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/

DAFTAR ISI

Halaman

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

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/

BAB II STABILITAS PEMBEBANAN 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 Kesetimbangan Saat Forklift Bergerak 16

II.5 Gaya Pada Roda 19

II.6 Pengaruh Beban Terhadap Kemiringan Jalan 21

BAB III PEMILIHAN MESIN 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

BAB IV KOPLING 41

IV.1 Bagian-Bagian Kopling 42

IV.2 Perencanaan Pelat Gesek 44

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/

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

V.8.1 Terhadap Pembebanan Gabungan Puntir dan Tekuk 113

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/

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

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/

DAFTAR GAMBAR

Halaman

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°	13
Gambar 2.5	Beban di Atas, fork Miring ke Depan 6° 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 αr°	22
Gambar 2.9	Beban di Atas, Jalan Menurun αr°	24
Gambar 3.1	Beban Maksimal, Jalan Menanjak αr°	34
Gambar 4.1	Mekanisme Kerja Kopling Gesek	42
Gambar 4.2	Bagian-bagian Utama Kopling	43
Gambar 5.1	Bagian-bagian Utama Synchromesh	61
Gambar 5.2	Mekanisme Kerja Synchromesh	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

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/

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

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/

DAFTAR TABEL

Halaman

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

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/

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

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/

Tabel 6.14 Beban Ekivalen 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 Ekivalen 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 Ekivalen Bantalan K dan Bantalan L 175
Tabel 7.10 Hasil Perhitungan NbL 176

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Perancangan Sistem Penggerak Forklift Berkapasitas 2 Ton
Hermawan Budi Prasetya , Ir. Sunardjo, MT.
Universitas Gadjah Mada, 2008 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

DAFTAR NOTASI

Q	=	koefisien pada roda
μ	=	koefisien gesek
τ	=	tegangan geser, kg/mm
θ	=	defleksi, mm
β	=	sudut helix, °
ψ	=	faktor ketidak merataan distribusi gaya
α	=	frekuensi pemakaian tingkat gigi transmisi
δ	=	*Pitch cone angle*. °
σa	=	tegangan tarik yang diijinkan, kg/mm^2
τa	=	tegangan geser yang diijinkan, kg/mm^2
σ_B	=	kekuatan tarik, kg/mm^2
σ_b	=	tegangan lengkung yang diijinkan, kg/mm^2
σc	=	tegangan permukaan yang diijinkan, kg/mm^2
θ_f	=	sudut kaki, °
δ_f	=	sudut kerucut kaki, °
θ_k	=	sudut kepala, °
δ_k	=	sudut kerucut kepala, °
α_k	=	faktor kolom
α_r	=	sudut kemiringan jalan, °
δ_{rol}	=	koefisien koreksi untuk massa yang berputar

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/

σ_s = tegangan statis yang diijinkan, kg/mm^2

α = sudut tekan, $^\circ$

η_{tr} = efisiensi transmisi, %

A = luas bidang gesekan, 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, kg/mm^2

c = faktor *overlap*

E^o = viskositas minyak pelumas dalam derajat *Eugler*

f = koefisien tahanan gelinding

Fa = gaya aksial, kg

F_{air} = proyeksi luasan bagian depan kendaraan, m^2

Fb = beban lengkung, kg

Fd = beban dinamis, kg

f_h = faktur umur pada bantalan

f_n = faktor kecepatan pada bantalan

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/

Fr = beban radial, kg

Ft = beban tangensial, kg

G = modulus geser bahan, 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, Ns^2/m^1

Km = faktor koreksi beban lengkung

Kt = faktor beban akibat gesekan

Kt = faktor beban tumbukan

Kv = faktor beban

L = *air gap*, cm

L = panjang, mm

L_B = umur keawetan kampas, jam

Lh = umur bantalan, jam

Ls = panjang minimal spline, mm

M = momen lengkung, kg.mm

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/

m = modul gigi, cm

Me = 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

Nbl = *bearing losses*, HP

Ne = daya traksi, watt

Nel = *engagement losses*, HP

n_m = kecepatan poros ekivalen, rpm

Noc = *oil churning losses*, HP

n' = jumlah lilitan

n_p = jumlah lilitan pegas aktif

N_R = daya gesek, HP

pa = tekanan permukaan ijin, kg/mm^2

Pa = gaya aktual pada kaki pengemudi, kg

Pair = tahanan udara, N

Pg = tahanan tanjakan, N

Pin = tahanan percepatan, N

Pr = tahanan gelinding, N

Ps = gaya pelepasan yang dibutuhkan, kg

Pt = gaya traksi yang dibutuhkan, N

Q = jumlah minyak pelumas yang dibutuhkan, liter

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/

q_v = keausan spesifik, cm³/HP h

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

Sv = tebal keausan kampas, mm

T = torsi, kg.mm

Te = torsi ekivalen, kg.mm

Tr = torsi yang diperlukan, kg.mm

v = kecepatan kendaraan, m/s

V = kecepatan *pitch line*, m/s

Vv = volume keausan kampas, 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*

Fi = gaya akibat percepatan

fs = gaya gesek akibat percepatan

N = gaya normal

g = percepatan grafitasi

M = massa koreksi, kg

F^1b = beban lentur yang diijinkan per satuan lebar, kg/mm

F^1H = beban permukaan yang diijinkan per satuan lebar, kg/mm