

**OPTIMASI KEBUTUHAN LIFT PENUMPANG
GEDUNG SMA LTI IGM
BERDASARKAN SNI 03-6573-2001**



SKRIPSI

Disusun Untuk Memenuhi Syarat Ujian Sarjana Strata Satu
pada Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik
Universitas IBA

Disusun Oleh:

RAMADISU MAFRA

NIM : 22320015

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS IBA
PALEMBANG
2025/2026**

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

Yang bertanda tangan di bawah ini ,

Nama : Ramadisu Mafra

NPM : 22320015

Judul Skripsi : Optimasi Kebutuhan Lift Penumpang Gedung SMA LTI
IGM Berdasarkan SNI 03-6573-2001

Dengan ini menyatakan bahwa hasil penulisan Skripsi yang telah saya buat ini merupakan hasil karya sendiri dan benar keasliannya. Apabila ternyata di kemudian hari penulisan skripsi ini terbukti merupakan hasil plagiat atau penjiplakan terhadap karya orang lain, maka saya bersedia mempertanggungjawabkan sekaligus bersedia menerima sanksi berdasarkan aturan tata tertib di Universitas IBA.

Demikian, pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar dan tidak dipaksakan.

Peneliti,



Ramadisu Mafra
NIM. 22320015

HALAMAN PENGESAHAN
OPTIMASI KEBUTUHAN LIFT PENUMPANG
GEDUNG SMA LTI IGM
BERDASARKAN SNI 03-6573-2001



SKRIPSI

Disusun Untuk Memenuhi Syarat Ujian Sarjana Strata Satu
pada Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik
Universitas IBA

Mengetahui:

Dekan Fakultas Teknik,

Dr. Ir. Hardayani Haruno, MT.
NIK. 0424514

Ketua Program Studi
Teknik Mesin

Reny Afriany, ST., M.Eng.
NIK. 0205171

HALAMAN AGENDA

PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS IBA

AGENDA NO :
DITERIMA TGL:
PARAF :

OPTIMASI KEBUTUHAN LIFT PENUMPANG GEDUNG SMA LTI IGM BERDASARKAN SNI 03-6573-2001

NAMA : RAMADISU MAFRA

NPM : 22320015

- SPESIFIKASI:
- a. Optimasi Kebutuhan Lift Penumpang
 - b. Perhitungan Penghuni Bangunan (PB), Kapasitas Lift, Jumlah Lift, Daya Angkut Gabungan, dan Waktu Tunggu Rata-rata,
 - c. Menentukan spesifikasi teknis lift pabrikan yang relevan dengan hasil perhitungan,
 - d. Sesuai ketentuan SNI 03-6573-2001

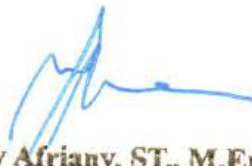
Menyetujui,

Pembimbing Utama,



Yeny Pusvyta, ST., MT.
NIK. 0205170

Pembimbing Pendamping,



Reny Afriany, ST., M.Eng.
NIK. 0205171

Mengetahui,

Ketua Program Studi Teknik Mesin



Reny Afriany, ST., M.Eng.
NIK. 0205171

PENGESAHAN TIM PENGUJI

Skripsi ini dengan judul : Optimasi Kebutuhan Lift Penumpang Gedung SMA
LTI IGM Berdasarkan SNI 03-6573-2001

Penyusun : Ramadisu Mafra

NPM : 22320015

Program Studi : Teknik Mesin

Telah berhasil dipertahankan dalam sidang sarjana (ujian komprehensif) pada hari Sabtu, tanggal 18 Juli 2026 dan diterima sebagai bagian persyaratan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas IBA.

TIM PENGUJI

Ketua : Reny Afriany, S.T., M.Eng.	()
Anggota: 1. Dr. Arie Yudha Budiman, S.T., M.T.	()
2. Yeny Pusvyta, S.T., M.T.	()
3. Muhammad Nur, S.T., M.Log.	()

Ditetapkan di : Palembang

Tanggal :

ABSTRAK

Lift tidak dihitung hanya untuk memperoleh jumlah unit paling sedikit, tetapi untuk memastikan sistem transportasi vertikal mampu melayani pengguna bangunan secara efektif pada saat bangunan digunakan. Penelitian ini bertujuan menentukan konfigurasi optimum lift penumpang pada Gedung SMA LTI IGM Palembang berdasarkan kapasitas pelayanan, waktu tunggu, konsekuensi kebutuhan daya, pemeriksaan mekanika awal, dan kesesuaian terhadap produk pabrikan. Perhitungan kebutuhan lift mengacu pada SNI 03-6573-2001, sedangkan pemeriksaan mekanika awal menggunakan acuan pendukung SNI 05-6040-1999 dan SNI 05-7052-2004. Metode penelitian dilakukan melalui pendekatan optimasi dengan perhitungan coba-ulang terhadap alternatif kapasitas lift 8P, 11P, 13P, 15P, 18P, dan 20P pada kecepatan 1,0 m/s dan 1,5 m/s. Parameter yang dihitung meliputi Penghuni Bangunan (PB), Tuntutan Arus Sirkulasi (TAS), Tempo Lalu Lintas Naik Turun (TLNT), Daya Angkut Satuan (DAS), Daya Angkut Gabungan (DAG), Waktu Tunggu Rata-rata (WTR), Margin DAG, Power Output, penilaian berbobot terhadap alternatif konfigurasi, serta perhitungan mekanis awal. Hasil penelitian menunjukkan bahwa Gedung SMA LTI IGM memiliki PB sebanyak 1.136 orang, TAS sebesar 228 orang/5 menit, dan batas AWT 30 detik. Konfigurasi optimum adalah 5 unit lift MRL kapasitas 18P dengan kecepatan 1,0 m/s, menghasilkan TLNT 87,64 detik, DAG 246,46 orang/5 menit, Margin DAG 8,10%, WTR 17,53 detik, serta konsekuensi Total Power Output Grup 40,31 kW. Perhitungan mekanis awal menunjukkan berat kereta 2500 kg, bobot imbang 3125 kg, berat rel pemandu kabin 18 kg/m dengan luas penampang 23 cm^2 , jari-jari girasi 20mm, dan momen inersia minimum $I_x = 92 \text{ cm}^4$. Sistem pentalian gedong 2:1 menggunakan 8 utas tali baja diameter 8,0 mm dengan faktor keamanan 10,67 memiliki Traksi Rasio aktual 1,20 - 1,25. Produk Hyundai NEW YZER, Hyundai LUXEN, dan Toshiba ELCOSMO-III direkomendasikan sebagai alternatif pabrikan yang relevan terhadap hasil optimasi.

Kata kunci: lift penumpang, optimasi lift, SNI 03-6573-2001, WTR, DAG, Power Output, MRL.

ABSTRACT

Elevator planning is not merely aimed at obtaining the smallest number of units, but at ensuring that the vertical transportation system can effectively serve building users during operation. This study aims to determine the optimum configuration of passenger elevators for the SMA LTI IGM Palembang building based on service capacity, waiting time, power demand consequences, preliminary mechanical calculations, and compatibility with manufacturer products. The elevator requirement calculation refers to SNI 03-6573-2001, while the preliminary mechanical calculation uses SNI 05-6040-1999 and SNI 05-7052-2004 as supporting references. The method applies an optimization approach through trial calculations for elevator capacity alternatives of 8P, 11P, 13P, 15P, 18P, and 20P at speeds of 1.0 m/s and 1.5 m/s. The calculated parameters include Building Population (PB), Traffic Demand (TAS), Round Trip Time (TLNT), Single Car Handling Capacity (DAS), Group Handling Capacity (DAG), Average Waiting Time (WTR), DAG Margin, Power Output, weighted assessment of configuration alternatives, and preliminary mechanical calculations. The results show PB = 1,136 people, TAS = 228 people/5 minutes, and AWT = 30 seconds. The optimum configuration is 5 units of MRL passenger elevators with a capacity of 18P and a speed of 1.0 m/s, resulting in TLNT = 87.64 seconds, DAG = 246.46 people/5 minutes, DAG Margin = 8.10%, WTR = 17.53 seconds, and Group Total Power Output = 40.31 kW. The preliminary mechanical calculation results show a car weight of 2,500 kg, counterweight of 3,125 kg, cabin guide rail weight of 18 kg/m with a cross-sectional area of 23 cm², radius of gyration of 20 mm, and minimum moment of inertia $I_x = 92 \text{ cm}^4$. The 2:1 underslung roping system uses 8 traction ropes with a diameter of 8.0 mm, a safety factor of 10.67, and an actual Traction Ratio of 1.20–1.25. Hyundai NEW YZER, Hyundai LUXEN, and Toshiba ELCOSMO-III are recommended as manufacturer product alternatives relevant to the optimization results. Hyundai NEW YZER, Hyundai LUXEN, and Toshiba ELCOSMO-III are recommended as manufacturer product alternatives relevant to the optimization results.

Keywords: *passenger elevator, elevator optimization, SNI 03-6573-2001, WTR, DAG, Power Output, MRL.*

KATA PENGANTAR

Segala puji bagi Allah SWT dan Rosul-Nya atas segala rahmat karunia, kesempatan, kesehatan dan rezeki ilmu bagi peneliti, sehingga skripsi yang berjudul *“Optimasi Kebutuhan Lift Gedung SMA LTI IGM berdasarkan SNI 03-6573-2001”* dapat diselesaikan sebagai bagian dari proses akademik pada Program Studi Teknik Mesin Universitas IBA yang merupakan keberlanjutan dari pengalaman Kerja Praktik sebelumnya.

Pemilihan topik skripsi ini dilandasi kebutuhan nyata akan perancangan sistem transportasi vertikal yang terukur dan berbasis standar nasional, khususnya pada bangunan pendidikan bertingkat. Lift bukan hanya elemen pelengkap bangunan, tetapi juga bagian dari sistem pelayanan pengguna yang perlu dihitung berdasarkan kapasitas, waktu tunggu, dan tuntutan arus sirkulasi. Oleh karena itu, skripsi ini disusun untuk menerapkan pendekatan perhitungan kebutuhan lift berdasarkan SNI 03-6573-2001 pada Gedung SMA LTI IGM Palembang.

Penyusunan skripsi ini tidak dapat dimaknai semata-mata sebagai proses belajar menghitung kebutuhan lift penumpang. Lebih dari itu, skripsi ini merupakan proses elaborasi terhadap SNI 03-6573-2001 dan referensi lainnya, upaya memahami algoritma perhitungan lalu lintas lift, serta usaha membaca kembali filosofi dasar perancangan transportasi vertikal dalam bangunan. Dalam prosesnya, peneliti tidak hanya berhadapan dengan angka, rumus, dan parameter teknis, tetapi juga dengan kenyataan bahwa lift adalah bagian dari sistem bangunan yang harus melayani manusia, menempati ruang, memengaruhi *core*, dan berhubungan langsung dengan efisiensi denah.

Oleh karena itu, skripsi ini disusun sebagai ikhtiar untuk menjembatani kebutuhan teknis-matematis dengan fakta perancangan gedung secara multidisiplin, sehingga konfigurasi lift yang dihasilkan tidak hanya memenuhi perhitungan, tetapi menjadi ruang pertemuan antara teknik mesin, arsitektur, dan manajemen

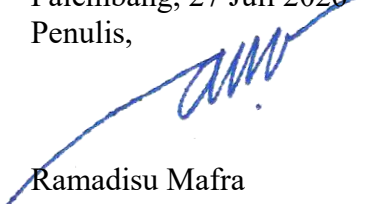
infrastruktur untuk menghasilkan konfigurasi lift yang optimum, bukan sekadar konfigurasi yang lolos hitungan minimum.

Skripsi ini tentu saja dalam prosesnya dapat diselesaikan karena bantuan, dukungan dan tanggapan positif dari berbagai pihak, karenanya ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya peneliti sampaikan kepada :

1. Dr. Ir. Hardayani Haruno, MT., selaku Dekan Fakultas Teknik UIBA beserta jajarannya,
2. Reny Afriany, ST., M.Eng., selaku Pembimbing Pendamping sekaligus Ketua Program Studi Teknik Mesin FT – UIBA,
3. Yeny Pusvyta, ST., MT., selaku Pembimbing Utama sekaligus Dosen Pembimbing Akademik,
4. Tim Dosen Penguji Skripsi Program Studi Teknik Mesin FT – UIBA,
5. Sejawat mahasiswa Program Studi Teknik Mesin FT-UIBA atas dukungan dan kebersamaannya, dan terakhir
6. Ibu, anak-anakku, serta saudara-saudaraku yang telah memberikan ruang, waktu, doa, dan dukungan bagi peneliti untuk terus berdialog, berpikir, dan menyelesaikan proses akademik ini.

Akhir kata peneliti berharap skripsi ini dapat memberikan dampak positif akademik, serta memberi kontribusi praktis dalam penerapan standar perancangan lift pada bangunan gedung khususnya di lingkungan pendidikan. Namun sebagai bagian dari proses dialektika ilmiah, skripsi ini terbuka terhadap penguatan dan pengayaan melalui masukan akademik yang relevan dan konstruktif, sebagai upaya penguatan kualitas ilmiah penelitian ini.

Palembang, 27 Juli 2026
Penulis,



Ramadisu Mafra
NIM, 22320015

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS.....	ii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iii
HALAMAN AGENDA	iv
PENGESAHAN TIM PENGUJI.....	v
ABSTRAK	vi
ABSTRACT	vii
KATA PENGANTAR	viii
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR TABEL.....	xiii
DAFTAR RUMUS	xv
DAFTAR NOTASI DAN SIMBOL	xvi
GLOSARIUM.....	xviii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xxiii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Batasan Masalah.....	3
1.4 Tujuan.....	4
1.5 Manfaat.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	6
2.1 Terminologi Lift	6
2.2 Tipe Lift Penumpang dengan Motor Traksi	6
2.3 Regulasi Perancangan Lift Penumpang.....	6
2.4 Istilah dalam Perancangan Lift menurut SNI 03-6573-2001	7
2.5 Istilah Umum Komponen Lift	8
2.6 Ketentuan Teknis Perancangan Lift	10
2.7 Perancangan Kebutuhan Lift	11
2.8 Rumus Perhitungan Kebutuhan Lift.....	17
2.9 Normalisasi dan Penilaian Berbobot dalam Pemilihan Konfigurasi Lift	25

2.10 Dasar Perhitungan Mekanis Awal Lift	26
BAB III METODA PERANCANGAN	30
3.1 Kebutuhan Perancangan	30
3.2 Spesifikasi Perancangan	30
3.3 Metode Perhitungan.....	32
3.4 Alur Kerangka Penelitian	35
BAB IV ANALISIS DAN OPTIMASI KEBUTUHAN LIFT	37
4.1 Perhitungan Konfigurasi Lift pada Skenario Kecepatan 1,0 m/s	37
4.1.1 Perhitungan Alternatif Konfigurasi Lift P8 – v 1,0 m/s	37
4.1.2 Alternatif Konfigurasi Lift P18 – v 1,0 m/s.....	39
4.2 Perhitungan Konfigurasi Lift pada Skenario Kecepatan 1,5 m/s	40
4.2.1 Perhitungan Alternatif Konfigurasi Lift P8 – v 1,5 m/s	41
4.2.2 Perhitungan Alternatif Konfigurasi Lift P18 – v 1,5 m/s	42
4.3 Komparasi Margin DAG Konfigurasi Lift.....	44
4.4 Perhitungan <i>Power Output</i> Berdasarkan SNI 03-6573-2001	46
4.5 Analisis Hasil Perhitungan Alternatif Konfigurasi Lift.....	48
4.5.1 Analisis Kinerja Pelayanan Lift.....	49
4.5.2 Analisis Pengaruh Kapasitas dan Kecepatan Lift.....	50
4.5.3 Analisis Margin DAG Lift.....	51
4.5.4 Analisis <i>Power Output</i> Lift.....	52
4.5.5 Penetapan Konfigurasi Optimum	54
4.6 Rekomendasi Spesifikasi Teknis dan Tipe Pabrikan.....	59
4.7 Perhitungan Mekanis Awal Konfigurasi Unit Lift Terpilih	63
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	69
5.1 Kesimpulan.....	69
5.2 Saran.....	70
DAFTAR PUSTAKA	71

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 4. 1 Perbandingan Kinerja Lift berdasarkan N, WTR dan DAG	49
Gambar 4. 2 Pengaruh P dan v terhadap TLNT dan DAS	51
Gambar 4. 3 Pengaruh P dan v terhadap Margin DAG.....	51
Gambar 4. 4 Pengaruh P dan v terhadap Power Output Lift.....	53
Gambar 4. 5 Skor Total dan Rangking Konfigurasi Lift.....	59

DAFTAR TABEL

Halaman

Tabel 2. 1 Jenis Lift berdasarkan Tinggi-Rendah dan Luas Bangunan.....	10
Tabel 2. 2 Anjuran Kecepatan Lift berdasarkan Jumlah Lantai yang Dilayani	11
Tabel 2. 3 Kelas Bangunan dan Mutu Pelayanan Lift.....	12
Tabel 2. 4 Perkiraan Kualitas Pelayanan Lift pada Bangunan Kantor.....	12
Tabel 2. 5 Estimasi Penghuni Bangunan atau Potential Traffic	13
Tabel 2. 6 Kriteria WTR di Lobby Utama dan Kriteria TAS	15
Tabel 2. 7 Rekomendasi Percepatan Lift.....	15
Tabel 2. 8 Tempo Loncatan Lift	16
Tabel 2. 9 Kecepatan Buka Tutup Pintu Lift.....	16
Tabel 2. 10 Waktu Pembukaan Pintu Lift.....	17
Tabel 2. 11 Dimensi Kereta Lift menurut SNI 03-6573-2001	17
Tabel 2. 12 Terkaan Jumlah Hentian	20
Tabel 2. 13 Rata-rata Lantai Balik Tertinggi (LBT).....	21
Tabel 2. 14 Pedoman Pemilihan Rel berdasarkan $P + Q$	26
Tabel 2. 15 Batas Patah Tali Baja (Bp)	28
Tabel 2. 16 Faktor Keamanan Tali Baja (FK)	28
Tabel 3. 1 Data Penghuni Bangunan (PB)	31
Tabel 3. 2 Parameter Perancangan Optimasi Kebutuhan Lift	32
Tabel 4. 1 Parameter Optimasi Konfigurasi Lift Skenario Kec. 1,0 m/s	37
Tabel 4. 2 Rekapitulasi Hasil Perhitungan Lift Skenario Kec. 1,0 m/s.....	40
Tabel 4. 3 Parameter Optimasi Konfigurasi Lift Skenario Kec. 1,5 m/s	41
Tabel 4. 4 Rekapitulasi Hasil Perhitungan Lift Skenario Kec. 1,5 m/s.....	44
Tabel 4. 5 Rekap Hasil Perhitungan Lift Skenario Kec. 1,0 m/s dan 1,5 m/s	44
Tabel 4. 6 Rekap Margin DAG	45
Tabel 4. 7 Parameter Perhitungan <i>Power Output</i> Lift	46
Tabel 4. 8 Rekapitulasi <i>Power Output</i> dan Total <i>Power Output</i> Grup Lift.....	48
Tabel 4. 9 Parameter dan Bobot Penilaian Konfigurasi Lift	55
Tabel 4. 10 Rekapitulasi Nilai Asli Parameter Konfigurasi Lift	55

Tabel 4. 11 Rekapitulasi Skor Penilaian Konfigurasi Lift	58
Tabel 4. 12 Rekapitulasi Hasil Optimasi Kebutuhan Lift Penumpang	60
Tabel 4. 13 Rekomendasi Produk Pabrikan Lift MRL yang Relevan	62
Tabel 4. 14 Rekapitulasi Hasil Perhitungan Mekanika Awal Unit Lift Terpilih ...	68

DAFTAR RUMUS

	Halaman
Rumus 2.1 Penghuni Bangunan (PB)	18
Rumus 2.2 Tuntutan Arus Sirkulasi (TAS)	19
Rumus 2.3 Tinggi Lintasan (TL)	19
Rumus 2.4 Terkaan Jumlah Hentian (TJH)	19
Rumus 2.5 Lantai Balik Tertinggi (LBT)	20
Rumus 2.6 Tempo Lalu Lintas Naik Turun (TLNT)	21
Rumus 2.7 Waktu Kinerja Satu Lintasan	22
Rumus 2.8 Waktu Tempuh Satu Lantai	22
Rumus 2.9 Daya Angkut Satuan (DAS)	22
Rumus 2.10 Perhitungan Jumlah Lift (N)	22
Rumus 2.11 $N_{estimasi}$	23
Rumus 2.12 Daya Angkut Gabungan (DAG)	23
Rumus 2.12 Waktu Tunggu Rata-rata (WTR)	20
Rumus 2.13 Gaya Angkat Lift (F)	20
Rumus 2.14 Rendemen Sistem Instalasi Terbaik	24
Rumus 2.15 <i>Power Output</i>	24
Rumus 2.16 Normalisasi Arah Naik	25
Rumus 2.17 Normalisasi Arah Turun	25
Rumus 2.18 Pembobotan	26
Rumus 2.19 Koefisien Kelangsingan dan Girasi Rel	27
Rumus 2.20 Perhitungan Jumlah Tali	27
Rumus 2.21 Faktor Keamanan Tali Baja	28
Rumus 2.22 <i>Traction Relation</i> (TR)	29

DAFTAR NOTASI DAN SIMBOL

a	Akselerasi lift.
A	Luas penampang rel pemandu kabin.
AWT	<i>Average Waiting Time</i> , yaitu batas waktu tunggu rata-rata yang digunakan sebagai kriteria pelayanan lift.
B_p	Batas beban patah tali baja.
DAG	Daya Angkut Gabungan, yaitu kemampuan seluruh lift dalam satu kelompok operasi untuk mengangkut penumpang dalam waktu 5 menit.
DAS	Daya Angkut Satuan, yaitu kemampuan satu unit lift untuk mengangkut penumpang dalam waktu 5 menit.
D	Diameter nominal tali baja.
f	Faktor keamanan yang digunakan untuk menghitung jumlah utas tali baja.
FK	Faktor keamanan aktual tali baja.
FK_{min}	Faktor keamanan minimum berdasarkan tabel SNI.
i	Faktor pentalian atau <i>roping factor</i> .
JAL	Jarak Antar Lantai.
JLD	Jumlah Lantai Dilayani.
K	Kapasitas nominal lift dalam satuan kilogram.
LBT	Lantai Balik Tertinggi rata-rata.
L_k	Jarak maksimum bracket rel pemandu.
N	Jumlah unit lift.
N_{DAG}	Jumlah unit lift minimum berdasarkan syarat $DAG \geq TAS$.
N_{WTR}	Jumlah unit lift minimum berdasarkan syarat $WTR \leq AWT$.
N	Jumlah utas tali baja.
P	Dalam perhitungan lalu lintas lift, P menyatakan kapasitas penumpang lift dalam satuan orang.
P_{ef}	Kapasitas efektif lift, yaitu $0,8P$.
PB	Penghuni Bangunan atau <i>Potential Traffic</i> .
P_{output}	Power Output per unit lift.
P_{total}	Total Power Output Grup.
Q	Beban maksimal atau kapasitas nominal lift pada perhitungan mekanika awal.

S	Terkaan jumlah hentian atau <i>average number of stops</i> .
S_i	Skor normalisasi alternatif ke - i.
S_j	Skor normalisasi parameter ke - j.
S_{total}	Skor total hasil penilaian berbobot.
s	Kecepatan lift dalam satuan meter per menit, digunakan pada rumus <i>Power Output</i> .
T	Waktu kinerja satu lintasan lantai.
TAS	Tuntutan Arus Sirkulasi.
t_{bp}	Waktu buka-tutup pintu lift.
T_f	Tempo loncatan atau <i>flight time</i> .
TJH	Terkaan Jumlah Hentian.
TL	Tinggi Lintasan.
TLNT	Tempo Lalu Lintas Naik Turun.
t_p	Waktu perpindahan satu penumpang keluar atau masuk kabin.
t_v	Waktu tempuh satu lantai pada kecepatan lift tertentu.
v	Kecepatan lift dalam satuan meter per detik.
w_j	Bobot parameter ke-jjj dalam penilaian berbobot.
WTR	Waktu Tunggu Rata-rata.
X_i	Nilai parameter pada alternatif ke - i.
X_{max}	Nilai terbesar pada parameter yang dinilai.
X_{min}	Nilai terkecil pada parameter yang dinilai.
H	Efisiensi atau rendemen sistem.
η_T	Efisiensi total sistem.
λ	Nilai kelangsingan rel pemandu.

Catatan:

Pada perhitungan mekanika awal, simbol P mengikuti definisi rumus SNI yang digunakan, yaitu berat kereta, rangka, dan semua peralatan yang didukung. Sedangkan Q menyatakan beban maksimal lift. Oleh karena itu, simbol P pada perhitungan lalu lintas lift dan perhitungan mekanika awal perlu dibaca sesuai konteks rumus yang digunakan.

