



## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN JUDUL</b>	<b>i</b>
<b>HALAMAN PENGESAHAN</b>	<b>ii</b>
<b>HALAMAN PERNYATAAN</b>	<b>iii</b>
<b>NASKAH SOAL TUGAS AKHIR</b>	<b>iv</b>
<b>HALAMAN PERSEMBAHAN</b>	<b>v</b>
<b>KATA PENGANTAR</b>	<b>vi</b>
<b>DAFTAR ISI</b>	<b>viii</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b>	<b>xiii</b>
<b>DAFTAR TABEL</b>	<b>xv</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b>	<b>xvi</b>
<b>DAFTAR NOTASI</b>	<b>xvii</b>
<b>INTISARI</b>	<b>xxii</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN</b>	
1.1. Latar Belakang Masalah	1
1.2. Perumusan Masalah	3
1.3. Asumsi dan Batasan Masalah	4
1.4. Tujuan Perancangan	5
1.5. Manfaat Perancangan	6
1.6. Ruang Lingkup Pembahasan	6
<b>BAB II DINAMIKA KENDARAAN</b>	
2.1. Gaya Traksi	10
2.2. Gaya Hambatan	11
2.2.1. Hambatan Tanjakan	12
2.2.2. Hambatan Gulung	13
2.2.3. Hambatan Udara	14
2.2.4. Hambatan Inersia	16



2.3. Keseimbangan Gaya	17
2.4. Gaya Gesek	18
2.5. Karakteristik Mesin	20
2.6. Angka Transmisi	26
2.7. Karakteristik Gaya Traksi Dengan Kecepatan	31
2.8. Karakteristik Gaya Hambatan Dengan Kecepatan	35

### **BAB III KOPLING**

3.1. Jenis-jenis Kopling	41
3.2. Konstruksi Kopling	42
3.2.1. Pelat Penekan ( <i>Pressure Plate</i> )	43
3.2.2. Pelat Kopling ( <i>Clutch Disc</i> )	44
3.2.3. Tuas-tuas Penekan ( <i>Pressure Levers</i> )	44
3.2.4. Bantalan Pembebas ( <i>Relase Bearing</i> )	45
3.3. Cara Kerja Kopling	45
3.3.1. Saat Kopling dihubungkan	45
3.3.2. Saat Kopling Dibebaskan	46
3.4. Perancangan Kopling	47
3.4.1. Perancangan Pelat Gesek ( <i>Friction Disc</i> )	47
3.4.2. Perancangan Pegas Tekan	52
3.4.3. Perancangan Pelat Penekan	57
3.4.4. Perancangan <i>Spline</i>	59
3.5. Sistem Penggerak Kopling	61

### **BAB IV TRANSMISI**

4.1. Dimensi Roda Gigi	69
4.2. Kecepatan Keliling	79
4.3. Perhitungan Kapasitas Beban Roda Gigi	81
4.3.1. Kemampuan Roda Gigi Menahan Lentur	81
4.3.2. Kemampuan Roda Gigi Menahan Aus	85
4.3.3. Kemampuan Roda Gigi Menahan Beban Dinamis	87



4.4. Gaya Tangensial	89
4.5. Gaya Radial dan Gaya Aksial	90
4.6. Lebar Roda Gigi	92
4.7. Perencanaan Poros	98
4.8. Perencanaan <i>Splines</i>	113
4.9. Pemilihan Bantalan	115
4.9.1. Faktor Kecepatan	115
4.9.2. Faktor Umur	116
4.9.3. Umur Nominal	116
 <b>BAB V PROPELLER SHAFT</b>	
5.1. <i>Slip Joint</i>	124
5.2. <i>Universal Joint</i>	124
5.3. <i>Propeller Shaft</i>	126
 <b>BAB VI DIFFERENTIAL</b>	
6.1. Konstruksi <i>Differential</i>	130
6.2. Mekanisme Kerja <i>Differential</i>	131
6.3. Perhitungan Roda Gigi	132
6.3.1. Dimensi Roda Gigi	133
6.3.2. Dinamika Roda Gigi	139
6.3.3. Gaya Pada Roda Gigi	140
6.4. Perhitungan Kapasitas Beban Roda Gigi	142
6.4.1. Kemampuan Roda Gigi Menahan Lentur	142
6.4.2. Kemampuan Roda Gigi Menahan Aus	146
6.4.3. Kemampuan Roda Gigi Menahan Beban Dinamis	148
6.5. Lebar Roda Gigi	150
6.6. Perencanaan Poros	153
6.6.1. Perhitungan Diameter Poros <i>Pinion Gear</i>	154
6.6.2. Perhitungan Diameter Poros Roda	159
6.6.3. Perhitungan Diameter Poros <i>Differential Pinion</i>	160



