baik yang dimiliki atau dari perpustakaan, dan juga dari artikel-artikel, jurnal, layanan internet, dan melakukan observasi yaitu pengamatan secara langsung di lapangan, serta didukung oleh data-data yang diperoleh terkait dengan sistem pemeliharaan berkala generator set (genset).

2. Studi Bimbingan

Adapun hal tersebut diwujudkan dalam mediasi dan melakukan diskusi dan tanya jawab dengan dosen pembimbing yang telah di tunjuk oleh pihak Jurusan Teknik Mesin ITBU dan para dosen lainnya. Berdiskusi ataupun wawancara dengan teknisi listrik di gedung apartemen tersebut tentang topik penelitian ini.

3. Perhitungan dan Pengolahan Data

Untuk mengetahui tingkat ketersediaan operasional generator set (genset) diperlukan data peralatan, perhitungan tingkat ketersediaan dan data operasional, dan kerusakan yang didapat dari analisa serta log book operasional. Dengan demikian, maka dapat dihitung tingkat kehandalan.

Variabel Yang Diamati

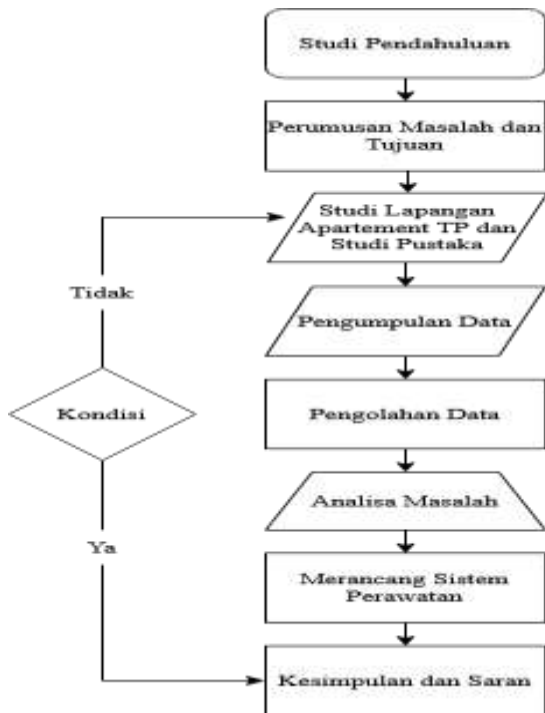
Beberapa variabel yang diamati dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Pemeliharaan generator set (genset) secara berkala.
2. Ketersediaan dan kehandalan generator set (genset).

Prosedur Penelitian

Proses penelitian kuantitatif yang sistematis artinya proses yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan langkah-langkah tertentu yang bersifat logis dan rasional dengan data-data yang valid, reliabel dan objektif.

Diagram Alur Penelitian



Gambar 1. Diagram Alir
Sumber: Olah Data Penelitian

3 HASIL DAN PEMBAHASAN
Hasil Pengumpulan Data

Proses pengumpulan data primer dapat dilakukan langsung di lapangan, misalnya hasil diskusi dengan mekanik:

1. Isi solar utk tangki besar 2.000 liter
2. Filter solar ada 2 buah
3. Penyetelan klep dilakukan setelah pemakaian 5.000 - 10.000 Jam
4. Listrik di gedung apartemen T.P. 800 kVA
5. Saringan udara diganti maksimal 500 jam operasi
6. Genset bisa menghasilkan tegangan 110 – 400 Volt dan di buatkan setelan secara otomatis jika daya melebihi maka genset akan mati sendiri
8. Baterai yg digunakan 24 Volt
9. Pemakaian beban di gedung apartemen T.P. 640 kW/jam
10. Pemakaian BBM 640 kW/jam memerlukan 160 liter solar otomatis jika

daya melebihi maka genset akan mati sendiri

11. Baterai yg digunakan 24 Volt
12. Pemakaian beban di gedung apartemen T.P. 640 kW/jam
13. Pemakaian BBM 640 kW/jam memerlukan 160 liter solar

Komponen yang akan diprioritaskan untuk diperbaiki adalah komponen yang memiliki nilai *Risk Priority Number* (RPN) tinggi atau berurutan untuk segera diperbaiki dari nilai tertinggi (Purba, 2021)

Berdasarkan studi kasus yang dilakukan di gedung apartemen T.P. ditemukan bahwa beberapa komponen dari mesin genset mengalami kegagalan saat mesin sedang beroperasi, sehingga membutuhkan perencanaan perawatan pencegahan (*preventive maintenance*) untuk mencegah terjadinya kerusakan saat mesin dalam proses operasi. Sebelum melakukan tindakan korektif, analisis mengenai tipe kerusakan yang sering muncul serta pengaruhnya diperoleh dengan menggunakan metode FMEA untuk mendapatkan nilai *Risk Priority Number* (RPN) atau angka tingkat resiko. Berikut hasil data berdasarkan nilai RPN:

Tabel 3.1 Prioritas Maintenance Perhitungan waktu perbaikan (TTF) dan kerusakan (TTR)

No	Item	RPN
1	Piston	180
2	Governor	180
3	Filter Udara	144
4	Filter Bahan bakar	144
5	Pendingin	120
6	Priming Pump	120
7	Detektor Pelumas	96
8	V-Belt Radiator Cooling Tower terlepas	96
9	Start Power	16

Sumber: hasil analisis

Tabel 3.2 Hasil Perhitungan Index of Fit pada Ketiga Distribusi di TTF

Index Of Fit			
Nama Komponen	Distribusi Eksponensial	Distribusi Lognormal	Distribusi Weibull
Piston	-0,95	0,97	0,98
Governor	-0,94	0,96	0,97
Filter Udara	-0,95	0,97	0,98
Filter Bahan Bakar	-0,95	0,98	0,99

Sumber: hasil analisis

Tabel tersebut menunjukkan bahwa pada distribusi *weibull* didapat nilai index of fit

tertinggi dari distribusi *lognormal* dan distribusi eksponensial, yang ditunjukkan

dengan nilai sebesar 0,98 (piston), 0,97 (governor), 0,98 (filter udara) dan 0,99 (filter bahan bakar). Nilai *index of fit* yang akan digunakan sebagai penentuan nilai komponen rusak adalah pada distribusi *weibull*.

Tabel 3.3 Keseluruhan Index of Fit pada Ketiga Distribusi di TTR

Index Of Fit			
Nama Komponen	Distribusi Eksponensial	Distribusi Lognormal	Distribusi Weibull
Piston	-0,370	0,358	0,325
Governor	-0,360	0,347	0,307
Filter Udara	-0,311	0,668	0,732
Filter Bahan Bakar	-0,420	0,199	0,153

Sumber: hasil analisis

Tabel tersebut menunjukkan bahwa didapat nilai *index of fit* tertinggi dari distribusi *lognormal* yang ditunjukkan dengan nilai sebesar 0,358 (piston), 0,347 (governor)

dan 0,199 (filter bahan bakar). Sedangkan nilai *index of fit* tertinggi pada komponen filter udara pada distribusi *weibull* yaitu sebesar

0,732.

Perhitungan Reliability

Reliability atau perhitungan keandalan bertujuan untuk mengetahui kemungkinan atau probabilitas kinerja dari alat untuk memenuhi fungsi yang diharapkan

dimana *e* adalah konstanta eksponen, *t* nilai perhitungan MTTF, β adalah probabilitas dan μ adalah nilai perhitungan parameter α .

a. Piston

Diketahui:

$$e = 2,718$$

$$t = 351,36$$

$$\mu = 0,951$$

$$\beta = 5,84$$

$$R(t) = e - \left(\frac{t}{\mu}\right)^\beta$$

$$= 2,718 - \left(\frac{351,26}{0,951}\right)^{5,84}$$

$$= 1,35$$

b. Governor

Diketahui:

$$e = 2,718$$

$$t = 352,61$$

$$\mu = 0,952$$

$$\beta = 5,84$$

$$R(t) = e - \left(\frac{t}{\mu}\right)^\beta$$

$$= 2,718 - \left(\frac{352,61}{0,952}\right)^{5,84}$$

$$= 1,37$$

c. Filter udara

$$t = 420,38$$

$$s = 8,01$$

$$t_{med} = 473,8$$

$$R(t) = 1 - \Phi \left[\frac{1}{s} \ln \left(\frac{t_{med}}{t} \right) \right]$$

$$= 1 - \Phi \left[\frac{1}{8,01} \ln \left(\frac{473,8}{420,38} \right) \right]$$

(Dhamayanti, 2016). Perhitungan keandalan sebagai berikut:

$$R(t) = e - \left(\frac{t}{\mu}\right)^\beta$$

$$8,01 \quad 420,38$$

$$= 1 - \Phi[0,097]$$

$$= 1 - 0,56 = 0,48$$

d. Filter bahan bakar

$$e = 2,718$$

$$t = 420,53$$

$$\mu = 1,91$$

$$\beta = 7,86$$

$$R(t) = e - \left(\frac{t}{\mu}\right)^\beta$$

$$\begin{aligned} & \mu && 420,53 & 7,86 \\ & = 2,718 - \left(\frac{420,53}{1,91}\right) \\ & = 0,38 \end{aligned}$$

Diketahui *reliability* komponen untuk piston dengan $t = 351,26$ adalah 1.35 atau 13.5%, untuk komponen *governor* dengan $t = 352,61$ adalah 1.37 atau 13,7%, filter udara dengan $t = 420,38$ adalah sebesar 0,48 atau 48%, dan komponen filter bahan bakar dengan $t = 420,53$ adalah sebesar 0.38 atau 38%.

Penentuan Interval Perawatan Komponen

1. Piston

a. Rata-rata jam kerja per bulan

Per bulan = 26 hari
 Jam kerja = $7\frac{1}{2}$ Jam
 Total = $26 \times 7\frac{1}{2} = 187,2$ Jam

b. Jumlah Kerusakan
 Jumlah kerusakan selama 2 thn = 7 kali

c. Waktu rata-rata perbaikan

$$\begin{aligned} \frac{1}{\mu} &= \frac{MTTR}{rata - rata\ kerja / bulan} \\ &= \frac{21,23}{187,2} = 0,1134 \end{aligned}$$

$$\mu = \frac{1}{\frac{1}{\mu}} = \frac{1}{0,1134} = 8,1177$$

d. Waktu rata-rata pengecekan

rata-rata 1 kali pengecekan = 45 menit = 0,75 jam

$$\begin{aligned} \frac{1}{i} &= \frac{rata - rata\ sekali\ pengecekan}{rata - rata\ kerja/bulan} \\ &= \frac{0,75}{187,2} = 0,00400641 \end{aligned}$$

e. Average error

jmlh kerusakan per 2 tahun

$$\begin{aligned} k &= \frac{7}{24} \\ &= \frac{7}{24} = 0,2916 \end{aligned}$$

f. Pemeriksaan optimal

$$n = \sqrt{\frac{kxt}{\mu}} = \sqrt{\frac{0,2916 \times 249,6}{8,1177}} = 2,96$$

g. interval waktu pemeriksaan

$$t_i = \frac{rata - rata\ kerja/bulan}{n} = \frac{187,2}{2,96} = 63\ jam$$

2. Governor

a. Rata-rata jam kerja per bulan
 Per bulan = 26 hari
 Jam kerja = $7\frac{1}{2}$ Jam
 Total = $26 \times 7\frac{1}{2} = 187,2$ Jam

b. Jumlah Kerusakan
 Jumlah kerusakan selama 2 tahun = 7 kali

c. Waktu rata-rata perbaikan

$$\begin{aligned} \frac{1}{\mu} &= \frac{MTTR}{rata - rata\ kerja / bulan} \\ &= \frac{21,18}{187,2} = 0,11314 \end{aligned}$$

$$\mu = \frac{1}{\frac{1}{\mu}} = \frac{1}{0,11314} = 8,338$$

d. Waktu rata-rata pengecekan

rata-rata 1 kali pengecekan = 45 menit = 0,75 jam

$$\begin{aligned} \frac{1}{i} &= \frac{rata - rata\ sekali\ pengecekan}{rata - rata\ kerja/bulan} \\ &= \frac{0,75}{187,2} = 0,004 \end{aligned}$$

$$i = \frac{1}{1/i} = \frac{1}{0,00400641} = 249,6$$

$$i = \frac{1}{1/i} = \frac{1}{0,004} = 250$$

e. Average error

$$k = \frac{\text{jmlh kerusakan per 2 tahun}}{7^{24}} = \frac{5}{24} = 0,2916$$

$$k = \frac{\text{jmlh kerusakan per 2 tahun}}{5^{24}} = \frac{5}{24} = 0,207$$

f. Pemeriksaan optimal

$$n = \sqrt{\frac{kxt}{\mu}} = \sqrt{\frac{0,2916 \times 250}{8,838}} = 2,935$$

$$n = \sqrt{\frac{kxt}{\mu}} = \sqrt{\frac{0,207 \times 370}{39,24}} = 2,323$$

g. Interval waktu pemeriksaan

$$t_i = \frac{\text{rata - rata kerja}}{n \text{ bulan}} = \frac{187,2}{2,935} = 63,76 \text{ jam}$$

g. Interval waktu pemeriksaan

$$t_i = \frac{\text{rata - rata kerja}}{n \text{ bulan}} = \frac{187,2}{2,323} = 80,34 \text{ jam}$$

3. Filter udara

- a. Rata-rata jam kerja per bulan
Per bulan = 26 hari
Jam kerja = 7_{1/2} Jam
Total = 26 x 7_{1/2} = 187,2 Jam

- b. Jumlah Kerusakan
Jumlah kerusakan selama 2 tahun = 5 kali

- c. Waktu rata-rata perbaikan

$$\frac{1}{\mu} = \frac{MTTR}{\text{rata - rata kerja / bulan}} = \frac{4,77}{187,2} = 0,0254$$

- d. Waktu rata-rata pengecekan

rata-rata 1 kali pengecekan = 30 menit = 0,50 jam

$$\frac{1}{i} = \frac{\text{rata - rata sekali pengecekan}}{\text{rata - rata kerja/bulan}} = \frac{0,50}{187,2} = 0,003$$

4. Filter bahan bakar

- a. Rata-rata jam kerja per bulan
Per bulan = 26 hari
Jam kerja = 7_{1/2} Jam
Total = 26 x 7_{1/2} = 187,2 Jam

- b. Jumlah Kerusakan
Jumlah kerusakan selama 2 tahun = 5 kali

- c. Waktu rata-rata perbaikan

$$\frac{1}{\mu} = \frac{MTTR}{\text{rata - rata kerja / bulan}} = \frac{13,76}{187,2} = 0,0735$$

- d. Waktu rata-rata pengecekan

rata-rata 1 kali pengecekan = 30 menit = 0,50 jam

$$\frac{1}{i} = \frac{\text{rata - rata sekali pengecekan}}{\text{rata - rata kerja/bulan}}$$

$$i = \frac{1}{1/i} = \frac{1}{0,003} = 370$$

e. *Average error*

$$i = \frac{1}{1/i} = \frac{1}{0,003} = 370$$

$= 0,50 = 0,003$
 $187,2$

e. Average error

jmlh kerusakan per 2 tahun

$$k = \frac{24}{5} = 0,207$$

f. Pemeriksaan optimal

$$n = \sqrt{\frac{kxt}{\mu}} = \sqrt{\frac{0,207 \times 370}{13,604}} = 2,372$$

g. Interval waktu pemeriksaan

$$t_i = \frac{\text{rata-rata} \frac{\text{kerja}}{\text{bulan}}}{n} = \frac{187,2}{2,372} = 78,92 \text{ jam}$$

Penyebab Genset Susah Dihidupkan

Pada umumnya tiga penyebab genset gagal untuk starting adalah:

- Tombol start dalam posisi off bukan auto,
- Aki untuk starting mati, atau kekurangan masa *charging*,
- Filter bahan bakar tersumbat karena bahan bakar lama atau terkontaminasi kotoran dan zat-zat lain.

Pemeliharaan secara preventif diperlukan, karena daya tahan mesin solar yang tergolong tinggi, pada umumnya pemeliharaan preventif terdiri dari:

- Pemeriksaan umum
- Pemeliharaan sistem bahan bakar
- Pemeliharaan sistem pelumasan
- Pemeliharaan aki starting
- Pemeliharaan sistem pendingin
- Pemanasan mesin

Metode RCM

Metoda utama yang sering digunakan dalam analisa *Reliability Centered Maintenance* yaitu metode *Failure Mode Effect & Criticality Analysis* (FMECA). Setelah menentukan hasil FMEA seperti pada tabel tersebut, maka komponen mesin yang perlu mendapat prioritas tindakan *preventive*

- Prioritas pertama: piston, *governor* (potensi mesin rusak tinggi)
- Prioritas kedua: aliran udara pada mesin, filter bahan bakar (potensi mesin rusak tinggi).
- Prioritas ketiga: pendingin, priming pump (potensi mesin rusak tinggi jika dibiarkan saja atau tidak segera diperbaiki).
- Prioritas keempat: detektor pelumas, *V-belt* radiator *cooling* (tidak mengganggu kinerja mesin).

Berdasarkan hasil perhitungan perawatan menunjukkan bahwa pada komponen piston dengan interval perawatan 63 jam sedangkan komponen *governor* interval perawatan sebesar 63,76 jam. Dengan demikian, maka kegiatan perawatan harus melakukan tindakan pembuatan jadwal perbaikan (*scheduled*

maintenance sudah diketahui. Komponen- komponen tersebut yang akan diprioritaskan untuk diperbaiki adalah:

restoration task) pada kedua komponen tersebut. Sedangkan pada komponen filter udara dan filter bahan bakar didapat nilai interval perawatan sebesar 80,34 dan 78,92 jam.

Efisiensi Bahan Bakar

Untuk menghitung penggunaan bahan bakar dapat dilakukan dengan cara $k \times p \times t$, dimana k adalah konstanta konsumsi solar per kilowatt per jam, p adalah nilai daya genset (kVA) dan t adalah waktu (jam). Karena tanpabeban tidak ada nilai daya yang dikeluarkan maka nilai k langsung dikalikan dengan t . Contoh perhitungan tanpa beban sebagai berikut:

$$10 \text{ menit} = 0,166 \text{ jam}$$

$$0,2 \times 0,166 = 0,033 \text{ (liter)}$$

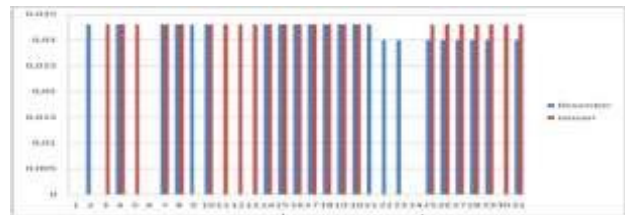
Bila menggunakan beban, perhitungan sebagai berikut:

$$91 \text{ menit} = 1,5 \text{ jam}$$

$$0,2 \times 700 \times 1,5 = 212,333 \text{ (liter)}$$

Gambar 3.1 Volume Bahan Bakar Sumber: hasil analisis

Meskipun penggunaan bahan bakar dari keduanya sama-sama tidak mengalami pemborosan, akan tetapi ada perbedaan *output*



daya yang dihasilkan yang ditunjukkan oleh monitor genset dengan nilai output daya sebelum RCM yaitu sebesar 700 kva. Sedangkan setelah melalui proses perbaikan RCM mendapatkan output daya 800 kVA.

4 KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan bahwa umumnya tiga penyebab genset gagal untuk starting adalah:

1. Penyebab genset gagal untuk starting/susah dihidupkan, adalah beberapa komponen mengalami gangguan atau kerusakan seperti, piston (terjadi benturan antara dinding piston yang menimbulkan gaya gesek terlalu besar terhadap dinding silinder, *governor* (putaran mesin tidak stabil), filter udara (aliran udara menurun karena filter sangat kotor) dan filter bahan bakar (tersumbat karena bahan bakar lama atau terkontaminasi kotoran dan zat-zat lain), maka dari itu diperlukan Pemeliharaan secara preventif meliputi, pemeliharaan piston, governor, filter udara dan filter bahan bakar.
2. Metode RCM menyimpulkan bahwa untuk segera melakukan penjadwalan perbaikan pada piston dan *governor* yang dimana ditunjukkan dengan nilai interval perawatan sebesar 63 jam sedangkan komponen *governor* interval perawatan sebesar 63,76 jam.. Sedangkan pada komponen filter udara dan filter bahan bakar didapat nilai interval perawatan sebesar 80,34 dan 78,92. Maka diperlukan tindakan pergantian baru pada filter udara dan filter bahan bakar agar tidak mengganggu keoptimalan mesin.
3. Sebelum perawatan tenaga mesin dengan putaran kurang dari 1500 rpm dan tidak

konstan sehingga hasil daya *output* tidak stabil dan cenderung turun. Sedangkan tingkat efisiensi genset setelah melalui perawatan adalah meningkatnya tenaga mesin menjadi normal mendapatkan daya yang besar (normal). Perolehan output daya meningkat yaitu dari 700 kVA (sebelum RCM) menjadi 800 kVA (sesudah RCM).

DAFTAR PUSTAKA

- Dhamayanti, D. S., Alhilman, J., & Athari, N. (2016). Usulan Preventive Maintenance Pada Mesin Komori Ls440 Dengan Menggunakan Metode Reliability Centered Maintenance (Rcm Ii) Dan Risk Based Maintenance (Rbm) Di Pt Abc. *JRSI (Jurnal Rekayasa Sistem Dan Industri)*, 3(02), 31-37.
- Kenedi, Aldi. 2018. Pengoperasian Mesin Genset Tenaga Diesel Pada Udang Vannamei (Litopenaeus Vannamei) di PT. Sidojoyo Group Kecamatan Rogojampi Kabupaten Banyuwangi. *Buku Panduan*. Kementerian Kelautan dan Perikanan Badan Riset Sumber Daya Manusia. Politeknik Kelautan dan Perikanan: Sidoarjo.
- Purba, Sahrial., Parinduri, Lutfi., Harahap, Bonar. 2021. Penentuan Interval Waktu *Preventif Maintenance* Pada Mesin Open Top Roller Menggunakan Metode Reliability Centered Maintenance di unit Pabrik Teh Kebun Tobasari PT. Perkebunan Nusantara IV. *Jurnal Teknik Industri Vol. 16, No.2. ISSN: 2598-3814*. Universitas Islam Sumatera Utara.

REVIEW METODE *INTERLOCK* PEMASANGAN DINDING MENGGUNAKAN BATA RINGAN SEBAGAI PENGGANTI KOLOM PRAKTIS TERHADAP BIAYA DAN WAKTU PADA PROYEK PERUMAHAN THE SANCTUARY COLLECTION SENTUL, BOGOR

Djoko Subagijo

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

Abstrak

Pada penelitian ini tujuannya dalam mengetahui penggunaan metode *interlock* sebagai pengganti kolom praktis di pembangunan perumahan proyek *The Sanctuary Collection* Sentul, Bogor

Dalam pelaksanaan proyek *The Sanctuary Collection* Sentul, Bogor. Pada pelaksanaannya banyak mengalami kendala dalam pengerjaan kolom praktis sehingga menghambat pada pekerjaan bata ringan karena terlalu banyak kolom praktis sehingga mengakibatkan susahnya pada pembuatan bekisting karena kolom praktis ukuran dimensi yang terlalu kecil sehingga mengakibatkan mutu beton berkurang.

Perkembangan dunia konstruksi Indonesia ini dinding bata ringan sangat di sering digunakan untuk konstruksi perumahan, apartemen, hotel villa, dan lain sebagainya dengan berbagai upaya penemuan material yang sangat ramah lingkungan dalam material untuk biaya dan waktu. Dalam inovasi teraru dalam pekerjaan pemasangan bata ringan banyak kendala yg terjadi di lapangan sehingga perlu menggugurkan metode *interlock* untuk pemasangan bata ringan yang mempunyai pengait di susun dengan persilangan dan saling mengunci untuk sebagai pengganti kolom praktis pada ruangan tertentu, dalam perkembangan sekarang sudah banyak di gunakan di Indonesia.

Dalam hal ini metode *interlock* pada bata ringan bisa sangat berguna sekali pada peningkatan aspek kualitas pengerjaan supaya lebih cepat dan optimal pengerjaan dari segi biaya dan waktu sebagai material untuk pemasangan bata ringan yang sangat membantu di dunia konstruksi.

Kata kunci : metode, *interlock*, biaya, waktu, bata ringan

1. PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara yang sedang maju, terutama dalam bidang pembangunan konstruksi diberbagai bidang. Hal ini dapat dilihat dari pertumbuhan perumahan, hotel, apartemen industri dan infrastruktur lainnya konstruksi bangunan di Indonesia pada ini sangat pesat dan meningkat dari waktu ke waktu. Perkembangan perusahaan jasa yang bergerak di bidang konstruksi. Kebutuhan akan pembangunan konstruksi di dunia terus bertambah dari masa kemasa, material bahan bangunan pada dinding terus mengalami pembaharuan dengan berbagai modifikasi yang beraneka ragam.

Sehingga dalam pembangunan di Indonesia saat ini dapat dikatakan berkembang sangat pesat. Semua itu dapat kita buktikan sekarang, dengan adanya pembangunan proyek

konstruksi perumahan yang terus melesat. Pada suatu pembangunan proyek konstruksi perlu banyak yang harus kita perhatikan, mulai dari jaringan kerja, pengadaan alat atau bahan, dan juga standar mutu dari bahan yang digunakan.

Melihat banyak yang harus kita perhatikan dalam pembangunan proyek konstruksi maka pengaruh yang terjadi pada waktu pengerjaan dan biaya suatu proyek konstruksi akan sangat besar. Dalam pekerjaan konstruksi tidak sedikit terjadi masalah yang terkait dengan waktu ataupun biaya. Hal ini dikarenakan banyak faktor, salah satunya yaitu perencanaan anggaran biaya. Perencanaan anggaran biaya ini akan mempengaruhi banyak aspek, salah satunya adalah jenis material yang akan digunakan nantinya

Pada proyek *The Sanctuary Collection* Sentul mengalami kendala di lapangan dalam

proses pengerjaan kolom praktis yang terlalu banyak, adapun terkendala dalam proses pembesianya masih menggunakan manual atau pabrikasi dilapangan membutuhkan waktu yang lama dalam pembuatan besi kolom praktisnya, karena tidak memakai pembesian yang ada di pabrik seperti kolom praktis yang sudah jadi, sehingga mempengaruhi kecepatan dalam pemasangan dinding bata ringan secara langsung di dalam pembuatan rumah dari segi biaya dan waktu.

Perusahaan Wohhup Indonesia selaku kontraktor pada pembangunan perumahan di proyek The Sanctuary Colection Sentul, banyak mengalami kendala dalam pengerjaan kolom praktis sehingga menghambat pada pekerjaan bata ringan karena terlalu banyak kolom praktis sehingga mengakibatkan susah pada pembuatan bekisting karena kolom praktis ukuran dimensi yang terlalu kecil sehingga mengakibatkan mutu beton berkurang.

Pada perumahan ini mengalami keterlamabatan pada pelaksanaan pembangunan yang mempengaruhi biaya dan waktu terjadi karena factor-faktor item pekerjaan terlaau banyaknya kolom praktis di lapangan, oleh karena itu perlu adanya metode terbaru pada penelitian ini untuk riview metode *interlock* dinding bata ringan sebagai pengganti kolom praktis untuk waktu dan biaya untuk mengubah pemasangan dinding bata ringan yang menggunakan metode *interlock* sebagai pengganti kolom praktis agar tidak terlalu banyak kolom praktis diproyek saat ini.

Berdasarkan uraian di atas, maka pentingnya dilakukan penelitian ini tentang review metode *interlock* untuk mengetahui efektifitas penggunaan *interlock* bata ringan dibandingkan dengan kolom praktis.

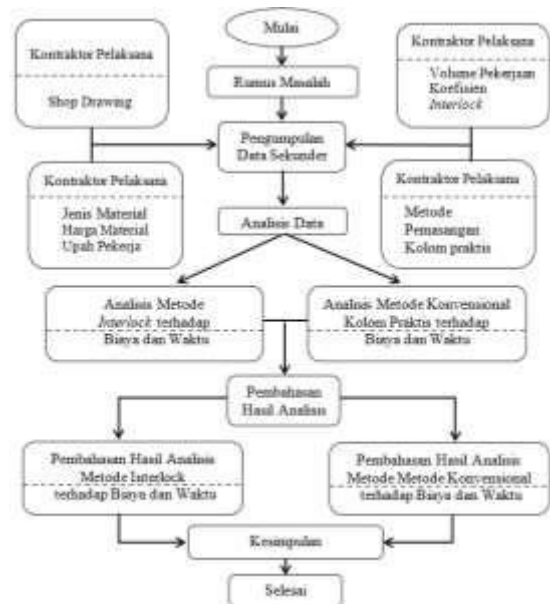
2. METODOLOGI

Pada penelitian ini digunakan jenis penelitan review yaitu jenis penelitian dengan melakukan kajian terhadap penilaian suatu atau penyelesaian masalah pada kondisi yang masih berjalan atau belum selesai.

Variabel dalam penelitian ini yaitu biaya dan waktu. Untuk perbandingan biaya dan waktu dalam pekerjaan pemasangan metode *interlock* bata ringan dengan metode konvensional kolom praktis+bata ringan.

Setelah mengetahui jenis penelitian dan variabelnya, maka pada metodologi ini yang digunakan adalah penelitian review metode *interlock* pemasangan dinding menggunakan bata ringan sebagai pengganti kolom praktis dari segi biaya dan waktu.

Adapun kerangka pemikiran dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:



Gambar 2.1 Skema Pola Pikir/kerangka Pemikiran

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Data Penelitian

Data proyek yang akan digunakan dalam penelitian ini sudah dikumpulkan antara lain gambar shop drawing, daftar material dan metode pemasangan dalam bentuk *soft file* dan *hard file* yang diberikan oleh kontraktor pelaksana proyek pembangunan perumahan *The Santuary Colection Sentul City* sebagai penelitian ini.

3.1.1. Gambar Shop Drawing

Gambar shop drawing arsitek ini bisa mengetahui luasan area dinding bata ringan yang menggunakan *interlock* dan kolom praktis dapat dilihat pada gambar yang terlampir sebagai berikut:

1. 1st Floor Plan
2. 2nd Floor Plan
3. Section 1, 2, 3, dan 4
4. Tampak A, B, dan C
5. Detail *Guest Bathroom, Family Bathroom, Maid Bathroom*
6. Detail *Master Bathroom, Child Bathroom 1, Child Bathroom 2*
7. Detail *Wet Kitchen*

Berdasarkan pada data skunder yang didapat dari pihak kontraktor precana gambar shop drawing dilampirkan pada lembara lampiran.

3.1.2. Jenis Material, Harga Material dan Upah Tenaga kerja

a. Jenis Material Metode *Interlock* dan Kolom Praktis

Jenis material untuk pekerjaan metode interlock dan metode kolom praktis yang digunakan pada proyek pembangunan perumahan *The Sanctuary Collection* Sentul, ini sesuai yang diberikan oleh kontraktor pelaksana sebagai bahan analisis. Data- data material penelitian yang diambil, ini dapat dilihat sebagai berikut:

Tabel 3.1 Jenis Material

Tabel 4.1 Jenis Material

No.	Jenis Material	Metode <i>Interlock</i>	Metode Konvensional Kolom Praktis
1.	Bata ringan power block	√	√
2.	Semen perekat MU-302	√	
3.	Semen portland tiga roda		√
4.	Besi beton polos d10	√	√
6.	Kawat beton		√
7.	Pasir beton		√
8.	Paku 5cm-12cm		√
9.	Kayu kelas III		√
10.	Krikil		√
	Total	3	8

Sumber: Jenis Material dan Konstruksi

b. Daftar Harga Material

Daftar harga material yang digunakan pada proyek pembangunan *The Sanctuary Collection* Sentul ini sesuai dengan diberikan oleh kontraktor sebagai bahan analisis. Daftar harga material dapat dilihat sebagai berikut:

Tabel 3.2 Daftar Harga Material

Tabel 4.2 Daftar Harga Material

No.	Jenis Upah	Satuan	Harga (Rp)
1.	Bata ringan power block	bb	10.000
2.	Semen perekat MU-302	kg	1.375
3.	Semen portland tiga roda	kg	1.600
4.	Pasir beton	m ³	250.000
5.	Besi beton polos d10	ls	20.000
7.	Kawat beton	kg	17.000
8.	Paku 5cm-12cm	kg	18.000
9.	Kayu kelas III	m ³	7.000.000
12.	Minyak bekisting	Liter	15.000
11.	Peralatan	%	2.500

Sumber: Data Upah Tenaga Kerja dari Kontraktor

c. Upah Tenaga Kerja

Daftar upah tenaga kerja yang digunakan pada proyek pembangunan perumahan *The Sanctuary Collection* Sentul ini yang diberikan oleh kontraktor pelaksana sebagai bahan analisis. Daftar upah tenaga kerja dapat dilihat sebagai berikut:

Tabel 3.3 Daftar Upah Tenaga Kerja

No.	Jenis Upah	Satuan	Harga (Rp)
1.	Pekerja	oh	100.000
2.	Tukang Kayu	oh	120.000
3.	Tukang Bata	oh	120.000
4.	Tukang Besi	oh	120.000
5.	Kepala Tukang	oh	140.000
6.	Mandor	oh	140.000

Sumber: Data Daftar Upah Pekerjaan dari Kontraktor

3.2. Analisis Data

Pada analisis data ini pada penelitian ini akan dibagi menjadi dua bagian yaitu analisis biaya dan analisis waktu sebagai perbandingan dari pekerjaan pemasangan metode *interlock* bata ringan dan metode konvensional kolom praktis+dinding bata ringan.

