

PERANCANGAN SPRING BUFFER ELEVATOR KAPASITAS 2 TON DENGAN KETINGGIAN LIMA LANTAI

Naryono, Ery Diniardi, Yamal Hidayat
Jurusan Mesin, Universitas Muhammadiyah Jakarta

Abstrak. Elevator merupakan suatu sistem pengangkat yang digunakan untuk mengangkat penumpang secara vertikal, yang dilengkapi dengan kereta dan digerakkan dengan motor, dan diangkat oleh perlengkapan pengangkat yang bergerak didalam ruang luncur (hoist way) serta dapat dikendalikan sesuai dengan kehendak pemakai. Dan untuk sistem pengaman digunakanlah (spring buffer) yang diletakan pada bagian dasar ruang luncur (hoist way) yang berguna untuk meyangga atau meredam car elevator bila terjadi kegagalan pada system elevator.

Elevator ini merupakan hasil perpaduan kerja antara mechanical dengan electrical, sehingga bentuknya dirancang praktis dan system pengontrolanya otomatis. Pada elevator yang digunakan untuk mengangkut penumpang, kekuatan harus dirancang sekuat mungkin agar penumpang merasa aman dan nyaman. Yang perlu ditekankan dalam perancangan elevator ini adalah system pengaman ketika elevator jatuh kelantai paling dasar dari ketinggian yaitu perancangan balok penyangga.

Pada kesempatan ini penulis melakukan perhitungan-perhitungan diantaranya jarak jatuh bebas, kecepatan saat jatuh bebas, besar gaya tekan setelah jatuh bebas, dimensi pegas, dimensi silinder piston, silinder shock absorber, flens penahan pegas, massa jenis fluida, saluran lubang kontrol oli, menentukan diameter saluran lubang pemasukan oli, menentukan diameter saluran lubang pembuangan oli, menghitung diameter baut pelat dasar, dan spesifikasi dari spring buffer, dengan kapasitas penumpang maksimum 26 orang atau 2000 kg.

Selanjutnya penulis melakukan pemeriksaan terhadap kekuatan dan keamanan spring buffer elevator, agar hasil rancangan yang dirancang layak untuk digunakan dan aman untuk mengangkat penumpang sehingga menjadi efektif dan efisien.

Kata kunci: elevator, spring buffer

PENDAHULUAN

LATAR BELAKANG

Kemajuan ilmu pengetahuan dan teknologi mengubah peradaban manusia terutama di kota-kota besar seperti Jakarta, untuk memanfaatkan lahan perkotaan semaksimal mungkin khususnya dalam membangun gedung-gedung perkantoran dan gedung-gedung apartemen. Sejalan dengan perkembangan arsitektur dan perencanaan wilayah tata ruang kota, maka dibangunlah gedung-gedung bertingkat untuk menghemat areal lahan guna memenuhi kebutuhan manusia. Kemudian timbul masalah bila gedung semakin tinggi, maka hubungan antar lantai tidak efektif dan waktu yang dibutuhkan untuk mencapai lantai demi lantai tidak efisien lagi. Oleh karena itu dibuatlah alat angkut yang efektif dan efisien untuk gedung-gedung bertingkat yang kita kenal dengan lift atau elevator.

Lift atau elevator ini digunakan untuk mengangkut manusia atau barang secara vertikal, yang dilengkapi dengan kereta (car) dan digerakan dengan motor,bergerak pada rel penuntun tetap yang terletak pada ruang luncur (hoistway) serta dapat dikendalikan sesuai dengan kehendak pemakainya.

Keuntungan yang dapat diperoleh manusia dengan menggunakan sarana elevator ini antara lain :

- Efisien terhadap waktu
- Meningkatkan produktifitas kerja
- Dapat menghemat energi

Elevator ini merupakan hasil perpaduan kerja antara mekanikal dengan elektrikal, sehingga bentuknya dirancang praktis dan sistim pengontrolanya otomatis. Pada elevator yang digunakan manusia, interiornya harus dirancang senyaman mungkin sehingga memberi kepuasan pada penggunanya.

