

Perancangan Sistem Mekanik Model Lift 3 Lantai Dengan Beban Muatan Maksimum 2 kg

Muhammad Akbar, Eka Taufiq Firmansjah

Institut Teknologi Nasional (Itenas) Bandung

Email: makbarannasir04@gmail.com

Received DD MM YYYY | Revised DD MM YYYY | Accepted DD MM YYYY

ABSTRAK

Lift merupakan suatu alat yang digunakan untuk menaikkan dan menurunkan muatan (barang/orang) diantara lantai-lantai gedung bertingkat dengan menggunakan seperangkat alat mekanik baik disertai alat otomatis atau manual. Penelitian ini mengusulkan untuk merancang sistem mekanik model lift 3 lantai dengan beban muatan maksimum 2 kg. Metode yang dipakai dalam perancangan model lift ini yaitu melakukan observasi, kemudian melakukan proses tahapan perencanaan sesuai standar perancangan yang disediakan dari literatur atau buku panduan. Lift ini dirancang dengan dimensi kerangka luar yang memiliki tinggi keseluruhan 60 cm dan panjang x lebar yaitu 12 cm x 12 cm serta dimensi ruang luncur yang direncanakan panjang x lebar x tinggi yaitu 10 cm x 10 cm x 15 cm. Dalam tulisan ini dilakukan perancangan sistem mekanikal untuk mendapatkan dokumen perancangan berupa spesifikasi parameter dalam pemilihan motor yang digunakan, dimensi dari puli dan tali yang akan digunakan, serta gambar teknik 2D dan 3D.

Kata kunci: Lift, Model lift, Sistem Mekanikal, Solidwork.

ABSTRACT

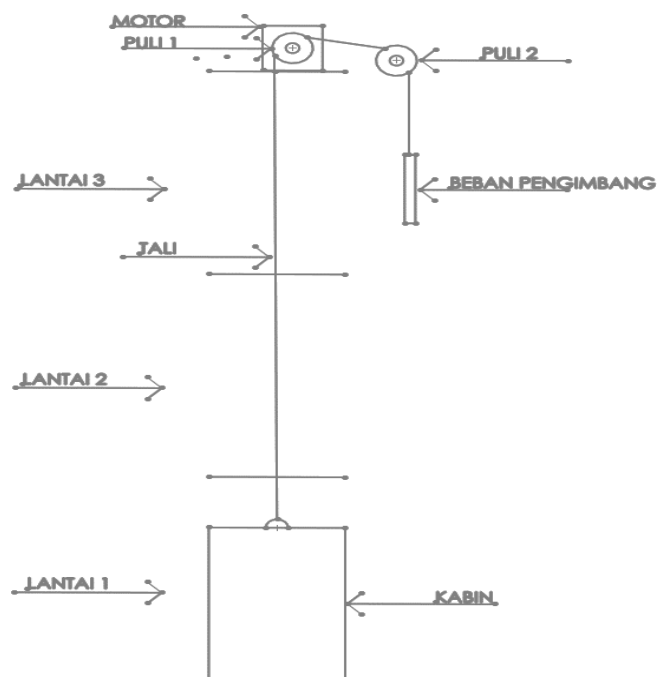
Elevator is a tool that is used to raise and lower cargo (goods/people) between floor of high buildings by using a set of mechanical tools, either accompanied by automatic or manual tools. This final project proposes to design a mechanical system with a 3-floor elevator model with a maximum load of 2 kg. The method used in designing this elevator model is to make observations, then carry out the process of planning according to the standard design provided from the literature or manuals. This elevator is designed with an outer frame dimension which has an overall height of 60 cm and a length x width of 12 cm x 12 cm and the dimensions of the sliding cabin are length x width x height of 10 cm x 10 cm x 15 cm. In this thesis, a mechanical system design is carried out to obtain design documents in the form of parameter specifications in the selection of the motor used, the dimensions of the pulleys and rope to be used, as well as 2D and 3D technical drawings.

Keywords: Elevator, Elevator Model, Mechanical System, SolidWork

1. PENDAHULUAN

Gedung bertingkat pada saat ini sudah sangat lumrah dijumpai pada daerah perkotaan. Hal ini dipicu oleh keadaan daerah yang padat penduduk serta tempat yang relatif kecil. Untuk lebih mengefisienkan ruang yang relatif kecil, maka dibangun gedung-gedung bertingkat. Untuk mempermudah pekerjaan manusia dalam bidang transportasi atau memindahkan barang atau orang pada suatu gedung bertingkat, dibutuhkan suatu alat transportasi yang dapat bergerak secara vertikal atau naik dan turun yaitu adalah lift atau elevator. Lift adalah pesawat pengangkut manusia atau barang yang digerakan dengan tenaga penarikan lift melalui transmisi tarikan langsung (tanpa atau dengan roda gigi) maupun transmisi sistem dengan gerak vertikal naik dan turun **(Melya D.Sabayang, & Bastanta, n.d)**.

