

**PERANCANGAN SEPEDA RODA TIGA MODEL *TADPOLE*  
UNTUK PENYANDANG DISABILITAS DAN SIMULASI  
MENGUNAKAN METODE ELEMEN HINGGA**

**SKRIPSI**



**DISUSUN OLEH :**

**NAMA : HEIDAR RAFID AZZINDAN**

**NIM : 1911126**

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN S-1**

**FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI**

**INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG**

**2023**

**PERANCANGAN SEPEDA RODA TIGA MODEL *TADPOLE* UNTUK  
PENYANDANG DISABILITAS DAN SIMULASI MENGGUNAKAN  
METODE ELEMEN HINGGA**

**SKRIPSI**

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik (ST)  
Program Studi Teknik Mesin

**DISUSUN OLEH :**

**NAMA : HEIDAR RAFID AZZINDAN  
NIM : 1911126**

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN S-1  
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI  
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG**

**2023**

**LEMBAR PERSETUJUAN**

**SKRIPSI**


**PERANCANGAN SEPEDA RODA TIGA MODEL *TADPOLE* UNTUK  
PENYANDANG DISABILITAS DAN SIMULASI MENGGUNAKAN  
METODE ELEMEN HINGGA**




Disusun Oleh :

Nama : Heidar Rafid Azzindan  
NIM : 1911126  
Program Studi : Teknik Mesin S-1

Diperiksa / Disetujui  
Dosen Pembimbing 1

  
Sibut. ST., MT.  
NIP.Y. 1030300379

Diperiksa / Disetujui  
Dosen Pembimbing 2

  
Rosadila Febritasari, ST., MT.  
NIP.P 1032200602

Mengetahui

Ketua Program Studi Teknik Mesin S-1



Dr. I Komang Astana Widi, ST., MT.  
NIP. Y. 1030400405



---

---

**BERITA ACARA UJIAN SKRIPSI**  
**FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI**

Nama : Heidar Rafid Azzindan  
NIM : 1911126  
Program Studi / Bidang : Teknik Mesin S-1  
Judul Skripsi : Perancangan Sepeda Roda Tiga Model *Tadpole*  
Untuk Penyandang Disabilitas Dan Simulasi  
Menggunakan Metode Elemen Hingga

Dipertahankan di hadapan Tim Penguji Skripsi Jenjang Strata Satu (S-1)

Hari / Tanggal : Rabu, 09 Agustus 2023  
Tempat : Lab. CNC dan Ruang I.2.I  
Dengan Nilai : 86,25 (A)

**PANITIA PENGUJI SKRIPSI**

**KETUA**

Dr. I Komang Astana Widi, ST.,MT.

NIP.Y.1030400405

**SEKERTARIS**

Febi Rahmadiano, ST,MT.

NIP.P.1031500490

**ANGGOTA PENGUJI**

**PENGUJI I**

Ir. Soeparno Djiwo, MT.

NIP.Y.1018600128

**PENGUJI II**

Bagus Setyo Widodo S.T., M.MT

NIP.P 1032100599

## LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN ISI TULISAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Heidar Rafid Azzindan  
NIM : 1911126  
Program Studi : Teknik Mesin S – 1  
Fakultas : Teknologi Industri  
Institusi : Institut Teknologi Nasional Malang  
Judul : Perancangan Sepeda Roda Tiga Model *Tadpole* Untuk  
Penyandang Disabilitas Dan Simulasi Menggunakan  
Metode Elemen Hingga

### Menyatakan

Bahwa skripsi yang saya buat ini adalah hasil karya saya sendiri dan bukan hasil karya orang lain serta tidak mengutip sebagian atau sepenuhnya dari karya orang lain, kecuali kutipan yang telah disebutkan sumbernya.

Demikian surat pernyataan keaslian ini saya buat dengan data yang sebenarnya.

