



	<b>Halaman</b>
HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PENGESAHAN.....	ii
HALAMAN PERSEMBAHAN.....	iii
KATA PENGANTAR .....	iv
HALAMAN SOAL.....	vi
INTISARI.....	vii
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR GAMBAR .....	xiii
DAFTAR TABEL.....	xv
DAFTAR NOTASI.....	xviii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
I.1 Pengertian Umum.....	1
I.2 Dasar Perencanaan .....	2
I.3 Batasan Masalah.....	2
I.4 Metode Perancangan .....	3
I.4.1 Penjabaran Tugas.....	4
I.4.2 Perancangan Secara Konsep.....	4
I.4.3 Perancangan Bentuk .....	4
I.4.4 Perancangan Rinci .....	4
I.5 Ruang Lingkup Pembahasan.....	5

	<b>II STABILITAS PEMBEBANAN</b> .....	7
	II.1 Pengertian Umum Forklift.....	7
	II.1.1 Bagian-Bagian Utama Forklift .....	8
	II.1.2 Sketsa dan Dimensi Forklift .....	9
	II.2 Kapasitas Pembebanan.....	10
	II.3 Pengaruh Beban Terhadap Counter Weight.....	11
	II.3.1 Beban di Bawah.....	11
	II.3.2 Beban di Ketinggian Maksimal .....	12
	II.4 Keseimbangan Saat Forklift Bergerak .....	16
	II.5 Gaya Pada Roda .....	19
	II.6 Pengaruh Beban Terhadap Kemiringan Jalan .....	21
<b>BAB</b>	<b>III PEMILIHAN MESIN</b> .....	26
	III.1 Perhitungan Tenaga Traksi .....	26
	III.1.1 Tahanan Jalan.....	26
	III.1.1.1 Tahanan Gelinding.....	27
	III.1.1.2 Tahanan Tanjakan.....	28
	III.1.2 Tahanan Percepatan.....	28
	III.1.3 Tahanan Udara .....	29
	III.2 Menghitung Tanjakan Maksimal .....	32
	III.3 Karakteristik Gaya Traksi.....	36
<b>BAB</b>	<b>IV KOPLING</b> .....	41
	IV.1 Bagian-Bagian Kopling.....	42
	IV.2 Perencanaan Pelat Gesek .....	44



	IV.3 Perencanaan Pegas Penekan.....	50
	IV.4 Perencanaan Pegas Torsi.....	52
	IV.5 Perencanaan Pelat Penekan.....	53
	IV.6 Perencanaan Baut Pengikat Clutch Cover .....	54
	IV.7 Perencanaan Poros Kopling.....	55
	IV.8 Perencanaan Spline .....	56
BAB	V TRANSMISI.....	58
	V.1 Pemakaian Transmisi.....	58
	V.2 Mekanisme Pemindahan Gigi .....	60
	V.3 Perencanaan Tingkat Kecepatan .....	64
	V.4 Perencanaan Roda Gigi dan Poros Transmisi.....	66
	V.4.1 Perencanaan Roda Gigi Lurus pada Input Shaft dan Idler Shaft .....	67
	V.4.1.1 Perencanaan untuk Tingkat Kecepatan 1 .....	67
	V.4.1.2 Perencanaan untuk Tingkat Kecepatan 2 .....	77
	V.4.2 Perencanaan Roda gigi Lurus pada Idler Shaft dan Output Shaft.....	84
	V.5 Perencanaan Pasak dan Alur Pasak pada Input Shaft .....	93
	V.6 Perencanaan Spline pada Idler Shaft dan Output Shaft ..	95
	V.7 Perhitungan Gaya Bantalan.....	97
	V.8 Pengujian Poros Transmisi.....	113
	<b>V.8.1 Terhadap Pembebanan Gabungan Puntir dan Tekuk.....</b>	<b>113</b>