Sistem mekanikal dari lift mencakup prinsip dasar, struktur lift, fungsi serta sistem transmisi pada lift tersebut. Untuk mengetahui beberapa hal yang disebutkan di atas maka dibuatlah perancangan pemodelan dari lift tersebut. Perancangan yang dilakukan merupakan perancangan model sistem lift yang menyerupai dari sistem asli dari lift yang mencakup prinsip kerja, struktur lift, fungsi serta sistem kerja yang terjadi pada lift tersebut. Model lift dirancang dengan tujuan untuk menghasilkan dokumen rancangan gambar teknik sistem mekanikal lift 3 lantai dengan beban muatan maksimum 2 kg yang memenuhi standar baik keamanan (dari *safety factor* nya) maupun kenyamanan (dari percepatan nya) serupa lift sesungguhnya.



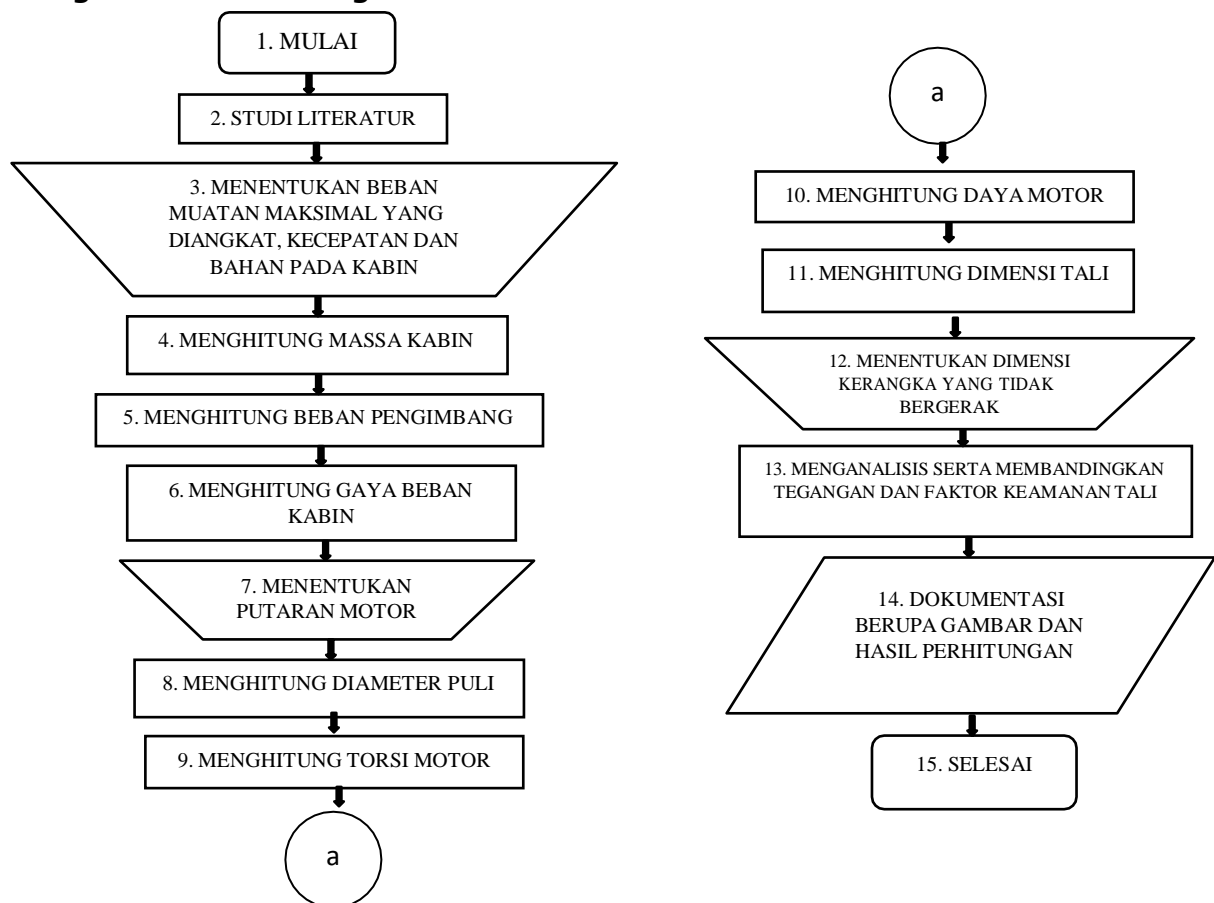
Gambar 1. Prinsip kerja dan sistem transmisi lift