Selain faktor kenyamanan faktor yang tidak kalah pentingnya untuk diperhatikan adalah faktor keamanan. Penitik berat pada salah satu faktor keamanan salah satunya adalah mengantisipasi kecelakaan yang sering terjadi karena frekwensi kerja elevator yang terlalu tinggi.

Sebagai suatu sistem keamanan dari elevator, spring buffer (penyangga) harus dirancang secara baik guna meminimalisir resiko yang fatal jika sistem-sistem terdahulu tidak dapat bekerja dengan baik.

Sistem buffer yang diinginkan adalah sistem yang mempunyai tingkat keamanan yang baik, serta tingkat perawatan dan pengoperasian yang mudah untuk menjaga kondisi spring buffer dalam keadaan selalu baik

LANDASAN TEORI

Definisi Balok penyangga (Buffer)

Buffer ialah balok penyangga yang diletakkan pada bagian dasar terowongan lift (hoist way). Fungsi utama dari buffer ialah untuk menyangga atau meredam getaran kereta apabila kereta tersebut mengalami benturan. Benturan semacam ini dapat terjadi apabila kereta bergerak melewati batas landas pada lantai dasar. Pada prinsipnya sistem buffer terdiri dari suatu sistem hidrolik, yaitu suatu sistem yang memanfaatkan fluida tak mampu mampat (incompressible) sebagai media dalam penerimaan, penyerapan dan pelepasan yang di terima dari sistem buffer, yang terletak pada bagian dasar terowong elevator (Hoistway).

