

## INTISARI

Makin cepatnya laju pembangunan terutama pembangunan fisik di Indonesia pada khususnya dan di dunia pada umumnya, telah memunculkan bangunan gedung-gedung bertingkat dari yang kecil, sedang sampai gedung pencakar langit yang tinggi menjulang. Bangunan-bangunan dengan tinggi sedang yaitu gedung bertingkat dengan ketinggian 10 meter sampai 15 meter, relatif sangat banyak jumlahnya dan tersebar di kota-kota besar dan kecil berupa gedung perkantoran, sekolah dan hotel.

Dengan banyaknya jumlah gedung bertingkat ini dan juga bangunan-bangunan lain seperti tugu-tugu monumen, lampu jalan, papan reklame dan lain-lain, tentulah membutuhkan perawatan yang memadai seperti kebersihan, perbaikan terhadap kerusakan kecil maupun besar, penambahan peralatan atau aksesoris, pengecatan dan lain-lain. Akan tetapi masyarakat Indonesia pada umumnya yang terbanyak masih berada pada golongan ekonomi kelas menengah dan kelas menengah ke bawah, dan karenanya pekerjaan-pekerjaan seperti tersebut di atas banyak dilakukan oleh kalangan pertukangan yang membutuhkan peralatan yang cukup sederhana, aman dan yang paling penting adalah murah.

Berhubungan dengan hal tersebut, kami berusaha merencanakan sebuah pesawat pengangkat yang dapat melayani kebutuhan tersebut di atas. Pesawat pengangkat ini berupa tangga yang dapat diperpanjang dan diperpendek sesuai kebutuhan dengan ketinggian maksimum 15 meter. Tangga ini dapat mengangkat satu orang pekerja dengan membawa peralatan yang dibutuhkan dengan beban maksimum 100 kilogram. Tangga ini harus dapat bergerak atau digerakkan dengan bebas dengan jarak yang cukup jauh maupun dekat dengan ditarik oleh kendaraan ataupun tenaga manusia, sehingga dapat dipindahkan melalui jalan-jalan dalam kota.

Pesawat pengangkat ini bekerja dengan tiga tingkat tangga dan dua tingkat penyangga yang dapat memanjang dan memendek (*extend and retract*) yang digerakkan oleh motor listrik dengan menggunakan sistem kabel dan puli yang dipasang pada kedua sisi tangga (kanan dan kiri).



Pengendalian pesawat pengangkat ini dilakukan oleh operator / pekerja dengan memindahkan alat dan dengan mengendalikan putaran motor listrik. Sebelum pekerja naik ke atas untuk melakukan pekerjaannya, tangga diatur ketinggiannya terlebih dahulu dan kemudian diletakkan pada dinding gedung. Hal ini dilakukan untuk keamanan dari pekerja itu sendiri. Namun demikian, untuk menghemat waktu dan tenaga, tangga juga dapat digeser dan dinaikkan ataupun diturunkan selama pekerja itu berada di atas tangga tanpa diletakkan / disandarkan pada dinding gedung. Untuk itu pekerja harus melengkapi dirinya dengan sabuk / tali pengaman yang diikatkan pada tangga, untuk menjamin keamanan dan keselamatan dirinya.

Tangga tarik (*extension ladders*) ini berkapasitas angkat maksimum 100 kilogram (satu orang pekerja ditambah dengan peralatan yang dibawanya), dan memiliki ketinggian angkat maksimum 15 meter (tidak termasuk defleksi rangka baja). Konstruksi pengangkat yang berupa susunan rangka baja (*upper structure*) diletakkan pada sebuah kendaraan yang tidak bermesin (*lower structure*). Panjang total kendaraan kurang lebih 4,4 meter, lebar total kurang lebih 2 meter, dan tinggi total 0,5 meter. Berat total kendaraan pengangkat ini kurang lebih 900 kg.

Perencanaan yang akan dipaparkan dalam hal ini adalah perencanaan konstruksi pengangkat, perencanaan dan pemilihan sistem penggerak (motor listrik) dan perencanaan kendaraan. Perencanaan konstruksi pengangkat meliputi perencanaan ukuran, profil penampang rangka, momen inersia penampang, panjang, defleksi, dan deformasi rangka baja masing-masing tingkat pada kondisi ekstrimnya, perencanaan bantalan putar, perencanaan persendian, perencanaan tangga, dan perencanaan sambungan. Perencanaan sistem penggerak meliputi pemilihan jenis motor listrik berdasarkan daya dan putaran motor dan sistem pengereman.