3.2.1. Analisis Metode *Interlock* Bata Ringan Biaya dan Waktu

Dalam analisis penelitian metode *interlock* bata ringan ini dibagi menjadi dua bagian yaitu:

1. Analisis Metode *Interlock* Bata Ringan terhadap Biaya

Pada proyek The Sanctuary Collection jumlah rumah 47 unit Analisa Harga Satuan Pekerjaan (AHSP) berdasarkan dari Permen PUPR No :28/PRT/M/2016. Pada perhitungan RAB. analisis biaya ini untuk menghitung biaya pada pekerjaan metode *interlock* bata ringan yaitu:

Tabel 3.4 Permen JDIH Kementrian PUPR (A.4.4.1.26)

Analisis Metode *Interlock* Bata Ringan Pasangan 1 m²

No	Uraian	Satuan	Koefisien	Harga satuan (Rp)	Jumlah (Rp)
A BAHAN					
	Batu bata ringan	m ³	1,40	10.000	84.000,00
	Semir perekat	kg	0,003	1.375	86,63
	Besi sisk/dowel d10	ls	0,64	20.000	12.800,00
	JUMLAH BAHAN				96.886,63
B TENAGA					
	Pekerja	OH	0,671	100.000	67.100,00
	Tukang batu	OH	1,3	120.000	156.000,00
	Kepala tukang	OH	0,13	140.000	18.200,00
	Mandor	OH	0,003	140.000	420,00
	JUMLAH TENAGA KERJA				241.720,00
C PERALATAN					
	Peralatan	%	10	2.500,00	25.000,00
	JUMLAH ALAT				25.000,00
	D JUMLAH (A+B+C)				363.606,63
	E Overhead & profit (Contoh 15%) (15% x D (maksimum))				54.540,99
	F Harga Satuan Pekerjaan (D+E)				418.147,62

Sumber: Hasil Analisis

Tabel 3.5 Analisis Rekapitulasi Biaya *Interlock* Bata Ringan Per Area 1 Unit

NO	AREA PEKERJAAN	VOL	SAT	HARGA SATUAN PER-M ² (Rp)	JUMLAH (Rp)
A PEKERJAAN METODE <i>INTERLOCK</i> DINDING BATA RINGAN LANTAI 1					
1	Unit <i>Bedroom</i> Pasangan dinding bata ringan	32,88	m ²	418.147,62	13.764.689,94
2	Family <i>Bedroom</i> Pasangan dinding bata ringan	28,28	m ²	418.147,62	11.822.259,30
3	Unit <i>Bedroom</i> Pasangan dinding bata ringan	20,82	m ²	418.147,62	8.692.289,90
4	Unit <i>Bedroom</i> Pasangan dinding bata ringan	18,72	m ²	418.147,62	7.827.723,42
5	Wc <i>Kitchen</i> Pasangan dinding bata ringan	21,43	m ²	418.147,62	8.960.903,47
	JUMLAH				50.478.786,04
B PEKERJAAN METODE <i>INTERLOCK</i> DINDING BATA RINGAN LANTAI 2					
1	Unit <i>Bedroom</i> Pasangan dinding bata ringan	44,44	m ²	418.147,62	18.582.480,18
2	Child / <i>Bedroom</i> Pasangan dinding bata ringan	28,72	m ²	418.147,62	11.992.370,09
3	Child / <i>Bedroom</i> Pasangan dinding bata ringan	41,38	m ²	418.147,62	17.378.215,94
	JUMLAH				47.953.066,20
	JUMLAH A+B				98.365.845,83

Sumber: Hasil Analisis

Tabel 3.6 Analisis Rekapitulasi Biaya Metode *Interlock* Bata Ringan 47 Unit

No	Uraian	Satuan	Unit	Harga Satuan Per-M ² (Rp)	Jumlah (Rp)
1	Metode <i>Interlock</i> Dinding bata Ringan	M ²	47	98.365.845,83	4.623.137.134,23
SUB-TOTAL					4.623.137.134,23
PPN 10%					462.313.715,42
TOTAL					5.085.472.869,66

Sumber: Hasil Analisis

2. Analisis Metode *Interlock* Bata Ringan terhadap Waktu

Pada proyek Rumah *The Sanctuary Collection Sentul*, terdapat 47 unit rumah dan beberapa item pekerjaan pemasangan metode konvensional kolom praktis + dinding bata ringan untuk mencari durasi waktu pengerjaannya di bagi menjadi 3 *group*. Pekerjaan pemasangan metode *interlock* dinding bata ringan terdapat 3 *group*, untuk memerlukan durasi waktu pemasangan 7 hari/unit x 47 unit : 3 *group* = 109,67 hari atau 3,67 bulan.

Dari data-data diatas sehingga dapat dilihat dalam bentuk tabel perhitungan waktu metode *interlock* bata ringan pada proyek Rumah *The Sanctuary Collection Sentul*, sebagai berikut:

Tabel 3.7 Analisis Waktu Pemasangan Metode *Interlock* Bata Ringan

No	Uraian	Sat	Koef	Ketuban (m ² /H)	Jumlah Tenaga	Produk (m ² /H)	Durasi (Hari)	Durasi per kerj yang di pakai atau tertinggal
a	b	c	d	e=f/g	f	g=h/i	h/i/y	i
1	Metode konvensional kolom praktis	m ³						
	TENAGA							
	Pekerja	OH	0,67	1,49	6,00	4,00	5,00	7,00
	Tukang batu	OH	1,3	0,77	5,00	8,50	7,00	
	Kepala tukang	OH	0,13	7,69	2,00	0,28	1,00	
	Mandor	OH	0,003	333,33	1,00	0,003	1,00	

Sumber: Hasil Analisis

Tabel 3.8 Analisis Rekapitulasi Waktu Metode *Interlock* Dinding Bata Ringan 1 Unit

No	Pekerjaan	Waktu (H)
1	Pemasangan 1 m ² metode <i>interlock</i> dinding bata bata Ringan	7,00
TOTAL WAKTU METODE INTERLOCK DENDING BATA RINGAN		7,00

Sumber: Hasil Analisis

Tabel 3.9 Analisis Rekapitulasi Waktu Metode *Interlock* Dinding Bata Ringan 47 Unit

No	Uraian Pekerjaan	Volume Unit	Satuan	Waktu Per-Unit	Group Kerja (Team)	Waktu (H)
a	b	c	d	e	f	$E=c \cdot e / f$
1	Pemasangan metode <i>interlock</i> dinding bata ringan	47	Unit	7,00	3	109,67
TOTAL WAKTU METODE KONVENSIONAL KOLOM PRAKTIS + DENDING PRECAST DENGAN 3 TEAM						109,67

Sumber: Hasil Analisis

Pada pekerjaan metode *interlock* bata ringan untuk waktu pemasangan metode *interlock* dinding bata ringan yang diambil data produktivitas dan pekerjaan bobot pekerjaan dapat di lihat dari analisis time schedule sebagai berikut:

Tabel 3.10 Analisis Time Schedule Metode *Interlock* Dinding Bata Ringan



Sumber : Data Sekunder

3.3. Pembahasan Hasil Analisis

Pada setiap pekerjaan pembuatan bangunan perumahan, perkantoran dan gedung utama yang sangat diperhitungkan adalah besarnya biaya dan durasi waktu. Sehingga diperlukan pemikiran pemilihan alternatif pada item pekerjaan untuk biaya dan waktu. Pembahasan hasil analisis pada penelitian ini dibagi menjadi dua bagian, yaitu sebagai

pembahasan hasil analisis biaya dan pembahasan hasil analisis waktu pada setiap pekerjaan metode *interlock* bata ringan dan metode konvensional kolom praktis+ dinding bata ringan.

3.3.1. Pembahasan Hasil Analisis Metode *Interlock* Biaya dan Waktu

Pada pembahasan hasil analisis metode *interlock* bata ringan terhadap biaya dan waktu data yang di peroleh dari hasil analisis Rencana Anggaran Biaya (RAB) dan durasi waktu yang di peroleh dari analisis time schedule dan dari total 47 unit rumah.

Dari pembahasan hasil analisis kali ini di bagi menjadi 2 bagian yaitu membahas total biaya dan total waktu pada pekerjaan metode *interlock* bata ringan sebagai berikut:

1. Total biaya Rencana Anggaran Biaya (RAB) pada pekerjaan metode *interlock* dinding bata ringan adalah sebesar Rp. **5.085.472.869,66**
2. Total waktu dari pekerjaan metode *interlock* dinding bata ringan adalah **109,67 hari** atau **3,66 bulan** waktu yang dibutuhkan dalam menyelesaikan pekerjaan 47 unit rumah.

3.3.2. Pembahasan Hasil Analisis Metode Konvensional Kolom Praktis Biaya dan Waktu

Pada pembahasan hasil analisis metode konvensional kolom praktis+bata ringan terhadap biaya dan waktu data yang di peroleh dari hasil analisis Rencana Anggaran Biaya (RAB) dan durasi waktu yang di peroleh dari analisis time schedule dan dari total 47 unit rumah.

Dari pembahasan hasil analisis kali ini di bagi menjadi 2 bagian yaitu membahas total biaya dan total waktu pada pekerjaan metode *interlock* bata ringan sebagai berikut:

1. Total biaya Rencana Anggaran Biaya (RAB) pada pekerjaan metode konvensional kolom praktis+dinding bata ringan adalah sebesar Rp. **6.928.573.556,53**

- Total waktu dari pekerjaan metode metode konvensional kolom praktis+dinding bata ringan adalah **150,0 hari** atau **5 bulan** waktu yang dibutuhkan dalam menyelesaikan pekerjaan 47 unit rumah.

Maka setelah dilakukan pembahasan hasil anaalisis biaya dan waktu dari kedua item pekerjaan metode interlock dinding bata ringan dan metode konvensional kolom praktis+dinding bata ringan.

Pada perbandingan biaya dari pembahasan hasil analisis rekapitulasi Rencana Anggaran Biaya (RAB) dapat dilihat pada tabel sebagai berikut:

Tabel 3.11 Perbandingan Biaya Metode *Interlock* Dinding Bata Ringan dan metode konvensional kolom praktis + dinding bata ringan 47 unit

No	Uraian Pekerjaan	Volume	Satuan	Biaya (Rp)
1	Metode <i>Interlock</i> Bata Ringan Lt. 1 – Lt.2	47	Unit	5.085.472.869,66
2	Metode Konvensional Kolom Praktis + Bata Ringan Lt. 1 – Lt.2	47	Unit	6.928.573.556,53

Sumber: Hasil Analisis

Dari data table diatas maka dapat disimpulkan selisih harga antara metode *interlock* dinding bata ringan dengan metode konvensional kolom praktis+dinding bata ringan maka selisihnya yaitu sebanyak **Rp. 1.843.100.686,88**

Pada gambar grafik perbandingan biaya dari pembahasan hasil analisis rekapitulasi Rencana Anggaran Biaya (RAB) dapat dilihat pada tabel sebagai berikut:



Gambar 3.1 Grafik Perbandingan Biaya
Sumber: Hasil Analisis

Pada pembahasan hasil analisis waktu sebagai perbandingan pada pekerjaan dinding, yang menggunakan metode *interlock* dinding bata ringan dengan metode konvensional kolom praktis+dinding bata ringan yang diperoleh dari hasil analisis yang telah dihitung padapenelitian ini maka dapat di lihat dari tabelperbandingan yaitu:

Tabel 3.12 Perbandingan Waktu Metode *Interlock* Dinding Bata Ringan dan metode konvensional kolom praktis + dinding bata ringan 47 unit

No	Uraian Pekerjaan	Vol	Sat	Waktu	
				Metode <i>Interlock</i> Bata Ringan (Hari)	Metode Konvensional Kolom Praktis+Dinding Bata Ringan (Hari)
1	Dinding bata rumah	47	Unit	109,67	150,0

Sumber: Hasil Analisis

Dari Perbandingan waktu kedua item pekerjaan antara metode *interlock* dinding bata ringan dan metode konvensional kolom praktis + dinding bata ringan yaitu selisih waktu **40,33 hari** atau **1,34 bulan**.

Pada gambar grafik sebagai perbandinganwaktu yang di dapat dari data data diatas maka dapat dilihat grafik perbandingan sebagai berikut:



Gambar 3.2 Grafik Perbandingan Waktu

Sumber: Hasil Analisis

4. KESIMPULAN

Kesimpulan berdasarkan dari hasil analisis perhitungan Rencana Anggaran Biaya (RAB) dari 47 unit rumah pada pekerjaan metode *interlock* dinding bata ringan dan konvensional dinding kolom praktis+bata ringan maka didapatkan kesimpulan sebagai berikut:

1. Total biaya Rencana Anggaran Biaya (RAB) pada pekerjaan metode *interlock* dinding bata ringan adalah sebesar Rp. **5.085.472.869,66** dan total biaya analisis Rencana Anggaran Biaya (RAB) pada pekerjaan metode konvensional dinding kolom praktis adalah sebesar Rp. **6.928.573.556,53**. Dari total biaya Rencana Anggaran Biaya (RAB) pada pekerjaan metode *interlock* dinding bata ringan dan metode konvensional dinding kolom praktis+dinding bata ringan maka didapatkan selisih harga sebanyak **Rp. 1.843.100.686,88**.
2. Waktu pada item pekerjaan metode *interlock* dinding bata ringan dan metode konvensional dinding kolom praktis+dinding bata ringan sebanyak 47 unit yang di kerjakan oleh pekerja di bagi 3 group, yaitu:
 - a. Total waktu dari pekerjaan metode *interlock* dinding bata ringan adalah **109,67 hari** atau **3,66 bulan** waktu yang dibutuhkan dalam menyelesaikan pekerjaan 47 unit rumah.
 - b. Total waktu untuk pekerjaan metode konvensional dinding kolom praktis+bata ringan adalah **150 hari**

atau **5 bulan** waktu yang dibutuhkan dalam menyelesaikan pekerjaan 47 unit. Sehingga selisih waktu antara pekerjaan metode *interlock* dinding bata ringan dengan metode konvensional kolom praktis+bata ringan yaitu sebesar **40,33 hari** atau **1,34 bulan**, maka metode *interlock* dinding bata ringan lebih cepat pada waktu pengerjaannya.

DAFTAR PUSTAKA

- American Society for Testing and Materials, Specification for portland cement ASTM C 150*
- Bata *Interlock* Merupakan Komponen Penyusun Dinding Dimana Adanya Pengait Pada Sisi-Sisinya Untuk Mengunci Pergerakan Akibat Gaya Tekan (Yuliana, 2018)
- Dasar-dasar Perhitungan Menurut SNI-03-2847-2002
- I. G. Y. Kafrain, Pengembangan Panel Dinding Polystyrene Dengan Kertas Roti di Bagian Permukaan. Tesis, Program Pascasarjana Teknik Sipil UGM, Yogyakarta, 2014.
- Peraturan Undang-undang AHSP-PUPR-28/2016 Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Nomor 31/PRT/M/2015
- Peraturan Undang-undang AHSP-PUPR-28/2016 Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor 07/PRT/M/2011.
- Peraturan Undang-undang AHSP-PUPR-28/2016 Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor 11/PRT/M/2013.
- Pt-T-38-2000-C, Keputusan Menteri Permukiman dan Pengembangan Wilayah Nomor: 37/KPTS/M/2000, Tata cara perhitungan harga satuan pekerjaan pengecatan dan finishing dinding untuk bangunan rumah dan gedung
- SNI 8640:2018: adalah Spesifikasi Bata Ringan Untuk Pasangan Dinding

- Nur Andreansyah,2020, Penggunaan Metode Zonasi Pekerjaan Pemasangan Bekisting Kolom Dengan Sistem Knock Down (Studi Kasus: Proyek Tower Caspian Grand Sungkono Lagoon) 2018
- Agus setiawan, S.T., M.T. 2013. Perencanaan Struktur Baja Dengan Metode Lrfd Edisi Kedua (berdasarkan sni 03-1729-2002). Penerbit erlanggasni 03-2847-2013 pasal 5.6.2.4).

ANALISIS KEBUTUHAN DAN RANCANGAN SISTEM REGISTRASI PELATIHAN NON DESTRUCTIVE TESTING (NDT) DI BALAI BESAR BAHAN DAN BARANG TEKNIK (B4T)

Berliyanto

*Program Studi Teknik Informatika, FTI, Institut Teknologi Budi Utomo Jakarta,
berli@itbu.ac.id*

Abstrak

Sebagai penyelenggara pelatihan *Non Destructive Testing* (NDT) bersertifikat, Balai Besar Bahan dan Barang Teknik (B4T) perlu menjalankan proses bisnis mengelola registrasi pelatihan dengan baik. Kondisi yang terjadi saat ini menunjukkan bahwa B4T masih menemui permasalahan ketika menjalankan proses bisnis tersebut. Proses yang belum dilakukan secara otomatis, proses validasi kelengkapan pendaftaran yang rumit, dan komunikasi yang tidak efektif adalah contoh permasalahan-permasalahan yang terjadi. Sebuah sistem informasi diperlukan agar permasalahan tersebut dapat diatasi. Proses analisis dan perancangan sistem perlu dilakukan untuk menghasilkan sistem informasi yang sesuai dengan kebutuhan B4T. Fokus permasalahan dalam penelitian ini terletak pada proses analisis identifikasi kebutuhan dan pengembangan rancangan sistem tersebut. Dari penelitian ini dihasilkan sebanyak 35 kebutuhan sistem, 3 model kebutuhan sistem, 2 rancangan sistem, dan 1 purwarupa sistem yang berjalan. Setiap luaran tersebut dapat dijadikan acuan untuk mengembangkan sistem registrasi pelatihan NDT khususnya pada B4T.

Kata kunci: rancangan, sistem, registrasi, *non destructive testing*

1. PENDAHULUAN

Non Destructive Testing (NDT) merupakan suatu teknik pengujian material tanpa harus merusak benda yang di uji. Tujuannya adalah untuk memastikan apakah material yang diuji masih aman dan layak untuk digunakan. Idealnya mereka yang melakukan pengujian NDT adalah orang yang telah menyelesaikan pelatihan dan memiliki sertifikat keterampilan. Balai Besar Bahan dan Barang Teknik (B4T) merupakan salah satu lembaga yang menyediakan jasa pelatihan pengujian NDT di Indonesia.

Studi pendahuluan telah dilakukan dan berhasil mengonfirmasi adanya permasalahan pada proses pengelolaan registrasi peserta pelatihan di B4T. Permasalahan pertama adalah sistem registrasi yang ada saat ini masih sebatas menggunakan email. Kondisi ini mengakibatkan sulitnya mendapatkan informasi yang komprehensif tentang pelatihan NDT. Permasalahan yang kedua adalah rentan terjadinya kesalahan terkait dengan pengelolaan registrasi. Misalnya kesalahan mencantumkan nama pendaftar, atau berkas yang sudah dikirimkan oleh pendaftar melalui email sulit ditemukan. Dan permasalahan ketiga, masih terdapat kebutuhan-kebutuhan yang belum dipenuhi oleh sistem registrasi yang berjalan saat ini.

Permasalahan pada proses registrasi pelatihan yang dialami oleh B4T dapat diatasi dengan menggunakan sistem registrasi daring. Saat ini, B4T belum terlihat memanfaatkan sistem seperti itu. Sistem ini dibutuhkan baik oleh pihak B4T sebagai penyelenggara pelatihan NDT, dan juga oleh calon peserta pelatihannya. Permasalahan selanjutnya adalah seperti apa sistem registrasi daring yang sesuai dengan kebutuhan B4T. Permasalahan tersebut yang menjadi fokus penelitian ini dan diuraikan menjadi tiga pertanyaan penelitian: (1) Apa saja kebutuhan sistem yang sesuai? (2) Seperti apa model kebutuhan yang dikembangkan berdasarkan kebutuhan sistem tersebut? Dan (3) Apa saja rancangan sistem yang bisa dihasilkan dari model kebutuhan yang didapatkan? Setelah menjawab pertanyaan penelitian ini dihasilkan sebuah cetak biru (*blue print*) rancangan aplikasi sistem registrasi daring.

Lingkup penelitian ini terletak pada proses pengelolaan registrasi pelatihan NDT dengan B4T sebagai tempat studi kasusnya. Fokus penelitian terletak pada tahap analisis dan perancangan sistem. Tujuannya adalah menghasilkan *blue print* sistem yang dapat digunakan sebagai acuan dalam pengembangan sistem yang berjalan. Bagaimana kesiapan atau cara B4T untuk

mengimplementasikan rancangan sistem ini berada di luar lingkup penelitian ini.

2. METODOLOGI

Penelitian ini, seperti penelitian terkait pengembangan sistem, merupakan penelitian kualitatif. Metodologi yang digunakan dalam penelitian ini mengacu pada tahap-tahap pengembangan sistem di dalam *System Development Life Cycle* (SDLC). Fokus penelitian ini adalah pada tahap analisis dan perancangan. Tahap analisis dan tahap perancangan merupakan dua tahap terpenting di dalam SDLC karena menghasilkan spesifikasi sistem yang diperlukan (Dennis et al, 2018) Dua tahap sisanya yaitu tahap perencanaan dan implementasi berada di luar konteks penelitian ini.



Gambar 1 Langkah-langkah Penelitian

Penelitian ini diselesaikan dengan enam langkah penelitian. Gambar 1 menunjukkan keenam langkah penelitian tersebut. Pertama adalah perumusan masalah. Selanjutnya ada identifikasi kebutuhan sistem di langkah yang kedua dan pemodelan kebutuhan sistem tersebut di langkah yang ketiga. Langkah selanjutnya adalah membuat rancangan berdasarkan model kebutuhan yang dihasilkan. Lalu dilanjutkan oleh langkah kelima yaitu pengembangan purwarupa sistem. Di bagian akhir penelitian disusun

kesimpulan dari hasil penelitian ini. Tiga pertanyaan penelitian ini berhasil terjawab setelah enam langkah tersebut dilakukan.

2.1 Perumusan Masalah

Perumusan masalah merupakan langkah pertama yang dilakukan dalam penelitian ini. Analisis kondisi saat ini pada B4T dilakukan pada langkah awal ini. Berbagai dokumen organisasi dipelajari dan sebuah survei secara daring juga dilakukan untuk memvalidasi masalah yang ditemukan. Survei dilakukan terhadap dua kelompok responden yaitu pihak internal B4T dan pihak calon peserta pelatihan. Hasil dari langkah perumusan masalah ini adalah tersusunnya tigapertanyaan penelitian seperti yang sudahdisebutkan pada bagian pendahuluan.

2.2 Identifikasi Kebutuhan Sistem

Setelah permasalahan dirumuskan, maka langkah selanjutnya atau langkah yang kedua adalah mengidentifikasi kebutuhan sistem (*system requirement*). Pada langkah ini dilakukan pengumpulan data melalui wawancara dan observasi. Disamping itu, penelitian ini mengacu pada *best practice* dan juga literatur yang relevan terkait dengan pengembangan sistem. Metode-metode pengumpulan data untuk mengidentifikasi masalah tersebut sudah umum dilakukan dan telah terbukti efektif (Dennis et al, 2018; Sommerville,2016).

Wawancara dilakukan secara langsung dan semi terstruktur kepada kepala lembaga B4T. Sejumlah pertanyaan terlebih dahulu dalam sebuah instrumen wawancara. Sementara itu, observasi dilakukan dalam dua bentuk. Pertama adalah observasi langsung dengan mengunjungi kantor B4T dan kedua adalah mempelajari website resmi lembaga tersebut. Hasil yang didapatkan dari langkah kedua ini adalah daftar kebutuhan sistem yang dibagi menjadi dua kategori, yaitu kebutuhan fungsional dan nonfungsional.

2.3 Pemodelan Kebutuhan Sistem

Langkah ketiga yang dilakukan dalam penelitian ini adalah memodelkan kebutuhan sistem (*requirements modeling*). Model kebutuhan dibuat berdasarkan daftar kebutuhan sistem yang berhasil diidentifikasi pada langkah kedua sebelumnya. Beberapa teknik digunakan saat memodelkan kebutuhan ini. Analisis *use case* digunakan untuk

membuat model fungsional. Sedangkan model proses dari sistemnya dibuat dalam bentuk *workflow diagram*. Model lain yang dibuat adalah model data dalam bentuk *entity relationship diagram* (ERD). Tiga jenis model kebutuhan ini merupakan luaran yang dihasilkan dari langkah yang ketiga pada penelitian ini.

2.4 Pembuatan Rancangan Sistem

Setelah model kebutuhan berhasil dibuat, maka penelitian dilanjutkan pada langkah yang keempat yaitu membuat rancangan sistem berdasarkan model kebutuhan tersebut. Dari langkah keempat ini dihasilkan luaran berupa tiga rancangan sistem, yaitu: rancangan antarmuka, rancangan arsitektur sistem, dan rancangan penyimpanan data (*data storage*). Tiga jenis rancangan tersebut merupakan rancangan sistem yang disarankan perlu dibuat menurut Tilley dan Rosenblatt (2016). Penelitian ini sejalan dengan pendapat tersebut.

2.5 Pengembangan Purwarupa Sistem

Rancangan sistem yang dihasilkan pada langkah keempat sebelumnya perlu diuji apakah bisa dijadikan acuan untuk mengembangkan sistem yang berjalan. Pada langkah kelima ini, pengujian terhadap rancangan tersebut dilakukan dengan

mengembangkan purwarupa sistem. Selain itu, membuat purwarupa sistem juga dapat memastikan apakah kebutuhan yang diidentifikasi sudah sesuai atau belum (Preece et al, 2019). Purwarupa ini dikembangkan menggunakan bahasa pemrograman PHP dan MariaDB sebagai basis datanya. Hasil yang didapatkan dari langkah ini adalah sebuah purwarupa aplikasi berbasis *web* yang sudah melewati *unit testing*. Pengujian purwarupa tersebut dilakukan dengan teknik *black-box testing* dengan *test case* yang dibuat dari *use case description*. Pengujian dilakukan oleh tiga orang *programmer* yang memahami kode-kode program. Proses pengembangan dan pengujian purwarupa mengacu pada saran dari Pressman dan Maxim (2020).

2.6 Penyusunan Kesimpulan

Langkah keenam, yaitu penyusunan kesimpulan, merupakan langkah terakhir yang dilakukan dalam penelitian ini. Sampai pada langkah kelima sebelumnya, semua jawaban

didapatkan. Penyusunan kesimpulan dilakukan untuk mengelaborasi hasil yang didapat pada setiap langkah-langkah sebelumnya. Di samping itu juga memastikan kembali bahwa jawaban tiga pertanyaan penelitian sudah didapat dan relevan.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Semua luaran yang didapatkan dari setiap langkah penelitian yang diuraikan pada bagian metodologi adalah hasil temuan penelitian ini. Hasil penelitian tersebut mencakup daftar kebutuhan sistem, model-model kebutuhan sistem, rancangan-rancangan sistem, dan juga purwarupa sistem. Bagian ketiga ini menguraikan setiap hasil yang didapatkan berikut dengan pembahasannya.

3.1 Daftar Kebutuhan Sistem

Proses identifikasi kebutuhan sistem menghasilkan daftar *requirements* yang dikategorikan menjadi dua, yaitu kebutuhan bisnis (*business requirement*), dan kebutuhan sistem (*system requirement*). Kedua jenis *requirement* tersebut saling terkait satu sama lain. Kebutuhan sistem didapatkan dengan menganalisis kebutuhan pengguna potensial. Dan kebutuhan pengguna tersebut didapatkan setelah menganalisis kebutuhan bisnis.

Tabel 1. Daftar Kebutuhan Bisnis

dari tiga pertanyaan penelitian sudah berhasil

Kode	Kebutuhan Bisnis
[BR01]	Melakukan proses registrasi secara daring.
[BR02]	Menyediakan informasi yang terbaru.
[BR03]	Mengintegrasikan data pelatihan. [BR04]
[BR04]	Mengidentifikasi peserta pelatihan. [BR05]
[BR05]	Mengelompokkan data pelatihan. [BR06]
[BR06]	Menyimpan data secara digital. [BR07]
[BR07]	Mencetak data pelatihan.
[BR08]	Mengintegrasikan dengan sistem pembayaran pelatihan

Sumber: data sekunder

Total ada sebanyak 8 kebutuhan bisnis yang berhasil diidentifikasi oleh penelitian ini. Tabel 1 menunjukkan semua kebutuhan bisnis tersebut. Kuesioner digunakan kembali untuk memvalidasi delapan kebutuhan tersebut. Kuesioner tersebut juga digunakan untuk menentukan prioritas dari kebutuhan bisnis yang dihasilkan. Kebutuhan bisnis yang disajikan pada Tabel 1 sudah terurut berdasarkan prioritasnya, mulai dari yang

paling utama hingga yang paling rendah prioritasnya.

Tabel 2 Kebutuhan Fungsional dan Nonfungsional Sistem

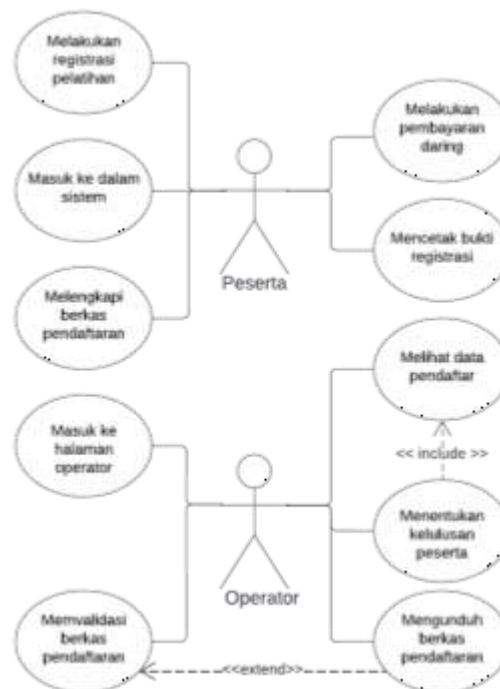
Kode	Kebutuhan Fungsional
[SR01]	Sistem memungkinkan peserta untuk melakukan registrasi daring.
[SR02]	Sistem memungkinkan pengguna untuk membuat akun.
[SR03]	Sistem memungkinkan pengguna untuk login.
...	...
[SR23]	Sistem memungkinkan pengguna untuk mencetak laporan.
[SR24]	Sistem memungkinkan pengguna untuk melakukan pembayaran daring.
Kode	Kebutuhan Nonfungsional
[NF01]	Sistem berbentuk aplikasi berbasis website.
[NF02]	Sistem bisa diakses dengan baik melalui web browser populer.
[NF03]	Sistem terintegrasi dengan dashboard B4T
...	...
[NF10]	Sistem dapat mengupload file berupa PDF, JPG, dan PNG
[NF11]	Sistem memiliki kapasitas penyimpanan 1TB

Sumber: data primer

Dari delapan kebutuhan bisnis ini kemudian dihasilkan kebutuhan sistem. Kebutuhan sistem yang dihasilkan terdiri atas kebutuhan fungsional dan kebutuhan nonfungsional. Jumlah kebutuhan fungsional yang didapatkan adalah sebanyak 24 buah. Sementara itu, kebutuhan nonfungsional yang didapatkan adalah sejumlah 11 buah. Dengan demikian total kebutuhan sistem yang didapatkan adalah sebanyak 35 buah. Tabel 2 menunjukkan masing-masing 5 contoh dari kebutuhan fungsional dan kebutuhan nonfungsional. Setiap kebutuhan sistem ini memiliki kaitan dengan 8 kebutuhan bisnis yang ada. Misalnya, kebutuhan fungsional [SR23] berkaitan langsung dengan kebutuhan bisnis [BR07]. Dan juga kebutuhan nonfungsional [NF10] memiliki kaitan yang erat dengan kebutuhan bisnis [BR03]. Daftar kebutuhan sistem yang dihasilkan pada tahap ini merupakan jawaban untuk pertanyaan penelitian pertama. Dari kebutuhan sistem ini kemudian dibuatkan model-model kebutuhannya.

3.2 Model Kebutuhan Sistem

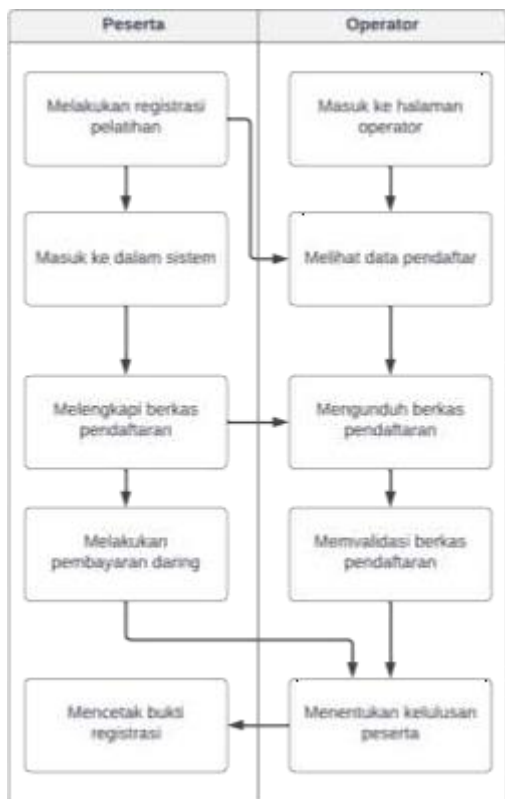
Model kebutuhan sistem yang dibuat meliputi kebutuhan fungsional, model proses, dan model data. Model fungsional dilakukan dengan analisis *use case*. Sementara itu, model proses sistem dibuat dalam bentuk *workflow diagram*. Sedangkan model data dibuat menggunakan *entity relationship diagram* (ERD).



Gambar 2 Use Case Diagram
Sumber: hasil penelitian

Model kebutuhan fungsional yang dilakukan dengan analisis *use case* yang menghasilkan luaran berupa *use case diagram* dan juga *use case specification*. Gambar 2 menunjukkan *use case diagram* dari sistem yang dikembangkan. Seperti yang terlihat pada Gambar 2, terdapat dua aktor di dalam sistem ini yaitu peserta pelatihan dan operator. Setiap aktor tersebut melakukan proses bisnis yang berbeda sesuai perannya. *Use case* pada Gambar 1 hanya menunjukkan sebagian proses bisnis sebagai contoh saja. Di dalam sistem yang dikembangkan ini, peserta bisa membuat akun dan melakukan registrasi pelatihan, melengkapi berkas pendaftaran, melakukan pembayaran daring, dan mencetak bukti registrasi. Sementara itu operator memiliki tugas utama untuk memvalidasi berkas pendaftaran dan menentukan apakah

peserta dinyatakan lulus untuk mengikuti pelatihan atau tidak.