6.7. Perhitungan Baut Untuk <i>Ring Gear</i>	161
6.8. Perencanaan <i>Splines</i>	162
6.9. Pemilihan Bantalan	163

## **BAB VII EFISIENSI DAN PELUMASAN**

7.1. Efisiensi	166
7.1.1. Rugi Daya Karena Hubungan Roda Gigi	166
7.1.2. Rugi Daya Karena <i>Churning Oil</i>	168
7.1.3. Rugi Daya Karena Gesekan Bantalan	170
7.2. Pelumasan	172

## **BAB VIII SUSPENSI**

8.1. Konstruksi Pegas Daun	177
8.2. Pemilihan Bahan Pegas	182
8.3. Perancangan Pegas Bagian Depan	182
8.3.1. Menentukan $P_{wf}$	183
8.3.2. Menentukan $P_{brf}$	184
8.3.3. Menentukan $P_{sff}$	187
8.3.4. Menentukan Defleksi, Tegangan, dan Gaya Pada Pegas	191
8.3.5. Analisa Terhadap Pengaruh Torsi Pada Pegas Daun	197
8.3.6. Pengaruh Gaya Horisontal Terhadap Pegas Utama	199
8.3.7. Pengaruh Gaya Lateral Pada pegas Utama	203
8.4. Perancangan Pegas Bagian Belakang	204
8.4.1. Menentukan $P_{wrr}$	205
8.3.2. Menentukan $P_{brf}$	205
8.3.3. Menentukan $P_{sff}$	207
8.3.4. Menentukan Defleksi, Tegangan, dan Gaya	209
8.3.5. Analisa Terhadap Pengaruh Torsi	213
8.3.6. Pengaruh Gaya Horisontal Terhadap Pegas Utama	214
8.3.7. Analisa Terhadap Pengaruh $P_{lrr}$ Pada Pegas Utama	217
8.4.8. Pengaruh $P_{sff2}$ Pada Arah Lateral Terhadap Pegas Utama	218



8.5. Respon Kendaraan Terhadap Getaran	219
8.6. Peredam Kejut	224
<b>BAB IX PENUTUP</b>	<b>227</b>
<b>DAFTAR PUSTAKA</b>	<b>229</b>
<b>LAMPIRAN</b>	<b>230</b>



