

**PERANCANGAN DAN ANALISIS *TORSIONAL RIGIDITY*  
*DESIGN* RANGKA MOBIL FORMULA GARUDA 17  
BERDASARKAN REGULASI *STUDENT FORMULA JAPAN* 2017**

**TUGAS AKHIR SKRIPSI**

Diajukan kepada Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta untuk  
Memenuhi Sebagian Persyaratan guna Memperoleh Gelar Sarjana Pendidikan



**Disusun Oleh :  
ROBI FEBRIANTO  
15504241038**

**PROGRAM STUDI PENDIDIKAN TEKNIK OTOMOTIF  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA  
2019**

## LEMBAR PERSETUJUAN

Tugas Akhir Skripsi dengan Judul

**PERANCANGAN DAN ANALISIS *TORSIONAL RIGIDITY*  
*DESIGN* RANGKA MOBIL FORMULA GARUDA 17  
BERDASARKAN REGULASI *STUDENT FORMULA JAPAN 2017***

Disusun oleh:

Robi Febrianto  
NIM. 15504241038

Telah memenuhi syarat dan disetujui oleh Dosen Pembimbing untuk dilaksanakan  
Ujian Akhir Skripsi bagi yang bersangkutan

Yogyakarta, April 2019

Mengetahui  
Ketua Program Studi  
Pendidikan Teknik Otomotif,

Disetujui,  
Dosen Pembimbing

  
**Dr. Zainal Arifin, M.T.**  
NIP. 19690312 200112 1 001

  
**Dr. Zainal Arifin, M.T.**  
NIP. 19690312 200112 1 001

**HALAMAN PENGESAHAN**

Tugas Akhir Skripsi

**PERANCANGAN DAN ANALISIS *TORSIONAL RIGIDITY*  
*DESIGN* RANGKA MOBIL FORMULA GARUDA 17  
BERDASARKAN REGULASI *STUDENT FORMULA JAPAN* 2017**

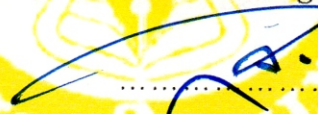


Disusun oleh:

**ROBI FEBRIANTO**

**15504241038**

Telah dipertahankan di depan Tim Penguji Tugas Akhir Skripsi Program Pendidikan Teknik Otomotif Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta pada tanggal 28 Juni 2019

**TIM PENGUJI**

<b>Nama/Jabatan</b>	<b>Tanda Tangan</b>	<b>Tanggal</b>
<b>Dr. Zainal Arifin, M.T</b> Ketua Penguji/Pembimbing		03.07.2019
<b>Muhkamad Wakid, S.Pd. M.Eng.</b> Sekretaris Penguji		02.07.2019
<b>Drs. Kir Haryana, M.Pd.</b> Penguji Utama		03.07.2019

Yogyakarta, Juli 2019

Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta  
Dekan,



**Dr. Widarto, M.Pd.**

**NIP. 19631230 198812 1 001**

## LEMBAR PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Robi Febrianto

NIM : 15504241038

Program Studi : Pendidikan Teknik Otomotif

Judul TAS : Perancangan dan Analisis *Torsional Rigidity Design* Rangka Mobil Formula Garuda 17 Berdasarkan Regulasi *Student Formula Japan 2017*

Menyatakan bahwa skripsi ini benar-benar karya saya sendiri. Sepanjang pengetahuan saya, tidak terdapat karya atau pendapat yang ditulis atau diterbitkan orang lain kecuali sebagai acuan kutipan dengan mengikuti tata penulisan karya ilmiah yang telah lazim.

Yogyakarta, Mei 2019

Yang menyatakan



Robi Febrianto

NIM. 15504241038

## **HALAMAN MOTTO**

“Hidup sungguh sangat sederhana. Yang hebat-hebat hanya tafsirannya”

(Pramoedya Ananta Toer)

“Jika kau menghamba pada ketakutan, kita memperpanjang barisan perbudakan”

(Wiji Thukul)

“Maka sesungguhnya bersama kesulitan itu ada kemudahan. Sesungguhnya bersama  
kesulitan itu ada kemudahan.”

