

# **PERENCANAAN ELEVATOR PADA GEDUNG TINGKAT ENAM**

## **TUGAS AKHIR**

*Diajukan Untuk Memenuhi Persyaratan  
Ujian Mencapai Gelar Sarjana Teknik  
Pada Fakultas Teknik Universitas Medan Area*

**Oleh :**

**LEONARDO SIAGIAN**  
**NIM : 01 813 0047**



**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MEDAN AREA  
MEDAN  
2007**

**UNIVERSITAS MEDAN AREA**

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 11/9/23

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber

2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah

3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

Access From (repository.uma.ac.id)11/9/23

## LEMBAR PENGESAHAN

**Judul Penelitian** : PERENCANAAN ELEVATOR PADA GEDUNG  
TINGKAT ENAM

**N a m a** : LEONARDO SIAGIAN

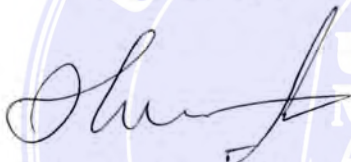
**Nomor Pokok** : 01 813 0047

**Program Studi** : Teknik Mesin

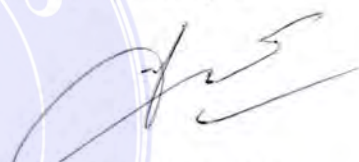
Disetujui

Pembimbing I

Pembimbing II



(IR. HUSIN IBRAHIM)



(IR. AMRINSYAH)

Mengetahui :

Dekan

Ka. Program Studi



(DRS. DADAN RAMDAN, M.Sc, M.Eng)



(IR. DARIANTO, M.Sc)

Tanggal Lulus :

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 11/9/23

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber

2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah

3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

Access From (repository.uma.ac.id)11/9/23

## SERTIFIKAT EVALUASI TUGAS SARJANA

Kami yang bertanda tangan di bawah ini, menyatakan bahwa setelah melakukan :

- Seminar proposal tugas sarjana
- Bimbingan terhadap tugas sarjana
- Seminar draft tugas sarjana
- Pemeriksaan / perbaikan terhadap tugas sarjana.

Terhadap mahasiswa :

**Nama : Leonardo Siagian.**

**Nim : 01.813.0047.**

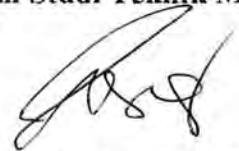
**Tempat / tgl lahir : Medan , 06 Agustus 1983.**

**Judul tugas sarjana : Perencanaan Elevator Pada Gedung Tingkat Enam.**

Menetapkan ketentuan hasil evaluasi sebagai berikut:

1. dapat menerima draft tugas sarjana.
2. dapat menerima pembuatan buku tugas sarjana dan kepada penulis diizinkan untuk :  
menempuh ujian akhir yang diselenggarakan pada tanggal

Medan, 2007  
Diketahui /disetujui oleh  
Ka. Program Studi Teknik Mesin



( Ir. Darianto , MSc )

**Tim Pembimbing / Penguji :**

1. Ir. Husin Ibrahim
2. Ir. Amirsyam . MT. N.

## DAFTAR ISI

	<b>Halaman</b>
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	i
<b>DAFTAR ISI</b> .....	iii
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	vi
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	vii
<b>BAB I PENDAHULUAN</b> .....	1
1.1. Latar Belakang .....	1
1.2. Pesawat Angkat.....	1
1.3. Tujuan Perencanaan .....	3
1.4. Batasan masalah .....	3
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	4
2.1. Fungsi Elevator .....	4
2.2. Bagian Utama dan Sistem Suspensi Rangkaian Tali .	5
2.3. Tali Pengangkat .....	8
2.3.1. Pemeriksaan Tali Pengangkat .....	8
2.3.2. Menentukan Jumlah Bengkokan .....	9
2.3.3. Ukuran Tali Baja .....	10
2.3.4. Umur Tali Baja .....	13
2.4. Puli (Cakra) .....	15
2.5. Tromol (Drum) .....	17
2.5.1. Menentukan Ukuran Tromol .....	18
2.5.2. Poros Tromol .....	21



2.6. Motor Penggerak .....	23
2.6.1. Daya Motor .....	24
2.6.2. Menentukan Momen-Momen Gaya .....	25
2.6.3. Pemeriksaan Motor Terhadap Beban Lebih ...	27
2.7. Transmisi Daya .....	27
<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN .....</b>	<b>28</b>
3.1. Pengambilan Judul Tugas Akhir .....	28
3.2. Refrensi.....	28
3.3. Survey Lapangan.....	28
3.4. Pengajuan Proposal.....	28
3.5. Seminar .....	28
3.5. Pengumpulan .....	29
3.6. Analisa Perhitungan.....	29
<b>BAB IV ANALISA PERHITRONGAN .....</b>	<b>31</b>
4.1. Perencanaan Roda Gigi.....	31
4.1.1. Perbandingan Putaran Roda Gigi .....	31
4.1.2. Putaran Tiap Roda Gigi.....	32
4.1.3. Penentuan Modul Roda Gigi.....	33
4.1.4. Menentukan Ukuran-Ukuran Roda Gigi .....	34
4.2. Menentukan Poros Roda Gigi .....	53
4.2.1. Menentukan Ukuran Poros I .....	53
4.2.2. Menentukan Ukuran Poros II .....	55
4.2.3. Menentukan Ukuran Poros III .....	56

<b>4.3. Pengereman .....</b>	<b>58</b>
<b>4.3.1. Translasi Beban Yang Diangkat .....</b>	<b>59</b>
<b>4.3.2. Momen Akibat Rotasi Motor Listrik .....</b>	<b>61</b>
<b>4.4. PERAWATAN DAN PERBAIKAN .....</b>	<b>65</b>
<b>4.4.1. Perawatan .....</b>	<b>65</b>
<b>4.4.2. Perbaikan .....</b>	<b>66</b>
<b>BAB V KESIMPULAN .....</b>	<b>68</b>
<b>DAFTAR PUSTAKA</b>	



## ABSTRACTION

Elevator is functioning lifting equipment to lift an object/people from a place to other place in vertical direction. Elevator have area operate for vertically which mentioning path length, with the meaning its operation area limited highly lift from base dance high until maximum lifting.

Elevator consist of some part namely cabin, strand of metal / cable, comptroller, rel, house ventilate and tunnel; cutting.

Plane lift elevator compose some type that is :

- Jacking elevator of passenger.
- Redcap elevator.
- Planned elevator is elevator which in using building to lift passenger.

This Passenger elevator in planning can lift passenger burden 12 people, if/when wt. 1 passenger people + 75 singk hence burden to be lifted this passenger elevator in once lifting  $12 \times 75.900$  singk.

While made cabin of aluminium materialss, triplek, glass, ambal, iron decant, fairish  $1,75 \times m$   $1,50 \times m$   $2,25$  heavy  $m$   $350$  singk planned can be lifted by this elevator. To guarantee plane elements of fatigue effect of usage repeatedly taken away from corrective factor ( fc)  $1,2$  hence in the plan this energy lift maximum plane dri lift [is]  $( 900+350) \times 1,2 = 1500$  singk. High lift which wish to be planned  $25$  speed  $m$  lift  $15m / men$ , motor rotation  $800$  rpm, In the plan this lifting equipment, jacking string type the used steel string. String become militant very common/ public using lifting equipment, if comparing with other string type. String steel size measure which using  $6 \times 37 + 1$  fe, sud of this type  $6$  faction, where every roll (small cord) consist of  $37$  small steel strand of metal, while fc (core fiber) functioning string to weaken and flexible. Than result of calculation, used steel string during more or less  $28$  months.