GLOSARIUM

Istilah	Padanan Inggris	Pengertian Singkat
Average Waiting Time (AWT)	<i>Average Waiting Time</i>	Batas waktu tunggu rata-rata yang digunakan sebagai kriteria mutu pelayanan lift.
Batas Beban Patah Tali Baja (Bp)	<i>Breaking Load</i>	Beban maksimum yang dapat ditahan tali baja sebelum putus.
Bobot Imbang	<i>Counterweight</i>	Pemberat yang digunakan untuk mengimbangi berat kereta dan sebagian beban muatan lift.
Center Opening	<i>Center Opening Door</i>	Tipe pintu lift yang membuka dari tengah ke arah kiri dan kanan.
Daya Angkut Gabungan (DAG)	<i>Group Handling Capacity</i>	Kemampuan seluruh lift dalam satu kelompok operasi untuk mengangkut penumpang dalam waktu 5 menit.
Daya Angkut Satuan (DAS)	<i>Single Car Handling Capacity</i>	Kemampuan satu unit lift untuk mengangkut penumpang dalam waktu 5 menit.
Diameter Nominal Tali Baja	<i>Nominal Rope Diameter</i>	Ukuran diameter tali baja traksi yang digunakan pada sistem lift.
Efisiensi / Rendemen	<i>Efficiency</i>	Perbandingan antara daya keluaran dan daya masukan pada komponen atau sistem lift.
Faktor Keamanan (FK)	<i>Safety Factor</i>	Nilai pembanding antara kemampuan komponen menahan beban terhadap beban kerja yang diterima.
Faktor Pentalian (i)	<i>Roping Factor</i>	Faktor yang menunjukkan sistem pentalian lift, misalnya ($i = 2$) untuk sistem pentalian 2 : 1.
Gearless Traction Machine	<i>Gearless Traction Machine</i>	Mesin traksi tanpa roda gigi, dimana motor menggerakkan roda traksi secara langsung.
Hoistway / Ruang Luncur	<i>Hoistway / Well</i>	Ruang vertikal tempat kereta lift dan bobot imbang bergerak naik turun.

Istilah	Padanan Inggris	Pengertian Singkat
Interval	<i>Interval</i>	Selang waktu antara keberangkatan satu lift dari lobi sampai lift berikutnya tiba dan membuka pintu di lobi.
Jarak Antar Lantai (JAL)	<i>Floor-to-Floor Height</i>	Jarak vertikal antara satu lantai dengan lantai berikutnya.
Jumlah Lantai Dilayani (JLD)	<i>Number of Served Floors</i>	Jumlah lantai yang dilayani lift di atas lantai lobi.
Kapasitas Efektif Lift	<i>Effective Car Load</i>	Jumlah penumpang efektif yang digunakan dalam perhitungan, yaitu 80% dari kapasitas normal lift.
Kapasitas Lift	<i>Capacity / Load</i>	Beban atau jumlah penumpang maksimum yang dapat dilayani oleh satu unit lift.
Kapasitas Nominal	<i>Rated Capacity</i>	Kapasitas beban lift dalam satuan kilogram sesuai kelas kapasitas yang digunakan.
Kebutuhan Puncak ke Atas	<i>Up-Peak Demand</i>	Kondisi arus puncak ketika mayoritas penumpang bergerak dari lobi menuju lantai atas.
Kebutuhan Puncak ke Bawah	<i>Down-Peak Demand</i>	Kondisi arus puncak ketika mayoritas penumpang bergerak dari lantai atas menuju lobi.
Kelajuan Lift	<i>Lift Speed</i>	Kecepatan gerak kereta lift saat naik atau turun.
Kereta / Kabin	<i>Car / Cabin</i>	Bagian lift yang membawa penumpang, terdiri dari alas, dinding, atap, pintu, rangka, dan perlengkapan pendukung.
Lantai Balik Tertinggi Rata-rata (LBT)	<i>Average Highest Reversal Floor</i>	Lantai tertinggi rata-rata yang dicapai lift sebelum kembali ke lobi.
Lift MRL	<i>Machine-Room-Less Lift</i>	Lift tanpa kamar mesin terpisah, dengan mesin traksi ditempatkan di ruang luncur atau area terkait.
Lift Penumpang	<i>Passenger Lift / Passenger Elevator</i>	Lift yang terutama digunakan untuk memindahkan orang atau penumpang.

Istilah	Padanan Inggris	Pengertian Singkat
Margin DAG	<i>Handling Capacity Margin</i>	Persentase selisih antara DAG dan TAS terhadap TAS, yang menunjukkan cadangan daya angkut sistem lift.
Mesin Lift	<i>Elevator Machine</i>	Kesatuan penggerak lift yang meliputi motor, rem, roda traksi, dan komponen penggerak lainnya.
Mesin Traksi	<i>Traction Machine</i>	Mesin lift yang bekerja dengan menarik tali baja melalui gaya gesek pada roda traksi.
Motor VF	<i>Variable Frequency Motor</i>	Motor dengan pengaturan kecepatan berdasarkan perubahan frekuensi sumber listrik.
Muatan / Loading	<i>Loading</i>	Jumlah penumpang yang wajar terangkut oleh lift sebelum mencapai kapasitas penuh.
Normalisasi	<i>Normalization</i>	Proses mengubah nilai beberapa parameter ke dalam skala yang sama agar dapat dibandingkan.
Operasi Kelompok	<i>Group Operation</i>	Sistem kerja beberapa unit lift dalam satu kelompok yang dikendalikan secara bersama.
Overbalance	<i>Overbalance</i>	Persentase beban muatan yang ikut diimbangi oleh bobot imbang.
Pembobotan	<i>Weighting</i>	Pemberian nilai bobot pada setiap parameter penilaian sesuai tingkat kepentingannya.
Penghuni Bangunan (PB)	<i>Building Population / Potential Traffic</i>	Jumlah orang yang menjadi dasar perhitungan kebutuhan lalu lintas lift.
Pentalian	<i>Roping</i>	Sistem pemasangan tali baja yang menghubungkan kereta, bobot imbang, dan roda traksi.
Pentalian 2 : 1	<i>2:1 Roping</i>	Sistem pentalian dimana pergerakan kereta lift terjadi dengan perbandingan dua kali lintasan tali terhadap satu kali lintasan kereta.
Perhitungan Coba-ulang	<i>Trial Calculation</i>	Proses penambahan atau pengujian ulang jumlah lift sampai syarat ($DAG \geq TAS$) dan ($WTR \leq AWT$) terpenuhi.

Istilah	Padanan Inggris	Pengertian Singkat
Pit / Sumuran / Lekuk Dasar	<i>Pit</i>	Bagian bawah ruang luncur yang berada di bawah lantai pemberhentian terbawah.
Power Output	<i>Output Power</i>	Daya keluaran lift hasil perhitungan berdasarkan kapasitas, kecepatan, overbalance, dan efisiensi sistem.
Rel Pemandu	<i>Guide Rail</i>	Rel vertikal yang menuntun gerak kereta atau bobot imbang agar tetap stabil pada ruang luncur.
Roller Guide	<i>Roller Guide Shoes</i>	Sepatu luncur tipe roda yang menuntun gerak kereta atau bobot imbang pada rel pemandu.
Ruang Atas	<i>Overhead</i>	Bagian ruang luncur teratas di atas lantai perhentian tertinggi.
Sepatu Luncur	<i>Guide Shoes</i>	Komponen pada kereta atau bobot imbang yang bergerak mengikuti rel pemandu.
Skor Berbobot	<i>Weighted Score</i>	Skor hasil perkalian antara nilai normalisasi parameter dan bobot penilaiannya.
Skor Normalisasi	<i>Normalized Score</i>	Skor hasil normalisasi suatu parameter dalam skala penilaian tertentu.
Tali Baja Traksi	<i>Traction Rope</i>	Tali baja yang digunakan untuk menggantung dan menggerakkan kereta serta bobot imbang pada lift traksi.
Tempo Lalu Lintas Naik Turun (TLNT)	<i>Round Trip Time</i>	Waktu yang dibutuhkan satu lift untuk melakukan perjalanan dari lobi menuju lantai pelayanan dan kembali ke lobi.
Tempo Loncatan	<i>Flight Time</i>	Waktu yang berkaitan dengan percepatan dan perlambatan lift pada lintasan antar lantai.
Terkaan Jumlah Hentian (TJH)	<i>Probable Stops</i>	Perkiraan jumlah pemberhentian lift dalam satu perjalanan akibat distribusi penumpang ke lantai tujuan.
Tinggi Lintasan (TL)	<i>Travel Height / Lift Travel</i>	Jarak vertikal total yang ditempuh lift dari lobi sampai lantai tertinggi yang dilayani.

Istilah	Padanan Inggris	Pengertian Singkat
Total Power Output Grup	<i>Group Total Output Power</i>	Jumlah Power Output seluruh unit lift dalam satu konfigurasi.
Traction Sheave	<i>Traction Sheave</i>	Roda traksi tempat tali baja bekerja melalui gaya gesek untuk menggerakkan kereta dan bobotimbang.
Tuntutan Arus Sirkulasi (TAS)	<i>Traffic Demand / Five-Minute Handling Demand</i>	Jumlah penghuni yang harus dapat diangkut dari lobi dalam waktu 5 menit pada kondisi arus puncak.
Waktu Kinerja Satu Lintasan Lantai (T)	<i>Single-Floor Performance Time</i>	Waktu kinerja lift pada satu lintasan lantai, meliputi tempo loncatan dan waktu buka-tutup pintu.
Waktu Tempuh Satu Lantai (tv)	<i>Single-Floor Travel Time</i>	Waktu tempuh lift untuk bergerak dari satu lantai ke lantai berikutnya berdasarkan jarak antar lantai dan kecepatan lift.
Waktu Tunggu Rata-rata (WTR)	<i>Average Waiting Time</i>	Waktu rata-rata penumpang menunggu kedatangan lift.

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Gambar 3 Kerangka Perancangan Kebutuhan Lift Penumpang

Lampiran 2. Lampiran 3. Denah SMA LTI IGM

Lampiran 4. Struktur Organisasi SMA LTI IGM

Lampiran 5. Katalog Toshiba ELCOSMO – III

Lampiran 6. Katalog Hyundai LUXEN dan NEW YZER

Lampiran 7. SK Dosen Pembimbing

Lampiran 8. Rekomendasi Seminar dan Lembar Konsultasi

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perkembangan bangunan bertingkat di Indonesia, khususnya di kota Palembang, membawa konsekuensi logis berupa meningkatnya kebutuhan sistem transportasi vertikal yang dapat bekerja secara efektif. Dalam konteks ini, lift memiliki posisi strategis sebagai salah satu elemen teknis yang menentukan apakah sebuah gedung mampu memberikan tingkat layanan yang memadai kepada penggunanya. Studi global menunjukkan lebih dari 7 milyar perjalanan lift terjadi setiap hari (Al-Kodmany, 2015) menjadikan lift sebagai sarana vital dalam gedung.

Urgensi ini diperkuat oleh kenyataan bahwa lift memiliki dampak langsung terhadap pengalaman pengguna. Konsumsi energi lift dapat mencapai 2–10% dari total energi gedung, dan bahkan hingga 40% pada jam puncak (Al-Kodmany, 2015). Dengan demikian, kesalahan dalam menentukan kapasitas, kecepatan, atau jumlah unit lift tidak hanya mengakibatkan ketidaknyamanan berupa antrean panjang dan waktu tunggu yang tinggi, tetapi juga berdampak pada efisiensi energi dan biaya operasional jangka panjang.

Sesuai konteks Indonesia, urgensi mandatory lift pada bangunan gedung jelas diatur secara spesifik pada Permen PU No. 14/PRT/M/2017. Ketentuan teknis mengenai bagaimana lift seharusnya direncanakan dituangkan dalam SNI 03-6573-2001, yang menyediakan pedoman mengenai kapasitas angkut, kecepatan perjalanan lift, waktu tunggu yang diizinkan, hingga jumlah unit yang diperlukan untuk suatu bangunan. Pedoman ini menjadi acuan utama agar sistem lift yang dibangun dapat memenuhi standar keselamatan dan kenyamanan.

Temuan empiris dari beberapa studi menunjukkan konsekuensi yang nyata apabila desain lift tidak mengikuti standar tersebut. Riset oleh Panulisan, et al (2024) pada gedung kampus, mengungkap bahwa waktu tunggu lift dapat mencapai 90 detik pada jam sibuk, atau dua kali lipat lebih lama dari standar kenyamanan internasional atau SNI, sehingga efisiensi pelayanan lift hanya mencapai 75%. Kasus serupa ditemukan oleh Nafari, et al, (2025), dimana ketersediaan lift di

bawah standar SNI juga terjadi pada gedung pendidikan. Kasus lainnya ditemukan pada gedung apartemen 17 lantai yang mengalami *over* spesifikasi setelah dilakukan perhitungan optimasi oleh Sulistyio (2016). Perhitungan optimasi juga dilakukan oleh Utami et al (2025) pada gedung Rektorat dengan hasil bertambahnya jumlah unit lift. Berbagai permasalahan tersebut menunjukkan bahwa perancangan kapasitas lift tidak dapat dilakukan secara sembarangan.

Menurut Barney dan Al-Sharif (2016), perancangan lalu lintas lift bertujuan menentukan sistem lift yang mampu melayani pergerakan penumpang dalam bangunan secara efektif, dengan mempertimbangkan parameter seperti kapasitas angkut, waktu tunggu, interval pelayanan, dan waktu perjalanan lift. Dibutuhkan kajian teknis yang terukur, terutama dalam menghitung Tempo Lalu Lintas Naik Turun (TLNT), kapasitas angkut, waktu tunggu, serta Tuntutan Arus Sirkulasi (TAS), yang semuanya diatur secara sistematis dalam SNI 03-6573-2001.

Perhitungan matematis dan analisis *traffic* vertikal inilah yang menjadi salah satu kompetensi inti bagi calon Sarjana Teknik Mesin, khususnya mereka yang diarahkan menjadi Ahli Transportasi dalam Gedung sesuai Standar Kompetensi Kerja (SKK). Profesi tersebut menuntut penguasaan kemampuan penentuan kebutuhan jumlah dan spesifikasi lift pada berbagai jenis bangunan. Namun demikian, untuk perencanaan dan perhitungan detail komponen lift lazimnya dilakukan vendor lift yang mengacu kepada standar Internasional dan atau standar SNI serta Permenaker RI No. 6 Tahun 2017, sehingga produk tersebut dinyatakan laik untuk digunakan pada bangunan gedung. Artinya ketika sudah ditetapkan kapasitas lift dan tipe lift dalam perancangan, maka spesifikasi dan dimensi lift beserta komponennya akan ikut standar pabrikan.

Selain aspek teknis, perancangan lift juga merupakan proses lintas disiplin yang memerlukan kolaborasi erat antara insinyur mesin dan arsitek. Lift adalah elemen yang memengaruhi tata ruang vertikal bangunan, misalnya dimensi *hoistway* akan sangat dipengaruhi oleh hasil perhitungan kebutuhan dan kapasitas lift, serta setiap merek lift memiliki dimensi *hoistway* yang berbeda (Mafra dan Zulfikri, 2023) dan dimensi *car* yang berbeda pula (Mafra, et al, 2024). Karena itu, menjadi sangat penting dilakukan perhitungan kebutuhan lift diawal perancangan bangunan gedung, seperti yang dilakukan oleh Nafari, et al (2025) atau Pradita et

al (2024) pada gedung pendidikan, optimalisasi pada bangunan perkantoran (Adelia & Johan, 2018), atau pada bangunan hotel oleh Zayadi et al (2015).

Lebih lanjut, optimasi kebutuhan lift penumpang juga sangat penting dilakukan pada objek bangunan gedung pendidikan seperti gedung SMA LTI IGM untuk memastikan bahwa sistem transportasi vertikal mampu memenuhi tuntutan kinerja, keselamatan, dan kenyamanan pengguna sesuai standar nasional. Penelitian ini akan memfokuskan kajian pada optimasi kebutuhan lift berdasarkan SNI 03-6573-2001. Terkait objek optimasi lift penumpang pada skripsi ini, dipilih SMA LTI IGM yang beralamat di Jl. Kolonel H. Barlian KM 10 Palembang, karena pertimbangan kemudahan dalam mengakses data, dan lanjutan dari kegiatan Kerja Praktik yang pernah dilakukan.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian pada latar belakang, dan identifikasi masalah secara ringkas, maka rumusan masalah pada skripsi ini adalah:

1. Bagaimana kebutuhan sistem lift penumpang pada Gedung SMA LTI IGM Palembang berdasarkan karakteristik penghuni bangunan pada lalu lintas puncak (*peak traffic*) menurut SNI 03-6573-2001?,
2. Bagaimana konfigurasi optimum sistem lift penumpang (P , v , k , N , WTR , DAG dan *Power output* lift) yang memenuhi nilai AWT dan TAS serta perhitungan mekanis awal sesuai ketentuan SNI 03-6573-2001?, dan
3. Bagaimana rekomendasi spesifikasi teknis lift penumpang berdasarkan hasil perancangan dan kesesuaiannya dengan standar produk pabrikan di Indonesia ?

1.3 Batasan Masalah

Agar skripsi memiliki fokus yang jelas dan dapat dilakukan secara terukur, ditetapkan batasan sebagai berikut;

1. Objek bangunan hanya Gedung SMA LTI IGM Palembang lima lantai dengan asumsi Penghuni Bangunan maksimal, tanpa mencakup gedung lain di lingkungan yayasan,

2. Optimasi Lift Penumpang pada kelas pelayanan *Good* / Baik,
3. Analisis hanya berfokus pada perhitungan jumlah pengguna lift, kebutuhan kapasitas lift penumpang, dan rekomendasi spesifikasi teknis lift, tanpa membahas aspek arsitektur, struktur, tidak pula merancang detail komponen lift baik secara mekanikal maupun elektrik,
4. Perhitungan optimasi kebutuhan lift mengacu pada SNI 03-6573-2001 sebagai acuan utama. Standar lain seperti SNI 05-6040-1999, SNI 05-7052-2004, dan SNI 05-2189-1999 digunakan sebagai acuan pendukung pada pemeriksaan mekanika awal dan penegasan istilah teknis lift, dan
5. Spesifikasi teknis lift merujuk pada standar umum pabrikan yang lazim di Indonesia, seperti kapasitas, kecepatan (m/s), serta
6. Penelitian tidak mengevaluasi sistem lift eksisting.

1.4 Tujuan

Berdasarkan rumusan dan batasan masalah, maka skripsi ini bertujuan untuk;

1. Menentukan kebutuhan sistem lift penumpang pada Gedung SMA LTI IGM Palembang berdasarkan karakteristik penghuni bangunan, lalu lintas puncak (*peak traffic*) menurut SNI 03-6573-2001,
2. Menentukan konfigurasi optimum sistem lift penumpang (P, v, k, N, WTR, DAG dan *Power output* lift) yang memenuhi nilai AWT dan TAS serta perhitungan mekanis awal sesuai ketentuan SNI 03-6573-2001, dan
3. Menentukan rekomendasi spesifikasi teknis lift penumpang berdasarkan hasil perancangan dan kesesuaiannya dengan standar produk pabrikan di Indonesia.

1.5 Manfaat

Manfaat yang diperoleh dari skripsi ini setidaknya dapat dilihat dari teoritis, praktis dan atau profesional, antara lain;

1. Manfaat teoritis, yaitu memberikan kontribusi pengembangan ilmu terkait perancangan lift pada bangunan pendidikan dengan penerapan SNI 03-6573-2001,
2. Manfaat praktis, yaitu memberikan alternatif dasar perhitungan objektif bagi pengelola SMA LTI IGM Palembang dalam optimasi lift yang sesuai SNI, dan
3. Manfaat profesional, melatih calon Sarjana Teknik Mesin dalam bidang perencanaan sistem transportasi gedung agar memiliki relevansi kompetensi sesuai SKK Ahli Transportasi dalam Gedung.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Terminologi Lift

Istilah untuk Lift perlu dijelaskan agar tidak terjadi bias makna atas istilah Lift dalam bahasa Inggris yang diterjemahkan ke dalam bahasa Indonesia. Menurut Permenaker No. 6 Tahun 2017, elevator adalah pesawat Lift yang mempunyai kereta dan bobot imbang bergerak naik turun mengikuti rel-rel pemandu yang dipasang secara permanen pada bangunan, memiliki *governor* dan digunakan untuk mengangkut orang dan/ atau barang.

Definisi lift ialah pesawat pengangkat/pengangkut manusia dan/atau barang yang digerakkan dengan tenaga listrik baik melalui transmisi tarikan langsung (tanpa atau dengan roda gigi) maupun transmisi sistem hidrolis dengan gerakan vertikal (toleransi 7%) naik dan turun (SNI 05-2189-1999). Lebih lanjut, lift penumpang (*passenger elevator*), adalah lift yang terutama digunakan untuk memindahkan orang (penumpang) termasuk operator.

2.2 Tipe Lift Penumpang dengan Motor Traksi

Berdasarkan peletakan mesin traksi pada SNI 05-6040-1999, lift penumpang dengan motor traksi dibagi menjadi 2 jenis, yaitu;

1. Lift kompak dengan ruang mesin (*Compact Machine Room Elevator/ MR*), dimana mesin traksi dan motor dipasang di dalam ruang mesin.
2. Lift tanpa kamar mesin (*roomless / MRL*), dimana mesin traksi dan motor dipasang di dalam ruang luncur (*hoistway*) atau sebagian dari padanya dipasang di luar ruang luncur, dengan syarat khusus diatur pada (SNI 05-7052-2004 Syarat-syarat umum konstruksi lift penumpang yang dijalankan dengan motor traksi tanpa kamar mesin, 2004).

2.3 Regulasi Perancangan Lift Penumpang

Beberapa regulasi terkait perancangan lift penumpang yang dijadikan rujukan dalam skripsi ini, yaitu;

1. SNI 05-2189-1999 Definisi, istilah lift dan eskalator,
2. SNI 03-6573-2001 Tata cara perancangan sistem transportasi vertikal dalam gedung (lif),
3. SNI 05-6040-1999 Syarat-syarat umum konstruksi lift penumpang yang dijalankan dengan motor traksi,
4. SNI 05-7052-2004 Syarat-syarat umum konstruksi lift penumpang yang dijalankan dengan motor traksi tanpa kamar mesin,
5. Permenaker RI No. 6 Tahun 2017 tentang Keselamatan dan kesehatan kerja elevator dan eskalator

2.4 Istilah dalam Perancangan Lift menurut SNI 03-6573-2001

Istilah dan definisi yang digunakan dalam SNI 03-6573-2001 mengikuti SNI 05-2189-1999, tetapi khusus untuk perhitungan kebutuhan lift, digunakan istilah sebagai berikut;

1. Penghuni Bangunan (PB), yaitu jumlah orang yang menempati ruang lantai bersih (*net area*) untuk melakukan kegiatan sebagai *potential traffic* (PT),
2. Kepadatan (*occupancy rate*), satuan luas yang wajar untuk dipakai satu orang melakukan kegiatan, atau pada bangunan rumah sakit, perbandingan pengunjung terhadap jumlah ranjang,
3. Tuntutan Arus Sirkulasi (TAS), penghuni dalam persentase terhadap PB yang harus diangkut dari lobi dalam selang waktu 5 menit, pada saat terjadi arus puncak (padat), dan dipakai sebagai kriteria atas daya angkut sistem (*5 minutes handling capacity*),
4. Interval, adalah selang waktu mulai saat satu lift berangkat dari lobi sampai lift lain tiba di lobi dan membuka pintu,
5. Waktu Tunggu Rata-rata (WTR), interval yang dikehendaki sebagai selang waktu yang wajar untuk suatu gedung dan dipakai sebagai kriteria,
6. Tempo Lalu Lintas Naik Turun (TLNT) atau (*round trip time*), suatu lift melakukan pelayanan dari lobi ke lantai-lantai, kemudian kembali ke lobi,
7. Daya Angkut Satuan (DAS), kemampuan satu buah lift mengangkut jumlah orang dalam selang waktu 5 menit (300 detik),

8. Daya Angkut Gabung (DAG), kemampuan seluruh lift dalam sistem operasi kelompok, mengangkut jumlah orang dalam selang waktu 300 detik,
9. Terkaan Jumlah Hentian (TJH), atau (*probable stop*), yaitu jumlah berapa kali kemungkinan lif akan berhenti sepanjang lintasan, oleh sebab jumlah penumpang yang diangkut, bukan karena ada panggilan lantai (PL),
10. Muatan (*loading*), sejumlah orang yang wajar dapat terangkat oleh sebelum mencapai kapasitas penuh, yaitu 80% dari kapasitas normal,
11. Kebutuhan Puncak ke Atas (*up peak demand*), arus sirkulasi puncak/ padat arah ke atas terjadi di pagi hari jam masuk kantor,
12. Kebutuhan puncak ke bawah (*down peak demand*), arus sirkulasi puncak/ padat arah ke bawah terjadi di sore hari, atau jam tutup kantor, dan
13. Operasi Kelompok, yaitu suatu sistem kerja bersama beberapa lift dalam suatu kelompok yang dikendalikan oleh pusat pengendali.