Prinsip dasar Sistem spring buffer

Dalam suatu perancangan beberapa hal yang harus dipertimbangkan antara lain :

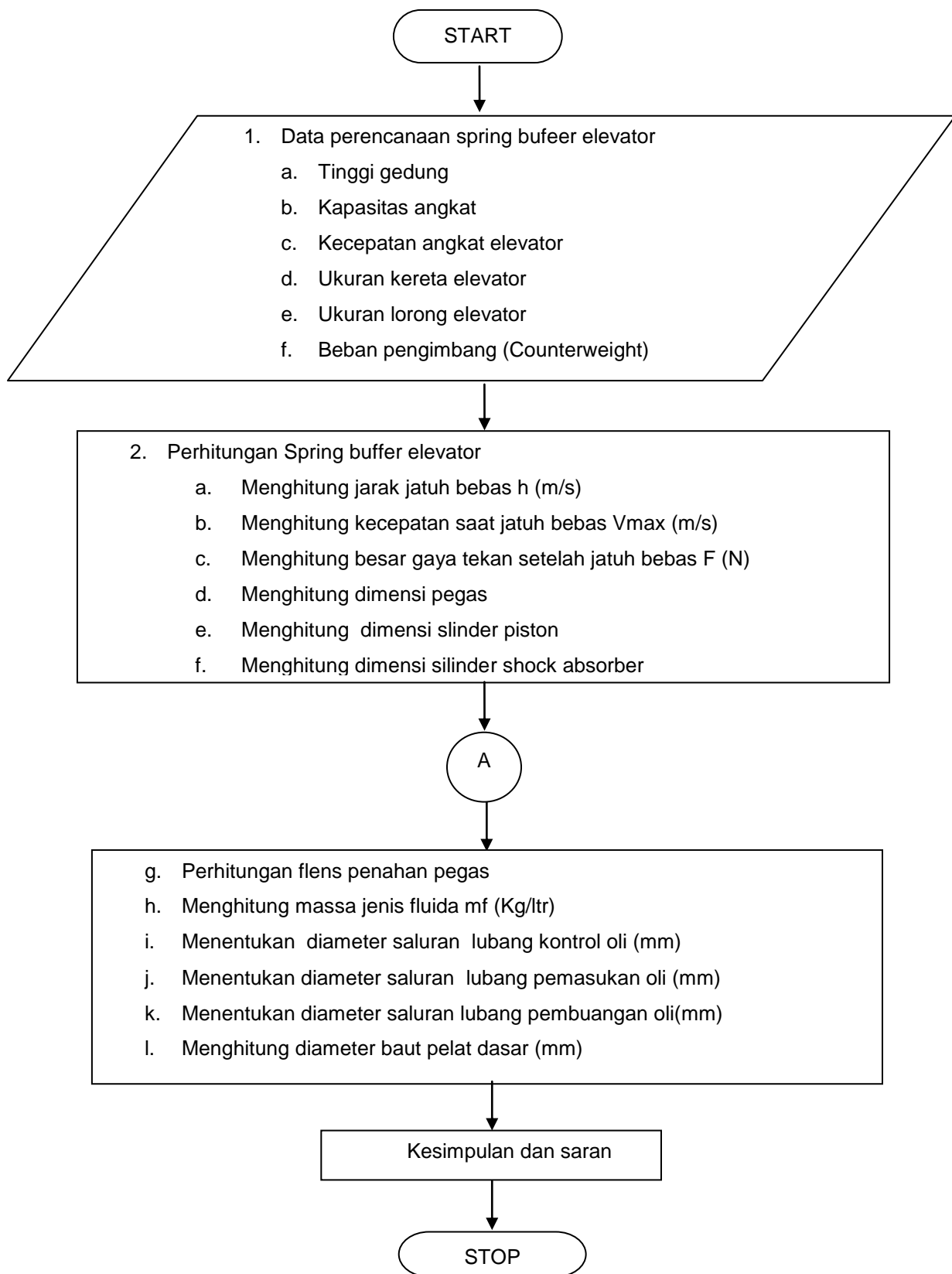
- a. Kekuatan dan ketahanan rancangan
Dalam setiap perancangan faktor kekuatan dan ketahanan rancangan dianggap sebagai suatu bagian yang vital terutama jika perancangan terhadap suatu sistem dikaitkan dengan penggunaan terhadap manusia.
- b. Kesederhanaan dalam perancangan
Kesederhanaan dari suatu rancangan merupakan nilai penunjang dari suatu perancangan, karena rancangan yang sederhana selalu berbanding lurus dengan kemudahan perawatannya.
- c. Kemudahan dalam pengoperasian merupakan tambahan terhadap suatu perancangan yang sederhana, karena pada perancangan yang sederhana harus diikuti dengan kemudahan dalam pengoperasian.
- d. Komponen-komponen yang dipergunakan terdapat dipasaran, hal yang tidak kalah penting dalam suatu perancangan adalah penggunaan komponen-komponen yang ada dipasaran, sehingga bila terjadi kerusakan pada suatu komponen pada sistem buffer penggantian komponen akan lebih mudah.