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Tata-letak Fasilitas Transport Antar Departemen di Suatu Pabrik	2
Gambar 2. Jenis-jenis Utama Perlengkapan Penanganan Bahan	3
Gambar 3. Jenis-jenis Peralatan Pengangkat	4
Gambar 4. Jenis-jenis Peralatan Pemindah	5
Gambar 5. Jenis-jenis Peralatan Permukaan dan Overhead	5
Gambar 6. Injakan Tangga	17
Gambar 7. Ukuran Standar Tangga	19
Gambar 8. Ukuran Standar Tangga	20
Gambar 9. Konstruksi Tangga Tarik	23
Gambar 10. Penampang Tangga	26
Gambar 11. Penampang Anak Tangga	27
Gambar 12. Berbagai Kondisi Tangga	32, 33, 34
Gambar 13. Gaya dan Kedudukan Tangga Pada Kondisi 1	35
Gambar 14. Diagram Gaya Pada Kondisi 1	38, 39
Gambar 15. Gaya dan Kedudukan Tangga Pada Kondisi 2	40
Gambar 16. Diagram Gaya Pada Kondisi 2	43, 44
Gambar 17. Gaya dan Kedudukan Tangga Pada Kondisi 3	45
Gambar 18. Diagram Gaya Pada Kondisi 3	48, 49
Gambar 19. Gaya dan Kedudukan Tangga Pada Kondisi 4	50
Gambar 20. Diagram Gaya Pada Kondisi 4	54, 55
Gambar 21. Pembebanan Pada Kondisi 4	55
Gambar 22. Sistem Puli	59
Gambar 23. Pengikatan Tali	65
Gambar 24. Persendian Tangga	66
Gambar 25. Eksentrisitas Susunan Baut	71
Gambar 26. Gaya Reaksi Pada Baut	72
Gambar 27. Gaya Geser Baut Maksimum	73
Gambar 28. Pembebanan dan Momen Pada Poros I	82, 83



Gambar 29. Pembebanan dan Momen Pada Poros II .....	85, 86
Gambar 30. Pembebanan dan Momem Pada Poros Drum .....	88
Gambar 31. Skema Rem Dengan Gaya Pegas .....	96
Gambar 32. Titik Berat Tangga .....	106
Gambar 33. Titik Berat Tangga .....	107
Gambar 34. Profil Rangka Struktur Bawah .....	108
Gambar 35. Titik Berat Konstruksi .....	109
Gambar 36. Profil Batang Penyangga <i>Outriggers</i> .....	110
Gambar 37. Titik Berat Konstruksi .....	118



UNIVERSITAS  
GADJAH MADA

**Extension Ladders**

I Ketut Manik Satwika Dharma, Ir. Subagio, M.Sc.

Universitas Gadjah Mada, 2002 | Diunduh dari <http://etd.repository.ugm.ac.id/>

## **DAFTAR TABEL**

Tabel 1. Diameter dan Kekuatan Tali .....	58
Tabel 2. Hasil Harga-harga Poros dan Bantalan .....	93
Tabel 3. Harga-harga Poros dan Bantalan .....	117

## DAFTAR NOTASI

$\sigma$	= Tegangan aksial
$\tau$	= Tegangan geser
P	= Gaya tarik atau gaya tekan tangga
A	= Luas penampang tangga
M	= Momen lengkung tangga
c	= Jarak antara sumbu rotasi penampang dan permukaan tangga yang mengalami gaya tekan / tarik terbesar
I	= Momen inersia penampang
V	= Gaya geser
B	= Lebar bagian benda pada bidang geseran yang ditinjau
A'y	= Momen dari luas penampang bagian atas / bawah sumbu penampang yang ditinjau
m	= Massa beban total
m <sub>b</sub>	= Massa beban total dalam perancangan
SF <sub>1</sub>	= Angka keamanan untuk beban tak terduga
g	= Percepatan gravitasi bumi (9,81 m/s <sup>2</sup> )
W <sub>b</sub>	= Berat total beban angkat dalam perancangan
H <sub>mr</sub>	= Ketinggian angkat maksimum tangga teoritis
H <sub>ma</sub>	= Ketinggian angkat maksimum tangga aktual
H <sub>low.str</sub>	= Ketinggian struktur bawah kendaraan
$\sum \delta$	= Besarnya defleksi yang terjadi
$\delta_{A-B}$	= Defleksi rangka yang terjadi antara titik A sampai B
$\theta_{A-B}$	= Sudut defleksi rangka yang terjadi antara titik A sampai B
P	= Beban pada titik a
a	= Jarak titik pusat beban dari sendi
$\ell$	= Jarak dari tumpuan jepit ke sendi
E	= Modulus elastisitas bahan
I <sub>xp</sub>	= Momen inersia potongan penampang
n	= Indeks yang menunjukkan potongan (A, B dan C)