Gambar 1 memperlihatkan prinsip kerja dan sistem transmisi dari sebuah lift. Barang atau orang yang bertindak sebagai beban yang berada di ruang kabin harus dapat ditransportasikan antar lantai. Pada gambar tersebut diperlihatkan kasus lift untuk tiga lantai. Agar dapat bergerak antar lantai, kabin ditarik oleh sebuah tali atau kabel. Pada ujung lain dari tali dipasang beban pengimbang yang nilai beratnya konstan/tetap. Berat beban pengimbang in

dihitung berdasarkan standar, sesuai dengan spesifikasi beban rencana yang akan ditransportasikan. Tujuan diberi beban pengimbang adalah agar motor sebagai sumber tenaga untuk menarik kabin tidak menanggung keseluruhan beban, tapi sebagian diimbangi oleh beban pengimbang. Tenaga dari motor listrik sebagai penggerak utama disalurkan melalui poros motor ke puli-1 dimana tali yang disambungkan ke kabin dan beban pengimbang bertumpu pada puli-1 tersebut. Selain ada puli-1, ada juga puli-2 yang berfungsi memberikan jarak secara horisontal antara kabin dengan beban pengimbang. Puli-2 ditempatkan lebih ke bawah dibandingkan puli-1 tujuannya agar sudut bungkus/sudut lilit tali terhadap puli-1 lebih besar, sehingga kapasitas gaya gesek yang dapat ditransmisikan menjadi lebih besar antara puli-1 dan tali sehingga mengurangi kemungkinan slip.

2. METODOLOGI

2.1 Diagram Alir Perancangan Model Lift



Gambar 2. Diagram Alir Perancangan Model Lift 3 Lantai

Gambar 2 memperlihatkan diagram alir yang dilakukan sesuai dengan rancangan yang dijalankan yang berisi beberapa poin dengan penjelasan sebagai berikut.

1. **Mulai**, tahap awal dari perancangan.
2. **Studi literatur** meliputi, studi literatur dilakukan dengan cara membaca beberapa text book, jurnal, serta referensi yang menunjang dalam menyelesaikan perencanaan.
3. **Menentukan beban muatan maksimum yang diangkat, kecepatan dan bahan pada kabin.** Penentuan beban muatan maksimum dilakukan oleh penulis dengan cara

menetapkan beban muatan maksimum yang akan diberikan pada model lift, Kecepatan yang diperoleh dari standar serta bahan pada kabin.

4. **Menghitung massa kabin** meliputi, massa kabin keseluruhan dihitung dan dijumlahkan dengan beban muatan maksimum.
5. **Menghitung beban pengimbang kabin** yaitu menghitung beban yang meringankan kerja dari motor yang digunakan.
6. **Menghitung gaya beban kabin.** Perhitungan yang dimaksud yaitu perhitungan dalam mencari gaya beban yang harus diterima kabin.
7. **Menentukan putaran motor.** Pada tahap ini penulis menentukan kecepatan putaran motor yang digunakan untuk menunjang perhitungan dalam memilih motor yang digunakan.
8. **Menghitung diameter puli.** Pada tahap ini penulis melakukan perhitungan untuk mencari diameter puli yang digunakan.
9. **Menghitung torsi motor.** Pada tahap ini dilakukan perhitungan mencari torsi untuk menunjang penentuan motor yang digunakan
10. **Menghitung daya motor.** Pada tahap ini diperoleh daya dari motor yang digunakan dan jenis motor yang digunakan.
11. **Menghitung dimensi tali.** Menghitung Dimensi tali dilakukan untuk mendapatkan diameter tali yang digunakan.
12. **Menentukan dimensi tebal kerangka yang tidak bergerak.** Pada tahap ini dimaksudkan untuk menentukan dimensi kerangka luar yang tidak bergerak.
13. **Menganalisis serta membandingkan tegangan dan faktor keamanan tali.** Pada tahap ini penulis menganalisis serta membandingkan tegangan dan faktor keamanan yang diperoleh dari standar atau sumber dengan tegangan dan faktor keamanan yang diperoleh dari simulasi solidwork.
14. **Dokumentasi berupa gambar teknik dan hasil perhitungan.** Dokumentasi ini berisi gambar teknik dari hasil perancangan dan hasil perhitungan yang didapat.
15. **Selesai** merupakan tahap akhir dari perancangan yang dibuat.

3. PERHITUNGAN, HASIL DAN ANALISIS

Tahap perhitungan ini dilakukan melalui beberapa proses yaitu :

1. Mulai

Tahapan awal dari perancangan.

2. Studi literatur

Mempersiapkan data data yang diperlukan dari sumber baik yang diperoleh dari text book, jurnal serta referensi yang menunjang dalam menyelesaikan perencanaan.

3. Menentukan beban muatan maksimum yang diangkat, kecepatan dan bahan pada kabin.

Perbandingan lantai, diperoleh dari asumsi dari tinggi lift sesungguhnya dibagi dengan tinggi lift yang dirancang yaitu:

Asumsi tinggi lift perlantai sebenarnya	: 3 m = 300 cm
Tinggi lift perlantai yang dirancang	: 20 cm
Maka, perbandingan yaitu	: $300 \text{ cm} : 20 \text{ cm} = 15$
Beban muatan maksimum	: 2 kg

kecepatan, percepatan dan massa jenis kabin diperoleh dari standar :

Tabel 1. Nilai Percepatan yang didapat dari standar SNI 03-6573-2001.