Cara Kerja Spring Buffer

Tugas utama dari sistem buffer adalah menerima, menyerap dan melepaskan energi akibat pembebanan yang diterima buffer. Sistemika kerja dari sistem ini adalah :

- a. Pedal saat elevator jatuh dan menimpa buffer karet penahan berfungsi sebagai bagian pertama mengalami pembebanan yang berfungsi mengurangi kerusakan pada silinder piston dan bagian dasar kereta.
- b. Silinder plunger akan tertekan dan mulai bergerak kebawah menekan fluida yang berada pada silinder shock absorber.
- c. Karena plunger turun, secara otomatis pegas juga tertekan (terkompresi)
- d. Akibat tekanan dari silinder piston, tekanan fluida akan naik sehingga fluida akan menekan ke segala arah dan fluida akan mengalir kedalam ruangan yang terdapat pada silinder piston melalui orifice.
- e. Setelah mengalami pembebanan penuh dan elevator yang menumbuk sistem buffer diangkat, energi yang tersimpan dalam pegas akan mendorong silinder piston keposisi awal sebelum tumbukan terjadi dan fluida yang terdapat pada silinder piston akan turun kembali ke silinder kolom melalui orifice.

METODOLOGI PENELITIAN



ANALISA DAN PEMBAHASAN

Tinggi Gedung

Tinggi gedung yang akan direncanakan adalah 5 lantai. Tiap-tiap lantainya berukuran 4 meter (4000 mm)

Tinggi gedung dapat diketahui dari penjumlahan dari tiap-tiap lantai yaitu:

$$\begin{aligned} \text{hgedung} &= 4000 \cdot 5 \text{ lantai} \\ &= 20.000 \text{ mm} \\ &= 20 \text{ m} \end{aligned}$$

Tabel 1 Dimensi kereta elevator

JUMLAH PENUMPANG [orang]		4	6	10	16	25	26
Berat yang diperhitungkan	[kg]	300	450	750	1200	1875	1950
Luas lantai kereta	[m ²]	0,8	1,25	2,0	2,8	4,0	4,2
Lebar kereta (J)	[m]	0,8	1,05	1,25	1,8	2,2	2,3
Panjang kereta (h)	[m]	0,9	1,1	1,4	1,8	2,2	2,3
Tinggi kereta (c)	[m]	2,2	2,2	2,2	2,5	2,5	2,5
Lebar sumuran (l)	[m]	1,2	1,4	1,6	2,1	2,5	2,6
Panjang sumuran (m)	[m]	1,4	1,7	1,9	2,5	2,9	3,0

Kapasitas Angkat Dari Elevator

Kapasitas kereta elevator direncanakan untuk 26 orang , pada setiap orang diasumsikan massanya = 75 kg, sebagaimana tabel diatas :

$$Q_{\max} = 26 \times 75 \text{ kg} = 1950 \text{ kg.}$$

Maka kapasitas berat beban maksimum yang diambil adalah 2000 kg.

Kecepatan Angkat Dari Elevator

Kecepatan angkat dari lift barang yang dirancang adalah 3 m/detik.

Massa Kereta Elevator

Berat kereta (Car) Elevator dengan penumpang adalah (Gc) = 2800 kg. (Diasumsikan)

Ukuran kereta (car) Elevator

Ukuran kereta lift yang dirancang dalam pembahasan ini adalah sebagai berikut :

Ukuran kereta lift dengan berpedoman pada tabel 1 :

- Panjang = 2300 mm
- Lebar = 2300 mm
- Tinggi = 2500 mm

Pada kereta lift dilengkapi dengan pintu yang dapat membuka dari tengah-tengah kesamping, dengan perancangan ukuran pintu sebagai berikut :

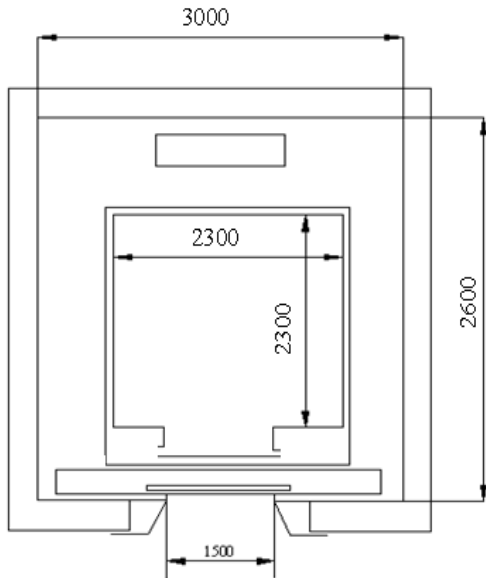
Ukuran pintu kereta :

- Tinggi = 2000 mm
- Lebar = 1500 mm

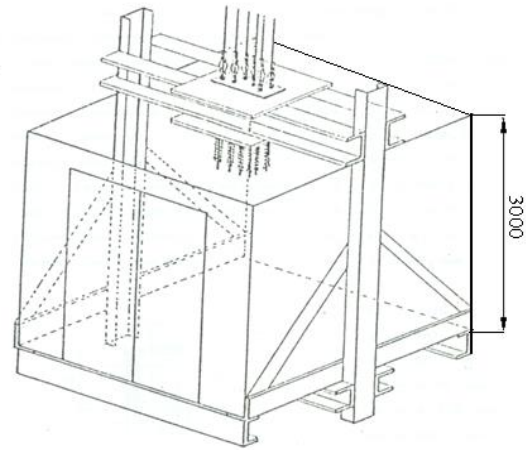
Ukuran lorong Elevator (Hoist Way)

Ukuran lorong Elevator (hoist way) yang akan dirancang untuk lift barang :

- Panjang (AA) = 3000 mm
- Lebar (BB) = 2600 mm



Gambar 1 Kereta dan lorong lift



Gambar 2 Konstruksi kereta Elevator

Beban Pengimbang (counterweight)

Massa bobot kontra biasanya diasumsikan sama dengan massa kereta (G_c) ditambah 0,4 – 0,5 dari beban maksimum (Q_{max}).

$$G_{cw} = G_c + 0,5 Q_{max}. (kg)$$

Dimana :

G_{cw} = massa bobot kontra (kg).