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1. Contoh kendaraan bus	3
Gambar 1.2. Bagian-bagian <i>drive train</i>	5
Gambar 2.1. Komponen gaya berat saat bus mendaki	13
Gambar 2.2. Kurva karakteristik daya terhadap putaran mesin	21
Gambar 2.3. Kurva karakteristik torsi terhadap putaran mesin	21
Gambar 2.4. Perbandingan kurva daya vs putaran	25
Gambar 2.5. Perbandingan kurva torsi vs putaran	25
Gambar 2.6. Potongan ban dan velg	26
Gambar 2.7. Gaya traksi dan gaya hambatan vs kecepatan pada jalan datar	38
Gambar 2.8. Gaya traksi dan gaya hambatan vs kecepatan pada tanjakan	39
Gambar 3.1. Konstruksi kopling	43
Gambar 3.2. Pelat kopling/ <i>clutch disc</i>	44
Gambar 3.3. Mekanisme kerja kopling	46
Gambar 3.4. Macam-macam <i>spline</i>	59
Gambar 3.5. <i>Spline</i>	61
Gambar 3.6. Sistem gerak kopling hidraulis-pneumatis	62
Gambar 3.7. Mekanisme sistem penggerak kopling hidraulis-pneumatis	64
Gambar 3.8. Bagian clutch <i>master-cylinder</i>	64
Gambar 3.9. Bagian clutch <i>slave-cylinder</i>	65
Gambar 4.1. Transmisi enam tingkat kecepatan	67
Gambar 4.2. Gaya-gaya pada roda gigi miring	75
Gambar 4.3. Reaksi pada poros akibat gaya tangensial	100
Gambar 4.4. BMD poros ABC akibat gaya tangensial	101
Gambar 4.5. BMD poros DEF akibat gaya tangensial	102
Gambar 4.6. BMD poros GH akibat gaya tangensial	103
Gambar 4.7. Reaksi pada poros akibat gaya radial	104
Gambar 4.8. BMD poros ABC akibat gaya radial	105
Gambar 4.9. BMD poros DEF akibat gaya radial	106



Gambar 4.10. BMD poros GH akibat gaya radial	107
Gambar 4.11. Reaksi pada poros akibat gaya aksial	108
Gambar 4.12. <i>Spline</i>	114
Gambar 5.1. <i>Drive line</i> pada bus	122
Gambar 5.2. <i>Slip joint</i> dan <i>universal joint</i>	123
Gambar 5.3. <i>Spider</i>	125
Gambar 6.1. <i>Differential</i>	130
Gambar 6.2. Konstruksi <i>differential</i>	131
Gambar 6.3. Ukuran-ukuran utama roda gigi kerucut	132
Gambar 6.4. Gaya-gaya pada roda gigi kerucut	142
Gambar 6.5. <i>Differential assembly</i>	154
Gambar 6.6. Gaya reaksi pada <i>pinion shaft</i> akibat gaya tangensial	155
Gambar 6.7. BMD pada <i>pinion shaft</i> akibat gaya tangensial	155
Gambar 6.8. Struktur <i>side gear</i> pada poros roda	156
Gambar 8.1. Skema sistem suspensi	176
Gambar 8.2. Bagian suspensi <i>semi elliptic leaf spring</i>	178
Gambar 8.3. Konstruksi <i>shackle</i>	179
Gambar 8.4. Tipe <i>spring-eyes</i>	180
Gambar 8.5. Gaya berat kendaraan dan gaya pengereman roda depan	183
Gambar 8.6. Gaya-gaya reaksi akibat gaya pengereman	185
Gambar 8.7. Gaya-gaya reaksi akibat gaya sentrifugal	188
Gambar 8.8. Skema-skema pada ujung pegas	200
Gambar 8.9. Skema gaya-gaya lateral pada pegas	203
Gambar 8.10. Reaksi pegas akibat gaya traksi	205
Gambar 8.11. Skema gaya-gaya pada ujung pegas	214
Gambar 8.12. Pengaruh $P_1$ dan $P_{IT}$ pada pegas utama	217
Gambar 8.13. Pengaruh $P_{sfl}$ terhadap pegas utama	218
Gambar 8.14. Sistem suspensi kendaraan saat melaju	219
Gambar 8.15. <i>Free-body diagram</i>	220
Gambar 8.16. Konstruksi sederhana <i>shock absorber</i>	225
Gambar 8.17. <i>Shock absorber action</i>	226



## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Daya dan torsi mesin pada putaran tertentu	24
Tabel 2.2. Gaya traksi dan kecepatan pada gigi 1	32
Tabel 2.3. Gaya traksi dan kecepatan pada gigi 2	32
Tabel 2.4. Gaya traksi dan kecepatan pada gigi 3	33
Tabel 2.5. Gaya traksi dan kecepatan pada gigi 4	34
Tabel 2.6. Gaya traksi dan kecepatan pada gigi 5	34
Tabel 2.7. Gaya traksi dan kecepatan pada gigi 6	35
Tabel 2.8. Gaya-gaya hambatan pada kecepatan tertentu	37
Tabel 4.1. Angka transmisi tiap tingkat kecepatan	69
Tabel 4.2. Spesifikasi pasangan roda gigi utama	94
Tabel 4.3. Spesifikasi pasangan roda gigi 1	95
Tabel 4.4. Spesifikasi pasangan roda gigi 2	95
Tabel 4.5. Spesifikasi pasangan roda gigi 3	96
Tabel 4.6. Spesifikasi pasangan roda gigi 4	97
Tabel 4.7. Spesifikasi pasangan roda gigi 6	97
Tabel 4.8. Spesifikasi pasangan roda gigi mundur	98
Tabel 6.1. Spesifikasi pasangan <i>pinion gear</i> dan <i>ring gear</i>	152
Tabel 6.2. Spesifikasi pasangan <i>differential pinion</i> dan <i>side gear</i>	153
Tabel 8.1. Jumlah pangkat tiga tebal pegas depan	193
Tabel 8.2. Panjang dan tebal dari masing-masing pelat	194
Tabel 8.3. Jumlah pangkat tiga tebal pegas belakang	210
Tabel 8.4. Panjang dan tebal dari masing-masing pelat	211



## DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran 1 Spesifikasi teknis
- Lampiran 2 Efisiensi transmisi
- Lampiran 3 Koefisien hambatan gulung
- Lampiran 4 Koefisien hambatan udara
- Lampiran 5 Percepatan maksimum
- Lampiran 6 Koefisien gesek
- Lampiran 7 Bahan roda gigi
- Lampiran 8 *Load stress factor*
- Lampiran 9 Faktor Lewis
- Lampiran 10 *Tooth-to-tooth spacing and profile errors*
- Lampiran 11 Bahan poros
- Lampiran 12 Faktor momen lengkung dan puntir
- Lampiran 13 Bantalan (65-80 mm)
- Lampiran 14 Bantalan (80-90 mm)
- Lampiran 15 Bantalan (95-110 mm)
- Lampiran 16 Bantalan *paires*



## DAFTAR NOTASI

- $\delta$  = defleksi yang dialami oleh pegas (cm)  
 $\phi$  = koefisien gesek  
 $\sigma$  = tegangan lentur yang diijinkan (MPa)  
 $\psi$  = sudut kemiringan roda gigi ( $^{\circ}$ )  
 $\tau$  = tegangan geser yang dialami pelat penekan ( $\text{kg/cm}^2$ )  
 $\psi$  = sudut spiral roda gigi ( $^{\circ}$ )  
 $\rho$  = massa jenis udara ( $\approx 1,2 \text{ kg/m}^3$ )  
 $\alpha$  = sudut tanjakan ( $^{\circ}$ )  
 $\delta$  = sudut kerucut ( $^{\circ}$ )  
 $\phi$  = sudut tekan ( $^{\circ}$ )  
 $\delta_1$  = sudut kerucut jarak bagi *pinion* ( $^{\circ}$ )  
 $\delta_2$  = sudut kerucut jarak bagi *gear* ( $^{\circ}$ )  
 $\tau_a$  = tegangan geser yang diijinkan ( $\text{kg/mm}^2$ )  
 $\sigma_B$  = kekuatan tarik bahan pelat penekan ( $\text{kg/mm}^2$ )  
 $\theta_f$  = sudut kaki ( $^{\circ}$ )  
 $\tau_{ijin}$  = tegangan geser maksimum yang diijinkan ( $\text{kg/cm}^2$ )  
 $\theta_k$  = sudut kepala ( $^{\circ}$ )  
 $\phi_n$  = sudut tekan normal roda gigi ( $^{\circ}$ )  
 $\theta_p$  = sudut puntir yang diijinkan untuk poros ( $^{\circ}$ )  
 $\tau_p$  = tegangan geser yang diijinkan ( $\text{kg/mm}^2$ )  
 $\delta_{pg}$  = sudut kerucut jarak bagi *pinon* ( $^{\circ}$ )  
 $\delta_{rot}$  = koefisien untuk mengatasi bagian yang berputar  
 $\eta_{tr}$  = efisiensi transmisi  
 $\phi$  = sudut tekan tangensial ( $^{\circ}$ )  
 $\delta$  = defleksi (in)  
 $\delta_{max}$  = defleksi maksimum pegas (inchi)  
 $\delta_{rot}$  = koefisien untuk mengatasi bagian yang berputar



