UNIVERSITAS
GADJAH MADA
PERANCANGANSUSPENSI, STEERING DAN PENGEREMAN KENDARAAN SETARA TOYOTA AVANZA
Moffian Hangga Sulistiyo, Ir. Sunardjo, M.T
Universitas Gadjah Mada, 2011 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL **i**
HALAMAN PENGESAHAN **ii**
HALAMAN PERNYATAAN **iii**
NASKAH SOAL TUGAS AKHIR **iv**
HALAMAN PERSEMBAHAN **v**
KATA PENGANTAR **vii**
DAFTAR ISI **ix**
DAFTAR GAMBAR **xiv**
DAFTAR TABEL **xv**
DAFTAR LAMPIRAN **xv**
DAFTAR NOTASI **xix**
INTISARI **xxiv**

BAB I PENDAHULUAN
1.1. Latar Belakang Masalah 1
1.2. Perumusan Masalah 2
1.3. Asumsi dan Batasan Masalah 2
1.4. Tujuan Perancangan 3
1.5. Manfaat Perancangan 3
1.6. Metodologi Penulisan 4
1.7. Ruang Lingkup Pembahasan 4

BAB II LANDASAN TEORI
2.1. Penggunaan Sistem Suspensi 6
2.1.1. Suspensi Depan *MacPherson Strut* 7
2.1.2. Suspensi Belakang Tipe *Fourlink* 9
2.2. Titik Berat Kendaraan 9
2.2.1. Pembebanan Statis Pada *Axle* Depan Dan Belakang 10

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
PERANCANGANSUSPENSI, STEERING DAN PENGEREMAN KENDARAAN SETARA TOYOTA AVANZA
Moffian Hangga Sulistiyo, Ir. Sunardjo, M.T
Universitas Gadjah Mada, 2011 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

2.2.2. Tinggi Titik Berat Kendaraan 11
2.2.3. Massa Sprung dan Titik Berat Sprung 12
2.3. Perhitungan Pegas 13
2.3.1. Indeks Pegas 14
2.3.2. Konstanta Pegas 14
2.3.3. Faktor Koreksi Tegangan Wahl 15
2.3.4. Tegangan Geser Pada Pegas 15
2.3.5. Lendutan Pegas 16
2.3.6. Panjang Pegas 16
2.3.7. Kelonggaran Kawat 19
2.3.8. Sudut Kemiringan Pegas 19
2.4. *Roll Center* Suspensi 20
2.4.1. *Roll Center* Pada *Solid Axle* 21
2.4.2. *Roll Center* Pada Suspensi Independen 22
2.5. Gaya Dorong Pada Kendaraan 23
2.5.1. Gaya Traksi Maksimum 24
2.5.2. Perpindahan Beban Pada Axle 25
2.5.3. Gaya Dorong Pada Tiap Ban 25
2.6. Kinerja Pengereman 26
2.6.1. Gaya Pengereman Maksimum Pada Tiap Axle 27
2.6.2. Perpindahan Beban Pada Tiap Axle 28
2.7. Dinamika Kendaraan Berbelok Pada Jalan Datar 29
2.7.1. Analisa Skid 29
2.7.2. Analisa Guling 31
2.7.3. Perubahan Beban Pada Tiap Ban 33
2.8. Sudut Kemiringan Kendaraan 34
2.9. Getaran Pada Kendaraan 35
2.9.1. Pemodelan Dengan Dua Derajat Kebebasan Vertikal (Bounce) 35
2.9.2. Pemodelan Dengan Dua Derajat Kebebasan Bounce dan Pitch 37
2.10. Faktor Keamanan 39

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
PERANCANGANSUSPENSI, STEERING DAN PENGEREMAN KENDARAAN SETARA TOYOTA AVANZA
Moffian Hangga Sulistiyo, Ir. Sunardjo, M.T
Universitas Gadjah Mada, 2011 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

BAB III PEMBEBANAN KENDARAAN 42
3.1. Data Spesifikasi Kendaraan 42
3.2. Titik Berat Kendaraan 43
3.2.1. Distribusi Beban 43
3.2.2. Penentuan Titik Berat Kendaraan 48
3.3. Roll Center Suspensi 50
3.3.1. Roll Center Suspensi Depan 50
3.3.2. Roll Center Suspensi Belakang 50
3.4. Pembebanan Saat Akselerasi 51
3.4.1. Perhitungan Gaya Traksi Maksimum 52
3.4.2. Distribusi Beban Pada Ban 52
3.4.3. Gaya Dorong Pada Tiap Ban 54
3.5. Pembebanan Saat Pengereman 54
3.5.1. Hambatan Udara 54
3.5.2. Perhitungan Gaya Pengereman Maksimum 55
3.5.3. Distribusi Beban Pada Ban 55
3.5.4. Gaya Pengereman Pada Tiap Ban 56
3.6. Pembebanan Saat Membelok 57
3.6.1. Perpindahan Beban Pada Roda 57
3.6.2. Gaya Lateral Pada Roda 57