2.5 Istilah Umum Komponen Lift

Secara substansi istilah umum komponen lift terkait spesifikasi umum lift menurut SNI 05-2189-1999 antara lain adalah;

1. Lift penumpang (*passenger elevator*), adalah lift yang terutama digunakan untuk memindahkan orang (penumpang) termasuk operator,
2. Lift tanpa kamar mesin adalah sistem instalasi lift dimana mesin traksi dan motor dipasang di dalam ruang luncur, atau sebagian dari padanya dipasang di luar ruang luncur,
3. Kereta, sangkar, atau kabin (*car*) adalah suatu kesatuan dari lift yang membawa beban muatan baik orang maupun barang, yang terdiri dari alas, dinding, atap, pintu, rangka/ struktur dan sepatu luncur,
4. Pintu kereta (*car door, car gate*) adalah bagian dari kereta yang dipasang pada bagian dinding muka kereta tetapi sebagai tambahan dapat juga bersama-sama dipasang pada sisi samping atau sisi belakang kereta sebagai sarana ke luar masuk ke dan dari kereta,

5. Bobot Imbang (*counterweight*) adalah kesatuan pemberat dari lift atau sejumlah susunan pemberat yang digunakan untuk mengimbangi berat kereta dan sebagai dari beban muatannya,
6. Kapasitas (*capacity, load*) yaitu beban muatan maksimal yang dapat atau sanggup dibawa naik turun oleh suatu lift,
7. Kelajuan (*speed*), yaitu kelajuan kereta meluncur naik atau turun pada kapasitas teruji (*rate capacity*),
8. Tempo percepatan (*acceleration period*), adalah waktu tenggang dalam detik yang digunakan sejak muka Lift berangkat sampai mencapai nominal tetap,
9. Ruang luncur (*hoistway, well*) adalah konstruksi bangunan permanen dimana kereta Lift dan bobot imbang bergerak naik turun vertikal,
10. Lantai perhentian (*landing floor*), adalah lantai atau bagian dari lantai gedung, atau bordes dengan konstruksi permanen yang berfungsi sebagai tempat dimana orang atau barang akan masuk ke dalam kereta atau keluar kereta,
11. Pintu Lantai (*hoistway door*), pintu lift yang dipasang pada bukaan ruang luncur yang menghadap ke lantai perhentian pada tiap-tiap lantai hentian, sebagai sarana ke luar masuk orang/ barang ke dalam kereta, berbentuk pintu sorong (*sliding door*),
12. Sumuran, lekuk dasar (*pit*) adalah lanjutan bagian bawah dari ruang luncur yang dimulai dari lantai pemberhentian terbawah,
13. Ruang atas (*overhead*), adalah bagian ruang luncur teratas, dengan jarak dimulai dari lantai perhentian teratas sampai bagian bawah dari lantai kamar mesin (jika kamar mesin terletak di atas ruang luncur) atau sampai bagian bawah dari plat dak/ slab gedung jika kamar mesin terletak di samping/ sisi ruang luncur, dan
14. Mesin lift (*elevator machine*), yaitu kesatuan bagian dari Lift yang merupakan pesawat penggerak kereta Lift yang meliputi motor, roda gigi (jika ada), rem dan roda katrol penarik (*traction sheave*) atau silinder penggulung (*winding drum*), serta

15. Mesin traksi (*traction machine*), adalah mesin lift yang memakai cara tarikan tali baja, kereta atau bobot imbang ditarik melalui gaya gesek cengkerman tali pada roda katrol (*traction sheave*).

2.6 Ketentuan Teknis Perancangan Lift

Ketentuan teknis dalam SNI 03-6573-2001 akan dipilah berdasarkan jumlah lantai pada gedung SMA LTI IGM sebanyak 5 lantai, sehingga ketentuan di atas 5 lantai tidak akan dikutip dalam skripsi ini. Ketentuan teknis dan atau persyaratan dalam perancangan kebutuhan lift tersebut, antara lain;

1. Persyaratan dasar, yaitu didasarkan atas persyaratan dasar sebagai berikut;
 - a. Kapasitas dan kecepatan harus sesuai dengan tinggi dan luas bangunan,
 - b. Konfigurasi susunan dan tata letak lift, dan
 - c. Pemilihan jenis motor penggerak dan jenis kendali operasi.
2. Jenis lift, berdasarkan tinggi-rendah dan luas bangunan, seperti pada Tabel 2.1 berikut;

Tabel 2. 1 Jenis Lift berdasarkan Tinggi-Rendah dan Luas Bangunan

No	Bangunan dengan indikasi luas lantai agar tercapai efisiensi wajar	Jumlah Lantai	
		Kelas Biasa (ekonomi)	Kelas Mewah (citra, prestis)
1	Bangunan rendah luas lantai s/d. 1000 m ² / lantai	2 s/d 6	6 s/d 10
2	Bangunan menengah - rendah luas lantai s/d. 1500 m ² / lantai	6 s/d 10	7 s/d 20
3	Bangunan menengah - tinggi luas lantai s/d. 1900 m ² / lantai	12 s/d 20	13 s/d 30
4	Bangunan tinggi luas lantai s/d. 2200 m ² / lantai	20 s/d 30	21 s/d 40

Sumber : Tabel 4.3.2 SNI 03-6573-2001

3. Kapasitas lift, dinyatakan dalam kilogram (kg) atau jumlah orang (P). Lift berkapasitas di bawah 6 orang memakai angka satuan 70 kg/ orang, sedangkan di atas 6 orang memakai angka satuan 68 kg/ orang. Bangunan rendah sampai dengan 6 lantai untuk fungsi sekolah dan atau kantor tidak diatur pada Tabel 4.4.3 SNI 03-6573-2001,

4. Kecepatan optimal, satuan kecepatan lift adalah meter per detik (m/s), dipilih berdasarkan jumlah lantai dan tinggi lintasan dengan rata-rata lantai dihitung 3,6 meter (Tabel 2.2),

Tabel 2. 2 Anjuran Kecepatan Lift berdasarkan Jumlah Lantai yang Dilayani

Jumlah lantai yang dilayani lift termasuk lobi	Tinggi Lintas (m)	Min. Kec. Lift yang dianjurkan (m/s)
4 - 6	14,40	1
6 - 7	21,60	1,25
8 - 9	28,80	1,5
10 - 11	36,00	1,75
11 - 12	39,60	2
12 - 15	46,80	2,5
14 - 15	54,00	3,0 - 3,5

Sumber : Tabel 4.5.3 SNI 03-6573-2001

5. Jumlah satuan lift optimal dalam satu kelompok operasi tergantung besarnya bangunan dan jumlah penghuninya.

2.7 Perancangan Kebutuhan Lift

Menurut SNI 03-6573-2001 dalam perancangan kebutuhan lift harus memperhatikan beberapa faktor, yaitu;

1. Aspek yang harus ditinjau, yaitu ; a) Kelompok konfigurasi, b) Tata letak, dan c) perhitungan jumlah, kapasitas dan kecepatan yang merujuk pada kriteria / parameter,
2. Faktor yang mempengaruhi perhitungan dan pemilihan sistem lift, antara lain;
 - a. Jumlah lantai yang dilayani
 - b. Jarak lantai ke lantai, dan jarak lintas
 - c. Jumlah penghuni tiap-tiap lantai
 - d. Penggunaan khusus lift tertentu
 - e. Lantai-lantai fungsi khusus
 - f. Fungsi/ lokasi gedung dan pola sirkulasi saat sibuk

3. Kelas Bangunan dan Mutu Pelayanan Lift

Pemilihan Mutu pelayanan lift dengan mempertimbangkan luas lantai dan jumlah lantai, agar tercapai efisiensi wajar dinyatakan pada Tabel 2.3.

Tabel 2. 3 Kelas Bangunan dan Mutu Pelayanan Lift

No	Bangunan dengan indikasi luas lantai agar tercapai efisiensi wajar	Jumlah Lantai	
		Kelas Biasa (ekonomi)	Kelas Mewah (citra, prestis)
1	Bangunan rendah luas lantai s/d. 1000 m ² / lantai	2 s/d 6	6 s/d 10
2	Bangunan menengah - rendah luas lantai s/d. 1500 m ² / lantai	6 s/d 10	7 s/d 20
3	Bangunan menengah - tinggi luas lantai s/d. 1900 m ² / lantai	12 s/d 20	13 s/d 30
4	Bangunan tinggi luas lantai s/d. 2200 m ² / lantai	20 s/d 30	21 s/d 40

Sumber : Tabel 4.3.2 SNI 03-6573-2001

Mutu pelayanan lift dapat diukur sejak tombol panggilan lift ditekan, hingga lift benar-benar tiba dan pintu membuka, bukan saat gong lift berbunyi. Menurut Tabel 3.3 CIBSE Guide D Perkiraan kualitas pelayanan lift pada bangunan kantor, sebagai berikut:

Tabel 2. 4 Perkiraan Kualitas Pelayanan Lift pada Bangunan Kantor

Interval	Kualitas Pelayanan
≤ 20 detik	Unggul (<i>excellent</i>)
25 detik	Sangat Baik (<i>very good</i>)
30 detik	Baik (<i>good</i>)
40 detik	Kurang Baik (<i>poor</i>)
≥ 50 detik	Tidak memuaskan (<i>unsatisfactory</i>)

Sumber : Tabel 3.3 CIBSE Guide D

4. Untuk hasil optimal, harus dipastikan;

- a. Jumlah penghuni bangunan (PB) atau *Potential Traffic* (PT), atau luas lantai efektif/ bersih (net area). Estimasi PB dapat menggunakan koefisien pada Tabel 2.5 berikut:

Tabel 2. 5 Estimasi Penghuni Bangunan atau Potential Traffic

Bangunan	Koefisien Estimasi Populasi
Gedung Kantor Mewah	12 m ² per orang
Gedung Kantor Komersil	10 m ² per orang
Gedung Kantor Instansi	8 m ² per orang
Hotel Berbintang	Jlh Kamar x 90% x 1,7
Hotel Resort	Jlh Kamar x 1,7
Rumah Sakit	Jlh Bed x 90% x 3,5
Apartemen Mewah	Jlh Unit x 90% x 3,5
Apartemen Menengah	Jlh Unit x 90% x 4,0
Apartemen Ekonomi	Jlh Unit x 90% x 5,0
Gedung Pendidikan	Jlh Kelas x Kapasitas Kelas
Pendukung Pendidikan	Luas Lantai x 80% x 1,2 m ² per orang

Sumber : Hui, 2015

- b. Saat terjadi pola arus padat keramaian (*rush hours*), jumlah orang pengguna lift baik waktu turun maupun naik,
 - c. Jika belum memperoleh kepastian PB, maka harus diambil patokan umum kepadatan lantai terpakai bersih dalam satuan m²/orang, atau rata-rata orang per kamar, atau rata-rata pengunjung pasien per tempat tidur, dengan mengabaikan luas lobi lantai dasar. Lantai dasar (lobby) diabaikan, karena penghuni lobi tidak menggunakan lift.
5. Kelompok lift dalam suatu sistem pelayanan, harus memenuhi syarat dan kriteria yaitu;
 - a. *Interval Time* harus berada dalam rentang Waktu Tunggu Rata-rata (WTR) kriteria yang ditetapkan untuk bangunan tersebut,
 - b. *Interval Time* adalah selang waktu dalam detik, mulai saat lift berangkat sampai lift tiba di lantai dasar (lobi).
6. Tuntutan Arus Sirkulasi (TAS) atau *Peak Traffic Demand* (PTD) adalah jumlah penghuni bangunan yang harus dapat diangkut oleh sistem lift dalam selang waktu 5 menit atau 300 detik pada saat jam sibuk. Nilai TAS digunakan sebagai dasar untuk menilai apakah Daya Angkut Gabungan (DAG) telah memenuhi kebutuhan pelayanan.
7. TAS adalah jumlah Penghuni Bangunan (PB) yang harus terangkut oleh sistem pelayanan lift dalam selang waktu 5 menit (300 detik) pada saat sibuk, dan angka kriterianya dinyatakan dalam % terhadap PB.

8. Kriteria *Interval Time* dan TAS harus terpenuhi keduanya, jika salah satu kriteria tidak terpenuhi, maka perhitungan dicoba ulang.
9. Jika kriteria *Interval Time* tidak terpenuhi, maka naikkan kecepatan lift dan turunkan kapasitas.
10. Jika Daya Angkut Gabungan (DAG) tidak memenuhi kriteria TAS, maka kapasitas lift, jumlah lift atau konfigurasi pelayanan perlu dievaluasi kembali.
11. Tempo Lintas Naik Turun (TLNT) sangat dipengaruhi oleh kecepatan lift, kapasitas lift, jumlah lantai yang dilayani, kecepatan buka-tutup pintu, jumlah penumpang yang terangkut, serta jumlah kemungkinan hentian selama satu siklus pelayanan. Secara konseptual, TLNT terdiri dari beberapa komponen waktu, yaitu:
 - a. Waktu lintas naik dan turun lift,
 - b. waktu tambahan akibat proses percepatan, perlambatan, dan hentian lift,
 - c. waktu buka dan tutup pintu lift,
 - d. waktu perpindahan penumpang masuk dan keluar kabin lift.

Dalam penelitian ini, komponen-komponen tersebut dihitung melalui pendekatan TLNT yang mempertimbangkan Lantai Balik Tertinggi rata-rata (LBT), Terkaan Jumlah Hentian (TJH), waktu kinerja satu lintasan lantai (T), waktu tempuh satu lantai (tv), kapasitas efektif lift, dan waktu perpindahan satu penumpang (tp).

12. Waktu Tunggu Rata-rata (WTR) atau *interval time*, dihitung dengan membagi Tempo Lintas Naik Turun (TLNT/ *Round Trip Time*) tiap lift dengan jumlah lift dalam kelompok (N), dan hasilnya harus lebih kecil dari kriteria pelayanan. Tabel 2.6 merupakan kutipan Tabel 5.2.2 SNI 03-6573-2001, namun dalam SNI jenis bangunan sekolah tidak tersedia, karenanya data AWT dan TAS dikutip dari Tabel 3.2 CIBSE Guide D (2000).

Tabel 2. 6 Kriteria WTR di Lobby Utama dan Kriteria TAS

No	Bangunan	AWT (detik)	TAS (dalam % terhadap jumlah penghuni tiap-tiap 5 menit)	Pola Sirkulasi Jam Sibuk	Sumber
1	Gedung Kantor Mewah	25 - 35	10 - 12	Pagi hari, naik	1
2	Gedung Kantor Komersil	25 - 35	11 - 13	Pagi hari, naik	1
3	Gedung Kantor Instansi	40 - 40	14 - 17	Pagi hari, naik	1
4	Hotel Berbintang	50 - 60	8 - 10	Tengah hari, imbang	1
5	Hotel Resort	69 - 90	6 - 8	Pagi hari, turun	1
6	Rumah Sakit	40 - 60	10	Tengah hari, imbang	1
7	Apartemen	60 - 90	6 - 8	Pagi hari, turun	1
8	Gedung Kuliah	40 - 90	12,5 - 25	Pagi hari, naik Tengah hari, turun	1
9	Sekolah	30 - 50	15 - 25	-	2

Sumber : 1) Tabel 5.2.2 SNI 03-6573-2001, 2) Tabel 3.2 CIBSE Guide D, 2000

13. Daya Angkut Satuan (DAS) adalah jumlah penumpang lift terangkut oleh satu lift dari *lobby* tiap – tiap lantai selang waktu 5 menit saat jam sibuk (*rush hour*), dengan koefisien 80% dari kapasitas normal (K).
14. Daya Angkut Gabungan (DAG/ *Group Handling Capacity*), adalah perkalian jumlah lift dan DAS satu lift, dan hasilnya harus lebih besar atau sama dengan TAS kriteria. Jumlah maksimal lift dalam satu kelompok operasi gabungan adalah delapan.
15. Susunan kelompok lift, empat satuan lift disusun dua-dua berhadapan, jumlah maksimal lift berderet dibatasi empat saja ditinjau dari segi efisiensi. Lima satuan lift dalam satu kelompok sebaiknya diatur dua berhadapan dengan 3, dan enam satuan lift harus diatur tiga-tiga berhadapan, dan delapan diatur berhadapan empat-empat berhadapan.
16. Percepatan (*acceleration*), satuan yang digunakan adalah m/s^2 , dengan ketentuan percepatan lebih besar dari $1,25 \text{ m/s}^2$ akan mengurangi rasa nyaman bagi kebanyakan orang, dan kejutan (*jerk*) yang terjadi pada percepatan $1,25 \text{ m/s}^2$ tidak boleh melebihi 4 m/s^2 , sebagaimana disajikan pada Tabel 2.7.

Tabel 2. 7 Rekomendasi Percepatan Lift

Kecepatan Lift (m/s)		1	1,5	1,75	2	2,5	3	3,5	4	dst
Percepatan (m/s^2)		0,50	0,70	0,80	0,85	0,95	1,10	1,20	1,25	dst

Sumber : Tabel 4.1 SNI 03-6573-2001

17. Tempo Loncatan (*Flight Time* atau *Jump*), adalah selang waktu untuk menempuh percepatan dan diikuti perlambatan saat sebelum mencapai kecepatan penuh, dimana waktu untuk *startup (brake released)* dan *stopping (brake applied)* tidak termasuk tempo loncatan, dengan ketentuan variasi ditunjukkan pada Tabel 2.8.

Tabel 2. 8 Tempo Loncatan Lift

Kecepatan Lift (m/s)		1	1,5	1,75	2	2,5	3	3,5	4	5	6
Tempo Loncatan (detik)		4,2	4,2	4,2	4,2	4,2	5,0	5,8	6,7	8,3	10
Jarak yang ditempuh (meter)		2,1	3,1	3,7	4,2	5,2	7,5	10,2	12,3	20,8	30

Sumber : Tabel 6.3.2 SNI 03-6573-2001

18. Kecepatan Pintu, waktu yang diperlukan saat menutup atau membuka pintu lift mencerminkan kualitas lift, dengan anjuran standar sebagaimana disajikan pada Tabel 2.9.

Tabel 2. 9 Kecepatan Buka Tutup Pintu Lift

No	Jenis Pintu	Lebar Pintu (milimeter)	Jumlah Waktu (buka + tutup+ 0,5 desk startup car) (detik)	Toleransi (%)
1	Pintu Tunggal (<i>single side opening</i>)	900	6,1	10
		1100	6,5	7
2	Dua Panel buka samping (<i>side opening</i>)	900	5,4	10
		1100	6,1	7
		1200	7,2	5
		1400	8,3	5
		1600	9,4	5
3	Dua Panel buka tengah (<i>center opening</i>)	900	3,6	8
		1100	4,1	5
		1200	4,8	5
		1400	5,5	5
		1600	6,0	5
4	Empat Panel buka tengah	1600	5,0	5

Sumber : Tabel 6.3.4 SNI 03-6573-2001

19. Waktu Pembukaan Pintu, adalah waktu diam perhentian car lift (*dwelling time, stopping time, atau transfer time*), dihitung dalam satuan detik, dengan selang waktu yang dianjurkan pada Tabel 2.10.

Tabel 2. 10 Waktu Pembukaan Pintu Lift

Bangunan Gedung	Lantai-lantai lain		
	di Lobby (maksimal)	karena Hall Call	Karena Car Call
Kantor	8 detik	2 detik	1 detik
Hotel/ Toserba / Rumah Sakit	10 - 16 detik	4 detik	2 detik
Apartemen	10 detik	2 detik	1 detik
Gedung Kuliah	10 detik	2 detik	1 detik

Sumber : Tabel 6.3.5 SNI 03-6573-2001

20. Dimensi lift penumpang umum, dikutip dari Tabel 7.2.4.(a) SNI 03-6573-2001. Meski pada butir 4.4.1 SNI 03-6573-2001 menyatakan untuk lift berkapasitas di bawah 6 orang memakai satuan 70 kg/orang, sedangkan kapasitas di atas 6 orang memakai angka satuan 68 kg/orang, walaupun setelah angka kapasitas (kg) dibagi jumlah penumpang (P) hasilnya bervariasi.

Tabel 2. 11 Dimensi Kereta Lift menurut SNI 03-6573-2001

Penumpang (P)	Kapasitas (kg)	kg/orang
4P	300	75,00
6P	450	75,00
8P	550	68,75
9P	600	66,67
11P	750	68,18
13P	900	69,23
15P	1000	66,67
17P	1150	67,65
18P	1250	69,44
20P	1350	67,50
22P	1500	68,18
24P	1650	68,75
26P	1800	69,23
30P	2100	70,00

Sumber: diolah dari Tabel 7.2.4(a) SNI 03-6573-2001

2.8 Rumus Perhitungan Kebutuhan Lift

Perhitungan kebutuhan lift dalam suatu bangunan gedung merupakan proses evaluasi kinerja sistem transportasi vertikal terhadap jumlah pengguna bangunan

pada saat arus puncak. Mengacu pada SNI 03-6573-2001, parameter utama yang digunakan meliputi Penghuni Bangunan (PB), Tuntutan Arus Sirkulasi (TAS), Tempo Lintas Naik Turun (TLNT), Daya Angkut Satuan (DAS), Daya Angkut Gabungan (DAG), jumlah lift, dan Waktu Tunggu Rata-rata (WTR). Perhitungan dilakukan dalam periode 5 menit atau 300 detik pada saat jam sibuk.

Nilai TLNT sendiri merupakan fungsi dari waktu tempuh antar lantai, waktu buka-tutup pintu, waktu naik-turun penumpang, serta jumlah pemberhentian rata-rata dalam satu siklus operasi. Melalui relasi matematis antara TAS, TLNT, dan jumlah populasi puncak, dapat ditentukan jumlah unit lift yang diperlukan agar sistem mampu memenuhi kriteria kinerja, khususnya waktu tunggu dan tingkat pelayanan yang diharapkan. Untuk menghitung kebutuhan lift diperlukan rumus sebagai berikut:

1. Perhitungan Penghuni Bangunan (PB) atau *Potential Traffic*

Perhitungan PB dapat dilakukan dengan 2 cara yaitu;

- a. Metode Estimasi Kalkulasi, yaitu dengan membagi luas tiap lantai (m^2) x nilai efisiensi (80%) lantai dengan koefisien kepadatan (Tabel 2.5), atau dengan rumus:

$$PB = \frac{\text{Luas Lantai } (m^2) \times 80\%}{\text{koefisien kepadatan}} \quad (2.1)$$

Dimana:

PB = Penghuni Bangunan (orang)

Luas lantai berdasarkan denah gedung

Koefisien kepadatan merujuk Tabel 2.5

- b. Metode Estimasi Fungsional Ruang, yaitu dengan menghitung kemungkinan jumlah penghuni/ okupansi tiap ruang per tiap lantai, informasi ini dapat diambil dari denah Bangunan Gedung
- c. Metode Estimasi Campuran, yaitu dengan menggunakan estimasi fungsional pada ruang dengan fungsi dan kapasitas yang ditetapkan, seperti ruang kelas, kamar hotel, ruang pertemuan, dan estimasi kalkulasi digunakan untuk ruang publik dengan okupansi tak pasti seperti hall, toilet, pantry, dan lainnya, atau struktur organisasi/ data kepegawaian.

2. Perhitungan Tuntutan Arus Sirkulasi (TAS) atau *Traffic Demand*

Ditentukan berdasarkan kriteria bangunan sesuai Tabel 2.4. Untuk jenis bangunan sekolah, nilai TAS mengacu pada CIBSE Guide D karena kategori sekolah tidak dinyatakan secara eksplisit dalam Tabel 5.2.2 SNI 03-6573-2001.

Dihitung dengan rumus:

$$TAS = Koefisien\ TAS \times PB \quad (2.2)$$

Dimana:

TAS = Tuntutan Arus Sirkulasi (orang)

Koefisien TAS, lihat Tabel 2.4

PB = Penghuni Bangunan (orang)

3. Perhitungan Tinggi Lintasan (TL)

Dihitung dengan rumus:

$$TL = (JL - 1) \times JAL \quad (2.3)$$

Dimana:

TL = Tinggi Lintasan (meter)

JL = Jumlah Lantai

JAL = Jarak Antar Lantai (meter)

4. Terkaan Jumlah Hentian (TJH)

Terkaan Jumlah Hentian (TJH) tidak terdapat dalam SNI 03-6573-2001 baik rumus maupun tabel, sehingga harus dihitung menggunakan rumus *Average Number Stop* (Jones, 1923 dalam CIBSE Guide D, 2000 *Section 3.4.1* halaman 3-6), yaitu:

$$S = N \left(1 - \left(1 - \frac{1}{N} \right)^P \right)$$

dimana:

S = *Average number of stop*

N = *The number of floors above the main terminal*

P = *The number of passenger carried (0,8P)*

kemudian digunakan istilah padanan pada SNI, sehingga :

$$TJH = JLD \left(1 - \left(1 - \frac{1}{JLD} \right)^P \right) \quad (2.4)$$

Dimana:

TJH = Terkaan Jumlah Hentian

JLD = Jumlah Lantai Dilayani, dimana;

JLD = Jumlah Lantai Bangunan – 1 lantai

P = 80% Kapasitas Penumpang Lift

Selanjutnya TJH dihitung dengan parameter gedung 5 lantai dengan nilai JLD dihitung 4 lantai (5 lantai – 1 lantai dasar/lobby), dan variasi kapasitas lift 8,11,13,15,17, 18 dan 20 penumpang, dan hasilnya disajikan Tabel 2.12

Tabel 2. 12 Terkaan Jumlah Hentian

Kapasitas Lift (P)	P = 0,8P	TJH
8P	6,4	3,37
11P	8,8	3,68
13P	10,4	3,80
15P	12	3,87
18P	14,4	3,94
20P	16	3,96

5. Perhitungan Lantai Balik Tertinggi (LBT)

LBT tidak tersedia dalam SNI 03-6573-2001 baik rumus atau tabel, karena itu dikutip rumus *Average Highest Call Reversal Floor (H)* dari CIBSE Guide D *Section 3.4.2* halaman 3-6, yaitu :

$$H = N - \sum_{i=1}^{N-1} \left(\frac{i}{N} \right)^P$$

Dimana:

H = *Average highest call reversal floor* / rata-rata lantai balik tertinggi (LBT)

N = *The number of floors above the main terminal*/ jumlah lantai di atas terminal utama/ lobi, sama dengan istilah Jumlah Lantai Dilayani (JLD)

P = *The number of passenger carried (0,8P)*/ Kapasitas Penumpang lift (P)

Sehingga jika digunakan istilah padanan pada SNI, rumus tersebut menjadi:

$$LBT = JLD - \sum_{i=1}^{JLD-1} \left(\frac{i}{JLD} \right)^P \quad (2.5)$$

Dimana:

LBT = Rata-rata Lantai Balik Tertinggi (LBT)

JLD = Jumlah Lantai Dilayani

$P = 80\%$ Kapasitas Penumpang lift

Selanjutnya dihitung LBT berdasarkan P , dan disajikan pada Tabel 2.13

Tabel 2. 13 Rata-rata Lantai Balik Tertinggi (LBT)

Kapasitas Lift (P)	$P = 0,8P$	LBT
8P	6,4	3,83
11P	8,8	3,92
13P	10,4	3,95
15P	12	3,97
18P	14,4	3,98
20P	16	3,99

6. Perhitungan Tempo Lalu Lintas Naik Turun (TLNT)

TLNT adalah waktu yang diperlukan oleh satu lift untuk menyelesaikan satu siklus pelayanan dari lobi menuju lantai-lantai yang dilayani, melakukan sejumlah hentian, kembali ke lobi, dan siap melayani perjalanan berikutnya. Dalam perhitungan kebutuhan lift, TLNT dipengaruhi oleh kapasitas lift, kecepatan lift, jumlah lantai dilayani, Terkaan Jumlah Hentian (TJH), waktu buka-tutup pintu, serta waktu perpindahan penumpang, dihitung dengan rumus:

$$TLNT = (2 \times LBT \times tv) + ((TJH + 1) (T - tv)) + (2 \times 0,8P \times tp) \quad (2.6)$$

Dimana;

TLNT = Tempo Lalu Lintas Naik Turun (detik)

LBT = Lantai Balik Tertinggi rata-rata

tv = Waktu Tempuh Satu Lantai pada kecepatan lift (detik)

TJH = Terkaan Jumlah Hentian rata-rata pada lantai pelayanan

T = waktu kinerja satu lintasan lantai (detik)

P = Kapasitas Lift (orang)

tp = waktu keluar/masuk kabin satu penumpang (detik/orang)

1,2 detik / orang. (angka dikutip dari keterangan pada CIBSE Guide D Section 3.4.6 halaman 3-9)

dimana untuk menghitung T, dan t_v , sebagai berikut:

- a. Waktu Kinerja Satu Lintasan Lantai

$$T = t_f + t_{bp} \quad (2.7)$$

Dimana:

T = Waktu Kinerja Satu Lintasan Lantai (detik)

t_f = Tempo loncatan/ *flight time* (detik), yaitu waktu akibat percepatan dan perlambatan lift pada satu lintasan lantai.

t_{bp} = Waktu Buka Tutup Pintu Lift (detik)

- b. Waktu Tempuh Satu Lantai

$$t_v = JAL/v \quad (2.8)$$

Dimana:

t_v = Waktu Tempuh Satu Lantai (detik)

JAL = Jarak Antar Lantai (meter)

7. Perhitungan Daya Angkut Satuan (DAS) Lift

DAS adalah jumlah penumpang lift terangkut oleh satu lift dari lobi tiap selang waktu 5 menit (300 detik), saat jam sibuk (*rush hour*) dengan kapasitas (*loading*) maksimal 80% dari kapasitas normal kabin lift (P), dihitung dengan rumus :

$$DAS = \frac{300 \times 0,8 P}{TLNT} \quad (2.9)$$

Dimana:

DAS = Daya Angkut Satuan (orang per 5 menit)

TLNT = Tempo Lalu lintas Naik Turun

P = Kapasitas Penumpang Lift (orang)

8. Penentuan Jumlah Lift (N)

Dihitung dengan rumus:

$$N = TAS/DAS \quad (2.10)$$

Dimana:

TAS = Tuntutan Arus Sirkulasi (orang)

DAS = Daya Angkut Satuan (orang)

N = Jumlah unit Lift, harus dalam angka pembulatan, dengan ketentuan:

1) pembulatan kebawah untuk maksud pelayanan ekonomis

2) pembulatan keatas untuk maksud pelayanan yang baik

Namun karena nilai DAS dipengaruhi oleh TLNT, sedangkan TLNT berhubungan dengan jumlah lift melalui persamaan waktu tunggu rata-rata (WTR), maka:

$$N_{\text{estimasi}} = TLNT / AWT \quad (2.11)$$

Persamaan ini bukan merupakan persamaan baru yang menggantikan SNI, melainkan hasil transformasi aljabar dari persamaan waktu tunggu ($WTR = TLNT / N$) dengan syarat desain $WTR \leq AWT$ pada SNI untuk memperoleh estimasi awal jumlah lift.