- b = Panjang potongan penampang (arah sumbu x)
- h = Lebar potongan penampang (arah sumbu y)
- A = Luas potongan penampang
- $y_c$  = Jarak antara titik pusat penampang tangga dengan titik pusat potongan penampang pada sumbu y
- L = Panjang tangga
- $\ell$  = Panjang anak tangga
- $\zeta$  = Selang / interval anak tangga
- n = Jumlah anak tangga
- $\rho_1, \rho_2$  = berat jenis aluminium
- V = Volume tangga
- Wt = Berat tangga
- Aa = Luas penampang anak tangga
- $A_{OD}$  = Luas diameter luar anak tangga
- $A_{ID}$  = Luas diameter dalam anak tangga
- $r_O$  = Jari-jari luar anak tangga
- $r_I$  = Jari-jari dalam anak tangga
- $V_t$  = Volume total anak tangga
- W = Berat total aktual tangga
- $\Sigma M_A$  = Momen di titik A
- $V_A$  = Gaya vertikal di titik A
- $V_E$  = Gaya vertikal di titik E
- $H_A$  = Gaya horisontal di titik A
- $H_E$  = Gaya horisontal di titik E
- $\Sigma R_h$  = Gaya reaksi horisontal
- $\Sigma R_v$  = Gaya reaksi vertikal
- F = Gaya reaksi silinder hidrolis
- P = Beban mati
- $R_A$  = Gaya reaksi di titik A
- $R_B$  = Gaya reaksi di titik B
- SFD = Diagram gaya geser



- BMD** = Diagram momen lengkung
- NFD** = Diagram gaya normal
- X** = Jarak titik berat tangga dari tumpuan jepit
- Pb** = Beban hidup
- $\delta_{B-D}$  = Defleksi rangka yang terjadi antara titik B sampai D
- $\theta_{B-D}$  = Sudut defleksi rangka yang terjadi antara titik B sampai D
- $\sigma_y$  = Tegangan luluh bahan aluminium
- Q** = Berat beban
- S** = Gaya tarik yang bekerja pada tiap kabel
- z** = Jumlah bagian tali
- $\eta_p$  = efisiensi sistem puli
- Dmin** = Diameter minimum drum atau puli
- d** = Diameter tali
- F** = Luas penampang tali
- Si** = Tarikan maksimal yang diijinkan
- P** = Kekuatan tarik tali
- K** = Angka keamanan tali
- m** = Faktor yang tergantung dari jumlah tekukan tali
- A** =  $D_{min} / d$
- C** = Faktor konstruksi tali
- C<sub>1</sub>** = Faktor diameter tali
- C<sub>2</sub>** = Faktor bahan tali
- N** = Umur tali (bulan)
- a** = Putaran kerja rata-rata per bulan
- z<sub>2</sub>** = Jumlah terjadinya tekukan tiap putaran
- $\beta$**  = Faktor yang berhubungan dengan kelelahan tali karena beban angkat
- z<sub>1</sub>** = Jumlah tekukan yang diperbolehkan
- $\phi$**  = Perbandingan jumlah bagian tali dan jumlah tekukan
- Zw** = Jumlah lilitan pada tiap sisi drum
- H** = Tinggi angkat
- i** = perbandingan sistem tali