BAB IV PERANCANGAN PEGAS 59
4.1. Distribusi Beban Pada *Axle* 59
4.2. Perhitungan Pegas Depan 60
4.2.1. Gaya Pada Pegas Depan 61
4.2.2. Dimensi Pegas 61
4.3. Pegas Belakang 65
4.3.1. Gaya Pada Tiap Pegas Belakang 66
4.3.2. Penentuan Dimensi Pegas 67
4.4. Tumpuan Pegas 70
4.4.1. Tumpuan Pegas Depan 71

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
PERANCANGANSUSPENSI, STEERING DAN PENGEREMAN KENDARAAN SETARA TOYOTA AVANZA
Moffian Hangga Sulistiyo, Ir. Sunardjo, M.T
Universitas Gadjah Mada, 2011 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

4.4.2. Tumpuan Pegas Belakang 72
4.5. Perhitungan Frekuensi Alami 73
4.5.1. Frekuensi Alami Depan 73
4.5.2. Frekuensi Alami Belakang 74
4.5.3. Frekuensi Alami *Bounce* dan *Pitch* 75
4.5.4. Titik Pusat Oskilasi 76

BAB V SISTEM PENGEREMAN 78
5.1 Pendahuluan 78
5.2 Perencanaan Rem 78
5.2.1. Gaya Pengereman Dinamis 79
5.2.2. Distribusi Gaya Pengereman 80
5.2.3. Efisiensi Pengereman 80
5.2.4. Gaya Pada Rem Drum 82
5.2.4.1. Torsi Pengereman Maksimum 82
5.2.4.2. Gaya Tekan 83
5.2.4.3. Gaya Normal 84
5.2.4.4. Brake Faktor 84
5.2.4.5. Gaya Pengereman 84
5.2.5. Analisa Panas Pada Rem Drum 85
5.2.5.1. Energi Pengereman 85
5.2.5.2. Daya Pengereman 86
5.2.5.3. Analisis Panas Pada Pemberhentian Tunggal 87
5.2.6. Umur Sepatu 91
5.2.7. Perencanaan Brake Master Cylinder 92

BAB VI SISTEM KEMUDI 95
6.1. Pendahuluan 95
6.2. Mekanisme Kemudi 96
6.3. Roda Gigi Kemudi 96
6.4. Power Steering 96

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
PERANCANGANSUSPENSI, STEERING DAN PENGEREMAN KENDARAAN SETARA TOYOTA AVANZA
Moffian Hangga Sulistiyo, Ir. Sunardjo, M.T
Universitas Gadjah Mada, 2011 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

6.4.1. Konstruksi Sistem Power Steering Tipe Rack and Pinion 97
6.5. Perhitungan Gaya 97
6.5.1. Steering Head dan Kingpin 98
6.5.2. Steering Knuckle 100
6.5.3. Steering Arm 101
6.5.4. Tie Rod 101
6.5.5. Roda Gigi Sektor 102
6.5.6. Rasio Kemudi 103
6.5.7. Pinion 104
6.5.8. Gaya Untuk Memutar Kemudi 105