## ABSTRAK

Elevator adalah pesawat pengangkat yang berfungsi untuk mengangkat suatu benda / orang dari suatu tempat ketempat yang lain dalam arah vertikal. Elevator memiliki daerah operasi secara vertikal yang di sebut panjang lintasan, yang artinya daerah operasinya dibatasi dengan tinggi angkat dari dasar lanti sampai tinggi pengangkatan maksimum.

Elevator terdiri dari beberapa bagian yakni kabin, kawat/kabel, alat pengontrol, rel, rumah ventilasi dan terowongan.

Pesawat angkat elevator terdiri beberapa jenis yaitu

- Elevator pengangkat penumpang
- Elevator pengangkat barang
- Elevator yang direncanakan ini adalah elevator yang di gunakan pada gedung untuk mengangkat penumpang.

Elevator penumpang ini di rencanakan mampu mengangkat beban penumpang 12 orang, bila beratnya 1 orang penumpang + 75 kg maka beban yang akan diangkat elevator penumpang ini dalam satu kali pengangkatan adalah  $12 \times 75 = 900$  kg.

Sedangkan kabin yang terbuat dari bahan-bahan aluminium, triplek, kaca, ambal, besi tuang, yang berukuran  $1,75\text{m} \times 1,50\text{m} \times 2,25\text{m}$  yang berbobot 350 kg direncanakan mampu diangkat elevator ini. Untuk menjamin elemen-elemen pesawat dari kelelahan akibat pemakaian berulang-ulang diambil dari faktor koreksi (fc) 1,2 maka dalam perencanaan ini daya angkat maksimum dri pesawat angkat adalah  $(900+350) \times 1,2 = 1500$  kg. Tinggi angkat yang ingin direncanakan 25m kecepatan angkat 15m/men, putaran motor 800 rpm.

Dalam perencanaan pesawat pengangkat ini, jenis tali pengangkat yang digunakan adalah tali baja. Tali baja sangat umum di gunakan pada pesawat pengangkat, jika di bandingkan dengan jenis tali lain. Ukuran tali baja yang di gunakan adalah  $6 \times 37 + 1$  fc, sud dari tipe ini adalah 6 golongan, dimana tiap-tiap gulungan (pintalan) kecil terdiri dari 37 kawat baja yang kecil, sedangkan fc (fiber core) berfungsi agar tali lemas dan fleksiel. Dari hasil perhitungan, tali baja yang digunakan selama kurang lebih 28 bulan.



# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1. LATAR BELAKANG PEMILIHAN JUDUL

Kemajuan Ilmu dan Pengetahuan pada masa sekarang ini sudah memasuki seluruh segi kehidupan manusia. Untuk itu manusia dianggap perlu menyesuaikan diri dengan perkembangan Ilmu dan Teknologi tersebut.

Manusia untuk mengikuti perkembangan Ilmu dan Teknologi dalam kegiatan kehidupan sehari-hari mempunyai keterbatasan kemampuan, ini mengakibatkan segala bentuk kegiatan yang dilakukan tidak terlaksana secara efisien dan seoptimal mungkin. Dalam hal ini industri dituntut untuk memberikan sumbangan ataupun masukan dalam upaya kesejahteraan masyarakat. Kesejahteraan masyarakat ini dapat diwujudkan dengan adanya alat-alat bantu untuk mendukung pelaksanaan kegiatan daripada manusia itu sendiri.

Adapun alat ataupun mesin yang ditemukan dan dapat dipergunakan untuk menunjang kelancaran proses yang terjadi dalam masyarakat antara lain pesawat-pesawat pengangkut, pesawat-pesawat pengangkat dan mesin-mesin produksi.

Dari sekian banyak pesawat-pesawat pengangkat penulis melakukan peninjauan pada satu alat angkat yakni Elevator.

### 1.2. PESAWAT ANGKAT

Pesawat angkat adalah Salah satu pesawat/peralatan yang dipergunakan pada suatu gedung untuk mengangkat suatu benda / orang dan juga untuk mempermudah penjangkauan tempat yang dituju.

Dalam pengoperasian pesawat angkat sangat diharapkan kelancaran kerja, sehingga hasil yang dicapai sesuai dengan yang diharapkan. Untuk mencapai hal tersebut diatas ada beberapa hal yang perlu diperhatikan, antara lain adalah :

### 1. Pemilihan jenis pesawat.

Guna mencapai hasil yang baik dari suatu pesawat angkat sangat tergantung pada jenis pesawat angkat itu sendiri. Dasar-dasar pemilihan pesawat angkat adalah sebagai berikut :

- a. Jenis dan sifat dari beban yang akan di pindahkan.
- b. Kapasitas pemindahan.
- c. Keadaan beban sebelum dipindahkan.
- d. Sistem penumpukan barang.
- e. Arah dan jarak pemindahan.
- f. Keadaan lokasi tempat beban yang akan dipindahkan.

### 2. Cara pengoperasian.

Pengoperasian pesawat angkat diharapkan sempurna mungkin, sehingga tidak mengganggu jalannya kegiatan lain, ataupun tergantungnya kegiatan pemindahan beban akibat kegiatan-kegiatan lain pada lokasi yang sama.

### 3. Perawatan pesawat angkat.

Agar pesawat angkat dapat beroperasi dengan baik sudah tentu dibutuhkan perawatan yang intensif, sebab perawatan pesawat angkat sangat erat hubungannya dengan kelancaran operasi. Perawatan yang baik terhadap pesawat angkat berarti juga

bahwa pesawat angkat tersebut siap beroperasi setiap saat yang sekaligus menjamin kelancaran kerja.

### 1.3. TUJUAN PERENCANAAN

Tujuan utama dari perencanaan ini adalah untuk memenuhi tugas akhir pada Jurusan Teknik Mesin. Juga untuk membiasakan diri mahasiswa sehingga mampu untuk berkarya dalam masyarakat, apabila kelak mahasiswa terjun ke masyarakat dan industri.

Selain itu untuk menerapkan ilmu yang didapat selama menuntut ilmu. Dalam kreativitas yang sifatnya positif dapat terus menerus dikembangkan, bahkan mungkin melahirkan produk – produk baru untuk kesejahteraan hidup manusia.

### 1.4. BATASAN MASALAH

Mengingat banyaknya komponen yang dimiliki oleh sebuah pesawat pengangkat elevator penumpang, maka penyajian ini perlu dibatasi, dengan harapan agar komponen yang direncanakan dapat diuraikan secara jelas.

Dalam hal ini bagian dari pesawat pengangkat yang akan direncanakan pada komponen elevator terdiri dari :

- Tali Pengangkat
- Puli
- Tromol
- Transmisi Daya
- Motor Penggerak
- Pengereman



## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1. FUNGSI ELEVATOR

Elevator terdiri dari beberapa bagian yakni kabin, kawat/kabel, alat pengontrol, rel, rumah ventilasi dan terowongan.

Elevator adalah pesawat pengangkat yang berfungsi untuk mengangkat suatu benda/orang dari suatu tempat ke tempat yang lain dalam arah vertikal. Elevator memiliki daerah operasi secara vertikal yang disebut panjang lintasan, yang artinya daerah operasinya dibatasi dengan tinggi angkat dari dasar lantai sampai tinggi pengangkatan maksimum.

Pesawat angkat elevator terdiri dari beberapa jenis yaitu

- Elevator pengangkat penumpang
- Elevator pengangkat barang
- Elevator yang direncanakan ini adalah elevator yang digunakan pada gedung untuk mengangkat penumpang.