Malang, 09 Agustus 2023

Yang membuat pernyataan,



**Heidar Rafid Azzindan**  
NIM. 1911126

## LEMBAR ASISTENSI LAPORAN SKRIPSI

**Nama** : Heidar Rafid Azzindan  
**NIM** : 1911126  
**Jurusan** : Teknik Mesin S-1  
**Judul Skripsi** : Perancangan Sepeda Roda Tiga Model *Tadpole* Untuk Penyandang Disabilitas Dan Simulasi Menggunakan Metode Elemen Hingga  
**Dosen Pembimbing 1** : Sibut, ST.,MT.  
**Dosen Pembimbing 2** : Rosadila Febritasari, ST., MT.

No.	Materi Bimbingan	Waktu Bimbingan	Paraf Dosen Pembimbing	
			I	II
1	Pengajuan Judul Skripsi	10 Maret 2023		
2	Konsultasi BAB I	13 Maret 2023		
3	Konsultasi BAB II	17 Maret 2023		
4	Konsultasi BAB III	23 Maret 2023		
5	Daftar Seminar Proposal	3 April 2023		
6	Seminar Proposal	4 April 2023		
7	Proses Perancangan Desain	8 April 2023		
8	Proses Simulasi Desain	22 Mei 2023		
9	Proses Pengambilan Data	12 Juni 2023		
10	Konsultasi BAB IV	04 Juli 2023		
11	Konsultasi BAB V	20 Juli 2023		
12	Daftar Seminar Hasil	24 Juli 2023		
13	Seminar Hasil	25 juli 2023		
14	Daftar Ujian Skripsi	4 Agustus 2023		
15	Ujian Skripsi	9 Agustus 2023		


## LEMBAR BIMBINGAN SKRIPSI

Nama : Heidar Rafid Azzindan  
NIM : 1911126  
Jurusan : Teknik Mesin S-1  
Judul Skripsi : Perancangan Sepeda Roda Tiga Model *Tadpole* Untuk  
Penyanggah Disabilitas Dan Simulasi Menggunakan  
Metode Elemen Hingga  
Dosen Pembimbing : Sibut, ST.,MT. (Pembimbing 1)  
Rosadila Febritasari, ST., MT. (Pembimbing 2)

Tanggal Mengajukan Skripsi : 10 Maret 2023  
Tanggal Menyelesaikan Skripsi : 30 Agustus 2023  
Telah Dievaluasi Dengan Nilai : 90 (A)

Diperiksa dan disetujui

Dosen Pembimbing 1



Sibut, ST.,MT.

NIP.Y. 1030300379

Diperiksa dan disetujui

Dosen Pembimbing 2



Rosadila Febritasari, ST., MT.

NIP.P 1032200602

## KATA PENGANTAR

Puji Syukur penulis panjatkan atas kehadiran Allah SWT, atas rahmat karunia serta hidayah yang telah diberikan. Sholawat serta salam juga penulis panjatkan kepada Nabi Muhammad SAW beserta para sahabat dan keluarganya. Dengan rahmat Allah SWT, penulis sebagai mahasiswa Teknik Mesin S-1 Institut Teknologi Nasional Malang dapat menyelesaikan tugas akhir berupa skripsi dengan judul “PERANCANGAN SEPEDA RODA TIGA MODEL *TADPOLE* UNTUK PENYANDANG DISABILITAS DAN SIMULASI MENGGUNAKAN METODE ELEMEN HINGGA” sebagai syarat kelulusan dan sebagai penerapan ilmu selama masa perkuliahan.

Penyusunan skripsi ini tentu tidak lepas dari adanya bantuan dari berbagai pihak baik secara langsung maupun tidak langsung. Oleh karena itu saya sebagai penyusun skripsi ini ingin mengucapkan banyak terima kasih kepada :

