

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
HALAMAN PERNYATAAN	iii
NASKAH SOAL TUGAS AKHIR	iv
INTISARI	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR TABEL	xv
DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN	xvi
DAFTAR LAMPIRAN	xxi
BAB I. PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Pemilihan Sistem	1
1.3. Dasar Perancangan	2
1.4. Asumsi dan Batasan masalah	3
BAB II. GAMBARAN UMUM SISTEM	4
2.1. Sistem Kemudi	4
2.1.1. Pengaturan umum sistem kemudi	4
2.1.2. Bagian-bagian utama sistem kemudi	5
2.1.2.1. Roda gigi kemudi	5
2.1.2.2. Lengan-lengan kemudi	8
2.1.2.3. Kolom kemudi dan roda kemudi	9



2.1.2.4. <i>Power steering</i>	10
2.1.3. Pengaturan kesejajaran roda	10
2.2. Sistem Pengereman	13
2.2.1. Klasifikasi sistem pengereman	14
2.2.2. Komponen Sistem Pengereman	15
2.2.2.1. Sumber energi	15
2.2.2.2. Transmisi daya	16
2.2.2.3. Rem sebagai sistem aplikasi	16
2.2.2.4. Roda sebagai pondasi pengereman	18
2.2.3. <i>Anti-Lock Brake System (ABS)</i>	19
BAB III. SISTEM KEMUDI	20
3.1. Mekanisme Lengan-lengan Kemudi	20
3.1.1. Pengaruh sudut dan panjang <i>knuckle arm</i>	22
3.2. Perhitungan Kekuatan Batang Kemudi	24
3.2.1. Gandar depan	24
3.2.1.1. Penampang I pada gandar depan	24
3.2.1.2. Dudukan pegas	27
3.2.1.3. Penampang bagian dekat <i>steering head</i>	28
3.2.1.4. <i>Steering head</i>	29
3.2.2. <i>King pin</i>	31
3.2.2.1. Perhitungan kekuatan <i>king pin</i>	31
3.2.2.2. Torsi pada sumbu <i>king pin</i>	32
3.2.3. <i>Steering knuckle</i>	33
3.2.3.1. Batang spindel	34
3.2.3.2. Lubang-lubang pada <i>knuckle steering</i>	35
3.2.3.3. Dinding bawah	37
3.2.4. <i>Steering arm</i>	38
3.2.5. <i>Knuckle arm</i>	40



3.2.6. <i>Tie rod</i>	42
3.2.7. <i>Drag link</i>	44
3.2.8. <i>Idler arm</i>	46
3.2.9. <i>Steering Connector</i>	47
3.2.9.1. <i>Ball stud</i>	47
3.2.9.2. <i>Penahan ball stud</i>	50
3.2.10. Pembatas kemudi	51
3.3. Perencanaan roda gigi kemudi	52
3.3.1. Lengan pittman	52
3.3.2. Poros lengan pittman	55
3.3.3. Roda gigi sektor	58
3.3.4. <i>Ball nut</i>	61
3.3.5. <i>Ball screw</i>	63
3.3.6. Rasio kemudi	65
3.4. Poros Kemudi	66
3.5. Roda Kemudi	67
3.6. <i>Power Steering</i>	67
3.6.1. Komponen utama <i>power steering</i>	67
3.6.2. Prinsip kerja <i>power steering</i> sistem katup putar	68
3.6.3. Daya dan tekanan pompa untuk <i>power steering</i>	70
3.7. Bantalan	71
BAB IV. SISTEM Pengereman	76
4.1. Mekanisme Sistem Pengereman	76
4.2. Standar Keselamatan pada Sistem Pengereman	76
4.3. Dinamika Pengereman pada Kendaraan Tunggal	78
4.3.1. Beban statis gandar	78
4.3.2. Beban dinamis gandar	80
4.3.3. Gaya pengereman	83