BAB VII PENUTUP 106

DAFTAR PUSTAKA 109

LAMPIRAN 110

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
PERANCANGANSUSPENSI, STEERING DAN PENGEREMAN KENDARAAN SETARA TOYOTA AVANZA
Moffian Hangga Sulistiyo, Ir. Sunardjo, M.T
Universitas Gadjah Mada, 2011 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Tipe Suspensi *MacPherson Strut* 8
Gambar 2.2. Tipe Suspensi *Fourlink* 9
Gambar 2.3. Gaya Pada Kendaraan 10
Gambar 2.4. Penentuan Tinggi Titik Berat Kendaraan 11
Gambar 2.5. Ayunan Pegas 13
Gambar 2.6. Konstanta Pegas 14
Gambar 2.7. Panjang Pegas 17
Gambar 2.8. Rasio Suspensi 19
Gambar 2.9. *Roll Center* dan *Roll Axis* 20
Gambar 2.10. Analisa *Roll Center* pada *Fourlink Suspension* 22
Gambar 2.11. Analisa *Roll Center* Pada *Parallel Link Independent Suspension* 23
Gambar 2.12. Distribusi Gaya Akibat Pengereman 27
Gambar 2.13. Distribusi Gaya Pada Saat Kendaraan Membelok 29
Gambar 2.14. Model Dua Derajat Kebebasan Vertikal 35
Gambar 3.1. Distribusi Berat Penumpang 43
Gambar 3.2. Letak Roll Center Pada Suspensi Depan 50
Gambar 3.3. Roll Center pada suspensi belakang 51
Gambar 4.1. Letak Pegas Depan Pada Suspensi 60
Gambar 4.2. Distribusi Gaya Pada Suspensi Depan 61
Gambar 4.3. Pegas Pada Lengan Suspensi Belakang 65
Gambar 4.4. Gaya Pada Pegas Belakang 67
Gambar 4.5. Konstruksi Tumpuan Bawah Pegas 71
Gambar 5.1. Ukuran Pada Rem Drum 82
Gambar 6.1. Power Steering Tipe Rack and Pinion 97
Gambar 6.2. Kingpin Inclination 98
Gambar 6.3. Tie Rod 102
Gambar 6.4. Rack and Pinion 104

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
PERANCANGANSUSPENSI, STEERING DAN PENGEREMAN KENDARAAN SETARA TOYOTA AVANZA
Moffian Hangga Sulistiyo, Ir. Sunardjo, M.T
Universitas Gadjah Mada, 2011 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. *Safety Factor* Berbagai Material 40

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
PERANCANGANSUSPENSI, STEERING DAN PENGEREMAN KENDARAAN SETARA TOYOTA AVANZA
Moffian Hangga Sulistiyo, Ir. Sunardjo, M.T
Universitas Gadjah Mada, 2011 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Properti material baja karbon dan baja paduan standar AISI 111
Lampiran 2. Properti material kawat pegas standar SAE 112

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
PERANCANGANSUSPENSI, STEERING DAN PENGEREMAN KENDARAAN SETARA TOYOTA AVANZA
Moffian Hangga Sulistiyo, Ir. Sunardjo, M.T
Universitas Gadjah Mada, 2011 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN

a_x = Percepatan (m/s^2)

a_v = perlambatan kendaraan (g)

A = Luas permukaan (mm^2)

A_k = luasan bidang gesek kampas terhadap drum (m^2)

b = jarak dari titik berat ke axle depan (mm)

b_n = jarak tumpuan ke gaya normal (mm)

b_{sp} = jarak antar titik pusat pegas (mm)

c = jarak dari titik berat ke axle belakang (mm)

C = Spring index

d_i = Diameter dalam (mm)

d_o = Diameter luar (mm)

d_{mc} = diameter brake master cylinder

d_{pin} = Diameter pin (mm)

d_t = diameter tromol (mm)

D = Diameter rata-rata pegas (mm)

D_A = Gaya aerodinamik (N)

e = lebar roda (inch)

E = Modulus elastisitas (N/mm^2)

E_b = energi pengereman

f_b = tegangan lengkung (N/mm^2)

$f_{f/r}$ = Frekuensi alami suspensi depan atau belakang (Hz)

F_A = Gaya dorong (N)

F_B = Gaya Pengereman (N)

F_{Bo} = Gaya akibat berat Sprung (N)

F_{Bf} = Gaya pengereman pada axle depan (N)

F_{Br} = Gaya pengereman pada axle belakang (N)

F_d = gaya yang harus dikeluarkan pengemudi (N)

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
PERANCANGANSUSPENSI, STEERING DAN PENGEREMAN KENDARAAN SETARA TOYOTA AVANZA
Moffian Hangga Sulistiyo, Ir. Sunardjo, M.T
Universitas Gadjah Mada, 2011 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

F_{xi} = gaya pengereman pada tiap gandar tertentu (N)

F_{xF} = gaya pengereman dinamis pada gandar depan (N)

F_{xR} = gaya pengereman dinamis pada gandar belakang (N)

F_p = gaya tekan pedal rem (N)

F_{sh} = beban steering head (N)

F_y = Gaya Lateral (N)

F_z = Gaya normal (N)

g = Percepatan gravitasi (m/s^2)

G = modulus geser (N/mm^2)

h = Tinggi titik berat kendaraan (mm)

h_{Bo} = tinggi titik berat sprung (mm)

h_{Ror} = tinggi *body roll centre* (mm)

h_R = Tinggi roll center (mm)

H = Panjang pegas (mm)

I = Momen inersia (m^4)

k = Kostanta pegas

k_{mc} = volume loss spesifik master cylinder ($cm^3/N/cm^2$)

k_p = konduktivitas thermal (Nm/hKm)