Kecepatan Lift (m/m)	60	90	105	120	150	180	210	240-dst
Percepatan Lift (m/d/d)	0,50	0,70	0,80	0,85	0,95	1,10	1,20	1,25-dst

NB: Percepatan yang lebih besar dari 1,25 m/d/d akan mengurangi rasa nyaman bagi kebanyakan muatan.

Tabel 1 merupakan tabel yang diperoleh dari standar SNI 03-6573-2001 dimana untuk mencari kenyamanan dari perancangan model lift. Dijelaskan pada standar tersebut bahwa untuk percepatan yang lebih besar dari 1,25 m/d/d akan mengurangi rasa nyaman, maka percepatan yang dipilih yaitu 1,25 m/d/d dan kecepatan 240 $\frac{m}{menit}$. Satuan dari m/d/d sama dengan $\frac{m}{s^2}$

$$v = 240 \frac{m}{menit} \text{ (standar SNI 03-6573-2001)}$$

$$v = 240 \frac{m}{menit} : 15 \text{ (Untuk memperoleh kecepatan yang sesuai dengan perancangan model lift)}$$

$$v = 16 \frac{m}{menit} = 0,27 \frac{m}{s}$$

$$a = 1,25 \frac{m}{s^2} \text{ (standar SNI 03-6573-2001)}$$

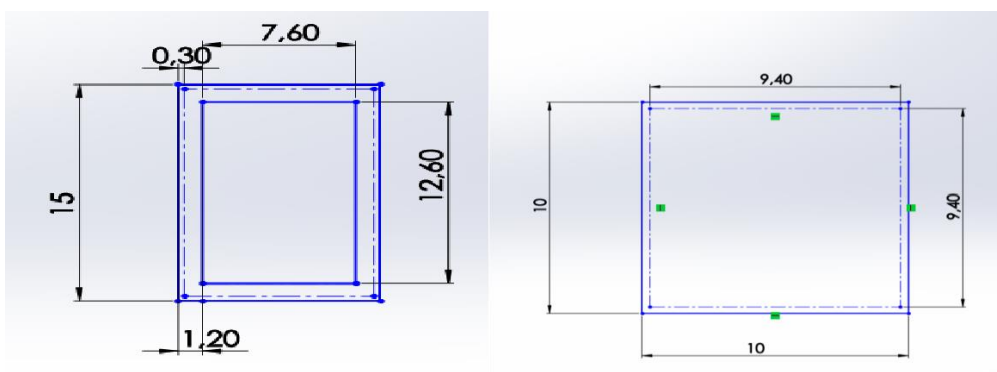
$$a = 1,25 \frac{m}{s^2} : 15 \text{ (Untuk memperoleh percepatan yang sesuai dengan perancangan model lift)}$$

$$a = 0,083 \frac{m}{s^2}$$

$$\rho = 7850 \frac{kg}{m^3} \text{ (SNI 8399-2007 "Profil Rangka Baja Ringan")}$$

4. Massa Kabin (m_k), diperoleh dari rumus

$$m_k = \rho \cdot V \tag{1}$$



Gambar 3. Dimensi Kabin

Gambar 3 menjelaskan ukuran dari bentuk kabin yang dirancang yang dimana pada gambar atas menunjukkan pandangan atas dari kabin sedangkan gambar bawah menunjukkan pandangan depan dari kabin beserta dimensinya.

$$m_k = 7850 \frac{kg}{m^3} \cdot (0,15 \text{ m} \cdot 0,1 \text{ m} \cdot 0,1 \text{ m}) - (0,144 \text{ m} \cdot 0,094 \text{ m} \cdot 0,094 \text{ m})$$

$$m_k = 1,216 \text{ kg.}$$

5. Beban Pengimbang (m_{bp}), diperoleh dari rumus

$$m_{bp} = m_k + 0,5 \cdot m \text{ (N.Rudenko. 1996)}$$

$$m_{bp} = 1,216 \text{ kg} + 0,5 \cdot 2 \text{ kg} = 2,216 \text{ kg}$$

6. Gaya Beban Kabin (W_{total}), diperoleh dari rumus

$$W_{total} = m_{total} \cdot g \quad (3)$$

$$W_{total} = (2 \text{ kg} + 1,216 \text{ kg}) \cdot 9,81 \frac{m}{s^2} = 31,54 \text{ N}$$

7. Putaran Motor (n), diperoleh dari asumsi dalam ketersediaan barang di pasaran serta untuk menunjang mencari jenis motor yang digunakan dan dipilihlah $n = 100$ Rpm.

8. Diameter Puli (D_p), diperoleh dari rumus

$$r_p = \frac{v}{\omega} \quad (4)$$

$$\omega = \frac{\pi \cdot 100 \text{ rpm}}{30 \frac{m}{s}} = 10,47 \frac{rad}{s}$$

$$r_p = \frac{0,27 \frac{m}{s}}{10,47 \frac{rad}{s}} = 0,025 \text{ m} = 2,5 \text{ cm}$$

$$D_p = 2 \times r_p = 2 \times 2,5 \text{ cm} = 5 \text{ cm}$$

Diameter puli yang diperoleh dari perhitungan yaitu sebesar 5 cm dimana untuk ukuran model lift ini terlalu besar untuk model lift yang dirancang. Diameter yang diperoleh ini relatif besar karena dipengaruhi oleh penentuan putaran motor yang rendah.