4.3.3.1. Distribusi gaya pengereman	84
4.3.3.2. Efisiensi pengereman	84
4.4. Perancangan Rem Tromol	85
4.4.1. Pemilihan jenis rem	85
4.4.2. Faktor pengereman	85
4.4.3. Gaya yang bekerja pada rem tromol	88
4.4.3.1. Torsi pengereman maksimum	88
4.4.4. Komponen utama rem tromol	88
4.5. Analisis Panas pada Rem Tromol	97
4.5.1. Energi pengereman	97
4.5.2. Daya pengereman	98
4.5.3. Analisis panas pada pemberhentian tunggal	99
4.6. Sistem Rem Angin	101
4.6.1. Prinsip kerja rem angin	101
4.6.2. Komponen sistem rem angin	102
4.6.3. Distribusi tekanan udara pada tiap roda	111
4.7. <i>Anti-Lock Brake System</i> (ABS)	114
4.7.1. Konsep dasar ABS	114
4.7.2. Prinsip kerja sistem ABS pada rem angin	115
4.7.3. Komponen utama sistem ABS pada rem angin	115
BAB V. STABILITAS KENDARAAN	118
5.1. Stabilitas Kendaraan Saat Dikemudikan	118
5.1.1. Stabilitas ke arah lateral	118
5.1.1.1. Kecepatan kritis kendaraan	118
5.1.1.2. Sudut kritis kendaraan	121
5.1.2. Perilaku belok kendaraan pada kecepatan tinggi	123
5.1.2.1. Pengaruh indeks <i>understeer</i> terhadap sudut belok	124
5.1.2.2. Kecepatan karakteristik	125



5.1.2.3. Kecepatan kritis	125
5.1.2.4. Contoh kasus	125
5.2. Stabilitas Kendaraan Saat Terjadi Pengereman	126
5.2.1. Tinjauan umum	126
5.2.2. Analisis terjadinya slip saat pengereman	126
BAB VI. KESIMPULAN DAN SARAN	129
6.1 Kesimpulan	129
6.2 Saran	129
DAFTAR PUSTAKA	130
LAMPIRAN	131

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Roda gigi kemudi tipe <i>rack and pinion</i>	6
Gambar 2.2. Roda gigi kemudi tipe <i>cam and lever</i>	6
Gambar 2.3. Roda gigi kemudi tipe <i>worm and roller</i>	7
Gambar 2.4. Roda gigi kemudi tipe <i>recirculating ball</i>	7
Gambar 2.5. Rangkaian lengan kemudi pada sumbu depan	9
Gambar 2.6. Beberapa macam sambungan poros kemudi	9
Gambar 2.7. Inklinasi <i>king pin</i> pada sumbu depan	11
Gambar 2.8. Sudut <i>camber</i> pada roda depan	11
Gambar 2.9. <i>Toe in</i>	12
Gambar 2.10. <i>Caster</i>	13
Gambar 2.11. Rangkaian sistem pengereman	14
Gambar 2.12. Jenis-jenis rem tromol	17
Gambar 2.13. Jenis-jenis <i>calliper</i> pada rem cakram	18
Gambar 2.14. Rangkaian <i>Anti-Lock Brake System</i>	19
Gambar 3.1. Sudut belok kendaraan	20
Gambar 3.2. Sudut belok pada kendaraan dengan gandar depan ganda	21
Gambar 3.3. Sudut lengan-lengan kemudi	22
Gambar 3.4. Penampang I pada gandar depan	25
Gambar 3.5. Dudukan pegas pada gandar depan	27
Gambar 3.6. <i>Steering head</i> tipe <i>Reverse Elliot</i>	29
Gambar 3.7. Penentuan sudut inklinasi <i>king pin</i>	30
Gambar 3.8. Penentuan torsi pada sumbu <i>king pin</i>	32
Gambar 3.9. Beban pada batang spindel	34
Gambar 3.10. Skema <i>steering knuckle</i>	35
Gambar 3.11. Gaya pada <i>steering arm</i>	38
Gambar 3.12. Gaya pada <i>knuckle arm</i>	41
Gambar 3.13. <i>Steering connector</i> pada <i>drag link</i>	48



