

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN	ii
PERNYATAAN	iii
HALAMAN PERSEMBAHAN	iv
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN	xv
INTISARI	xvii
ABSTRACT	xiii
BAB I. PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah	4
1.3 Tujuan Penelitian	4
1.4 Batasan Masalah	4
1.5 Manfaat Penelitian	5
BAB II. TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Anthropometri Indonesia dan Singapura	6
2.2 Kursi Roda	10
2.2.1 Sejarah Kursi Roda	11
2.2.2 Jenis Kursi Roda	13
2.3 Analisa Kritis Komponen	14
2.4 Kestabilan Statis Kursi Roda	16
2.5 Kestabilan Dinamis Kursi Roda	17

BAB III. LANDASAN TEORI

3.1	Perencanaan Kursi Roda	20
3.2	Desain Kursi Roda Multifungsi	21
3.2.1	Rangka Kursi Roda	21
3.2.2	Matras	24
3.2.3	Sistem Penggerak	25
3.2.4	Sistem Transformasi	25
3.3	Prinsip Mekanika Dasar dari Desain Kursi Roda	27
3.3.1	Gaya	27
3.3.2	Diagram Bebas	28
3.3.3	Momen	29
3.3.4	Beban	30
3.3.5	Tegangan dan Regangan	30
3.3.6	Modulus Elastisitas	32
3.3.7	Modulus Geser	33
3.3.8	Poisson Ratio	34
3.4	Luas, Volume, dan Massa	35
3.5	Pusat Massa dari Tubuh Manusia	35
3.5.1	Metode Reaksi Timbangan	36
3.5.2	Metode Segmentasi	38
3.6	Metode Elemen Hingga	40
3.6.1	<i>Plane Stress Problem</i>	42
3.6.2	<i>Plain Strain Problem</i>	43
3.6.3	Elemen dua dimensi	43
3.6.4	Elemen tiga dimensi	45
3.7	ABAQUS	48
3.7.1	Pengenalan Program ABAQUS	49
3.7.2	Komponen Model Analisis ABAQUS	52
3.8	Stabilitas Statis	55
3.9	Stabilitas Dinamis	57

BAB IV. METODOLOGI PENELITIAN	60
4.1 Alat dan Bahan	60
4.1.1 Komputer	60
4.1.2 Perangkat Lunak Autodesk INVENTOR	60
4.1.3 Perangkat Lunak ABAQUS 6.11	61
4.2 Model Manusia	62
4.3 Alur Penelitian	63
4.3.1 Persiapan Penelitian	64
4.3.2 Studi Literatur	64
4.3.3 Pembuatan Desain 3D Model Manusia	64
4.3.4 Pembuatan Desain 3D Kursi Roda	67
4.3.5 Proses <i>Assembly</i> Kursi Roda dengan Model Manusia	68
4.3.6 Analisa Metode Elemen Hingga	68
4.3.7 Analisa Kestabilan Statis, Stabilitas Dinamis dan Kekuatan	68
4.3.8 Kesimpulan	68
BAB V HASIL DAN PEMBAHASAN	70
5.1 Model Manusia	70
5.1.1 Segment Tubuh Model Manusia	71
5.1.2 Berat tiap segmen Model Manusia	72
5.1.3 Posisi Pusat Massa tiap segmen tubuh dalam kondisi duduk	73
5.1.4 Posisi Pusat Massa tiap segmen tubuh dalam kondisi tidur	74
5.1.5 Perubahan Posisi Pusat Massa model manusia	75
5.2 Kursi Roda Multifungsi	79
5.2.1 Berat Relative Tiap Segmen Kursi Roda Multifungsi	80
5.2.2 Pusat Masa Kursi Roda Multifungsi	80
5.3 Pusat Masa Kursi Roda Multifungsi dengan Model Manusia	84
5.3.1 Berat Kursi roda dan Model Manusia	85
5.3.2 Pusat Masa Model Manusia	85