G_c = massa kereta (kg).

Q_{max} = beban maksimum (kg).

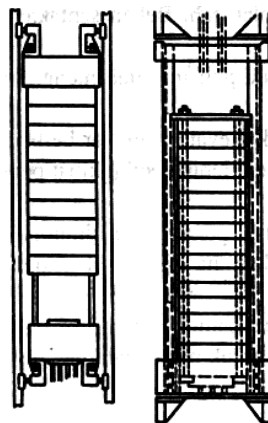
Kapasitas berat maksimum untuk kereta elevator yang dirancang adalah 2000kg, sehingga :

$$Q_{max} = 2000 \text{ kg.}$$

$$\text{Massa kereta } (G_c) = 2800 \text{ kg. (Diasumsikan)}$$

maka :

$$\begin{aligned} \text{massa bobot kontra } (G_{cw}) &= G_c + 0,5 \cdot Q_{max} (kg) \\ &= 2800 + 0,5 \cdot 2000 \\ &= 3800 \text{ kg} \end{aligned}$$



Gambar 3 Beban pengimbang

Kecepatan car elevator jatuh bebas

Diketahui :

$$v = \sqrt{2 \cdot g \cdot h}$$

Dimana :

V = Kecepatan car elevator jatuh bebas m/s
g = gravitasi 9,81 m/s²
h = Tinggi car elevator jatuh
= 17000mm = 17 m

Jadi :

$$V = \sqrt{2 \cdot 9,81 \cdot 17}$$
$$V = 18,26 \text{ m/s}$$

Kecepatan total saat jatuh

$$V_{\text{Tot}}^2 = V_{\text{Max}}^2 + 2gh$$

Dimana :

V_{Tot} = Kecepatan total saat jatuh
V_{Max} = Kecepatan angkat 3 m/s

Jadi :

$$V_{\text{Tot}} = \sqrt{3 + 333,54}$$
$$V_{\text{Tot}} = 18,3 \text{ m/s}$$

Gaya Yang Akan Diterima Spring Buffer

Besar gaya yang diterima oleh spring buffer setelah jatuh bebas

$$F_c = \left[1 + \frac{V^2}{2 \cdot g \cdot s} \right] (G_c)$$

Dimana :

V = Kecepatan kereta jatuh
= 18,3 m/s
g = Gravitasi
= 9,81 m/s²
s = Lintasan pengereman
= 50 cm (asumsi)
G_c = massa kereta
= 2800 kg

jadi :

$$F_c = \left(1 + \frac{18,3^2}{2 \cdot 9,81 \cdot 0,5} \right) \cdot 2800$$
$$= 98385 \text{ N}$$

Pemilihan bahan untuk pegas

Bahan pegas yang dipergunakan adalah kawat baja pegas yaitu SWP-B (JIS G 3522) dengan data sebagai berikut :

Tegangan tarik maksimum

$$\sigma_{t \text{ max}} = 355 \text{ kg / mm}^2$$
$$= 3482,55 \text{ N/mm}^2$$

Tegangan tarik yang diijinkan

$$\bar{\sigma}_t = \frac{\sigma_{t \text{ max}}}{K}$$

Dimana :

K = Faktor keamanan
= 6

Maka :

$$\bar{\sigma}_t = \frac{3482,55}{6}$$
$$= 580,425 \text{ N/mm}^2$$

Tegangan geser yang diijinkan

$$\tau = 0,6 \cdot \bar{\sigma}_t$$

$$= 0,6 \cdot 580,425$$

$$= 348,255 \text{ N/mm}^2$$

Diameter kawat pegas

$$dp = \sqrt{\frac{K \cdot 8 \cdot C \cdot F_c}{\pi \cdot \tau_t}}$$

Dimana :

