



## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN JUDUL</b>	i
<b>HALAMAN PENGESAHAN</b>	ii
<b>HALAMAN PERNYATAAN</b>	iii
<b>NASKAH SOAL TUGAS AKHIR</b>	iv
<b>HALAMAN PERSEMBAHAN</b>	v
<b>INTISARI</b>	vi
<b>KATA PENGANTAR</b>	vii
<b>DAFTAR ISI</b>	ix
<b>DAFTAR GAMBAR</b>	xi
<b>DAFTAR TABEL</b>	xvi
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b>	xviii
<b>DAFTAR NOTASI</b>	xix
<b>BAB I PENDAHULUAN</b>	1
1.1 Latar Belakang Masalah	1
1.2 Dasar Perancangan	2
1.3 Batasan Masalah	2
1.4 Metode Perancangan	3
1.5 Ruang Lingkup Pembahasan	4
<b>BAB II PERANCANGAN AWAL (PRA-DESIGN)</b>	6
2.1 Perancangan Awal Struktur Kendaraan	6
2.2 Gaya-gaya pada Kendaraan	13
2.3 Pergerakan dengan Motor Listrik	15
2.4 Pergerakan Manual dengan Pedal	21
2.5 Pergerakan Gabungan	29
<b>BAB III PERANCANGAN STRUKTUR KENDARAAN</b>	36
3.1 Penentuan Struktur	36
3.2 Perhitungan Letak Titik Berat Kendaraan	45



3.4	Analisa Kekuatan Struktur	54
3.5	Perhitungan Poros	63
3.6	Pemilihan dan Perancangan Transmisi	71
3.7	Pemilihan Bantalan	76
<b>BAB IV</b>	<b>ANALISA KINERJA KENDARAAN</b>	<b>79</b>
4.1	Tinjauan Umum Motor Listrik	79
4.2	Pergerakan dengan Tenaga Listrik	85
4.3	Pergerakan Manual dengan Pedal	94
4.4	Pergerakan Gabungan Tenaga Listrik dan Tenaga Manusia	99
<b>BAB V</b>	<b>STABILITAS KENDARAAN</b>	<b>105</b>
5.1	Stabilitas Lateral	106
5.2	Analisa Batas Gerakan Kendaraan	110
<b>BAB VI</b>	<b>PENUTUP</b>	<b>112</b>
6.1	Kesimpulan	112
6.2	Saran Pengembangan	114
	<b>DAFTAR PUSTAKA</b>	<b>115</b>
	<b>LAMPIRAN</b>	<b>116</b>



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	<i>Anthropometri</i> standar manusia Jepang pada posisi berdiri	8
Gambar 2.2	<i>Anthropometri</i> standar manusia Jepang pada posisi duduk	8
Gambar 2.3	Ukuran panjang lengan asumsi	9
Gambar 2.4	Ukuran panjang kaki asumsi	9
Gambar 2.5	Rencana posisi duduk pada jangkauan kaki maksimum	10
Gambar 2.6	Rencana tampak samping kendaraan roda tiga	10
Gambar 2.7	Rencana tampak depan kendaraan roda tiga	11
Gambar 2.8	Rencana posisi titik berat kendaraan (tampak atas)	12
Gambar 2.9	Rencana posisi titik berat kendaraan (tampak depan)	12
Gambar 2.10	Motor DC Brushless sepeda listrik merk <i>Verza type TDP-16Z</i>	16
Gambar 2.11	Kurva karakteristik kecepatan sudut vs torsi motor listrik <i>DC Brushless</i>	17
Gambar 2.12	Kurva karakteristik kerja motor listrik <i>DC Brushless</i> pada sepeda listrik	18
Gambar 2.13	Kurva karakteristik kerja motor listrik <i>DC Brushless</i> pada mobil hibrid	19
Gambar 2.14	Kurva karakteristik kerja kendaraan di jalan datar dengan beban maksimum	20
Gambar 2.15	Kurva karakteristik kerja kendaraan di jalan mendaki ( $5^\circ$ ) dengan beban maksimum	21
Gambar 2.16	Sistem transmisi pergerakan manual kendaraan	24
Gambar 2.17	Penyederhanaan pada sistem transmisi kendaraan rancangan	25
Gambar 2.18	Karakteristik kerja 1 orang manusia dewasa ketika mengendarai sepeda	26
Gambar 2.19	Karakteristik kerja 2 orang manusia dewasa ketika	26