5.3.3	Pusat Masa Kursi Roda Multifungsi	86
5.3.4	Pusat Masa Gabungan Kursi Roda Multifungsi Pada Sumbu X	86
5.3.5	Pusat Masa Gabungan Kursi Roda Multifungsi Pada Sumbu Y	88
5.3.6	Pusat Masa Gabungan Kursi Roda Multifungsi Pada Sumbu Z	88
5.3.7	Pusat Masa Gabungan Kursi Roda Multifungsi Pada Sumbu xyz	88
5.4	Analisa Beban Statis Terdistribusi pada kursi roda	90
5.4.1	<i>Displacement</i> Kursi Roda Bagian Atas	90
5.4.2	Distribusi Tegangan von mises dalam permodelan ABAQUS Kursi Roda rangka atas	92
5.4.3	<i>Displacement</i> Kursi Roda Rangka Utama	93
5.4.4	Distribusi Tegangan von mises dalam permodelan ABAQUS Kursi Roda Rangka Utama	94
5.4.5	Pembahasan	95
5.5	Analisa Kestabilan Statis	93
5.6	Analisa Kestabilan Dinamis	95
 BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN		
6.1	Kesimpulan	100
6.2	Saran	101
DAFTAR PUSTAKA		102

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1	Kursi Roda Standar	2
Gambar 1.2	Kursi Roda Multifungsi	3
Gambar 2.1	Pengukuran Dimensi Tubuh pada posisi berdiri	7
Gambar 2.2	Pengukuran dimensi tubuh pada posisi duduk	7
Gambar 2.3	Pengukuran dimensi telapak tangan dan telapak kaki pada posisi duduk atau berdiri	8
Gambar 2.4	Furnitur beroda pada Vas Bangsa Yunani dan Lukisan Bangsa Cina, Kursi Roda Raja Philip II	11
Gambar 2.5	Kursi Roda Steven Farffler	12
Gambar 2.6	Kursi Roda Bath	12
Gambar 2.7	Kursi Roda X-Brace karya Harry Jennings	13
Gambar 2.8	Kursi Roda Manual	13
Gambar 2.9	Kursi Roda Elektrik	14
Gambar 3.1	Tahap Desain (Morris Asimow)	20
Gambar 3.2	Kursi Roda Multifungsi (Bharon,2017)	21
Gambar 3.3	Kerangka Kursi Roda Multifungsi	22
Gambar 3.4	Rangka Atas	22
Gambar 3.5	Rangka Tengah	23
Gambar 3.6	Rangka Bawah	23
Gambar 3.7	Rangka Penopang Kaki	23
Gambar 3.8	Rangka Utama	24
Gambar 3.9	Matras Kursi Roda	24
Gambar 3.10	Roda Utama	25
Gambar 3.11	Roda Depan	25
Gambar 3.12	Posisi Kursi Roda	26
Gambar 3.13	Gaya	28
Gambar 3.14	<i>Free Body Diagram</i>	28
Gambar 3.15	Momen	29