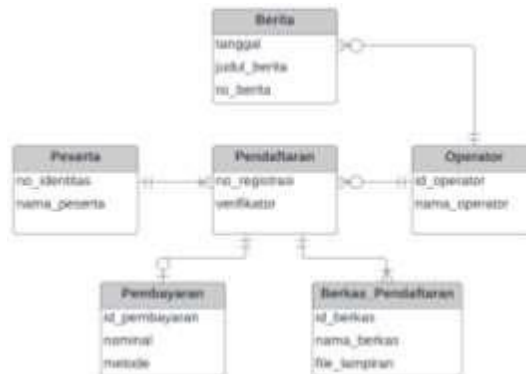


Gambar 3 Contoh Data Flow Diagram
 Sumber: hasil penelitian

Model proses dibuat untuk melengkapi model fungsional yang dibuat sebelumnya. Model proses dinyatakan dalam bentuk *swimlane diagram*. Gambar 3 menunjukkan model proses yang dimaksud. Aktor pada *use case diagram* dijadikan *lane* utama dengan setiap *use case* dijadikan proses-prosesnya. Tanda panah menunjukkan alur dan urutan prosesnya. Misalnya, peserta baru bisa masuk ke dalam sistem apabila sudah melakukan registrasi pelatihan. Tanda panah pada Gambar 3 juga menandakan prasyarat proses yang harus sudah dilakukan. Misalnya, operator baru bisa mengunduh berkas pendaftaran setelah peserta melengkapi berkas pendaftaran tersebut. Contoh lainnya, peserta baru bisa mencetak bukti registrasi setelah dinyatakan lulus syarat sebagai peserta pelatihan oleh operator.

Model kebutuhan terakhir yang dihasilkan oleh penelitian ini adalah model data untuk sistem tersebut. Dari analisis kebutuhan sistem diasumsikan bahwa model data dalam bentuk *relational database* dapat memenuhi kebutuhan yang ada. *Entity Relationship*

Diagram (ERD) digunakan untuk memodelkan *relational database* tersebut. ERD dipilih karena secara umum dianggap sebagai notasi yang terbaik untuk menunjukkan tabel-tabel data dan juga relasinya.



Gambar 4 Entity Relationship Diagram
 Sumber: hasil penelitian

Gambar 3 menunjukkan model data dalam bentuk ERD. Seperti yang terlihat pada Gambar 4, sistem ini membutuhkan setidaknya 6 entitas agar semua kebutuhannya terpenuhi. Keenam entitas tersebut adalah berita, peserta, operator, pendaftaran, pembayaran, dan berkas_pendaftaran. Entitas peserta dan operator diturunkan dari dua aktor yang ada serta menyimpan atribut-atribut yang relevan untuk keduanya. Entitas pendaftaran dibutuhkan untuk menyimpan data terkait registrasi yang dilakukan oleh peserta. Pada setiap pendaftaran diperlukan operator yang berperan sebagai verifikator, dan karena itu lah terdapat relasi antara dua entitas tersebut. Entitas berkas_pendaftaran dan pembayaran keduanya dibutuhkan untuk memenuhi kebutuhan data kelengkapan pendaftaran. Terakhir, entitas berita memiliki peran untuk menyimpan pengumuman dan berita yang perlu dipublikasikan oleh B4T melalui operator. Setiap entitas yang ditunjukkan pada Gambar 3, menjadi tabel-tabel di dalam basis data sistem. Setiap entitas di dalamnya menjadi kolom-kolom pada tabel data tersebut.

Daftar kebutuhan sistem, termasuk kebutuhan fungsional dan nonfungsional, serta tiga model kebutuhan yang telah diuraikan merupakan jawaban pertanyaan penelitian yang kedua. Dengan demikian dua dari tiga pertanyaan penelitian sudah terjawab. Semua luaran yang sudah didapatkan sampai

tahap ini kemudian dijadikan dasar dalam pembuatan rancangan sistem.

3.3 Rancangan Sistem

Penelitian ini menghasilkan duarancangan sistem yaitu rancangan antarmuka pengguna dan rancangan arsitektur. Rancangan antarmuka diawali dengan pembuatan *mock-up* untuk setiap halaman aplikasi. Dari *mock-up* yang dibuat tersebut kemudian dikembangkan *front-end* aplikasi dengan HTML dan CSS. Sementara itu, rancangan arsitektur mendeskripsikan spesifikasi hardware dan software yang diperlukan agar sistem dapat dijalankan dengan baik oleh B4T.



Gambar 5 Contoh Rancangan Antarmuka
Sumber: hasil penelitian

Gambar 5 merupakan contoh salah satu rancangan antarmuka yang dihasilkan dalam penelitian ini. Rancangan antarmuka tersebut adalah untuk halaman login operator atau admin. Tampilan antarmuka ini dibuat untuk memenuhi kebutuhan sistem [SR03] yang dicantumkan pada Tabel 2. Contoh lain dari rancangan antarmuka yang dihasilkan dapat dilihat pada Gambar 6. Rancangan tersebut adalah untuk halaman utama yang dilihat oleh peserta pelatihan. Rancangan antarmuka untuk halaman ini memprioritaskan penempatan menu-menu untuk proses bisnis utama agar mudah ditemukan. Layout untuk antarmuka sistem secara umum dibagi menjadi dua untuk konten utamanya. Setiap menu secara konsisten ditempatkan di sebelah kiri. Sementara itu bagian kanan digunakan untuk menyajikan informasi utama yang perlu ditampilkan secara dinamis. Rasio lebar antara

sisi kiri dan kanan adalah 1:4. Sisi yang lebih lebar adalah sisi yang di sebelah kanan.



Gambar 6 Rancangan Arsitektur Konten
Sumber: hasil penelitian

Rancangan arsitektur untuk sistem ini berbentuk *client-server architecture*. Pemilihan jenis arsitektur ini adalah karena telah terbukti efektif untuk aplikasi berbasis *website*. Server menangani sebagian besar proses mulai dari *data storage*, *data access logic*, dan juga *application logic*. Sedangkan proses yang dibebankan kepada *client* hanya *presentation logic* saja. Menurut Dennis et al (2018), rancangan arsitektur seperti ini termasuk dalam kategori *thin client*.

Arsitektur sistem yang dibuat membutuhkan *hardware* dan *software* dengan spesifikasi yang cenderung ringan. Sistem dirancang agar dapat dijalankan oleh server yang menggunakan *operating system* Linux dan application server yang ditangani oleh Apache minimal versi 2.4. Perangkat keras server yang direkomendasikan setidaknya memiliki spesifikasi 1 TB hardisk, quad core Xeon processor, dan 8 Gb RAM. Tidak banyak yang diperlukan dari sisi *client* karena sistem ini dirancang untuk dapat dijalankan melalui web *browser* yang umum digunakan seperti Google Chrome, Mozilla Firefox, atau Safari. Jika spesifikasi di atas terpenuhi, maka sistem ini dapat berjalan seperti yang diharapkan.

Rancangan antarmuka pengguna dan rancangan arsitektur yang dihasilkan pada tahap ini merupakan jawaban pertanyaan penelitian yang ketiga. Pada tahap selanjutnya dikembangkan purwarupa sistem berdasarkan dua rancangan tersebut. Tujuannya adalah untuk memastikan rancangan tersebut valid.

3.4 Purwarupa Sistem

Purwarupa sistem dibuat berdasarkan rancangan sistem dan juga model kebutuhan yang dihasilkan pada langkah-langkah

sebelumnya. Purwarupa dibuat dalam bentuk *high-fidelity prototype*. Menurut Preece et al (2019), *high-fidelity prototype* sudah memiliki fungsi-fungsi yang dapat dijalankan. Purwarupa yang dikembangkan mencakup semua proses yang ditunjukkan pada Gambar 2. Bahasa pemrograman yang digunakan adalah PHP dan HTML. Sedangkan MariaDB dipilih untuk menjadi *database management system*. Arsitektur program mengikuti struktur MVC. Dengan demikian penulisan kode program dikelompokkan menjadi tiga kelompok yaitu *model*, *view*, dan *controller*. Hasil akhir purwarupa ini adalah sebuah sistem berbasis website yang sudah ditempatkan pada sebuah *server* dan dapat diakses secara daring melalui *web browser*.

Pada bagian akhir pengembangan purwarupa dilakukan pengujian unit (*unit testing*). Teknik yang digunakan adalah *black-box testing*. Fokus pengujiannya terletak pada fungsionalitas dan juga luaran informasi yang dihasilkan oleh sistem. Pengujian dilakukan oleh tiga orang programmer yang memahami alur logis cara kerja sistem. Hasil pengujian menunjukkan bahwa purwarupa sistem berhasil menjalankan setiap skenario yang diujikan. Fungsi dan menu yang ada di dalamnya berjalan sesuai dengan yang diharapkan. Hal tersebut menunjukkan bahwa rancangan yang dihasilkan memungkinkan untuk diimplementasikan menjadi sistem yang berjalan. Dan sistem yang dibuat berdasarkan rancangan hasil penelitian ini memiliki kemungkinan untuk memenuhi kebutuhan bisnis B4T. Purwarupa sistem dan hasil pengujiannya menjadi bukti pendukung untuk jawaban pertanyaan penelitian yang ketiga. Dari sini langkah terakhir yang tersisa dalam penelitian ini adalah penyusunan kesimpulan.

4. KESIMPULAN

Penelitian ini bertujuan untuk menyelesaikan pengelolaan registrasi peserta pelatihan NDT yang dijalankan oleh B4T. Dari hasil penelitian ini dihasilkan sebanyak 35 kebutuhan sistem yang terbagi ke dalam 24 kebutuhan fungsional dan 11 kebutuhan nonfungsional. Kebutuhan sistem ini

merupakan jawaban pertanyaan penelitian yang pertama yaitu apa saja kebutuhan sistem yang sesuai dengan kebutuhan bisnis B4T.

Penelitian ini juga membuat tiga buah model kebutuhan. Model kebutuhan pertama adalah model kebutuhan fungsional yang disajikan dalam bentuk *use case diagram*. Model kedua adalah model proses yang dibuat dalam bentuk *swimlane diagram*. Dan model yang ketiga adalah model data dalam bentuk *entity relationship diagram*. Ketiga model ini dibuat untuk melengkapi daftar kebutuhan sistem sekaligus merupakan jawaban pertanyaan penelitian yang kedua.

Luaran lain yang dihasilkan oleh penelitian ini adalah rancangan sistem dan juga purwarupanya. Dua rancangan sistem dibuat untuk memenuhi kebutuhan sistem yang ada. Pertama adalah rancangan antarmuka pengguna seperti yang ditunjukkan oleh Gambar 4 dan 5. Lalu kedua adalah rancangan arsitektur sistem berikut dengan spesifikasi perangkat keras dan perangkat lunak yang dibutuhkan. Dari rancangan ini kemudian berhasil dikembangkan sebuah purwarupa sistem. Hasil pengujian terhadap purwarupa tersebut menyimpulkan bahwa rancangan yang dihasilkan bisa dijadikan sebagai acuan dalam pengembangan sistem yang sebenarnya. Kesimpulan ini juga menjadi jawaban atas pertanyaan penelitian yang ketiga.

5. DAFTAR PUSTAKA

- Dennis, A., Wixom, B.H., Roth, R.M. (2018). *System analysis and design* (7th edition). Wiley
- Preece, J., Rogers, Y., & Sharp, H. (2019). *Interaction design: beyond human-computer interaction fifth edition*. Wiley
- Pressman, R.S., & Maxim, B.R. (2020). *Software Engineering A Practitioner's Approach Ninth Edition*. McGraw-Hill Education.
- Sommerville, I. (2016) *Software Engineering Tenth Edition*. Pearson.
- Tilley, S., & Rosenblatt, H.J. (2016). *System Analysis and Design Eleventh Edition*. Cengage Learning, Inc

ANALISIS MUTU PENGELASAN PADA TABUNG BAJA LPG 3 KG

Sigit Yulianto

*Program Studi Teknik Mesin, FTI, Institut Teknologi Budi Utomo Jakarta
yuliantosigit9@gmail.com*

Abstrak

Tabung baja LPG 3 kg merupakan tabung baja LPG yang paling banyak digunakan, terutama oleh masyarakat berpenghasilan rendah dan sektor UMKM. Risiko utama dari penggunaan tabung baja LPG adalah kebocoran, kebakaran dan ledakan, dimana mutu hasil lasan merupakan salah satu faktor utama yang dapat menyebabkan terjadinya kebocoran, kebakaran dan ledakan.

Makalah ini membahas tentang analisis hasil pengujian terhadap lasan pada tabung baja LPG 3 kg. Untuk mendukung analisis ini, maka diambil sampel tabung baja LPG yang beredar di pasaran, dan kemudian dilakukan uji tarik dan uji tekuk. Masing-masing uji dilakukan terhadap 3 spesimen. SNI 1452:2007 menjadi rujukan utama untuk melakukan analisa ini.

Hasil uji tarik menunjukkan kekuatan tarik ketiga spesimen berada pada rentang yang tidak jauh berbeda, namun demikian, 2 spesimen uji tarik menunjukkan patahan terjadi pada jalur lasan, dan hal ini menunjukkan hasil pengelasan yang kurang baik atau tidak dapat diterima.

Hasil uji tekuk ketiga spesimen menunjukkan kekuatan tekuk dan waktu tekuk pada rentang yang tidak jauh berbeda. Hasil uji tekuk juga menunjukkan profil tekukan yang baik dan memenuhi standard karena tidak terjadi retakan akibat beban tekuk yang diberikan..

Penelitian ini masih menyisakan pertanyaan mengapa 2 spesimen uji tarik patahan terjadi pada jalur lasan, dan oleh karena itu diperlukan analisa lanjutan dengan melakukan pemeriksaan struktur mikro sepanjang garis material, HAZ, lasan dan material dan uji radiografi.

Kata kunci : tabung baja, LPG, uji tarik, uji tekuk, profil patahan

1. PENDAHULUAN

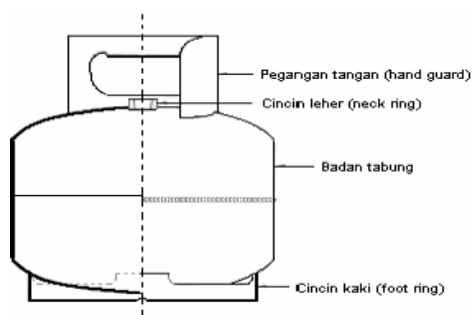
Tabung LPG dengan volume 3 kg merupakan jenis tabung LPG yang paling banyak digunakan, hal ini dikarenakan produk ini dijual dengan mendapatkan subsidi dari pemerintah sehingga harganya jauh lebih murah dibandingkan tabung LPG dengan volume yang lebih besar, yang tidak mendapatkan subsidi. Dengan alasan ini, maka pengguna terbesar tabung LPG 3 kg adalah masyarakat berpenghasilan rendah dan sektor industri UMKM.

Risiko terbesar dari penggunaan tabung baja LPG adalah terjadinya kebakaran dan ledakan, yang bisa mengakibatkan terjadinya kematian dan kerugian lainnya. Kebakaran dan ledakan tabung LPG biasanya dimulai dengan adanya kebocoran, yang kemudian terpapar dengan sumber panas, misalnya percikan api atau listrik disekitarnya. Sumber kebocoran pada tabung LPG yang terbanyak adalah pada *seal* yang menutup/merapatkan sambungan *neck ring* dengan *regulator* yang merupakan jalur gas dari dalam tabung menuju peralatan yang menggunakan gas. Sumber kebocoran yang lain adalah pada sambungan/lasan, ini terjadi jika mutu lasan kurang bagus sehingga pada saat tertentu

mengalami retakan dan menjadi awal terjadinya kebocoran gas atau bahkan langsung terjadi ledakan tabung baja. Kebocoran gas yang disertai kebakaran akan meningkatkan temperatur di dalam tabung secara cepat sehingga terjadi peningkatan tekanan di dalam tabung secara cepat pula, sesuai dengan rumus gas $PV = nRT$, dan peningkatan tekanan yang ekstrim dapat menyebabkan terjadinya ledakan tabung baja, jika kekuatan konstruksi tabung baja tidak mampu menahan peningkatan tekanan ini.

Karena merupakan bejana tekanan maka desain tabung baja LPG juga merujuk kepada *ASME BPVC Section VIII Division 1*. Untuk melindungi pengguna tabung baja LPG dari risiko yang besar ini, maka pemerintah Republik Indonesia telah mewajibkan pemenuhan terhadap SNI 1452:2007 sebagai syarat mutu tabung baja LPG. Standar ini mengatur persyaratan bahan baku, persyaratan fabrikasi dan persyaratan uji tabung baja LPG. Skema konstruksi tabung LPG ditampilkan pada gambar 1 dibawah ini (BSN, 2007). Dari skema tersebut dapat terlihat bahwa badan tabung bagian atas dan bagian bawah harus dilakukan penyambungan yaitu dengan pengelasan supaya terbentuk tabung yang

utuh. *Neck ring*, *hand guard* dan *foot ring* juga dipasang pada badan tabung dengan menggunakan pengelasan.



Gambar 1 Konstruksi Bagian Tabung LPG
(Sumber: BSN, SNI 1452:2007)

Bagian-bagian yang dilas dan berpengaruh terhadap kemungkinan kebocoran gas adalah pengelasan badan tabung atas dan badan tabung bawah serta antara *neck ring* dengan badan tabung bagian atas. Pada penelitian ini, penulis akan mengevaluasi mutu lasan antara badan tabung bagian atas dan badan tabung bagian bawah.

2. METODOLOGI

Penelitian ini merupakan analisis terhadap hasil pengujian. Tabung LPG 3 kg yang ada di pasaran, diambil, kemudian dipotong untuk dibuat spesimen uji tarik dan uji tekuk. Hasil uji ini kemudian dievaluasi menggunakan standard dan kaidah keilmuan bidang pengelasan. SNI 1452:2007 dipakai sebagai rujukan utama untuk melakukan evaluasi hasil pengujian. Pengujian spesimen dilakukan di Laboratorium Teknik Mesin, Universitas Kristen Indonesia, Jakarta.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Material tabung baja LPG

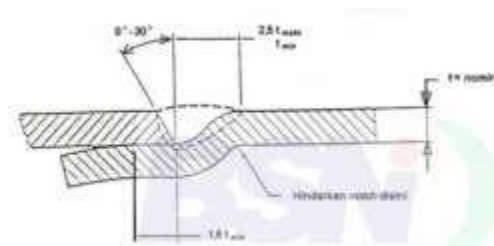
Sesuai dengan SNI 1452:2007, material untuk badan tabung baja LPG harus memenuhi JIS G 3116 kelas SG26 (SG 255) atau kelas SG 30 (SG 295). Material ini merukan pelat baja karbon rendah (Callister & Rethwisch, 2014) yang diproses dengan canai panas (*hot rolled sheets/coils*).

3.2 Pengelasan tabung baja LPG

Penyambungan badan tabung bagian atas dan badan tabung bagian bawah dilakukan dengan profil las cincin (*welded circumferential joint*) dengan sistem tumpang (*joggle offset*) pada badan tabung bagian bawah. Skema penyambungan ini ditampilkan

pada gambar 2 dibawah ini. Adapun jenis pengelasan yang digunakan adalah *submerged arch welding* (SAW). Pengelasan SAW akan memberikan keuntungan diantaranya hasil lasan yang bersih karena terlindungi dan dibersihkan dari kotoran oleh *granular flux* sehingga mengurangi potensi terjadinya cacat lasan (Kou, 2012).

Setelah proses pengelasan kemudian dilakukan perlakuan panas dengan cara dipanaskan pada temperatur $630 \pm 25^{\circ}\text{C}$ selama 20 menit. Ini merupakan perlakuan panas jenis *annealing* dimana dimaksudkan untuk menyeragamkan besar butir sehingga tegangan sisa akibat pengelasan dapat diminimalkan (Avner, 2013).



Gambar 2 Profil Las *Circumferential*
(Sumber: BSN, SNI 1452:2007)

3.3 Pembuatan spesimen dan pengujian

. Tabung baja dipotong sesuai arah atas-bawah dan kemudian dibentuk mengikuti dimensi spesimen.

Dimensi spesimen uji tarik dibuat dengan mengacu kepada SNI 07-0408-1989. Untuk uji tarik dibuat 3 spesimen supaya dapat mewakili area yang berbeda pada tabung baja tersebut, foto spesimen uji tarik ditampilkan dalam gambar 3 dibawah ini; pada foto ini terlihat bahwa jalur lasan berada ditengah arah penarikan, karena uji tarik disini memang dimaksudkan untuk mengetahui kekuatan dan mutu lasan.



Gambar 3 Foto Spesimen Uji Tarik
(Sumber: Hasil Penelitian)

Ketiga spesimen kemudian dilakukan uji tarik dengan menggunakan mesin uji tarik, dan dianalisis profil patahan dan kekuatan tariknya.

Dimensi uji tekuk dibuat sesuai dengan SNI-07-0410-1989. Untuk uji tekuk juga dibuatkan 3 spesimen, foto spesimen uji tekuk ditampilkan pada gambar 4 dibawah ini.



Gambar 3 Foto Spesimen Uji Tekuk (Sumber: Hasil Penelitian)

Kemudian ketiga spesimen dilakukan uji tekuk dengan menggunakan mesin “*Bending Tester*”, selanjutnya dianalisis profil tekukan dan perilaku uji tekuk, yaitu beban tekuk dan waktu tekuk.

3.4 Hasil uji tarik

Profil patahan uji tarik ditampilkan pada gambar 4 dibawah ini.



Gambar 4 Profil Patahan Uji Tarik (Sumber: Hasil Penelitian)

Gambar 4 diatas memberikan informasi bahwa untuk spesimen A, uji tarik menghasilkan patahan pada jalur lasan, untuk spesimen B, patahan pada material tabung, dan untuk spesimen C, patahan pada jalur lasan. Pada uji tarik, patahan akan terjadi pada titik atau area yang paling lemah. Oleh karenanya, patahan pada jalur lasan berarti kekuatan sambungan las berada dibawah kekuatan material, sedangkan patahan di material

berarti kekuatan sambungan las lebih tinggi dari kekuatan material.

Jika kekuatan lasan lebih rendah dari kekuatan material artinya tidak memenuhi persyaratan SNI 1452:2007, dan lasan tersebut harus ditolak.

Tabel 1 dibawah ini menampilkan kekuatan tarik maksimum dari ketiga spesimen uji tarik.

Tabel 1 Kekuatan Tarik Hasil Uji Tarik

Spesimen	Kekuatan tarik, N/mm ²
A	460
B	428
C	500

Sumber Data: Hasil Olahan Penelitian

Tabel 1 diatas menunjukkan bahwa spesimen B mempunyai kekuatan tarik terendah yaitu 428 N/mm², sedangkan spesimen A dan C mempunyai kekuatan tarik yang lebih tinggi yaitu masing-masing 460 dan 500 N/mm².

Kalau dibandingkan dengan profil patahan, hal ini agak bertentangan dimana mestinya spesimen B akan patah pada beban tarik yang lebih tinggi. Kondisi ini harus ditafsirkan bahwa ketiga kekuatan tarik tersebut berada pada rentang nilai yang tidak jauh berbeda, perbedaan nilai itu terjadi karena ketidakpastian nilai hasil pengujian dari suatu alat uji.

Namun demikian, dari sisi pengelasan, maka pengelasan yang baik adalah jika menghasilkan kekuatan yang lebih tinggi dari kekuatan material yang dilas. Jika patahan terjadi pada jalur lasan, maka ada kemungkinan terjadi cacat las, yang menjadi inisiasi kegagalan sambungan. Untuk mengetahui cacar las ini, perlu dilakukan uji lebih lanjut, terutama struktur mikro dan radiografi.

3.5 Hasil uji tekuk

Profil patahan uji tekuk ditampilkan pada gambar 5 dibawah ini.



Gambar 5 Profil Hasil Uji Tekuk (Sumber: Hasil Penelitian)

Gambar 5 diatas memberikan informasi bahwa baik pada spesimen A, spesimen B dan spesimen C, tidak terjadi retakan pada batas las dan material yang dilas. Profil hasil uji ini menunjukkan hasil uji tekuk yang baik dan memenuhi standar. Sebaliknya jika terdapat retakan diantara batas lasan dan material yang dilas, hal ini menunjukkan kekuatan

Tabel 2 Beban Tekuk Dan Waktu Tekuk

Spesimen	Beban tekuk (kg)	Waktu (detik)
A	31	26
B	33	37
C	36	18

Sumber Data: Olahan Hasil Penelitian

Tabel 2 diatas menunjukkan bahwa spesimen B membutuhkan beban tekuk dan waktu penekukan yang paling besar dan paling lama, sementara spesimen A dan C membutuhkan beban tekuk dan waktu tekuk yang lebih kecil dan lebih singkat. Nilai ini sejalan dengan profil patahan pada uji tarik, dimana spesimen uji tarik B patahan pada material, bukan pada jalur lasan. Namun demikian, nilai-nilai ini juga sekaligus menunjukkan bahwa ketiga spesimen menunjukkan kinerja uji tekuk dalam rentang yang hampir sama, dan semuanya dinyatakan dapat diterima atau memenuhi standar.

4. KESIMPULAN

Sebagai kesimpulan penelitian ini, dapat diringkaskan sebagai berikut:

1. Kekuatan lasan masih memenuhi kekuatan untuk konstruksi tabung baja LPG, namun demikian, 2 spesimen

sambungan yang kurang baik atau tidak memenuhi standard.

Pada uji tekuk, supaya spesimen menekut sempurna sesuai standar uji tekuk, maka diperlukan beban tekuk dan waktu tekuk. Tabel 2 dibawah ini menampilkan beban dan waktu yang diperlukan untuk melakukan uji tekuk secara sempurna.

menunjukkan profil patahan pada jalur lasan, sehingga dari sisi pengelasan, tidak

dapat dikatakan memenuhi standard.

2. Hasil uji tekuk menunjukkan semua

spesimen memenuhi standard.

Sebagai saran, maka direkomendasikan untuk melakukan uji struktur mikro dan radiografi supaya dapat melakukan analisis lebih mendalam tentang hasil pengelasan pada tabung baja LPG, terutama terkait kemungkinan adanya cacat lasan. Uji struktur mikro disarankan untuk mengetahui perbedaan struktur mikro pada material, HAZ dan jalur lasan.

DAFTAR PUSTAKA

- Avner, Sidney H, Introduction to Physical Metallurgy, (2013). McGraw Hill Book Company, Singapore.
- ASME BPVC Section VIII Division 1 *Rules for Construction of Pressure Vessels*, (2017). ASME Boiler and Pressure Vessel Committee on Power Boilers, ASME Press, USA
- BSN, Standar Nasional Indonesia, Tabung baja LPG (2007). Jakarta, Indonesia
- Callister, William D. & Rethwisch, David G, (2014). *Material Science and Engineering*, United State of America, John Wiley & Sons, Inc., 9th Edition

KAPASITAS GARDU TRAKSI MENGURANGI *HEADWAY* OPERASIONAL KRL JALUR YOGYAKARTA LINTAS SOLO–KLATEN

¹*Leni Devera Asrar*, ²*Farauq Adhari*

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

²*Program Studi Teknik Elektro, FTI, Institut Teknologi Budi Utomo Jakarta*

Abstrak

Jumlah penumpang layanan Kereta Rel Listrik (KRL) lintas Yogyakarta -Solo semakin meningkat dan untuk menampung tingginya minat dan antusias masyarakat yang menggunakan KRL sebagai transportasi utama atau hanya sekedar berwisata, solusi yang diberikan adalah menambah jumlah kereta dalam stamformasi dan menambah jumlah perjalanan KRL. Transportasi KRL yang menggunakan listrik sebagai tenaga utamanya membutuhkan daya listrik yang cukup besar dalam pengoperasiannya. Dalam rangka menambah jumlah perjalanan KRL untuk mengurangi *headway*, kapasitas daya gardu traksi yang terbangun harus mencukupi hal tersebut. Penelitian ini bertujuan mengetahui kapasitas daya dari gardu traksi yang terbangun serta kebutuhan tenaga listrik KRL pada pengoperasian KRL di jalur Yogyakarta khususnya di lintas Solo – Klaten. Dengan metode kuantitatif, perhitungan kapasitas daya pada gardu traksi yang melibatkan jumlah kereta per rangkaian sebagai data primer dan spesifikasi gardu traksi serta KRL sebagai data sekunder diperoleh *headway* yang sesuai dengan kapasitas gardu traksi dan kebutuhan operasional. Dari hasil perhitungan, jika menggunakan formasi 4 kereta dengan *headway* kurang dari 25 menit diperoleh daya maksimum sebesar 2224 kW, sementara sudah terpasang daya untuk traksi 4000 kW sehingga tidak perlu penambahan daya pada seluruh gardu traksi yang terbangun. Namun, jika menggunakan formasi 8 kereta dengan *headway* di bawah 25 menit, maka daya maksimum yang harus disediakan berturut turut adalah Gardu Traksi Klaten sebesar 6.995,41 kW, Gardu Traksi Ceper sebesar 9.236,74 kW, Gardu Traksi Gawok sebesar 8.076,67 kW dan Gardu Traksi Purwosari sebesar 5.472 kW. Besaran nilai daya yang melebihi kapasitas yang terpasang ini disebabkan oleh jarak suplai yang cukup jauh. Kata Kunci: kapasitas, gardu, traksi, *headway*, formasi kereta

1. PENDAHULUAN

Layanan Kereta Rel Listrik (KRL) di Daerah Istimewa Yogyakarta (DIY) hingga Kota Solo sudah memasuki satu tahun masa pengoperasiannya. Tercatat sepanjang 2021 jumlah penumpangnya mencapai 1.739.454 orang dengan rata-rata 5.325 penumpang orang per hari (Yuniati, 2022). Solusi yang dapat diberikan adalah menambah jumlah kereta dalam stamformasi, serta menambah jumlah perjalanan KRL, terutama di lintas Solo – Klaten. Penambahan stamformasi kereta dan pengurangan *headway* (penambahan perjalanan kereta) operasional perlu dikaji terutama pada sisi ketenagalistrikkannya yang disuplai oleh Gardu-Gardu traksi yang terbangun di sepanjang lintasan. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Ava Rizkinda Putri mengenai Analisa Daya Dukung Gardu Traksi Kranji pada Pengoperasian Kereta Bandara Soekarno-Hatta (Wicaksono et al., 2018), dalam keadaan normal dan keadaan darurat, gardu traksi kranji dapat menyuplai hingga

headway kereta tersempit yaitu 3 menit. Selain itu, Hario Utama Amri melalui penelitiannya mengenai Analisis Kapasitas Daya Gardu Traksi Terhadap Kebutuhan KRL Jalur Pasar Minggu – Lenteng Agung (Eri & Hario Utama, 2019) menyarankan agar kapasitas daya gardu traksi Pasar Minggu dan Lenteng Agung untuk ditambah untuk menyuplai motor traksi pada lintas tersebut secara kontinyu. Berdasarkan hal-hal di atas, maka studi terkait kapasitas gardu traksi ini dilakukan untuk memastikan kebutuhan penambahan operasional KRL yang direncanakan masih dalam kapasitas yang tersedia/terbangun.

Adapun Permasalahan dan Identifikasi Masalah adalah apakah kapasitas daya pada gardu telah mencukupi untuk kebutuhan pengurangan *headway* operasional KRL? Dan Faktor apa saja yang perlu dihitung dalam perencanaan pengurangan *headway* operasional KRL terhadap Gardu Traksi?. Analisa ini terbatas pada Gardu Traksi yang terbangun di lintas Solo – Klaten ternasuk

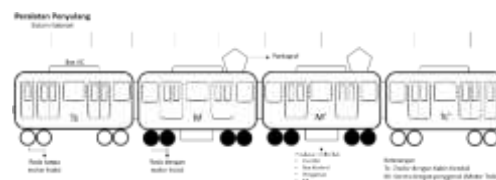
didalamnya Faktor-faktor yang dihitunghanya faktor tenaga listrik dari gardu traksi pada operasional KRL Yogyakarta di lintas Solo – Klaten. Rumusan Masalah adalah Menentukan kapasitas daya sesuai rencana pengurangan *headway* operasional KRL lintas Solo – Klaten. Faktor-faktor dalam menambah perjalanan KRL untuk mengurangi *headway* ditilik dari sisi ketenagalistrikan. Adapun Tujuan Penelitian a) Menganalisa dan mengetahui kapasitas daya pada gardu traksi di lintas Solo – Klaten dalam rangka menambah jumlah perjalanan kereta atau mengurangi *headway* antar kereta untuk memenuhi tingginya minat masyarakat untuk menggunakan KR dan b) Mengetahui kebutuhan tenaga listrik pada pengoperasian KRL di jalur Yogyakarta – Solo, khususnya di lintas Solo – Klaten.

Kereta Rel Listrik (KRL)

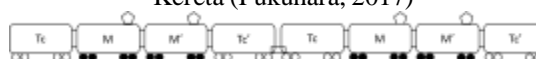
KRL merupakan istilah umum dari sarana kereta api berpengerak listrik dan menurut Permenhub Nomor 13 tahun 2011 tentang Standar, Tata Cara Pengujian dan Sertifikasi Kelaikan Kereta dengan Penggerak Sendiri (Standar, Tata Cara Pengujian Dan Sertifikasi Kelaikan Kereta Dengan Penggerak Sendiri, 2011). Tenaga listrik yang disalurkan dan diubah di Gardu Traksi, disalurkan melalui jaringan transmisi listrik yang dapat berupa sistem katenari dan sistem rel ketiga (*third rail*), lalu diterima oleh KRL melalui perangkat penerima arus (*current collector device*). Dari perangkat penerima arus, tenaga listrik disalurkan kembali menuju sistem propulsi kemudian diteruskan ke penggerak berupa motor traksi elektrik yang terpasang pada setiap as roda melalui *gearbox* (Wicaksono et al., 2018). Perangkat penerima arus pada KRL terdapat dua jenis sesuai dengan peralatan transmisi listrik yang digunakan pada sisi prasarana kereta api. Pada KRL yang menggunakan jaringan rel ketiga seperti *Light Rail Transit (LRT)* Jakarta, LRT Jabodebek dan LRT Sumatera Selatan, perangkat penerima arus berupa *current collector device shoe* yang terletak pada bogie. Sementara itu pada sistem yang menggunakan jaringan katenari/listrik aliran atas (LAA) seperti di lintas Jabodetabek dan lintas Yogyakarta – Solo, perangkat yang digunakan adalah pantograf. Pantograf ini terinstal pada atap KRL dan akan menempel pada *contact wire* jaringan katenari LAA untuk menerima

daya listrik lalu meneruskannya menuju sistem kelistrikan dan sistem propulsi pada KRL.