	mengendarai sepeda	
Gambar 2.20	Karakteristik kerja manual kendaraan ketika digerakkan oleh 2 orang penumpang pada jalan datar	28
Gambar 2.21	Karakteristik kerja manual kendaraan ketika digerakkan oleh 2 orang penumpang pada jalan mendaki 5°	29
Gambar 2.22	Karakteristik kerja gabungan motor listrik + 1 orang pengemudi	30
Gambar 2.23	Karakteristik kerja gabungan motor listrik + 2 orang pengemudi	30
Gambar 2.24	Karakteristik kerja gabungan motor listrik + 1 orang pengemudi pada jalan datar	31
Gambar 2.25	Karakteristik kerja gabungan motor listrik + 1 orang pengemudi pada jalan mendaki (kemiringan 5°)	32
Gambar 2.26	Karakteristik kerja gabungan motor listrik + 2 orang pengemudi pada jalan datar	33
Gambar 2.27	Karakteristik kerja gabungan motor listrik + 2 orang pengemudi pada jalan mendaki (kemiringan 5°)	34
Gambar 2.28	Karakteristik kerja gabungan motor listrik + 2 orang pengemudi pada jalan mendaki (kemiringan 10°)	35
Gambar 3.1	Bentuk dan dimensi frame atas kendaraan	37
Gambar 3.2	Bentuk dan dimensi frame bawah kendaraan	38
Gambar 3.3	Bentuk frame kendaraan rancangan	39
Gambar 3.4	Bentuk dan dimensi tempat duduk	40
Gambar 3.5	Posisi penumpang pada kendaraan	41
Gambar 3.6	Bentuk dan dimensi tempat baterai	42
Gambar 3.7	Posisi tempat baterai pada kendaraan	43
Gambar 3.8	Gambar teknik kendaraan rancangan	44
Gambar 3.9	Gambar solid kendaraan rancangan (pandangan isometris)	44
Gambar 3.10	Posisi koordinat kartesius pada penentuan titik berat	45



Gambar 3.11	Posisi letak titik berat gabungan rangka utama, tempat baterai, pedal, batang penahan pedal, suspensi dan poros transmisi	46
Gambar 3.12	Posisi titik berat tempat duduk	47
Gambar 3.13	Posisi letak titik berat gabungan tempat duduk dan 1 orang penumpang	47
Gambar 3.14	Posisi letak titik berat gabungan tempat duduk dan penumpang	48
Gambar 3.15	Posisi titik berat baterai	48
Gambar 3.16	Posisi titik berat bagasi	49
Gambar 3.17	Posisi titik berat kendaraan pada kondisi <i>no load</i>	51
Gambar 3.18	Posisi titik berat kendaraan pada saat dibebani 1 orang penumpang	52
Gambar 3.19	Posisi titik berat kendaraan pada kondisi <i>full load</i>	53
Gambar 3.20	Properti baja <i>Steel ANSI C1020</i>	54
Gambar 3.21	<i>Database</i> Data-data Material	55
Gambar 3.22	Posisi, besar, dan jenis gaya	56
Gambar 3.23	<i>Setting</i> simulasi	56
Gambar 3.24	<i>Meshing</i> pada body	57
Gambar 3.25	<i>Run Stress Analysis</i>	57
Gambar 3.26	Komponen-komponen yang dianalisa	58
Gambar 3.27	Asumsi pembebanan pada tempat duduk	59
Gambar 3.28	Posisi letak tumpuan pada saat pembebanan	59
Gambar 3.29	Asumsi gaya dorong akibat putaran pedal	60
Gambar 3.30	Hasil Simulasi (pandangan isometris)	61
Gambar 3.31	Rencana posisi titik berat kendaraan (tampak depan)	62
Gambar 3.32	Tegangan maksimum pada struktur	63
Gambar 3.33	Pembebanan kendaraan	64
Gambar 3.34	Pembebanan pada poros belakang kendaraan	65
Gambar 3.35	BMD poros belakang	66