Gambar 3.16	Batang Prismatik dengan Beban P	30
Gambar 3.17	Diagram tegangan regangan	31
Gambar 3.18	Gaya Geser	33
Gambar 3.19	Perubahan Bentuk	34
Gambar 3.20	Luasan dan Volume	35
Gambar 3.21	FBD Reaksi Timbangan tanpa subyek Manusia	36
Gambar 3.22	FBD Reaksi Timbangan dengan subyek Manusia	37
Gambar 3.23	Koordinat dari segmen-segmen tubuh manusia	39
Gambar 3.24	Struktur <i>plane stress</i>	42
Gambar 3.25	Struktur <i>plane strain</i>	43
Gambar 3.26	Contant <i>Strain triangles</i>	44
Gambar 3.27	(a) <i>Linear strain triangle</i> (b) <i>Quadratick Strain Triangle</i>	44
Gambar 3.28	Tiga Dimensi <i>problem definition</i>	46
Gambar 3.29	Tegangan tiga dimensi dalam suatu elemen	47
Gambar 3.30	Tahap-tahap analisis Abaqus	51
Gambar 3.31	<i>Free Body Diagram (FBD)</i> dari kursi roda multifungsi	55
Gambar 3.32	<i>Free Body Diagram (FBD)</i> dari kursi roda multifungsi di bidang miring	57
Gambar 3.33	Deskripsi jalur yang ditempuh kursi roda beserta penggunaanya ketika berbelok (r =radius belokan, v =kecepatan kursi roda beserta pengguna) (Cooper, 2000)	58
Gambar 3.34	Definisi lokasi pusat massa dari kursi roda dan penggunaanya. (L = ketinggian pusat massa dari permukaan jalan, D = jarak dari pusat massa terhadap sisi roda yang menyentuh permukaan jalan) (Cooper, 2000)	58
Gambar 4.1	Model Manusia (Human Model) (Charthik, 2013)	62
Gambar 4.2	Diagram alur penelitian.	63
Gambar 5.1	Model Manusia: a. Posisi duduk; b. Posisi Tidur	71
Gambar 5.2	Koordinat pusat massa model manusia dalam posisi duduk.	73
Gambar 5.3	Posisi Pusat Massa tiap segmen tubuh Sumbu XZ	74
Gambar 5.4	Koordinat Pusat Massa model manusia pada sumbu YZ	79

Gambar 5.5	Rangka Kursi Roda Multifungsi	79
Gambar 5.6	Koordinat Pusat Massa Kursi Roda Multifungsi pada sumbu YZ	83
Gambar 5.7	Penggabungan Kursi roda multifungsi dengan model manusia.	84
Gambar 5.8	Pusat massa gabungan kursi roda dengan model manusia di Sumbu YZ (dalam mm).	89
Gambar 5.9	Beban Statis terdistribusi pada kursi roda di ABAQUS	90
Gambar 5.10	<i>Displacement</i> pada kursi roda saat mendapat beban terdistribusi statis	90
Gambar 5.11	<i>Displacement</i> pada kursi roda saat mendapat beban terdistribusi statis pada rangka atas	91
Gambar 5.12	Disgtribusi Tegangan von mises dalam permodelan Abaqus Kursi Roda Rangka Atas	92
Gambar 5.13	<i>Displacement</i> pada kursi roda saat mendapat beban terdistribusi statis pada rangka utama	93
Gambar 5.14	Disgtribusi Tegangan von mises dalam permodelan Abaqus Kursi Roda Rangka utama	94
Gambar 5.15	Free Body Diagram (FBD) dari Kursi Roda Multifungsi (Tomlison JD., 2000)	96
Gambar 5.16	Grafik kecepatan kritis dengan variasi radius dan Sudut kemiringan penumpu punggung	99

DAFTAR TABEL

Tabel 1.1	Perbandingan Kursi Roda Standar dan Multifungsi	3
Tabel 2.1	Data Anthropometri dari pria Singapura. Semua dimensi dalam cm, berat badan dalam kg (Tan Kay Chuan dkk., 2010)	8
Tabel 2.2	Data Anthropometri dari wanita Singapura. Semua dimensi dalam cm, berat badan dalam kg (Chuan dkk., 2010)	9
Tabel 2.3	Data Anthropometri dari pria dan wanita di Indonesia. Semua dimensi dalam cm, berat badan dalam kg (Tan Kay Chuan dkk., 2010)	9
Tabel 2.4	Data Anthropometri dari pria dan wanita di Indonesis. Semua dimensi dalam cm, berat badan dalam kg (Tan Kay Chuan dkk., 2010)	10
Tabel 3.1	Beberapa harga E dari bahan teknik	33
Tabel 3.2	Harga v dari beberapa material teknik	35
Tabel 3.3	Panjang Segmen dan lokasi Pusat Massa (CG) dalam presentase dari titik akhir proksimal	39
Tabel 3.4	Rangkuman data dari perhitungan pusat massa segmentasi Seluruh tubug	40
Tabel 3.5	<i>Deimensionality of the problem doman and boundary</i>	45
Tabel 4.1	Spesifikasi Komputer Penelitian	60
Tabel 5.1	Data Anthropometri Pria Indonesia	70
Tabel 5.2	Berat relative tiap segmen tubuh	72
Tabel 5.3	Pusat Massa Tiap Segmen Tubuh dalam posisi duduk (dalam cm)	73
Tabel 5.4	Pusat Massa Tiap Segmen Tubuh dalam posisi duduk (dalam cm)	74
Tabel 5.5	Sudut pusat massa tiap segmen terhadap titik referensi di sumbu y.	75
Tabel 5.6	Pusat massa tiap segmen dalam koordinat sumbu Y (dalam cm)	76
Tabel 5.7	Pusat massa modle manusia di koordinat Y (dalam cm)	77
Tabel 5.8	Sudut pusat massa tiap segmen terhadap titik referensi di	