Di Indonesia, motor traksi yang digunakan adalah motor arus searah (DC) atau motor arus bolak-balik (AC). KRL yang menggunakan motor traksi DC, sistem propulsi yang digunakan dapat berupa sistem Rheostatik dengan Eksitasi atau menggunakan sistem DC Chopper. Sementara itu, KRL dengan motor traksi AC umumnya menggunakan sistem propulsi berbasis *Variable Voltage Variable Frequency (VVVF)*. Sistem propulsi VVVF yang umum digunakan pada KRL yang ada di Indonesia saat ini adalah tipe *Insulated Gate Bipolar Transistor (IGBT)*. Pada rangkaian KRL, diberlakukan kodifikasi yang berbeda pada kereta yang bergantung pada terpasangnya motor traksi. Setiap kereta dengan motor traksi masuk ke klasifikasi “M” yang berarti kereta dengan motor penggerak, selain M juga terdapat kereta T yang berarti *Trailer* atau kereta tanpa penggerak. Kereta M dan T ini akan disusun menjadi suatu formasi kereta yang disusun sesuai dengan kebutuhan operasional. Satu susunan formasi keretadapat berisi 4-12 kereta dengan susunan M dan T yang berbeda, contohnya pada formasi kereta yang berjalan di lintas Yogyakarta-Solo menggunakan formasi 4 kereta dengan susunan 2M2T, dan/atau formasi 8 kereta dengan susunan 4M4T. Pada rangkaian dengan formasi 8 kereta (Gambar 2) di lintas Yogyakarta-Solo, umumnya merupakan dua rangkaian formasi 4 kereta (Gambar 1) digabungkan menjadi satu dengan kendali tetap dari kedua ujung rangkaian sementara kabin yang berada di tengah tidak dapat digunakan.



Gambar 1. Rangkaian KRL Dengan Formasi 4 Kereta (Fukuhara, 2017)



Gambar 2. Rangkaian KRL Dengan Formasi 8 Kereta (Fukuhara, 2017)

Adapun sarana yang beroperasi di lintas Solo – Klaten adalah KRL seri 205 eks-Japan Railway (Fukuhara, 2017) yang diimpor dari jalur Musashino, Jepang. Di jalur Musashino, KRL ini berjalan dengan formasi 8 kereta tiap rangkaianannya. KRL buatan tahun 1985-1986 oleh Kawasaki Heavy Industries dan Tokyu Car Corporation ini menggunakan motor traksi dengan daya 120 kW dan menggunakan sistem propulsi VVVF-IGBT buatan Toyo Denki. Pada kereta dengan motor traksi, *refurbishment* telah dilakukan pada tahun 2001 dengan mengganti motor traksi serta sistem propulsi yang awalnya menggunakan rheostatik dengan eksitasi, diganti menggunakan sistem propulsi VVVF-IGBT. Keunikan dari KRL seri 205 ini adalah susunan keretanya yang dapat diubah-ubah sesuai dengan kebutuhan, namun tetap mengikuti persyaratan yang telah ditetapkan. KRL seri 205 ini merupakan jenis KRL yang paling banyak beroperasi di Indonesia.

Dengan menggunakan data dari spesifikasi teknis, besaran daya yang digunakan oleh satu rangkaian KRL untuk beroperasi dapat diketahui melalui rumus berikut (Wicaksono et al., 2018):

$$\sum P = \sum \text{Daya Traksi} + \sum \text{Daya Auxiliary} \dots (1)$$

Di mana:

$\sum \text{Daya Traksi}$: Total daya motor traksi yang digunakan pada satu rangkaian kereta

$\sum \text{Daya Auxiliary}$: Total daya *auxiliary* dari motor generator untuk suplai daya komponen kontrol, penerangan, dan pendingin ruangan pada KRL

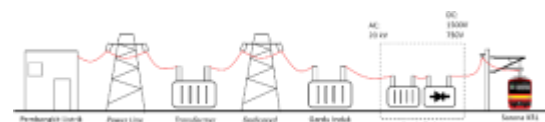


Gambar 3. KRL seri 205 Eks-Japan Railway Yang Beroperasi Di Lintas Jogja
Sumber : Data Primer

Sistem Elektrifikasi pada Operasional KRL

Persyaratan pada sistem elektrifikasi ini diatur dalam peraturan menteri. Berdasarkan Permenhub nomor 50 tahun 2018 tentang Persyaratan Teknis Instalasi Listrik Kereta

Api (Persyaratan Teknis Instalasi Listrik Perkeretaapian, 2018), Instalasi Listrik Perkeretaapian terdiri atas catu daya listrik dan peralatan transmisi tenaga listrik. Catu daya listrik dan peralatan transmisi tenaga listrik juga terbagi menjadi beberapa klasifikasi. Sistem elektrifikasi pada KRL dapat diklasifikasikan berdasarkan tiga parameter (EN50163, 2005), yakni besartegangan yang digunakan, jenis arus yang dipakai, dan sistem kontak pada distribusinya. Di Indonesia, sistem elektrifikasi yang digunakan dan dioperasikan hingga saat ini berupa sistem arus searah/*direct current* (DC) dengan klasifikasi a) 750 V DC dengan sistem kontak rel ketiga (*third rail*) atau Listrik Aliran Bawah (LAB) dan b) 1500 V DC dengan sistem kontak katenari atau yang biasadikenal dengan Listrik Aliran Atas (LAA). Untuk klasifikasi tegangan 1500 V DC di Indonesia menggunakan sistem kontak katenari LAA. Sistem elektrifikasi ini digunakan pada jalur KRL *Commuter Line* Jabodetabek, MRT Jakarta, serta lintas Yogyakarta – Solo. Dalam operasional KRL yang menggunakan catu daya arus searah, catudaya utama disuplai oleh Gardu Induk dengan tegangan menengah (20 kV AC) tiga fasa menuju gardu traksi, lalu diturunkan tegangannya menggunakan transformator sesuai dengan tegangan kerja yang diinginkan kemudian disearahkan dengan *rectifier* (Yoshifumi, 2016).



Gambar 4. Transmisi Daya Menuju KRL Pada Bentangan Daya PLN
Sumber: Yoshifumi, 2016

Di Indonesia, catu daya utama disuplai oleh Gardu Induk milik PLN dengan tegangan 20 kV AC disalurkan menuju gardu traksi yang di dalamnya terdapat transformator *step down* untuk menurunkan tegangan dari 20 kV AC menjadi 1200 V AC yang kemudian disearahkan dengan menggunakan *rectifier*. Dari proses konversi ini didapatkan tegangan 1500 V DC. Listrik dengan tegangan 1500 V DC ini kemudian disalurkan lagi menuju rangkaian KRL melalui sistem jaringan katenari/LAA di sepanjang jalur kereta.



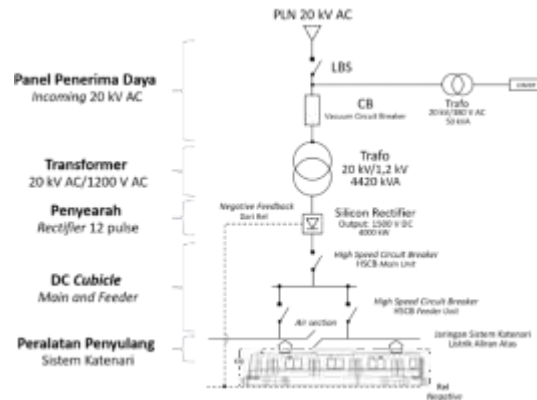
Gambar 5. Ilustrasi Distribusi Tenaga Listrik Dari Gardu Traksi Menuju KRL
Sumber : Data Sekunder

Gardu Traksi

Berdasarkan pengertian pada Permenhub nomor 50 tahun 2018 tentang Persyaratan Teknis Instalasi Listrik Kereta Api (Persyaratan Teknis Instalasi Listrik Perkeretaapian, 2018), catu daya listrik berfungsi mensuplai tenaga listrik untuk prasarana dan sarana berpengerak tenaga listrik. Gardu traksi inilah yang menyalurkan tenaga listrik dari sumber listrik seperti yang disuplai dari PT PLN (Persero), menuju KRL dan juga prasarana fasilitas operasi perkeretaapian lainnya seperti sistem persinyalan dan telekomunikasi yang umumnya dapat ditemukan di gardu traksi pada wilayah kerja PT Kereta Api Indonesia (Persero) area Jabodetabek. Sesuai dengan klasifikasi, sistem instalasi listrik yang digunakan di lintas operasi KRL Yogyakarta – Solo menggunakan klasifikasi tegangan 1500 V DC. Gardu traksi di lintas Yogyakarta – Solo menggunakan gardu traksi/catu daya arus searah. Pada sistem instalasi gardu traksi arus searah, peralatan-peralatan dalam gardudibagi menjadi 6 bagian yaitu:

1. Peralatan Penerima Daya (*Incoming Cubicle*)
2. Transformator (trafo) yang digunakan pada gardu berupa trafo Instrumen atau trafo ukur digunakan untuk keperluan pengukuran arus (*Current Transformator/CT*) dan juga tegangan (*Potential Transformator/PT*).
3. Peralatan Penyearah. Penyearah ini harus memiliki daya yang cukup untuk memikul beban sesuai dengan kapasitas yang direncanakan. Selain itu, peralatan penyearah harus dapat bekerja dengan fluktuasi tegangan masukan minimum $\pm 10\%$ dari tegangan nominal.
4. Peralatan DC (*DC Cubicle*)
5. Peralatan tegangan rendah AC dan DC (*Low Voltage Main Distribution Panel/LVMDP*)
6. Peralatan Penyulang adalah adalah kabel *outgoing* dari gardu traksi menuju/dari jaringan transmisi listrik untuk KRL. Secara sederhana, alur distribusi tenaga listrik dari

sumber listrik (PLN) menuju ke rangkaian KRL dapat digambarkan sebagai berikut:



Gambar 1. Single Line Diagram Distribusi Listrik KRL

Sumber : Data Sekunder

Menurut Clifford F. Bonnet pada buku *Practical Railway Engineering* (Bonnett, 2005), Sistem distribusi listrik tegangan searah antara gardu traksi dengan rel konduktor (katenari) harus didesain untuk memenuhi kriteria dasar sebagai berikut:

1. Dapat memungkinkan kereta untuk mencapai arus akselerasi puncak di lokasi manapun
2. Untuk menyediakan tegangan rata-rata pada setiap kereta yang sesuai dengan perencanaan
3. Dapat memungkinkan dilakukannya perawatan dalam kondisi tidak bertegangan tanpa harus mengganggu jadwal operasi kereta
4. Dapat mengizinkan kelanjutan operasional layanan kereta dalam kondisi kegagalan pada peralatan.

Kapasitas Daya Gardu Traksi

Untuk pengoperasian KRL, gardu traksi harus memenuhi sejumlah persyaratan, salah satunya adalah kapasitas daya pada gardu traksi harus cukup menanggung beban KRL yang direncanakan. Oleh karena itu, perhitungan kapasitas daya masuk ke dalam perhitungan perencanaan operasional KRL. Perhitungan kapasitas daya listrik pada gardu traksi KRL yang dibutuhkan untuk menyuplai operasional KRL dilakukan dengan menggunakan pendekatan empiris (Dwiatmoko, 2016). Untuk mencari kapasitas daya gardu traksi digunakan rumus sebagai berikut:

1. Beban maksimum (kW)

Beban maksimum pada gardu traksi, dihitung dengan menggunakan rumus berikut (Dwiatmoko, 2016):

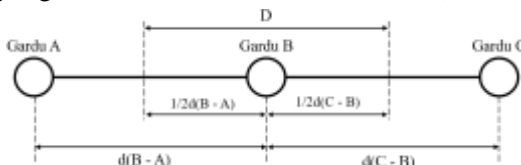
$$Y = C \times D \times (60/H) \times N \times P \times W \dots\dots\dots (2)$$

Dimana:

- Y = Beban maksimum dalam satu jam (kW)
- C = Susunan rangkaian kereta (set)
- D = Jarak Pengisian gardu listrik (km)
- H = Headway/Interval (menit)
- N = Jenis track, tunggal/*single* atau ganda/*double*
- P = Rasio konsumsi listrik KRL (50Wh/ton km atau 0.05kWh/ton km)
- W = Massa total KRL + Berat Penumpang dengan kapasitas 200% (ton)

2. Jarak pengisian Gardu Traksi (km)

Jarak pengisian atau suplai gardu traksi merupakan jarak interval antara gardu traksi yang bersebelahan (Dwiatmoko, 2016):



Gambar 2. Jarak Pengisian Gardu Traksi (Dwiatmoko, 2016)

Sehingga, dapat dinyatakan dalam rumus berikut:

$$D = \frac{1}{2} (B - A) + \frac{1}{2} (C - B) \dots\dots\dots (3)$$

Dimana:

- D = Jarak pengisian gardu traksi (km);
- (B-A) = Jarak dari Gardu A ke B
- (C-B) = Jarak dari Gardu B ke C

3. Massa total KRL

Perhitungan massa total KRL dapat dilakukan dengan rumus berikut (Modul II.2.9, 2014):

$$W = \sum \text{massa kereta} + (200\% \times \text{massa total penumpang}) \dots\dots\dots (4)$$

Massa total penumpang dihitung dari kapasitas penumpang total pada kereta lalu dikalikan dengan massa penumpang, dengan asumsi massa rata-rata penumpang 60kg/orang.

4. Beban puncak sesaat dengan perhitungan berdasarkan Headway (kW) (Modul II.2.9, 2014):

$$Z_1 = Y + e\sqrt{Y} \dots\dots\dots (5)$$

Di mana:

- Z₁ = beban puncak sesaat berdasarkan headway;
- Y = beban maksimum
- e = faktor elektrifikasi untuk tegangan DC (1,7×√I_{max})

5. Beban puncak sesaat dengan perhitungan berdasarkan arus maksimum (kW) (Modul II.2.9, 2014):

$$Z_2 = 1.5 \times 2Im(1 - \alpha) \dots\dots\dots (6)$$

Dimana:

Z₂ = beban puncak sesaat berdasarkan arus maksimum; Im = Arus maksimum (Total Daya/Tegangan Nominal) dan α = rasio pembagian arus (digunakan angka 0,08) (Eri & Hario Utama, 2019)

6. Kapasitas Daya yang dibutuhkan (kW) (Modul II.2.9, 2014):

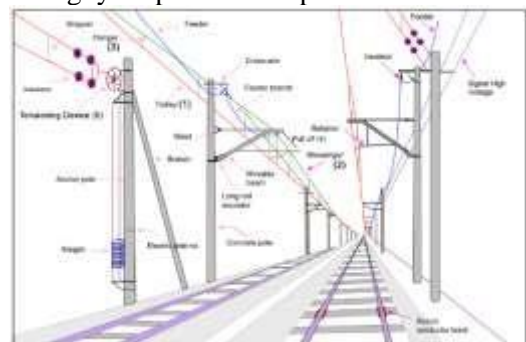
$$Z_n = \frac{Z_1}{2.5} \dots\dots\dots (7)$$

Bila Z₁ > Z₂, maka dalam perhitungan akan memakai nilai Z₁. Sedangkan bila Z₁ < Z₂, maka perhitungan memakai nilai Z₂.

Sistem Jaringan Katenari/Listrik Aliran Atas (LAA) dan Sistem Proteksi

Sesuai dengan urutan sistem elektrifikasi, listrik arus searah keluaran dari gardu traksi disalurkan menuju kereta listrik melalui peralatan transmisi tenaga listrik KRL, yakni jaringan LAA atau sistem penyulang katenari. Berdasarkan aturan Peraturan Menteri Perhubungan no. 50 Tahun 2018, peralatan transmisi listrik arus searah aliran atas terdiri atas sistem penyulang,

katenari, fasilitas pendukung, proteksi dan jaringan distribusi daya. Adapun peralatan sistem katenari berdasarkan Peraturan Menteri Perhubungan no. 50 tahun 2018 sekurang-kurangnya seperti dilihat pada Gambar 8.

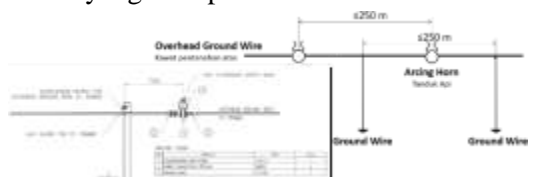


Gambar 3. Jaringan Katenari/LAA

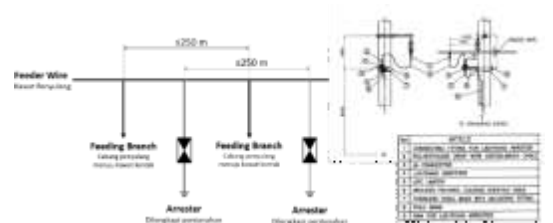
Sumber: Laporan Akhir Elektrifikasi Lintas Yogyakarta - Solo, 2012

Proteksi merupakan hal yang paling penting untuk menjamin keamanan, keselamatan dan kelancaran operasional ketenagalistrikan, khususnya pada operasional listrik KRL. Oleh karena itu, sistem proteksi pada elektrifikasi kereta api harus terpasang pada gardu traksi dan juga sistem transmisi listriknya untuk

membahayakan operasional KRL itu sendiri. Salah satunya adalah proteksi pada gardu traksi terbagi menjadi dua sesuai dengan jenis arusnya yaitu proteksi pada peralatan arus AC dan peralatan arus DC. Pada jaringan katenari, peralatan proteksi yang terpasang meliputi sistem Pentanahan/*Grounding System* dan kawat Pentanahan Atas/*Overhead Ground Wire* (OHGW), lightning arrester dimana peralatan ini terpasang pada jarak interval 500 m dan dilengkapi dengan sistem pentanahan di lokasi yang terdapat *arrester*.



Gambar 9. Kawat Pentanahan Atas
Sumber : Data Sekunder



Gambar 10. *Lightning Arrester* Pada Jaringan LAA
Sumber :Data Sekunder

Headway

Definisi *headway* pada layanan kereta api adalah interval waktu minimal yang dapat dijalankan antar kereta (Bonnett, 2005). Satuan yang umumnya digunakan dalam pengukuran *headway* adalah menit per kereta atau lebih sering disebut menit saja. *Headway* dihitung dari saat satu kereta melewati atau tiba di satu titik (stasiun) sampai dengan kereta berikutnya melewati atau tiba di titik yang sama.

2. METODOLOGI

Penelitian ini difokuskan untuk perhitungan kapasitas daya gardu traksi gardu traksi di lintas Solo - Klaten. Jenis penelitian menggunakan metode kuantitatif untuk mendapat hasil analisa yang akurat. Penelitian ini juga dilakukan dalam beberapa tahap penelitian seperti digambarkan dalam flowchart pada Gambar 11.

Pengambilan data primer dilakukan berdasarkan perhitungan mengenai jarak pengisian antar gardu, massa total KRL, dan konsumsi daya kereta. Dan untuk

pengambilan data sekunder dilakukan dengan melakukan kunjungan ke Satuan Kerja Pengembangan Perkeretaapian Jawa Tengah Area III, Balai Teknik Perkeretaapian Kelas I Jawa Bagian Tengah selaku pemilik prasarana perkeretaapian untuk mendapatkan data berupa spesifikasi teknis gardu traksi dan KRL, jarak antar gardu traksi, dan lain-lain.



Gambar 11. Diagram Alir

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Hasil Pengumpulan Data

Data yang dikumpulkan berupa data teknis mengenai sarana KRL yang dioperasikan, prasarana Gardu Traksi yang terpasang di lintas Solo - Klaten, serta jadwal operasi KRL terkait *headway* yang digunakan pada lintas tersebut. Berdasarkan data jadwal perjalanan KRL Yogyakarta-Solo, ada 10 KRL yang melintas dari Solo ke Klaten mulai jam 05.05 sampai dengan jam 18.05. Dari arah Klaten menuju Solo, terdapat 10 KRL yang melintas mulai jam 05.53 sampai dengan jam 19.04. Seperti yang telah dijelaskan pada bagian teori bahwa rangkaian KRL yang dioperasikan pada lintas Yogyakarta-Solo adalah KRL seri 205 eks-East Japan Railway Company yang diimpor dari Jepang dan dioperasikan dengan formasi 4 kereta dan 8 kereta. Adapun spesifikasi teknis KRL secara singkat adalah bahwa tegangan 1500 VDC dan 1100 VAC; kecepatan maksimum 100 km/jam; tempat duduk 136-144; massa 25,4 – 31.1 Ton; daya bantu 440 VAC dan 190 kVA.

Data Gardu Traksi

Pada lintas Yogyakarta-Solo terdapat 8 unit gardu traksi yang terbangun, 4 unit di antaranya terletak di lintas Solo - Klaten. Tabel berikut adalah data spesifikasi teknis gardu traksi yang terbangun di lintas Klaten-Solo:

Tabel 1. Spesifikasi Teknis Gardu Traksi Lintas Klaten-Solo

		Gardu Traksi			
		Klaten	Ceper	Gawok	Purwosari
Jarak	Titik Kilometer	138+400	129+150	117+300	110+700
Gardu	Jarak (km)	9,25	11,85	6,6	2,95
	Tegangan Input (V)	20kV AC			
	Tegangan Output (V)	1500V DC (1200 - 1800VDC)			
	Daya Input PLN (kVA)	5540			
	Kapasitas (kVA)	4420			
	Tipe Pendingin	ONAN			
Trrafo Utama	V Out Nominal (V)	1200V AC			
	Frek. (Hz)	50			
	Coupling	Yy0 Yd11			
	Kapasitas (kVA)	4000			
Silicon Rectifier	V Out Nominal (V)	1500V DC			
	I Out Nominal (A)	2600 (atau sesuai dengan kapasitas)			
	Kapasitas (kVA)	50			
	Tipe Pendingin	ONAN			
Trrafo Auxiliary	Output (V)	380V/220V			
	Frek. (Hz)	50			
	Coupling	Yz11			

Sumber : Data Sekunder

Berdasarkan keterangan persyaratan seperti yang tertulis, pada gardu traksi lintas Solo – Klaten, kedua peralatan ini harus mampu bekerja pada kondisi beban 100% secara kontinyu atau terus menerus, 150% selama 2 jam, 200% selama 5 menit, dan 300% selama 1 menit. Hal ini untuk menunjang beban puncak sesaat yang dapat terjadi ketika proses *start* motor traksi pada rangkaian KRL. Adapun jarak suplai gardu traksi Klaten mencakup hingga area antara Klaten-Srowot (arah Barat) di mana jarak Klaten – Srowot arah 6,73 km dan terdapat gardu traksi di stasiun Srowot sehingga jarak suplai sesuai dengan rumus. Pada gardu traksi Purwosari terdapat pengecualian, suplai ke arah timur mencakup stasiun Solobalapan (Solo) sejauh 2,95 km sehingga pada rumus dimasukkan jarak penuh antara dari Purwosari ke arah Solobalapan.

Headway dan Kebutuhan Daya Operasional KRL

Pada lintas Klaten-Solo, terdapat lima stasiun pemberhentian yakni Klaten (KT), Ceper (CE), Gawok (GW), Purwosari (PWS), dan Solobalapan (SLO). *Headway* yang digunakan pada lintas Klaten-Solo berkisar antara 1 – 2 jam (60-120 menit) per perjalanan kereta, baik perjalanan dari Solo menuju Klaten maupun sebaliknya. Adapun data jadwal perjalanan KRL Solo - Klaten tahun

2021 dapat diringkas demikian bahwa KRL Solobalapan-Klaten mulai jam 05.05 dan KRL terakhir jam 18.05 dan satu kali perjalanan sekitar 25 menit. Sebaliknya dari Klaten-Solobalapan KRL mulai berangkat jam 18.53 dan terakhir jam 19.04. Dari data yang ada, telah dilakukan perhitungan terkait massa total KRL dan total konsumsi daya listrik pada KRL untuk memenuhi rumus terkait perhitungan kapasitas daya gardu traksi dan diperoleh rangkaian KRL menggunakan motor traksi (MT) dengan daya 120 kW yang terpasang tiap as roda, dan motor generator (MG) dengan daya 190 kVA (dengan asumsi nilai $\cos \phi = 0.8$) yang terpasang pada kereta M¹. Dengan menggunakan rumus berikut $\sum P_{4 \text{ kereta}} = \sum \text{Daya Traksi} + \sum \text{Daya Auxiliary}$, dan data sebelumnya maka daya 1112 kW. Dari total daya, arus maksimum dapat dihitung dengan cara membagi total daya dengan tegangan nominal, maka diperoleh arus 741.33 A. Dengan rumus yang sama, total daya serta arus maksimum pada formasi 8 kereta dapat dihitung dan diperoleh Arus maksimum 1482.66 A dan daya total 2224 kW.

Perhitungan Massa Total KRL dan Daya Traksi yang Diperlukan

Dengan menggunakan rumus (4) dan asumsi massa penumpang adalah 60 kg/orang maka didapatkan hasil perhitungan massa total KRL diperoleh $W_{4 \text{ kereta}}$ adalah 182.4 Ton. Dengan menggunakan rumus yang sama, maka massa total pada formasi 8 kereta dapat diketahui sebesar 364.8 ton. Berikutnya, perhitungan *headway* pada lintas Solo – Klaten yang mencapai 86 menit, dalam waktu yang bersamaan pada lintas ini hanya terdapat satu rangkaian KRL yang berjalan di lintas tersebut sehingga kebutuhan daya diambil sebesar daya maksimum KRL. Daya maksimum KRL adalah total daya yang dibutuhkan oleh KRL formasi 4 kereta saat beroperasi dan untuk menghitung beban puncak sesaat menggunakan rumus (6) berdasarkan arus maksimum sesuai dengan ketentuan yang ada pada rumus (7) yang menyebutkan bahwa bila $Z1 < Z2$ maka dalam perhitungan akan digunakan nilai dari Z2, maka diperoleh $Z = 2.046,07 \text{ kW}$. Maka kapasitas daya yang dibutuhkan (Z_n) dapat dihitung menggunakan rumus (7), diperoleh $Z_n = 818.428 \approx 818.43 \text{ kW}$.

Kebutuhan Daya Gardu Traksi dengan Penambahan Formasi Kereta

Dengan menggunakan *headway* eksisting yang saat ini diterapkan yakni 86 menit, hanya ada satu rangkaian kereta yang berjalan pada lintas Solo – Klaten. Maka perhitungan kebutuhan daya dengan penambahan formasi kereta yang beroperasi adalah $Z = 4.092,14$ kW. Maka kapasitas daya yang dibutuhkan (Z_n) dihitung dengan rumus (7) dan diperoleh $Z_n = 1.636,856 \approx 1636,86$ kW. Selanjutnya, apabila dilakukan penambahan formasi kereta sekaligus melakukan pengurangan *headway* pada lintas Solo – Klaten, maka penggunaan beban pada gardu traksi akan bertambah. Bila *headway* yang saat ini diterapkan adalah 86 menit, dengan waktu tempuh antara Solo – Klaten adalah 25 menit. Apabila dilakukan pengurangan *headway* kurang dari waktu tempuh, maka dalam waktu yang sama akan terdapat 2 rangkaian KRL yang berjalan pada lintas Solo – Klaten. Sehingga daya yang dibutuhkan menjadi lebih dari 2 kali lipat. Tabel di bawah ini adalah perhitungan beban gardu traksi dengan pengurangan *headway* menjadi 20 menit menggunakan rumus (2) dan beban puncak sesaat menggunakan rumus (5). Untuk Gardu Traksi Klaten dan menggunakan rumus-rumus sebelumnya diperoleh Beban maksimum $Y = 6.995,41$ kW, Beban puncak sesaat berdasarkan *Headway* $Z = 12.471,32$ kW. Akhirnya daya yang diperlukan (Z_n) adalah $Z_n = 4.988,528 \approx 4.988.53$ kW. Untuk Gardu Traksi Ceper, dengan cara yang sama, diperoleh Beban maksimum $Y = 9.236,74$ kW dan Beban puncak sesaat berdasarkan *Headway* $Z = 15.528,93$ kW dan Daya yang diperlukan $Z_n = 6.211,57$ kW. Dengan perhitungan menggunakan rumus yang sama, beban maksimum, beban puncak sesaat, dan daya yang diperlukan untuk gardu traksi Gawok dan Purwosari dapat diketahui. Hasil perhitungan disajikan pada tabel berikut ini:

Tabel 2. Perhitungan Daya Formasi 8 Kereta Pada Kondisi *Headway* 20 Menit

	Gardu Traksi			
	Klaten	Ceper	Gawok	Purwosari
Jarak Suplai (km)	7,99	10,55	9,225	6,25
Beban Maksimum (Y) (kW)	6.995,41	9.236,74	8.076,67	5.472
Beban Puncak Sesaat (Z) (kW)	12.471,32	15.528,93	13.960,45	10.314,82
Daya yang diperlukan (Z_n)	4.988,53	6.211,57	5.584,18	4.125,92

Sumber : Data Penelitian

Tabel di bawah ini adalah hasil perhitungan berdasarkan beban daya yang

puncak sesaat dengan menggunakan rumus (6) saat 2 rangkaian KRL berada pada lintas yang sama* (*headway* di bawah 25 menit). Dengan rumus yang sama dan data yang tersedia maka hasil lengkap dapat dilihat pada tabel 3.

Tabel 3. Daya Formasi 8 Kereta seri 205 pada Kondisi Pengurangan *Headway*

	Gardu Traksi			
	Klaten	Ceper	Gawok	Purwosari
Jarak Suplai (km)	7,99	10,55	9,225	6,25
Beban Maksimum (Y) (kW)	4.448	4.448	4.448	4.448
Beban Puncak Sesaat (Z) (kW)	8.184,31	8.184,31	8.184,31	8.184,31
Daya yang diperlukan (Z_n)	3.273,72	3.273,72	3.273,72	3.273,72

Sumber : Data Penelitian

3.2 Pembahasan

Pada formasi kereta eksisting yakni formasi 4 kereta per rangkaiannya, kebutuhan daya satu rangkaian keretanya sebesar 1112 kW pada *headway* 86 menit berdasarkan jadwal yang diaplikasikan pada saat ini. Bila dibandingkan dengan kapasitas *Silicon Rectifier* dari gardu traksi yang terpasang saat ini sebesar 4000 kW maka kapasitas daya gardu traksi sangat mencukupi untuk melayani kebutuhan operasional KRL saat ini. Begitu juga bila dilakukan pengurangan *headway* menjadi kurang dari 25 menit, di mana dalam lintas Solo – Klaten akan terdapat 2 rangkaian KRL dengan formasi 4 kereta yang beroperasi sehingga jumlah daya yang digunakan menjadi dua kali lipat yakni sebesar 2224 kW bila berjalan pada suplai gardu yang sama, sehingga tidak diperlukan penambahan daya pada peralatan gardu traksi.

Berdasarkan *headway* yang ada pada saat ini dan menggunakan formasi kereta yang ditambah menjadi 8 kereta dalam satu rangkaiannya seperti yang ada pada gambar 2, maka daya yang digunakan adalah sebesar 2224 kW. Bila *headway* dikurangi menjadi lebih kecil dari waktu tempuh antara lintas Solo – Klaten yakni kurang dari 25 menit, maka dalam satu lintas akan terdapat 2 rangkaian KRL yang beroperasi dengan kemungkinan berjalan pada suplai gardu yang sama sehingga jumlah daya yang digunakan menjadi lebih dari dua kali lipat. Berdasarkan

tabel 7 untuk gardu traksi Klaten membutuhkan kapasitas daya sebesar digunakan pada KRL seri 205 dan beban

4.998,52 kW, gardu traksi Ceper sebesar 6.211,406-084 gardu traksi Gawok sebesar 5.584,18 kW, dan gardu traksi Purwosari sebesar 4.125,92 kW. Besarnya nilai perhitungan kapasitas daya yang dibutuhkan

vol.13-01

ini merupakan efek dari jarak suplai gardu yang cukup jauh antara satu sama lain yang melebihi 6 km.

Dengan kapasitas Silicon *Rectifier* yang terpasang saat ini sebesar 4000 kW, makadaya operasional KRL melebihi kapasitas gardu traksi yang terpasang dan hanya memungkinkan menahan beban lebih dari 100% dalam waktu tertentu. Terlebih, jarak suplai tiap gardu traksi dapat dikatakan cukup jauh dengan rata-rata memiliki jarak suplai sejauh 8.5 km tiap gardunya yang dapat memicu drop pada suplai daya listrik. Oleh karena itu, rehabilitasi yang dapat dilakukan adalah a) Penambahan kapasitas *silicon rectifier* dari 4000 kW menjadi 5000kW, b) Penambahan kapasitas transformator utama dari 4420 kVA menjadi 5600 kVA dan Penambahan daya tersambung PLN. Akhirnya, penambahan unit gardu traksi padalintas Solo – Klaten untuk mengatasi kemungkinan KRL yang beroperasi di satu waktu pada suplai gardu yang sama dan mengatasi drop pada suplai daya listrik akibat jarak suplai yang jauh (> 6 km).