9. Perhitungan Daya Angkut Gabungan (DAG)

Dihitung dengan rumus:

$$DAG = N \times DAS \quad (2.12)$$

dengan syarat : $DAG \geq TAS$

Dimana:

DAS = Daya Angkut Satuan

N = Jumlah unit Lift

DAG = Daya Angkut Gabungan

10. Menentukan Waktu Tunggu Rata-rata (WTR)

Waktu Tunggu Rata-rata (WTR) digunakan untuk mengetahui selang waktu pelayanan lift dalam satu kelompok operasi. Dalam perhitungan kebutuhan lift, WTR dihitung berdasarkan perbandingan antara Tempo Lintas Naik Turun (TLNT) dengan jumlah lift yang digunakan, dengan rumus:

$$WTR = \frac{TLNT}{N} \quad (2.13)$$

dengan syarat : $WTR \leq AWT$

Dimana:

WTR = Waktu Tunggu Rata-rata atau interval pelayanan lift (detik)

TLNT = Tempo Lalu lintas Naik Turun (detik)

N = Jumlah lift dalam kelompok operasi (unit)

AWT = Batas Waktu Tunggu Rata-rata yang diizinkan, lihat Tabel 2.6

Apabila nilai WTR lebih kecil atau sama dengan AWT, maka jumlah lift yang digunakan dinyatakan memenuhi kriteria waktu tunggu. Sebaliknya, apabila nilai WTR lebih besar dari AWT, maka jumlah lift perlu ditambah atau konfigurasi lift perlu dievaluasi kembali.

11. Rendemen Sistem Instalasi Terbaik

Menurut SNI 03-6573-2001 sebaiknya digunakan komposisi motor *Variable Frequency* (VF) + mesin *gearless*, dan kereta menggunakan *roller-guide*

Dihitung dengan rumus:

$$\eta_T = \eta_1 \times \eta_2 \times \eta_3 \quad (2.14)$$

Dimana:

η_T = Rendemen Sistem

η_1 = Motor VF = 0,96

η_2 = Mesin gearless = 0,85

η_3 = dengan roller shoe = 0,94

sehingga

$$\eta_T = 0,96 \times 0,85 \times 0,94 = 0,76$$

12. Perhitungan *Power Output*

Menurut SNI 03-6573-2001, dihitung dengan rumus *power output* :

$$P_{output} = \frac{K \times s \times (1 - O/B)}{6120 \times \eta_T} \quad (2.15)$$

Dimana:

P_{output} = Daya yang menghasilkan kerja (kW)

K = Kapasitas Lift (Kg)

s = Kecepatan lif (m/menit)

O/B = *overbalance* (0,425 – 0,50)

η_T = Rendemen Sistem Instalasi

2.9 Normalisasi dan Penilaian Berbobot dalam Pemilihan Konfigurasi Lift

1. Normalisasi arah naik digunakan untuk parameter yang nilainya semakin besar semakin baik. Rumus normalisasi arah naik menggunakan metode *linear min-max normalization* sebagaimana digunakan dalam metode pengambilan keputusan multikriteria menurut Weitendorf (1976), serta dibahas dalam kajian normalisasi MCDM (*Multi-Criteria Decision Making*) oleh Vafaei et al (2016). Dihitung dengan rumus :

$$S_i = \frac{X_i - X_{min}}{X_{max} - X_{min}} \times 100 \quad (2.16)$$

Dimana:

S_i = skor normalisasi alternatif ke - i

X_i = nilai parameter pada alternatif ke - i

X_{min} = nilai terkecil pada parameter yang dinilai

X_{max} = nilai terbesar pada parameter yang dinilai

2. Normalisasi arah turun digunakan untuk parameter yang nilainya semakin kecil semakin baik. Rumus normalisasi arah turun juga mengacu pada pendekatan *linear max-min normalization* dalam MCDA, dengan membalik arah penilaian agar nilai terkecil memperoleh skor terbesar. Dihitung dengan rumus :

$$S_i = \frac{X_{max} - X_i}{X_{max} - X_{min}} \times 100 \quad (2.17)$$

Dimana:

S_i = skor normalisasi alternatif ke - i

X_i = nilai parameter pada alternatif ke - i

X_{min} = nilai terkecil pada parameter yang dinilai

X_{max} = nilai terbesar pada parameter yang dinilai

3. Pembobotan menggunakan pendekatan *Weighted Sum Model* (WSM) Triantaphyllou (2000), yaitu metode penilaian multikriteria dengan menjumlahkan hasil perkalian antara skor setiap kriteria dan bobotnya.

Alternatif terbaik dapat ditentukan dari nilai penjumlahan berbobot terbesar. Dihitung dengan rumus:

$$S_{\text{total}} = (w_1 \times S_1) + (w_2 \times S_2) + (w_3 \times S_3) + (w_4 \times S_4) \quad (2.18)$$

Dimana:

S_{total} = skor total alternatif

w_j = bobot parameter ke $-j$

S_j = skor normalisasi parameter ke $-j$

Dalam penelitian ini, skor total dihitung dari empat parameter, yaitu jumlah lift (N), Margin DAG, WTR, dan Total *Power Output*. Alternatif konfigurasi lift dengan nilai S_{total} tertinggi ditetapkan sebagai konfigurasi optimum.

2.10 Dasar Perhitungan Mekanis Awal Lift

1. Berat total kereta menurut SNI 03-6573-2001 butir 7.6.4 (a) untuk perencanaan dasar diasumsikan 2 kali kapasitas lift (68 kg/orang), sedangkan berat bobotimbang menurut SNI 05-7052-2004 butir 4.5.16 (2) sama dengan berat kereta ditambah *overbalance* (40-50% dari kapasitas).

2. Rel Pemandu Kabin Lift

Ukuran rel dan jarak pengikat rel (*bracket*) dapat ditentukan dengan menghitung Berat Kereta dan Beban Maksimal ($P + Q$) dalam kg, kemudian mencari rentang ($P+Q$) pada Tabel 5 SNI 05-6040-1999, sebagaimana dikutip dan disjikan pada tabel 2.

Tabel 2. 14 Pedoman Pemilihan Rel berdasarkan $P + Q$

P + Q (kg)	Ukuran Rel yang dianjurkan		Maksimal jarak bracket (lk) dalam m dengan λ maksimal 145
	kg/m	A (cm ²)	
5400 - 6600	30	38,3	4,00 - 3,00
4000 - 5400	24	30,6	4,00 - 3,00
3300 - 4000	18	23,0	3,80 - 3,00
2400 - 3300	16	20,4	3,3 - 2,80
1700 - 2400	13	16,6	2,80 - 2,20
< 1700	8	10,2	2,20

Sumber : Tabel 5 SNI 05-6040-1999

3. Pemeriksaan Awal Girasi Rel (r) dan Momen Inersia Rel Terkecil (I_x)

Dihitung dengan rumus SNI 03-6573-2001 butir 7.6.4:

$$\lambda = L/r \text{ dan } r = \sqrt{\frac{I_x}{A}} \quad (2.19)$$

Dimana :

λ = koefisien kelangsingan

L = jarak rentang bracket (m)

r = jari-jari girasi profil rel (m)

I_x = momen inersia rel terkecil

A = luas penampang rel (m²)

4. Kebutuhan Pemeriksaan Awal Jumlah Tali dan Faktor Keamanan Tali Baja

Menurut SNI 05-6040-1999 butir 4.6.4 jumlah tali baja minimal 2 (dua) utas, masing-masing bebas bekerja sendiri tidak bersambung dan tiap utas seragam tegangannya. Perhitungan Jumlah Tali (n), menggunakan rumus dari SNI 05-6040-1999 butir 4.6.5 :

$$n = \frac{f (P+Q)}{Bp \times i} \quad (2.20)$$

Dimana:

n = Jumlah Utas Tali

P = berat kereta, rangka dan semua peralatan yang didukung (kg)

Q = Beban Maksimal (kg)

f = faktor keamanan

Bp = Batas Beban Patah Tali Baja/ *breaking load* (kg)

i = faktor pentalian (*roping factor*), 1 untuk pentalian 1:1 , dan 2 untuk pentalian 2:1

catatan:

- a. Nilai faktor keamanan (f) pada SNI 05-6040-1999 butir 4.6.6. minimal 10 untuk pergerakan segala sistem traksi dengan kelajuan lift ≤ 150 m/m (atau 2,5 m/s), dan nilai f minimal 12 untuk lift dengan kelajuan > 150 m/m.
- b. Sedangkan SNI 05-7052-2004 butir 4.7.2. menyatakan jumlah tali baja traksi diperkenankan minimal 2 (dua) utas, dengan syarat faktor keamanan (f) minimal 16. Jika menggunakan 3 tali baja traksi atau lebih maka syarat faktor keamanan (f) minimal 12. Diameter nominal tali baja minimal 8 mm.

5. Faktor Keamanan Tali Baja (FK) pada pentalian 2:1 menurut SNI 03-6573-2001 butir 8.4.3.6 dihitung dengan rumus :

$$FK = \frac{1/2 (n \times Bp)}{(P+Q)} \quad (2.21)$$

Dimana:

FK = Faktor Keamanan Tali Baja

n = Jumlah Utas Tali

P = berat kereta, rangka dan semua peralatan yang didukung (kg)

Q = Beban Maksimal (kg)

Bp = Batas Beban Patah Tali Baja/ *breaking load* (kg)

dengan nilai BP :

Tabel 2. 15 Batas Patah Tali Baja (Bp)

Diameter Nominal (mm)	Perkiraan Berat (kg/m)	Batas Patah Maksimal (KgF)
6,30	0,13	1650
8,00	0,21	2500
9,50	0,30	3690
11,00	0,42	5000
12,70	0,54	6500
14,30	0,68	8100
15,90	0,83	10050
19,00	1,65	14400

Sumber : Tabel 8.4.3 SNI 03-6573-2001

Sedangkan Faktor Keamanan Tali Baja (FK) dikutip dari Tabel 8.4.1 SNI 03-6573-2001, disajikan Tabel 2.16 berikut.

Tabel 2. 16 Faktor Keamanan Tali Baja (FK)

Kecepatan Lift (m/s)	FK Tali Lift Penumpang
≤ 0,75	8
1,00	8,8
1,50	9,2
1,75	9,5

Sumber : dikutip dari Tabel 8.4.1 SNI 03-6573-2001

6. *Traction Relation* (TR) batas slip menurut SNI 03-6573-2001 butir 7.8.5, dihitung dengan rumus:

$$TR = \frac{T_1}{T_2} = e^{f.k.\alpha} \quad (2.22)$$

Dimana :

TR = Rasio Traksi Aktual

T_1 = Gaya pada Tali Tegang

T_2 = Gaya pada Tali Kendor

e = angka logaritma (2,718)

f = Koefisien gesekan:

$0,10$ = jika roda dari besi tuang molebdenum, tali dari baja dan tanpa minyak / kering,

$0,12$ = jika roda dari besi tuang molebdenum, tali dari baja dan berminyak

α = Sudut Kusur Kontak tali memeluk roda puli, yaitu :

180° (3,14 radian) jika tidak dipakai deflektor sheave, atau

$\pm 165^\circ$ (2,88 radian) jika digunakan deflector sheave

k = Koefisien Bentuk Alur (angka empiris):

$\pm 1,0$ untuk tipe *Round Seating*

$\pm 1,2$ untuk tipe *U-undercut 90°*

$\pm 1,3$ untuk tipe *U-undercut 105°*

$\pm 1,8$ untuk tipe *V-seating*

dengan syarat dalam perencanaan nilai TR maksimal 90% dari nilai batas selip ($e^{f.k.\alpha}$).

BAB III

METODA PERANCANGAN

3.1 Kebutuhan Perancangan

Perancangan optimasi kebutuhan sistem lift penumpang pada Gedung SMA LTI IGM Palembang dilakukan untuk memperoleh sistem lift yang sesuai dengan karakteristik bangunan, kebutuhan pengguna sesuai ketentuan SNI 03-6573-2001. Maka kebutuhan perancangan, antara lain;

1. Gambar Denah SMA LTI IGM, untuk:
 - a. Menghitung Penghuni Bangunan (PB)
 - b. Mengetahui Jumlah Lantai Dilayani (JLD)
 - c. Mengetahui Jarak Antar Lantai (JAL)
2. SNI 03-6573-2001, sebagai instrumen perhitungan dan menentukan parameter, khususnya:
 - a. Jenis lift Penumpang
 - b. Alternatif Kecepatan Lift (v)
 - c. Alternatif Kapasitas Lift (K)
 - d. Nilai *Average Waiting Time* (AWT)
 - e. Nilai Tuntutan Arus Sirkulasi (TAS)
3. Regulasi dan referensi lain yang relevan, sebagai pelengkap/ penguat instrumen perhitungan utama,
4. Katalog lift pabrikan, untuk menemukan spesifikasi pabrik yang relevan dengan spesifikasi hasil perhitungan

Data tersebut menjadi dasar dalam penyusunan spesifikasi perancangan sistem lift penumpang yang dijelaskan pada Subbab 3.2.

3.2 Spesifikasi Perancangan

Pasal 5.1. butir c) ayat 2) SNI 03-6573-2001 menyatakan, untuk mencapai hasil optimal dalam perencanaan lift, harus dipastikan data jumlah Penghuni Bangunan (PB) berdasarkan jumlah penghuni tiap-tiap lantai, dengan lantai dasar diabaikan karena penghuni lobi tidak menggunakan lift. Dihitung dengan metode

estimasi campuran melalui telaah denah berdasarkan okupansi serta disinkronkan dengan struktur organisasi. Denah dan Struktur Organisasi SMA LTI IGM disertakan pada lampiran skripsi. Hasil perhitungan diperoleh PB sebanyak 1136 orang, sebagaimana tersaji pada Tabel 3.1.

Tabel 3. 1 Data Penghuni Bangunan (PB)

Nama Ruang		Luas Ruang (m ²)	Okupansi per ruang	Jumlah Ruang	Penghuni Bangunan (PB)	Jlh PB (org)	Keterangan
LT - 2	Kelas T.24 A	42	24	8	192	371	C11,C12,C13,C14,C20,C21,C22,C23 C16 C15, C19, C24
	Kelas T.24 B	68	24	3	72		
	Kelas T.30	57	30	3	90		
	Guru	54	14	1	14		
	Tim Media	32	3	1	3		
LT - 3	Kelas T.24 A	42	24	7	168	284	K1,K2,K4,K6,K7,K8,K9 K3, K5, K10
	Kelas T.30	57	30	3	90		
	Kasek	59,5	1	1	1		
	Wakasek	54	4	1	4		
	Tata Usaha	56	14	1	14		
	Lab. Komputer 1	112	1	1	1		
	Server	12	1	1	1		
	CCTV	12	1	1	1		
	Osis	42	0	1	0		
	UKS	42	4	1	4		
LT - 4	Kelas T.24 A	42	24	5	120	261	K11,K12,K13,K16,K17 K19 K14,K15,K18
	Kelas T.24 B	68	24	1	24		
	Kelas T.30	57	30	3	90		
	Perpustakaan	265	2	1	2		
	Staff	68	20	1	20		
	BK	42	3	1	3		
	Lab Bahasa	84	1	1	1		
	Lab Komputer 2	72	1	1	1		
LT - 5	Kelas T.24 A	42	24	5	120	209	K20,K21,K22,K25,K26 K23,K24
	Kelas T.30	57	30	2	60		
	Guru	75	24	1	24		
	Lab. Fisika	98	1	1	1		
	Lab. Kimia	98	1	1	1		
	Lab. Biologi	84	1	1	1		
	Band & Studio	60	2	1	2		
Jumlah PB						1125	orang
Tamu 1% dari PB						11	orang
Total Penghuni Bangunan						1136	orang

Selanjutnya parameter Tuntutan Arus Sirkulasi (TAS) untuk gedung Sekolah menurut Tabel 2.6 adalah 15 – 20 % dari PB, maka diambil nilai tengah 20%. Sehingga TAS : $20\% \times 1136 \text{ orang} = 227,2 \approx \mathbf{228 \text{ orang / 5 menit.}}$

Nilai AWT ditetapkan 30 detik, dengan memperhatikan Tabel 2.6 bahwa AWT untuk bangunan sekolah adalah 30 -50 detik, kemudian CIBSE Guide D (Tabel 2.4) menyatakan interval 30 detik bermakna kualitas pelayanan Baik (*good*)

untuk spesifik bangunan kantor, meski begitu bangunan sekolah juga bermakna kantor bagi guru dan karyawan SMA LTI IGM, karenanya nilai AWT 30 detik dipilih sebagai batas pelayanan yang lebih ketat dalam rentang tersebut. Secara ringkas parameter perancangan dirangkum pada Tabel 3.2.

Tabel 3. 2 Parameter Perancangan Optimasi Kebutuhan Lift

No	Parameter	Simbol	Nilai/ Spesifikasi	Acuan
1	Fungsi Bangunan	-	Sekolah	
2	Penghuni Bangunan	PB	1136 orang	Tabel 3.1
3	Jumlah Lantai Bangunan	JL	5 lantai	Gambar Denah
4	Jumlah Lantai Dilayani	JLD	4 Lantai	Gambar Denah
5	Jarak Antar Lantai	JAL	4 meter	Gambar Denah
6	Tinggi Lintasan Lift	TL	16 m	Rumus 2.3
7	Tuntutan Arus Sirkulasi	TAS	228 orang / 5 menit	20% dari PB
8	<i>Average Waiting Time</i>	AWT	30 detik	Tabel 2.4 & 2.6
9	Terkaan Jumlah Hentian	TJH	Sesuai Tabel 2.12	CIBSE Guide D
10	Percepatan	a	Sesuai Tabel 2.7	SNI 03-6573-2001
11	Tempo Loncatan / <i>Flight Time</i>	tf	Sesuai Tabel 2.8	SNI 03-6573-2001
12	Waktu Buka-Tutup Pintu	tbp	Sesuai Tabel 2.9	SNI 03-6573-2001
13	Waktu Kinerja Satu Lintasan Lantai	T	$T = tf + tbp$	Rumus 2.6
14	Waktu Tempuh Satu Lantai	tv	$tv = JAL / v$	Rumus 2.7
15	Lantai Balik Tertinggi	LBT	Sesuai Tabel 2.13	CIBSE Guide D
16	Waktu Perpindahan Satu Penumpang	tp	1,2 detik/orang	CIBSE Guide D
17	Jenis Lift	MRL	<i>Machine Roomless</i>	SNI 03-6573-2001
18	Sistem Penggerak	-	<i>Gearless Traction Machine</i> ($\eta = 0,85$)	SNI 03-6573-2001
19	Motor		VF ($\eta = 0,96$)	SNI 03-6573-2001
20	Sistem Pentalian	-	<i>Roping</i> 2 : 1	SNI 03-6573-2001
21	Tipe Buka-an Pintu	-	<i>2 Panel Center Opening</i>	SNI 03-6573-2001
22	Lebar Buka-an Pintu:			
	a. 8P, 11P, 13P, 15P		900 mm	Tabel 2.9
	b. 18 P dan 20P		1100 mm	Tabel 2.9
23	Kapasitas Lift (orang)	P	8P, 11P, 13P, 15P, 18P, dan 20P	
24	Kapasitas efektif lift (orang)	P	80% P	SNI 03-6573-2001
25	Kapasitas Lift (kg)	K	sesuai Tabel 7.2.4 (a) SNI 03-6573-2001	SNI 03-6573-2001
26	Kecepatan Lift	v	1,0 m/s dan 1,5 m/s	Tabel 2.2
27	Waktu Tunggu Rata-rata	WTR	$WTR \leq AWT$	SNI 03-6573-2001
28	Daya Angkut Gabungan	DAG	$DAG \geq TAS$	SNI 03-6573-2001
29	Berat Kabin	Wk	2K	SNI 03-6573-2001
30	Tipe Sepatu Luncur		<i>Roller Shoe</i> ($\eta = 0,94$)	SNI 03-6573-2001

3.3 Metode Perhitungan

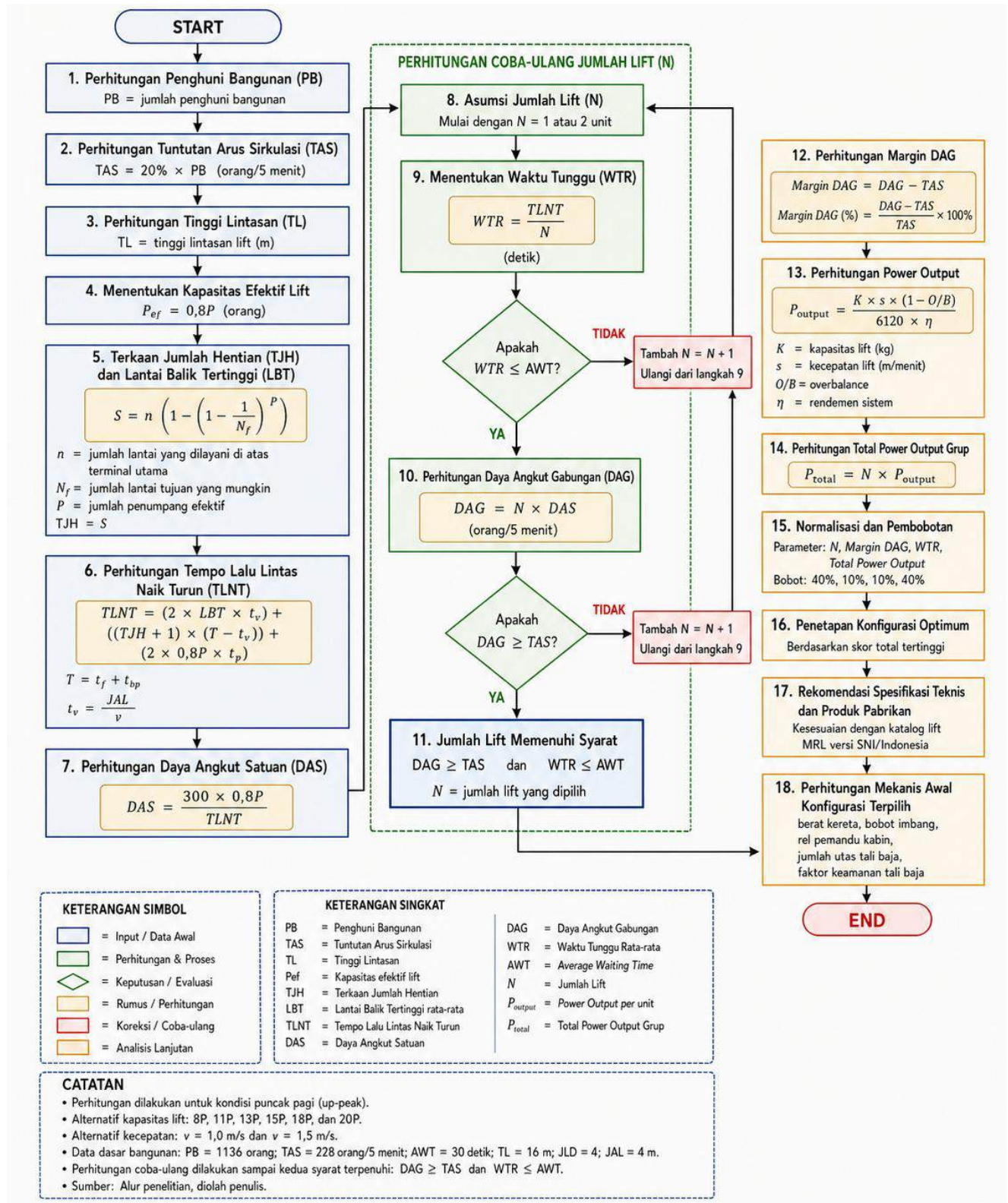
Metode perhitungan pada penelitian ini mengacu pada kerangka SNI 03-6573-2001, terutama pada parameter Penghuni Bangunan (PB), Tuntutan Arus Sirkulasi (TAS), Tempo Lalu Lintas Naik Turun (TLNT), Daya Angkut Satuan (DAS), Daya Angkut Gabungan (DAG), Waktu Tunggu Rata-rata (WTR), dan

kapasitas efektif lift. Untuk parameter yang tidak dinyatakan secara eksplisit dalam SNI 03-6573-2001, seperti Terkaan Jumlah Hentian (TJH), Lantai Balik Tertinggi rata-rata (LBT), dan waktu perpindahan satu penumpang, penelitian ini menggunakan rujukan literatur pendukung yang relevan agar proses perhitungan dapat dilakukan secara sistematis. Pada tahap perhitungan mekanika awal konfigurasi terpilih, digunakan pula SNI 05-6040-1999 dan SNI 05-7052-2004 sebagai acuan pendukung.