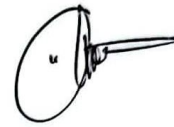
1. Bapak Awan Uji Krismanto, ST., MT., Ph.D. Selaku Rektor Institut Teknologi Nasional Malang.
2. Bapak Dr. Eng. I Komang Somawirata, ST., MT. Selaku Dekan Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Nasional Malang.
3. Bapak Dr. I Komang Astana Widi, ST., MT. Selaku Ketua Program Studi Teknik Mesin S-1, Institut Teknologi Nasional Malang.
4. Bapak Sibut, ST., MT. Selaku Dosen Pembimbing Skripsi I, Program Studi Teknik Mesin S-1, Institut Teknologi Nasional Malang.
5. Ibu Rosadila Febritasari, ST., MT. Selaku Dosen Pembimbing Skripsi II, Program Studi Teknik Mesin S-1, Institut Teknologi Nasional Malang.
6. Bapak Djoko Hari P, ST., MT. Sebagai Koordinator Bidang Manufaktur, Program Studi Teknik Mesin S-1, Institut Teknologi Nasional Malang.
7. Bapak Dosen Penguji I dan Penguji II Program Studi Teknik Mesin S-1 Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Nasional Malang,
8. Kedua orang tua dan sanak saudara yang selalu memberikan dukungan baik melalui doa maupun kebutuhan finansial penyusun,



9. Dan rekan-rekan mahasiswa Teknik Mesin S-1 Fakultas Teknologi Industri yang telah banyak membantu terkait dengan penyusunan skripsi maupun dalam penelitian.

Penulis menyadari bahwa dalam penulisan skripsi ini masih banyak kekurangan. Untuk itu penulis harapan kritik dan saran dari bapak/ibu dosen yang berguna untuk menyempurnakan skripsi ini. Semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi penyusun maupun bagi pembaca dalam melakukan penelitian dan studi.

Malang, 09 Agustus 2023



Heidar Rafid Azzindan

# Perancangan Sepeda Roda Tiga Model *Tadpole* Untuk Penyandang Disabilitas Dan Simulasi Menggunakan Metode Elemen Hingga

Heidar Rafid Azzindan<sup>1)</sup>, Sibut<sup>2)</sup>, Rosadila Febritasari<sup>3)</sup>

Teknik Mesin S-1, Institut Teknologi Nasional Malang, Jl. Raya Karanglo KM. 2,  
Tasikmadu, Kec. Lowokwaru, Kota Malang, Jawa Timur

Email: [heidarra87@gmail.com](mailto:heidarra87@gmail.com)

## ABSTRAK

Penyandang disabilitas adalah setiap orang yang mengalami keterbatasan fisik lantaran bencana kecelakaan dan sebagainya, sehingga menyebabkan kesulitan dalam berjalan dan dapat mengganggu kegiatan sehari-hari. Perancangan sepeda roda tiga dengan sistem model *reverse trike* atau *tadpole design* yang menggunakan dua roda di depan dan satu roda di belakang dilakukan dengan bantuan *opensource CAD Software* yaitu *Solidworks*. Dalam proses perancangan model *reverse trike* atau *tadpole design* lebih mudah dan murah sehingga lebih disukai, disamping kestabilan arah dan keamanan berkendara yang lebih baik, sehingga mempermudah penyandang disabilitas cacat kaki untuk menaikinya tanpa bantuan orang lain. Penelitian ini dilakukan untuk merancang sepeda roda tiga dengan model *reverse trike*. Untuk mengetahui distribusi tegangan, deformasi dan faktor keamanan yang terjadi pada sepeda roda tiga setelah mendapatkan pembebanan maka simulasi metode elemen hingga (MEH) pada sepeda menggunakan *software Ansys Workbench*. Dari hasil pengujian didapatkan nilai *equivalent stress* maksimal sebesar 65,427 MPa, nilai *equivalent stress* minimal sebesar 0,0013438 MPa dan nilai *equivalent stress* rata-rata sebesar 2,7315 MPa. Nilai total *deformation* maksimal sebesar 0,67139 mm, nilai total *deformation* minimal sebesar 0 mm dan nilai rata-rata total *deformation* sebesar 0,29788 mm. Nilai *safety factor* maksimal sebesar 15, nilai *safety factor* minimal sebesar 4,1268 dan nilai *safety factor* rata-rata sebesar 14,992.