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Dari seluruh hasil perhitungan dapat disimpulkan bahwa Gardu traksi Klaten, Ceper, Gawok, dan Purwosari memiliki kapasitas daya yang sama yakni 4.000 kW untuk daya traksi dan 5.540 kVA untuk daya masukan PLN. Selanjutnya, pada rencana pengurangan *headway* perjalanan KRL pada lintas Solo – Klaten, faktor jarak suplai gardu traksi menjadi hal utama yang harus diperhatikan. Berdasarkan perhitungan, jika menggunakan formasi eksisting (4 kereta) dengan beban maksimum sebesar 1.112 kW untuk *headway* di atas 25 menit dan 2.224 kW dengan *headway* di bawah 25 menit maka kapasitas daya pada gardu traksi yang terbangun masih cukup untuk melayani operasional KRL lintas Solo – Klaten. Namun, bila rencana pengurangan *headway* bersamaan dengan penambahan kereta pada formasi rangkaian kereta menjadi rangkaian dengan formasi 8 kereta maka kapasitas daya gardu traksi yang terpasang saat ini tidak mencukupi karena beban maksimum berdasarkan perhitungan melebihi kapasitas daya yang terpasang saat ini yakni dengan beban maksimum pada Gardu Traksi Klaten sebesar 6.995,41 kW, Gardu Traksi Ceper sebesar 9.236,74 kW, Gardu Traksi Gawok sebesar

8.076,67 kW dan Gardu Traksi Purwosari sebesar 5.472 kW. Besarnya nilai tersebut dipengaruhi oleh faktor-faktor yang telah disebutkan sebelumnya. Adapun saran yang perlu disampaikan bahwa *Headway* operasional KRL yang ada pada saat ini (86 menit) dapat diperkecil kembali hingga 25-30 menit untuk mencegah kepadatan penumpang di stasiun dan kereta. Agar operasional KRL dengan formasi 8 kereta bisa menggunakan *headway* di bawah 25 menit diperlukan penambahan kapasitas daya gardu traksi (trafo dan *silicon rectifier*) atau bila memungkinkan melakukan penambahan gardu traksi untuk mengurangi jarak suplai gardu yang saat ini terbangun cukup jauh satu dan lainnya.

DAFTAR PUSTAKA

- Standar, Tata Cara Pengujian dan Sertifikasi Kelaikan Kereta dengan Penggerak Sendiri, (2011). https://jdih.dephub.go.id/assets/uudocs/permen/2011/pm._no._13_tahun_2011.pdf
- Persyaratan Teknis Instalasi Listrik Perkeretaapian, (2018). <https://peraturan.bpk.go.id/Home/Details/102591/permenhub-no-50-tahun-2018>
- Bonnett, C. F. (2005). *Practical railway engineering*. Imperial College Press.
- Dwiatmoko, H. (2016). Pengujian fasilitas operasi kereta api. *Jakarta: Kencana*.
- EN50163, B. S. (2005). *Railway applications-supply voltages of traction systems*. BSI.
- Eri, S., & Hario Utama, A. (2019). Analisis Kapasitas Daya Gardu Traksi Terhadap Kebutuhan Krl Jalur Pasar Minggu-Lenteng Agung. *Jurnal Sains & Teknologi Fakultas Teknik*, 9(1), 44–50.
- Fukuhara, S. (2017). 国鉄201-203 系電車の軌跡～電機子チョップと新三種の神器を開発した匠たち～. *Laporan Akhir Elektrifikasi Lintas Yogyakarta - Solo*. (2012).
- Modul II.2.9. (2014). *Teknik Operasional Pengoperasian Fasilitas Operasi (Teknik Listrik Aliran Atas – LAA)*.
- Wicaksono, C., Putri, A. R., & others. (2018). Analisa Daya Dukung Gardu Traksi Kranji Pada Pengoperasian Kereta Bandara Soekarno--Hatta. *J. Perkeretaapi. Indones.*, 2(1), 76–82.
- Yoshifumi, M. (2016). *Electric Railway Section - DC/AC Power Supply and*

Classification. *Tokyo: Ebisu Kosho.*

Yuniati, I. (2022). *Pengguna KRL Solo-Jogja Melonjak pada Desember, Capai 9000/Hari.* 4 Januari.

ANALISA UNJUK KERJA PELUMAS MERK X DAN Y PADA KENDARAAN BERMESIN BENSIN DENGAN KAPASITAS 1400 CC DAN DILENGKAPI TURBOCHARGER

Hariyanto

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

Abstrak

Salah satu tindakan perawatan kendaraan yaitu dengan mengganti pelumas mesin. Banyak merk pelumas yang di pasaran dengan harga yang berbeda-beda. Para pemilik kendaraan sering mengganti pelumas dengan waktu pengantiannya sama untuk semua merk pelumas yaitu saat kendaraan menempuh sekitar 10.000 Km. Mungkinkah pelumas yang berbeda merk tersebut dapat memberikan pelumasan yang sama baiknya pada kendaraan hingga rentang waktu tersebut, apalagi kendaraan sudah dilengkapi *Turbocharger* yang tentu saja membutuhkan sistem pelumasan yang baik. Untuk mengetahui pelumas mana yang mampu memberikan pelumasan yang lebih baik maka dilakukan penelitian ini. Penelitian ini menggunakan dua sampel pelumas yaitu pelumas merk X dan pelumas merk Y. Penelitian ini akan membandingkan kualitas pelumas X dan Y. Kualitas pelumas akan diukur dengan beberapa parameter, yaitu: viskositas, indeks viskositas, titik nyala, *total base number* (TBN), dan *metal content* Fe. Penelitian ini dilakukan dengan metode analisa laboratorium dan studi literatur. Sampel pelumas yang digunakan merupakan pelumas yang telah digunakan pada kendaraan dalam rentang jarak tempuh 10.000 KM. Dari penelitian ini, diperoleh kesimpulan pelumas X lebih baik dibanding pelumas Y karena setelah pemakaian pelumas X hanya memiliki 1 parameter yang sudah menurun, yaitu TBN menurun sebesar 67,35 % sedangkan pelumas Y memiliki 2 parameter yang sudah menurun yaitu viskositas menurun sebesar 26,9 % dan TBN menurun sebesar 74,23 %. Dengan menurunnya parameter parameter ini juga berarti bahwa pelumas X dan Y sudah tidak layak pakai.

Kata kunci: kualitas, pelumas, mesin, bensin, *turbocharger*

1. PENDAHULUAN

Mobil merupakan salah satu kendaraan yang digemari masyarakat. Dengan adanya mobil, masyarakat bisa menikmati perjalanan mereka dengan lebih nyaman dan aman. Karena banyaknya kelebihan yang dimiliki sebuah mobil, tidak heran permintaan mobil di pasar setiap tahunnya selalu tinggi. Tak heran jika banyak sekali produsen mobil saling bersaing menawarkan mobil dengan banyak varian dan teknologi terbaru.

Sama halnya sebuah alat, mobil perlu mendapat perawatan atau maintenance karena usia pakai. Kualitas sebuah mobil, salah satunya dinilai dari kemampuan dan keandalan yang dimiliki mesin mobil itu sendiri. Pelumas adalah salah satu bagian yang penting dalam perawatan kendaraan. Hal ini karena pelumas memiliki peran penting untuk menunjang kinerja mesin yang optimal. Banyak resiko yang terjadi apabila mengabaikan pelumas mesin, apalagi jika sering terlambat mengganti pelumas mesin. Beberapa masalah yang terjadi akibat pelumas yang tidak baik yaitu tenaga mesin menjadi berkurang, suara mesin menjadi kasar, dan lebih parah lagi terjadi kerusakan pada

crankshaft bearing yang mengakibatkan mesin breakdown.

Salah satu tindakan perawatan kendaraan yaitu dengan mengganti pelumas mesin. Di pasaran banyak merk pelumas dengan harga yang berbeda. Para pemilik kendaraan sering mengganti pelumas dengan waktu penggantian yang sama untuk semua merk pelumas yaitu saat kendaraan menempuh sekitar 10.000 KM. Mungkinkah pelumas yang berbeda merk tersebut dapat memberikan pelumasan yang sama baiknya pada kendaraan hingga rentang waktu tersebut.

Mengingat betapa pentingnya minyak pelumas dan banyaknya merk pelumas yang beredar di pasaran dengan bermacam harga dan kualitas dan untuk mengetahui pelumas yang dapat memberikan pelumasan yang baik, maka perlu dilakukan analisa unjuk kerja pelumas yang digunakan pada kendaraan, agar masyarakat bisa memilih minyak pelumas yang terbaik.

Rumusan Masalah

Untuk memudahkan penelitian ini dan berdasar latar belakang di atas maka dibuat rumusan masalah sebagai berikut:

- Bagaimana kondisi kualitas pelumas mesin setelah pemakaian 10.000 KM?
- Bagaimana perbedaan kualitas antara pelumas merk "X" dan "Y"?
- Apakah pelumas merk "X" dan "Y" masih layak pakai hingga pemakaian 10.000 KM?

Batasan Masalah

Agar pembahasan tidak meluas dan fokus pada penyelesaian masalah maka pada penelitian ini diperlukan beberapa batasan masalah, yaitu :

- Penelitian dilakukan pada kendaraan tahun 2019.
- Merk pelumas yang diteliti ada 2 yaitu "X" dan "Y".
- Penelitian ini hanya untuk mengetahui viskositas, indeks viskositas, Total Base Number (TBN), titik nyala (Flash Point), dan kandungan Wear Metal khususnya logam besi (Fe).
- Spektografi hanya untuk menguji kandungan besi (Fe).
- Penelitian ini dilakukan pada pelumas dengan usia pakai 10.000 KM.

Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dilakukannya penelitian ini adalah sebagai berikut:

- Mengetahui kualitas pelumas setelah pemakaian 10.000 KM.
- Mengetahui perbedaan kualitas pelumas merk "X" dan "Y"
- Mengetahui kelayakan pelumas merk "X" dan "Y" setelah digunakan dalam masa pakai 10.000 KM.

Landasan Teori

Pelumasan diperlukan karena adanya gesekan pada mesin kendaraan. Seperti kita ketahui komponen mesin umumnya sebagian besar terbuat dari logam, nah logam tersebut akan panas apabila saling bergesekan. Untuk meredusir panas akibat gesekan tersebut, maka dibutuhkan pelumasan.

Oli pelumas bekerja dengan melapisi celah-celah mesin agar bagian-bagian yang bergerak pada mesin tidak saling bersinggungan secara langsung. Dengan adanya pelumas ini, maka tidak terjadi

gesekan antara komponen mesin bisa diminimalisir.

Fungsi lain oli pelumas disamping sebagai pendingin komponen mesin juga memiliki fungsi sebagai detergency yaitu untuk membersihkan kotoran atau geram yang menempel pada komponen dengan demikian mesin menjadi bersih sehingga mampu bekerja lebih baik.

Di dalam silinder ruang bakar, oli pelumas memiliki peranan penting untuk mencegah presser loss atau kehilangan tekanan, sehingga torak tetap mampu bekerja dengan baik.

Komponen mesin umumnya terbuat dari baja, nah dengan adanya pelumas maka suara yang ditimbulkan dari komponen mesin yang bergerak bisa diredam. Dengan pelumasan maka keausan pada komponen mesin, juga bisa diminimalisir sehingga mesin menjadi lebih awet.

Pelumas dibedakan ke dalam beberapa jenis sesuai kandungan material dan aplikasinya. Berdasarkan pelumas dasar (*base oil*) yang menyusunnya, pelumas dibedakan menjadi 3 jenis, yaitu: pelumas mineral, pelumas semi sintetik dan pelumas sintetik.

Pelumas mineral terbuat dari bahan baku yang berasal dari proses pengilangan minyak bumi dan terdiri dari berbagai komponen seperti parafin, nafta, aromatik dll.

Pelumas sintetik dibuat khusus dengan suatu formulasi reaksi kimia tertentu dan didesain untuk mendapatkan sifat-sifat terbaik yang diinginkan.

Sedangkan pelumas semi sintetik merupakan pelumas yang berbahan dasar minyak mineral dengan sedikit penambahan sintesa hasil rekayasa kimia. Komposisi antara oli mineral dan bahan kimia sintetik ini bisa cukup beragam, ada yang 80:20 dan ada juga yang 70:30.

Terkait dengan masalah pelumas ini pemerintah melalui Surat Keputusan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral (No. 1693 F34 / MEM / 2001) telah mengelompokkan pelumas dasar menjadi 5 grup seperti terlihat pada tabel 1 di bawah ini.

Tabel 1. Kategori pelumas dasar menurut Kementerian Energi dan SDM

Kategori Pelumas Dasar	Kandungan Sulfur, %		Senyawa Jenuh, %	Indeks Viskositas
Grup I	> 0,03	dan atau	< 90	80-120
Grup II	≤ 0,03	Atau	≤ 90	80-120
Grup III	≤ 0,03	Atau	≤ 90	≥ 120
Grup IV	Semua Polyalphaolefin (PAO)			
Grup V	Semua yang lain dari Grup I, II, III, IV			

(Sumber: olah data penelitian)

Grup I, II, dan III adalah pelumas berasal dari minyak bumi karena masih mengandung sulfur dan senyawa tak jenuh. Kelompok pelumas dasar mineral terdiri dari campuran senyawa paraffin, nafta, dan aromatic. Grup III adalah pelumas dasar yang terbuat dari senyawa paraffin yang telah mengalami proses lanjutan sehingga kadar sulfur rendah dan memiliki indeks viskositas tinggi. Sedangkan pelumas dasar grup IV dan V adalah pelumas sintetik dimana pelumas ini tidak mengandung sulfur. Polyalphaolefins (PAO) sebagai pelumas mesin, digolongkan dalam grup IV. Dan terakhir pelumas dasar grup V yaitu selain PAO misalnya : polyalfileneglycols, aromatics, polybutenes, polyolesters, alfilated, alfphatic diesters dan lain - lain. Hal ini dijelaskan dalam jurnal yang ditulis oleh Fajar dan Yubaidah (2007)

Dengan adanya pelumasan maka pergerakan antara dua permukaan suatu komponen mesin menjadi lebih licin. Dari uraian di atas maka pelumas memiliki fungsi yaitu :

- a. Mengurangi Gaya Gesek (Friction)
- b. Pelumas memisahkan dua permukaan yang saling kontak.
- c. Mengurangi Keausan (Wear)
- d. Pelumas mencegah ujung-ujung permukaan saling bergesekan.
- e. Sebagai Shock Absorber
- f. Mengurangi bunyi dan getaran, selain gerakan lebih licin.
- g. Mengurangi dan Menyerap Panas
- h. Pelumas menyerap dan melepas efek panas ke lingkungan.

Sedangkan menurut Gwidon & Andrew bahwa secara sederhana fungsi dari sebuah pelumas adalah untuk mengontrol gesekan dan keausan yang disebabkan oleh sistem. (Gwidon & Andrew, 2013)

Sifat – Sifat Pelumas

Menurut Risqon Fajar dan Yubaidah (2007) Sifat yang menjadi parameter oli yaitu sebagai berikut :

a. Viskositas

Viskositas atau kekentalan adalah ukuran seberapa besar hambatan sebuah fluida (pelumas) untuk dapat mengalir. Makin besar viskositas (makin kental) berarti makin besar hambatan untuk mengalir. Perubahan sebanding dengan perubahan suhu, shear rate (tingkat pergesaran), tekanan, dan ketebalan oil film yang dihasilkan oleh pelumas. Muncul sebuah asumsi awal, semakin kental suatu pelumas seharusnya memberikan performa yang lebih baik, karena film yang dihasilkan akan lebih tebal dan pemisahan dua permukaan yang bergesekan akan lebih baik. Tapi pada kenyataannya, justru karena pelumas yang kental membutuhkan tenaga yang lebih untuk bergeser. Akibatnya power loss dan panas yang dihasilkan akan semakin tinggi, yang tentu saja akan menyebabkan kerusakan komponen.

b. Indeks Viskositas

Viscosity Index (VI) adalah suatu hal yang penting dalam pelumasan. Ukuran perubahan viskositas terhadap temperatur disebut Viscosity Index (VI). Viskositas pelumas akan mengalami penurunan jika temperature naik atau sebaliknya. Perubahan ini tentu tidak sama nilainya untuk semua pelumas. Hampir semua pelumas yang ada di pasaran memiliki VI yang cukup tinggi, diatas 100 sehingga perubahan temperatur relatif aman dan tidak membahayakan mesin. Hampir semua pelumas jenis multi grade memiliki Viscosity Index diatas 100. Pelumas mesin sintetik rata-rata memiliki VI yang tinggi (130-150).

c. Titik Tuang (Pour Point)

Satu lagi hal penting terkait pelumas adalah titik tuang, yaitu temperature terendah dimana pelumas masih dapat mengalir. Titik tuang ini biasanya tergantung dari jenis pelumas dasar (base oil) yang digunakan. Pada umumnya pelumas sintetik mempunyai titik

tuang yang lebih rendah dari pelumas mineral, hal ini menyebabkan daerah operasi pelumas sintetik lebih luas daripada pelumas mineral. Pelumas sintetik memiliki sifat cold starting jauh lebih baik daripada pelumas mineral. Dari titik tuang ini kita bisa mengetahui tingkat kemurnian dan jenis pelumas sintetik.

d. Titik Nyala (Flash Point)

Titik nyala merupakan satu hal yang penting pada pelumas. Titik nyala yaitu temperature dimana akan timbul sejumlah uap dengan udara yang membentuk campuran yang mudah menyala. Kita bisa mengukur Flash point dengan cara melewati api pada pelumas yang dipanaskan secara bertahap. Bisa disimpulkan bahwa titik nyala pelumas yang tinggi maka pelumas tersebut akan aman dalam penggunaan dan penyimpanan.

e. Total Base Number (TBN)

Total Base Number adalah ukuran aditif dalam pelumas. Aditif ini berfungsi untuk menetralkan asam yang berasal dari bahan bakar (sulfur) dan akibat dari oksidasi temperatur tinggi, kondensasi dan proses pembakaran. Adanya asam dalam suatu proses pelumasan dapat menimbulkan korosi pada komponen mesin. Agar mampu menetralkan asam untuk jangka waktu tertentu maka pelumas harus memiliki kandungan TBN yang tinggi. Oleh karena itu, nilai besar kecilnya TBN pelumas ditentukan jenis bahan dasar yang digunakan terutama kandungan sulfurnya. Hal ini berarti semakin besar nilai TBN dari pelumas, maka semakin lama usia pakainya. Di Indonesia nilai TBN untuk pelumas bensin 6-10 mg KOH/g.

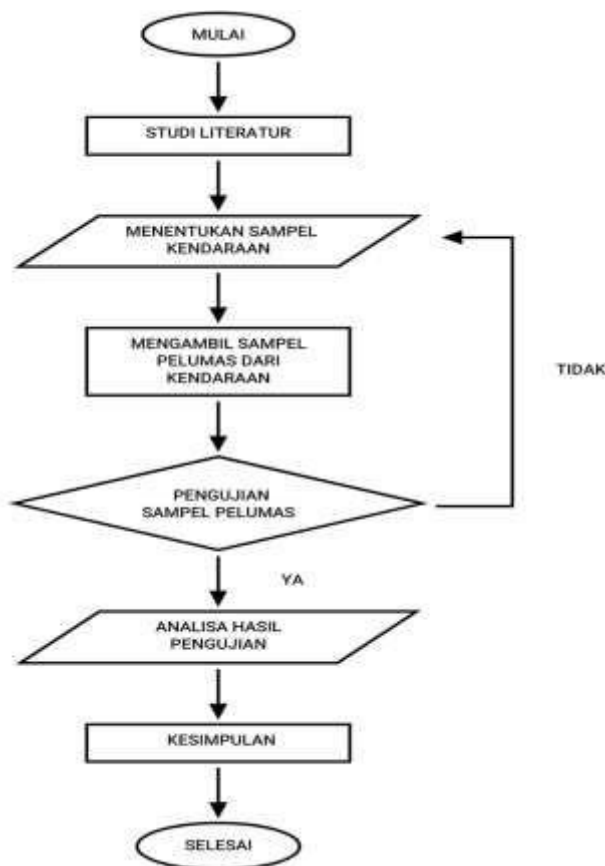
2. METODOLOGI

Pada penelitian ini menggunakan metodologi sebagai berikut:

- a. Metode Pengumpulan Data. Data diambil langsung dari beberapa kendaraan dengan mesin turbo 1400 cc dan tahun 2019 yang sama di Bengkel PT Andalan Chrisdeco.
- b. Metode penelitian studi literatur dan pengujian laboratorium.

Untuk memberi gambaran yang lebih jelas terkait metode dan alur penelitian ini maka dibuat diagram alir yang bisa dilihat pada gambar 1 di bawah ini.

Diagram alir penelitian:



Gambar 1 Diagram Alir Penelitian

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Setelah dilakukan pengujian melalui analisa laboratorium dan studi literatur, (Widarmadi I, 2020) diperoleh data yang ditampilkan tabel 2 berikut ini:

Tabel 2 Data Hasil Penelitian

NO	PARAMETER	METODE UJI	X		Y		SPESIFIKASI LIMIT MAKSIMAL
			FRESH OIL	USED OIL	FRESH OIL	USED OIL	
1	VISKOSITAS KINEMATIK PADA 40°C	ASTM D445	65,1 cSt	66,83 cSt	62,9 cSt	79,86 cSt	<25%
2	VISKOSITAS KINEMATIK PADA 100°C	ASTM D445	11,2 cSt	11,2 cSt	11,2 cSt	13,67 cSt	<35%
3	INDEKS VISKOSITAS	ASTM D2270	166	161	174	176	—
4	TITIK NYALA	ASTM D92	225 °C	226 °C	210 °C	220 °C	>180°C
5	TBN	ASTM D2896	8,3 mg KOH/gr	2,71 mg KOH/gr	8,38 mg KOH/gr	2,16 mg KOH/gr	>50%
6	WEAR METAL CONTENT (Fe)	ASTM D5185	0	17 ppm	0	9 ppm	<100 ppm

Sumber: Hasil olah data penelitian

Berdasarkan data dari tabel 2 di atas bisa diketahui parameter dari pelumas yang diuji. Sampel X menunjukkan beberapa perubahan nilai parameter setelah pemakaian. Viskositas kinematis pelumas X pada suhu 40°C sebesar 65,1 cSt saat sebelum dipakai kemudian berubah menjadi 66,83 cSt. Viskositas kinematis pelumas X pada suhu 100°C yang tetap 11,2 cSt. Indeks viskositas berubah dari 166 menjadi 161. Titik nyala mengalami perubahan yang sangat kecil yaitu dari 225°C menjadi 226°C. TBN pada sampel pelumas X mengalami penurunan dari 8,3 mg KOH/gr menjadi 2,71 mg KOH/gr. Pada pelumas X ditemukan kandungan logam Fe sebesar 17 ppm setelah pemakaian.

Dari tabel 2 juga diketahui beberapa perubahan perubahan nilai pada sampel Y. Viskositas kinematis pada suhu 40°C yang pada awalnya 62,9 cSt menjadi 79,86 cSt. Kemudian viskositas kinematis pada suhu 100°C dari 11,2 cSt menjadi 13,67 cSt. Indeks viskositas berubah dari 174 menjadi 176. Titik nyala berubah dari 210°C menjadi 220°C. TBN yang dimiliki pelumas Y berubah dari 8,38 mg KOH/gr menjadi 2,16 mg KOH/gr. Kandungan logam Fe dalam pelumas Y sebesar 9 ppm setelah pemakaian.

Data *Fresh Oil* diperoleh dari *Technical Data Sheet* pelumas X dan Y. Spesifikasi limit maksimal merupakan standar rekomendasi yang disepakati oleh CIMAC (Cimac 2000) CIMAC merupakan dewan internasional yang berfokus pada bidang teknologi motor bakar, organisasi ini didirikan pada tahun 1950.

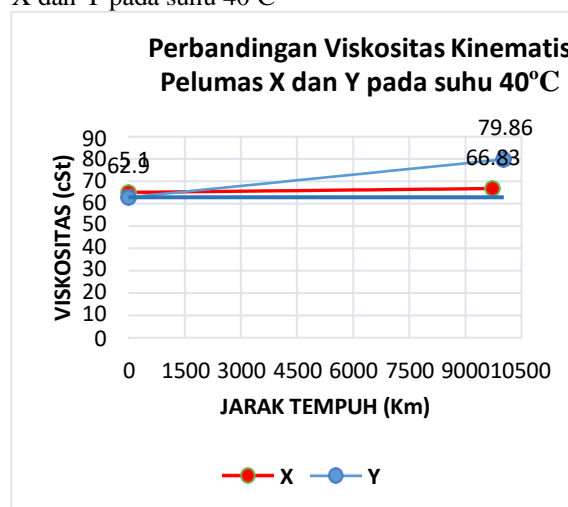
Viskositas

Saat kondisi belum terpakai, pelumas Y memiliki viskositas kinematis pada suhu 40°C lebih rendah dibandingkan pelumas X, hal ini berarti ketika kondisi baru maka pelumas Y lebih encer dibandingkan pelumas X. Sedangkan viskositas kinematis pada suhu 100°C sama untuk keduanya, yaitu 11,2 cSt. Setelah pemakaian hingga 10.025 Km, viskositas kinematis pada suhu 40°C pelumas Y mengalami peningkatan, yaitu dari menjadi 62,9 cSt menjadi 79,86% atau bertambah 26,9%, hal ini berarti pelumas Y lebih kental 26,9% dari kondisi awal pada suhu 40°C.

Pada suhu 100°C, viskositas kinematis pelumas Y juga meningkat menjadi 13,67 cSt atau lebih kental 22% dari sebelum pemakaian. Sedangkan pelumas X mengalami

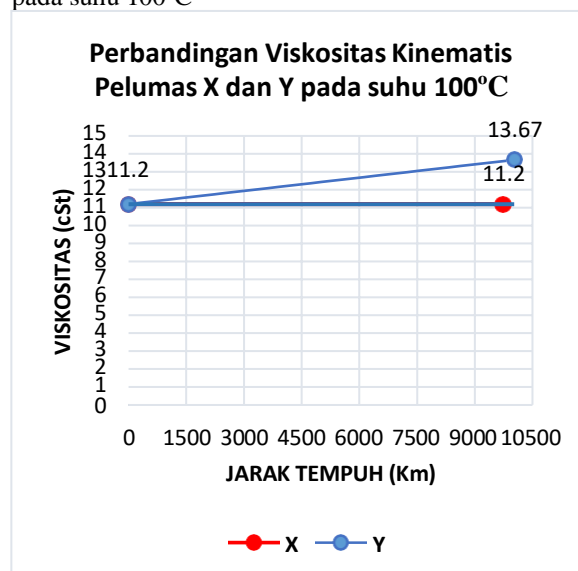
perubahan viskositas kinematis yang sedikit setelah pemakaian 9.731 Km. Pada suhu 40°C, viskositas kinematiknya berubah dari 65,1 cSt menjadi 66,83 cSt bertambah 2,65%. Berarti setelah pemakaian tersebut, pelumas X bertambah kental 2,65% dari sebelumnya. Tetapi pada suhu 100°C, viskositasnya tetap sama seperti sebelumnya yaitu 11,2 cSt. Kita bisa melihat perubahan viskositas pelumas X dan viskositas pelumas Y pada grafik berikut:

Grafik 1. Perubahan viskositas kinematis pelumas X dan Y pada suhu 40°C



(Sumber: Hasil olah Data Penelitian)

Grafik 2. Perubahan viskositas pelumas X dan Y pada suhu 100°C



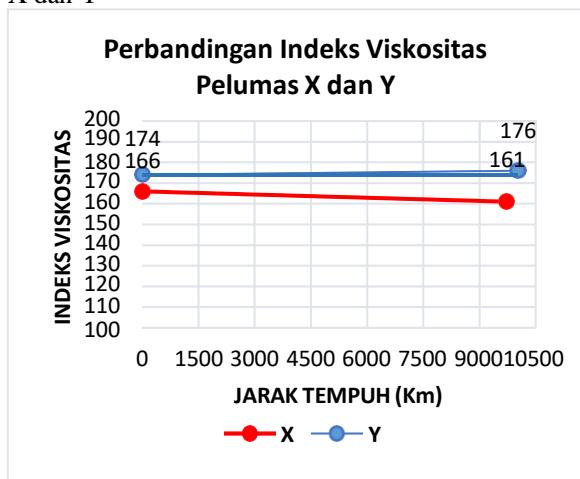
(Sumber: Hasil olah Data Penelitian)

Dari grafik 1 dan 2 dapat disimpulkan jika pelumas X memiliki viskositas kinematis yang stabil setelah pemakaian, sedangkan viskositas kinematis pelumas Y mengalami perubahan yang signifikan.

Indeks Viskositas

Pelumas Y memiliki indeks viskositas yang lebih tinggi dari pelumas X, hal ini berarti pelumas Y lebih stabil menjaga viskositasnya terhadap perubahan suhu dibandingkan pelumas X. Perbandingan Indeks Viskositas Pelumas X dan pelumas Y bisa dilihat pada grafik berikut ini:

Grafik 3. Perbandingan indeks viskositas pelumas X dan Y



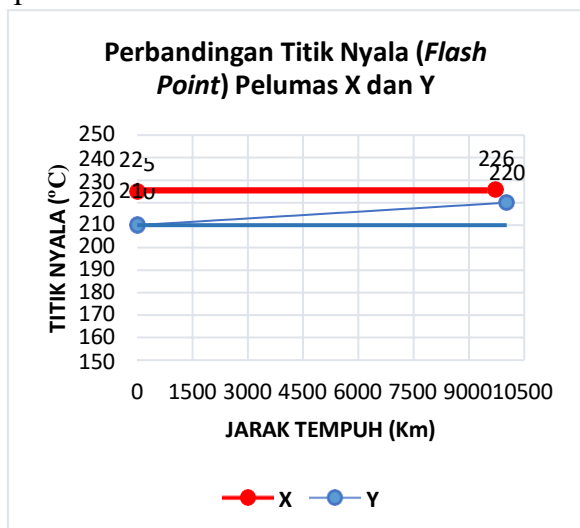
(Sumber: Hasil olah Data Penelitian)

Dari grafik 3 dapat disimpulkan bahwa indeks viskositas pelumas X mengalami penurunan, sedangkan indeks viskositas pelumas Y cenderung stabil bahkan meningkat sedikit.

Titik Nyala (Flash Point)

Perbandingan titik nyala pelumas X dan pelumas Y bisa dilihat pada grafik 4 berikut ini:

Grafik 4 Perbandingan titik nyala pelumas X dan Y

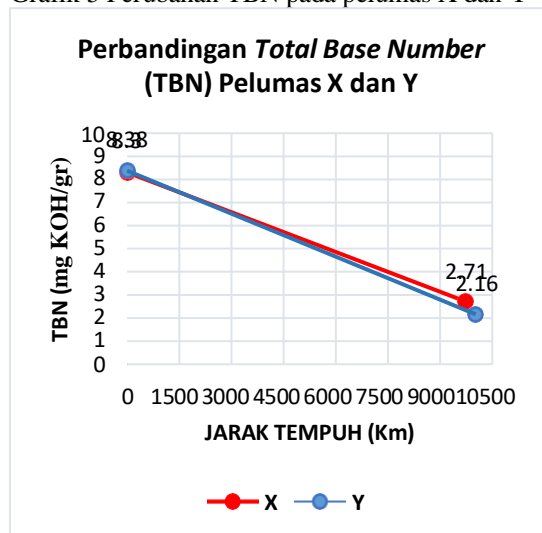


Dari grafik 4 tersebut, dapat disimpulkan bahwa pelumas X memiliki titik nyala lebih tinggi dibandingkan pelumas Y. Dalam hal ini berarti Pelumas X lebih sulit untuk membentuk uap yang dapat terbakar. Bisa dikatakan pelumas X lebih aman dari resiko terbakar dibandingkan pelumas Y.

Total Base Number (TBN)

TBN menunjukkan kandungan zat basa dalam pelumas. Semakin tinggi nilai TBN maka semakin baik pelumas dalam menetralkan asam yang dapat menyebabkan korosi dalam mesin. Seiring jangka waktu pemakaian pelumas, nilai TBN semakin menurun. Perubahan nilai TBN pelumas X dan pelumas Y bisa dilihat pada grafik 5 berikut ini:

Grafik 5 Perubahan TBN pada pelumas X dan Y



(Sumber: Hasil olah Data Penelitian)

(Sumber: Hasil olah Data Penelitian)

Dari grafik tersebut dapat disimpulkan bahwa pelumas X dan Y mengalami penurunan nilai TBN yang cukup besar setelah. Nilai TBN pelumas X tersisa 32,65% sedangkan pelumas Y tersisa 25,77%. Hal ini berarti setelah pemakaian dalam jangka waktu tersebut, pelumas X dan Y sudah kehilangan kemampuan untuk menetralkan asam sekitar 70% dibanding pelumas sebelum pemakaian.

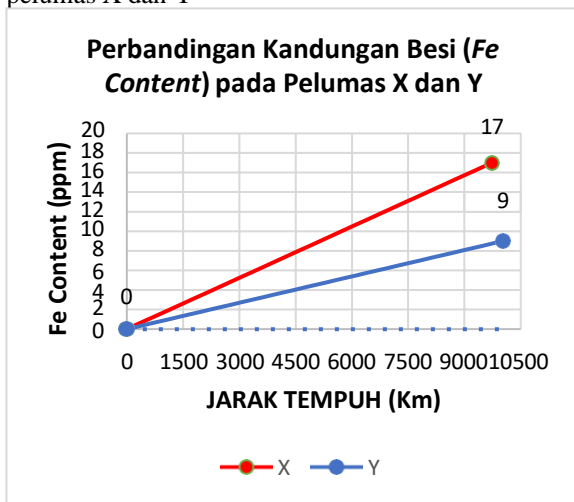
vol.13-01

Wear Metal Content

Analisa kandungan logam juga bisa dijadikan sebagai indikator keausan komponen pada mesin dan juga menjadi indikator kemampuan pelumas dalam hal meminimalisir keausan (*anti wear*). Semakin tinggi kandungan logam dalam pelumas yang telah terpakai, menunjukkan semakin tinggi

keausan pada komponen mesin. Seperti kita ketahui bahwa bahan yang paling banyak digunakan dalam komponen mesin adalah baja/besi (Fe). Perbandingan kandungan Fe pada pelumas X dan Y setelah pemakaian dapat dilihat pada grafik 6 berikut ini:

Grafik 6. Perbandingan kandungan Fe pada pelumas X dan Y



(Sumber: Hasil olah Data Penelitian)

Dari grafik tersebut, dapat disimpulkan bahwa kandungan Fe pada pelumas X lebih banyak dibanding pada pelumas Y. Hal ini berarti dari segi kemampuan untuk mencegah keausan, pelumas Y lebih unggul dibanding pelumas X.

Batas Kualitas Pelumas Pakai

Ketika kualitas pelumas pakai sudah melewati batas yang diijinkan maka pelumas sudah tidak layak untuk digunakan. Tingkat kelayakan pelumas X bisa dilihat pada tabel 3 sedangkan tingkat kelayakan pelumas Y bisa dilihat pada tabel 4.