- $D$  = Diameter drum
- $L$  = Panjang drum
- $s$  = Jarak antar tali pada drum
- $l_1$  = Jarak bebas antar alur kanan dan kiri
- $\omega$  = Tebal dinding drum
- $\sigma_{\text{comp}}$  = Kekuatan drum
- $F_g$  = Gaya geser terbesar yang dialami poros sendi
- $A$  = Luas penampang poros sendi
- $\tau_y$  = Tegangan geser yang diijinkan
- $F_r$  = Besarnya gaya radial pada bantalan
- $P$  = Tekanan permukaan bantalan
- $l/d$  = Perbandingan panjang dengan diameter bantalan
- $P_i$  = Tekanan permukaan maksimum bantalan yang diijinkan
- $\Delta t$  = Kecepatan putar bantalan
- $\alpha$  = Sudut angkat tangga
- $V$  = Kecepatan linier bantalan
- $\mu$  = Koefisien gesek
- $e$  = Eksentrisitas baut
- $n_m$  = Kecepatan putar motor listrik
- $V_h$  = Kecepatan naiknya beban
- $Ch$  = Kecepatan bergulungnya tali
- $n_D$  = Putaran drum
- $N$  = Daya motor
- $\eta_t$  = Efisiensi motor listrik
- $r_n$  = Perbandingan reduksi transmisi
- $i$  = angka transmisi rata-rata
- $z_1$  = Jumlah gigi pinion
- $z_2$  = Jumlah gigi roda gigi besar
- $d_{o1}$  = Diameter lingkaran jarak bagi pinion
- $d_{o2}$  = Diameter lingkaran jarak bagi roda gigi besar



- $a_o$  = Jarak antar pusat gigi
- $\sigma_b$  = Tegangan lengkung akibat gaya tangensial
- $F_t$  = Gaya tangensial yang bekerja pada gigi
- $b$  = Lebar roda gigi
- $m$  = Modul gigi
- $f_v$  = Faktor dinamis koreksi karena pengaruh kecepatan
- $Y$  = Faktor bentuk gigi
- $v$  = Kecepatan keliling roda gigi
- $\sigma_a$  = Tegangan lentur yang diijinkan
- $T$  = Momen puntir yang dialami poros
- $\sigma_b$  = Kekuatan tarik poros
- $d_s$  = Diameter poros
- $K_m$  = Faktor koreksi momen lentur
- $K_t$  = Faktor koreksi momen puntir
- $M$  = Momen lentur gabungan
- $\theta$  = Sudut puntir yang dialami poros
- $l$  = Panjang poros
- $G$  = Modulus geser
- $P_a$  = Tegangan permukaan yang diijinkan
- $L_h$  = Umur bantalan
- $f_h$  = Faktor umur bantalan
- $C$  = Beban nominal dinamis spesifik
- $P$  = Beban ekivalen dinamis
- $M_{st}$  = Momen statis pada poros motor
- $GD_r^2$  = Momen girasi rotor
- $GD_k^2$  = Momen girasi kopling
- $GD_b^2$  = Momen girasi rem
- $GD_t^2$  = Momen girasi total
- $M_{din}$  = Momen dinamis
- $\delta$  = Koefisien akibat pengaruh massa transmisi
- $t_s$  = Waktu pengawalan



- $G'$  = Beban yang diangkat
- $v$  = kecepatan angkat
- $M_{mot}$  = Momen motor yang diperlukan
- $M_{rated}$  = Momen rated motor
- $M_{br}$  = Momen pengereman
- $\beta$  = Koefisien pengereman
- $p$  = Tekanan satuan pada lapisan rem
- $\varepsilon$  = Kerenggangan sepatu rem
- $A'$  = Kerja magnet pengangkat rem
- $G$  = Gaya tarik magnet yang dibutuhkan
- $S$  = Stroke magnet
- $K$  = Gaya pegas
- $V$  = Pengaruh berat jangkar dan lengan rem
- $\delta$  = Lendutan yang dialami pegas
- $f_l$  = Penambahan lendutan untuk membebaskan pegas
- $K$  = Faktor tegangan Wahl
- $H_s$  = Panjang pegas terpasang
- $H_f$  = Panjang bebas pegas
- $H_c$  = Panjang mampat
- $C_s$  = Kelonggaran kawat
- $C_l$  = Kelonggaran pegas pada lendutan maksimum
- $W_k$  = Berat keseluruhan struktur bawah
- $W_t$  = Berat tangga pada saat berbeban aktual