**Kata Kunci:** Disabilitas, Sepeda Roda Tiga, Tadpole, MEH

# **Design of a Tricycle Model Tadpole for Disabilities and Its Simulation Using the Finite Element Method**

**Heidar Rafid Azzindan<sup>1)</sup>, Sibut<sup>2)</sup>, Rosadila Febritasari<sup>3)</sup>**

<sup>1,2,3</sup>Mechanical Engineering S-1, National Institute of Technology Malang

Jl. Raya Karanglo KM. 2, Tasikmadu, Kec. Lowokwaru, Malang City, East Java

Email: [heidarra87@gmail.com](mailto:heidarra87@gmail.com)

## **ABSTRACT**

A person with a disability experiences physical limitations due to accidents, genetics, and others, causing difficulty in walking and interfering with daily activities. The design of a tricycle with a reverse trike model system or tadpole design that uses two wheels in front and one wheel at the back is done with SolidWorks, an open-source CAD Software. The design of the reverse trike or tadpole design model is easier and cheaper, so it is preferred. In addition, directional stability and riding safety are better, making it easier for people with leg disabilities to ride without the help of others. This study was conducted to design a tricycle with a reverse trike model. A Finite Element Method (FEM) simulation was carried out on the bicycle using Ansys Workbench software to determine the stress distribution, deformation and safety factor that occurs in the tricycle after loading. From the test results, the maximum equivalent stress value is 65.427 MPa, the minimum equivalent stress value is 0.0013438 MPa, and the average equivalent stress value is 2.7315 MPa. The maximum total deformation value is 0.67139 mm, the minimum total deformation value is 0 mm, and the average total deformation value is 0.29788 mm. The maximum safety factor value is 15, the minimum safety factor value is 4.1268, and the average safety factor value is 14.992.

**Keywords:** Disability, Tricycle, Tadpole, FEM

## DAFTAR ISI

<b>LEMBAR PERSETUJUAN .....</b>	<b>i</b>
<b>BERITA ACARA UJIAN SKRIPSI.....</b>	<b>ii</b>
<b>LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN ISI TULISAN .....</b>	<b>ii</b>
<b>LEMBAR ASISTENSI LAPORAN SKRIPSI .....</b>	<b>iv</b>
<b>LEMBAR BIMBINGAN SKRIPSI .....</b>	<b>iv</b>
<b>KATA PENGANTAR.....</b>	<b>vi</b>
<b>ABSTRAK .....</b>	<b>viii</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>x</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>xiv</b>
<b>DAFTAR TABEL .....</b>	<b>xvi</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN.....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	2
1.3 Batasan Masalah.....	2
1.4 Tujuan Penelitian.....	4
1.5 Manfaat Penelitian.....	4
1.6 Metode Pengumpulan Data .....	4
1.7 Sistematika Penulisan.....	5
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....</b>	<b>7</b>
2.1 Penelitian Terdahulu.....	7
2.2 Kendaraan Roda Tiga .....	8
2.3 Karakteristik Rangka Sepeda .....	9
2.3.1 Bentuk Profil dan Tegangan Bending Rangka .....	9
2.3.2 Perhitungan Momen Inersia.....	10

2.4 Tegangan .....	11
2.5 Regangan .....	11
2.6 Daya Motor.....	12
2.7 Radius Belok .....	14
2.7.1 Titik Berat Kendaraan.....	14
2.7.2 Radius Sudut Belok Ideal .....	15
2.7.3 Prosedur Perhitungan.....	16
2.7.4 Slip Angle .....	19
2.7.5 Perilaku Belok Kondisi Nyata .....	20
2.8 Analisa Beban dan Tegangan .....	21
2.9 Teori <i>Von Mises</i> .....	22
2.10 Teori <i>Displacement</i> .....	22
2.11 Faktor Keamanan ( <i>Safety Factor</i> ) .....	22
2.11.1 Penentuan Faktor Keamanan .....	23
2.12 Metode Elemen Hingga ( <i>Finite Element Method</i> ) .....	23
2.13 <i>SolidWorks</i> .....	25
2.14 <i>Ansys</i> .....	25
2.14.1 Proses <i>Meshing</i> .....	26
2.15 Aluminium.....	27
2.15.1 Aluminium 6061 T6 .....	28
<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN .....</b>	<b>29</b>
3.1 Diagram Alir Penelitian.....	29
3.2 Penjelasan Diagram Alir Penelitian .....	30
3.2.1 Studi Literatur dan Lapangan .....	30
3.2.2 Desain Rangka Sepeda Roda Tiga Menggunakan <i>Solidworks</i> .....	30
3.2.3 Penentuan Material Rangka .....	31