K = Faktor koreksi Wahl

K_ϕ = kekakuan roll suspensi (Nm)

K_s = kekakuan tiap pegas kanan dan kiri (N/m)

l_b = jarak antara sumbu kingpin dengan bantalan roda dalam (m)

l_t = jarak perpotongan sumbu kingpin dan pusat roda dengan permukaan jalan (mm)

l_s = jarak sumbu kingpin dengan pusat roda (mm)

l_{sa} = jarak antara sumbu kingpin dengan ujung steering arm (m)

l_{sw} = jarak lengan (m)

l_{tr} = jarak antara sumbu kingpin dengan ujung tie rod (m)

L = Jarak antar sumbu (mm)

L_h = Umur sepatu

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
PERANCANGANSUSPENSI, STEERING DAN PENGEREMAN KENDARAAN SETARA TOYOTA AVANZA
Moffian Hangga Sulistiyo, Ir. Sunardjo, M.T
Universitas Gadjah Mada, 2011 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

L_T = lead (m)

m = massa (kg)

m_u = massa unsprung (kg)

m_{vt} = massa total kendaraan (kg)

M = Momen (Nmm)

n = Jumlah gulungan pegas yang aktif

n' = jumlah gulungan pegas total

N = perbandingan transmisi

N_R = daya yang dilepaskan oleh rem (kW)

P = Gaya reaksi pada lengan akibat gaya dorong (N)

P_s = gaya normal pada rem (N)

$q_0^{"}$ = flux panas pada permukaan drum sesaat setelah pengereman dimulai

q_v = keausan spesifik

r = Jari-jari roda penggerak (mm)

r_{lp} = pedal lever ratio

r_y = jari-jari girasi (mm)

R = jari-jari roda (m)

R_A = reaksi pada titik A (N)

R_B = reaksi pada titik B (N)

R_n = Radius Jalan (m)

R_s = gaya reaksi pada pegas depan (N)

R_U = Gaya reaksi pada lengan atas (N)

S = Slip pada ban kendaraan

SD = Jarak Pengereman (m)

S_f = langkah pedal (mm)

SF = Safety factor

t = tread (mm)

t_s = waktu yang diperlukan sampai kendaraan berhenti selama pengereman (jam)

T_{bi} = torsi pengereman pada tiap roda tertentu (Nm)

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
PERANCANGANSUSPENSI, STEERING DAN PENGEREMAN KENDARAAN SETARA TOYOTA AVANZA
Moffian Hangga Sulistiyo, Ir. Sunardjo, M.T
Universitas Gadjah Mada, 2011 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

T_e = Torsi (Nm)

T_i = suhu awal pada permukaan drum

T_k = torsi pada sumbu kingpin (Nm)

T_p = torsi yang harus dihasilkan pada poros kemudi (N.m)

T_{tr} = torsi tie rod (Nm)

V = Kecepatan kendaraan (m/s)

V_o = Kecepatan awal (m/s)

V_v = volume material yang mengalami keausan

$w_{f/r}$ = Berat unsprung pada axle depan atau belakang (N)

W = Beban total (N)

W_{fs} = Beban statis pada axle depan (N)

W_{rs} = Beban statis pada axle belakang (N)

X = langkah piston master cylinder (mm)

Z = Amplitudo getaran (m)

σ_t = Tegangan tarik (N/mm^2)

σ_c = Tegangan tekan atau desak (N/mm^2)

τ_s = Tegangan geser (N/mm)

μ = Koefisien gesek ban dengan jalan

ΔF_f = perubahan beban pada axle depan

ϕ = Sudut roll kendaraan (º)

δ = Lendutan pegas (mm)

ω_n = Frekuensi natural (Hz)

Δm = perubahan beban (kg)

η_{tf} = efisiensi gabungan transmisi dengan diferensial (%)

Θ = amplitudo getaran *pitch*

Ψ = perbandingan antara beban statis pada gandar belakang dengan total beban kendaraan

χ = perbandingan antara tinggi titik berat dengan wheelbase

μ_{Ti} = koefisien traksi

Φ = distribusi gaya pengereman

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
PERANCANGANSUSPENSI, STEERING DAN PENGEREMAN KENDARAAN SETARA TOYOTA AVANZA
Moffian Hangga Sulistiyo, Ir. Sunardjo, M.T
Universitas Gadjah Mada, 2011 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

ρ = berat jenis bahan (kg/m^3)

δ_{rot} = koefisien koreksi untuk massa berputar

η_p = pedal lever efficiency

tgδ = sudut inklinasi kingpin (º)

λ = sudut caster (º)