Pesawat pengangkat yang akan direncanakan akan dipergunakan pada gedung. Pesawat pengangkat yang dibutuhkan pada gedung ini adalah berupa elevator penumpang yang berfungsi untuk mempermudah manusia menjangkau dari satu tempat ke tempat yang lain. Dalam sekali pengangkatan diharapkan elevator penumpang ini mampu mengangkat beban penumpang dan beban kabin.

Elevator penumpang ini direncanakan mampu mengangkat beban penumpang 12 orang, bila berat 1 orang penumpang + 75 kg maka beban yang diangkat elevator penumpang ini dalam satu kali pengangkatan adalah  $12 \times 75$

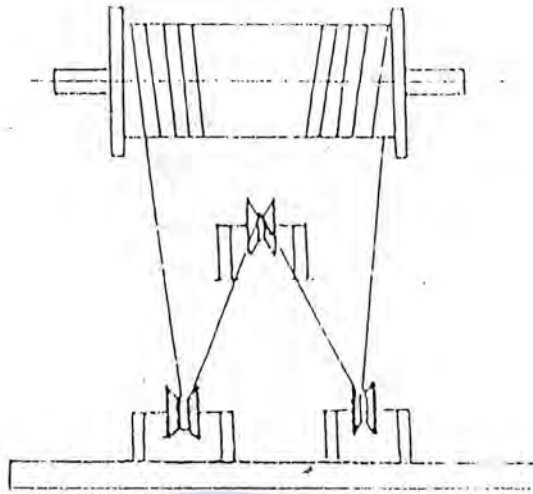
= 900 kg. Sedangkan kabin yang terbuat dari bahan-bahan aluminium, triplek, kaca, ambal, besi tuang dll, yang berukuran 1,75m x 1,50m x 2,25m yang berbobot 350 kg direncanakan mampu diangkat elevator ini. Untuk menjamin elemen-elemen pesawat inidari kelelahan akibat pemakaian berulang-ulang diambil faktor koreksi (fc) 1,2 maka dalam perencanaan ini daya angkat maksimum dari pesawat adalah  $(900+350) \times 1,2 = 1500$  kg. Tinggi angkat yang ingin direncanakan 25 m, kecepatan angkat 15 m/men, putaran motor 800 rpm.

## 2.2. BAGIAN UTAMA DAN SISTIM SUSPENSI RANGKAIAN TALI

Pesawat angkat elevator mempunyai komponen-komponen yang sangat penting. Kontruksi dari elevator-elevator adalah berikut ini:

- a. Motor Penggerak
- b. Pengereman
- c. Transmisi Roda Gigi
- d. Tromol
- e. Puli
- f. Kabin

Sedangkan elevator mempunyai sistim suspensi rangkaian tali. Sistim suspensi tali ini mempunyai 4 bengkokan. Seperti yang terlihat dalam gambar di bawah ini:

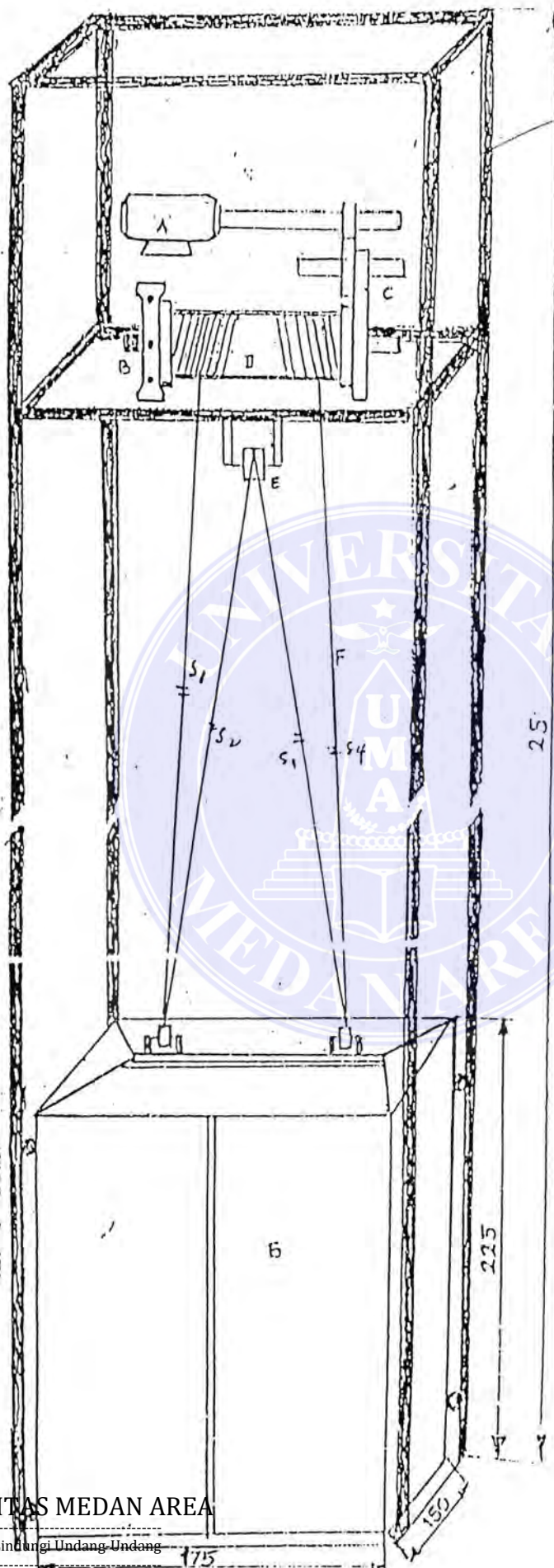


**Gambar 1. Sistem Suspensi Rangkaian Tali**

Komponen-komponen yang akan direncanakan dari pesawat angkat elevator ini adalah sebagai berikut :

- Tali pengangkat
- Pulli
- Tromol (drum)
- Transmisi daya
- Motor penggerak
- Pengereman





Gambar 2. Konstruksi Elevator

Keterangan :

- A = Motor Penggerak
- B = Pengetaman
- C = Sistem Transmisi
- D = Tromol
- E = Puli
- F = Tali pengangkat
- G = Kubur

### 2.3. TALI PENGANGKAT

Tali pengangkat yang digunakan pada pesawat pengangkat banyak jenisnya, diantara yang sering digunakan antara lain :

- Rantai
- Tali mania
- Tali baja

Dalam perencanaan pesawat pengangkat ini, jenis tali pengangkat yang digunakan adalah tali baja. Tali baja sangat umum digunakan pada pesawat-pesawat pengangkat, jika dibandingkan dengan jenis tali lain. Tali baja mempunyai keunggulan :

- Lebih ringan dari tali lain manila dan rantai
- Lebih tahan terhadap hentakan
- Operasi yang tenang walaupun pada kecepatan yang tinggi
- Keandalan operasi yang lebih tinggi

Dalam hal ini ukuran tali baja yang digunakan adalah  $6 \times 37 + 1$  fc, maksud dari tipe ini adalah 6 golongan, dimana tiap-tiap gulungan (pintalan) kecil terdiri dari 37 kawat-kawat baja yang kecil, sedangkan fc (fiber core) berfungsi agar talinya lemas dan fleksibel.

#### 2.3.1. PEMERIKSAAN TALI PENGANGKAT

Tali baja diperiksa terhadap umur atau lama pemakaian tali baja dan kekuatan. Sedangkan faktor-faktor yang mempengaruhi tali baja antara lain :

- Jumlah bengkokan
- Perbandingan diameter keping atau tromol dengan diameter tali baja ( $D_{min}/d$ ).

### 2.3.2. MENENTUKAN JUMLAH BENGKOKAN

Yang dimaksud dengan bengkokan adalah perubahan tali baja dari keadaan lurus jadi bengkok atau sebaliknya. Jumlah bengkokan dapat ditentukan berdasarkan banyaknya bentuk bengkok dan perubahan arah bengkok seperti yang terlihat pada gambar 1 dibawah ini.