V.8.2	Terhadap Defleksi Puntiran .....	114
V.8.3	Terhadap Tegangan Geser .....	115
V.9	Perencanaan Bantalan .....	116
V.10	Perhitungan Efisien .....	119
V.11	Pelumasan pada Transmisi .....	122
BAB VI	DIFFERENSIAL .....	126
VI.1	Perencanaan Drive Pinion dan Ring Gear .....	128
VI.2	Perencanaan Roda gigi Differensial .....	134
VI.3	Perhitungan Gaya-Gaya yang Terjadi .....	141
VI.3.1	Gaya-gaya pada Roda Gigi Kerucut .....	141
VI.3.2	Gaya-gaya pada Roda Gigi Differensial .....	143
VI.4	Perencanaan Bantalan .....	144
VI.4.1	Perencanaan Bantalan pada Pinion Shaft .....	144
VI.4.1.1	Perhitungan gaya Bantalan .....	145
VI.4.1.2	Pemilihan Bantalan .....	149
VI.4.2	Perencanaan Bantalan pada Differensial .....	152
VI.4.2.1	Perhitungan Gaya Bantalan .....	152
VI.4.2.2	Pemilihan Bantalan .....	156
VI.5	Perencanaan Poros Input Differensial .....	158
VI.6	Perhitungan Efisiensi .....	161
VI.7	Pelumasan pada Differensial .....	165
BAB VII	POROS PENGGERAK RODA DEPAN .....	166
VII.1	Perencanaan Poros Penggerak .....	167



UNIVERSITAS  
GADJAH MADA

**Perancangan Sistem Penggerak Forklift Berkapasitas 2 Ton**  
Hermawan Budi Prasetya , Ir. Sunardjo, MT.  
Universitas Gadjah Mada, 2002 | Diunduh dari <http://etd.repository.ugm.ac.id/>

VII.2 Perencanaan Housing .....	168
VII.3 Pemilihan Bantalan Roda .....	169
VII.4 Perhitungan Efisiensi .....	176
BAB VIII KESIMPULAN .....	177
KATA PENUTUP .....	179
DAFTAR PUSTAKA .....	180
LAMPIRAN .....	182



## DAFTAR GAMBAR

	<b>Halaman</b>
Gambar 2.1 Bagian-bagian Utama Forklift.....	8
Gambar 2.2 Sketsa dan Dimensi Forklift.....	9
Gambar 2.3 Pembebanan di Bawah .....	11
Gambar 2.4 Beban di Atas Fork Miring ke Depan $6^\circ$ .....	13
Gambar 2.5 Beban di Atas, fork Miring ke Depan $6^\circ$ dan Mengalami Perlambatan .....	18
Gambar 2.6 Sketsa Pembebanan pada Roda .....	19
Gambar 2.7 Forklift tak Berbeban Mengalami Percepatan.....	20
Gambar 2.8 Beban di Bawah, Jalan Menurun $\alpha^\circ$ .....	22
Gambar 2.9 Beban di Atas, Jalan Menurun $\alpha^\circ$ .....	24
Gambar 3.1 Beban Maksimal, Jalan Menanjak $\alpha^\circ$ .....	34
Gambar 4.1 Mekanisme Kerja Kopling Gesek.....	42
Gambar 4.2 Bagian-bagian Utama Kopling.....	43
Gambar 5.1 Bagian-bagian Utama Synchronesh .....	61
Gambar 5.2 Mekanisme Kerja Synchronesh.....	61
Gambar 5.3 Mekanisme Kerja Roda Gigi tiap Tingkat Kecepatan.....	62
Gambar 5.4 Bagian-bagian Utama dari Sistem Transmisi.....	64
Gambar 5.5 Sketsa Pembebanan pada Poros Transmisi.....	98
Gambar 5.6 Sketsa Sistem Transmisi untuk Perhitungan Gaya Bantalan....	100
Gambar 5.7 Pelumasan Celup (Splash Lubrication).....	125



Gambar 6.1	Bagian-bagian Utama Differensial .....	126
Gambar 6.2	Pembagian Kecepatan Putaran .....	127
Gambar 6.3	Arah Spiral Roda Gigi Kerucut .....	141
Gambar 6.4	Susunan Bantalan pada Pinion Shaft .....	144
Gambar 7.1	Full Floating Axle .....	166
Gambar 7.2	Letak Bantalan pada Roda .....	172