Gambar 3.14. <i>Steering conector</i> pada <i>tie rod</i>	49
Gambar 3.15. Pembatas kemudi pada lengan pitman	51
Gambar 3.16. Penampang roda gigi kemudi tipe <i>recirculating ball screw</i>	52
Gambar 3.17. Jarak ayun pada <i>steering arm</i>	52
Gambar 3.18. Gaya yang bekerja pada lengan pitman	53
Gambar 3.19. Penampang I pada lengan pitman	53
Gambar 3.20. Penampang <i>power steering</i> tipe katup putar yang menyatu dengan roda gigi kemudi	68
Gambar 3.21. Penampang katup putar pada <i>power steering</i>	69
Gambar 4.1. Beban statis gandar	78
Gambar 4.2. Beban dinamis gandar pada truk dengan gandar belakang ganda	81
Gambar 4.3. Beban dinamis pada gandar belakang ganda yang menggunakan pegas daun	82
Gambar 4.4. <i>Leading shoe</i> dengan sumbu putar	86
Gambar 4.5. Bendix <i>Automatic Slack Adjuster</i> ASA-5	94
Gambar 4.6. Skema sistem rem angin pada truk tunggal	102
Gambar 4.7. Kompresor udara untuk rem angin	103
Gambar 4.8. Reservoir	103
Gambar 4.9. <i>Safety valve</i>	104
Gambar 4.10. <i>Automatic drain valve</i>	104
Gambar 4.11. <i>One way check valve</i>	105
Gambar 4.12. <i>Pressure protection valve</i>	105
Gambar 4.13. <i>Low pressure indicator</i>	105
Gambar 4.14. Katup pedal	106
Gambar 4.15. <i>Ratio valve</i>	106
Gambar 4.16. Katup pelepas cepat	107
Gambar 4.17. Relai katup pelepas cepat	107
Gambar 4.18. <i>Antilock modulator</i>	108
Gambar 4.19. <i>Spring brake valve</i>	108
Gambar 4.20. <i>Park control valve</i>	109
Gambar 4.21. <i>Double check valve</i>	109



Gambar 4.22. <i>Air dryer</i>	110
Gambar 4.23. Evaporator alkohol	110
Gambar 4.24. <i>Brake chamber</i>	111
Gambar 4.25. Skema kerja sistem ABS pada rem angin	115
Gambar 4.26. Rangkaian sensor kecepatan roda	116
Gambar 4.27. Skema unit pengendali elektronik	116
Gambar 4.28. Skema kerja katup pengatur tekanan	117
Gambar 5.1. Skema untuk perhitungan :	
a. kecepatan kritis ; b. sudut kritis pada sisi bukit	119
Gambar 5.2. Skema kendaraan saat belok	120
Gambar 5.3. Skema terjadinya slip saat roda terkunci	127



DAFTAR TABEL

Tabel 3.1. Perhitungan sudut belok kendaraan	22
Tabel 3.2. Perhitungan Sudut Belok Sistem Kemudi Depan	23
Tabel 3.3. Perhitungan Sudut Belok Sistem Kemudi Belakang	24
Tabel 3.4. Perhitungan kekuatan dinding lubang pada <i>steering knuckle</i>	37
Tabel 4.1. Jarak henti maksimum untuk kendaraan berat pada jalan datar	77
Tabel 4.2. Beban dinamis gandar saat beban penuh	83
Tabel 4.3. Beban dinamis gandar saat tanpa beban	83
Tabel 4.4. Properti panas pada bahan rem	99
Tabel 4.4. Distribusi tekanan saluran udara saat beban penuh	113
Tabel 5.1. Kecepatan kritis kendaraan saat mulai tergelincir	120
Tabel 5.2. Kecepatan kritis kendaraan saat mulai terguling	121
Tabel 5.3. Sudut kritis pada berbagai permukaan jalan	122



DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN

A	=	luasan penampang
A_c	=	luasan <i>brake chamber</i>
A_p	=	luasan kanvas pada <i>leading</i> atau <i>secondary shoe</i>
ABS	=	<i>Anti-Lock Brake System</i>
AISI	=	<i>American Iron and Steel Institute</i>
a	=	perlambatan
a_{sp}	=	tebal flens pada <i>spring pad</i>
a_y	=	percepatan lateral
B	=	jarak antara kedua roda depan (<i>front tread</i>)
BF	=	<i>Brake Factor</i>
b	=	tinggi dinding lubang
b_t	=	lebar uliran
b_r	=	lebar gigi
C	=	beban dinamis bantalan
C_{af}	=	kekakuan belok pada ban depan
C_{ar}	=	kekakuan belok pada ban belakang
c_p	=	panas spesifik bahan
D	=	diameter roda
d	=	diameter penampang batang atau poros
d_i	=	diameter luar penampang
d_o	=	diameter dalam penampang
d_p	=	diameter <i>pitch</i> roda gigi
E	=	efisiensi pengereman
E_b	=	energi pengereman
ECM	=	<i>Electronic Control Module</i>
ECU	=	<i>Electronic Control Unit</i>
e	=	lebar roda
F	=	gaya yang bekerja



- F_{ax} = gaya aksial
- F_a = gaya pada ujung sepatu
- F_d = gaya gesek antara kanvas dengan drum
- F_r = gaya radial
- F_t = gaya tangensial
- F_x = gaya pengereman
- F_z = beban dinamis gandar
- FMVSS = *Federal Motor Vehicle Safety Standard*
- GVW = *Gross Vehicle Weight*
- g = percepatan gravitasi
- h = tinggi titik berat
- I = momen inersia
- k = konstanta
- K = radius girasi polar roda depan yang dibelokkan
- K_{us} = indeks *understeer*
- k_A = faktor reduksi setelan rem
- k_p = konduktivitas panas
- k_s = konstanta pegas
- k_T = faktor reduksi suhu rem
- L = *wheelbase* (jarak roda terdepan dengan pusat roda belakang)
- L_a = panjang gandar depan
- L_{10} = umur bantalan dalam putaran
- L_t = *lead*
- l = jarak antara dua titik yang ditentukan
- l_b = jarak antara sumbu king pin dengan bantalan roda bagian dalam
- l_c = jarak horisontal antara pusat roda dengan bagian terluar dudukan pegas
- l_{dl} = panjang *drag link*
- l_F = jarak antara titik berat dengan gandar depan
- l_R = jarak antara titik berat dengan gandar belakang
- l_{ka} = panjang knuckle arm
- l_s = jarak antara sumbu *king pin* dengan pusat roda



- l_{sa} = panjang efektif *slack adjuster*
- l_{sa} = jarak antara sumbu *king pin* dengan ujung *steering arm*
- l_{sn} = jarak lintasan yang ditempuh uliran roda gigi kemudi pada satu belokan maksimum
- l_{sp} = panjang spline
- l_{sw} = jarak ayun lengan
- l_{tr} = panjang *tie rod*
- M = momen lengkung
- N_t = jumlah roda gigi
- n = jumlah
- P_{bav} = daya pengereman rata-rata
- P_e = beban ekivalen bantalan
- P_p = daya pompa
- p_p = tekanan pompa
- p_c = *circular pitch*
- p_l = tekanan saluran udara
- p_o = tekanan luar pada piston penekan terutama akibat gaya pegas
- q_D = fluks panas yang masuk ke drum
- $q''_{(0)}$ = fluks panas menuju permukaan drum yang segera muncul setelah dimulainya pengereman
- q''_p = daya yang terserap kanvas
- R = jari-jari roda
- r = jari-jari poros atau batang
- r_c = radius belok kendaraan
- r_{cs} = jari-jari efektif *cam*
- r_m = radius rata-rata uliran
- r_p = jari-jari pitch roda gigi
- S_{total} = jarak pengereman total
- SAE = *Society of Automotive Engineers*
- sf = faktor keamanan
- T_b = torsi pengereman