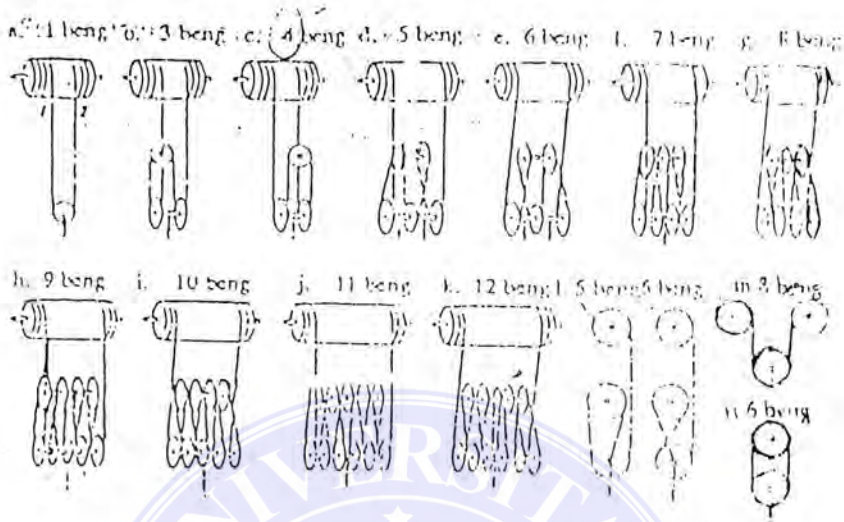
Untuk memperoleh tali baja yang sama dengan jumlah bengkokan yang berbeda dapat diperoleh dengan mengubah perbandingan  $D \text{ min/d}$ .

Tabel dibawah ini menunjukkan harga  $D \text{ min/d}$  yang merupakan fungsi jumlah bengkokan :

**Tabel 1 Harga  $D \text{ min/d}$  Berdasarkan Jumlah Bengkokan.....(4)**

Jumlah bengkokan	$D \text{ min/d}$	Jumlah Bengkokan	$D \text{ min/d}$
1	16	9	32
2	20	10	33
3	23	11	34
4	25	12	35
5	26,5	13	36
6	28	14	37
7	30	15	37,5
8	31	16	38





Gambar 3 Bentuk-bentuk Bengkokan

2.3.3. UKURAN TALI BAJA

Untuk menentukan berat tali baja dapat ditentukan dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$W = \frac{\pi}{4} \cdot D^2 \cdot b \cdot \gamma$$

Dimana : W = Berat tali baja (kg)

D = Diameter tali baja (0,11 dm)

b = Panjang tali (350 dm)

= Berat jenis (7,8 kg/dm)

maka :  $W = \frac{3,14}{4} \cdot (0,11)^2 \cdot 350 \cdot 7,8$

$$= 25,93 \text{ kg} \approx 26 \text{ kg}$$

Untuk menghitung ukuran-ukuran pada tali baja ini dapat digunakan

rumus :

$$\Sigma\sigma = \frac{\sigma_b}{K} = \frac{S}{F} + \frac{3}{4} \frac{\delta \cdot E}{D_{\min}} \text{ (kg/cm}^2\text{)} \dots\dots\dots(4).$$

Dimana :  $\Sigma\sigma$  = Jumlah tegangan yang terjadi (kg/cm)

$\sigma_b$  = Tegangan bengkok izin (160 kg/cm)

K = Faktor keamanan (6)

S = Beban yang berkerja pada tali baja (kg)

F = Luas penampang tali baja (cm

$$= \frac{\pi}{4} \cdot \delta^2 \cdot i$$

$D_{\min}/d$  = Perbandingan tromol dengan tali baja (=23)

i = Jumlah wayar dalam tali (6 x 37 = 222)

$\delta$  = Diameter wayar baja (mm)

E = Modulus elastis ( $2,1 \cdot 10^6$  kg/cm)

$$\begin{aligned} E &= E \cdot 3/8 \\ &= 2,1 \cdot 10^6 \cdot 3/8 \\ &= 8 \cdot 10^5 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

Beban yang diterima tali baja adalah :

$$\begin{aligned} S &= (\text{Beban penumpang} + \text{Beban kabin}) \cdot \text{Faktor koreksi} \\ &= (900 + 350) \cdot 1,2 \\ &= 1500 \text{ kg} \end{aligned}$$

Tali baja yang digunakan pada pesawat elevator ini terdiri dari empat buah, maka beban yang diterima setiap tali baja adalah : beban / 4 = 1500 / 4 = 375 kg.

Ketika beban diangkat terjadi tahanan gesekan dan tahanan perlawanan pada tali baja sehingga besar beban ( $S^1$ ) akan menjadi lebih besar, maka :

$$S^1 = \frac{S}{\eta}$$

Dimana :  $S^1$  = Beban setelah terjadi tahanan gesekan dan tahanan perlawanan

$\eta$  = Rendemen untuk tali baja = 0,95

$$S^1 = \frac{375}{0,95} = 394,737 = 400 \text{ kg}$$

Maka :  $\Sigma\sigma = \frac{\sigma b}{K}$

$$= \frac{160 \text{ kg/cm}^2}{6}$$

$$= 26,67 \text{ kg/cm}^2 = 2666,7 \text{ kg/mm}^2$$

$$\Sigma\sigma = \frac{S}{F} + \frac{3}{8} \frac{\delta \cdot E}{D \text{ min}} \text{ (kg/cm}^2\text{)}$$

$$\Sigma\sigma = \frac{S}{F} + \frac{E}{D \text{ min} / d \cdot 1,5 \cdot \sqrt{i}}$$

$$2666,7 = \frac{394,737}{\pi / 4 \cdot 222,8^2} + \frac{8 \cdot 10^5}{25 \cdot 1,5 \cdot \sqrt{222}}$$

$$2666,7 = \frac{394,737}{174,278^2} + 1431,79$$

$$2666,7 - 1431,79 = \frac{394,737}{174,278^2}$$



$$\delta = \sqrt{\frac{394,737}{215201,9568}}$$

$$\delta = 0,045 \text{ cm} = 0,45 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} \text{Maka : } d &= 1,5 \cdot \delta \cdot \sqrt{i} \\ &= 1,5 \cdot 0,45 \cdot \sqrt{222} = 10,09 \text{ mm} \end{aligned}$$

Karena harga 10,09 mm tidak ada dalam ukuran alur tromol maka diambil harga yang berdekatan = 11 mm.