## DAFTAR TABEL

	<b>Halaman</b>
Tabel 3.1	Data Teknik Forklift Kapasitas 2000 kg..... 36
Tabel 3.2	Karakteristik Pt dan V pada Torsi Maksimal ..... 37
Tabel 3.3	Karakteristik pada Daya Maksimal pada Tingkat Kecepatan I..... 38
Tabel 3.4	Karakteristik pada Daya Maksimal pada Tingkat Kecepatan II..... 38
Tabel 5.1	Hasil Perhitungan Spline pada Idler Shaft dan Output Shaft..... 97
Tabel 5.2	Resultan Reaksi pada Bantalan pada Tiap Tingkat Kecepatan ..... 112
Tabel 5.3	Resultan Momen Lengkung Maksimal pada Tiap Tingkat Kecepatan pada Tiap Poros ..... 112
Tabel 5.4	Besarnya Torsi yang Ditransmisikan Tiap Tingkat Kecepatan pada tiap Poros ..... 112
Tabel 5.5	Tegangan Tekuk dan Diameter Kritis Poros ..... 113
Tabel 5.6	Momen Gabungan dan Diameter Kritis Poros ..... 114
Tabel 5.7	Diameter Kritis Akibat Puntiran..... 114
Tabel 5.8	Puntiran pada Tiap Poros..... 115
Tabel 5.9	Tegangan Geser pada Tiap Poros Transmisi ..... 116
Tabel 5.10	Faktor Frekuensi Pemakaian Gigi Transmisi ..... 117



Tabel 5.11	Gaya Bantalan dengan Faktor Beban 1,5 .....	117
Tabel 5.12	Kecepatan Poros Ekivalen.....	118
Tabel 5.13	Beban Resultan Ekivalen Tiap Bantalan .....	118
Tabel 5.14	Bantalan yang Digunakan pada Kotak Transmisi .....	118
Tabel 5.15	Faktor Kecepatan, Faktor Umur dan Umur Bantalan.....	119
Tabel 5.16	Hasil Perhitungan Noc.....	120
Tabel 5.17	Hasil Perhitungan Nbl .....	121
Tabel 5.18	Hasil Perhitungan Nel.....	122
Tabel 6.1	Kekuatan Terhadap Keausan Roda Gigi Pinion.....	131
Tabel 6.2	Kekuatan Lentur Statis pada Roda Gigi Pinion.....	132
Tabel 6.3	Beban Dinamis Roda Gigi Pinion .....	134
Tabel 6.4	Perbandingan Kekuatan Lentur Statis dan Keausan Roda Gigi Pinion Kerucut pada Beban Dinamis .....	134
Tabel 6.5	Kekuatan Terhadap Keausan Roda Gigi Pinion Differensial...	140
Tabel 6.6	Kekuatan Lentur Statis Roda Gigi Pinion Differensial .....	140
Tabel 6.7	Beban Dinamis Roda Gigi Pinion Differensial .....	141
Tabel 6.8	Perbandingan Kekuatan Lentur Statis dan Keausan Roda Gigi Pinion Kerucut Differensial Terhadap Beban Dinamis.....	141
Tabel 6.9	Gaya Tangensial, Radial, dan Aksial Roda Gigi Kerucut Pinion pada Berbagai Tingkat Kecepatan .....	142
Tabel 6.10	Gaya Tangensial, Radial, dan Aksial Roda Gigi Kerucut Pinion Differensial pada Berbagai Tingkat Kecepatan .....	144
Tabel 6.11	Gaya yang Bekerja pada Pinion Shaft tiap Kecepatan (kg) .....	145
Tabel 6.12	Gaya Bantalan dan Momen Lengkung pada tiap Kecepatan....	149
Tabel 6.13	Bantalan yang Digunakan pada Pinion Shaft .....	149