Proses perhitungan dilakukan terhadap setiap alternatif kapasitas lift, yaitu 8, 11, 13, 15, 18, dan 20 penumpang, serta alternatif kecepatan lift yang telah ditetapkan pada Tabel 3.2. Pada setiap alternatif, terlebih dahulu dihitung kapasitas efektif lift, Terkaan Jumlah Hentian (TJH), Lantai Balik Tertinggi rata-rata (LBT), waktu kinerja satu lintasan lantai (T), waktu tempuh satu lantai (tv), dan Tempo Lalu Lintas Naik Turun (TLNT). Nilai TLNT kemudian digunakan untuk menghitung Daya Angkut Satuan (DAS).

Jumlah lift ditentukan melalui proses evaluasi terhadap dua kriteria utama, yaitu kemampuan angkut dan waktu tunggu. Dari sisi kemampuan angkut, jumlah lift harus menghasilkan Daya Angkut Gabungan (DAG) yang lebih besar atau sama dengan Tuntutan Arus Sirkulasi (TAS). Dari sisi waktu tunggu, jumlah lift harus menghasilkan Waktu Tunggu Rata-rata (WTR) yang lebih kecil atau sama dengan AWT. Dengan demikian, konfigurasi lift dinyatakan memenuhi kriteria apabila memenuhi syarat $DAG \geq TAS$ dan $WTR \leq AWT$.

Setelah konfigurasi jumlah lift memenuhi kedua kriteria tersebut, dilakukan perhitungan *Power Output* dan *Total Power Output* Grup. Seluruh alternatif konfigurasi kemudian dibandingkan berdasarkan jumlah lift (N), WTR, Margin DAG, dan *Total Power Output* Grup melalui proses normalisasi dan penilaian berbobot. Alternatif dengan skor total tertinggi ditetapkan sebagai konfigurasi optimum. Konfigurasi optimum selanjutnya digunakan sebagai dasar penyusunan rekomendasi spesifikasi teknis lift penumpang yang sesuai dengan produk pabrikan yang tersedia di Indonesia. Selain itu, konfigurasi terpilih juga digunakan untuk perhitungan mekanika awal satu unit lift, meliputi berat kereta, bobot imbang, pemilihan awal rel pemandu kabin, jumlah utas tali baja, dan pemeriksaan faktor keamanan tali baja.



Gambar 3. 1 Bagan Alur Optimasi Kebutuhan Lift

3.4 Alur Kerangka Penelitian

Kerangka penelitian disusun untuk menunjukkan hubungan logis antara latar belakang, rumusan masalah, tujuan penelitian, parameter perancangan, proses perhitungan, evaluasi konfigurasi, hingga keluaran penelitian. Kerangka ini menjadi pedoman agar proses optimasi kebutuhan lift penumpang pada Gedung SMA LTI IGM Palembang dilakukan secara sistematis, terarah, dan sesuai dengan tujuan penelitian.

Penyusunan kerangka penelitian menggunakan pendekatan *Input–Process–Output–Feedback*. Pendekatan ini digunakan karena mampu menggambarkan alur penelitian secara menyeluruh, mulai dari identifikasi kebutuhan, pengumpulan data bangunan dan penghuni, penentuan parameter perancangan, perhitungan kebutuhan lift, evaluasi alternatif konfigurasi, penetapan konfigurasi optimum, hingga penyusunan rekomendasi spesifikasi teknis lift penumpang.

Tahap *Input* meliputi identifikasi permasalahan, rumusan masalah, tujuan penelitian, data bangunan, data penghuni, fungsi bangunan, jumlah lantai dilayani, jarak antar lantai, regulasi, literatur pendukung, katalog pabrikan, serta parameter perancangan yang digunakan sebagai dasar analisis. Data tersebut menjadi dasar dalam menghitung kebutuhan lift dan menyusun alternatif konfigurasi yang akan dievaluasi.

Tahap *Process* merupakan tahap perhitungan dan evaluasi konfigurasi sistem lift. Pada tahap ini dilakukan perhitungan Penghuni Bangunan (PB), Tuntutan Arus Sirkulasi (TAS), Tinggi Lintasan (TL), kapasitas efektif lift, Terkaan Jumlah Hentian (TJH), Lantai Balik Tertinggi rata-rata (LBT), Tempo Lalu Lintas Naik Turun (TLNT), Daya Angkut Satuan (DAS), jumlah lift (N), Daya Angkut Gabungan (DAG), dan Waktu Tunggu Rata-rata (WTR). Proses ini dilakukan terhadap beberapa alternatif kapasitas dan kecepatan lift yang telah ditetapkan dalam spesifikasi perancangan.

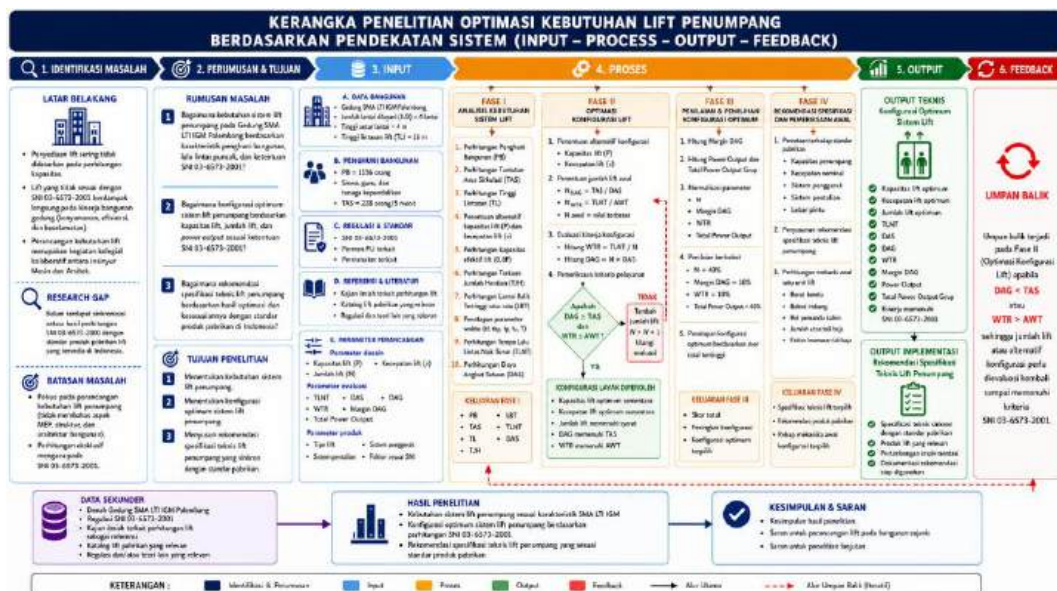
Setelah alternatif konfigurasi memenuhi syarat pelayanan, yaitu $DAG \geq TAS$ dan $WTR \leq AWT$, dilakukan perhitungan Margin DAG, *Power Output*, dan Total *Power Output* Grup. Selanjutnya, alternatif konfigurasi dinilai melalui normalisasi dan penilaian berbobot berdasarkan parameter jumlah lift (N), Margin

DAG, WTR, dan Total Power Output. Alternatif dengan skor total tertinggi ditetapkan sebagai konfigurasi optimum.

Tahap *Output* menghasilkan konfigurasi lift optimum yang meliputi kapasitas lift, kecepatan lift, jumlah unit lift, TLNT, DAS, DAG, WTR, Margin DAG, *Power Output*, dan Total Power Output Grup. Selain itu, tahap ini juga menghasilkan rekomendasi spesifikasi teknis lift penumpang yang disesuaikan dengan produk pabrikan yang tersedia di Indonesia, serta rekapitulasi perhitungan mekanika awal pada satu unit lift terpilih.

Tahap *Feedback* berfungsi sebagai mekanisme evaluasi ulang terhadap alternatif konfigurasi yang belum memenuhi kriteria pelayanan. Apabila nilai WTR lebih besar dari AWT atau nilai DAG lebih kecil dari TAS, maka jumlah lift ditambah dan dilakukan perhitungan coba-ulang sampai konfigurasi memenuhi kriteria $WTR \leq AWT$ dan $DAG \geq TAS$. Setelah konfigurasi layak diperoleh, proses dilanjutkan pada tahap penilaian berbobot dan penetapan konfigurasi optimum.

Dengan demikian, alur kerangka penelitian ini tidak hanya menunjukkan tahapan perhitungan kebutuhan lift, tetapi juga memperlihatkan hubungan antara kebutuhan pelayanan, evaluasi alternatif, pemilihan konfigurasi optimum, rekomendasi pabrikan, dan pemeriksaan mekanika awal. Alur kerangka penelitian disajikan pada Gambar 3.2.



Gambar 3. 2 Kerangka Perancangan Kebutuhan Lift Penumpang

*Catatan : untuk gambar diagram dengan ukuran lebih besar dapat dilihat pada lampiran

BAB IV ANALISIS DAN OPTIMASI KEBUTUHAN LIFT

4.1 Perhitungan Konfigurasi Lift pada Skenario Kecepatan 1,0 m/s

Sebelum dilakukan perhitungan pada masing-masing alternatif kapasitas lift berdasarkan jumlah penumpang, terlebih dahulu ditetapkan parameter tetap yang digunakan pada seluruh perhitungan dalam skenario kecepatan 1,0 m/s. Meskipun kapasitas penumpang lift berbeda, hampir semua nilai parameter bernilai sama, kecuali parameter: 1) waktu buka tutup pintu (tbp), Terkaan Jumlah Hentian (TJH) dan Lantai Balik Tertinggi (LBT) yang dipengaruhi oleh kapasitas penumpang lift. Parameter pada skenario kecepatan 1,0 m/s disajikan pada Tabel 4.1.

Tabel 4. 1 Parameter Optimasi Konfigurasi Lift Skenario Kec. 1,0 m/s

Parameter	Simbol	Nilai/ Spesifikasi Berdasar Kapasitas					
		8P	11P	13P	15P	18P	20P
Kecepatan Lift	v	1,0 m/s					
Percepatan	a	0,50 m/s ²					
Tempo Loncatan / <i>Flight Time</i>	tf	4,2 s					
Lebar Pintu Lift		900 mm				1100 mm	
Waktu Buka-Tutup Pintu	tbp	3,6 s	3,6 s	3,6 s	3,6 s	4,1 s	4,1 s
Waktu Perpindahan Satu Penumpang	tp	1,2 detik/orang					
Terkaan Jumlah Hentian	TJH	3,37	3,68	3,80	3,87	3,94	3,96
Lantai Balik Tertinggi	LBT	3,83	3,92	3,95	3,97	3,98	3,99
Jarak Antar Lantai	JAL	4 meter					
Tinggi Lintasan Lift	TL	16 m					
Kapasitas efektif lift (orang)		80% P					
Kapasitas Lift (kg)	K	sesuai Tabel 7.2.4 (a) SNI 03-6573-2001					
Tuntutan Arus Sirkulasi	TAS	228 orang / 5 menit					
<i>Average Waiting Time</i>	AWT	30 detik					
Waktu Tunggu Rata-rata	WTR	WTR ≤ 30 detik					
Daya Angkut Gabungan	DAG	DAG ≥ 228					

4.1.1 Perhitungan Alternatif Konfigurasi Lift P8 – v 1,0 m/s

Berdasarkan Tabel 4.1 untuk lift P8 – v 1,0 m/s diketahui:

$$TJH = 3,37$$

$$LBT = 3,83$$

$$P = 8$$

$$tp = 1,2 \text{ detik/orang}$$

$$tf = 4,2 \text{ detik}$$

$$tbp = 3,6 \text{ detik (lift 8P menggunakan lebar pintu 900 mm, lihat Tabel 2.9)}$$

maka ;

$$T = tf + tbp = 4,2 + 3,6 = 7,8$$

$$tv = JAL / v = 4 / 1 = 4,0$$

Hitung TLNT:

$$\begin{aligned} TLNT &= (2 \times LBT \times tv) + ((TJH+1) \times (T-tv)) + (2 \times 0,8P \times tp) \\ &= (2 \times 3,83 \times 4,0) + ((3,37+1) \times (7,8 - 4,0)) + (2 \times 0,8 \times 8 \times 1,2) \\ &= (8,00 \times 3,83) + (4,37 \times 3,80) + (1,92 \times 8) \\ &= 30,64 + 16,61 + 15,36 \end{aligned}$$

$$TLNT = 62,61 \text{ detik}$$

Daya Angkut Satuan (DAS) dihitung sebagai berikut:

$$DAS = (300 \times 0,8P) / TLNT$$

$$DAS = (300 \times 0,8 \times 8) / 62,61$$

$$DAS = 30,67 \text{ orang/5 menit}$$

Sehingga:

$$N_DAG = TAS / DAS$$

$$N_DAG = 228 / 30,67$$

$$N_DAG = 7,43 \text{ unit} \approx 8 \text{ unit}$$

Jumlah lift berdasarkan batas waktu tunggu dihitung sebagai berikut:

$$N_WTR = TLNT / AWT$$

$$N_WTR = 62,61 / 30$$

$$N_WTR = 2,09 \text{ unit} \approx 3 \text{ unit}$$

maka, N minimum diambil nilai terbesar, yaitu $N = 8$ unit

Pemeriksaan nilai Waktu Tunggu Rata-rata (WTR) :

$$WTR = TLNT / N$$

$$WTR = 62,61 / 8$$

$$WTR = 7,83 \text{ detik}$$

Daya Angkut Gabungan (DAG) dihitung sebagai berikut:

$$DAG = N \times DAS$$

$$DAG = 245,36 \text{ orang/5 menit}$$

Berdasarkan hasil perhitungan tersebut, konfigurasi lift 8P - v 1,0 m/s sebanyak 8 unit memenuhi kriteria $WTR \leq 30$ detik dan $DAG \geq 228$ orang/5 menit. Selanjutnya dilakukan perhitungan coba-ulang pada alternatif konfigurasi lain.

4.1.2 Alternatif Konfigurasi Lift P18 – v 1,0 m/s

Berdasarkan Tabel 4.1 untuk lift P18 – v 1,0 m/s diketahui:

$$TJH = 3,94$$

$$LBT = 3,98$$

$$P = 18$$

$$tp = 1,2$$

$$tf = 4,2$$

$$tbp = 4,1 \text{ (lift 18P menggunakan lebar pintu 1100 mm, lihat Tabel 2.9)}$$

maka ;

$$T = tf + tbp = 4,2 + 4,1 = 8,3$$

$$tv = JAL / v = 4 / 1 = 4,0$$

Hitung TLNT:

$$\begin{aligned} TLNT &= (2 \times LBT \times tv) + ((TJH+1) \times (T-tv)) + (2 \times 0,8P \times tp) \\ &= (2 \times 3,98 \times 4,0) + ((3,94+1) \times (8,3 - 4,0)) + (2 \times 0,8 \times 18 \times 1,2) \\ &= (8,00 \times 3,98) + (4,94 \times 4,30) + (1,92 \times 18) \\ &= 31,84 + 21,24 + 34,56 \end{aligned}$$

$$TLNT = 87,64 \text{ detik}$$

Daya Angkut Satuan (DAS) dihitung sebagai berikut:

$$DAS = (300 \times 0,8P) / TLNT$$

$$DAS = (300 \times 0,8 \times 18) / 87,64$$

$$DAS = 49,29 \text{ orang/5 menit}$$

Sehingga:

$$N_DAG = TAS / DAS$$

$$N_DAG = 228 / 49,29$$

$$N_DAG = 4,63 \text{ unit} \approx 5 \text{ unit}$$

Jumlah lift berdasarkan batas waktu tunggu dihitung sebagai berikut:

$$N_WTR = TLNT / AWT$$

$$N_WTR = 87,64 / 30$$

$$N_WTR = 2,92 \text{ unit} \approx 3 \text{ unit}$$

maka, N minimum diambil nilai terbesar, yaitu $N = 5$ unit

Pemeriksaan nilai Waktu Tunggu Rata-rata (WTR) :

$$WTR = TLNT / N$$

$$WTR = 87,64 / 5$$

$$WTR = 17,53 \text{ detik}$$

Daya Angkut Gabungan (DAG) dihitung sebagai berikut:

$$DAG = N \times DAS$$

$$DAG = 5 \times 49,29$$

$$DAG = 246,46 \text{ orang/5 menit}$$

Berdasarkan hasil perhitungan tersebut, konfigurasi lift 18P - v 1,0 m/s sebanyak 5 unit memenuhi kriteria $WTR \leq 30$ detik dan $DAG \geq 228$ orang/5 menit.

Perhitungan dilakukan dengan pendekatan perhitungan coba-ulang pada beberapa alternatif kapasitas pada kecepatan lift $v = 1,0$ m/s untuk memperoleh konfigurasi yang memenuhi kriteria WTR dan DAG secara ringkas disajikan pada Tabel 4.2.

Tabel 4. 2 Rekapitulasi Hasil Perhitungan Lift Skenario Kec. 1,0 m/s

Kapasitas	TLNT	DAS	N-DAG	N-WTR	N	WTR	DAG
8P	62,61	30,67	8	3	8	7,83	245,34
11P	70,26	37,57	7	3	7	10,04	263,01
13P	74,80	41,71	6	3	6	12,47	250,27
15P	79,07	45,53	6	3	6	13,18	273,19
18P	87,64	49,29	5	3	5	17,53	246,46
20P	91,65	52,37	5	4	5	18,33	261,87

*Seluruh nilai pada tabel dihitung menggunakan rumus excel dengan angka internal sebelum pembulatan

4.2 Perhitungan Konfigurasi Lift pada Skenario Kecepatan 1,5 m/s

Perhitungan konfigurasi lift pada skenario 1,5 m/s merupakan perhitungan coba-ulang yang identik dengan metode perhitungan skenario 1,0 m/s pada subbab 4.1, namun dengan beberapa nilai parameter yang berbeda. Parameter tetap tersebut disajikan pada Tabel 4.3.

Tabel 4. 3 Parameter Optimasi Konfigurasi Lift Skenario Kec. 1,5 m/s

Parameter	Simbol	Nilai/ Spesifikasi Berdasar Kapasitas					
		8P	11P	13P	15P	18P	20P
Kecepatan Lift	v	1,5 m/s					
Percepatan	a	0,70 m/s ²					
Tempo Loncatan / <i>Flight Time</i>	tf	4,2 s					
Lebar Pintu Lift		900 mm				1100 mm	
Waktu Buka-Tutup Pintu	tbp	3,6 s	3,6 s	3,6 s	3,6 s	4,1 s	4,1 s
Waktu Perpindahan Satu Penumpang	tp	1,2 detik/orang					
Terkaan Jumlah Hentian	TJH	3,37	3,68	3,80	3,87	3,94	3,96
Lantai Balik Tertinggi	LBT	3,83	3,92	3,95	3,97	3,98	3,99
Jarak Antar Lantai	JAL	4 meter					
Tinggi Lintasan Lift	TL	16 m					
Kapasitas efektif lift (orang)		80% P					
Kapasitas Lift (kg)	K	sesuai Tabel 7.2.4 (a) SNI 03-6573-2001					
Tuntutan Arus Sirkulasi	TAS	228 orang / 5 menit					
<i>Average Waiting Time</i>	AWT	30 detik					
Waktu Tunggu Rata-rata	WTR	WTR ≤ 30 detik					
Daya Angkut Gabungan	DAG	DAG ≥ 228					

4.2.1 Perhitungan Alternatif Konfigurasi Lift P8 – v 1,5 m/s

Berdasarkan Tabel 4.3 untuk lift P8 – v 1,5 m/s diketahui:

$$TJH = 3,37$$

$$LBT = 3,83$$

$$P = 8$$

$$tp = 1,2 \text{ detik/orang}$$

$$tf = 4,2 \text{ detik}$$

$$tbp = 3,6 \text{ detik (lift 8P menggunakan lebar pintu 900 mm, lihat Tabel 2.9)}$$

maka ;

$$T = tf + tbp = 4,2 + 3,6 = 7,8$$

$$tv = JAL / v = 4 / 1,5 = 2,67$$

Hitung TLNT:

$$\begin{aligned}
 TLNT &= (2 \times LBT \times tv) + ((TJH+1) \times (T-tv)) + (2 \times 0,8P \times tp) \\
 &= (2 \times 3,83 \times 2,67) + ((3,37+1) \times (7,8 - 2,67)) + (2 \times 0,8 \times 8 \times 1,2) \\
 &= (5,34 \times 3,83) + (4,37 \times 5,13) + (1,92 \times 8) \\
 &= 20,45 + 22,41 + 15,36
 \end{aligned}$$

$$TLNT = 58,22 \text{ detik}$$

Daya Angkut Satuan (DAS) dihitung sebagai berikut:

$$DAS = (300 \times 0,8P) / TLNT$$

$$DAS = (300 \times 0,8 \times 8) / 58,22$$

$$DAS = 32,98 \text{ orang/5 menit}$$

Sehingga:

$$N_DAG = TAS / DAS$$

$$N_DAG = 228 / 32,98$$

$$N_DAG = 6,91 \text{ unit} \approx 7 \text{ unit}$$

Jumlah lift berdasarkan batas waktu tunggu dihitung sebagai berikut:

$$N_WTR = TLNT / AWT$$

$$N_WTR = 58,22 / 30$$

$$N_WTR = 1,94 \text{ unit} \approx 2 \text{ unit}$$

maka, N minimum diambil nilai terbesar, yaitu $N = 7$ unit

Pemeriksaan nilai Waktu Tunggu Rata-rata (WTR) :

$$WTR = TLNT / N$$

$$WTR = 58,22 / 7$$

$$WTR = 8,32 \text{ detik}$$

Daya Angkut Gabungan (DAG) dihitung sebagai berikut:

$$DAG = N \times DAS$$

$$DAG = 7 \times 32,98$$

$$DAG = 230,85 \text{ orang/5 menit}$$

Berdasarkan hasil perhitungan tersebut, konfigurasi lift 8P - v 1,5 m/s sebanyak 7 unit memenuhi kriteria $WTR \leq 30$ detik dan $DAG \geq 228$ orang/5 menit. Selanjutnya perhitungan coba-ulang pada alternatif konfigurasi lain.

4.2.2 Perhitungan Alternatif Konfigurasi Lift P18 – v 1,5 m/s

Berdasarkan Tabel 4.3 untuk lift P18 – v 1,5 m/s diketahui:

$$TJH = 3,94$$

$$LBT = 3,98$$

$$P = 18$$

$$tp = 1,2$$

$$tf = 4,2$$

$t_{bp} = 4,1$ (lift 18P menggunakan lebar pintu 1100 mm, lihat Tabel 2.9)

maka ;

$$T = t_f + t_{bp} = 4,2 + 4,1 = 8,3$$

$$t_v = JAL / v = 4 / 1,5 = 2,67$$

Hitung TLNT:

$$\begin{aligned} TLNT &= (2 \times LBT \times t_v) + ((TJH+1) \times (T-t_v)) + (2 \times 0,8P \times t_p) \\ &= (2 \times 3,98 \times 2,67) + ((3,94+1) \times (8,3 - 2,67)) + (2 \times 0,8 \times 18 \times 1,2) \\ &= (5,34 \times 3,98) + (4,94 \times 5,63) + (1,92 \times 18) \\ &= 21,26 + 27,81 + 34,56 \end{aligned}$$

$$TLNT = 83,62 \text{ detik}$$

Daya Angkut Satuan (DAS) dihitung sebagai berikut:

$$DAS = (300 \times 0,8P) / TLNT$$

$$DAS = (300 \times 0,8 \times 18) / 83,62$$

$$DAS = 51,67 \text{ orang/5 menit}$$

Sehingga:

$$N_{DAG} = TAS / DAS$$

$$N_{DAG} = 228 / 51,67$$

$$N_{DAG} = 4,41 \text{ unit} \approx 5 \text{ unit}$$

Jumlah lift berdasarkan batas waktu tunggu dihitung sebagai berikut:

$$N_{WTR} = TLNT / AWT$$

$$N_{WTR} = 83,62 / 30$$

$$N_{WTR} = 2,79 \text{ unit} \approx 3 \text{ unit}$$

maka, N minimum diambil nilai terbesar, yaitu $N = 5$ unit

Pemeriksaan nilai Waktu Tunggu Rata-rata (WTR) :

$$WTR = TLNT / N$$

$$WTR = 83,62 / 5$$

$$WTR = 16,72 \text{ detik}$$

Daya Angkut Gabungan (DAG) dihitung sebagai berikut:

$$DAG = N \times DAS$$

$$DAG = 5 \times 51,67$$

$$DAG = 258,33 \text{ orang/5 menit}$$

Berdasarkan hasil perhitungan tersebut, konfigurasi lift 18P - v 1,5 m/s sebanyak 5 unit memenuhi kriteria $WTR \leq 30$ detik dan $DAG \geq 228$ orang/5 menit.