9. Torsi Motor (T), diperoleh dari rumus

$$T = F \cdot r_p = (W_{total} - W_{bp}) + (m_{total} \cdot a) \cdot r_p \quad (5)$$

$$T = ((2 \text{ kg} + 1,216 \text{ kg}) \cdot 9,81 \frac{m}{s^2} - (2,216 \text{ kg} \cdot 9,81 \frac{m}{s^2})) +$$

$$((2 \text{ kg} + 1,216 \text{ kg}) \cdot 0,083 \frac{m}{s^2}) \cdot 0,025 \text{ m}$$

$$T = 9,82 \text{ Nm}$$

10. Daya Motor (P) diperoleh dari rumus

$$P = T \cdot \omega \quad (6)$$

$$P = 9,82 \text{ Nm} \cdot 10,47 \frac{rad}{s} = 102,82 \text{ Watt}$$

Motor yang Dipilih : Motor DC Brush DC 24 Volt rpm 100
spesifikasi motor

Torsi : 90 Nm
Putaran : 100 rpm
Voltage : 24 Volt

11. Diameter tali (D_t), diperoleh dari rumus

$$\sigma_i = \frac{F}{A_t} \text{ Dimana :} \quad (7)$$

$$\sigma_i = \text{Tegangan Izin tali } (\frac{N}{mm^2}) = 140 \frac{kg}{mm^2} \text{ (Rahman 38)} \quad (8)$$

$$\sigma_i = 140 \frac{kg}{mm^2} \cdot 9,81 \frac{m}{s^2} = 1373,4 \frac{mm^2}{mm^2}$$

$$A_t = \text{Luas permukaan tali } (mm^2) \quad A_t = \frac{F}{\sigma_i}$$

$$F = W_{total} + (m_{total} \cdot a)$$

Maka:

$$A_t = \frac{W_{total} + (m_{total} \cdot a)}{\sigma_i}$$

$$\pi r_t^2 = \frac{W_{total} + (m_{total} \cdot a)}{\sigma_i}$$

$$r_t = \sqrt{\frac{W_{total} + (m_{total} \cdot a)}{\sigma_i}} = \sqrt{\frac{((2+1,216)kg \cdot 9,81 \frac{m}{s^2}) + (2+1,216)kg \cdot 0,083}{1373,4 \frac{N}{mm^2}}} = 0,08$$

$$D_t = 2 \cdot r_t = 2 \cdot 0,08 \text{ mm} = 0,16 \text{ m}$$

Diameter tali yang diperoleh disini sangat kecil yaitu sebesar 0,16mm. Ukuran diameter tali minimal yang tersedia banyak dipasaran yaitu 1 mm sehingga ditentukan tali baja yang digunakan pada perancangan model ini yaitu 1 mm.