sumbu z.	77
Tabel 5.9 Pusat massa tiap segmen dalam koordinat sumbu Z (dalam cm)	77
Tabel 5.10 Pusat massa modle manusia di koordinat Z (dalam cm)	78
Tabel 5.11 Pusat massa model manusia di koordinat x, y, dan z (dalam cm)	78
Tabel 5.12 Berat Relative Tiap Bagian Kursi Roda Multifungsi	80
Tabel 5.13 Pusat massa tiap segmen kursi roda di koordinat Z (dalam mm)	81
Tabel 5.14 Pusat massa kursi roda multifungsi di koordinat Y (dalam mm)	81
Tabel 5.15 Pusat massa tiap segmen kursi roda di koordinat Z (dalam mm)	82
Tabel 5.16 Pusat massa kursi roda multifungsi di koordinat Z (dalam mm)	82
Tabel 5.17 Pusat massa kursi roda multifungsi di koordinat x, y, dan z	83
Tabel 5.18 Berat Model Manusia dan Kursi Roda	85
Tabel 5.19 Pusat Massa Model Manusia dengan referensi roda depan kursi roda.	85
Tabel 5.20 Pusat massa kursi roda multifungsi dengan referensi roda depan kursi roda	86
Tabel 5.21 Koordinat Pusat Massa Kursi Roda dan Model Manusia di sumbu X	86
Tabel 5.22 Koordinat Pusat Massa Kursi Roda dan Model Manusia di sumbu Y)	87
Tabel 5.23 Pusat massa gabungan kursi roda dengan model manusia di sumbu Y	87
Tabel 5.24 Koordinat Pusat Massa Kursi Roda dan Model Manusia di sumbu Z	88
Tabel 5.25 Pusat massa gabungan kursi roda dengan model manusia di sumbu Z	88
Tabel 5.26 Pusat massa gabungan kursi roda dengan model manusia di sumbu x, y, dan z	89
Tabel 5.27 Data untuk mencari Distribusi Berat sesuai dengan posisi Kursi roda	97
Tabel 5.28 Proporsi distribusi berat pada roda belakang dan roda depan	97

Tabel 5.2	Gaya yang ditumpu oleh roda belakang (fr) dan roda depan (fc) kursi roda multifungsi (dalam Newton)	97
Tabel 5.30	Sudut kritis ketika roda tidak terkunci (θ_a) dan sudut kritis ketika roda terkunci(θ_g).	97
Tabel 5.31	Kecepatan kritis (V4) kestabilan roll pada kursi roda empat roda.	98
Tabel 5.32	Kecepatan kritis (V4) kestabilan roll pada kursi roda dengan variasi radius	99

DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN

v_4	: Kecepatan kritis kestabilan roll pada kursi roda empat roda
COM	: pusat massa gabungan kursi roda dan model manusia (mm)
f_c	: gaya yang ditumpu oleh roda depan (N)
f_r	: gaya yang ditumpu oleh roda belakang (N)
g	: gaya gravitasi = 9.81 m/s^2
m	: massa gabungan kursi roda dan model manusia (kg)
M	: massa dari kursi roda beserta penggunaanya (sebagai satu sistem) (kg)
r	: radius belokan (m)
t	: waktu (t)
v	: kecepatan (m/s)