Gambar 3.37	BMD arah vertikal poros transmisi 1	69
Gambar 3.38	BMD arah horizontal poros transmisi 1	70
Gambar 3.39	Suspensi depan sepeda listrik merk <i>Verza type TDP-16Z</i>	72
Gambar 3.40	Pegas daun sebagai suspensi belakang kendaraan	73
Gambar 3.41	Pegas daun rancangan	75
Gambar 3.42	<i>Deep groove ball bearing</i>	76
Gambar 3.43	<i>Y-bearing plummer block</i>	76
Gambar 3.44	Dimensi <i>deep groove ball bearing</i>	77
Gambar 3.45	Penempatan bantalan pada stang	77
Gambar 3.46	Dimensi <i>Y-bearing plummer block</i>	78
Gambar 4.1	Diagram jenis-jenis motor listrik	80
Gambar 4.2	Cara kerja motor <i>Hall effect</i>	83
Gambar 4.3	Aplikasi motor <i>Hall effect</i>	84
Gambar 4.4	Beberapa variasi gelombang persegi ( <i>square-wave</i> ) yang terbentuk dengan pemakaian <i>PWM Controller</i>	87
Gambar 4.5	Cara kerja <i>PWM Controller</i>	88
Gambar 4.6	<i>Controller</i>	89
Gambar 4.7	Katup ( <i>throttle</i> ) pengatur tegangan	89
Gambar 4.8	Kabel penghubung dari katup ke <i>controller</i>	89
Gambar 4.9	Hubungan <i>controller</i> ke motor	89
Gambar 4.10	Rangkaian seri 3 buah baterai 12 Volt	90
Gambar 4.11	Kabel penghubung baterai dan kabel untuk <i>charging</i>	90
Gambar 4.12	<i>Charger</i>	90
Gambar 4.13	Diagram alir sistem kerja motor listrik	91
Gambar 4.14	Kurva karakteristik kerja motor listrik <i>DC Brushless</i> pada mobil hibrid	92
Gambar 4.15	Kurva karakteristik kerja kendaraan di jalan datar dengan beban maksimum	93
Gambar 4.16	Kurva karakteristik kerja kendaraan di jalan mendaki ( $5^\circ$ ) dengan beban maksimum	94



Gambar 4.18	Kurva karakteristik kerja 1 orang manusia saat berjalan di jalan datar	95
Gambar 4.19	Kurva karakteristik kerja 1 orang manusia saat berjalan pada jalan mendaki 5°	96
Gambar 4.20	Karakteristik kerja 2 orang manusia	97
Gambar 4.21	Kurva karakteristik kerja 2 orang manusia saat berjalan di jalan datar	98
Gambar 4.22	Kurva karakteristik kerja 2 orang manusia saat berjalan pada jalan mendaki 5°	99
Gambar 4.23	Karakteristik kerja gabungan motor listrik + 1 orang pengemudi	99
Gambar 4.24	Karakteristik kerja gabungan motor listrik + 1 orang pengemudi pada jalan datar	100
Gambar 4.25	Karakteristik kerja gabungan motor listrik + 1 orang pengemudi pada jalan mendaki 5°	101
Gambar 4.26	Karakteristik kerja gabungan motor listrik + 2 orang pengemudi	102
Gambar 4.27	Karakteristik kerja gabungan motor listrik + 2 orang pengemudi saat berjalan pada jalan datar	103
Gambar 4.28	Karakteristik kerja gabungan motor listrik + 2 orang pengemudi saat berjalan pada jalan mendaki 10°	104
Gambar 5.1	Skema radius belok minimum kendaraan	105
Gambar 5.2	Kondisi kendaraan saat berbelok	106
Gambar 5.3	Sumbu guling pada kendaraan roda 3	108
Gambar 5.4	Tinjauan stabilitas lateral kendaraan	108
Gambar 5.5	Grafik kecepatan terhadap radius putar	111