12. Dimensi kerangka yang tidak bergerak, ditentukan dari tabel.2 standar SNI 07-2054-2006 "Baja p siku sama kaki".

Tabel 2. Standar Ukuran Penampang Baja P Siku Sama Kaki

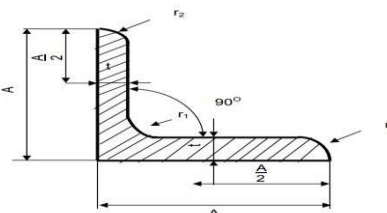
SNI 07-2054-2006

Tabel Standar ukuran penampang Bj P siku sama kaki

Penamaan	Standar ukuran penampang (mm)		Sebagai informasi												
	A x A	T	r ₁	r ₂	Luas penampang (cm ²)	Berat kg / m	Acuan terhadap besaran menurut sumbu lentur terhadap x - x dan y - y								
							Posisi titik berat (cm)		Momen inersia (cm ⁴)				Radius girasi (cm)		Modulus penampang (cm ³)
1	2	3	4	5	6	7	Cx = Cy	Ix = Iy	Maks Iu	Min Iv	Ix = Iy	Max Iu	Min Iv	Zv = Zy	
L 25	25 x 25	3	4	2	1.427	1.12	0,719	0,797	1,26	0,332	0,747	0,940	0,483	0,448	
L 30	30 x 30	3	4	2	1.727	1,36	0,844	1,42	2,26	0,590	0,908	1,140	0,585	0,661	
L 40	40 x 40	3	4,5	2	2.336	1,82	1,090	3,53	5,60	1,460	1,230	1,550	0,790	1,210	
L 40	40 x 40	4	4,5	3	3,054	2,39	1,12	4,48	7,09	1,86	1,21	1,52	0,78	1,15	
L 40	40 x 40	5	4,5	3	3,755	2,95	1,17	5,42	8,59	2,250	1,200	1,510	0,774	1,910	
L 45	45 x 45	4	6,5	3	3,492	2,74	1,24	6,50	10,3	2,700	1,360	1,720	0,880	2,000	
L 45	45 x 45	5	6,5	3	4,302	3,38	1,28	7,91	12,5	3,290	1,360	1,720	0,874	2,460	
L 50	50 x 50	4	6,5	3	3,892	3,06	1,37	9,06	14,4	3,760	1,53	1,92	0,983	2,490	
L 50	50 x 50	5	6,5	3	4,802	3,77	1,41	11,1	17,5	4,580	1,52	1,91	0,976	3,080	
L 50	50 x 50	6	6,5	3	5,644	4,43	1,44	12,6	20,0	5,23	1,50	1,88	0,963	3,550	
L 60	60 x 60	5	6,5	3	5,802	4,55	1,66	19,6	31,2	8,09	1,84	2,32	1,180	4,520	
L 60	60 x 60	6	6,5	3	6,892	5,41	1,69	22,80	36,10	9,43	1,82	2,29	1,17	5,29	
L 65	65 x 65	6	8,5	4	7,527	5,91	1,81	29,4	46,6	12,2	1,98	2,49	1,270	6,26	
L 70	70 x 70	6	8,5	4	8,127	6,38	1,93	37,1	68,9	15,3	2,14	2,69	1,37	7,33	
L 70	70 x 70	7	8,5	4	9,397	7,38	1,97	42,40	87,10	17,60	2,12	2,67	1,87	8,43	

Tabel 2 merupakan tabel baja p siku sama kaki yang diperoleh dari standar SNI 07-2054-2006. Tabel ini digunakan untuk menentukan jenis baja yang digunakan pada kerangka luncur atau kerangka luar model lift.

SNI 07-2054-2006



Keterangan gambar:
 A adalah lebar kaki;
 t adalah tebal kaki;
 r₁ adalah radius sudut;
 r₂ adalah radius tepi kaki.

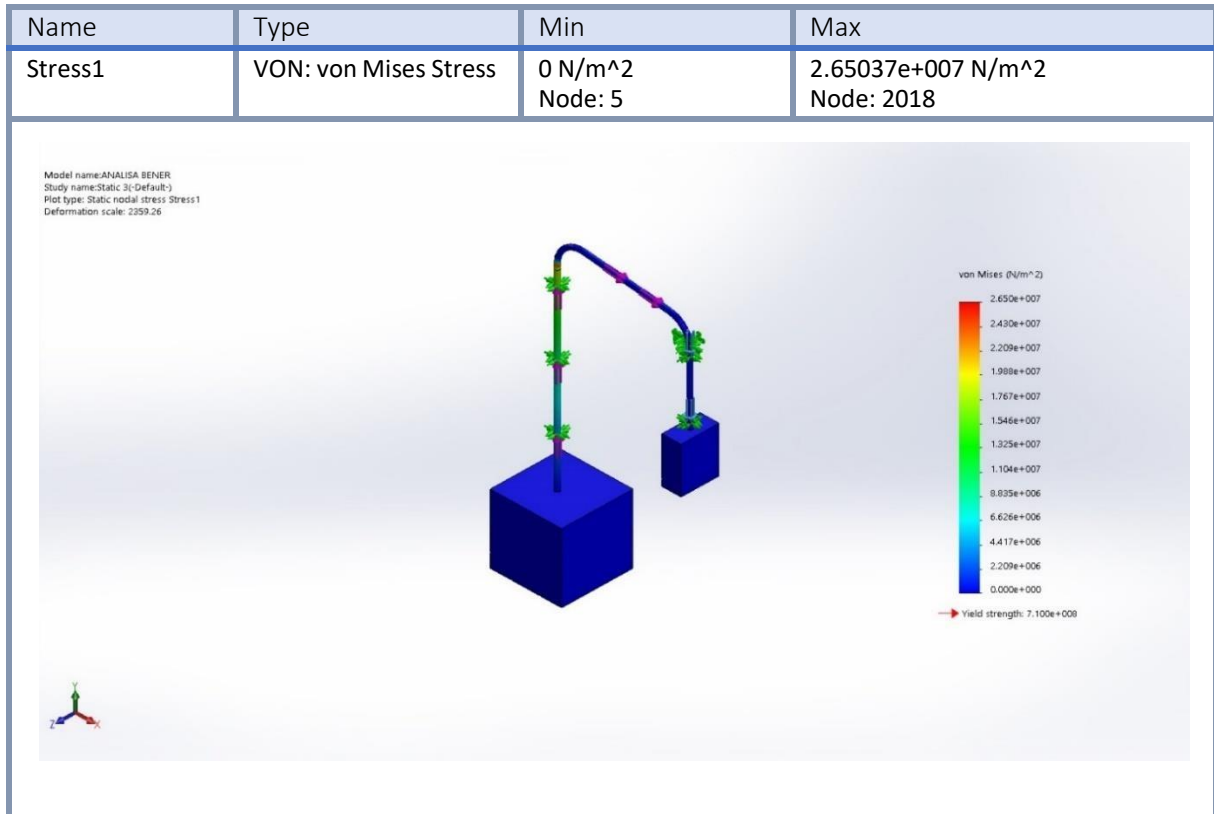
Gambar 4. Baja P Siku Sama Kaki

Gambar 4 merupakan penjelasan tentang keterangan yang ada pada tabel 1 dari bentuk ukuran baja p siku sama kaki yang digunakan dari rancangan model lift.