3.2.4 Perhitungan Daya Motor.....	31
3.2.5 Variabel Penelitian.....	32
3.2.6 <i>Pre Processing</i> .....	32
3.2.7 <i>Simulation Processing</i> .....	33
3.2.8 <i>Post Processing</i> .....	34
3.2.9 Analisa Data dan Pembahasan .....	34
3.2.10 Kesimpulan dan Saran .....	34
3.3 Perangkat Penelitian .....	35
3.4 Tempat dan Waktu Penelitian .....	36
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>37</b>
4.1 Rancangan Desain 3D .....	37
4.1.1 Ukuran Rancangan Rangka 2D.....	39
4.1.2 <i>Design Of Assembly</i> .....	40
4.2 Perhitungan Daya Motor .....	44
4.3 Perhitungan Radius Belok Kendaraan.....	48
4.3.1 Spesifikasi Kendaraan.....	48
4.3.2 Perhitungan Posisi <i>Center of Gravity (CG)</i> .....	49
4.3.3 Perhitungan Radius <i>Ackerman (Rack)</i> dan Sudut <i>Side Slip(<math>\beta</math>)</i> .....	51
4.3.4 Perhitungan Gaya Sentrifugal ( $F_c$ ) .....	51
4.3.5 Perhitungan Gaya Hambat Angin ( $F_d$ ) .....	51
4.3.6 Perhitungan Sudut Guling ( <i>Rolling</i> ) dan Sudut Angguk ( <i>Pitching</i> ).....	51
4.3.7 Perhitungan Gaya Normal ( $F_z$ ) .....	52
4.3.8 Perhitungan Gaya Lateral ( $F_y$ ).....	53
4.3.9 Perhitungan Gaya Longitudinal ( $F_x$ ) .....	54
4.3.10 Perhitungan Sudut <i>Slip (<math>\alpha</math>)</i> .....	54
4.3.11 Perhitungan Radius Belok Nyata ( $R_n$ ).....	56

4.4 Pemberian Beban/ <i>Load</i> .....	57
4.5 Simulasi FEM ( <i>Finite Element Method</i> ) .....	63
4.5.1 Proses Pemrograman Simulasi.....	63
4.6 Parameter Yang Dihasilkan .....	68
4.6.1 Nilai Distribusi Tegangan.....	68
4.6.2 Nilai Deformasi.....	69
4.6.3 Nilai Faktor Keamanan.....	70
4.7 Tabel Rekapitulasi Hasil Perhitungan Desain .....	71
4.7.1 Hasil Simulasi.....	71
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>	<b>73</b>
5.1 Kesimpulan.....	73
5.2 Saran .....	74
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>75</b>
<b>LAMPIRAN.....</b>	<b>77</b>