- $\theta$  = sudut kemiringan jalan ( $^{\circ}$ )
- $\mu$  = koefisien gesek/adhesi
- $\sigma_{max}$  = tegangan maksimum pegas (psi)
- $\sigma_{nip}$  = tegangan *nipping* (psi)
- $\Sigma t^3$  = jumlah pangkat tiga dari tebal pegas ( $in^3$ )
- A = luas permukaan bidang gesek ( $cm^2$ )
- a = percepatan kendaraan ( $m/s^2$ )
- $A_f$  = luas frontal kendaraan ( $m^2$ )
- B = jarak ban kiri dengan kanan (m)
- b = lebar roda gigi (mm)
- $B_a$  = lebar kendaraan (m)
- C = *spring index*
- $C_D$  = koefisien hambatan udara
- $C_m$  = faktor momen lengkung, nilainya diambil
- $C_t$  = faktor momen puntir nilainya diambil
- D = diameter pelat penekan (m)
- d = diameter (mm)
- $d_1$  = diameter lingkaran jarak bagi roda gigi *pinion* (mm)
- $d_f$  = diameter kaki (mm)
- $d_{gl}$  = diameter *gear* roda gigi I (mm)
- $d_h$  = diameter kepala (mm)
- $d_{pl}$  = diameter *pinion* roda gigi I (mm)
- $d_s$  = diameter poros (cm)
- $D_w$  = diameter roda (m)
- E = modulus elastisitas bahan (psi)
- e = *tooth-to-tooth spacing and profile errors* (mm)
- F = gaya aksial (N)
- f = koefisien gesek
- $F_a$  = gaya aksial (N)
- $F_b$  = beban lentur/*bending* (N)
- $F_{br}$  = gaya pengereman total (kg)



- $F_{brf}$  = gaya pengereman pada kedua roda depan (kg)  
 $F_d$  = Beban dinamis (N)  
 $f_h$  = faktor umur  
 $f_n$  = faktor kecepatan  
 $F_N$  = beban yang dialami tiap pegas (kg)  
 $F_r$  = gaya radial (N)  
 $f_r$  = koefisien hambatan gulung  
 $f_R$  = koefisien hambatan gulung rata-rata  
 $F_t$  = gaya tangensial (N)  
 $F_w$  = beban aus (N)  
 $G$  = modulus geser bahan ( $\text{kg/cm}^2$ )  
 $g$  = percepatan gravitasi ( $\text{m/s}^2$ )  
 $h$  = tinggi *center of gravity* (mm)  
 $H_a$  = tinggi kendaraan (m)  
 $h_a$  = tinggi gaya hambat udara dari permukaan jalan (m)  
 $i$  = angka transmisi  
 $i_{pg1}$  = angka transmisi *pinion* dan *gear* gigi I  
 $I_{tr n}$  = Angka transmisi ke-n  
 $j$  = jumlah bagian permukaan yang bergesekan  
 $K$  = *load stress factor* (MPa)  
 $K$  = *spring rate* (lb/in)  
 $K_{bf}$  = koefisien pengereman ban depan  
 $K_g$  = faktor pengali angka transmisi  
 $K_t$  = faktor koreksi torsi  
 $l$  = setengah panjang pelat (inchi)  
 $L$  = *wheelbase*/jarak sumbu roda (mm)  
 $L_2$  = jarak *center of gravity* ke sumbu roda belakang (mm)  
 $L_h$  = umur nominal (jam)  
 $L_x$  = jarak pijak roda depan (m)  
 $M$  = momen lengkung maksimum (kg.mm)  
 $m$  = modul (mm)