Tabel 3. Kelayakan pelumas X setelah pemakaian

NO	PARAMETER	NILAI	LIMIT MAKSIMAL	KETERANGAN
1	VISKOSITAS KINEMATIK PADA 40°C	BERTAMBAH 26,90%	<25%	DI ATAS LIMIT/NOT OK
2	VISKOSITAS KINEMATIK PADA 100°C	BERTAMBAH 22%	<35%	DI BAWAH LIMIT/OK
3	TITIK NYALA	MENJADI 220°C	>180°C	DI ATAS LIMIT/OK
4	TBN	MENJADI 25,77%	>50%	DI BAWAH LIMIT/NOT OK
5	WEAR METAL CONTENT (Fe)	9 ppm	<100 ppm	DI BAWAH LIMIT/OK

(Sumber: Hasil olah Data Penelitian)

Pada tabel 3 terlihat perubahan kualitas pelumas pakai X setelah pemakaian dengan beberapa parameter. Viskositas pelumas X (*X used oil*) setelah pemakaian bisa dikatakan masih sama baiknya dengan pelumas X sebelum dipakai (*X new oil*) karena perubahan yang terjadi hanya 2,6 %, sehingga dari kelayakan viskositas masih di bawah limit maksimal. Titik nyala masih bagus karena diatas limit. TBN sudah berkurang menjadi 32,65% berarti sudah di bawah limit. Sedangkan Fe konten sebesar 17 ppm mengindikasikan jika keausan mesin masih normal dan masih dalam keausan yang wajar. Keausan pada mesin dikatakan tidak normal jika lebih dari 100 ppm. Maka dari tabel di atas dapat disimpulkan pelumas X sudah layak pakai setelah pemakaian tersebut meskipun beberapa parameter masih bagus, tetapi nilai TBN yang sudah di bawah 50% yang tentunya tidak mampu menetralkan asam, jika tetap pakai dapat beresiko korosi pada komponen mesin. Sedangkan kemampuan pelumas X untuk mencegah keausan cukup bagus.

Tabel 4. Kelayakan pelumas X setelah pemakaian

NO	PARAMETER	NILAI	LIMIT MAKSIMAL	KETERANGAN
1	VISKOSITAS KINEMATIK PADA 40°C	BERTAMBAH 2,6%	<25%	DI BAWAH LIMIT/OK
2	VISKOSITAS KINEMATIK PADA 100°C	0,0% (TETAP SAMA)	<35%	DI BAWAH LIMIT/OK
3	TITIK NYALA	MENJADI 226°C	>180°C	DI ATAS LIMIT/OK
4	TBN	MENJADI 32,65%	>50%	DI BAWAH LIMIT/NOT OK
5	WEAR METAL CONTENT (Fe)	17 ppm	<100 ppm	DI BAWAH LIMIT/OK

(Sumber: Hasil olah Data Penelitian)

Dari tabel 4 terlihat beberapa penurunan parameter dari Pelumas Y setelah pemakaian. Viskositas berubah sebesar 26,9% yang berarti sudah melewati batas maksimal yang diijinkan yaitu 25%. Berarti setelah pemakaian tersebut pelumas Y memiliki viskositas yang kurang bagus. Titik nyala masih bagus karena diatas limit maksimal. Sedangkat TBN sudah menurun cukup jauh hingga tersisa 25,77%, hal ini tentu saja sudah dibawah limit yang diijinkan sebesar 50%. Kandungan Fe pada pelumas Y sangat rendahhanya 9 ppm. Hal ini menunjukan kemampuan

pelumas Y dalam menciptakan lapisan oil film sangat baik mengurangi keausan pada komponen mesin. Dengan kandungan besi yang hanya 9 ppm menunjukkan keausan yang normal pada mesin. Maka dari tabel 4.3 dapat disimpulkan bahwa setelah rentang waktu pemakaian tersebut pelumas Y harus diganti dengan yang baru karena parameter viskositas dan TBN sudah tidak bagus. Dari tabel 4.3 juga menunjukkan jika pelumas Y lebih unggul dibanding pelumas X dalam hal mencegah keausan pada komponen.

4. KESIMPULAN

Dari pengujian yang sudah dilakukan terbukti bahwa viskositas pelumas X (*X used oil*) setelah pemakaian bisa dikatakan masih sama baiknya dengan pelumas X sebelum dipakai (*X new oil*) karena perubahan yang terjadi hanya 2.6% sehingga dari kelayakan viskositas masih di bawah limit maksimal yaitu 25%.

Sedangkan pelumas Y setelah pemakaian. viskositas berubah sebesar 26,9% yang berarti sudah melewati batas maksimal yang diijinkan yaitu 25%. Berarti setelah pemakaian tersebut pelumas Y memiliki viskositas yang kurang bagus.

DAFTAR PUSTAKA

- CIMAC. (2000). Recommendations For Lubrication of gas engine. Frankfurt: Author
- Fajar, Risqon & Yubaidah, Siti (2007). Penentuan Kualitas Pelumasan Mesin, Balai Temodinamika Motor dan Sistem Propulsi BPPT.
- Stachowiak, Gwidon & Batchelor, Andrew S. (2013). Engineering Tribology. Oxford: Butterworth-Heinemann.
- Widarmadi, I. (2020). Analisa Oli. Modul Perkuliahan Teknik Pemeliharaan Mesin Institut Teknologi Budi Utomo

ANALISIS DAN PERANCANGAN APLIKASI KASIR PADA BENGKEL ANDI MOTOR BERBASIS ANDROID

Wibisono

Program Studi Teknik Informatika, FTI, Institut Teknologi Budi Utomo Jakarta,
wibi72jkt@gmail.com

Abstrak

Di era perkembangan teknologi yang menuntut kita sebagai manusia yang harus berkembang terutama dalam mengikuti perkembangan jaman. Disini penulis mencari solusi membuat aplikasi kasir yang ditujukan untuk mengganti sistem manual yang masih digunakan pada Bengkel Andi. Dalam metodologi Penelitian sistem penulis memakai metode kualitatif dalam Penelitian aplikasi ini. Dalam pemodelan pembuatan aplikasi memakai UML dalam pemodelan pembuatan aplikasi. Dalam pembuatan aplikasi ini menggunakan bahasa pemrograman java serta dilengkapi dengan bahasa php.

Kata kunci: aplikasi kasir. *android, kualitatif, UML, Java, Php, MYSQL.*

1. PENDAHULUAN

Masyarakat modern saat ini tidak bisa lepas dari perangkat telekomunikasi dalam aktivitasnya sehari-hari. Fungsi dari perangkat telekomunikasi seperti *handphone* atau *smartphone* sudah semakin luas. *Smartphone* digunakan bukan hanya untuk mengirim pesan singkat atau melakukan panggilan saja, tetapi dapat digunakan untuk melihat *email*, mendengarkan musik, menonton video, *games*, dan lain-lain.

Sistem operasi *mobile* yang paling dominan digunakan dalam pasar global saat ini adalah *Android*. Banyaknya aplikasi gratis yang dapat diunduh menyebabkan sistem operasi *android* semakin digemari masyarakat. Aplikasi *android* dapat dibedakan menjadi beberapa kategori seperti entertainment, edukasi, *health application*, akunting, dan berbagai macam kategori lainnya. Aplikasi *android* pun dapat membantu pengguna dalam bidang bisnis seperti aplikasi penjualan pembelian berbasis *android* ini.

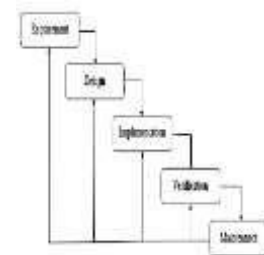
Pemanfaatan teknologi *android* kami terapkan pada bengkel Andi Motor yang memerlukan teknologi yang mudah digunakan, seperti aplikasi penjualan pembelian berbasis *android*. Aplikasi penjualan pembelian berbasis *android* ini dapat membantu pemilik bengkel Andi Motor karena penjualan dapat ditangani oleh para pegawai sehingga mengurangi antrian yang terlalu panjang.

Aplikasi ini juga mencatat jenis barang yang terjual pada periode waktu tertentu sehingga dapat diperoleh trend penjualan

pada periode tersebut. Trend penjualan ini dapat menjadi acuan pihak bengkel Andi Motor untuk memesan barang lebih banyak sesuai dengan prediksi barang yang akan terjual pada periode tersebut.

2. METODOLOGI

Metode yang digunakan untuk pengembangan sistem penelitian ini adalah *Software Development Life Cycle* (SDLC) dengan model Waterfall. Waterfall Model atau *Classic Life Cycle* merupakan model yang paling banyak dipakai dalam *Software Engineering* (SE). *Waterfall* model memiliki lima tahapan yaitu :



Gambar 1 Waterfall

2.1 Desain (Design)

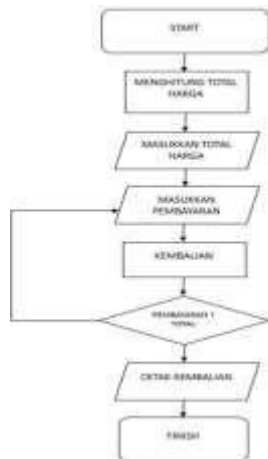
Tahapan ini dilakukan untuk mengubah kebutuhan-kebutuhan menjadi representasi ke dalam bentuk "*blueprint*" software sebelum *coding* dimulai. *Blueprint software* dalam penelitian ini menggunakan UML. Berikut komponen dari fase design :

1. Arsitektur Design

Merancang diagram-diagram UML, yang menggambarkan struktur dasar yang menopang sistem absen menggunakan

Gambar 2. Flowcart Gambaran Sistem Yang Akan Dibuat
Sumber: Hasil Penelitian

teknologi geofencing. Diagram-diagram UML yang dimaksud adalah, *Use case Diagram, Activity Diagram, Class*



Diagram, Sequence Diagram

2. Interface Design

Pembuatan mockup yang mempresentasikan Graphical User Interface (GUI) dari setiap user yang terdapat pada aplikasi ini, yang disesuaikan dengan hak akses masing-masing user.

2.2 Implementasi (Implementation)

Tahapan ini merupakan proses penulisan coding program berdasarkan blueprint yang telah dibuat untuk membangun aplikasi “Bengkel Andi Motor”, dengan menggunakan *Android Studio Integrated Development Environment (IDE)*.

2.3 Verifikasi (Verification)

Tahapan ini merupakan proses pengujian aplikasi yang telah dibuat menggunakan metode pengujian *black box* untuk mengetahui apakah desain aplikasi sudah sesuai dan berjalan tanpa adanya bug atau error.

2.4 Pemeliharaan (Maintenance)

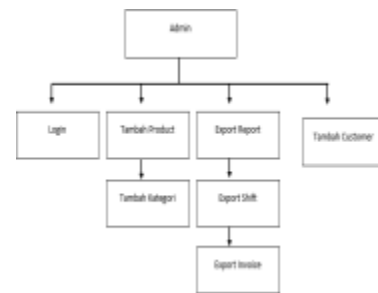
Tahapan ini merupakan proses pemeliharaan suatu software, termasuk di dalamnya adalah pengembangan, karena software yang dibuat tidak selamanya hanya seperti itu. Ketika dijalankan mungkin saja masih terjadi bug atau error kecil yang tidak ditemukan pada tahap pengujian, atau ada penambahan fitur-fitur yang belum ada pada software tersebut.

2.5 Gambaran Sistem Yang Akan Dibuat

Sistem yang akan dibuat yaitu sebuah aplikasi dengan nama “Bengkel Andi” yang akan dengan mudah di akses dengan menggunakan perangkat *smartphone* atau ponsel berbasis *android*. Aplikasi ini nantinya memiliki fungsi untuk admin melakukan aktivitas kasir untuk memudahkan Bengkel Andi dalam menjalankan usaha bisnisnya.

2.6 Struktur Navigasi Aplikasi

Berikut ini merupakan struktur navigasi sistem aplikasi kasir berbasis *android* :



Gambar 3 Struktur Navigasi Admin
Sumber: Hasil Penelitian



Gambar 4 Struktur Navigasi Android
Sumber: Hasil Penelitian

3 HASIL DAN PEMBAHASAN
3.1. Tampilan Perancangan Interface



Gambar 5 Implementasi Halaman Admin
 Sumber: Hasil Penelitian

Aplikasi

Implementasi *interface* memperlihatkan



hasil interface dari aplikasi dengan nama “Bengkel Andi”. Implementasi interface dalam aplikasi Bengkel Andi yaitu :

1. Implementasi Halaman *Login*

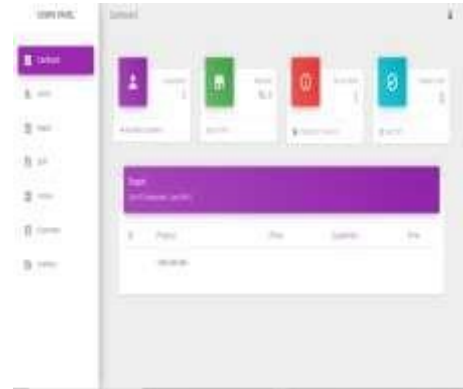


Gambar 6 Implementasi Halaman *Login*
 Sumber: Hasil Penelitian

2. Implementasi pada tahap ini menampilkan tampilan login dari aplikasi Bengkel Andi. Implementasi Halaman Utama

Implementasi pada tahap ini menampilkan tampilan utama dari aplikasi Bengkel Andi.

- 3. Tampilan Halaman *Admin*
- 4. Implementasi pada tahap ini menampilkan menu admin dari aplikasi Bengkel Andi.



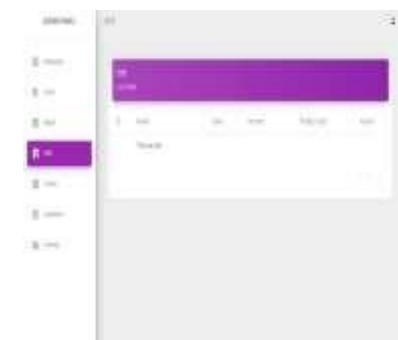
Gambar 7 Implementasi Halaman Utama
 Sumber: Hasil Penelitian

- 5. Implementasi Halaman *Report*
- Implementasi pada tahap ini menampilkan tampilan report dari aplikasi Bengkel Andi.



Gambar 8 Implementasi Halaman *Report*
 Sumber: Hasil Penelitian

- 6. Implementasi Halaman *Shift*
- Implementasi pada tahap ini menampilkan tampilan *shift* dari aplikasi Bengkel Andi.



Gambar 9 Implementasi Halaman *Shift*
 Sumber: Hasil Penelitian



Gambar 10 Implementasi Halaman Invoice
Sumber: Hasil Penelitian

7. Implementasi Halaman *Invoice*



Gambar 11 Implementasi Halaman *Customer*
Sumber: Hasil Penelitian

Implementasi pada tahap ini menampilkan tampilan invoice dari aplikasi Bengkel Andi.

8. Implementasi Halaman *Customer*
Implementasi pada tahap ini menampilkan tampilan *customer* dari aplikasi Bengkel Andi.



Gambar 12 Implementasi Halaman *Inventory*
Sumber: Hasil Penelitian

9. Implementasi Halaman *Inventory*
Implementasi pada tahap ini menampilkan tampilan *inventory* dari aplikasi Bengkel Andi.



Gambar 13 Implementasi Halaman Utama
Sumber: hasil penelitian

10. Implementasi Halaman Utama *Android*
Implementasi pada tahap ini menampilkan tampilan utama *android* dari aplikasi Bengkel Andi.

11. Implementasi Halaman Keranjang *Android*
Implementasi pada tahap ini menampilkan tampilan keranjang *android* dari aplikasi Bengkel Andi.

12. Tampilan Halaman Pembayaran *Android*
Implementasi pada tahap ini menampilkan tampilan Pembayaran *android* dari aplikasi Bengkel Andi.



Gambar 18 Implementasi Halaman

Gambar 19 Implementasi Pembayaran Selesai
Sumber: hasil penelitian

4. KESIMPULAN

Dari proses identifikasi hingga proses implementasi penulis dapat memberikan kesimpulan sebagai berikut :

1. Aplikasi “Bengkel Andi” ini menjadikan pengguna dalam melakukan pencatatan transaksi.
2. Aplikasi “Bengkel Andi” menggunakan menggunakan php sebagai media untuk ditampilkan sebagai *website* sedangkan untuk *android* menggunakan kotlin.
3. Pengujian Aplikasi pada *Smartphone* berbasis *android* dengan sistem operasi *android* versi terbaru berjalan dengan lancar.

DAFTAR PUSTAKA

- Sopongi. 2016. Sistem Informasi Donasi Berbasis *Hybrid Mobile* Menggunakan *Web Service* pada Yayasan Solo Peduli. Naskah Publikasi. STMIK Duta Bangsa Surakarta. Surakarta.
- Tompoh. J. F, Sentinuwo. S. R, Sinsuw. A. A. E. 2016. Rancang Banngun Aplikasi Pemesansn Menu Makanan Restoran Berbasis *Android*. Naskah Publikasi. Teknik Informatika Universitas Sam Ratulangi Manado
- Adelia, Efdom. Y. A. 2013. Perancangan dan Pembangunan Sistem Informasi Penjualan *Online* pada Toko Tinta. Naskah Publikasi. Universitas Kristen Maranatha Bandung. Bandung.
- Jamal. A, Yilianto. L. 2013. Rancang Bangun Sistem Informasi Aplikasi Kasir Menggunakan *Barcode Reader* Pada Tokodan Jasa Widodo *Computer* Ngadirojo Kabupaten Pacitan.
- Fachrul Barry Sholih (2014) Perancangan Aplikasi Kasir Batik Berbasis *Android*, Universita Muhammadiyah Surakarta, Surakarta
- Kuncoro, Dwi (2019) Aplikasi Toko Perabot Rumah Tangga Berbasis *Android*, Universitas Bina Sarana Informatika
- Akmal, Efendi. (2019) Pelatihan Pembuatan Aplikasi *Android* Dengan *Android Studio*, STMIK.
- Mulyadi (20100) Membuat Aplikasi Untuk *Android* Multimedia Center Publishing, Yogyakarta

ANALISA PENGARUH SOLAR DAN PERTALITE TERHADAP HASIL FILM RADIOGRAFI PENGUJIAN NDT PADA PIPA SS 6 INCHI SCHEDULE STANDARD

Indra Widarmadi

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

iwidarmadi@yahoo.com

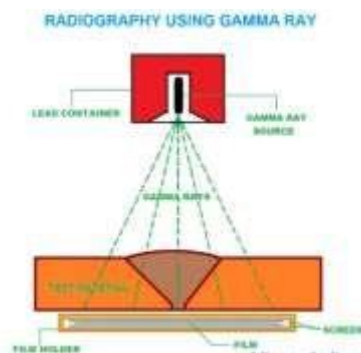
Abstrak

Sudah menjadi kewajiban untuk suatu pekerjaan pipeline memerlukan pemeliharaan berkala pada pipa-pipa yang sedang beroperasi menyalurkan fluida atau gas. Dalam pemeliharaan ini tidak mungkin untuk menghentikan proses produksi yang sedang berjalan dikarenakan faktor pertimbangan ekonomis ketika proses produksi tersebut dihentikan. Penelitian ini dimulai dengan mempersiapkan spesimen yaitu pipa Stainless Steel berdiameter 6 inchi schedule standar. Dimana pada bagian tengahnya di las dan diberi valve untuk memasukan fluida. Sambungan las kemudian di uji radiografi dengan kondisi pipa terisi fluida solar dan satunya lagi terisi fluida pertalite. Hasil film radiografi di ukur untuk mendapatkan nilai densitasnya. Nilai densitas diukur menggunakan densitometer yang ditempelkan pada film kemudian ditampilkan oleh viewer. Dari penelitian didapat hasil film radiografi sambungan pipa yang berisi fluida solar dan pertalite terdapat perbedaan nilai densitas pada waktu 1 menit , 3 menit, dan 5 menit. Nilai densitas di bawah 2 di dapat dalam waktu 1 menit, dan dengan waktu 3 menit nilai densitas sekitar 2. Untuk waktu 5 menit nilai densitas lebih dari 4. Nilai densitas 2 dengan waktu 3 menit adalah hasil yang bisa memenuhi syarat diterima sesuai standar ASME BPVC Section V article 2.

Kata kunci : Fluida, pipeline, radiografi, densitas, viewer.

1. PENDAHULUAN

Uji radiografi banyak dipilih untuk mengetahui kondisi suatu konstruksi atau instalasi pipa, karena teknik ini akan menggambarkan secara jelas gambar kondisi bahan yang diinspeksi. Radiografi Test dilakukan pada saat perawatan/perbaikan pipa aliran fluida agar tidak terjadi *shutdown* di lapangan yang mengakibatkan terhentinya proses produksi. Radiografi dapat dilakukan dengan sumber radiasi yang berupa sinar gamma atau sinar x .Sinar gamma atau sinar x dengan focal spot “f” yang di lewatkan pada benda uji tersebut dan Sebagian lagi akan di teruskan sampai ke film (detector). Besar energi radiasi yang di serap oleh benda uji bergantung pada tebal dan kerapatan bagian benda uji tersebut. Bagian yang lebih tipis dan kerapatan yang lebih kecil atau terdapat diskontinuitas (ketidakteraturan dalam material), contoh *defect gas inclusion* akan menyebabkan radiasi yang diteruskan akan lebih banyak .Radiasi yang di teruskan akan sampai ke film radiografi dan terjadi reaksi fotokimia, sehingga film radiografi pada bagian ini akan menjadi lebih hitam di banding bagian sekeliling nya.



Gambar 1. Sketsa pengujian Radiografi
 Sumber:(<https://www.weldingandndt.com/wpcontent/uploads/2017/10/radiography.jpg> by Sandeep Anand)

Bahan pipa SS 6 Inchi schedule standar yang dipilih sebagai material uji adalah dilakukan dengan model pengelasan horizontal posisi 2 G, sebagaimana di ambil dari referensi gambar berikut :



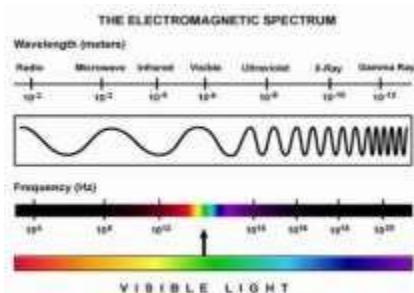
Gambar 2. Posisi pengelasan 2G
 Sumber: (<https://www.pengelasan.net/posisi-pengelasan> by Achmadi)

Adapun gambar benda uji dapat di lihat pada specimen berikut.



Gambar 3. Benda uji pipa 6 inci Stainless steel
(Sumber : Dokumen pribadi)

Sinar gamma adalah gelombang elektromagnetik yang memancarkan energi dalam bentuk paket yang disebut foton. Ketika sinar gamma menembus suatu zat, sinar gamma juga mengionisasi zat tersebut. Besarnya serapan posisi ketika melewati suatu benda bergantung pada ketebalan dan kerapatan posisi tersebut. Dengan mendeteksi perubahan ini dan merekamnya di film, struktur bagian dalam material dapat dipetakan. Gambar laten yang terbentuk dalam film menjadi gambar sampel ketika film diperlakukan dengan benda uji dengan mengatur spektrum gelombang berdasarkan frekuensi gelombang. Gelombang frekuensi terendah berada di sebelah kiri gelombang frekuensi tertinggi berada di sebelah kanan.



Gambar 4. Spektrum gelombang elektronik
Sumber:(<https://idepaduanwarna.blogspot.com/2019/07/sinar-tampak-yang-memiliki-frekuensi.html> by Gery_Alfonsus)

Efek Fotolistrik

Efek fotolistrik adalah fenomena di mana cahaya berkedip pada permukaan logam, elektron dipancarkan dari logam, dan arus listrik terjadi ketika terhubung ke sirkuit tertutup. Ini ditemukan oleh Heinrich Rudolf Hertz melalui efek fotolistrik. Kemudian Einstein mampu menjawab fenomena ini. Sebenarnya hanya cahaya yang sesuai saja

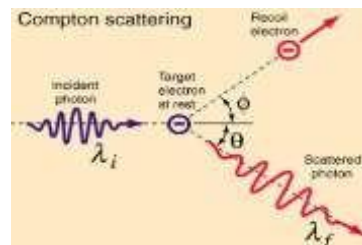
yang mempunyai frekuensi lebih besar dari frekuensi-frekuensi tertentu yang bisa memungkinkan untuk melepas elektron dari plat logam. Adapun frekuensi tertentu dari suatu cahaya yang mana elektron terlepas dari permukaan logam disebut.



Gambar 5. Efek Fotolistrik
Sumber: (<https://satujam.com/efek-fotolistrik/> by Afif)

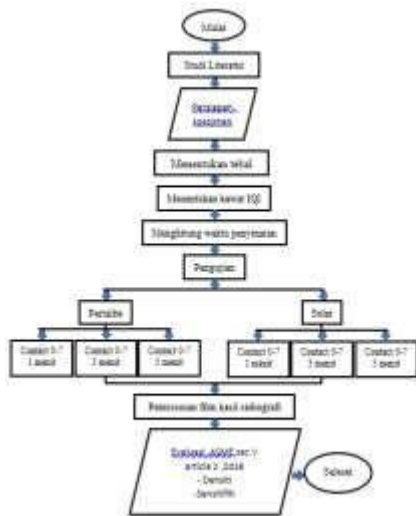
Efek Compton

Efek Compton terjadi ketika foton berinteraksi dengan elektron stasioner, dan ketika elektron dihamburkan, foton dihamburkan. Ketika seorang ilmuwan bernama Compton menemukan efek Compton pada tahun 1923, ia sedang melakukan percobaan dengan merekam sinar-X yang berasal dari lembaran tipis bahan radioaktif. Gelombang merambat seperti yang ditunjukkan pada gambar di bawah ini.



Gambar 6. Efek Compton
Sumber:(<https://fisikaasikdotcom.wordpress.com/2012/03/16/efek-compton-pair-production-dan-ketidaktentuan-heisenberg/> by Anaherik)

2. METODOLOGI



Gambar 7. Diagram Alir Penelitian

Kamera radiografi gamma-ray

Radiografi digunakan untuk memeriksa cacat logam pada bagian dalam hasil lasan . Sinar gamma dihasilkan dari sumber radioaktif yang didapat dari radiosotop suatu unsur yang memancarkan suatu sinar untuk menuju proses kestabilan. Aktifitas yang digunakan untuk penelitian terhitung 21 Desember 21 adalah 9 Ci yakni menentukan aktifitas dengan decaycahrt. Kamera radiografi dapat dilihat pada gambar berikut :



Gambar 8. Kamera Radiografi Gamma Ray (Sumber : Dokumen pribadi)

Lead Marker

Lead marker digunakan untuk memberi tanda pada benda uji yang akan di tembak, yang berfungsi memberi tanda atau kode yang sama antara benda uji dan film. Tanda akan muncul pada saat film sudah dicuci, pemberian tanda ini supaya mudah untuk diidentifikasi. Lead marker dapat dilihat pada gambar berikut :



Gambar 9. Lead marker dari timah (Sumber : Dokumen pribadi)

Penetrameter IQI

IQI adalah benda berupa kawat atau berlubang (hole) yang di letakkan di atas objek yang akan di uji radiografi . 1 set Wire Image Quality Indicator (IQI) tersusun atas beberapa jumlah kawat (6 kawat) dengan diameter bervariasi semakin kecil citra diameter kawat IQI yang muncul pada film radiografi berarti sensitifitas film semakin baik.



Gambar 10. Peny 1B (Sumber : Dokumen pribadi)

Film Radiografi

Film radiografi berfungsi untuk merekam atau menangkap gambar dengan jelas isi pipa atau cacat pada lasan ,pada kesempatan ini peneliti tidak berfokus pada cacat lasan tapiberfokus pada kualitas film dengan adanya aliran fluida di dalam pipa dan film diterima menurut standart ASME BPVC V article 2 2019 .Digunakan Film Fuji film 100 XD . Film radiografi dapat di lihat pada gambar berikut:



Gambar 11. Fuji fikh 100 XD (Sumber : Dokumen pribadi)

Viewer

Viewer adalah alat yang dirancang untuk membantu dan mempermudah dalam membaca ataupun menginterpretasi film radiografi. Viewer ini pencahayaan dapat diatur untuk menginterpretasi cacat pada film radiografi tersebut. Alat viewer dapat dilihat pada gambar berikut :



Gambar 12. Viewer
(Sumber : Dokumen pribadi)

Densitometer

Densitometer adalah sebuah alat yang digunakan untuk mengukur tingkat kehitaman atau densitas suatu film radiografi dengan output menunjukkan suatu angka tingkat kehitaman atau densitas suatu hasil film yang sudah mengalami pencucian. Densitometer dapat dilihat sebagai berikut :



Gambar 13. Densitometer
(Sumber : Dokumen pribadi)

Solar dan Peralite

Pada kesempatan ini peneliti akan mencoba fluida yang terisi solar dan pertalite yang ada di dalam pipa. Massa jenis atau kerapatan adalah pengukuran massa setiap Satuan volume benda. Solar dengan massa jenis 820 – 870 kg/m³ dan massa jenis pertalite 729.63 kg/m³.

Masking Tape

Masking tape digunakan untuk merekan kan lead marker, IQI dan Film pada benda uji lasan.

Baricade / Tali Kuning Radiation

Tali kuning radiation di gunakan untuk mengamankan/tanda tempat agar tidak ada orang yang melintas karna ada nya pekerjaan radiaografi.



Gambar 14. Tali kuning Radiation
(Sumber : Dokumen pribadi)

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Berisi tentang hasil dan pembahasan data penelitian sebagai berikut :

Tabel 1. Standar menentukan IQI

Nominal Single Wall Material Thickness Range, in. (mm)	IQI					
	Steel Plate			Pipe		
	Wire Type	Essential Wire	Wire Type	Wire Type	Essential Wire	Wire Type
Up to 0.25 (6.35)	12	27	3	18	27	6
Over 0.25 through 0.375 (6.35 through 9.52)	12	27	6	12	27	6
Over 0.375 through 0.50 (9.52 through 12.7)	12	27	6	12	27	6
Over 0.50 through 0.75 (12.7 through 19.0)	20	27	6	17	27	6
Over 0.75 through 1.00 (19.0 through 25.4)	20	27	6	17	27	6
Over 1.00 through 1.50 (25.4 through 38.1)	20	27	18	20	27	6
Over 1.50 through 2.00 (38.1 through 50.8)	20	27	12	20	27	18
Over 2.00 through 2.75 (50.8 through 69.9)	20	27	12	20	27	12
Over 2.75 through 4.00 (69.9 through 101.6)	20	27	12	20	27	12
Over 4.00 through 6.00 (101.6 through 152.4)	20	27	14	20	27	12
Over 6.00 through 8.00 (152.4 through 203.2)	20	27	14	20	27	14
Over 8.00 through 10.00 (203.2 through 254.0)	20	27	17	20	27	14
Over 10.00 through 12.00 (254.0 through 304.8)	20	27	18	20	27	17
Over 12.00 through 14.00 (304.8 through 355.6)	20	27	20	20	27	18
Over 14.00 through 20.00 (355.6 through 508.0)	20	27	22	20	27	20

(Sumber ASME BPVC sec.V, 2019, ASME, New York, NY, The American Society of Mechanical Engineers)

Tabel 2. Menentukan dimensi kawat las IQI

Set A		Set B	
Wire Diameter, in. (mm)	Wire Identity	Wire Diameter, in. (mm)	Wire Identity
0.0032 (0.081)	1	0.010 (0.254)	6
0.004 (0.10)	2	0.013 (0.33)	7
0.005 (0.13)	3	0.016 (0.41)	8
0.0063 (0.16)	4	0.020 (0.51)	9
0.008 (0.20)	5	0.025 (0.64)	10
0.010 (0.25)	6	0.032 (0.81)	11
Set C		Set D	
Wire Diameter, in. (mm)	Wire Identity	Wire Diameter, in. (mm)	Wire Identity
0.032 (0.81)	11	0.100 (2.54)	16
0.040 (1.02)	12	0.126 (3.20)	17
0.050 (1.27)	13	0.160 (4.06)	18
0.063 (1.60)	14	0.200 (5.08)	19
0.080 (2.03)	15	0.250 (6.35)	20
0.100 (2.54)	16	0.320 (8.13)	21

Sumber: hasil penelitian

Menghitung waktu penyinaran

Rumus DWSV (contact) (1.1)

Exposure Time =

$$\frac{Thk (inch) \times jml\ tebal \times 1,2 \sqrt{\frac{shifd}{ln}} \times 6,5 \times SFD^2}{60 \times Ci}$$

(Sumber ASME BPVC sec.V, 2019, ASME, New York, NY, The American Society of Mechanical Engineers)

Sehingga di dapat hasil 1 menit 2 detik. Selanjutnya di kali 3, kemudian 5 disesuaikan dengan kebutuhan pendataan.

Penyinaran menggunakan tehnik DWSV dimana kontak dengan pipa terisi pertalite percobaan dilakukan 3 kali dengan waktu yang berbeda yaitu 1 menit ,3 menit dan 5 menit pada lokasi 0-7 dengan aktifitas 9 Ci ,film yang digunakan Fujifilm 100 XD 4"x10". Hal yang sama dilakukan dengan media pipa terisi bahan fuida solar.

Proses film dilakukan di ruang gelap dengan menggunakan lampu merah lalu membuka kaset dan mengambil film, kemudian diletakkan pada hanger lalu dicelupkan ke dalam larutan developer (basa). Bukakan kaset, celupkan film di larutan developer selama 3 menit dengan diguncangkan / agitasi pada hanger setelah 3 menit film. Pindahkan ke stopbath (netral). Jika sudah cukup lalu terakhir dicelupkan ke dalam fixer selama 2x waktu dalam developer 6 menit ,jika sudah selesai ambil film bilas dengan air bersih lalu jemur.