Hasil semua perhitungan alternatif konfigurasi pada kecepatan $v = 1,5$ m/s secara ringkas disajikan pada Tabel 4.4.

Tabel 4. 4 Rekapitulasi Hasil Perhitungan Lift Skenario Kec. 1,5 m/s

Kapasitas	TLNT	DAS	N-DAG	N-WTR	N Final	WTR	DAG
8P	58,22	32,98	7	2	7	8,32	230,85
11P	66,05	39,97	6	3	6	11,01	239,82
13P	70,67	44,15	6	3	6	11,78	264,91
15P	74,97	48,02	5	3	5	14,99	240,09
18P	83,62	51,67	5	3	5	16,72	258,33
20P	87,62	54,78	5	3	5	17,52	273,91

*Seluruh nilai pada tabel dihitung menggunakan rumus excel dengan angka internal sebelum pembulatan

4.3 Komparasi Margin DAG Konfigurasi Lift

Berdasarkan hasil perhitungan kebutuhan lift pada Tabel 4.2 dan Tabel 4.4 diperoleh hasil N maksimum 8 unit lift. Hasil maksimum ini masih dapat diterima sebagai batas maksimal jumlah unit lift dalam satu kelompok operasi gabungan sebagaimana disebutkan pada butir 7.4.2 SNI 03-6573-2001. Kemudian untuk mempermudah komparasi dan proses perhitungan margin DAG, maka dibuat rekap hasil perhitungan dan disajikan pada Tabel 4.5.

Tabel 4. 5 Rekapitulasi Hasil Perhitungan Lift Skenario Kec. 1,0 m/s dan 1,5 m/s

Kapasitas	TLNT		DAS		N-DAG		N-WTR		N		WTR		DAG	
	V= 1,0	V= 1,5	V= 1,0	V= 1,5	V= 1,0	V= 1,5	V= 1,0	V= 1,5	V= 1,0	V= 1,5	V= 1,0	V= 1,5	V= 1,0	V= 1,5
8P	62,61	58,22	30,67	32,98	8	7	3	2	8	7	7,83	8,32	245,34	230,85
11P	70,26	66,05	37,57	39,97	7	6	3	3	7	6	10,04	11,01	263,01	239,82
13P	74,80	70,67	41,71	44,15	6	6	3	3	6	6	12,47	11,78	250,27	264,91
15P	79,07	74,97	45,53	48,02	6	5	3	3	6	5	13,18	14,99	273,19	240,09
18P	87,64	83,62	49,29	51,67	5	5	3	3	5	5	17,53	16,72	246,46	258,33
20P	91,65	87,62	52,37	54,78	5	5	4	3	5	5	18,33	17,52	261,87	273,91

*Seluruh nilai pada tabel dihitung menggunakan rumus excel dengan angka internal sebelum pembulatan

Margin DAG menunjukkan besarnya cadangan daya angkut sistem lift terhadap tuntutan arus sirkulasi penumpang pada periode puncak selama 5 menit.

Dengan demikian, margin ini digunakan untuk mengetahui seberapa jauh kapasitas gabungan lift masih mampu melayani tambahan beban lalu lintas penumpang. Margin DAG dihitung sebagai selisih antara DAG dan TAS, menggunakan rumus:

$$\text{Margin DAG (\%)} = ((\text{DAG} - \text{TAS}) / \text{TAS}) \times 100\%$$

Substitusi nilai:

$$\text{Margin DAG (\%)} = ((\text{DAG} - 228) / 228) \times 100\%$$

Semakin besar nilai Margin DAG, semakin besar cadangan kemampuan angkut sistem lift. Sebaliknya, margin yang terlalu kecil menunjukkan bahwa konfigurasi tersebut bekerja sangat dekat dengan batas minimum kebutuhan. Kondisi ini dapat menyebabkan sistem menjadi kurang toleran terhadap peningkatan jumlah pengguna, perubahan pola kedatangan penumpang, atau keterlambatan operasional lift. Dengan mempergunakan data DAG pada Tabel 4.5 dilakukan perhitungan margin DAG dan hasilnya disajikan pada Tabel 4.6.

Tabel 4. 6 Rekap Margin DAG

Kapasitas	DAG		Margin DAG (TAS = 228)	
	V= 1,0	V= 1,5	V= 1,0	V= 1,5
8P	245,34	230,85	7,61%	1,25%
11P	263,01	239,82	15,35%	5,18%
13P	250,27	264,91	9,77%	16,19%
15P	273,19	240,09	19,82%	5,30%
18P	246,46	258,33	8,10%	13,30%
20P	261,87	273,91	14,86%	20,13%

*Seluruh nilai pada tabel dihitung menggunakan rumus excel dengan angka internal sebelum pembulatan

Berdasarkan tabel rekap Margin DAG, seluruh konfigurasi memenuhi syarat $\text{DAG} \geq \text{TAS}$. Namun demikian, nilai margin pada masing-masing konfigurasi berbeda. Perbedaan ini menunjukkan bahwa setiap konfigurasi memiliki cadangan daya angkut yang tidak sama, meskipun sama-sama memenuhi batas minimum kebutuhan arus sirkulasi. Oleh karena itu, Margin DAG digunakan sebagai indikator tambahan dalam proses optimasi agar pemilihan konfigurasi tidak hanya didasarkan pada jumlah unit lift, tetapi juga mempertimbangkan cadangan kapasitas layanan.

4.4 Perhitungan *Power Output* Berdasarkan SNI 03-6573-2001

Menurut SNI 03-6573-2001 butir 6.3.7 (c) *Power output* ialah energi yang menghasilkan tenaga yaitu beban muatan penuh dikali kecepatan dan dibagi dengan rendemen sistem instalasi. Hal ini diperlukan karena konfigurasi lift tidak hanya dinilai dari kemampuan melayani arus penumpang, tetapi juga dari konsekuensi kebutuhan daya yang ditimbulkan oleh kapasitas, kecepatan, dan jumlah unit lift.

Perhitungan *Power Output* pada penelitian ini mengacu pada rumus dalam SNI 03-6573-2001, dengan mempertimbangkan kapasitas lift dalam kilogram, kecepatan lift dalam meter per menit, nilai overbalance, dan rendemen sistem instalasi. Hasil perhitungan *Power Output* setiap unit kemudian dikalikan dengan jumlah unit lift pada masing-masing konfigurasi untuk memperoleh *Total Power Output* sistem lift. Nilai *Total Power Output* selanjutnya digunakan sebagai salah satu parameter dalam proses optimasi. Parameter lift untuk perhitungan dirangkum pada tabel 4.7

Tabel 4. 7 Parameter Perhitungan Power Output Lift Berdasarkan SNI 03-6573-2001

Parameter	Spesifikasi	Simbol	Nilai	Satuan	Acuan
Motor	: <i>Variable Frequency</i>	η_1	0,96	-	Butir 6.3.7 SNI 03-6573-2001
Mesin	: <i>Gearless Traction Machine</i>	η_2	0,85	-	Butir 6.3.7 SNI 03-6573-2001
Tipe Sepatu Luncur	: <i>Roller Guide / roller shoe</i>	η_3	0,94	-	Butir 6.3.7 SNI 03-6573-2001
Kapasitas lift (kg)	: sesuai Tabel 7.2.4 (a) SNI	K		kg	SNI 03-6573-2001
<i>Overbalance</i>	:	O/B	0,5	-	SNI 03-6573-2001
Kecepatan lift	:				
a. Alternatif 1	: 1,0 m/s = 60 m/menit	s1	60	m/menit	Konversi satuan
b. Alternatif 2	: 1,5 m/s = 90 m/menit	s2	90	m/menit	Konversi satuan
Faktor Konversi daya	: Konversi kgm/menit ke kW	-	6120	-	Butir 6.3.7 SNI 03-6573-2001

Nilai *overbalance* (O/B) digunakan sebesar 0,5 sebagai nilai tetap dalam perhitungan *Power Output*. Penetapan nilai yang sama pada seluruh alternatif diperlukan agar perbandingan kebutuhan daya hanya dipengaruhi oleh kapasitas, kecepatan, dan jumlah unit lift. Sedangkan konfigurasi rendemen sistem dipilih mengacu kepada Apendiks A SNI 03-6573-2001 butir A.8.2 yang menyatakan rendemen sistem terbaik jika menggunakan motor *VF*, mesin *gearless* dan kereta sepatu luncur tipe *roller-guide*, dan dihitung dengan rumus:

$$\eta_T = \eta_1 \times \eta_2 \times \eta_3$$

Dimana:

η_T = Rendemen Sistem

η_1 = Motor VF = 0,96

η_2 = Mesin gearless = 0,85

η_3 = dengan roller shoe = 0,94

sehingga

$$\eta_T = 0,96 \times 0,85 \times 0,94 = \mathbf{0,76}$$

Setelah nilai rendemen total sistem diperoleh, perhitungan dilanjutkan dengan menentukan Power output lift berdasarkan SNI 03-6573-2001 sebagai berikut:

$$P_{output} = \frac{K \times s \times (1 - O/B)}{6120 \times \eta_T}$$

Dimana:

P_{output} = Daya yang menghasilkan kerja (kW)

K = Kapasitas Lift (Kg)

s = Kecepatan lift (m/menit)

O/B = 0,50

η_T = 0,76

Sehingga rumus kerja *Power output* dapat ditulis menjadi:

$$P_{output} = \frac{K \times s \times (0,5)}{4651,20}$$

Berdasarkan parameter yang telah ditetapkan pada Tabel 4.7 dan nilai rendemen total sistem $\eta_T=0,76$, perhitungan *Power Output* dilakukan pada seluruh alternatif kapasitas lift untuk dua skenario kecepatan, yaitu $v=1,0$ m/s dan $v=1,5$ m/s. Kapasitas lift dalam satuan kilogram berdasarkan Tabel 7.2.4(a) SNI 03-6573-2001 (Tabel 2.11 pada skripsi ini), sedangkan kecepatan lift dikonversi ke satuan m/menit sesuai kebutuhan rumus *Power Output*.

Selain *Power Output* per unit, dihitung pula Total *Power Output* Grup dengan mengalikan *Power Output* per unit terhadap jumlah unit lift hasil

perhitungan coba-ulang. Rekapitulasi hasil perhitungan *Power Output* disajikan pada Tabel 4.8.

Tabel 4. 8 Rekapitulasi Power Output dan Total Power Output Grup Lift

Kapasitas Lift		Kec. (m/menit)		<i>Power Output</i> per unit (kW)		Jumlah Lift (N)		Total <i>Power Output</i> Grup (kW)	
P (org)	K (kg)	v=1,0m/s	v=1,5m/s	v=1,0m/s	v=1,5m/s	v=1,0m/s	v=1,5m/s	v=1,0m/s	v=1,5m/s
8	550	60	90	3,55	5,32	8	7	28,38	37,25
11	750	60	90	4,84	7,26	7	6	33,86	43,54
13	900	60	90	5,80	8,71	6	6	34,83	52,24
15	1000	60	90	6,45	9,67	6	5	38,70	48,37
18	1250	60	90	8,06	12,09	5	5	40,31	60,47
20	1350	60	90	8,71	13,06	5	5	43,54	65,31

Berdasarkan Tabel 4.8, *Power Output* per unit meningkat seiring bertambahnya kapasitas dan kecepatan lift. Skenario kecepatan 1,5 m/s menghasilkan kebutuhan *Power Output* lebih besar dibandingkan 1,0 m/s pada kapasitas yang sama. Namun, evaluasi kebutuhan daya tidak cukup dilihat dari *Power Output* per unit, karena jumlah unit lift juga mempengaruhi Total *Power Output* Grup. Oleh karena itu, nilai Total *Power Output* Grup digunakan sebagai salah satu parameter dalam optimasi konfigurasi lift, sehingga pemilihan konfigurasi optimum tidak hanya mempertimbangkan WTR dan Margin DAG, tetapi juga efisiensi kebutuhan daya sistem.

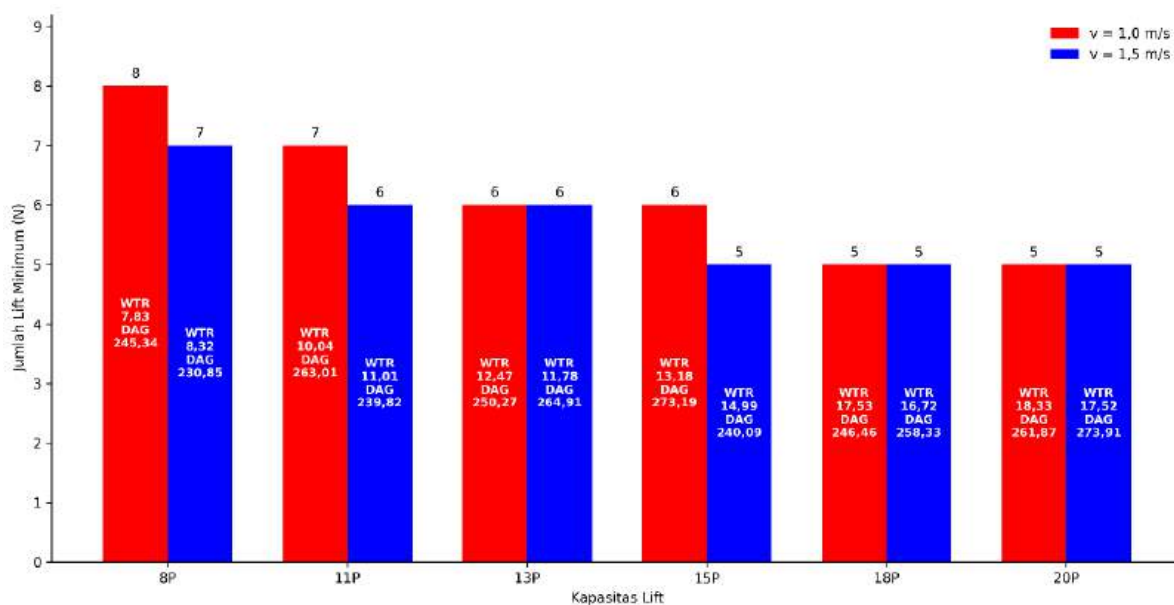
4.5 Analisis Hasil Perhitungan Alternatif Konfigurasi Lift

Analisis terhadap hasil perhitungan diperlukan untuk melihat kecenderungan kinerja setiap alternatif konfigurasi, baik dari aspek pelayanan penumpang maupun aspek kebutuhan daya sistem lift. Analisis dilakukan secara bertahap, dimulai dari kinerja pelayanan lift, pengaruh kapasitas dan kecepatan, Margin DAG, hingga *Power Output*. Pendekatan ini digunakan agar konfigurasi optimum tidak hanya ditentukan berdasarkan jumlah unit lift paling sedikit, tetapi juga mempertimbangkan keseimbangan antara kinerja pelayanan, cadangan kapasitas, dan efisiensi kebutuhan daya.

4.5.1 Analisis Kinerja Pelayanan Lift

Berdasarkan data pada Tabel 4.5, kinerja pelayanan lift ditinjau melalui hubungan antara jumlah lift minimum (N), Waktu Tunggu Rata-rata (WTR), dan Daya Angkut Gabungan (DAG), sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 4.1. Hasil perhitungan menunjukkan bahwa parameter pembatas utama pada konfigurasi lift adalah **DAG**, bukan **WTR**. Seluruh konfigurasi yang telah disesuaikan jumlah unitnya mampu memenuhi batas $WTR \leq 30$ detik, sehingga waktu tunggu tidak menjadi kendala utama. Sebaliknya, kemampuan sistem lift dalam memenuhi kebutuhan angkut selama periode lima menit menjadi faktor yang lebih menentukan, karena konfigurasi baru dinyatakan layak apabila $DAG \geq TAS$.

Gambar 4.1 memperlihatkan bahwa peningkatan kapasitas lift cenderung menurunkan jumlah unit lift minimum yang dibutuhkan. Hal ini menunjukkan bahwa kapasitas angkut per siklus memiliki pengaruh langsung terhadap kinerja pelayanan sistem. Pada kapasitas kecil dan menengah, peningkatan kecepatan dari $v=1,0$ m/s menjadi $v=1,5$ m/s masih dapat menurunkan jumlah unit lift pada beberapa konfigurasi. Namun, pada kapasitas besar, yaitu 18P dan 20P, peningkatan kecepatan tidak lagi mengubah jumlah lift minimum karena kedua skenario tetap membutuhkan 5 unit lift.



Gambar 4. 1 Perbandingan Kinerja Pelayanan Lift berdasarkan N, WTR dan DAG

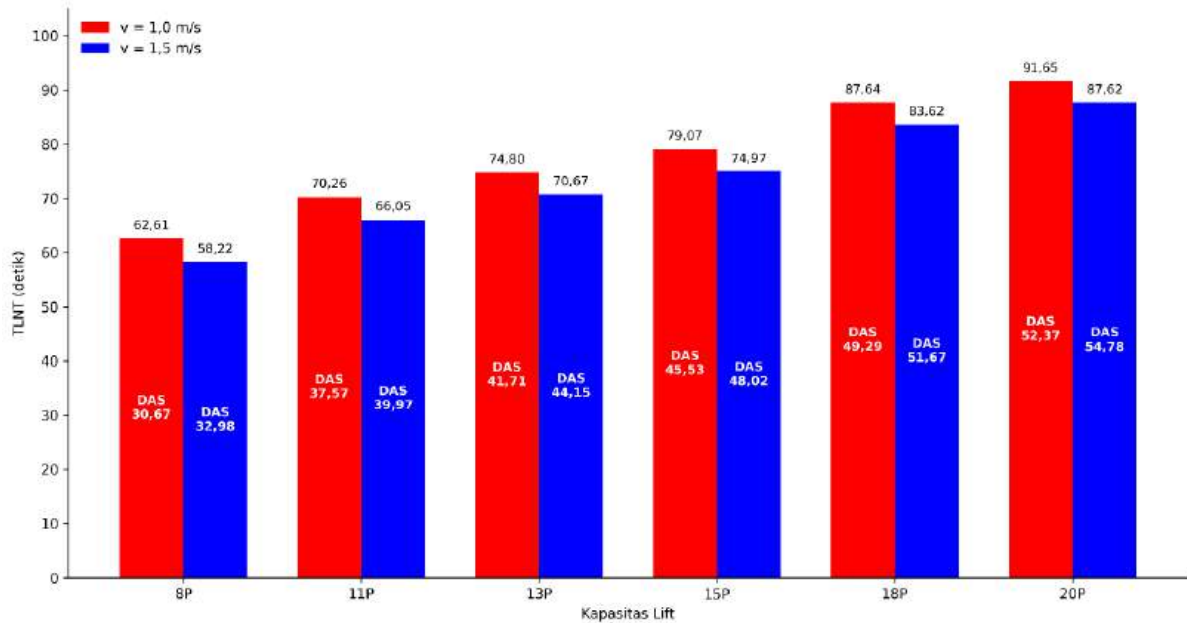
Kondisi tersebut menunjukkan bahwa pada gedung lima lantai dengan tinggi lintasan 16 m, peningkatan kecepatan tidak selalu memberikan pengurangan jumlah unit lift. Kinerja pelayanan lebih banyak ditentukan oleh kecukupan kapasitas angkut sistem dibandingkan oleh kecepatan tempuh. Oleh karena itu, dalam analisis kinerja pelayanan, jumlah unit lift (N) perlu ditempatkan sebagai indikator utama pada aspek kebutuhan unit, sedangkan DAG dan WTR berfungsi sebagai batas kontrol pelayanan yang tetap harus dipenuhi. Setelah konfigurasi dinyatakan memenuhi $DAG \geq TAS$ dan $WTR \leq 30$ detik, evaluasi selanjutnya dilakukan dengan mempertimbangkan cadangan kapasitas melalui Margin DAG serta konsekuensi kebutuhan daya melalui *Total Power Output*.

4.5.2 Analisis Pengaruh Kapasitas dan Kecepatan Lift

Berdasarkan data pada Tabel 4.5, hubungan antara kapasitas lift (P), kecepatan lift (v), TLNT, dan DAS ditunjukkan pada Gambar 4.2. Grafik tersebut memperlihatkan bahwa peningkatan kapasitas lift cenderung menaikkan TLNT karena waktu perpindahan penumpang bertambah. Namun, pada saat yang sama, peningkatan kapasitas juga menaikkan DAS karena kapasitas efektif angkut lift menjadi lebih besar.

Peningkatan kecepatan dari $v=1,0$ m/s menjadi $v=1,5$ m/s menurunkan TLNT pada setiap kapasitas, karena waktu tempuh antar lantai menjadi lebih pendek. Penurunan TLNT tersebut menyebabkan DAS meningkat. Meskipun demikian, peningkatan DAS tidak selalu berbanding langsung dengan penurunan jumlah unit lift, karena jumlah lift minimum ditentukan melalui pembulatan nilai N_{DAG} dan N_{WTR} .

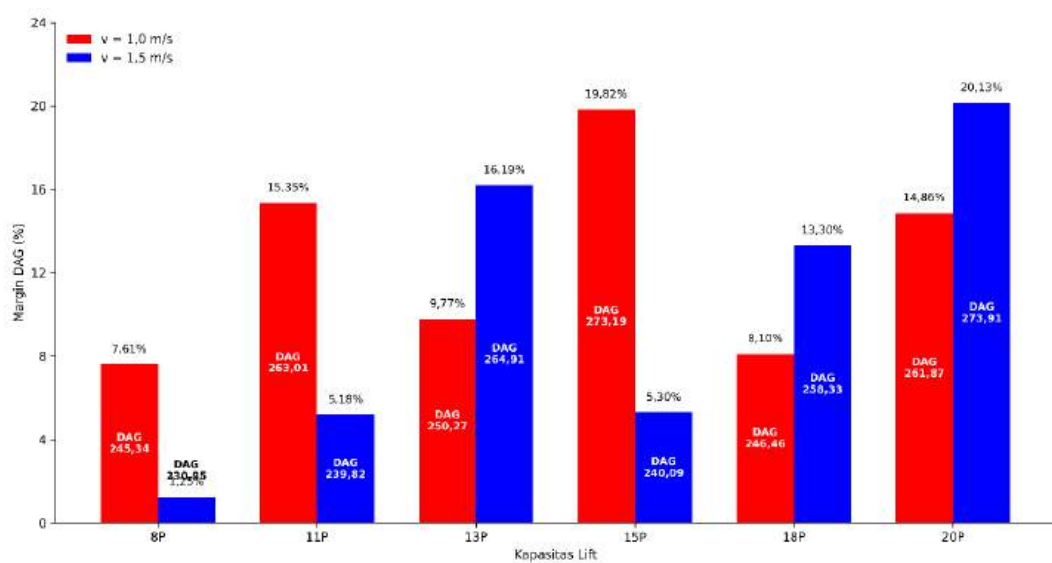
Dengan demikian, perubahan kapasitas dan kecepatan lift mempengaruhi kinerja sistem melalui dua mekanisme utama, yaitu perubahan waktu siklus dan perubahan kapasitas angkut satuan. Kecepatan yang lebih tinggi dapat memperbaiki waktu siklus, tetapi tidak selalu menghasilkan pengurangan jumlah unit lift. Oleh karena itu, peningkatan kecepatan perlu dipahami sebagai faktor perbaikan kinerja waktu, bukan sebagai jaminan bahwa konfigurasi lift menjadi lebih efisien secara keseluruhan.



Gambar 4. 2 Pengaruh P dan v terhadap TLNT dan DAS

4.5.3 Analisis Margin DAG Lift

Berdasarkan data pada Tabel 4.6, Margin DAG menunjukkan besarnya cadangan daya angkut sistem lift terhadap nilai TAS sebesar 228 orang/5 menit. Margin ini digunakan untuk membaca seberapa jauh Daya Angkut Gabungan masih berada di atas kebutuhan minimum pada periode puncak. Pengaruh kapasitas lift (P) dan kecepatan lift (v) terhadap Margin DAG divisualisasikan pada Gambar 4.3.



Gambar 4. 3 Pengaruh P dan v terhadap Margin DAG

Gambar 4.3 memperlihatkan bahwa seluruh konfigurasi memiliki nilai Margin DAG positif, sehingga seluruh alternatif memenuhi syarat $DAG \geq TAS$. Namun, besar cadangan kapasitas angkut pada setiap konfigurasi berbeda. Margin terbesar terdapat pada konfigurasi 20P dengan $v=1,5$ m/s sebesar 20,13%, sedangkan margin terkecil terdapat pada konfigurasi 8P dengan $v=1,5$ m/s sebesar 1,25%. Perbedaan tinggi batang pada Gambar 4.3 menunjukkan bahwa konfigurasi yang sama-sama memenuhi syarat DAG belum tentu memiliki cadangan kapasitas pelayanan yang sama.