Dengan demikian harga Dmin adalah :

$$\begin{aligned} D_{\min}/d &= 23 \\ D_{\min} &= d \cdot 23 \\ &= 11 \cdot 23 = 253 \end{aligned}$$

#### 2.3.4. UMUR TALI BAJA

Umur tali baja dapat ditentukan dengan menggunakan rumus :

$$N = \frac{Z}{a \cdot Z_2 \cdot \beta \cdot \varphi} \dots \dots \dots (4)$$

Dimana : N = Umur tali baja

a = Jumlah siklus kerja rata-rata per bulan, a – 3400

Z<sub>2</sub> = Jumlah lengkungan berulang per siklus kerja

= Faktor perubahan daya tahan tali, harga β = 0,3

Z = Jumlah lengkungan

$$\varphi = \frac{Z}{Z_1} = 2,5$$

Untuk menentukan besarnya Z digunakan rumus:

$$A = m \cdot \sigma \cdot C \cdot C_1 \cdot C_2 \text{ dimana } A = \frac{D}{d} = 23$$

$$23 = m \cdot \sigma \cdot C \cdot C_1 \cdot C_2$$

Dimana :  $\sigma$  = Tegangan tali baja yang sebenarnya

$m$  = Faktor yang tergantung pada jumlah lengkungan

$C$  = Faktor yang memberi karakteristik kontruksi tali dan kekuatan tali maximum bahan kawat, harga  $C = 1,06$

$C_1$  = Faktor yang tergantung pada tali baja,  $C_1 = 0,93$

$C_2$  = Faktor yang menentukan faktor produksi,  $C_2 = 1$

$$P = \frac{1500}{4.0,95} = 2666,67\text{kg}$$

$$= \frac{2666,67}{160} = 16,67$$

$$\text{sehingga } m = \frac{A}{\sigma.C.C_1.C_2} = \frac{23}{16,67.1,06.0,93.1} = 1,39$$

Dari tabel 11... (4), Harga  $m = 1,39$  tidak ada maka kita ambil harga  $m = 1,40$  sehingga  $Z$  dapat diketahui yaitu  $Z = 210.000$ .

$$\text{Maka ; } N = \frac{210000}{3400.3.0,3.2,5}$$

$$= \frac{210000}{7650}$$

$$= 27,45$$

Dari hasil perhitungan, tali baja yang dpakai dapat dipergunakan selama  $\pm 28$  bulan.

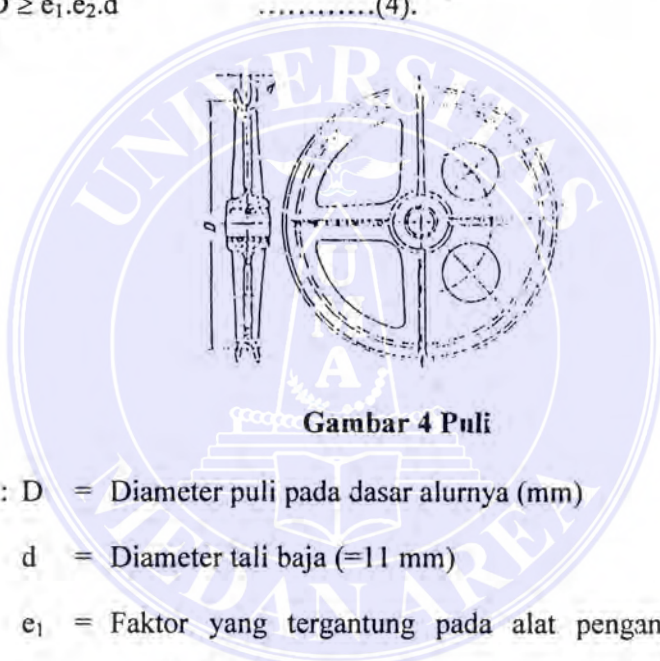
**2.4. PULI**

Pulli berfungsi sebagai jalur pergerakan tali baja pengangkat. Pulli terdiri dari 2 jenis bagian yaitu :

1. Pulli tetap (Fixed Pulley)
2. Pulli bergerak (Movable Pulley)

Dalam perencanaan pesawat pengangkat elevator ini digunakan jenis pulli tetap dan jenis pulli bergerak. Untuk menentukan diameter pulli (D) digunakan rumus :

$$D \geq e_1 \cdot e_2 \cdot d \dots\dots\dots(4).$$



**Gambar 4 Pulli**

- Dimana :
- D = Diameter puli pada dasar alurnya (mm)
  - d = Diameter tali baja (=11 mm)
  - e<sub>1</sub> = Faktor yang tergantung pada alat pengangkat dan kondisi operasinya  
= 25 ...../(4).
  - e<sub>2</sub> = Faktor yang tergantung pada konstruksi tali baja  
= 1 .....(4).

maka :

$$D \geq e_1 \cdot e_2 \cdot d$$

$$\geq 25 \cdot 1 \cdot 11$$

$$\geq 275 \text{ mm}$$



Untuk menentukan ukuran-ukuran puli secara menyeluruh dapat dilihat pada tabel berikut ini dengan ukuran tali baja yang direncanakan  $(d) = 11 \dots (4)$ .

**Tabel 4 Roda Puli Untuk Tali Kawat Baja**

Diameter tali	A	B	C	e	H	t	r	r <sub>1</sub>	r <sub>2</sub>	r <sub>3</sub>	r <sub>4</sub>
4,8	22	15	5	0,5	12,5	8	4,0	2,5	2,0	8	6
6,2	22	15	5	0,5	12,5	8	4,0	2,5	2,0	8	6
8,7	28	20	6	1,0	15,0	8	5,0	3,0	2,5	9	6
11,0	40	30	7	1,0	25,0	10	8,5	4,0	3,0	12	8
13,0	40	30	7	1,0	25,0	10	8,5	4,0	3,0	12	8
15,0	40	30	7	1,0	25,0	10	8,5	4,0	3,0	12	8
19,0	55	40	10	1,5	30,0	15	12,0	5,0	5,0	17	10
24,0	65	50	10	1,5	37,0	18	14,5	5,0	5,0	20	15
28,0	80	80	12	2,0	45,0	20	17,0	6,0	7,0	25	15
34,5	90	90	15	2,0	55,0	22	20,0	7,0	8,0	28	20
39,0	110	85	18	2,9	65,0	22	25,0	9,0	10,0	40	30



**Gambar 5 Alur Cakra Puli**

Untuk menentukan diameter poros puli dengan bahan S 45C dengan  $\sigma_B = 50$  kg/cm (kekuatan tarik yang diizinkan pada bahan S45C) digunakan rumus :

$$P = \frac{Q}{1.d} \dots (4).$$

Dimana : P = Tegangan yang terjadi pada poros pulli

$$(v = 0,1 \text{ m/det, maka } P = 75 \text{ kg/cm}^2) \dots\dots\dots(4)$$

l = Panjang keping

d = Diameter poros pulli

Q = Beban (1500:2=750 kg)

l/d = 1,5 – 1,8 (diambil 1,5), sehingga l=1,5 d

Dengan demikian ukuran poros pulli dapat dicari :

$$P = \frac{Q}{(1,5.d).d}$$

$$75 = \frac{750}{1,5d^2}$$

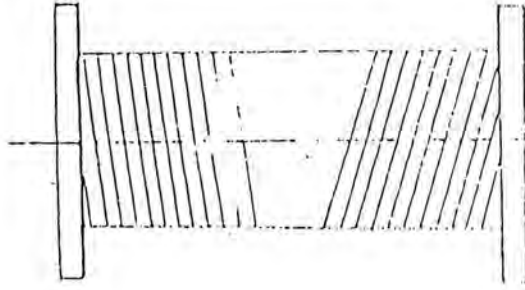
$$d = \sqrt{\frac{750}{1,5.75}}$$

$$d = 2,582 = 30 \text{ mm}$$

## 2.5. TROMOL

Tromol pada pesawat pengangkat elevator ini untuk menggulung tali pengangkat. Jenis tromol yang dipergunakan adalah tromol beralur majemuk.