- $m$  = massa kendaraan (kg)
- $M_I$  = momen lengkung akibat gaya radial dan gaya aksial (N.mm)
- $N$  = Daya (kW)
- $n$  = Putaran (rpm)
- $n_1$  = putaran *pinion* (rpm)
- $n_a$  = jumlah gulungan yang aktif
- $N_e$  = daya mesin pada putaran tertentu (kW)
- $n_e$  = putaran mesin (rpm)
- $N_{e,max}$  = daya maksimum mesin (kW)
- $n_{e,max}$  = putaran mesin saat daya maksimum (rpm)
- $n_g$  = putaran *gear* (rpm)
- $n_i$  = jumlah gigi dari transmisi (tingkat kecepatan)
- $n_t$  = jumlah pelat pegas
- $n_w$  = putaran roda (rpm)
- $p$  = *circular pitch* (mm)
- $P$  = daya yang ditransmisikan (kW)
- $P_a$  = tekanan permukaan yang diijinkan ( $\text{kg/cm}^2$ )
- $P_{air}$  = hambatan udara (N)
- $P_f$  = gaya gesek antara ban dengan jalan (N)
- $P_g$  = hambatan tanjakan (N)
- $P_{in}$  = hambatan inersia (N)
- $P_r$  = hambatan gulung (N)
- $P_{sf2}$  = komponen gaya sentrifugal ketika berbelok (kg)
- $P_t$  = gaya traksi (N)
- $R$  = sisi kerucut (mm)
- $R$  = panjang lengan *spider* (mm)
- $R_a$  = gaya hambat udara (kg)
- $r_i$  = jari-jari dalam pelat gesek (cm)
- $r_m$  = jari-jari rata-rata (cm)
- $r_o$  = jari-jari luar pelat gesek (cm)
- $r_{op}$  = jari-jari lingkaran jarak bagi *pinion* (mm)



- $r_p$  = jari-jari *pinion* ke tengah lebar gigi (mm)  
 $R_w$  = jari-jari roda penggerak (m)  
 $S$  = jarak antar poros (mm)  
 $SF_1$  = faktor keamanan bahan  
 $SF_2$  = faktor keamanan konsentrasi tegangan  
 $S_v$  = tebal keausan kampas kopling (cm)  
 $t$  = tebal pelat penekan (cm)  
 $T$  = Torsi (N.m)  
 $t$  = tebal pegas utama (inchi)  
 $T_e$  = torsi mesin (N.m)  
 $TR$  = *torque ratio*  
 $T_t$  = torsi roda penggerak (N.m)  
 $v$  = kecepatan keliling (m/s)  
 $V_v$  = volume keausan kampas kopling (cm<sup>2</sup>)  
 $v_v$  = kecepatan kendaraan (m/s)  
 $W$  = berat total kendaraan (kg)  
 $W_C$  = gaya vertikal total yang ditumpu pada *center* pegas (lb)  
 $W_f$  = beban vertikal / gaya normal pada gandar depan (kg)  
 $W_{fi}$  = reaksi akibat gaya sentrifugal (kg)  
 $W_R$  = beban pada roda penggerak (N)  
 $W_{sp}$  = *sprung weight*  
 $W_{us}$  = *unsprung weight*  
 $Y$  = Faktor Lewis  
 $Z$  = jumlah gigi  
 $Z'$  = jumlah gigi formatif  
 $Z_1$  = jumlah gigi *pinion*  
 $Z_2$  = jumlah gigi aktual *gear*  
 $Z_{gl}$  = jumlah gigi *gear* tingkat kecepatan I  
 $Z_p$  = jumlah gigi pada *gear*  
 $Z_p$  = jumlah gigi *pinion*  
 $Z_{pi}$  = jumlah gigi *pinion* tingkat kecepatan I