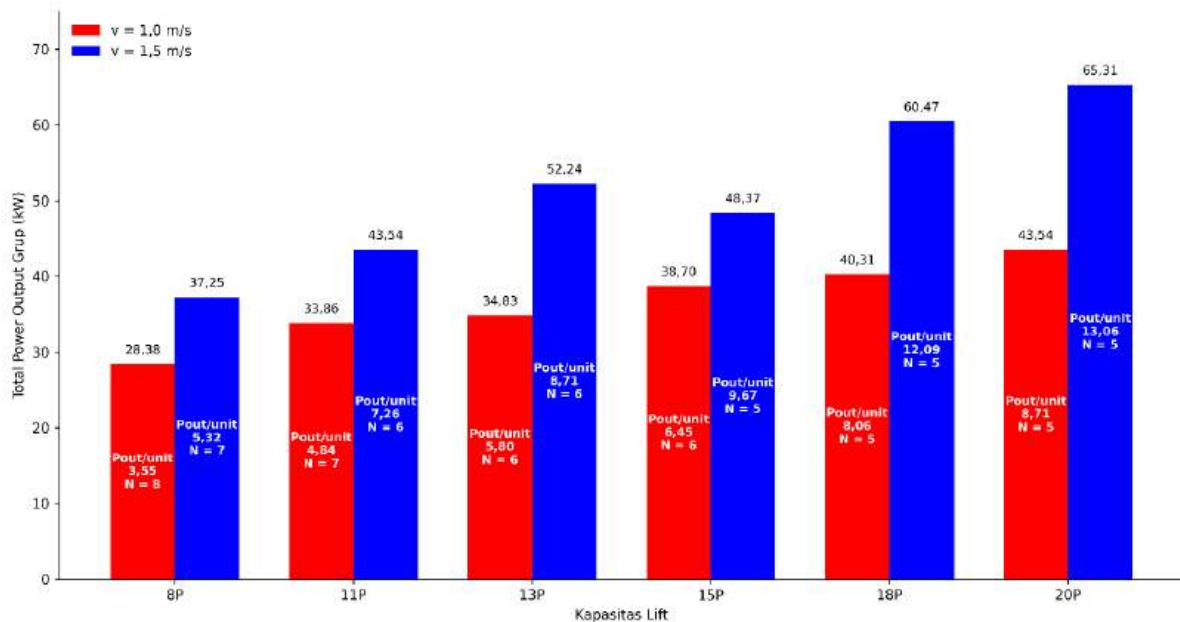
Secara teknis, Gambar 4.3 juga menunjukkan bahwa peningkatan kecepatan tidak selalu menghasilkan Margin DAG yang lebih besar. Pada kapasitas 8P, 11P, dan 15P, lift dengan $v = 1,5$ m/s lebih rendah daripada lift dengan $v = 1,0$ m/s karena peningkatan kecepatan diikuti oleh pengurangan jumlah unit lift, sehingga cadangan daya angkut menjadi lebih kecil. Sebaliknya, pada kapasitas 13P, 18P, dan 20P, lift dengan $v = 1,5$ m/s lebih tinggi karena nilai DAG meningkat tanpa penurunan jumlah unit yang merugikan kapasitas gabungan. Dengan demikian, Margin DAG perlu digunakan sebagai indikator cadangan kapasitas sistem, bukan hanya sebagai akibat langsung dari peningkatan kecepatan.

4.5.4 Analisis *Power Output* Lift

Berdasarkan data pada Tabel 4.8, perhitungan *Power Output* lift dilakukan dengan menggunakan kapasitas nominal lift dalam satuan kilogram (K) yang mengacu pada Tabel 7.2.4(a) SNI 03-6573-2001. Kapasitas nominal tersebut digunakan karena lebih merepresentasikan kelas kapasitas lift standar dibandingkan hasil perkalian langsung jumlah penumpang dengan berat rata-rata per orang. Pengaruh kapasitas lift (P) dan kecepatan lift (v) terhadap *Power Output* per unit dan Total *Power Output* Grup ditunjukkan pada Gambar 4.4.

Gambar 4.4 memperlihatkan bahwa peningkatan kapasitas lift menyebabkan *Power Output* per unit meningkat. Hal ini terjadi karena kapasitas nominal lift (K) semakin besar, sehingga kebutuhan daya keluaran untuk menggerakkan sistem lift juga meningkat. Peningkatan kecepatan dari $v=1,0$ m/s menjadi $v=1,5$ m/s juga menaikkan *Power Output* per unit pada seluruh kapasitas,

karena kecepatan dalam persamaan daya berbanding lurus terhadap kebutuhan *Power Output*.



Gambar 4. 4 Pengaruh P dan v terhadap Power Output Lift

Secara teknis, Total *Power Output Grup* tidak hanya ditentukan oleh *Power Output* per unit, tetapi juga oleh jumlah lift (N) yang digunakan. Konfigurasi dengan kapasitas kecil memiliki *Power Output* per unit lebih rendah, tetapi membutuhkan jumlah unit lebih banyak. Sebaliknya, konfigurasi dengan kapasitas besar memiliki *Power Output* per unit lebih tinggi, tetapi jumlah unit cenderung lebih sedikit. Oleh karena itu, evaluasi *Power Output* perlu dibaca sebagai kombinasi antara kapasitas nominal, kecepatan, daya per unit, dan jumlah unit lift.

Dalam konteks optimasi, Total *Power Output Grup* menjadi indikator penting karena menunjukkan konsekuensi daya dari konfigurasi lift secara keseluruhan. Dua konfigurasi dapat memiliki jumlah unit lift yang sama, tetapi menghasilkan kebutuhan daya total yang berbeda akibat perbedaan kapasitas nominal dan kecepatan lift. Dengan demikian, Total *Power Output* perlu ditempatkan sebagai parameter utama yang sejajar dengan jumlah unit lift (N), karena keduanya mewakili dua konsekuensi utama dalam pemilihan konfigurasi, yaitu jumlah peralatan yang harus disediakan dan kebutuhan daya sistem yang harus ditanggung.

4.5.5 Penetapan Konfigurasi Optimum

Penetapan konfigurasi optimum dilakukan setelah seluruh alternatif konfigurasi lift dinyatakan memenuhi syarat minimum $WTR \leq 30$ detik dan $DAG \geq TAS$. Dengan demikian, tahap ini bukan lagi untuk menentukan konfigurasi yang sekadar layak, tetapi untuk memilih konfigurasi yang paling seimbang berdasarkan jumlah unit lift, cadangan kapasitas angkut, mutu pelayanan, dan konsekuensi kebutuhan daya sistem.

Berdasarkan hasil analisis sebelumnya, konfigurasi lift tidak dapat ditentukan hanya dari satu parameter. Jumlah lift (N) menunjukkan banyaknya unit lift yang harus disediakan dalam sistem. Margin DAG menunjukkan cadangan kapasitas angkut terhadap kebutuhan arus puncak. WTR menunjukkan mutu waktu tunggu pelayanan, sedangkan *Total Power Output* menunjukkan konsekuensi kebutuhan daya dari keseluruhan konfigurasi lift. Oleh karena itu, penetapan konfigurasi optimum dilakukan dengan metode penilaian berbobot terhadap empat parameter utama, yaitu jumlah lift (N), Margin DAG, WTR, dan *Total Power Output*.

Dalam skema penilaian ini, jumlah lift (N) dan *Total Power Output* diberi bobot yang sama, masing-masing sebesar 40%. Pembobotan ini digunakan karena optimasi konfigurasi lift tidak hanya bertujuan memperoleh jumlah unit yang efisien, tetapi juga perlu mempertimbangkan konsekuensi kebutuhan daya sistem. Jumlah lift (N) mewakili aspek kebutuhan unit, sedangkan *Total Power Output* mewakili aspek kebutuhan daya dari konfigurasi yang dipilih. Dengan demikian, pemilihan konfigurasi tidak diarahkan semata-mata pada jumlah unit lift paling sedikit, tetapi pada keseimbangan antara jumlah unit dan kebutuhan daya total sistem.

Margin DAG dan WTR masing-masing diberi bobot 10%. Bobot ini diberikan karena seluruh alternatif konfigurasi telah memenuhi batas minimum $DAG \geq TAS$ dan $WTR \leq 30$ detik. Dengan demikian, Margin DAG digunakan sebagai indikator cadangan kapasitas angkut, sedangkan WTR digunakan sebagai indikator mutu waktu tunggu pelayanan. Keduanya tetap dipertimbangkan dalam penilaian, tetapi tidak menjadi parameter dominan karena fungsi utamanya pada

tahap ini adalah sebagai kontrol kinerja pelayanan. Proporsi pembobotan secara ringkas disajikan pada Tabel 4.9.

Tabel 4. 9 Parameter dan Bobot Penilaian Konfigurasi Lift

Parameter Penilaian	Arah Penilaian	Bobot
Jumlah lift (N)	Semakin kecil semakin baik	40%
Margin DAG	Semakin besar semakin baik	10%
WTR	Semakin kecil semakin baik	10%
Total Power Output	Semakin kecil semakin baik	40%
Total		100%

Sebelum dilakukan normalisasi dan pembobotan, nilai asli setiap parameter penilaian perlu direkapitulasi terlebih dahulu. Rekapitulasi ini digunakan untuk menunjukkan data dasar yang menjadi input proses penilaian konfigurasi optimum. Nilai jumlah lift (N) dan WTR diambil dari Tabel 4.5, nilai Margin DAG diambil dari Tabel 4.6, sedangkan nilai *Total Power Output* diambil dari Tabel 4.8, kemudian dirangkum dan disajikan secara lengkap pada Tabel 4.10.

Tabel 4. 10 Rekapitulasi Nilai Asli Parameter Konfigurasi Lift

Konfigurasi		N (unit)	Margin DAG (%)	WTR (detik)	Total Pout (kW)
P	v				
8	1,0 m/s	8	7,61	7,83	28,38
	1,5 m/s	7	1,25	8,32	37,25
11	1,0 m/s	7	15,35	10,04	33,86
	1,5 m/s	6	5,18	11,01	43,54
13	1,0 m/s	6	9,77	12,47	34,83
	1,5 m/s	6	16,19	11,78	52,24
15	1,0 m/s	6	19,82	13,18	38,70
	1,5 m/s	5	5,30	14,99	48,37
18	1,0 m/s	5	8,10	17,53	40,31
	1,5 m/s	5	13,30	16,72	60,47
20	1,0 m/s	5	14,86	18,33	43,54
	1,5 m/s	5	20,13	17,52	65,31

Keterangan: Data pada tabel ini merupakan rekapitulasi nilai asli dari Tabel 4.5, Tabel 4.6, dan Tabel 4.8.

Normalisasi terhadap data pada Tabel 4.10 dilakukan untuk mengubah seluruh parameter ke dalam skala 0–100, sehingga parameter dengan satuan dan arah penilaian yang berbeda dapat dibandingkan secara setara. Margin DAG dinilai dengan arah optimasi naik, karena nilai yang lebih besar menunjukkan cadangan kapasitas angkut yang lebih tinggi. Sedangkan jumlah lift (N), WTR, dan Total *Power Output* dinilai dengan arah optimasi turun, karena nilai yang lebih kecil menunjukkan kebutuhan unit, waktu tunggu, dan kebutuhan daya sistem yang lebih rendah. Hasil normalisasi kemudian dikalikan dengan bobot pada Tabel 4.9 untuk memperoleh skor berbobot, yang selanjutnya digunakan sebagai dasar penentuan peringkat konfigurasi lift.

Skor normalisasi jumlah lift (N) dihitung dengan rumus:

$$S_N = \frac{X_{max} - X_i}{X_{max} - X_{min}} \times 100$$

Sebagai contoh, pada konfigurasi 8P dengan $v = 1,0$ m/s, dari Tabel 4.10 diketahui:

$$X_i = 8$$

$$X_{min} = 5$$

$$X_{max} = 8$$

sehingga:

$$S_N = \frac{8 - 8}{8 - 5} \times 100 = 0,00$$

Karena bobot N adalah 50%, maka skor berbobotnya adalah:

$$\text{Skor N} = 0,00 \times 0,50 = 0,00$$

Skor normalisasi Margin DAG dihitung dengan rumus:

$$S_{margin} = \frac{X_i - X_{min}}{X_{max} - X_{min}} \times 100$$

Sebagai contoh, pada konfigurasi 8P dengan $v=1,0$ m/s, dari Tabel 4.10 diketahui;

$$X_i = 7,61$$

$$X_{min} = 1,25$$

$$X_{max} = 20,13$$

sehingga:

$$S_{margin} = \frac{7,61 - 1,25}{20,13 - 1,25} \times 100 = 33,69$$

Karena bobot Margin DAG adalah 10%, maka skor berbobotnya adalah:

$$\text{Skor Margin DAG} = 33,69 \times 0,10 = 3,37$$

Skor normalisasi WTR dihitung dengan rumus:

$$S_{WTR} = \frac{X_{max} - X_i}{X_{max} - X_{min}} \times 100$$

Sebagai contoh, pada konfigurasi 8P dengan $v = 1,0$ m/s, dari Tabel 4.10 diketahui:

$$X_i = 7,83$$

$$X_{min} = 7,83$$

$$X_{max} = 18,33$$

sehingga:

$$S_{WTR} = \frac{18,33 - 7,83}{18,33 - 7,83} \times 100 = 100,00$$

Karena bobot WTR adalah 10%, maka skor berbobotnya adalah:

$$\text{Skor WTR} = 100,00 \times 0,10 = 10,00$$

Skor normalisasi Total *Power Output* Grup dihitung dengan rumus:

$$S_{TPout} = \frac{X_{max} - X_i}{X_{max} - X_{min}} \times 100$$

Sebagai contoh, pada konfigurasi 8P dengan $v = 1,0$ m/s, dari Tabel 4.10 diketahui:

$$X_i = 28,38$$

$$X_{min} = 28,38$$

$$X_{max} = 65,31$$

sehingga:

$$S_{TPout} = \frac{65,31 - 28,38}{65,31 - 28,38} \times 100 = 100,00$$

Karena bobot Total *Power Output* Grup adalah 40%, maka skor berbobotnya adalah:

$$\text{Skor Total Power Output Grup} = 100,00 \times 0,40 = 40,00$$

maka:

Skor Total = Skor N + Skor Margin DAG + Skor WTR + Skor Total Power Output

Untuk konfigurasi 8P dengan $v = 1,0$ m/s:

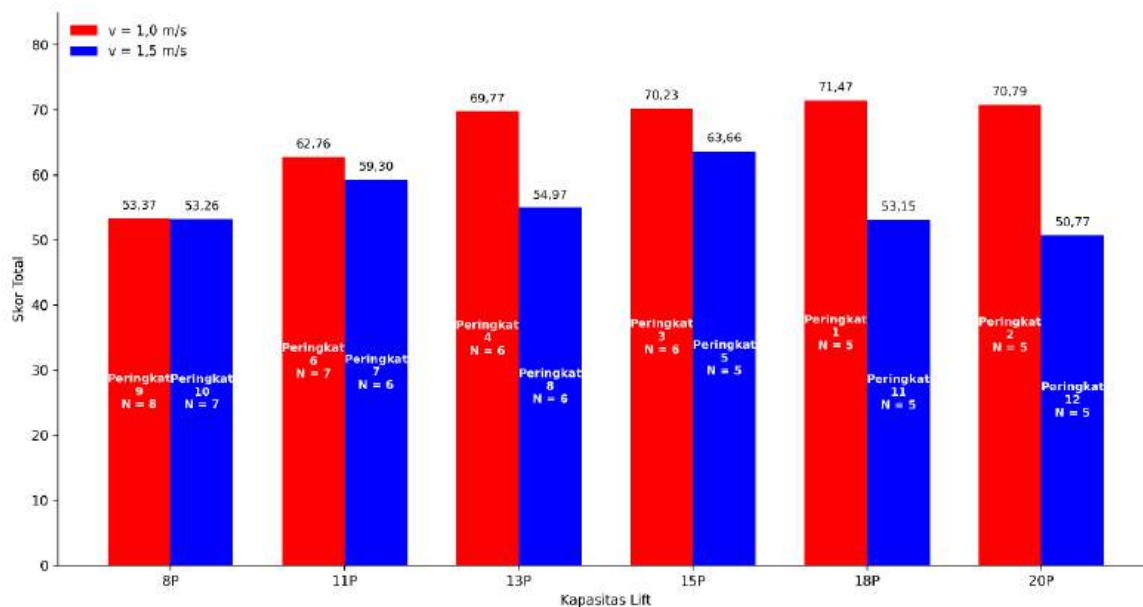
$$\text{Skor Total} = 0,00 + 3,37 + 10,00 + 40,00 = 53,37$$

Dengan menggunakan metode yang sama, perhitungan normalisasi, skor berbobot, dan peringkat dilakukan pada seluruh alternatif konfigurasi lift. Rekapitulasi hasil penilaian konfigurasi tersebut disajikan pada Tabel 4.11

Tabel 4. 11 Rekapitulasi Skor Penilaian Konfigurasi Lift

Konfigurasi		Skor Normalisasi				N (40%)	M-DAG (10%)	WTR (10%)	Tpow (40%)	Skor Total	Peringkat
P	v	N	M-DAG	WTR	Total Pout						
8	1,0 m/s	0,00	33,69	100,00	100,00	0,00	3,37	10,00	40,00	53,37	9
	1,5 m/s	33,33	0,00	95,32	75,98	13,33	0,00	9,53	30,39	53,26	10
11	1,0 m/s	33,33	74,68	78,94	85,15	13,33	7,47	7,89	34,06	62,76	6
	1,5 m/s	66,67	20,82	69,70	58,95	26,67	2,08	6,97	23,58	59,30	7
13	1,0 m/s	66,67	45,13	55,82	82,53	26,67	4,51	5,58	33,01	69,77	4
	1,5 m/s	66,67	79,13	62,38	35,37	26,67	7,91	6,24	14,15	54,97	8
15	1,0 m/s	66,67	98,36	49,05	72,05	26,67	9,84	4,90	28,82	70,23	3
	1,5 m/s	100,00	21,45	31,75	45,85	40,00	2,15	3,18	18,34	63,66	5
18	1,0 m/s	100,00	36,28	7,63	67,69	40,00	3,63	0,76	27,07	71,47	1
	1,5 m/s	100,00	63,82	15,29	13,10	40,00	6,38	1,53	5,24	53,15	11
20	1,0 m/s	100,00	72,09	0,00	58,95	40,00	7,21	0,00	23,58	70,79	2
	1,5 m/s	100,00	100,00	7,67	0,00	40,00	10,00	0,77	0,00	50,77	12

Berdasarkan Tabel 4.11 dan Gambar 4.5, konfigurasi dengan skor total tertinggi adalah konfigurasi 18P dengan kecepatan $v=1,0$ m/s, yaitu sebesar 71,47 dan menempati peringkat pertama. Konfigurasi ini membutuhkan 5 unit lift, memiliki Margin DAG sebesar 8,10%, WTR sebesar 17,53 detik, dan Total *Power Output* sebesar 40,31 kW. Nilai tersebut menunjukkan bahwa konfigurasi ini mampu memenuhi kebutuhan daya angkut sistem dengan jumlah unit minimum, waktu tunggu yang masih berada di bawah batas 30 detik, serta kebutuhan daya total yang relatif lebih rendah dibandingkan konfigurasi lain dengan jumlah unit yang sama.



Gambar 4. 5 Skor Total dan Ranging Konfigurasi Lift

Gambar 4.5 juga menunjukkan bahwa konfigurasi 20P dengan $v=1,0$ m/s menempati peringkat kedua dengan skor total 70,79. Konfigurasi ini memiliki Margin DAG lebih besar, yaitu 14,86%, tetapi Total *Power Output* juga lebih tinggi, yaitu 43,54 kW, dengan WTR sebesar 18,33 detik. Dengan jumlah unit yang sama, yaitu 5 unit, peningkatan kapasitas dari 18P menjadi 20P memberikan cadangan daya angkut yang lebih besar, tetapi juga meningkatkan kebutuhan daya total sistem. Oleh karena itu, berdasarkan skema pembobotan yang menempatkan jumlah unit lift dan Total *Power Output* sebagai parameter utama, konfigurasi 18P dengan $v=1,0$ m/s memperoleh skor yang lebih tinggi.

Dengan demikian, konfigurasi optimum hasil penilaian berbobot adalah 5 unit lift kapasitas 18P dengan kecepatan $v=1,0$ m/s. Konfigurasi ini dipilih karena memperoleh skor total tertinggi, yaitu 71,47, berdasarkan penilaian terhadap jumlah lift (N), Margin DAG, WTR, dan Total *Power Output*. Hasil ini selanjutnya digunakan sebagai dasar dalam pemeriksaan kesesuaian terhadap standar kapasitas dan spesifikasi produk pabrikan.

4.6 Rekomendasi Spesifikasi Teknis dan Tipe Pabrikan

Berdasarkan Tabel 4.11 dan Gambar 4.5, konfigurasi optimum terpilih adalah konfigurasi 18P dengan kecepatan $v=1,0$ m/s. Secara ringkas dan lengkap,

rekapitulasi hasil optimasi kebutuhan lift penumpang gedung SMA LTI IGM Palembang dirangkum pada tabel 4.12.

Tabel 4. 12 Rekapitulasi Hasil Optimasi Kebutuhan Lift Penumpang Gedung SMA LTI IGM Palembang

Kelompok Parameter	Parameter/ Spesifikasi	Hasil Perancangan Optimum
Spesifikasi Teknis Lift	Fungsi Lift	Lift Penumpang
	Tipe Lift	MRL (<i>Machine-Room-Less</i>)
	Penumpang	18 orang
	Kapasitas	1250 kg
	Kecepatan	1,0 m/s
	Sistem Penggerak	<i>Gearless Traction Machine</i>
	Motor	<i>Variable Frequency</i>
	Tipe Sepatu Luncur	<i>Roller Guide / roller shoe</i>
	Sistem Pentalian	2 : 1 <i>Underslung Roping System</i>
	Tipe Pintu Lift	2 Panel Buka Tengah (<i>Center Opening</i>)
	Lebar Pintu Lift	1100 mm
	<i>Power Output</i> per Unit	8,06 kW
Bangunan	Tinggi Lintasan (TL)	16 meter
	Jarak Antar Lantai (JAL)	4 meter
	Jumlah Lantai (JL)	5 lantai termasuk lantai lobi
	Jumlah Lantai Dilayani (JLD)	4 lantai
Kinerja Konfigurasi	Jumlah Unit	5 unit
	Nilai WTR	17,53 detik < AWT 30 detik
	Nilai DAS	49,29 orang/5 menit
	Nilai DAG	246,46 orang/5 menit > TAS 228 orang/5 menit
	Margin DAG	8,10%
	Total Power Output Grup	40,31 kW

Catatan:

Nilai *Power Output* per unit dan *Total Power Output* Grup merupakan hasil perhitungan berdasarkan SNI 03-6573-2001. Nilai tersebut digunakan sebagai parameter penilaian konfigurasi, bukan sebagai syarat kesamaan terhadap daya motor nominal pada katalog pabrikan.

Selanjutnya, dengan memperhatikan kelompok Kebutuhan Teknis Lift pada Tabel 4.12, dilakukan telaah kesesuaian terhadap ketersediaan spesifikasi pabrikan. Dalam tahap ini, kapasitas nominal 1250 kg pada hasil optimasi digunakan sebagai acuan kapasitas berdasarkan Tabel 7.2.4(a) SNI 03-6573-2001. Namun, angka tersebut tidak diperlakukan sebagai syarat yang harus sama persis dengan katalog pabrikan, karena setiap pabrikan dapat menggunakan kelas kapasitas nominal yang berbeda dalam menyatakan jumlah penumpang dan beban angkut lift. Oleh karena itu, parameter utama yang digunakan dalam pencocokan pabrikan adalah kapasitas penumpang 18P, dengan ketentuan bahwa kapasitas nominal beban (K) pada produk

pabrikan tidak lebih kecil dari kebutuhan beban penumpang $18 \times 68 = 1224$ kg. Sehingga produk pabrikan dengan kapasitas 18P dan nilai $K \geq 1224$ kg tetap dapat diterima sebagai padanan kapasitas pabrikan.

Selain kapasitas, nilai *Power Output* pada Tabel 4.12 juga perlu dipahami sebagai hasil perhitungan berdasarkan SNI 03-6573-2001, bukan sebagai syarat kesamaan terhadap daya motor nominal pada katalog pabrikan. Nilai *Power Output* digunakan sebagai parameter penilaian konfigurasi dalam penelitian ini, sedangkan daya motor aktual pada produk pabrikan dapat berbeda karena dipengaruhi oleh desain mesin, berat kereta, sistem pengimbang, efisiensi komponen, dan konfigurasi teknis masing-masing pabrikan. Dengan demikian, pencocokan pabrikan tidak didasarkan pada kesamaan nilai *Power Output*, tetapi difokuskan pada kapasitas penumpang, kapasitas nominal beban, kecepatan, tipe lift MRL, sistem penggerak, tipe pintu, lebar pintu dan ketersediaan konfigurasi produk.

Berbeda dengan spesifikasi pencocokan standar pabrikan pada penelitian Mafra et al (2024) terdahulu yang hanya berpatokan kepada ketersediaan kabin lift tanpa membatasi tipe MR atau MRL, kapasitas kg lift, tipe bukaan pintu lift, dan kecepatan lift, sehingga menghasilkan setidaknya 6 pabrikan yaitu; 1) Fuji, 2) Hyundai, 3) Mitshubishi, 4) Sigma, 5) Toshiba dan 6) Thyssenkrupp.