Kegunaan alur ini adalah tempat lilitan tali pengangkat sehingga tali pengangkat ini tidak akan saling tindih menindih pada saat tromol berputar. Tromol ini terbuat dari besi tuang. Untuk lebih jelas bentuk dan ukuran tromol ini dapat dilihat pada gambar dibawah ini :



Gambar 6 Tromol

2.5.1. MENENTUKAN UKURAN TROMOL

Tromol dengan satu lilitan tali hanya mempunyai satu alur spiral kanan sedangkan tromol yang dipakai bagi dua bagian tali mempunyai dua jenis alur yaitu alur spiral kanan kiri. Jumlah lilitan pada tromol untuk satu tali suspensi adalah :

$$n = \frac{H.i}{\pi.D} + 2 \dots\dots\dots(4)$$

Dimana : n = Jumlah lilitan

D = Diameter tromol ( =253 mm )

H = Tinggi angkatan ( =25000 mm )

i = Perbandingan sistim pulli (diambil 2)

$$n = \frac{25000.2}{\pi.253} + 2 = 62,907 + 2$$

$$n \approx 65 \text{ lilitan}$$

Pada perencanaan digunakan tromol majemuk. Untuk menghitung panjang total tromol dapat ditentukan dengan rumus :

$$L = \left[ \frac{H.i}{\pi.D} + 12 \right] .s + I_1$$



Dimana :  $L$  = Panjang tromol (mm)

$l_1$  = Jarak antara alur kiri dan kanan (diambil 100 mm)

$s$  = Jarak antara (Pitch)

$s$  = 13 , berdasarkan  $d$  tali 11 mm ..... (2)

$$L = \left[ \frac{25000.2}{\pi.253} + 12 \right] . 13 + 100$$

$$L = (31,45+12).13+100$$

$$L = 1073,792 \approx 1074 \text{ mm}$$

Untuk menentukan tebal tromol (drum) dapat ditentukan dengan rumus :

$$\begin{aligned} W &= 0,02 D + (0,6 - 1,0) \text{ cm} \\ &= 0,02.253 + 10 \text{ mm} = 15,06 \text{ mm} \approx 16 \text{ mm} \end{aligned}$$

Untuk menentukan berat tromol dapat ditentukan dengan rumus :

$$G = \frac{\pi}{4} \cdot (D_1^2 - d_0^2) \cdot L \cdot \gamma$$

Dimana :  $G$  = Berat tromol (kg)

$D_1$  = Diameter tromol (253 mm)

$D_0$  = Diameter dalam tromol

$$= (D_1 - 2 \cdot w = 253 - 2 \cdot 16 = 221 \text{ mm})$$

$L$  = Panjang tromol (1073,792 mm )

$\gamma$  = Berat jenis ( $7,8 \text{ kg/dm}^3 = 7,8 \cdot 10^{-6} \text{ kg/mm}^3$ )

$$G = \frac{\pi}{4} \cdot (253^2 - 221^2) \cdot 1073,792 \cdot 7,8 \cdot 10^{-6}$$

$$= \frac{\pi}{4} \cdot (64009 - 48841) \cdot 1073,792 \cdot 7,8 \cdot 10^{-6}$$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{\pi}{4} \cdot 15168.1073,792.7,8.10^{-6} \\
 &= \frac{\pi}{4} \cdot 16287277,06.7,8.10^{-6} \\
 &= 99,771 \text{ kg} \\
 &\approx 100 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

**Tabel 5. Ukuran Alur (Drum)**

Diameter tali	r <sub>1</sub>	Alur standar		Alur dalam			Diameter tali	r <sub>1</sub>	Alur standar		Alur dalam		
		S <sub>1</sub>	C <sub>1</sub>	S <sub>3</sub>	C <sub>2</sub>	r <sub>2</sub>			S <sub>1</sub>	C <sub>1</sub>	S <sub>2</sub>	C <sub>2</sub>	r <sub>2</sub>
4.8	3.5	7	2	9	4.5	1.0	19.5	11.5	22	5	27	13.5	2.0
6.2	4.0	8	2	11	5.5	1.5	24.0	13.5	27	6	31	10.0	2.5
8.7	5.0	11	3	13	6.5	1.5	28.0	15.5	31	8	36	18.0	12.5
11.0	7.0	13	3	17	8.5	1.5	34.5	19.0	38	10	41	22.0	3.0
13.0	8.0	15	4	19	9.5	1.5	39.0	21.0	42	12	50	24.5	3.5
13.2	9.0	17	5	2	11.0	2.0							

Dalam perencanaan ini perlu diketahui apakah tromol ini tahan terhadap tegangan-tegangan yang terjadi. Adapun tegangan-tegangan yang timbul pada tromol ini diantara adalah tegangan tekan, tegangan bengkok. Untuk mengetahui besarnya tegangan tekan maksimum yang dialami oleh tromol dapat dicari dengan menggunakan rumus :

$$\sigma_{maks} = \frac{S}{s.w}$$

Dimana :  $\sigma_{maks}$  = Tegangan tekan maksimum (kg/cm<sup>2</sup>)

S = Besar beban (kg)

Beban yang dialami tromol adalah setengah dari beban keseluruhan dan setengah lagi dialami keping tetap. Berdasarkan sistim tali suspensi maka beban yang diangkat tromol adalah  $1500/4=375$  kg

w = Tebal tromol (cm)

s = Jarak antara pitch (cm)

$$\begin{aligned}\sigma_{\text{maks}} &= \frac{394}{1,6,1,1} \\ &= 224,28 \approx 225 \text{ kg/cm}^2\end{aligned}$$

Besar tegangan tekan yang diizinkan untuk besi tuang adalah  $1000 \text{ kg/cm}^2$ . Dari hasil perhitungan tegangan tekan maksimum  $= 225 \text{ kg/cm}^2$ , dapat diambil kesimpulan bahwa tegangan tekan yang terjadi pada tromol lebih kecil dari tegangan tekan yang diizinkan, maka tromol aman untuk digunakan.

### 2.5.2. POROS TROMOL

Dalam perencanaan ini poros tromol juga merupakan bagian penting dari mekanisme pengangkat. Poros tromol ini harus kuat terhadap pembebanan lentur yang terjadi. Jika titik tangkap gaya-gaya yang bekerja pada bantalan poros direncanakan sejauh 95 mm, dengan demikian momen yang terjadi adalah :

$$M = \frac{Q}{2} \cdot R = \frac{1500}{2} \cdot 95 = 71250 \text{ kg/mm}$$

Poros tromol ini direncanakan menggunakan bahan S 45 C, sehingga harga tegangan geser adalah :



$$\sigma_a = \frac{\sigma_b}{sf_1 \cdot sf_2} \dots\dots\dots(5)$$

Dimana :  $\sigma_a$  = Tegangan geser

$\sigma_B$  = Tegangan tarik poros (untuk bahan S 45 C = 58 kg/mm<sup>2</sup>)

$sf_1$  = Faktor keamanan kelelahan (diambil harga = 6)

$sf_2$  = Faktor keamanan karena kekerasan permukaan (diambil harga = 2,5)

$$\begin{aligned} 7\sigma_a &= \frac{58}{6.25} \\ &= 3,86 \frac{\text{kg}}{\text{mm}^2} \end{aligned}$$

Dengan demikian diameter poros dapat dihitung dengan menggunakan rumus :

$$ds = \left[ \frac{5,1}{\sigma} \cdot kt \cdot C_b \cdot M \right]^{\frac{1}{3}} \dots\dots\dots(5)$$

Dimana :  $ds$  = Diameter poros (cm)

$K_1$  = Faktor koreksi (1,2-1,5) diambil 1,4

$C_b$  = Beban lentur (1,2-2,3) diambil 2,0

$M$  = Momen (71250kg/ram)

$\sigma_a$  = Tegangan geser (3,86 kg/mm<sup>2</sup>)

$$\begin{aligned} ds &= \left[ \frac{5,1}{3,86} \cdot 1,4 \cdot 2,0 \cdot 71250 \right]^{\frac{1}{3}} \\ &= 64,117 \text{ mm} \approx 65 \text{ mm} \end{aligned}$$

Untuk mengetahui besarnya tegangan geser yang dialami oleh poros tromol dapat dicari dengan menggunakan rumus dibawah ini :

$$\sigma_a = \frac{F}{A}$$

Dimana :  $\sigma_a$  = Tegangan geser yang dialami poros ( $\text{kg}/\text{cm}^2$ )