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Karakteristik kerja kendaraan di jalan datar dengan beban maksimum	19
Tabel 2.2	Karakteristik kerja kendaraan saat digerakkan dengan motor listrik dan mendaki 5° dengan beban maksimum	20
Tabel 2.3	Karakteristik kerja manual kendaraan ketika digerakkan oleh 2 orang penumpang pada jalan datar	28
Tabel 2.4	Karakteristik kerja manual kendaraan ketika digerakkan oleh 2 orang penumpang pada jalan mendaki 5°	29
Tabel 2.5	Karakteristik kerja gabungan motor listrik + 1 orang penumpang pada jalan datar	31
Tabel 2.6	Karakteristik kerja gabungan motor listrik + 1 orang penumpang pada jalan mendaki (kemiringan 5°)	32
Tabel 2.7	Karakteristik kerja gabungan motor listrik + 2 orang penumpang pada jalan datar	33
Tabel 2.8	Karakteristik kerja gabungan motor listrik + 2 orang penumpang pada jalan mendaki (kemiringan 5°)	34
Tabel 2.9	Karakteristik kerja gabungan motor listrik + 2 orang penumpang pada jalan mendaki (kemiringan 10°)	35
Tabel 4.1	Karakteristik kerja kendaraan saat digerakkan dengan motor listrik di jalan datar dengan beban maksimum	92
Tabel 4.2	Karakteristik kerja kendaraan saat digerakkan dengan motor listrik dan mendaki 5° dengan beban maksimum	93
Tabel 4.3	Karakteristik kerja kendaraan saat digerakkan oleh 1 orang pengemudi dan berjalan di jalan datar	95
Tabel 4.4	Karakteristik kerja kendaraan saat digerakkan oleh 1 orang pengemudi dan berjalan pada jalan mendaki 5°	96
Tabel 4.5	Karakteristik kerja kendaraan saat digerakkan oleh 2 orang	97



Tabel 4.6	Karakteristik kerja kendaraan saat digerakkan oleh 2 orang pengemudi dan berjalan pada jalan mendaki 5°	98
Tabel 4.7	Karakteristik kerja kendaraan saat digerakkan oleh gabungan motor listrik + 1 orang pengemudi dan berjalan pada jalan datar	100
Tabel 4.8	Karakteristik kerja kendaraan saat digerakkan oleh gabungan motor listrik + 1 orang pengemudi dan berjalan pada jalan mendaki 5°	101
Tabel 4.9	Karakteristik kerja kendaraan saat digerakkan oleh gabungan motor listrik + 2 orang pengemudi dan berjalan pada jalan datar	102
Tabel 4.10	Karakteristik kerja kendaraan saat digerakkan oleh gabungan motor listrik + 2 orang pengemudi dan berjalan pada jalan mendaki 10°	103
Tabel 5.1	Batas radius belok kendaraan pada tiap kecepatan saat terbeban penuh	111



## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1	Spesifikasi Sepeda Listrik <i>Verza type TDP-16Z</i>	117
Lampiran 2	Standar JIS B 1801 untuk Dimensi <i>Roller Chain</i>	118
Lampiran 3	Standar JIS B 1802 untuk Sproket 35	119
Lampiran 4	Properti Material yang biasa digunakan untuk Pegas	120
Lampiran 5	Standar SKF untuk Dimensi <i>Deep Groove Ball Bearing</i>	121
Lampiran 6	Standar SKF untuk Dimensi <i>Y-Bearing Plummer Block</i>	122