Tabel 6.14	Beban Ekuivalen Bantalan E dan Bantalan F .....	151
Tabel 6.15	Gaya-gaya yang Bekerja pada Differensial tiap Tingkat Kecepatan .....	152
Tabel 6.16	Resultan Gaya Bantalan .....	155
Tabel 6.17	Bantalan yang Digunakan pada Diffenrisial.....	156
Tabel 6.18	Beban Ekuivalen Bantalan G dan Bantalan H.....	157
Tabel 6.19	Hasil Perhitungan Noc.....	162
Tabel 6.20	Hasil Perhitungan NbL .....	163
Tabel 6.21	Hasil Perhitungan Nel.....	164
Tabel 7.1	Kecepatan Forklift pada Torsi Maksimal pada tiap Tingkat Kecepatan .....	171
Tabel 7.2	Gaya Aksial pada Roda Depan.....	171
Tabel 7.3	Beban Radial Akibat Beban Aksial dan Berat Forklift saat Belok Kiri .....	172
Tabel 7.4	Beban Radial Akibat Beban Aksial dan Berat Forklift saat Belok Kanan.....	172
Tabel 7.5	Gaya Traksi tiap Roda pada tiap Kecepatan.....	173
Tabel 7.6	Reaksi Bantalan Akibat Gaya Traksi .....	173
Tabel 7.7	Resultan Gaya yang Bekerja pada tiap tingkat Kecepatan.....	174
Tabel 7.8	Bantalan yang Digunakan pada Roda.....	175
Tabel 7.9	Hasil Perhitungan Beban Ekuivalen Bantalan K dan Bantalan L .....	175
Tabel 7.10	Hasil Perhitungan NbL .....	176



## DAFTAR NOTASI

$Q$	= koefisien pada roda
$\mu$	= koefisien gesek
$\tau$	= tegangan geser, kg/mm
$\theta$	= defleksi, mm
$\beta$	= sudut helix, $^{\circ}$
$\psi$	= faktor ketidak merataan distribusi gaya
$\alpha$	= frekuensi pemakaian tingkat gigi transmisi
$\delta$	= <i>Pitch cone angle</i> , $^{\circ}$
$\sigma_a$	= tegangan tarik yang diijinkan, kg/mm <sup>2</sup>
$\tau_a$	= tegangan geser yang diijinkan, kg/mm <sup>2</sup>
$\sigma_B$	= kekuatan tarik, kg/mm <sup>2</sup>
$\sigma_b$	= tegangan lengkung yang diijinkan, kg/mm <sup>2</sup>
$\sigma_c$	= tegangan permukaan yang diijinkan, kg/mm <sup>2</sup>
$\theta_f$	= sudut kaki, $^{\circ}$
$\delta_f$	= sudut kerucut kaki, $^{\circ}$
$\theta_k$	= sudut kepala, $^{\circ}$
$\delta_k$	= sudut kerucut kepala, $^{\circ}$
$\alpha_k$	= faktor kolom
$\alpha_r$	= sudut kemiringan jalan, $^{\circ}$
$\delta_{rol}$	= koefisien koreksi untuk massa yang berputar

- $\alpha$  = sudut tekan,  $^\circ$
- $\eta_{tr}$  = efisiensi transmisi, %
- A = luas bidang gesekan,  $\text{mm}^2$
- $a_o$  = jarak sumbu poros, mm
- $a_k$  = percepatan bantalan, mm
- b = lebar gigi, mm
- $b_k$  = lebar kampas, mm
- $b_p$  = lebar pelat penekan,  $M_R/M_H$
- Ck = kelonggaran puncak, mm
- $d_m$  = diameter rata-rata
- $D_r$  = diameter velg, mm
- $d_s$  = diameter poros, mm
- E = modulus elastisitas bahan,  $\text{kg/mm}^2$
- c = faktor *overlap*
- $E^\circ$  = viskositas minyak pelumas dalam derajat *Eugler*
- f = koefisien tahanan gelinding
- Fa = gaya aksial, kg
- $F_{air}$  = proyeksi luasan bagian depan kendaraan,  $\text{m}^2$
- Fb = beban lengkung, kg
- Fd = beban dinamis, kg
- $f_h$  = faktor umur pada bantalan
- $f_n$  = faktor kecepatan pada bantalan