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Skema kendaraan roda tiga konfigurasi <i>delta</i> .....	8
Gambar 2. 2 Skema kendaraan roda tiga konfigurasi <i>tadpole</i> .....	9
Gambar 2. 3 Penimbangan pada poros roda depan dan roda belakang.....	14
Gambar 2. 4 Penimbangan roda depan dan belakang .....	15
Gambar 2. 5 Gambar kinematika belok kendaraan .....	15
Gambar 2. 6 Bodi pada pandangan depan.....	17
Gambar 2. 7 Bodi pada pandangan samping.....	18
Gambar 2. 8 Diagram benda bebas .....	19
Gambar 2. 9 Sudut slip ban .....	19
Gambar 2. 10 Kondisi nyata kendaraan belok .....	20
Gambar 2. 11 <i>Meshing</i> .....	26
Gambar 2. 12 Jenis-jenis <i>meshing</i> .....	27
Gambar 3. 1 Diagram alir penelitian.....	29
Gambar 3. 2 Desain rangka sepeda roda tiga menggunakan <i>software solidworks</i>	31
Gambar 3. 3 Pipa aluminium 6061 T6.....	31
Gambar 3. 4 Laptop.....	35
Gambar 3. 5 Tampilan mulai <i>solidworks</i> 2018 .....	35
Gambar 3. 6 Tampilan mulai <i>ansys workbench</i> .....	36
Gambar 3. 7 Laboratorium Komputer ITN Malang.....	36
Gambar 4. 1 Desain rancangan sepeda toda tiga.....	37
Gambar 4. 2 Rancangan sepeda tampak depan .....	38
Gambar 4. 3 Rancangan sepeda tampak samping .....	38
Gambar 4. 4 Rancangan sepeda tampak atas .....	39
Gambar 4. 5 Dimensi rangka 2d .....	39
Gambar 4. 6 Desain <i>box controller</i> , <i>box</i> baterai dan rangka sesudah di <i>assembly</i>	40
Gambar 4. 7 Desain <i>steering column</i> , <i>handlebar</i> dan <i>handle rem</i> sesudah di <i>assembly</i> .....	41
Gambar 4. 8 Desain <i>steering knuckle</i> dan <i>tie rod</i> sesudah di <i>assembly</i> .....	41
Gambar 4. 9 Desain kursi sesudah di <i>assembly</i> .....	42
Gambar 4. 10 Desain <i>swing arm</i> sesudah di <i>assembly</i> .....	42
Gambar 4. 11 Desain <i>shockbeaker</i> sesudah di <i>assembly</i> .....	43



Gambar 4. 12 Desain as roda belakang dan roda belakang sesudah di <i>assembly</i> .	43
Gambar 4. 13 Desain roda depan sesudah di <i>assembly</i> .....	44
Gambar 4. 14 Desain semua komponen sepeda roda tiga sesudah di <i>assembly</i> ...	44
Gambar 4. 15 Gaya pada sepeda .....	45
Gambar 4. 16 Motor bldc 800 watt 48 v .....	48
Gambar 4. 17 Titik pembebanan pada rangka .....	59
Gambar 4. 18 <i>Mass properties</i> rangka aluminium 6061 T6 .....	59
Gambar 4. 19 Letak pembebanan komponen sepeda.....	60
Gambar 4. 20 Letak pembebanan total rangka.....	62
Gambar 4. 21 Tampilan awal program <i>ansys workbench</i> .....	63
Gambar 4. 22 Tampilan <i>engineering data material</i> .....	64
Gambar 4. 23 Tampilan <i>geometry</i> rangka.....	65
Gambar 4. 24 Tampilan <i>meshing</i> pada rangka.....	65
Gambar 4. 25 <i>Fixed support</i> dan <i>force</i> pada rangka .....	66
Gambar 4. 26 Tampilan <i>solution static structural</i> .....	67
Gambar 4. 27 Tampilan <i>result static structural</i> .....	67
Gambar 4. 28 Data nilai distribusi tegangan tampak samping, depan, dan atas ...	68
Gambar 4. 29 Data nilai distribusi tegangan pada rangka .....	68
Gambar 4. 30 Data nilai deformasi tampak samping, depan, dan atas .....	69
Gambar 4. 31 Data nilai deformasi pada rangka.....	69
Gambar 4. 32 Data nilai faktor keamanan tampak samping, depan, dan atas.....	70
Gambar 4. 33 Data nilai faktor keamanan pada rangka .....	70
Gambar 4. 34 <i>Stress</i> maksimum.....	72
Gambar 4. 35 Deformasi maksimum .....	72

## DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Momen inersia profil lingkaran, oval, kotak dan segitiga.....	10
Tabel 2. 2 Komposisi unsur kimia alumunium 6061 T6.....	28
Tabel 4. 1 Spesifikasi kendaraan <i>reverse trike</i> .....	48
Tabel 4. 2 Jarak dari CG ke permukaan tanah .....	50
Tabel 4. 3Tabel estimasi setiap segment massa pada tubuh manusia .....	57
Tabel 4. 4 Tabel berat komponen yang ditopang rangka .....	60
Tabel 4. 5 Data rekapitulasi hasil simulasi.....	71