(Q.S. Al – Insyirah: 5-6)

“Cobalah memaknai segala sesuatu dari berbagai sudut pandang, kau akan  
menemukan hal-hal baru yang mengagumkan”

(Penulis)

## HALAMAN PERSEMBAHAN

Segala puji bagi Allah Tuhan Semesta Alam. Karya ini saya persembahkan teruntuk :

Kedua Orang Tua saya Ibu Arifiati dan Bapak Wahono

Serta Kakak saya Eko Yulianto.

Seluruh Guru serta Dosen yang telah mendidik saya mulai dari bangku SD Negeri 3

Sawangan, SMP Negeri 1 Alian, SMK Negeri 2 Kebumen,

dan Universitas Negeri Yogyakarta.

Keluarga Besar Garuda UNY Team yang telah memberi saya ruang untuk belajar,

berproses, berkembang, serta berjuang untuk almamater, bangsa, dan negara.

*“Ambition is a Dream with Garuda UNY Team”*

*Let's Fly High.*

Teman-teman kelas A Otomotif angkatan 2015, terimakasih atas kebersamaan yang

penuh cerita, semoga kita senantiasa menjadi keluarga.

Teman-teman Kuliah Kerja Nyata 05 UNY 2019 dan seluruh warga dusun Semilir

yang telah menjadi keluarga kedua saya di Yogyakarta.

Sabella Nisa Adelia Rifai.

**PERANCANGAN DAN ANALISIS *TORSIONAL RIGIDITY***  
***DESIGN* RANGKA MOBIL FORMULA GARUDA 17**  
**BERDASARKAN REGULASI *STUDENT FORMULA JAPAN 2017***

Oleh:  
Robi Febrianto  
NIM. 15504241038

**ABSTRAK**

Penelitian ini bertujuan untuk: (1) Menghasilkan rancangan rangka mobil Formula Garuda 17 yang sesuai dengan regulasi *Student Formula Japan 2017*. (2) Menghasilkan rancangan rangka mobil Formula Garuda 17 yang mempunyai *torsional rigidity* yang mampu menahan beban *bending* dan *twisting*.

Jenis penelitian yang digunakan adalah penelitian dan pengembangan atau dikenal juga dengan *Research and Development (R&D)* karena objek yang diteliti (Rangka Formula Garuda 17) merupakan pengembangan dari objek yang telah dibuat sebelumnya (Rangka Formula Garuda 16). Model pengembangan produk rangka mobil Formula Garuda 17 adalah model pengembangan *Analysis, Design, Development, Implementation*, serta *Evaluation* atau disingkat *ADDIE*.

Hasil penelitian ini menunjukkan rancangan rangka mobil Formula Garuda 17 sudah sesuai dengan regulasi yang berlaku di *Student Formula Japan 2017*, hal ini dibuktikan dari hasil penjurian *Structural Equivalency Spreadsheet* yang dinyatakan OK serta mobil Formula Garuda lolos *Technical Inspection* yang dibuktikan dengan *pass sticker*. Kemudian target nilai *torsional rigidity* yang ditetapkan yaitu diatas 834Nm/degree sudah tercapai melalui hasil analisis menggunakan Solidworks dimana hasilnya menunjukkan nilai *torsional rigidity* desain rangka Formula Garuda 17 sebesar 1.026,7Nm/degree dan target reduksi bobot rangka sebesar 2Kg juga tercapai karena bobot rangka Formula Garuda 16 sebesar 33,19Kg berkurang menjadi 31,11Kg pada rangka Formula Garuda 17, sehingga bobotnya berkurang 2,08Kg. Selanjutnya, hasil analisis kekuatan rangka dalam menahan *bending force* juga mencapai target karena dari hasil analisis, *maximum displacement* yang terjadi di rangka hanya sebesar 2,76mm, kemudian *stress maximum* sebesar 138,256MPa dan *factor of safety* yang menjadi acuan aman atau tidaknya juga mempunyai nilai minimum 3,33 yang dikategorikan rangka ini aman dan mampu menahan gaya *bending*.