Hasil pengukuran densitas fluida dapat di tampilkan dalam tabel tabel berikut sebagai data aktual pengujian :

Tabel 3. Hasil densitas Pertalite waktu 1 min

No.	Parameter	Persyaratan ASME V artc 2	Hasil	Pemenuhan syarat
1	Identifikasi	Ada	Ada	Memenuhi
2	Marker lokasi	Ada	Ada	Memenuhi
3	Sensitifitas IKB (IQI)	Tampak kawat IKB no.6	Tampak kawat IKB no.8	Tidak memenuhi
4	Densitas radiografi	1,8 s/d 4	1,55 s/d 1,72	Tidak memenuhi
5	Variasi densitas	-15% s/d +30%	-3,7 % s/d +6,8 %	Memenuhi

Sumber: hasil penelitian

Tabel 4. Hasil densitas solar waktu 1 min

No.	Parameter	Persyaratan ASME V artc 2	Hasil	Pemenuhan syarat
1	Identifikasi	Ada	Ada	Memenuhi
2	Marker lokasi	Ada	Ada	Memenuhi
3	Sensitifitas IKB (IQI)	Tampak kawat IKB no.6	Tampak kawat IKB no.8	Tidak memenuhi
4	Densitas radiografi	1,8 s/d 4	1,58 s/d 1,71	Tidak memenuhi
5	Variasi densitas	-15% s/d +30%	-3,06 % s/d +5,5 %	Memenuhi

Sumber: hasil penelitian

Demikian pula untuk pengukuran densitas pertalite dan solar dalam selang waktu 3 menit adalah sebagai berikut :

Tabel 5. Hasil densitas pertalite selang ukur 3 min

No	Parameter	Persyaratan ASME V artc 2	Hasil	Pemenuhan syarat
1	Identifikasi	Ada	Ada	Memenuhi
2	Marker lokasi	Ada	Ada	Memenuhi
3	Sensitifitas IKB (IQI)	Tampak kawat IKB no.6	Tampak kawat IKB no.6	Memenuhi
4	Densitas radiografi	1,8 s/d 4	2,25 s/d 2,43	Memenuhi
5	Variasi densitas	-15% s/d +30%	-2,17 % s/d +5,6 %	Memenuhi

Sumber: hasil penelitian

Tabel 6. Hasil densitas solar selang ukur 3 min

No	Parameter	Persyaratan ASME V artc 2	Hasil	Pemenuhan syarat
1	Identifikasi	Ada	Ada	Memenuhi
2	Marker lokasi	Ada	Ada	Memenuhi
3	Sensitifitas IKB (IQI)	Tampak kawat IKB no.6	Tampak kawat IKB no.6	Memenuhi
4	Densitas radiografi	1,8 s/d 4	2,28 s/d 2,47	Memenuhi
5	Variasi densitas	-15% s/d +30%	-1,74 % s/d +6,4 %	Memenuhi

Sumber: hasil penelitian

Perbedaan transmisi pada tepi lasan menimbulkan pola densitas yang sama tetapi berbeda dengan waktu penyinaran yang berbeda ,densitas kurang dari 2 pada waktu penyinaran 1 menit ,densitas di atas 2 pada waktu penyinarana 3 menit dan densitas di atas 4 pada waktu penyinaran 5 menit

Dari ketiga hasil pengukuran densitas selang waktu terbaik memenuhi syarat adalah waktu 3 menit.

4. KESIMPULAN

1. Densitas film akan menurun seiring adanya fluida di dalam pipa.
2. Waktu selang pengukuran 3 menit adalah yang dapat memenuhi syarat densitas sesuai standar ASME V artikel 2.

DAFTAR PUSTAKA

- Achmadi, 2020, pengelasan, 13 November 2021 (<https://www.pengelasan.net/posisi-pengelasan>)
- Afif, 2017, Proses terjadinya efek fotolistrik beserta pengertian nya lengkap, 15 November 2021 (<https://satujam.com/efek-fotolistrik/>)
- Alfonsus, Gerry, 2019, Sifat gelombang elektromagnet, 15 November 2021 (<https://idepaduanwarna.blogspot.com/2019/07/sinar-tampak-yang-memiliki-frekuensi.html>)
- Anaherik, 2012, Efek compton, pair production, dan ketidakpastian heisenberg, 16 November 2021 (<https://fisikaasikdotcom.wordpress.com/2012/03/16/efek-compton-pair-production-dan-ketidakpastian-heisenberg/>)
- Anand, Sandeep, 2017, welding & NDT, 13 November 2021 (<https://www.weldingandndt.com/radiography-testing/>)
- ASME BPVC sec.V, 2019, ASME, New York, NY, The American Society Of Mechanical Engineers

MERANCANG SISTEM KEAMANAN SEPEDA MOTOR MENGUNAKAN AMR VOICE (ANDROID) DAN MIKROKONTROLLER ARDUINO UNO DENGAN KOMUNIKASI BLUETOOTH

Sigit Wibisono

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

Abstrak

Tindak kejahatan pencurian sepeda motor saat ini begitu seringnya terjadi. Berbagai cara pelaku tindak kejahatan pencurian sepeda motor, begitu mudahnya dan begitu cepatnya dilakukan seolah tidak ada kesulitan. Pencurian sepeda motor ini memakan korban kepada pemilik sepeda motornya yang dalam keadaan standar, atau tanpa dilengkapi sistem keamanan tambahan. Perkembangan teknologi saat ini sangat membantu masyarakat dalam hal meredam tindak kejahatan. Dalam implementasinya adalah meredam tindak kejahatan pencurian sepeda motor. Dengan menambahn perangkat sistem keamanan *AMR Voice (Smartphone Android)* dan Mikrokontroler Arduino Uno, serta komunikasi melalui Bluetooth yang diberikan maka sistem ini bisa bekerja. Sistem keamanan ini mengembangkan perangkat yang sudah ada, yaitu system embedded atau sistem tertanam mikrokontroler dengan board Aduino Uno. Jika dengan menambahkan sistem keamanan ini maka melalui telephone pintar berbasis Android, suara dikirim yang dikenali saja yang akan mengaktifkan sepeda motor. Sehingga dengan begitu maka sepeda motor akan terselamatkan oleh pelaku tindak pencurian. Kata kunci: amr voice, mikrokontroler, Arduino uno, smartphome, android,embedded.

1. PENDAHULUAN

Tindak kejahatan khususnya pencurian kendaraan sepeda motor saat ini bisa berlaku kepada siapa saja dan dimana saja. Mudah sekali pelaku kriminal pencurian sepeda motor melaksanakan niatnya. Di perkotaan dan di pedesaan, di sarana umum atau di halaman rumah. Terutama di tempat belanja seperti minimarket yang notabene tidak ada penjaga atau juru parkirnya. Area parkir yang tidak terlalu luas serta telah dilengkapai kamera cctv belum bisa membantu menyelesaikan menurunkan tindak pencurian. Kendati sepeda motor telah ditambahkan alat pengaman tambahan berupa kunci pengaman tambahan, belum cukup mengurangi tindak pencurian. sehingga

Perlu kiranya menambahkan perangkat tambahan pengaman pada sepeda motor, agar pemilik merasa nyaman meninggalkannya di area parkir tempat belanja atau di halaman rumah. Saat ini sudah banyak alat pengaman tambahan elektronik berupa alarm, yang dijual pada toko spare part sepeda motor. Adapaun alat akan dirancang dan dibuat ini berbeda dengan yang ada dipasaran. Sistem keamanan tersebut menggunakan 1 (satu) jenis mikrokontroler dan 2 (dua) jenis sensor yaitu : Mikrokontroler Arduino Uno,

Bluetooth Shiled, Servo Shiled dan Mini Servo. Pada mikrokontroler menggunakan jenis Arduino Uno R3 dan pada sensor bluetooth shiled menggunakan jenis Itead Bluetooth Shiled (Master Slave v 2.2), untuk menggerakkan servo menggunakan Servo Shiled, serta pada Mini Servo menggunakan DFRobot Mini Servo. Prinsip kerja dari sistem keamanan ini adalah smartphome android mengirimkan suatu perintah voice suara yang terlah diberikan oleh user ke bluetooth shiled, setelah data diterima oleh bluetooth shiled, mikrokontroler arduino uno berkerja memberi intruksi untuk memerintahkan Servo Shiled menggerakkan mini servo untuk mengaktifkan atau menonaktifkan sistem motor starter kendaraan motor.

Pada akhirnya dengan menambahkan peralatan tersebut adalah meminimalisir akan kehilangan sepeda motor. Pelaku tindak pencurian sepeda motor akan tidak bisa mengaktifkan sepeda motor, yang biasanya pelaku caranya adalah dengan memaksakan rumah kunci kontak atau merusaknya diputar paksa ke arah kanan. Pelaku akan tidak menyadari walaupun hal bisa ini dilakukan, namun tetap saja sepeda motor tidak akan bisa diaktifkan baik melalui starter elektrikataupun starter engkol.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada sub-bab Hasil dan Pembahasan ini dapat dibagi menjadi beberapa bagian sub-sub-bab yaitu Analisis Strategi Pemecahan Masalah dan Analisa Hasil Pengujian

3.1 Proses Pembuatan Alat

Proses pembuatan alat dibagi menjadi 4 bagian yaitu pada: a)Sepeda Motor, b).Mikrokontroler Arduino, c).Kelistikan Power Inverter, d) Sistem Emergency atau Darurat

- a) Pada Sepeda Motor, yaitu khususnya pada sistem stater elektrik dan saklar on dan off pada bagian standar samping dialihkan pada pembuatan saklar baru untuk memudahkan mini servo dalam bekerja megaktifkan mesin sepeda motor. Ini adalah untuk sepeda motor jenis matic, namun untuk jenis bukan matic cukup pada starter elektrik saja.
- b) Pada bagian Mikrokontroler Arduino Uno dipasangkan sebuah servo shiled, dan bluetooth shiled adalah sebagai jembatan menerima sinyal gelombang data yang dikirim dari smartphone android, dan pada mini servo untuk bagian vcc (power arus daya) dihubungkan pada pin vin yang terkoneksi pada arduino uno yang sudah tertanam servo shiled, untuk bagian gnd (ground atau netral) dihubungkan pada pin gnd yang ada pada arduino uno yang sudah tertanam servo shiled, untuksignal pada mini servo dihubungkan pada pin 5 (dua) digital yang ada pada arduino uno yang sudah tertanam servo shiled.
- c) Pada bagian power inverter dc to ac, dimaksudkan agar pada posisi kunci kontak on maka arus listrik mengalir dan sebaliknya pada posisi kunci kontak off maka arus listrik tidak mengalir, maka pada bagian positif yang ada pada inverter di hubungkan pada arus listrik kontak yang dimana pada kontak kunci terdapat 2 (dua) arus listrik yang keduanya mempunyai listrik yang aktif, akan tetapi ada 1 (satu) jalur listrik yang dimana aktif pada saat kunci kontak on saja, dan diambillah arus listrik pada jalur tersebut. Untuk bagian arus negatif atau ground inverter dialihkan ke masa body motor (kerangka badan motor) yang bersifat netral tidak ada arus listrik.

- d) Sistem emergency atau darurat, terdapat 2 (dua) saklar, pada saklar pertama yaitu berfungsi untuk mengaktifkan mesin dalam keadaan ON/OFF, letak saklar pertama terdapat pada bagian body (kerangka badan motor) kanan belakang sepeda motor. Penempatan saklar tersebut dinilai aman dan terjangkau oleh tangan pengendara motor untuk mengaktifkan motornya dan pada saklar kedua yaitu berfungsi untuk sistem stater sepeda motor, letak saklar kedua ini terdapat pada bagian bagasi sepeda motor. Penempatan saklar tersebut dinilai aman.

Hal tersebut dapat dilihat pada Gambar 8 berikut ini.



Gambar 8 Rangkaian Pembuatan Alat Sistem Keamanan
Sumber: Hasil Penelitian

3.2 CARA KERJA ALAT



Gambar 9 Alur Kerja Alat
Sumber: Hasil Penelitian

Sistem INPUT dari cara kerja alat User pun dapat menggunakan Smartphone android untuk mengontrol sepeda motor tersebut.

Sistem PROSES digital dari smartphone android ke sepeda motor user dapat menkontrol sistem keamanan dan sistem stater otomatis dari sebuah smartphone, jika user

tidak mengkoneksikan smartphone dengan sepeda motor maka user pun tidak akan bisa menghidupkan sepeda motor sebut, terkecuali melewati proses manual mode emergency (darurat) dalam menghidupkan sepeda motor

Sistem OUTPUT yang diberikan sistem dari smartphone ke arduino uno adalah sepeda motor aktif secara otomatis. Jika user ingin mengaktifkan atau menonaktifkan sepeda motor maka user terlebih dahulu harus membuat koneksi antara smartphone android dengan sepeda motor tersebut, jika sudah terkoneksi antara smartphone android dan sepeda motor, maka sepeda motor pun siap untuk menjalankan perintah yang diberikan oleh user melalui smartphone bisa dengan metode digital voice (suara), jika menggunakan metode digital voice maka proses komunikasi data terjadi antara user dan smartphone android, user menekan tombol icon microphone pada aplikasi AMR Voice yang ada pada smartphone android untuk mengaktifkan atau menonaktifkan motor, selanjutnya aplikasi AMR Voice merekam perintah suara yang diberikan oleh user ke server google voice secara online, setelah itu google voice mengklarifikasi kata yang diberikan user tersebut apakah sesuai dengan ejaan bahasa indonesia dan bank data yang di simpan pada server google, jika kata tersebut sudah sesuai server google voice mengirim kembali kata tersebut pada program AMR Voice, dan smartphone android pun mengirimkan suatu sinyal pada bluetooth shield, untuk meneruskan perintah yang sudah diterima kepada mikrokontroller arduino untuk menjalankan perintah kepada servo motor untuk bisa mengaktifkan dan menonaktifkan mesin sepeda motor. Jika user ingin menonaktifkan sepeda motor atau mengakhirinya maka user harus mengkoneksikan kembali antara smartphone android dengan bluetooth shield, setelah terkoneksi antara smartphone dengan bluetooth shield, user menekan tombol icon microphone pada aplikasi AMR Voice yang ada pada smartphone android untuk menonaktifkan mesin sepeda motor tersebut.

3.3 PENGUJIAN ALAT

Pada pengujian alat ada beberapa hal yang disyaratkan agar sistem dapat berjalan sesuai dengan harapan yang telah ditetapkan. Ketentuan persyaratan tersebut adalah yang utama adalah perangkat keras, yaitu sepeda

motor, dalam hal ini menggunakan sepeda motor matic Honda Beat.

Persyaratan Utama kedua adalah ketentuan jarak sepeda motor dengan User tanpa penghalang, bervariasi jarak yang berubah-ubah.



Gambar 10 Jarak Pengujian Tanpa Penghalang
Sumber: Hasil Penelitian

Ketika perangkat keras pada sepeda motor dan aplikasi AMR Voice dengan mengikuti langkah pengujian yang telah ditentukan sebelumnya. Selama pengujian berlangsung tidak terjadi kesalahan sistem saat percobaan sedang berlangsung. Dari pengujian yang telah dilakukan, berikut adalah hasil akhir data yang didapat dari jarak tempuh sepeda motor dengan smartphone android. Adapun hasil pengujian jarak tempuh sepeda motor aktif dengan smartphone android, dapat dilihat pada Tabel 1.

Table 1 Hasil Pengujian jarak tempuh

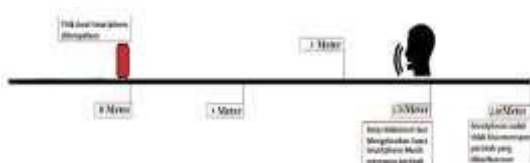
Percobaan	Jarak Tempuh Sepeda Motor dengan Smartphone	Status Pengiriman Perintah	Kondisi / Status Sepeda Motor	
			Mesin Hidup	Mesin Mati
1	0 Meter	Masih Respon	OK Masih Respon	OK Masih Respon
2	35 Meter	Masih Respon	OK Masih Respon	OK Masih Respon
3	70 Meter	Masih Respon	OK Masih Respon	OK Masih Respon

Sumber: Hasil Penelitian

Ketika perangkat keras pada sepeda motor dan aplikasi AMR Voice dengan mengikuti langkah pengujian yang telah di sebutkan sebelumnya. Selama pengujian berlangsung tidak terjadi kesalahan sistem saat percobaan sedang berlangsung. Dari pengujian yang telah dilakukan, berikut adalah hasil akhir data yang didapat dari jarak tempuh smartphone dengan user.

Table 2 Data Pengujian Jarak Jangkauan Suara User

Percobaan	Jarak Smartphone dengan user	Status Pengiriman Perintah	Kondisi / Status Sepeda Motor dan Smartphone	
			Mesin Motor Hidup	Mesin Motor Mati
1	0 Meter	Masih Respon	OK Masih Respon / Bekerja	OK Masih Respon / Bekerja
2	1 Meter	Masih Respon	OK Masih Respon / Bekerja	OK Masih Respon / Bekerja
3	2 Meter	Masih Respon	OK Masih Respon / Bekerja	OK Masih Respon / Bekerja
4	2.25 Meter	Masih Respon	OK Masih Respon / Bekerja	OK Masih Respon / Bekerja
5	2.50 Meter	Tidak Respon	Tidak Respon / Bekerja	Tidak Respon / Bekerja



Gambar 11 Simulasi Jarak suara user yang dapat diterima oleh smartphone android
 Sumber: Hasil Penelitian

Dari hasil percobaan perubahan jarak, yang diambil diatas mengenai jarak suara user yang dapat diterima oleh smartphone android bahwa microphone pada smartphone hanya bisa mencapai titik jarak maksimal jangkauan 2.25 meter, mulai dari titik 0 (nol) smartphone ditempatkan hingga titik akhir user 2.25 meter, pada percobaan diatas user mencoba hingga titik jangkauan 2.50 meter dan mendapatkan hasil bahwa smartphone tidak bisa merespon perintah yang user berikan, sehingga eksekusi proses dalam menghidupkan mesin dan menonaktifkan mesin kendaraan tidak bisa berkerja dengan sempurna, dan pengiriman perintah dari smartphone ke arduino uno tidak dapat terkirim.

4. KESIMPULAN

Bluetooth shield dapat bekerja lebih baik jika berada pada posisi tidak ada halangan seperti tembok, kayu, dan lain-lain. Jarak maksimal sepeda motor yang diujikan 70 (tujuh puluh) meter, namun kemungkinan jarak tersebut masih dapat ditambah dan bisa mencapai 100 (seratus) meter.

Hardware dan Software AMR Voice sangat tergantung pada koneksi internet terlebih koneksi internet sangat dibutuhkan oleh google voice untuk mengautentifikasi melewati library online server google voice sehingga jika koneksi internet OFF,

bermasalah, akses internet lambat atau tidak adanya kouta maka akan berpengaruh pada hardware dan sepeda motor pun tidak bisa dihidupkan dalam mode suara.

Berdasarkan kesimpulan dari point 2 (dua), maka dapat dibuat jalur darurat (emergency) untuk menangani jika terjadi masalah pada sistem automatisasi.

DAFTAR PUSTAKA

Arduino Team. Arduino. <http://www.arduino.cc/> [Diakses pada tanggal 15 November 2015] [19:00 pm]

Banzi, Massimo. 2008. Getting Started with Arduino. New York: O'Reilly

Famosa Studio. Arduino Uno Rev.3. Schematic https://www.arduino.cc/en/uploads/Main/Arduino_Uno_Rev3-schematic.pdf [Diakses pada tanggal 15 November 2015] [19:00 pm]

Famosa Studio. Bluetooth Shield v2.2. Data Sheet [http://www.famosastudio.com/download/datasheet/BTShieldV2.2Data sheet.pdf](http://www.famosastudio.com/download/datasheet/BTShieldV2.2Data%20sheet.pdf) [Diakses pada tanggal 22 November 2015] [21:00 pm]

Famosa Studio. Bluetooth Shield v2.2. Schematic <http://www.famosastudio.com/download/schematic/BTShieldV2.2Schematic.pdf> [Diakses pada tanggal 22 November 2015] [21:00 pm]

Media Killian. 2005. Modern Control Technology: Components and Systems, 2nd edition. Delmar. USA.

Margolis, Michael. 2011. Arduino Cookbook (2nd). New York: O'Reilly Media

Monk, Simon. 2011. Arduino + Android Projects for the Evil Genius, New York: McGraw-Hill/TAB Electronics

Monk, Simon. 2013. 30 Arduino Projects for the Evil Genius (2nd.ed.). New York: McGraw-Hill/TAB Electronics

Oxer, Jonathan. and Blemings, Hugh. 2009. Practical Arduino: Cool Projects for Open Source Hardware. New York: TECHNOLOGY IN ACTION.

ANALISIS DAN PERANCANGAN WEBSITE ECOMMERCE DENGAN METODE PEMBAYARAN MENGGUNAKAN PAYMENT GATEWAY PADA TOKO TPS OUTDOOR

Surya Darma

*Program studi Teknik Informatika ,FTI, Institut Teknologi Budi Utomo Jakarta,
suryadarma@itbu.ac.id*

Abstrak

Dampak Kemajuan teknologi informasi pada perusahaan-perusahaan dibidang usaha jasa dan penjualan di Jakarta mengalami pertumbuhan yang cukup signifikan baik dari segi kuantitas dan kualitas. Beberapa hal dibuktikan dengan banyaknya perusahaan yang didirikan, tingkat standar ekonomi di perusahaan tersebut, serta penjualan yang meningkat khususnya di bidang alat gunung ini. Begitu juga pada toko TPS Outdoor, pada toko TPS Outdoor diantaranya, tenda, tas, sepatu, topi dan lain lain. Berdasarkan analisis yang dilakukan hingga saat ini, toko TPS Outdoor membutuhkan media alternatif dalam menyebarluaskan informasi transaksi belanja individu untuk memudahkan pelanggan mendapatkan informasi yang dibutuhkan, dan membutuhkan fasilitas penjualan (E-commerce) berbasis website yang dapat memenuhi kebutuhan dan dapat memudahkan perusahaan dalam menjalankannya. Kegiatan bisnis luar seperti penjualan, pembelian, promosi barang berita, pembayaran, pengiriman, dan transaksi jarak jauh, sehingga perusahaan dapat memperluas wilayah pemasarannya. Dengan memperhatikan permasalahan yang ada.

Kata kunci: Aplikasi, PHP, e-commerce, website, outdoor

1. PENDAHULUAN

Pada toko Tps Outdoor merupakan konsep usaha yang menyediakan berbagai alat-alat gunung diantaranya yaitu sandal, kompor, gas, topi dan tenda, Umumnya konsep usaha alat gunung outdoor ini lebih mengutamakan kebutuhan kegiatan alam pada lingkup masyarakat, pelajar, dan pencinta alam. Toko tersebut merupakan salah satu yang menggunakan konsep usaha UMKM, yang terletak di Jl. Raya Penggilingan, RT.6/RW.8, Cakung, , Kota Jakarta Timur. Seiring berkembangnya toko Tps Outdoor, permintaan pelanggan pun semakin meningkat, akan tetapi sistem yang ada saat ini masih konvensional dan belum adanya transaksi jarak jauh berbentuk toko onlineshop.

Toko Tps Outdoor memerlukan media alternative dalam penyebarluasan informasi transaksi berbelanja perorangan agar lebih memudahkan pelanggan mendapatkan informasi yang dibutuhkan, serta memerlukan suatu sarana atau layanan penjualan berbasis website (E-commerce) yang bisa memenuhi kebutuhan dan bisa memudahkan toko dalam menjalankan kegiatan bisnis seperti penjualan, pembelian, promosi barang baru, pembayaran, pengiriman, dan transaksi jarak jauh, sehingga toko bisa memperluas wilayah pemasarannya.

2. METODOLOGI

2.1 Metode Pengumpulan Data

Dalam pelaksanaan penelitian ini diperlukan data dan informasi terkait yang nantinya akan digunakan sebagai bahan rujukan untuk pengembangan sistem yang ada serta mendukung keabsahan pembahasan pada laporan penelitian. Adapun metode pengumpulan data yang digunakan dalam penelitian ini adalah teknik observasi, teknik wawancara, dan teknik studi pustaka.

2.2 Metode Perancangan

Metode yang digunakan untuk pengembangan sistem penelitian ini adalah SDLC (Software Development Life Cycle) dengan model Waterfall. Waterfall Model atau Classic Life Cycle merupakan model yang paling banyak dipakai dalam Software Engineering (SE). Waterfall model memiliki 6 tahapan yaitu:



Gambar 2. 1. SDLC Model Waterfall
Sumber: Hasil Penelitian



Gambar 3.2 Implementasi Halaman Utama
Sumber: Hasil Penelitian

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Implementasi Antarmuka

3.1.1 Implementasi Halaman Login Admin



Gambar 3.1 Tampilan Halaman Login Admin
Sumber: Hasil Penelitian

Gambar diatas menunjukkan tampilan login admin pada website Tps Outdoor, dimana pada gambar tersebut yang mempunyai acces masuk admin.

3.1.2 Implementasi Menu Mulai

Gambar di bawah menunjukkan halaman utama dari tampilan admin dimana setelah admin memasukkan *user* dan password yang benar.

3.1.3 Implementasi Halaman Utama



Gambar 3.3 Implementasi Halaman Pengguna
Sumber: Hasil Penelitian

Gambar di atas menunjukkan pengguna yang berhasil daftar pada website Tps Outdoor dimana admin dapat melakukankonfirmasi pada akun user.

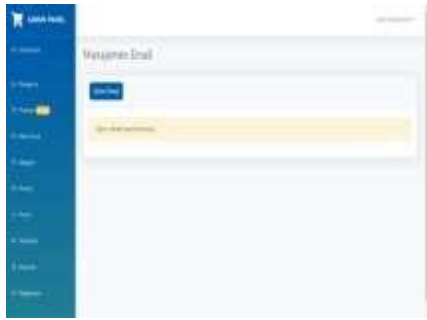
3.1.4 Implementasi Halaman Daftar Alat Musik



Gambar 3.4 Implementasi Halaman Pesanan
Sumber: Hasil Penelitian

Gambar diatas menampilkan halaman pesanan, dimana terdapat informasi produk yang dipesan oleh user.

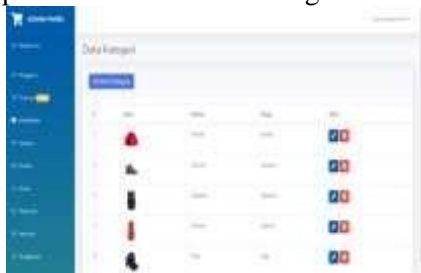
3.1.5 Implementasi Halaman Kirim Email



Gambar 3.5 Tampilan Halaman Kirim Email
Sumber: Hasil Penelitian

Gambar diatas menampilkan halaman kirim pesan untuk user sebagai contoh pesan diskon ataupun pesan konfirmasi produk.

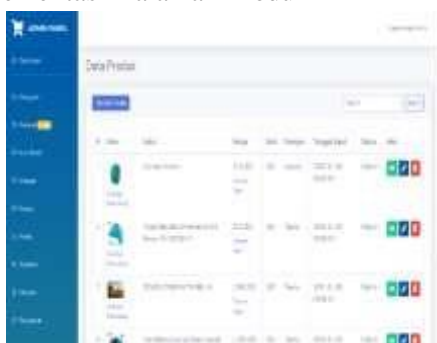
3.1.6 Implementasi Halaman Kategori



Gambar 3.6 Tampilan Halaman Kategori
Sumber: Hasil Penelitian

Gambar diatas menampilkan kategori produk yang sudah di inputkan oleh admin Tps Outdoor.

3.1.7 Implementasi Halaman Produk

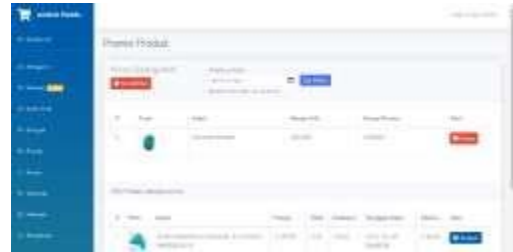


Gambar 3.7 Tampilan Halaman Produk
Sumber: Hasil Penelitian

Gambar diatas menampilkan produk yang telah diinputkan oleh admin serta terdapat fitur lihat, edit dan delete.

3.1.8 Implementasi Halaman Promo

Gambar 3.8 Tampilan Halaman Promo



Sumber: Hasil Penelitian

Gambar di atas menampilkan promo yang akan disetting oleh admin untuk beberapa produk pada toko Tps Outdoor.

3.1.9 Implementasi Halaman Testimoni



Gambar 3.9 Tampilan Halaman Testimoni
Sumber: Hasil Penelitian

Gambar diatas menampilkan testimoni yang telah ditulis oleh customer pada toko Tps Outdoor.

3.2 Implementasi Halaman Costumer

3.2.1 Implementasi Halaman Utama Customer



Gambar 3.10 Tampilan Halaman Utama Customer
Sumber: Hasil Penelitian

Gambar diatas menampilkan halaman utama dari customer, dimana terdapat produk yang dijual oleh toko Tps Outdoor.

3.2.2 Implementasi Tampilan Halaman Produk



Gambar 3.11 Tampilan Halaman Produk
Sumber: Hasil Penelitian

Gambar diatas menampilkan halaman produk yang menampilkan gambar, harga serta spesifikasi dari barang tersebut.

3.2.3 Iplementasi Tampilan Halaman Pembayaran



Gambar 3.12 Tampilan Halaman Keranjang
Sumber: Hasil Penelitian



Gambar 3.13 Tampilan Halaman Pembayaran
Sumber: Hasil Penelitian



Gambar 3.13 Tampilan halaman pembayaran pada toko Tps Outdoor
Sumber: Hasil Penelitian

4. KESIMPULAN

Simpulan dalam penelitian ini setelah melakukan tahap analisa dan perancangan penulis mendapatkan kesimpulan sebagai berikut:

1. Dengan adanya Sistem yang dibuat pada toko Tps Outdoor memudahkan customer mencari produk.
2. Dengan adanya metode pembayaran menggunakan E-Wallet, a tm dan M-Bankin maka memudahkan customer dalam pembelian hanya dengan beberapa proses saja.

DAFTAR PUSTAKA

- Alwendi (2020) Penerapan E-commerce Dalam Meningkatkan Daya Saing Usaha, Universitas Graha Nusantara, padang
- Andhini, Amelia (2017) Pengaruh Transaksi Online Shopping, Dan Kepercayaan Konsumen Terhadap Kepuasan Konsumen Pada E-commerce. Sekolah Tinggi Ilmu Ekonomi Indonesia, surabaya
- Andriyansyah (2017) Sistem Informasi Pelayanan Jasa Quality Control dan Inspeksi Pada CV. Global Engineering Berbasis Web. Politeknik Negeri Sriwijaya, Palembang
- Febrina (2017) Analisis Dan Perancangan Sistem Informasi Penjualan Makanan Beku Berbasis E-commerce Pada Permata Frozen Food. Laporan Penelitian. Sekolah Tinggi Manajemen Informatika dan Komputer (STMIK) GICI Batam.
- Madcoms (2016) Pemrograman PHP dan MySQL Untuk Pemula. Yogyakarta
- Masitah, Abdulah Dan Ilyas (2018) E-commerce Penjualan Pakaian Pada Lapak Mariati Berbasis Web, universitas islam indragiri, riau
- Mulyani, Sri (2016) Metode Analisis Dan Perancangan Sistem, Bandung: Abdi Sistematika
- Purbadian, Yenda. (2016) Trik Cepat Membangun Aplikasi Berbasis Web Dengan Framework CodeIgniter. Yogyakarta
- Puspitasari, Diah (2016) Sistem Informasi Perpustakaan Sekolah Berbasis Web. AMIK BSI, Bekasi

Kampus Merdeka : Perspektif filsafat Ki Hajar Dewantara

Rendy Pribadi

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

ronaldendiho@gmail.com, rendyp@itbu.ac.id

Abstrak

Penelitian ini berupaya mengkaji keberadaan konsep kampus merdeka dalam penerapannya di kampus.. Metode penelitian ini adalah metode analisis konsep dengan desain analisis generik untuk mengidentifikasi makna esensial dari suatu konsep kemudian mengujinya dalam persepektif filsafat ki Hajar Dewantara. Filsafat Ki Hajar Dewantara mengusung pendidikan progresif yakni pemerataan pendidikan dari segi fasilitas seperti Gedung sekoah, karakter, dan metode mengajar. Hasil penelitian yang menunjukkan bahwa merdeka dalam perspektif Ki Hajar Dewantara mencakup segi memikirkan kembali fungsi gedung sekolah, karakter guru, dan mengajar dengan hati belajar termasuk memilih gaya belajar sesuai dengan kerja otak dan melibatkan diri dalam aspek sosial merupakan perpaduan dari terapan perspektif Ki Hajar Dewantara. Maka dalam hal ini sistem pembelajaran dan redefinisi Gedung sekolah, karakter guru, dan metode mengajar mengupayakan makna belajar yang lebih sistematis yang mengakibatkan keluasaan dalam belajar.

Kata kunci: kampus merdeka, pedagogik, filsafat Ki Hajar. Dewantara

1. PENDAHULUAN

Pendidikan di Indonesia berupaya untuk membentuk sebuah subyek manusia memiliki progresif yang terpengaruh filsafat *progresivisme* (Aiman, 2020). Gagasan merdeka belajar seperti yang digagas oleh mendteri Nadiem Makarim memberikan kebebasan belajar bagi pelajar untuk mengembangkan dirinya. Secara pedagogik kritis, merdeka belajar memiliki beberapa keunggulan namun- filsafat Ki Hajar Dewantara memandang perlunya pola alternatif dalam memaknai merdeka belajar secara komprehensif.

Awal mula filsafat Ki Hajar Dewantara

Konsep belajar Ki Hajar Dewantara merupakan konsep yang mendukung adanya pendekatan *progresivisme* dan *konstruktivisme* dalam pendidikan (Aiman, 2020). Pendekatan yang berupaya membangun kesadaran manusia akan pendidikan untuk memperoleh kesetaraan dan kesempatan yang sama untuk belajar. Setelah memperoleh kesempatan yang sama dalam belajar, *konstruktivisme* mengarahkan manusia untuk bisa membangun pemikirannya sedangkan *progresivisme* mengupayakan agar manusia bisa bertahan dalam meghadapi tantangan hidup sesuai situasi pada zamannya.

Kedua hal ini tergambar dalam konsep yang telah diterapkan dalam merdeka belajar

dengan membangun minat belajar dan kurikulum yang disesuaikan dengan zamannya. Hal yang sudah diterapkan yakni penghapusan UN (Ujian Nasional), memantapkan peminatan dengan membatasi mata pelajaran.