13. Menganalisis serta membandingkan tegangan dan faktor keamanan pada tali.

A. Tegangan

Tegangan izin yang diperoleh yaitu $\sigma_i = 1373,4 \frac{N}{mm^2}$



Gambar 5. Analisis Tegangan Menggunakan Solidwork

Gambar 5 merupakan hasil dari analisis tegangan pada tali yang diperoleh dari software solidwork. Hasil analisis ini yang akan dibandingkan dengan tegangan izin pada tali lift yang digunakan.

Tabel 3. Hasil Analisis Tegangan Menggunakan Solidwork

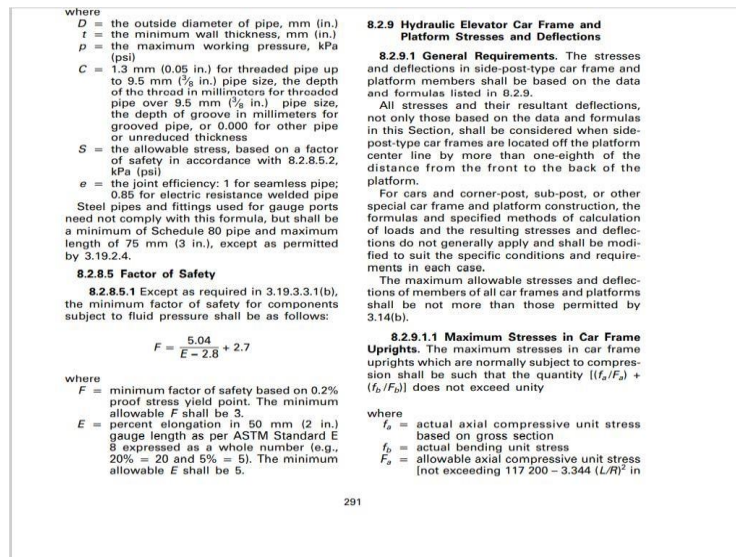
Name	Type	Min	Location	Max	Location
Stress1	VON: von Mises Stress	0 N/mm ² (MPa) Node: 5	(-20 mm, 448.937 mm, 96.5667 mm)	2.65037e+007 N/m ² Node: 2018	(0.192713 mm, 0.283241 mm, 0.185522 mm)

Tabel 3 berisi data hasil analisis tegangan pada tali yang diperoleh dari software solidwork. Tegangan yang terjadi diperoleh dari analisis solidwork yaitu $\sigma = 2,65 \times 10^7 \frac{N}{m^2} = 26,5 \frac{N}{mm^2}$ (MPa).

Maka diperoleh kesimpulan bahwa $\sigma_i > \sigma$ yang berarti tali aman untuk digunakan