T_{bs}	= torsi pada <i>ball screw</i>
T_{cs}	= torsi pada poros <i>S-Cam</i>
T_i	= temperatur awal
T_k	= torsi pada sumbu <i>king pin</i>
T_p	= torsi pada poros lengan pittman
t	= waktu
t_r	= waktu reaksi pengemudi
t_s	= waktu untuk berhenti
V_o	= kecepatan awal
V_1	= kecepatan akhir
V_{char}	= kecepatan karakteristik pada kasus <i>understeer</i>
V_{crit}	= kecepatan kritis pada kasus <i>oversteer</i>
v_p	= kecepatan geser piston <i>power steering</i>
v_c	= kecepatan kritis saat kendaraan mulai terguling
v_s	= kecepatan kritis saat kendaraan mulai tergelincir
W	= berat kendaraan yang ditumpu oleh satu roda
W_f	= beban pada gandar depan
W_r	= beban pada gandar belakang
W_s	= berat kendaraan dikurangi berat gandar
$w_{F,R}$	= berat gandar belakang
x	= panjang rentangan pegas
Y_2	= gaya suspensi vertikal pada batang penyeimbang
y_L	= faktor Lewis
α	= sudut belok roda depan bagian dalam
α_0	= sudut kelengkungan kanvas rem
$\hat{\alpha}_0$	= panjang busur sudut α_0
β	= sudut belok roda depan bagian luar
β_o	= sudut kritis jalan saat kendaraan mulai terguling
β_s	= sudut kritis jalan saat kendaraan mulai tergelincir
θ	= sudut <i>knuckle arm</i>
δ	= sudut inklinasi <i>king pin</i>



- λ = sudut *caster*
- λ_b = bagian relatif daya pengereman yang diserap oleh tiap sepatu
- τ_{\max} = tegangan geser bahan yang diijinkan
- σ_{\max} = tegangan tarik bahan yang diijinkan
- σ_w = tegangan yang diijinkan bahan untuk persamaan Lewis
- μ = faktor gesekan
- μ_L = koefisien gesek kanvas rem dengan drum
- μ_r = koefisien gesek roda dengan jalan
- μ_T = koefisien traksi pengereman
- η = efisiensi
- Ω = sudut *sector gear*
- ψ = distribusi beban statis gandar
- χ = tinggi titik berat dibagi panjang *wheelbase*
- Φ = distribusi gaya pengereman
- Δd = jarak perpindahan maksimum batang penekan *brake chamber*
- ρ = rapat massa bahan
- ρ_s = rasio batang



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Spesifikasi Truk Nissan UD CGB 520	131
Lampiran 2. Daftar kekuatan baja AISI	135
Lampiran 3. Daftar kekuatan bahan untuk persamaan Lewis	138
Lampiran 4. Daftar ukuran pipa standar Amerika	139
Lampiran 5. Daftar ukuran <i>ball joint</i> standar SAE	140
Lampiran 6. Daftar ukuran uliran <i>power screw</i>	142
Lampiran 7. Faktor Lewis pada roda gigi	143
Lampiran 8. Properti penampang material	145
Lampiran 9. Daftar harga elastisitas dan kekakuan bahan	146
Lampiran 10. Properti panas pada beberapa jenis bahan	147
Lampiran 11. Daftar ukuran bantalan	148
Lampiran 12. Daftar ukuran <i>brake chamber / actuator</i>	150
Lampiran 13. Daftar ukuran <i>automatic slack adjuster</i>	151