Merdeka belajar

Konsep merdeka belajar yang di rumuskan oleh Mendikbud Nadiem Makarim sejalan dengan konsep yang dijelaskan oleh Ki Hadjar Dewantara yang menekankan pentingnya prinsip kemerdekaan pada peserta didik, sehingga pendidikan bukan hanya menuangkan air ke dalam botol (Aiman, 2020). Prinsip yang menekankan seseorang bisa menyatakan pendapat yang berbeda ketika berada dalam satu forum berdasarkan apa yang telah diperolehnya ketika proses pembelajaran. *Konstruktivisme* menjadi kunci dalam memperolehnya.

Upaya ini yang diwujudkan Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan dengan meluncurkan kebijakan baru, yakni Merdeka Belajar – Kampus Merdeka (Aan Widiyono, Saidatul Irfana, 2021). Bagaimana merdeka belajar ditinjau dari filsafat Ki Hajar Dewantara? Berikut akan diuraikan dalam jurnal ini.

2. METODOLOGI PENELITIAN

Metode penelitian ini adalah metode analisis konsep dengan desain analisis generik untuk mengidentifikasi makna esensial dari suatu konsep (Hendriani, 2018). Analisis ini mengisolasi unsur-unsur yang membedakan suatu konsep dari kata-kata lainnya. Hasil analisis generik ini adalah kejelasan suatu konsep. Indikatornya adalah ketersediaan definisi dan argumentasi yang mendukung definisi tersebut (McMillan & Schumacher, 2016). Desain analisis generik bisa disebut sebagai tinjauan integrative. Metode penelitian ini dilakukan dalam beberapa tahap, dimulai dengan identifikasi masalah, pencarian literatur, evaluasi & analisis data, dan terakhir pelaporan (Whittemore & Knafl, 2005; Brady & Asselin 2016).

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. HASIL

Orientasi pendidikan yang digagas oleh Ki Hajar Dewantara pada kenyataannya memiliki muatan yang saat ini didefinisikan di bi- dang pendidikan. Fokus pada keseimbangan antara kebutuhan jasmani dan rohani sehingga keseimbangan ini akan menjadi dasar untuk mencapai kebahagiaan yang sempurna di dunia dan akhirat.

Karakter Guru

Berdasarkan sistem pendidikan dan bahkan sistem pendidikan jawa kuno di Indonesia, sekolah juga harus menjadi tempat di mana para guru tinggal. Di sana ia tinggal permanen, ia memberikan hidupnya untuk itu, tempat itu melekat dengan dirinya murid yang dekat dan jauh datang kepadanya, ia tidak pergi jauh dari muridnya. Dia bagaikan suatu Sumur lumaku tinimba (sebuah sumber pengetahuan yang berjalan dengan dimana setiap orang dapat mengambilnya). Suasana seluruh paguron yang dijiwai dengan semangat karakternya. Dalam sebuah studi formal paguron datang kedua. Ini tidak berarti bahwa sedikit perhatian dilakukan untuk itu, kalau tidak kita akan memberinya nama khusus, pawijatan (wijata berarti pengajaran). Tapi hal pertama adalah kepribadian guru, memberikan bimbingan bagi kehidupan, ini kita sebut, meminjam istilah modern, “opvoeding” (pendidikan). Tapi hal pertama yang selalu ada adalah kepribadian guru, memberikan bimbingan bagi kehidupan, ini

kita sebut, menggunakan kata modern, “opvoeding” (pendidikan).

Guru dalam merdeka belajar memiliki jiwa komunikatif, kreatif, kolaboratif, dan berpikir kritis (Aiman, 2020). Komunikasi menjadi hal yang penting kala berhadapan dengan peserta didik yang memiliki berbagai macam keinginan. Sebagai fasilitator, guru menjadi tempat untuk membimbing dan mengarahkan minat peserta didik sesuai dengan kapasitasnya masing-masing. Guru berjiwa kreatif dalam hal ini selalu memanfaatkan dirinya agar tidak membosankan ketika mengajar. Penerapan teknologi mengambil peran dalam hal ini namun tidak dominan. Menumbuhkan proses kreatif berarti menyajikan bentuk baru dalam penyampaian materi sehingga menjadi lebih menyenangkan. Selalu melibatkan banyak potensi di dekatnya-salah satu guru dengan potensi kolaboratif. Guru yang kolaboratif dalam mengajar melibatkan banyak segi mulai dari teknologi, seni, dan bahkan ekonomi. Sifat kolaboratif memungkinkan peserta didik untuk bisa menimbang asas kebersamaan saat mengambil keputusan untuk banyak pihak. Terakhir, yakni guru mampu untuk menghadirkan situasi yang tidak terlihat oleh banyak orang, berpikir kritis salah satunya. Melihat persoalan dari sisi minoritas bahkan dari kepentingan kecil orang tertentu merupakan upaya guru yang kritis untuk menyeimbangkan kehidupan.

Mengajar dengan Hati

Mengajar dengan pendekatan hati merupakan sebuah *strategy* yang dapat diterapkan pada semua teknik pengajaran yang ada. Adatigahalutamayang harus diperhatikan pada seorang guru yang mengajar anak didik yaitu hati, brain, dan sense. Hati nurani (conscience) menempati tempat tertinggi dalam diri manusia sebagai pusat control pada diri karena segala sesuatu pada diri manusia dikendalikan menggunakan hati.

Mengajar menggunakan hati akan menempatkan guru sebagai manusia yang seutuhnya, bukan sebagai manusia robot yang menerima perintah kemudian memproses dan menjalankan perintah itu apa adanya tanpa menggunakan hati nurani. Kisah- kisah sukses orang-orang yang mampu mengubah dunia yang pada umumnya adalah pembela keadilan, kejujuran, kebersamaan dan perdamaian. Perjuangan yang mereka lakukan

tidak menggandakan senjata ataupun teknologi yang super canggih tetapi mereka semua menggunakan hati sebagai pendekatan perjuangannya.

Di samping keterlibatan peserta didik dalam mendukung merdeka belajar, yang mampu mampu meningkatkan kompetensi lulusan, baik soft skills maupun hard skills, agar lebih siap dan relevan dengan kebutuhan zaman, menyiapkan lulusan sebagai pemimpin masa depan bangsa yang unggul, bermoral dan beretika (Suhartoyo et al., 2020), mengajar juga melibatkan kesadaran akan ketulusan ketika berhadapan dengan berbagai macam peserta didik. Mendidik merupakan salah satu cara mengontrol keleluasaan diri. Situasi di kelas pun terkadang tidak menentu-emosi ketika berhadapan dengan hal yang di luar ekspektasi. Namun disitu ketulusan akan terlihat bahwa mendidik merupakan refleksi cara kita hidup, maka merdeka belajar menekankan pentingnya kesadaran untuk menanamkan ketulusan mengajar.

Dalam undang-undang No. 20 Tahun 2013 Pasal 3 dijelaskan bahwa pendidikan nasional berfungsi berfungsi mengembangkan dan membentuk watak dan peradaban bangsa yang bermartabat dalam rangka mencerdaskan kehidupan bangsa, bertujuan untuk mengmebangkan potensi peserta didik, agar menjadi manusia yang beriman dan Bertakwa kepada Tuhan Yang Maha Esa, berakhlak mulia, sehat, berilmu, cakap, kreatif, mandiri, dan menjadi warga negara yang berdemokrasi dan bertanggung jawab. Hakikat pendidikan sikap atau nilai sendiri adalah suatu konsep yang berada pada pikiran manusia yang sifatnya tersembunyi, tidak berada pada urutan yang empiris. Nilai berhubungan pada pandangan seseorang tentang baik dan buruk, indah dan tidak indah, adil dan tidak adil, dan lain sebagainya. Pandangan seseorang tentang semua itu tidak bisa diraba dan hanya mungkin diketahui dari sikap yang bersangkutan. Oleh karena itu, nilai sebenarnya standar perilaku yang bersangkutan, ukuran yang menentukan atau kriteria seseorang tentang baik dan tidak emikian, pendidikan nilai pada dasarnya adalah proses penanaman nilai pada peserta didik yang diharapkan oleh karenanya siswa dapat berperilaku sesuai dengan pandangan yang dianggapnya baik.

Guru memiliki kewajiban untuk terus mengembangkan kualitas mengajarnya terutama kaitannya dalam pengajaran nilai. Pendidikan nilai dilakukan pada setiap jenjang pendidikan. Tentunya dalam pelaksanaannya menyesuaikan karakter siswa. Pendidikan nilai yang diajarkan di tingkat sekolah Taman kanak-kanak yaitu hanya melalui contoh-contoh serta pembiasaan-pembiasaan seperti menganjurkan anak-anak untuk duduk yang baik, tidak mengganggu temannya yang lain, membuang sampah pada tempatnya, menolong teman yang perlu ditolong. Pendidikan budi pekerti yang diajarkan di Sekolah Dasar yaitu selain melalui pembiasaan- pembiasaan, kepada mereka juga diberikan pengertian-pengertian tentang apaitu budi pekerti. Pendidikan budi pekerti di tingkat Sekolah Menengah disamping memberikan pengertian juga melatih mereka terhadap perilaku yang disengaja seperti berpuasa, menahan hawa nafsu dan lain sebagainya. Begitulah peran guru dalam menjembatani sikap nilai karakter yang baik dan siswa. Sebelum mengajarkan kebaikan, guruterlebih dulu harus memiliki sikap yang baik. Di samping hati dengan nilai-nilai mulia, strategi yang perlu ditekankan dalam meningkatkan peranan guru adalah kecerdasan. Kecerdasan IQ yang dipakai untuk mengukur kepandaian seseorang telah berakhir masa berlakunya. Selama puluhan tahun kecerdasan IQ yang dikembangkan oleh Stanford-Binet diyakini dapat mengetahui kecerdasan seseorang terbukti tidak berhasil menghantarkan pada kesuksesan seseorang yang ber IQ tinggi. Banyak pertanyaan tentang relevansi kepandaian dengan kesuksesan hidup seseorang. Secara logika orang-orang yang ber IQ tinggi tentu lebih berpeluang sukses hidupnya dari pada orang yang memiliki IQ rendah. Tetapi kenyataannya banyak orang yang ber IQ 140 bekerja dengan orang yang ber IQ 100.

Ki Hajar Dewantara menyatakan kecerdasan merupakan sumber pengetahuan yang tersimpan dalam otak. Peran guru adalah mengali setiap kecerdasan setiap peserta didiknya. Melakukan penilaian tidak hanya berdasarkan kecerdasan angka semata, teori multi kecerdasan yang dikembangkan Gardner memberikan wacana baru pada kecerdasan. Dia menawarkan bahwa manusia memiliki delapan kecerdasan, Collin Rose & Malcolm J. Nichol (1997). Kedelapan kecerdasan tersebut antara lain: Kecerdasan linguistik, kecerdasan logis

matematis, kecerdasan visual-spasial, kecerdasan musical, kecerdasan kinestetik-tubuh, kecerdasan interpersonal, kecerdasan intrapersonal dan kecerdasan naturalis. Bahwa dengan delapan jenis kecerdasan tersebut setiap anak bisa berpeluang sukses dalam hidupnya dengan tetap memiliki cinta kebenaran dalam hatinya dan pengetahuan dalam otaknya.

Hal yang ketiga yang dapat kita terapkan selaku guru adalah dengan dapat mengenal nilai-nilai kearifan lokal yang dipegang beliau dalam mengajar pada murid-muridnya. Kaidah 3+3N adalah niteni (mengamati), Nirokake (menirukan), and Nambahi (menambahkan, mengembangkan, memodifikasi). Nulari/Nularake (menyebarkan),

Tabel 2. Perbandingan tradisional, dan kearifan lokal berdasarkan pada pendekatan pembelajaran

Belajar Tradisional (Bosch dan Gilsma, 1991)	Lokal (berdasarkan 3+3 N)
Ilmu Pengetahuan Alam	Niteni (mengamati dengan detail secara terus menerus)
Apa yang kita ketahui	Nirokake (menirukan) dengan disertai pengetahuan yang lengkap—mengetahui aspek-aspeknya
Lebih ditekankan pada penyajian guru	Nambahi (menambahkan, memodifikasi dan mengembangkan)
Pengetahuan yang luas	Nulari/nularake (menyebarkan dan menugake (terus menerus mengukuhkan) yang diperbolehkan adalah orang yang telah menguasai ilmu pengetahuan)
Dasar ilmu pengetahuan	Ngrembakake (mengembangkan dan menyebarkan kegunaan, yang digunakan adalah orang yang telah memahami konsep dan ilmu pengetahuan)

Sumber: Ana (2009)

Mengajar dengan hati, dengan filosofi dasar dari Ki Hajar Dewantara dalam Patrap Triloka, multiple intelligence dan kearifan lokal Jawa 3 +3 N, meminta lebih dalam peran guru. Hubungan antara guru dan siswa lebih seperti keluarga tidak hanya sebagai teman tetapi sebagai orang tua atau keluarga yang mengajarkan pengetahuan dengan hati yang tulus. Pendidikan kemanusiaan menekankan pentingnya melestarikan eksistensi manusia, dalam arti membantu orang menjadi lebih manusiawi, lebih beradab, sebagai manusia lengkap seperti yang dikembangkan oleh Ki Hajar Dewantara sebagai rasa kreativitas/cognity (daya cipta , dan niat untuk bekerja (daya karsa), singkatnya, “mendidik kepala, hati, dan tangan”.

Nutugake (meneruskan), andto finally Ngrembakake (mengembangkan dan menyebarkan luaskan gagasan) dari ilmu pengetahuan dan teknologi dihasilkan dengan proses pembelajaran. Dalam hal ini siswa ditingkatkan dengan menjadi pembelajar yang tiada berakhir dengan pendekatan konstruktivisme. Lebih lanjut, spirit dari 3+3N yang merupakan nilai kearifan lokal dapat diterima dalam konsep pembelajaran. Berikut menunjukkan bagaimana spirit dari 3+3N sejajar dengan pendekatan konstruktivisme dalam proses pembelajaran. Kesemua itu bersumber pada alat inderawi atau sense yang kita miliki.

4. KESIMPULAN

Melihat pendidikan di Indonesia sarat dengan dimensi sejarah, filsafat dan politik. Bahkan pendidikan di Indonesia mengalami pasang surut berikut menunjukkan bagaimana spirit dari 3+3N sejajar dengan pendekatan konstruktivisme dalam proses pembelajaran. Kesemua itu bersumber pada alat inderawi atau sense yang kita miliki.

sebagai sebuah gerakan politik yang diterapkan oleh kekuasaan negara. Ini semua berakar pada kekuatan-kekuatan sosial dan budaya Indonesia.

Prinsip dasar adalah kebebasan, bebas dari segala hambatan cinta, kebahagiaan, keadilan, dan perdamaian tumbuh dalam diri mereka sendiri (dalam hati orang-orang). Suasana yang dibutuhkan dalam pendidikan adalah suasana kekeluargaan, kebaikan, empati, dan menghormati satu sama lain. Pendidikan harus membantu peserta didik untuk menjadi bebas dan merdeka secara fisik, mental, dan spiritual. Pendidikan seharusnya tidak hanya mengembangkan aspek intelektual karena akan memisahkan dari sifat kemanusiaan itu sendiri. Pendidikan seharusnya memperkaya setiap individu tetapi perbedaan yang berlaku di masing-masing individu harus tetap dipertimbangkan. Pendidikan juga harus memperkuat rasa percaya diri, mengembangkan diri sendiri dan setiap guru seharusnya rela mengorbankan kepentingan pribadi demi kebahagiaan siswa mereka.

Konsep merdeka belajar memiliki kesamaan dengan filsafat Ki Hajar Dewantara, dari pemaparan di atas, ke semua factor berpengaruh terhadap terciptanya manusia Indonesia yang berkarakter dan berbudaya agar menjadikan manusia Indonesia yang mandiri, bertoleransi, dan

mampu menjawab segala tantangan dalam setiap zamannya. Akhirnya, kita perlu menyadari bahwa tujuan pendidikan adalah memanusiakan manusia dengan demikian pendidikan harus menghasilkan individu yang lebih manusiawi, berguna dan berpengaruh positif dalam masyarakat yang akan bertanggung jawab atas kehidupan mereka sendiri dan orang lain.

Daftar Pustaka

- Aan Widiyono, Saidatul Irfana, K. F. (2021). Implementasi Merdeka Belajar melalui Kampus Mengajar Perintis di Sekolah Dasar. *Metodik Didaktik: Jurnal Pendidikan Ke-SD-An*, 16(2), 102–107.
- Aiman, F. dan I. K. (2020). Konsep Merdeka Belajar Pendidikan Indonesia Dalam Perspektif Filsafat Progresivisme. Hendriani, Ani. 2018. *Pedagogik Literasi Kritis; Sejarah, Filsafat Dan Perkembangannya Di Dunia Pendidikan*. Bandung: Jurnal Pedagogia.
- Ibrahim, T. (2017). *Dialog Landasan Pedagogik*. Bandung: Rizki Press.
- Wattimena, Reza Antonius Alexander. 2018. *Pedagogi Kritis: Pemikiran Henry Giroux Tentang Pendidikan Dan Relevansinya Untuk Indonesia*. Yogyakarta: Jurnal Filsafat UGM.
- Lisnawati, Cucu. 2014. "Persepsi Masyarakat Terhadap Pendidikan Budi Pekerti Di Sekolah- Sekolah". vol 2
- Konstruktivisme: Jurnal Pendidikan Dan Pembelajaran*, 12(2), 155–164. <https://ejournal.unisbablitar.ac.id/index.php/konstruktivisme/index>
- Brady, D.R. and Asselin, M.E. (2016). Exploring outcomes and evaluation in narrative pedagogy: An integrative review. *Nurse education today*, 45, pp.1-
- Suhartoyo, E., Wailissa, S. A., Jalarwati, S., Samsia, S., Wati, S., Qomariah, N., Dayanti, E., Maulani, I., Mukhlis, I., Rizki Azhari, M. H., Muhammad Isa, H., & Maulana Amin, I. (2020). Pembelajaran Kontekstual Dalam Mewujudkan Merdeka Belajar. *Jurnal Pembelajaran Pemberdayaan Masyarakat (JP2M)*, 1(3), 161. <https://doi.org/10.33474/jp2m.v1i3.6588>

PERANCANGAN BEJANA TEKAN VERTIKAL BERISI UDARA KAPASITAS 3,5 M DAN TEKANAN KERJA 5,5 KG/CM

Parman Sinaga

*Program studi Teknik Mesin, FTI, Institut Teknologi Budi Utomo Jakarta,
parmans@itbu.ac.id*

Abstrak

Pemanfaatan bejana bertekanan akhir-akhir ini telah berkembang pesat di berbagai proses industri barang dan jasa maupun fasilitas umum. Hampir semua perusahaan khususnya yang bergerak di bidang manufaktur membutuhkan bejana bertekanan baik untuk penggunaan alat-alat pneumatik maupun sebagai penampung cairan berbahaya. Untuk memenuhi bejana tekan yang sesuai dengan kebutuhan perusahaan maka diperlukan perancangan bejana tekan sesuai dengan standar desain internasional yang berlaku dan mengedepankan keamanan serta keselamatan kerja. Dalam perancangan bejana tekan ini, bejana tekan yang dirancang adalah bejana tekan vertikal kapasitas 3,5 m, dengan fluida pengisi bejana tekan adalah udara kering untuk proses produksi plastik dengan tekanan 5,5 Kg/cm. Untuk merancang bejana tekan (pressure vessel) digunakan standar ASME Section VIII. Berdasarkan analisa dan perhitungan dari perancangan bejana tekan ini adalah jenis bejana tekan vertikal dengan diameter dalam 39,37 in, tebal shell 0,437 in dan tebal head sebesar 0,437 in.

Kata kunci: bejana tekan, vertikal, udara kering, *head*, *shell*

1. PENDAHULUAN

Seiring dengan semakin tingginya permintaan terhadap pemakaian bejana bertekanan maka semakin tinggi pula kewaspadaan yang perlu diperhatikan terhadap kecelakaan kerja yang mungkin terjadi. Salah satu dampak kecelakaan kerja yang dapat terjadi pada bejana tekan adalah terjadinya ledakan.

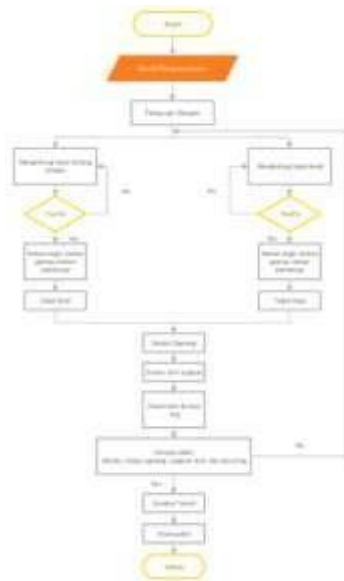
Ledakan bejana tekan dapat terjadi karena beberapa faktor yaitu lingkungan kerja yang tidak sesuai dengan lingkungan desain, fluida kerja yang tidak sesuai dengan fluida desain, terjadinya retakan, dan tekanan kerja yang melebihi tekanan desain bejana. Perusahaan perlu mengetahui tingginya resiko kecelakaan kerja pada bejana tekan serta dampak yang ditimbulkan sehingga dapat melakukan tindakan atau upaya pencegahan. Salah satu tindakan pencegahan yang dapat dilakukan adalah menggunakan bejana tekan yang sesuai dengan standar.

Salah satu manfaat penggunaan bejana tekan adalah untuk menampung udara bertekanan guna proses produksi. Berbagai macam proses produksi

membutuhkan distribusi udara bertekanan, salah satunya adalah pada proses pembuatan produk plastik khususnya padaproduk plastik yang memiliki rongga. Udara bertekanan berfungsi untuk memberikan tekanan (gas) pada proses pembuatan produk plastik sehingga material termoplastik yang berada dalam cetakan dapat berubah sesuai dengan bentuk cetakan (mold). Untuk memenuhi bejana tekanyang sesuai dengan kebutuhan perusahaan maka diperlukan perancangan bejana tekan sesuai dengan standar desain internasional yang berlaku dan mengedepankan keamanan serta keselamatan kerja.

2. METODOLOGI

Semua komponen dirancang berdasarkan standar ASME Section VIII sesuai dengan alur perancangan dibawah ini:



Gambar 2.1 Alur Perancangan

Ditunjang dengan studi kepustakaan, yaitu mencari literasi yang berhubungan dengan Bejana Tekan dan teori yang diterima selama mengikuti perkuliahan di Institut Teknologi Budi Utomo serta pengalaman selama bekerja di perusahaan.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Tekanan Desain

Data Masukan :

1. Kapasitas bejana : 3,5 m³ = 213583 in³
2. Tekanan operasi : 5,5 Kg/cm² = 78,23 psi
3. Temperatur operasi : 90o F (maksimum)
4. Zona Gempa : bejana berada pada zona 4
5. Diameter opening : 16 in
6. Kecepatan angin : 20 km/jam (sumber BMKG)
7. Faktor korosi : 1/16 in (dengan asumsi pertumbuhan korosi 5 mils pertahun atau 1/16 in per tahun, sumber Buthod)
8. Jenis dinding (shell) : Silinder
9. Jenis penutup (head) : Ellips 2:1
10. Diameter dalam : 1000 mm = 39,37 in = 40 in

Tekanan desain (Pd) dirumuskan sebagai berikut :

Di mana : Po = Tekanan operasi a = 0,1Po (Henry H. Bednar, P.E, Pressure Vessel Design handbook) = 7,823 psi

Untuk menentukan harga static head maka diasumsikan isi dari vessel

adalah gas ideal, sehingga akan diperoleh harga R udara pada kondisi kritis = 0,3704 psi.ft³/lbm.R. Maka bisa ditentukandensitas gas ideal sebagai berikut :

$$\rho_{gas\ ideal} = \frac{P_0}{(RT)} \quad \text{dimana } T = \text{temperatur operasi} = 90^{\circ}F = 25,78^{\circ}R$$

$$\rho_{gas\ ideal} = \frac{78,23}{(0,3704 \text{ (psi)} \cdot \frac{14,7}{lbm} \times 25,78R)}$$

$$\rho_{gas\ ideal} = 8,193 \text{ lbm/ft}^3$$

Harga static head bisa ditentukan dengan persamaan berikut :

$$\text{static head} = \rho \cdot g \cdot H$$

$$\text{static head} = 8,193 \text{ lbm/ft}^3 \times 32,2 \text{ ft/sec}^2 \times 198/12 \text{ ft}$$

$$\text{static head} = 4352,94 \text{ lbf/ft}^2 = 30,23 \text{ psi}$$

Sehingga tekanan desain dapat ditentukan,

$$P = P_0 + a + \text{static head}, \quad a = 0,1 P_0 = 7,823$$

$$= 78,23 \text{ psi} + 7,823 \text{ psi} + 30,228 \text{ psi}$$

$$= 116,281 \text{ psi}$$

Harga tekanan desain dibulatkan menjadi 117 psi

3.2 Temperatur desain

Temperatur desain adalah temperatur maksimal yang diperbolehkan dalam desain dimana harganya harus lebih rendah dari temperature ijin rata-rata kondisi operasi material dinding bejana. Temperatur desain (Td) dapat ditentukan dengan persamaan berikut

$$T_d = T_o + 50o F$$

Dimana To adalah temperatur operasi 90o F

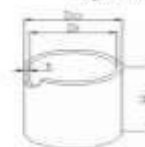
$$T_d = 90o F + 50o F = 140o F$$

3.3 Perhitungan pada Shell dan Head

3.3.1 Tebal Shell

Material shell adalah baja karbon SA-455. Berdasarkan tabel material ASME Section II Part D maka didapatkan tegangan ijin maksimum SA-455 pada suhu 140o F adalah 20.000 psi dan diketahui data perhitungan sebagai berikut :

- Tekanan desain Pd = 117 psi
- Jari-jari dalam Ri = 20 in
- Diameter dalam Di = 40 in
- Joint Efisiensi E = 0,85 (pengelasan type 1 kategori A tanpa radiographic test)



Gambar 3.1 Shell (Eugene F. Megvesy, Pressure Vessel Handbook Eleventh Edition, Pressure.

Sumber: vessel publishing Inc, hal 18) (5)

Ketebalan minimum shell silinder berdasarkan circumferential stress (pada sambungan arah memanjang) dapat dihitung berdasarkan ASME Section VIII UG-27 (1) :

$$t = \frac{PR}{SE - 0,6P}$$

$$t = \frac{(117)(20)}{(20000)(0,85) - 0,6(117)}$$

$$t = 0,138 \text{ in}$$

Ketebalan minimum shell silinder berdasarkan longitudinal stress (pada sambungan arah melingkar) dapat dihitung berdasarkan ASME Section VIII UG-27 (2) :

$$t = \frac{PR}{2SE + 0,4P}$$

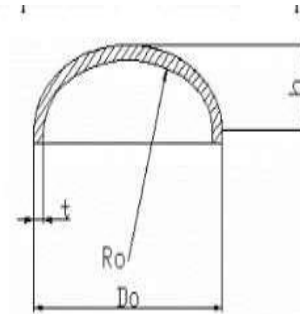
$$t = \frac{(117)(20)}{2(20000)(0,85) + 0,4(117)}$$

$$t = 0,069 \text{ in}$$

Karena ketebalan berdasarkan circumferential stress lebih besar dari ketebalan berdasarkan longitudinal stress (t = 0,069 in) maka dipilih ketebalan shell berdasarkan tekanan dalam sebesar 0,138 in = 3,505 mm.

3.3.1 Tebal Head

Material head adalah baja karbon SA-455. Berdasarkan tabel material ASME Section II Part D maka didapatkan tegangan ijin maksimum SA-455 pada suhu 140o F adalah 20.000 psi.



Gambar 4.1 Ellipsoidal Head (Eugene F. Megvesy, Pressure Vessel Handbook Eleventh Edition. Sumber: Pressure vessel publishing Inc, hal 18) (5)

Bentuk penutup bejana adalah ellipsoidal head, sehingga tebal head dapat ditentukan berdasarkan persamaan pada ASME Section VIII U-32(d).

$$t = \frac{PD}{2SE - 0,2P}$$

$$t = \frac{(117)(40)}{2(20000)(0,85) - 0,2(117)}$$

$$t = 0,137 \text{ in} = 3,47 \text{ mm}$$

3.4 . Berdasarkan Tekanan Luar

3.4.1 Tebal Shell

Panjang bejana dapat ditentukan dengan persamaan berikut :

$$L = \frac{4V}{\pi D^2} \quad (\text{sumber, Euthod, 1986})$$

Dimana : L = Panjang silinder + 2/3 panjang head

V = Volume bejana

D = Diameter dalam bejana

sehingga panjang bejana dapat ditentukan sebagai berikut :

$$L = \frac{4(213583)}{\pi (40)^2}$$

$$L = 169,96 \text{ in} (4316,984 \text{ mm})$$

atau perhitungan tebal shell :

Tekanan eksternal Pd = 15 psi (ASME Section VIII UG-28(f))

Tebal shell t = 0,138 in (asumsi berdasarkan tekanan dalam)

Dengan asumsi ketebalan dinding bejana adalah 0,138 in maka ter luar shell dapat ditentukan

$$\text{Diameter luar (Do)} = 2t + Di = 40,276 \text{ in}$$

dapat diketahui perbandingan :

$$L/D_o = 169,96 / 40,276 \\ = 4,22$$

$$Do/t = 40,276 / 0,138 \\ = 291,85$$

4. Kesimpulan dan Saran

Berdasarkan perhitungan yang telah dilakukan, untuk bejana tekan vertikal berisi udara kapasitas 3,5 m³, tekanan kerja 5,5 kg/cm², temperatur operasi 90oF, maka dimensi akhir komponen-komponen bejana tekan yang aman digunakan adalah sebagai berikut :

1. Shell dan Head
 - Jenis Material : SA 455
 - Bentuk Head : Ellipsoidal
 - Tebal dinding shell dan head : 7/16 in (11,09 mm)
 - Diameter dalam bejana : 1016 mm
 - Panjang Shell : 4316,984 mm
2. Nosel
 - Jenis Material : A-53-B
 - Tebal leher nosel : 0,280 in (7,112 mm)
 - Inlet-Outlet Nozzle Ø 6 in (152,4 mm)
 - Inspection Opening Ø 16 in (406,4 mm)
3. Support
 - Jenis Support : Skirt Support
 - Material Skirt : SA 283 Grade C
 - Tinggi : 427,67 mm = 1,4 ft
 - Tebal Skirt : 3/16 in = 4,7625 mm

komponen yang kritis terhadap perubahan gaya-gaya yang bekerja dari dalam dan luar sehingga dapat langsung disesuaikan dengan kebutuhan atau persyaratan teknis.

DAFTAR PUSTAKA

CE Natco, GPSA, electronic data book
 Andhini, Amelia (2017) Pengaruh Transaksi Online Shopping, Dan Kepercayaan Konsumen Terhadap Kepuasan

Konsumen Pada E-commerce. Sekolah Tinggi Ilmu Ekonomi Indonesia, Surabaya

Lloyd E. Brownell and Edwin H. Young. 1959. Process Equipment Design

H.C Boardman, Research Engineer

R.S. Khurmi & J.K Gupta. 2005. A Textbook of Machine Design.

Eugene F. Megyesy.1998. Pressure Vessel Handbook. Pressure Vessel Handbook publishing. USA

Anonim. 2001. Rules for Construction of Pressure Vessel Section VIII Division 1, ASME

Anonim. 2001. Material Division II Part D- Properties, ASME

Henry H. Bednar, P.E. 1986. Pressure Vessel Design Handbook.

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: ismetek14@gmail.com
5. Hak Cipta (*copyright*) tulisan yang dimuat berada pada Jurnal ismeTek.

Standar Penulisan

1. Naskah diketik dengan jarak 1 (satu) spasi dengan *margin* atas 3 cm, bawah 3 cm, kanan 3 cm, dan kiri 4 cm. naskah diketik di atas kertas A4 dengan jumlah kata antara 4.000 sampai 7.000 kata, termasuk gambar dan tabel yang diketik pada atau *file* terpisah dari teks.
2. Naskah diketik menggunakan program *Microsoft Word*, kecuali tabel dan grafik menggunakan *Microsoft Excel*, dan Gambar menggunakan format JPEG atau TIFF, formula matematika menggunakan *equation*. Huruf standar yang digunakan untuk penulisan adalah Times New Roman 11, kecuali Judul berukuran 14, sub judul berukuran 12. Untuk Abstrak, Judul Gambar, dan judul Tabel diketik dengan ukuran 10.
3. Naskah g berupa hasil penelitian maupun ulasan ilmiah disusun dengan urutan judul, nama penulis, alamat lengkap instansi setiap penulis, abstrak, pendahuluan, metode penelitian, hasil dan pembahasan, kesimpulan, dan daftar pustaka.

Tata Cara Penulisan Naskah

1. Judul

Judul harus singkat, spesifik, dan informatif yang mencerminkan secara tepat isi naskah, dengan jumlah kata maksimal 15 kata ditulis dalam Bahasa Indonesia dan Bahasa Inggris. Judul diikuti dengan nama pengarang, institusi dan alamat, serta catatan kaki yang merujuk pada penulisan yang bertanggung jawab untuk surat-menyurat (*corresponding author*), lengkap dengan alamat surat dan alamat *e-mail*.

2. Abstrak.

Abstrak ditulis dalam Bahasa Indonesia dan Bahasa Inggris. 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 Inggris dan Bahasa Indonesia, terdiri ts lima kata, 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 pemelihan 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

Disusu berdsarkan urutan abjad dan angka menggunakan *author-date system* yang relevan dengan tulisan dengan penulis//1

Pustaka yang digunakan merupakan pustaka mutakhir (10 tahun terakhir).

Buku:

1. Budiyono, 2013, **Teknik Pengolahan Air**, Graha Ilmu, Yogyakarta

Jurnal atau Majalah atau Prosiding

1. Marpaung, Budi, "Perbandingan **Metode Hungarian dan Pendekatan Program Dinamis dalam Pemecahan Assignment Problem**", Jurnal Teknik dan Ilmu Komputer Vol. 01 (Januari – Maret 2012) : 79- 87.