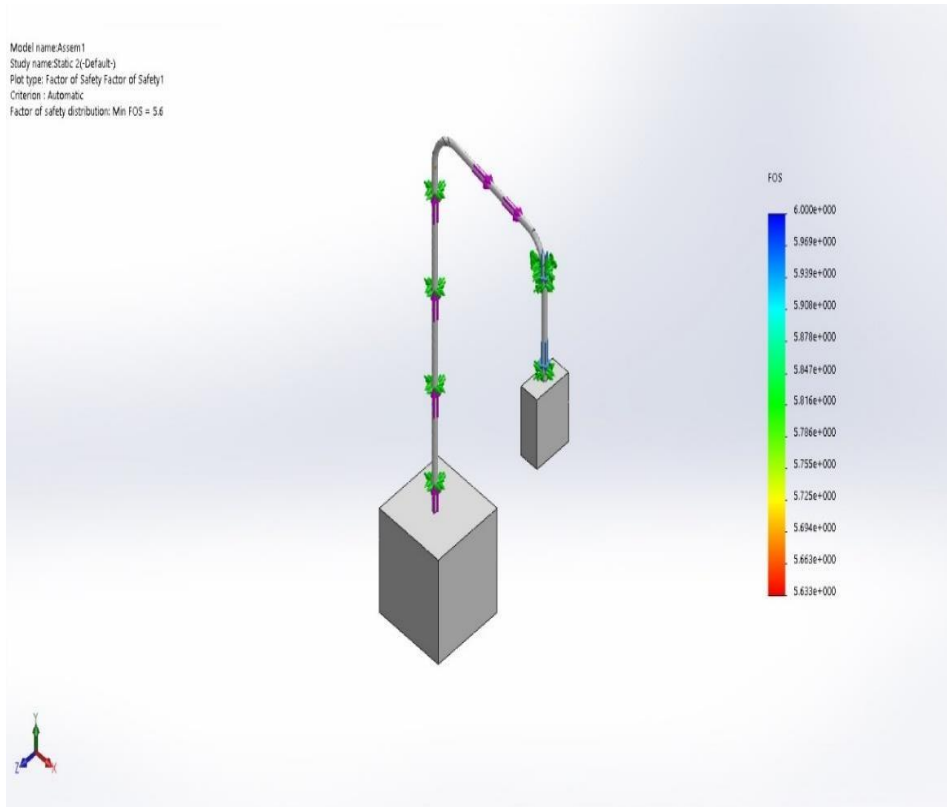
B. Faktor keamanan

Faktor keamaan yang di peroleh dari standar



Gambar 6. Faktor Of Safety For Elevator and Escalator

Gambar 6 merupakan gambar standar faktor keamanan pada lift yang dirancang. Standar ini diperoleh dari standar ASME A17.1-2000 Faktor keamanan tali lift dimana $F = \frac{5,04}{E-2,8} + 2,7$ dan nilai E minimal yang diizinkan yaitu 5 maka $F = \frac{5,04}{5-2,8} + 2,7 = 4,99 = 5$.



Gambar 7. Analisis Faktor Keamanan Menggunakan Solidwork

Gambar 7 merupakan hasil dari analisis faktor of safety (FOS) atau faktor keamanan yang diperoleh dari software solidwork. Nilai FOS atau faktor keamanannya yaitu 5,6.

Perbandingan antara nilai faktor keamanan yang diperoleh dari standar dengan nominal 5 sedangkan faktor keamanan yang diperoleh dari analisis solidwork yaitu 5,6. Maka diperoleh kesimpulan bahwa tali tersebut aman untuk digunakan karena Faktor keamanan yang diperoleh dari solidwork lebih besar dari faktor keamanan yang diperoleh dari standar.

4. KESIMPULAN

Kesimpulan dari perancangan ini yaitu :

1. Spesifikasi sistem mekanikal model lift 3 lantai yang diperoleh yaitu

Beban Muatan Maksimum	: 2 kg
Percepatan yang digunakan	: $0,083 \frac{m}{s^2}$
Massa Jenis dari Kabin	: $7850 \frac{kg}{m^3}$
Massa Kabin	: 1,216 kg
Massa Beban Pengimbang	: 2,216 kg
Gaya Pada Kabin	: 31.54 N
Putaran motor	: 100 rpm
Diameter Puli	: 5 cm
Torsi Motor	: 9,86 Nm
Daya Motor	: 102,82 Watt
Motor yang Dipilih dengan spesifikasi	: Motor DC Brush DC 24 Volt rpm 100
Torsi	: 90 Nm
Putaran	: 100 rpm
Voltage	: 24 Volt
Diameter tali	: 0,54 mm _N
Tegangan izin tali (σ)	: $1373,4 \frac{N}{mm^2}$ (MPa)
Tegangan yang terjadi σ_{as}	: $26,5 \frac{N}{mm^2}$ (MPa) (analisis menggunakan solidwork)

Faktor keamanan tali dari standar : 5 (Faktor Keamanan Standar ASME A17.1-2000 Untuk Faktor Keamanan Tali).

Faktor keamanan tali dari analisis solidwork : 5,6 (Analisis menggunakan software solidwork).

2. Kenyamanan dan keamanan yang di maksud dari tujuan yang disebutkan pada bab 1 perancangan model lift 3 lantai ini diperoleh dari percepatan pada standar untuk menjawab tujuan dari sisi kenyamanan dengan nominal $0,083 \frac{m}{s^2}$ (yang telah dibagi 15 sebagai hasil perbandingan ukuran lift sesungguhnya dengan lift model yang dirancang). serta faktor keamanan yang diperoleh dari hasil membandingkan faktor keamanan standar dengan faktor keamanan dari analisis software solidwork yaitu 5 : 5,6 yang berarti model lift ini aman untuk digunakan.

DAFTAR PUSTAKA

- Melya D. Sabayang, B. (t.thn.). CARA KERJA DAN PERBAIKAN LIFT PADA GEDUNG BUMN. 3.
- RAHMAN, D. (2012). PERANCANGAN ELEVATOR DAN PEMBUATAN PROTOTIPE PENGENDALI OTOMATIS ELEVATOR BERBASIS MIKROKONTROLER ATmega 8535. 38.
- Rudenko, N. (1996). *Mesin Pengangkat*. (F. Nazar, Penyunt.) Jakarta: Erlangga.
- Standar Nasional Indonesia. (2001). Tata cara perancangan sistem transportasi vertikal dalam gedung (lift). SNI 03-6573-2001, 14.
- Standar Nasional Indonesia. (2006). Baja profil siku sama kaki proses canai panas (Bj p siku sama kaki). SNI 07-2054-2006, 2.
- Standar Nasional Indonesia. (2007). Profil rangka baja ringan. SNI 8399:2007, 5.
- The American Society of Mechanical Engineers. (2000). SAFETY CODE FOR ELEVATORS AND ESCALATORS. ASME A17.1-2000, 291.