## DAFTAR NOTASI

$\delta$	= defleksi yang dialami oleh pegas (mm)
$\rho$	= massa jenis ( $\text{kg/m}^3$ )
$\alpha$	= sudut kemiringan jalan ( $^\circ$ )
$\sigma_b$	= tegangan lentur ( $\text{N/m}^2$ )
$\mu_1$	= koefisien gesek lateral
$a$	= percepatan kendaraan ( $\text{m/s}^2$ )
$B$	= jarak ban kiri dengan kanan (m)
$b$	= lebar plat pegas (mm)
$C_D$	= koefisien hambatan udara
$D_w$	= diameter roda (m)
$D_{sp}$	= diameter sproket penggerak (m)
$D_{si}$	= diameter sproket <i>idler</i> (m)
$D_w$	= diameter roda (m)
$E$	= modulus elastisitas bahan ( $\text{kN/mm}^2$ )
$E$	= jarak pusat massa ke sumbu roda depan (mm)
$f$	= koefisien gesek
$f_r$	= koefisien hambatan gulung
$F_t$	= gaya tangensial (N)
$G$	= modulus geser bahan ( $\text{kg/cm}^2$ )
$g$	= percepatan gravitasi ( $\text{m/s}^2$ )
$h$	= tinggi <i>center of gravity</i> (mm)
$I$	= momen inersia luas penampang poros terhadap sumbu putaran ( $\text{m}^4$ )
$l$	= setengah panjang pelat (inchi)
$l$	= panjang lengan tangkai pengayuh pedal (m)
$L$	= <i>wheelbase</i> / jarak sumbu roda (mm)
$L_2$	= jarak <i>center of gravity</i> ke sumbu roda belakang (mm)
$M$	= momen lengkung maksimum (kg.mm)



- $N$  = daya (kW)
- $n$  = putaran (rpm)
- $n$  = jumlah pegas
- $n_f$  = jumlah *full length* pegas
- $n_g$  = jumlah *graduated length* pegas
- $n_{sp}$  = putaran sproket penggerak (rpm)
- $n_{si}$  = putaran sproket *idler* (rpm)
- $n_w$  = putaran roda (rpm)
- $n_m$  = putaran motor (rpm)
- $N_2$  = putaran pada sproket yang lebih besar (rpm)
- $N_{pd}$  = putaran tangkai pedal (rpm)
- $n_w$  = putaran roda (rpm)
- $P$  = daya maksimum (watt)
- $P_{air}$  = hambatan udara (N)
- $P_c$  = gaya sentrifugal (N)
- $P_g$  = hambatan tanjakan (N)
- $P_{in}$  = hambatan inersia (N)
- $P_r$  = hambatan gulung (N)
- $P_p$  = gaya tangensial pada pedal yang diberikan pengemudi (N)
- $P_{tr}$  = gaya traksi kendaraan (N)
- $R_3$  = radius belok kendaraan roda 3 (mm)
- $R_a$  = gaya hambat udara (kg)
- $R_w$  = jari-jari roda penggerak (m)
- $R_a$  = reaksi tumpuan depan (kg)
- $R_b$  = reaksi tumpuan belakang (kg)
- $R_c$  = reaksi pada bantalan ban sebelah kiri (kg)
- $R_d$  = reaksi pada bantalan ban sebelah kanan (kg)
- SF = faktor keamanan bahan
- $T$  = torsi (N.m)
- $T_p$  = torsi yang diberikan penumpang (N.m)



- $t$  = tebal pegas utama (mm)
- $v$  = kecepatan kendaraan (m/s)
- V.R = ratio kecepatan
- $v$  = volume ( $m^3$ )
- $W_T$  = berat total kendaraan (kg)
- $W_{pt}$  = berat penumpang (kg)
- $W_{aki}$  = berat aki (kg)
- $W_{bg}$  = berat bagasi (kg)
- $W_R$  = beban pada roda penggerak (N)
- $w_{bt}$  = berat baterai (kg)
- $w_{bg}$  = berat bagasi (kg)
- $w_{gr}$  = berat gabungan rangka (kg)
- $w_d$  = berat tempat duduk saja (kg)
- $w_{dp1}$  = berat tempat duduk + 1 penumpang (kg)
- $w_{dp2}$  = berat tempat duduk + 2 penumpang (kg)
- $y$  = jarak dari sumbu netral ke bagian luar poros (m)