Pencocokan standar pabrikan pada penelitian ini dilakukan dengan spesifikasi khusus yaitu: 1) Lift MRL, 2) Kapasits 18P dan minimal 1224 kg, 3) Kecepatan 0,1 m/s, 4) Tipe bukaan pintu 2 panel buka tengah (*center opening*), 5) lebar pintu lift 1100mm, serta 6) menggunakan katalog lift MRL yang tersedia dalam versi SNI atau versi Indonesia. Terutama pada tipe bukaan pintu dan lebar pintu harus sama dengan spesifikasi perhitungan, karena dua hal tersebut merupakan variabel yang mempengaruhi perhitungan TLNT.

Hal ini dilakukan agar spesifikasi yang digunakan dalam rekomendasi tetap berada dalam lingkup produk yang relevan dengan standar dan pasar Indonesia. Oleh karena itu, katalog atau tipe lift yang tidak secara khusus menunjukkan kesesuaian terhadap versi SNI atau versi Indonesia tidak digunakan sebagai dasar rekomendasi tipe pabrikan. Hasil pencocokan spesifikasi pabrikan disajikan pada Tabel 4.13.

Tabel 4. 13 Rekomendasi Produk Pabrikan Lift MRL yang Relevan terhadap Hasil Optimasi Kebutuhan Lift

Parameter/ Spesifikasi	Hasil Optimasi / Acuan Pencocokan	Produk Pabrikan yang Relevan		
		Toshiba ELCOSMO-III	Hyundai NEW YZER	Hyundai LUXEN
Fungsi Lift	Lift Penumpang	✓	✓	✓
Tipe Lift	MRL (<i>Machine-Room-Less</i>)	✓	✓	✓
Kapasitas Penumpang	18 orang	✓	✓	✓
Kapasitas Nominal*	1250 kg atau setara $P \times 68$ kg	1224 kg	1350 kg	1350 kg
Kecepatan	1,0 m/s	✓	✓	✓
Sistem Penggerak	<i>Gearless Traction Machine</i>	✓	✓	✓
Tipe Sepatu Luncur	<i>Roller Guide / roller shoe</i>	✓	✓	✓
Sistem Pentalian	<i>2 : 1 Underslung Roping System</i>	✓	✓	✓
Tipe Pintu Lift	2 Panel Buka Tengah (<i>Center Opening</i>)	✓	✓	✓
Lebar Pintu Lift	1100 mm	✓	✓	✓

✓ = sesuai dengan parameter hasil optimasi atau tersedia sebagai spesifikasi pabrikan yang relevan.

* Pada parameter kapasitas, kesesuaian tidak dimaknai sebagai kesamaan angka kilogram secara mutlak, tetapi sebagai kesesuaian kapasitas penumpang 18P dengan kapasitas nominal beban yang setara atau tidak lebih kecil dari kebutuhan $18 \times 68 = 1224$ kg.

Berdasarkan Tabel 4.13, produk Toshiba ELCOSMO-III, Hyundai NEW YZER, dan Hyundai LUXEN menunjukkan kesesuaian terhadap parameter utama hasil optimasi kebutuhan lift. Ketiga produk tersebut merupakan lift penumpang tipe MRL (*Machine-Room-Less*), tersedia pada kapasitas penumpang 18 orang atau kapasitas nominal yang setara, memiliki kecepatan 1,0 m/s, menggunakan sistem penggerak gearless traction machine, sistem pentalian 2 : 1, serta menyediakan tipe pintu 2 panel buka tengah atau center opening dengan lebar pintu 1100 mm.

Pada parameter kapasitas, kesesuaian tidak dimaknai sebagai kesamaan angka kilogram secara mutlak. Hal ini karena setiap pabrikan dapat menggunakan kelas kapasitas nominal yang berbeda dalam menyatakan hubungan antara jumlah penumpang dan beban angkut lift. Oleh karena itu, produk pabrikan dinilai relevan apabila menyediakan kapasitas penumpang 18 orang dengan kapasitas nominal beban yang setara atau tidak lebih kecil dari kebutuhan $18P \times 68$ kg = 1224 kg. Dengan dasar tersebut, Toshiba ELCOSMO-III dengan kapasitas 1224 kg, serta Hyundai NEW YZER dan Hyundai LUXEN dengan kapasitas 1350 kg, masih dapat dipertimbangkan sebagai produk pabrikan yang relevan terhadap konfigurasi optimum. Dengan demikian, ketiga produk pabrikan tersebut dapat digunakan sebagai alternatif rekomendasi yang sesuai dengan hasil optimasi kebutuhan lift, yaitu 5 unit lift penumpang tipe MRL berkapasitas 18P dengan kecepatan 1,0 m/s.

4.7 Perhitungan Mekanis Awal Konfigurasi Unit Lift Terpilih

Perhitungan mekanis awal dilakukan terhadap satu unit lift dari konfigurasi lift terpilih hasil optimasi kebutuhan lift, yaitu lift penumpang tipe MRL berkapasitas **18P** dengan kecepatan $v=1,0$ m/s. Perhitungan ini bertujuan untuk mengetahui konsekuensi mekanis dasar pada satu unit lift, yaitu:

1. Penentuan Beban Maksimal (Q):

dimana Beban Maksimal (Q) = Kapasitas Lift (K)

sehingga $Q = K = 1250$ kg (Tabel 2.11)

2. Penentuan Berat Kereta (P):

menurut SNI 03-6573-2001 butir 7.6.4 (a) untuk perencanaan dasar diasumsikan $2 \times K$, sehingga;

$$P = 2 \times 1250\text{kg} = 2500 \text{ kg}$$

3. Penentuan Berat Bobot Imbang (CW):

menurut SNI 05-7052-2004 butir 4.5.16 (2):

$$\text{Bobot Imbang} = P + 0,5 Q = 3125 \text{ kg}$$

4. Pemilihan awal rel Pemandu Kabin Lift:

Karena $P + Q = 3750\text{kg}$, menurut tabel 5 SNI 05-6040-1999 masuk ke rentang 3300-4000, sehingga;

Ukuran rel yang dianjurkan 18 kg/m dengan $A = 23,0 \text{ cm}^2$, Maksimal jarak *bracket* (lk) = 3,80 – 3,00 meter, dengan λ maksimal = 145

5. Perhitungan jari-jari Girasi rel (r) Pemandu Kabin Lift:

Dihitung dengan rumus dari SNI 03-6573-2001 butir 7.6.4:

$$\lambda = L/r$$

Dimana :

λ = Koefisien Kelangsingan

L = Jarak Rentang *Bracket* (m)

r = Jari-jari Girasi Profil Rel (m)

Diketahui :

$\lambda = 100$ (batas kelangsingan yang dianjurkan SNI 03-6573-2001 untuk rel baja karbon profil T)

$L = 2$ meter (karena Jarak Antar Lantai 4 meter, bracket dipasang dengan jarak $\frac{1}{2}$ JAL, sebagai antisipasi jika struktur ruang luncur menggunakan sistem balok pembagi, bukan dinding geser)

Maka :

$$r = L / \lambda$$

$$r = 2 / 100 = 0,02 \text{ m}$$

$$r = 20 \text{ mm}$$

6. Perhitungan momen Inersia rel terkecil (I_x):

Dihitung dengan rumus dari SNI 03-6573-2001 butir 7.6.4:

$$r = \sqrt{\frac{I_x}{A}}$$

Dimana:

r = Jari-jari Girasi Profil Rel (m) = 0,02 m

I_x = Momen Inersia Rel Terkecil (m⁴)

A = Luas Penampang Rel (m²) = 23 cm² = 0,0023 m² (hasil pemilihan rel pada poin 4)

Maka :

$$I_x = r^2 \times A$$

$$I_x = (0,02)^2 \times 0,0023 = 0,0004 \times 0,0023$$

$$I_x = 9,2 \times 10^{-7} \text{ m}^4 \text{ atau } 92 \text{ cm}^4$$

Jadi dengan jarak *bracket* rencana 2 m, luas penampang rel 23 cm², dan koefisien kelangsingan 100, rel pemandu kabin membutuhkan momen inersia terkecil sekitar 92 cm⁴.

7. Perhitungan Jumlah Utas Tali (n)

Dihitung dengan rumus dari SNI 05-6040-1999 butir 4.6.5:

$$n = \frac{f (P + Q)}{Bp \times i}$$

Dimana:

n = Jumlah Utas Tali

P = berat kereta, rangka dan semua peralatan yang didukung (kg)

Q = Beban Maksimal (kg)

f = faktor keamanan

B_p = Batas Beban Patah Tali Baja/ *breaking load* (kg)

i = faktor pentalian (*roping factor*), 1 untuk pentalian 1:1 , dan 2 untuk pentalian 2:1

Diketahui:

$P = 2500 \text{ kg}$

$Q = 1250 \text{ kg}$

$f = 10$ (sesuai SNI 05-6040-1999 butir 4.6.6.)

Rencana Diameter nominal Tali Baja = 8,00 mm (SNI 05-7052-2004 butir 4.7.2.)

$B_p = 2500$ (Tabel 8.4.3 SNI 03-6573-2001, karena diameter nominal tali baja diambil 8,00 mm)

$i = 2$ (karena pentalian 2:1)

substitusi:

$$n = \frac{10 (2500kg + 1250kg)}{2500kg \times 2}$$

$$N = 37500 / 5000 = 7,5$$

Maka (n) = 8 utas tali baja diameter 8,00 mm pada pentalian 2:1, dengan faktor keamanan (f) = 10

Batas Beban Patah (B_p) = 2500 kgF

8. Hitung faktor Keamanan Tali Baja (FK) pada pentalian 2:1 menurut SNI 03-6573-2001 butir 8.4.3.6 dihitung dengan rumus :

$$FK = \frac{2 (n \times B_p)}{(P+Q)}$$

Dimana:

FK = Faktor Keamanan Tali Baja

n = Jumlah Utas Tali

P = berat kereta, rangka dan semua peralatan yang didukung (kg)

Q = Beban Maksimal (kg)

Bp = Batas Beban Patah Tali Baja/ *breaking load* (kg)

Diketahui:

Rencana Diameter nominal Tali Baja = 8,00 mm (SNI 05-7052-2004 butir 4.7.2.), maka;

Bp = 2500 kgF (dari tabel 8.4.3 SNI 03-6573-2001)

v = 1 m/s, maka;

FK Tali Lift Penumpang = 8,80 (Tabel 8.4.1 SNI 03-6573-2001)

n = 8 utas

P = 2500 kg

Q = 1250 kg

substitusi:

$$FK = \frac{2 \times 8 \times 2500kg}{(2500kg + 1250kg)}$$

$$FK = 40000 / 3750 = 10,67$$

Maka; FK hitung > FK Tabel

10,67 > 8,80 memenuhi

9. Perhitungan *Traction Rasio* (TR)

Menurut SNI 03-6573-2001 butir 7.8.5, dihitung dengan rumus:

$$TR = \frac{T_1}{T_2} = e^{f.k.\alpha}$$

Dimana:

TR = Rasio Traksi Aktual

T₁ = Gaya pada Tali Tegang

T₂ = Gaya pada Tali Kendor

e = angka logaritma (2,718)

f = Koefisien gesekan

α = Sudut Kusur Kontak tali memeluk roda puli, yaitu :

k = Koefisien Bentuk Alur (*groove*)

Diketahui:

P = 2500 kg

$$Q = 1250 \text{ kg}$$

$$\text{Bobot Imbang} = P + 0,5 Q = 3125 \text{ kg}$$

$$e = \text{angka logaritma (2,718)}$$

$$f = 0,10 \text{ (roda dari besi tuang molebdenum, tali dari baja dan tanpa minyak / kering),}$$

$$\alpha = 180^\circ \text{ (3,14 radian) jika tidak dipakai defletor sheave}$$

$$k = \pm 1,2 \text{ (diambil tipe U-undercut } 90^\circ)$$

sistem pentalian 2:1 (*Underslung Roping System*)

$$\text{Syarat TR} \leq e^{f.k.\alpha} \text{ agar antara tali dan roda tidak slip.}$$

Hitung Traksi Maksimum :

$$\begin{aligned} \text{TR Maks} &= e^{f.k.\alpha} \\ &= 2,718^{(0,10 \times 1,2 \times 3,14)} \\ &= 2,718^{0,3768} \approx 1,458 \end{aligned}$$

Sesuai ketentuan TR ijin adalah 90% dari TR maksimal:

$$\text{TR ijin} = 0,90 \times 1,458 = 1,312$$

a. Tentukan Gaya Tali Saat Kabin Penuh :

T_1 (Gaya pada Tali Tegang) sisi kabin:

$$T_1 = P + Q = 2500 \text{ kg} + 1250 \text{ kg} = 3750 \text{ kg, karena pentalian 2:1, maka}$$

$$T_1 = 3750 \text{ kg} / 2 = 1875 \text{ kg}$$

T_2 (Gaya pada Tali Kendor) sisi bobot imbang:

$$T_2 = 3125 \text{ kg} / 2 = 1562,5 \text{ kg (karena pentalian 2:1)}$$

$$\text{TR Aktual Kabin Penuh} = 1875 \text{ kg} / 1562,5 \text{ kg} = 1,20$$

$$\text{Syarat TR Aktual Kabin Penuh} \leq \text{TR ijin} = 1,20 \leq 1,32 \text{ (memenuhi)}$$

b. Tentukan Gaya Tali Saat Kabin Kosong :

T_1 (Gaya pada Tali Tegang) sisi bobot imbang

$$T_1 = 3150 \text{ kg} / 2 = 1562,5 \text{ kg}$$

T_2 (Gaya pada Tali Kendor) sisi kabin kosong:

$$T_2 = 2500 \text{ kg} / 2 = 1250 \text{ kg (karena pentalian 2:1)}$$

$$\text{TR Aktual Kabin Kosong} = 1562,5 \text{ kg} / 1250 \text{ kg} = 1,25$$

$$\text{Syarat TR Aktual Kabin Kosong} \leq \text{TR ijin} = 1,25 \leq 1,32 \text{ (memenuhi)}$$

Pemeriksaan Rasio Traksi dilakukan dengan asumsi tali baja kering ($f = 0,12$), alur sheave tipe *U-Undercut 90°* ($k=1,2$), sudut kontak pada *traction sheave* sebesar 180° , tanpa *deflector sheave* pada mesin, serta diameter *sheave* minimum $40d = 320$ mm. Adapun penggunaan *Underslung Roping System* (pentalian gendong), biasanya terdapat dua roda puli yang ditempatkan di bawah kabin lift, sehingga tidak mengubah sudut kontak pada *traction sheave* mesin.

Hasil perhitungan mekanika awal untuk unit lift terpilih, selanjutnya dirangkum dalam Tabel 4.14.

Tabel 4. 14 Rekapitulasi Hasil Perhitungan Mekanika Awal Unit Lift Terpilih

No	Parameter	Simbol	Spesifikasi / Keterangan
1	Kecepatan Lift	v	1,0 m/s
2	Kapasitas Penumpang Lift	P	18 orang
3	Kapasitas Nominal Lift	Q	1250 kg
4	Berat Kereta + Rangka dan Peralatan yg didukung	P	2500 kg
5	Bobot Imbang		3125 kg
6	Berat Kereta + Beban Maksimal	P+Q	3750 kg
7	Berat Rel Pemandu Kabin		18 kg/m
8	Luas Penampang Rel Pemandu Kabin	A	23 cm ²
9	Jarak Maksimal <i>Bracket</i> Rel Pemandu Kabin	lk	2,00 m
10	Batas Kelangsingan Rel Pemandu Kabin	λ	100
11	Jari-jari Girasi Rel Pemandu Kabin	r	20 mm
12	Momen Inersia Terkecil	I_x	92 cm ⁴
13	Diameter nominal Tali Baja Rencana	d	8,00 mm
14	Batas Beban Patah Tali Baja	Bp	2500 kgF
15	Jumlah Utas Tali Baja	n	8 utas
16	Faktor Keamanan Tali Baja Hasil Perhitungan	FK	10,67
17	Faktor Keamanan Tali Baja minimum	FK	8,8
18	Status Pemeriksaan Tali Baja		FK hitung > FK min (Memenuhi)
19	Sitem Pentalian 2 : 1		<i>Underslung Roping System</i>
20	Roda / Puli/ <i>Sheave</i>		Besi Tuang Molebdenum
21	Diameter minimum Puli / <i>Sheave</i>	d	320 mm
22	Tipe Bentuk Alur (<i>groove</i>)		<i>U-undercut 90°</i>
23	Traksi Rasio ijin	TR ijin	1,32
24	Traksi Rasio aktual Kabin Penuh	TR aktual	1,20
25	Traksi Rasio aktual Kabin Kosong	TR aktual	1,25
26	Status Pemeriksaan Rasio Traksi		TR aktual < TR ijin (Memenuhi)

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis penelitian, dapat disimpulkan bahwa:

1. Gedung SMA LTI IGM memiliki Pengguna Bangunan (PB) sebanyak 1136 orang, dengan nilai kebutuhan arus puncak sebesar 20% PB, diperoleh TAS sebanyak 228 orang/ 5 menit dengan AWT 30 detik. Berdasarkan hasil perhitungan, kebutuhan optimum untuk melayani kondisi *peak time* dibutuhkan 5 unit lift MRL berkapasitas 18P dengan kecepatan 1,0 m/s, menghasilkan kinerja DAG sebesar 246,46 orang/5 menit, margin DAG sebesar 8,10%, WTR selama 17,53 detik, serta waktu TLNT 87,65 detik, dengan konsekuensi Total *Power Output* grup 40,31 kW.
2. Konfigurasi optimum hasil perhitungan sesuai SNI adalah 5 unit lift MRL 18P dengan kecepatan 1,0 m/s, kapasitas nominal 1250 kg, penggerak *Gearless Traction Machine*, dan *Power Output* per unit 8,06 kW. Lift menggunakan pintu tipe 2 panel buka tengah dengan lebar 1100 mm, memiliki berat kereta 2500 kg, bobot imbang 3125 kg, serta dilengkapi sepatu luncur tipe *roller guide* yang bekerja pada rel pemandu kabin dengan berat rel 18 kg/m dan luas penampang 23 cm². Berdasarkan pemeriksaan awal kelangsingan rel, diperoleh jari-jari girasi 20 mm dan momen inersia minimum $I_x = 92 \text{ cm}^4$. Sistem pentalian yang digunakan adalah 2:1 *Underslung Roping System* dengan 8 utas tali baja diameter nominal 8,0 mm. Nilai batas beban patah tali baja 2500 kgF menghasilkan Faktor Keamanan aktual 10,67, serta Rasio Traksi aktual 1,20 – 1,25, lebih kecil dari TR ijin = 1,32. Konfigurasi ini dirancang beroperasi pada tinggi lintasan TL = 16 m, jarak antar lantai JAL = 4 m, dan jumlah lantai dilayani JLD = 4 lantai.
3. Berdasarkan pencocokan terhadap hasil optimasi kebutuhan lift, produk Hyundai NEW YZER, Hyundai LUXEN, dan Toshiba ELCOSMO-III tipe MRL kapasitas 18P dengan kecepatan 1,0 m/s direkomendasikan sebagai

alternatif produk pabrikan yang relevan terhadap konfigurasi optimum hasil penelitian.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian, beberapa saran yang dapat diberikan adalah sebagai berikut:

1. Hasil optimasi kebutuhan lift yang diperoleh dalam penelitian ini dapat dikembangkan pada tahap perencanaan teknis lanjutan dengan menggunakan data produk pabrikan yang lebih rinci, terutama terkait dimensi *car*, *hoistway*, *pit*, *overhead*, sistem pentalian, sistem kendali grup, dan kebutuhan daya listrik aktual.
2. Penelitian lanjutan dapat menambahkan aspek biaya investasi, konsumsi energi, biaya pemeliharaan, dan umur layanan lift, sehingga pemilihan konfigurasi optimum dapat dikaji tidak hanya dari aspek kinerja pelayanan, tetapi juga dari aspek ekonomi dan keberlanjutan operasional.
3. Standar lift harus dibaca secara komprehensif referensial antar SNI atau regulasi lain yang relevan. Karena itu, penelitian lift membutuhkan pembacaan lintas-standar yang hati-hati, bukan sekadar mengambil rumus lalu menghitung. Penelitian ini menunjukkan perlunya kehati-hatian, sinkronisasi standar, verifikasi vendor, dan kejelasan simbol agar perhitungan lift dapat diterapkan secara lebih tepat.
4. Perlu dilakukan kajian lebih mendalam terhadap algoritma perhitungan lift menurut SNI 03-6573-2001 agar standar tersebut tidak hanya menjadi acuan normatif, tetapi juga dapat digunakan sebagai pedoman teknis yang lebih operasional dalam perancangan lift bangunan.

DAFTAR PUSTAKA

1. Adelia, E., & Johan, J. 2018. Optimasi Perencanaan Kebutuhan Lift Penumpang Menggunakan Traffic Vision System Pada Bangunan Perkantoran di Jakarta. *Jurnal Muara Sains, Teknologi, Kedokteran, dan Ilmu Kesehatan*, 2(2), 534-541. doi:<https://doi.org/10.24912/jmstkik.v2i2.2774>
2. Al-Kodmany, K. 2015. Tall Building and elevators: A Review of Recent Technological Advances. *Building* 5(3), 1070-1104. doi:<https://doi.org/10.3390/buildings5031070>
3. Barney, G. & Al-Sharif, L. 2016. *Elevator Traffic Handbook: Theory and Practice* (2nd ed.). Routledge
4. CIBSE. 2000. *Guide D : Transportation Systems in Buildings*. The Chartered Institution of Building Services Engineers (CIBSE) London
5. Hui, S. C. 2010. *Lift and Escalators : Basic Principles and Design*. Hongkong: Department of Mechanical Engineering The University of Hong Kong.
6. https://www.hyundaelevator.co.kr/upload/product-catalog/2402_Passenger%20Elevator_LUXEN%20n%20NEW%20YZER%281%29.pdf
7. Mafra, R., & Zulfikri. 2023. Komparasi Dimensi Hoistway Passenger Elevator. *Jurnal Deseminasi Teknologi*, 11(1), 91-100. doi:<https://doi.org/10.52333/destek.v11i2.170>
8. Mafra, R., Zulfikri, & Riduan. 2024. Komparasi Dimensi Kereta Lif Menurut Standar Regulasi dan Standar Pabrik. *Jurnal Deseminasi Teknologi*, 12(2), 95-103. Dipetik 11 23, 2025, dari <https://ejournal.univ-tridinanti.ac.id/index.php/Desiminasi/article/view/707>
9. Nafari, R. D., Pradita, R., Wari, W. N., Rodiyani, M., & Budhi, W. S. 2025. Analisis Kebutuhan Lift Gedung Merah Yayasan Mabadi'ul Ihsan berdasarkan SNI 03-6573-2001. *Jurnal Teknik Sipil dan Arsitektur*, 30(2), 69-76. doi:<https://doi.org/10.36728/jtsa.v30i2.4891>
10. Panulisan, B. S., Khaerudin, D., & Rini, A. S. 2024. Analisa Kinerja Lift Gedung D Kampus 1 Universitas Bina Bangsa Serang. *Mars: Jurnal Teknik Mesin, Industri, Elektro dan Ilmu Komputer*, 2(1), 59-66. doi:<https://doi.org/10.61132/mars.v2i1.79>
11. Permenaker RI No. 6 Tahun 2017 tentang Keselamatan dan Kesehatan Kerja Elevator dan Eskalator.
12. Permen PU No. 14/PRT/M/2017 tentang Persyaratan Kemudahan Bangunan Gedung.

13. Pradita., R., Khomari, M., G., Subairi., M., S., 2024 Perhitungan Kapasitas Lift Sebagai Sarana Transportasi Vertikal Pada Gedung Bertingkat. *Jurnal Riset Teknik Sipil dan Sains*. Vo. 2 (2).
14. SNI 03-6573-2001 Tata Cara Perancangan Sistem Transportasi Vertikal dalam Gedung (Lift). (2001). BSN.
15. SNI 05-2189-1999 Definisi, Istilah Lift dan Eskalator. (1999).
16. SNI 05-6040-1999 Syarat-syarat Umum Konstruksi Lift Penumpang Yang Dijalankan Dengan Motor Traksi. (1999).
17. SNI 05-7052-2004 Syarat-syarat Umum Konstruksi Lift Penumpang Yang Dijalankan Dengan Motor Traksi Tanpa Kamar Mesin. (2004).
18. Sulistiyo, A., 2016, Optimasi Perhitungan Ulang Kebutuhan Lift Penumpang Type IRIS1-NV PA 20 (1350) CO105 pada Gedung Apartemen 17 Lantai, *Jurnal JTM*, Vol. 05 (1).
19. Utami, R., Rahayu, P., Budhi., W., S., Rofi'i, 2025, Optimasi Kinerja Lift Penumpang Gedung Rektorat Universitas Muhammadiyah Surabaya, *Jurnal "MITSU" Media Informasi Teknik Sipil UNIJA*. Vol 12 (2).
20. Triantaphyllou, E. (2000). *Multi-criteria decision making methods: A comparative study*. Springer. <https://doi.org/10.1007/978-1-4757-3157-6>
21. Toshiba ELCOSMO - III Catalog, <https://www.toshiba-elevator.co.jp/elv/infoeng/catalogue/indonesia.html/>
22. Vafaei, N., Ribeiro, R. A., & Camarinha-Matos, L. M. (2016). Normalization techniques for multi-criteria decision making: Analytical hierarchy process case study. Dalam L. M. Camarinha-Matos, A. Falcão, N. Vafaei, & S. Najdi (Eds.), *Technological Innovation for Cyber-Physical Systems: DoCEIS 2016* (hlm. 261–269). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-319-31165-4_26
23. Zayadi, A., Cahyono, & Masyhudi. 2015. Perencanaan Lift Hotel Bertingkat Tiga Puluh Berdasarkan SNI Nomor: 03-6573-2001. *Jurnal Ilmiah GIGA*, 18(2), 131-138. Dipetik 11 23, 2025, dari <https://www.semanticscholar.org/reader/fb04595f7183939bf5569e855eff94f0d67d3ca6>