τ_t = tegangan tarik yang diijinkan
= 580,425 N/mm²

K = Faktor koreksi wahl
= 1,291

C = indeks pegas
= 4

F_c = gaya yang diterima *spring buffer*

$$= 98385 \text{ N}$$

dp = diameter kawat pegas (mm)

jadi :

$$dp = \sqrt{\frac{1,291 \cdot 8 \cdot 4 \cdot 98385}{\pi \cdot 580,425}}$$

$$= 47,2 \text{ mm}$$

jadi diameter kawat pegas direncanakan ; dp = 47 mm

Massa total komponen pegas

$$m_p = \rho_p \cdot V_p$$

Dimana :

m_p = Massa total komponen pegas

ρ_p = Rapat massa kawat baja (ρ_p) 7850 kg/m³ (ref 9 hal 620)

V_p = Volume pegas = $148 \cdot 10^{-5} \text{ m}^3$

Jadi :

$$m_p = 7850 \cdot 148 \cdot 10^{-5}$$

$$= 12 \text{ kg}$$

Massa silinder piston

$$M_p = \rho_p \cdot V_p$$

Dimana :

M_p = massa silinder piston (Kg)

ρ_p = Rapat massa paduan almunium 17 ST
= 2700 kg/m³

V_p = Volume silinder piston
= $17 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$

Jadi :

$$M_p = 2700 \cdot 3,5 \cdot 10^{-3}$$

$$= 9,5 \text{ kg}$$

Massa silinder shock absorber

$$M_s = \rho_k \cdot V_s$$

Dimana :

M_s = massa silinder

V_s = Volume silinder dalam liter
= 1,75 liter

ρ_s = Rapat massa paduan aluminium 17 ST
= 2700 kg/m³

Jadi :
 m_s = 2700 * 1,74 * 10⁻³
= 4,7 kg

Tekanan yang terjadi pada flen penahan pegas

$$P_f = \frac{F_{max}}{A}$$

Dimana :

P_f = Tekanan yang terjadi pada flen (N/mm²)

F_{max} = Gaya maksimal yang diterima (N)
= 393540 N

A = luas penampang silinder
 $= \frac{\pi}{4} \cdot d^2$

Jadi :

$$P_f = \frac{393540}{\frac{\pi}{4} (250)^2}$$
$$= 8,021 \text{ N/mm}^2$$

Tebal flen penahan pegas

$$T_f = \frac{P_s \cdot d_o \cdot SF}{2 (\sigma_y)}$$

Dimana :

T_f = Tebal flen penahan pegas (mm)

P_s = Tekanan yang terjadi pada silinder piston (N/mm²)
= 12,53 N/mm²

d_o = Diameter luar flen penahan pegas
= 250 mm (Asumsi)

SF = Faktor keamanan
= 4

σ_y = Tegangan luluh
= 205 Mpa = 205 N/mm²

Jadi :

$$T_f = \frac{12,53 \cdot 250 \cdot 4}{2 (205)}$$
$$= 30,56 \text{ mm}$$

Menentukan Lubang Kontrol Oli

a. Data diketahui

Bahan yang digunakan type ASTM A27-77

Kadar karbon (C) = 0,30 %

Kadar mangan (mn) = 0,60 %

Tegangan tarik (σ_u) = 415 Mpa = 415 N/mm²

Tegangan luluh (σ_y) = 205 Mpa = 205 N/mm²

- b. Besar diameter lubang kontrol oli (Dik) adalah $\frac{1}{5}$ dari diameter silinder shock absorber Dos = 220 mm Maka :

$$\begin{aligned} \text{Dok} &= \frac{1}{5} \cdot \text{Dos} \\ &= \frac{1}{5} \cdot 220 \text{ mm} \\ &= 44 \text{ mm} \end{aligned}$$

- c. Tebal diameter lubang kontrol oli (Tk) adalah $\frac{1}{5}$ dari tebal silinder shock absorber (Ts) 30,4 mm maka menjadi :

$$\begin{aligned} \text{Tk} &= \frac{1}{5} \cdot 30,4 \\ &= 6,08 \text{ mm} \end{aligned}$$