beban radial, kg

- $F_t$  = beban tangensial, kg
- $G$  = modulus geser bahan,  $\text{kg/mm}^2$
- $h$  = jarak efektif penekanan pedal, mm
- $H$  = panjang bebas pegas, mm
- $h_f$  = tinggi kaki (*dendendum*), mm
- $h_k$  = tinggi kepala (*addendum*), mm
- $h_t$  = tinggi ban, mm
- $i, i_u, i_{gb}$  = angka transmisi
- $i_a$  = angka transmisi aktual
- $i_s$  = jumlah spline
- $j$  = jumlah pasangan yang bergesekan
- $k_{air}$  = koefisien tahanan udara,  $\text{Ns}^2/\text{m}^1$
- $K_m$  = faktor koreksi beban lengkung
- $K_t$  = faktor beban akibat gesekan
- $K_t$  = faktor beban tumbukan
- $K_v$  = faktor beban
- $L$  = *air gap*, cm
- $L$  = panjang, mm
- $L_B$  = umur keawetan kampas, jam
- $L_h$  = umur bantalan, jam
- $L_s$  = panjang minimal spline, mm
- $M$  = momen lengkung, kg.mm

$m$	= momen lengkung ekivalen, kg.mm
$M_H$	= torsi mesin yang dipindahkan, kg.mm
$m$	= massa kendaraan, kg
$M_R$	= torsi akibat gesekan, kg.mm
$N$	= daya mesin maksimum, HP
$n$	= putaran mesin, rpm
$n'$	= jumlah lilitan pegas
$N_{bl}$	= <i>bearing losses</i> , HP
$N_e$	= daya traksi, watt
$N_{el}$	= <i>engagement losses</i> , HP
$n_m$	= kecepatan poros ekivalen, rpm
$N_{oc}$	= <i>oil churning losses</i> , HP
$n''$	= jumlah lilitan
$n_p$	= jumlah lilitan pegas aktif
$N_R$	= daya gesek, HP
$p_a$	= tekanan permukaan ijin, kg/mm <sup>2</sup>
$P_a$	= gaya aktual pada kaki pengemudi, kg
$P_{air}$	= tahanan udara, N
$P_g$	= tahanan tanjakan, N
$P_{in}$	= tahanan percepatan, N
$P_r$	= tahanan gelinding, N
$P_s$	= gaya pelepasan yang dibutuhkan, kg
$P_t$	= gaya traksi yang dibutuhkan, N
$Q$	= jumlah minyak pelumas yang dibutuhkan, liter

### Keausan spesink, $\text{cm}^3/\text{HPH}$

- $R$  = panjang sisi kerucut (*cone distance*), mm
- $r_m$  = jari-jari rata-rata spline, mm
- $r_w$  = jari-jari efektif ban, m
- $s$  = panjang langkah, mm
- $S_v$  = tebal keausan kampas, mm
- $T$  = torsi, kg.mm
- $T_e$  = torsi ekivalen, kg.mm
- $T_r$  = torsi yang diperlukan, kg.mm
- $v$  = kecepatan kendaraan, m/s
- $V$  = kecepatan *pitch line*, m/s
- $V_v$  = volume keausan kampas,  $\text{cm}^3$
- $W$  = berat, kg
- $x$  = koefisien perubahan kepala
- $Y$  = faktor bentuk gigi (*Lewis's Factor*)
- $z$  = jumlah gigi, *teeth*
- $z_e$  = jumlah gigi ekivalen, *teeth*
- $F_i$  = gaya akibat percepatan
- $f_s$  = gaya gesek akibat percepatan
- $N$  = gaya normal
- $g$  = percepatan gravitasi
- $M$  = massa koreksi, kg
- $F^1_b$  = beban lentur yang diijinkan per satuan lebar, kg/mm
- $F^1_H$  = beban permukaan yang diijinkan per satuan lebar, kg/mm