F = Gaya yang terjadi pada tromol (kg)

$$= \frac{\text{beban}}{2}$$

$$= \frac{\text{beban yang diterima tromol} + \text{berat tromol} + \text{berat tali}}{2}$$

$$= \frac{394.2 + 100 + 48}{2} = 457 \text{ kg}$$

A = Luas penampang ( $\text{cm}^2$ )

$$= \pi/4 \cdot D^2$$

$$= 3,14/4 \cdot 6,5^2 = 33,183 \text{ cm}^2$$

maka :  $\sigma_a = \frac{457}{33,183}$

$$= 13,77 \text{ kg}/\text{cm}^2$$

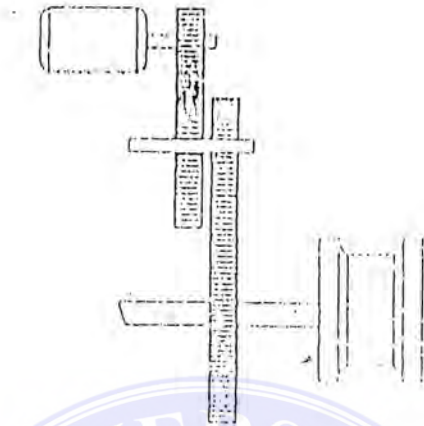
$$\approx 4 \text{ kg}/\text{cm}^2$$

Dari hasil perhitungan diatas dapat diambil kesimpulan bahwa tegangan geser ( $\sigma_a$ ) = 14  $\text{kg}/\text{cm}^2$  lebih kecil dari tegangan geser izin ( $\sigma_a$ ) = 386  $\text{kg}/\text{cm}^2$ , sehingga dapat disimpulkan poros tromol aman untuk digunakan.

## 2.6. MOTOR PENGGERAK

Sumber tenaga penggerak yang diperlukan untuk mengangkat mekanisme pengangkat pada perencanaan ini adalah motor listrik. Pemandahan daya dari

motor ke transmisi roda gigi hingga ke tromol dapat dilihat pada gambar dibawah ini.



Gambar 7 Tenaga Penggerak

### 2.6.1. DAYA MOTOR

Untuk menentukan daya motor pada mekanisme pengangkat ini dapat ditentukan dengan rumus :

$$N = \frac{Q \cdot v}{75 \cdot \eta} \quad \dots \dots \dots (4)$$

Dimana : N = Daya (Hp)

Q = Beban (kg)

= Beban tromol + berat tromol + berat tali pengangkat

= (788 + 100 + 48) = 914 kg

$\eta$  = Koefisien mekanisme (0,90)

v = Kec. Angkat (15 m/men=0,25 m/det)

$$N = \frac{914 \cdot 0,25}{75 \cdot 0,9}$$

= 3,385 Hp



Sedangkan dalam penentuan daya motor ( $N_d$ ) dapat ditentukan dengan rumus :

$$N_d = F_c \cdot N$$

Dimana :  $F_c$  = Faktor koreksi (1,2)

$N$  = Daya moto (Hp)

$$\begin{aligned} \text{Maka : } N_d &= 1,2 \cdot 3,385 \\ &= 4,06 \text{ Hp} \end{aligned}$$

Dengan melihat tabel dari (5), daya motor 4,06 Hp, maka diambil ukuran harga yang terdekat yaitu 4 Hp.

### 2.6.2. MENENTUKAN MOMEN-MOMEN GAYA

Motor penggerak ini perlu diperiksa terhadap beban lebih. Untuk menentukan momen tahanan statis dapat ditentukan dengan rumus :

$$M_{st} = 71620 \cdot \frac{N_d}{n} \dots\dots\dots(4)$$

Dimana :  $M_{st}$  = Momen tahanan statis (kg/cm)

$N_d$  = Motor daya (4 Hp)

$n$  = Putaran (800 rpm)

$$\begin{aligned} \text{Maka : } M_{st} &= 71620 \cdot \frac{4}{800} \\ &= 358,1 \text{ kg/cm} = 3,581 \text{ kgm} \end{aligned}$$

Untuk menentukan momen gaya dinamis ( $M_{din}$ ) dapat di gunakan rumus :

$$M_{din} = \frac{8.GD^2 \cdot n}{375.ts} + \frac{0,975.G^1.v^2}{n.ts.\eta} \dots\dots\dots(4)$$

Dimana :  $\delta$  = Koefisien transmisi (1,1-1,25 diambil 1,2) .....(4)

$GD^2$  = Momen girasi rotor motor (0,12 kg/m<sup>2</sup>) .....(5)

$t_s$  = Waktu start (1,5-5 detik diambil 2 detik)

$G^1$  = Beban

= Beban diangkat tromol+berat tromol+berat tali pengangkat

= 788 + 100 + 26

= 914 kg

$v^2$  = Kecepatan angkat (15 m/men= 0,25 m/det)

$\eta$  = Efisiensi sistim transmisi (0,85)

$$M_{din} = \frac{1,2 \cdot 0,12 \cdot 800}{375 \cdot 2} + \frac{0,975 \cdot 914 \cdot 0,25^2}{800 \cdot 2 \cdot 0,85}$$

= 0,1536 + 0,0409

= 0,194 kg

Momen gaya motor saat penstartan yang akan digunakan untuk mengatasi perlawanan statik dan gaya inersia dapat dihitung dengan menggunakan rumus:

$$M_{motor} = M_{st} + M_{din}$$

$$M_{motor} = 3,581 + 0,194$$

= 3,775 kgm

Untuk menentukan harga momen gaya ternilai motor dapat ditentukan dengan menggunakan rumus :

$$M_{rated} = 716,20 \frac{N}{n}$$

$$= 716,20 \frac{3,385}{800}$$

= 3,030 kgm

**2.6.3. Pemeriksaan Motor Terhadap Beban Lebih**

Dalam perencanaan ini perlu diperhatikan ketahanan motor terhadap beban lebih dapat ditentukan dengan menggunakan rumus :

$$\frac{M_{motor}}{M_{rated}} \leq 2,5$$

$$\frac{3,771kgm}{3,030kgm} \leq 2,5$$

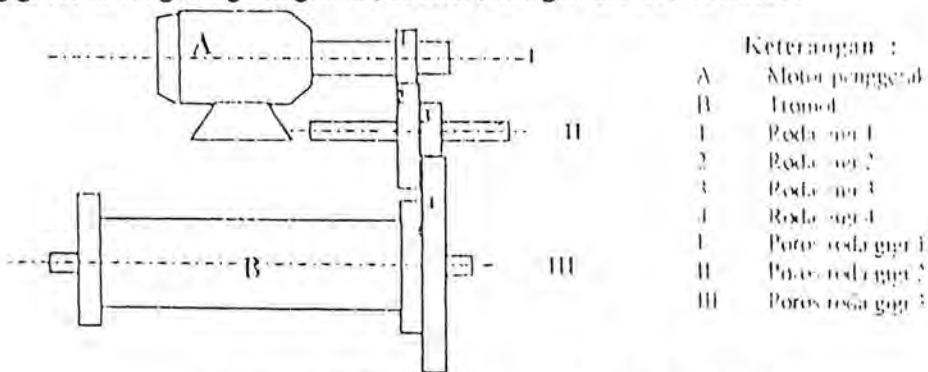
$$1,245 \leq 2,5$$

Dari hasil perhitungan ternyata perbandingan momen gaya motor dengan momen gaya statis motor lebih kecil dari momen beban yang diterima oleh motor maka dapat diambil kesimpulan motor aman terhadap beban.