- d. Diameter dalam lubang kontrol oli (Dik)

$$\text{Dik} = \text{Dok} - (\text{Tk} \cdot 2)$$

Dimana :

Dik = Diameter dalam lubang kontrol oli (mm)

Dok = Diameter luar lubang kontrol oli (mm)
= 44 mm

Ts = Tebal silinder shock absorber (mm)
= 6,08 mm

Jadi :

$$\begin{aligned} \text{Dik} &= 44 - (6,08 \cdot 2) \\ &= 31,84 \text{ mm} \end{aligned}$$

Maka diameter lubang yang diambil adalah 32 mm

Saluran Lubang Pemasukan Oli

- a. Data diketahui

Bahan yang digunakan type ASTM A27-77

Kadar karbon (C) = 0,30 %

Kadar mangan (mn) = 0,60 %

Tegangan tarik (σ_u) = 415 Mpa = 415 N/mm²

Tegangan luluh (σ_y) = 205 Mpa = 205 N/mm²

- b. Diameter luar pipa lubang pemasukan (Dop) $\frac{1}{4}$ dari diameter silinder shock absorber (Dos) 220 mm. Lubang pemasukan yang direncanakan menggunakan sambungan las. Dan pipa berbentuk siku (elbow) 900

Maka :

$$\begin{aligned} \text{Dop} &= \frac{1}{4} \cdot 220 \text{ mm} \\ &= 55 \text{ mm} \end{aligned}$$

- c. Tebal diameter lubang kontrol oli (Tk) adalah $\frac{1}{4}$ dari tebal silinder shock absorber (Ts) 30,4 maka menjadi :

$$\begin{aligned} \text{Tk} &= \frac{1}{4} \cdot 30,4 \\ &= 7,6 \text{ mm} \end{aligned}$$

- d. Diameter dalam pipa lubang pemasukan (Dip)

$$\text{Dip} = \text{Dop} - (\text{Tk} \cdot 2)$$

Dimana :

Dip = Diameter dalam pipa lubang pemasukan (mm)

Dop = Diameter luar pipa lubang pemasukan (mm)
= 55 mm

$$\begin{aligned}
 T_k &= \text{Tebal silinder shock absorber (mm)} \\
 &= 7,6 \text{ mm} \\
 \text{Jadi :} \\
 \text{Dip} &= 55 - (7,6 \cdot 2) \\
 &= 39,8 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Saluran Lubang Pembuangan

Untuk diameter saluran lubang pembuangan spesifikasinya sama dengan baut lubang pemasangan. Karena hanya berguna untuk pembuangan oli yang sudah kotor, dan secara rutin oli harus diperiksa dan diganti secara berkala.

Baut Pelat Dasar

- a. Menentukan diameter baut pelat dasar

Bahan yang digunakan type ASTM A27-77

Kadar karbon (C) = 0,30 %

Kadar mangan (mn) = 0,60 %

Tegangan tarik (σ_u) = 415 Mpa = 415 N/mm²

Tegangan luluh (σ_y) = 205 Mpa = 205 N/mm²

Tebal pelat dasar diasumsikan adalah (Tpd) 20 mm

- b. Gaya akibat massa total komponen

$$M_{tot} = m_p + m_s + m_k + M_f + SF \text{ (9,81 m/s)}$$

Dimana :

M_{tot} = massa total komponen spring buffer (kg)

m_p = massa total pegas

$$= 12 \text{ kg}$$

M_p = Massa silinder piston

$$= 9,5 \text{ kg}$$

M_s = Massa silinder shock absorber

$$= 4,7 \text{ kg}$$

M_f = Massa fluida

$$= 20 \text{ kg}$$

SF = 9

Jadi :

$$M_{tot} = 12 + 9,5 + 4,7 + 20 + 9 \text{ (9,81)}$$

$$= 55,2 \text{ kg} = 541,512 \text{ N}$$

- c. Gaya total yang terjadi pada pelat dasar akibat tumbukan

$$F_{tp} = M_{tot} + F_c$$

Dimana :

F_{tp} = Gaya total yang terjadi pada pelat dasar (N)