**2.7. TRANSMISI DAYA**

Komponen utama dalam perencanaan ini adalah roda gigi lurus. Roda gigi adalah berupa roda yang pada kelilingnya dibuat bergigi yang berbentuk silinder atau kerucut yang fungsinya pada perencanaan ini adalah mentransmisikan daya dan putaran yang berasal dari motor ke tromol.

Transmisi yang direncanakan adalah transmisi dengan menggunakan roda gigi lurus dengan tiga tingkatan, seperti pada gambar di bawah ini :



**Gambar 8 Sistem Transmisi Pada Elevator**



## BAB III

### METODOLOGI PENELITIAN

#### 3.1. Pengambilan Judul Tugas Akhir

Pengajuan judul dilakukan untuk mengetahui judul apa yang akan dibawa pada saat seminar nanti sebagai persyaratan untuk memperoleh gelar sarjana teknik pada Fakultas Teknik jurusan Mesin Universitas Medan Area.

#### 3.2. Refrensi

Setelah pengajuan berkass untuk tugas akhir baru mencari tempat sebagai acuan dan aplikasinya di masyarakat yaitu dengan dilaksanakannya riset tugas akhir.

#### 3.3. Survey Lapangan

Survey lapangan dilakukan untuk mencocokkan hasil yang didapat dari dosen apakah temuan yang dilakukan di lapangan sama atau tidak.

#### 3.4. Pengajuan Proposal

Dalam hal ini pengajuan proposal dilakukan untuk memenuhi syarat-syarat tugas akhir.

#### 3.5. Seminar

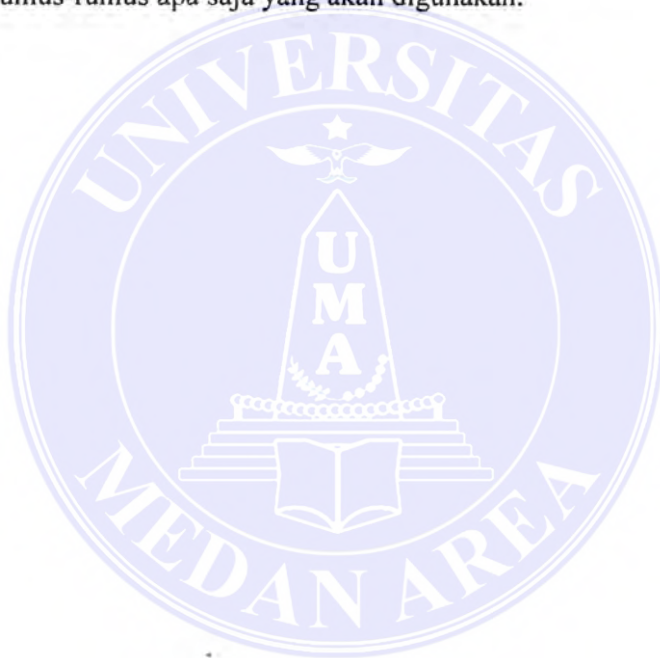
Setelah pengajuan proposal dilakukan, baru pengajuan seminar tugas akhir tentang judul yang dibawa.

### 3.6. Pengumpulan Data

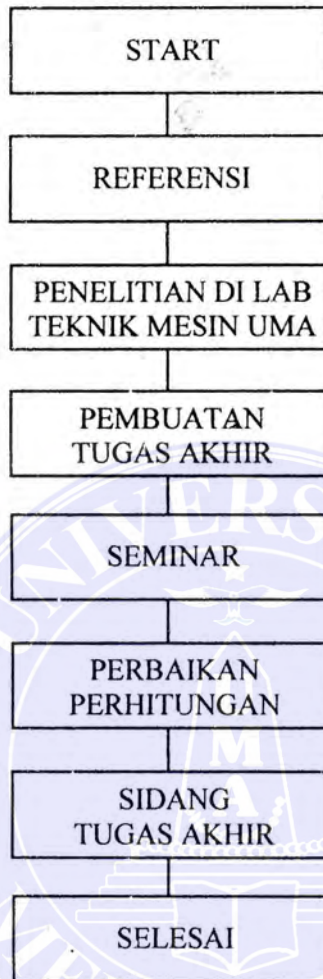
Pengumpulan data dilakukan setelah proses seminar selesai untuk melengkapi data-data yang ada sehingga penyusuna tugas akhir ini nanti tidak ada keragu-raguan.

### 3.7. Analisa Perhitungan

Analisa perhitungan dilakukan setelah proses pengambilan data selesai dilakukan sehingga dalam proses analisa perhitungan nantinya sesuai dengan data yang ada dan rumus-rumus apa saja yang akan digunakan.



### METODOLOGI PENELITIAN





## BAB V

### KESIMPULAN

Dalam perencanaan transmisi roda gigi pada pesawat angkat elevator ini bagian-bagian yang direncanakan adalah :

#### 1. Spesifikasi motor penggerak

Daya motor = 4 HP = 2,944 KW

Putaran = 800 rpm

Kec. Angkat = 15 m/men

Kapasitas angkat = 1500 kg

#### 2. Poros I

Diameter poros = 30 mm

Panjang poros = 200 mm

Bahan poros = baja karbon S 45 C

#### Poros II

Diameter poros = 48 mm

Panjang poros = 250 mm

Bahan poros = baja karbon S 45 C

#### Poros III

Diameter poros = 78 mm

Panjang poros = 300 mm

Bahan poros = baja karbon S 45 CP

#### 3. Roda Gigi I

Jenis roda gigi adalah roda gigi lurus

Diameter lingkaran jarak bagi = 42 mm

Diameter lingkaran kaki = 37 mm

Diameter lingkaran kepala = 46 mm

Lebar roda gigi = 16 mm

Banyaknya gigi = 21 gigi

#### Roda Gigi 2

Jenis roda gigi adalah roda gigi lurus

Diameter lingkaran jarak bagi = 210 mm

Diameter lingkaran kaki = 205 mm

Diameter lingkaran kepala = 214 mm

Lebar roda gigi = 16 mm

Banyaknya gigi = 105 gigi

#### Roda Gigi 3

Jenis roda gigi adalah roda gigi lurus

Diameter lingkaran jarak bagi = 68 mm

Diameter lingkaran kaki = 63,5 mm

Diameter lingkaran kepala = 72 mm

Lebar roda gigi = 16 mm

Banyaknya gigi = 34 gigi

#### Roda Gigi 4

Jenis roda gigi adalah roda gigi lurus

Diameter lingkaran jarak bagi = 270 mm

Diameter lingkaran kaki = 265,5 mm

Diameter lingkaran kepala = 274 mm

Lebar roda gigi = 16 mm

Banyaknya gigi = 135 gigi

#### 4. Tromol

Diameter tromol = 253 mm

Berat tromol = 100 kg

Panjang tromol = 1073,792 mm

Tebal tromol = 16 mm





## DAFTAR PUSTAKA

1. Baslim Abbas, Ir., 1953, “**Pesawat-Pesawat Angkat**” H Steam, Jakarta.
2. Gustav Nieman., 1978, “**Machine Element**”, Stringerverlag, volume 2, New York.
3. Joseph E. Shigley/Larry D. mitchell., 1983, “**Mechanical Engineering Desain**”, edisi ke 4, McGraw-Hill Internasional Book, Company.
4. Rudenko N., 1967, “**Material Handling Equipment**”, Peace Publisher, Second edition, Moscow.
5. Sularso, Ir. MSME dan Kiyokatsu Suga, Prof., 1978, “**Dasar-Dasar Perencanaan dan Pemilihan Elemen Mesin**”, Pradnya Paramit, Jakarta.