M_{tot} = massa total komponen spring buffer (kg)

$$= 541,512 \text{ N}$$

F_c = Besar gaya yang diterima spring buffer

$$= 98385 \text{ N}$$

Jadi :

$$F_{tp} = 541,512 + 98385$$

$$= 98926,512 \text{ N}$$

- d. Diameter baut pelat dasar

$$D_{lk} = \sqrt{\frac{2 \cdot F_{tp}}{\sigma_y}}$$

Dimana :

D_{lk} = Diameter baut pelat dasar

F_{tp} = Gaya total yang terjadi pada pelat dasar (N)

$$= 98926,512 \text{ N}$$

σ_y = Tegangan luluh (N/mm²)

$$= 205 \text{ N/mm}^2$$

Maka :

$$D_{lk} = \sqrt{\frac{2 \cdot 98926,512 \text{ N}}{205}}$$

$$= 31\text{mm}$$

Maka baut yang diambil M 36

KESIMPULAN

Setelah mempelajari permasalahan yang dihadapi dan juga solusi yang ditawarkan dalam perancangan spring buffer elevator diatas tentang perolehan data-data yang didapatkan dari pendekatan rumus-rumus tentang masalah diatas dan hasil perhitungan. Maka dapat ditarik kesimpulan yang dapat memudahkan bagi pengguna dan pembaca mendefinisikannya antarlain :

1. Data-data perancangan yang memenuhi syarat dengan melakukan perhitungan dan pendekatan melalui rumus yang berkenaan dengan perancangan.
2. Prinsip kerja spring buffer elevator yang didasarkan atas mekanisme kerja, melibatkan aspek mekanikal dan elektrik, dalam tugas perencanaan ini secara garis besar bahasan yang perlu ditinjau meliputi:
 - Perencanaan dan penentuan dimensi dari komponen- komponen unit elevator.
 - Penentuan dan pemilihan bahan yang dipergunakan dalam perencanaan.
 - Pemeriksaan kekuatan bahan terhadap beban yang timbul termasuk pengambilan angka keamanan.
3. Spring buffer dirancang untuk menahan tumbukan yang besar dikarenakan sangkar elevator jatuh dari lantai yang paling tinggi dikarenakan terjadinya rangkai yang terputus pada system pengaman
4. Dari data-data dan hasil perencanaan dan perhitungan yang ada, pada sistem instalasi elevator dengan kapasitas (2000 kg) kecepatan angkat 3 m/det dengan ketinggian 5 lantai maka dapat disimpulkan bahwa perancangan spring buffer elevator ini sudah cukup aman sehingga dapat digunakan sesuai perancangan serta memenuhi syarat.

DAFTAR PUSTAKA

1. Djokosetyardjo Ir. M. J. *"Mesin Pengangkat"* I, Pradnya Paramita, Jakarta, 1993
2. Ferederick J. Bueche, *"Fisika"*. Jakarta, Erlangga 1989
3. Ferdinand L. Singer, *"Ilmu Kekuatan Bahan"*, Erlangga, Jakarta, 1995
4. F. W Sears, M. W. Zemansky, *"Fisika Untuk Universitas"*, Bina Cipta, Jakarta, 1994
5. G. Niemann H. Winter, *"Elemen Mesin"*, Jilid II, Erlangga, Jakarta, 1992
6. Jac Stolk, Ir. C. Kros, *"Elemen Mesin"*, Erlangga, Jakarta, 1994
7. Khurmi R.S. Guptha J.K., *"A Text Book Machine Design"*, Newdelhi, 1982
8. *"Otis Elevator Company Modular Control Sytem "(MSC) Sytem Manual*, 1991
9. Rudenko N. *"Mesin Pemindah Bahan"*, Erlangga, Jakarta, 1992
10. Rudolph Szilard, *"Teori Dan Analisa Pelat"*, Erlangga, Jakarta, 1989
11. Popov E. P, Zaenul Astamar, *"Mekanika Teknik I"*, Erlangga, Jakarta, 1992
12. Sato G. Takeshi, *"Menggambar Mesin Menurut Standar ISO"*, Pradnya Paramita, Jakarta, 1992
13. www.xinda-group.com