Kata kunci: Analisis, Design, Rangka, *Torsional Rigidity*.

## **KATA PENGANTAR**

Alhamdulillah, segala puji bagi Allah SWT Tuhan Semesta Alam atas berkat rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir Skripsi dengan judul “Perancangan dan Analisis *Torsional Rigidity Design* Rangka Mobil Formula Garuda 17 Berdasarkan Regulasi *Student Formula Japan 2017*” guna mendapatkan gelar Sarjana Pendidikan Teknik Otomotif di Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta. Tugas Akhir Skripsi ini dapat diselesaikan atas bantuan dari berbagai pihak, oleh sebab itu penulis menyampaikan terimakasih kepada:

1. Dr. Zainal Arifin, M.T. selaku Dosen Pembimbing dan Ketua Jurusan Pendidikan Teknik Otomotif yang telah membimbing, mengarahkan, dan menyemangati saya dalam menyelesaikan Tugas Akhir Skripsi ini.
2. Seluruh Dosen dan Staf Jurusan Pendidikan Teknik Otomotif yang telah mendidik saya selama masa perkuliahan.
3. Keluarga Besar Garuda UNY Team yang telah memfasilitasi saya dalam belajar, berproses, berkembang, serta menyelesaikan penelitian untuk Tugas Akhir Skripsi ini.
4. Ibu Arifiati, Bapak Wahono, serta Kakak Eko Yulianto yang telah menjadi energi terbesar saya dalam menjalani hidup ini.
5. Teman-teman kelas A Otomotif 2015 yang telah bersama-sama menjalani masa kuliah selama 4 tahun.

6. Dr. Widarto, M.Pd. yang telah memberikan persetujuan atas Tugas Akhir Skripsi ini.
7. Sabella Nisa Adelia Rifai.
8. Semua pihak yang telah berperan dan membantu saya dalam menyelesaikan Tugas Akhir Skripsi ini yang tidak dapat saya sebutkan satu per satu.

Semoga segala bantuan dalam bentuk apapun yang telah kalian berikan, menjadi amal ibadah dan mendapatkan balasan dari Allah SWT. Dengan segala kerendahan hati, penulis berharap karya yang masih jauh dari kata sempurna ini dapat bermanfaat bagi pembaca. *Aamiin Ya Robbal'alamin.*

Yogyakarta, Mei 2019  
Penulis,

Robi Febrianto  
NIM. 15504241038

## DAFTAR ISI

	Halaman
<b>HALAMAN SAMPUL</b> .....	i
<b>LEMBAR PERSETUJUAN</b> .....	ii
<b>LEMBAR PENGESAHAN</b> .....	iii
<b>LEMBAR PERNYATAAN</b> .....	iv
<b>HALAMAN MOTTO</b> .....	v
<b>HALAMAN PERSEMBAHAN</b> .....	vi
<b>ABSTRAK</b> .....	vii
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	viii
<b>DAFTAR ISI</b> .....	x
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	xiii
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	xiv
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	xvii
<b>BAB I PENDAHULUAN</b> .....	1
A. Latar Belakang Masalah.....	1
B. Identifikasi Masalah .....	7
C. Pembatasan Masalah .....	7
D. Rumusan Masalah .....	8
E. Tujuan Pengembangan .....	8
F. Manfaat Pengembangan .....	8
G. Asumsi Pengembangan .....	9
H. Spesifikasi Produk yang /dikembangkan .....	9
<b>BAB II KAJIAN TEORI</b> .....	10
A. Kajian Terori .....	10
1. Konsep Perancangan .....	10

2. Rangka Kendaraan .....	10
a. Jenis-jenis Rangka Kendaraan .....	11
b. Rangka Kendaraan dalam <i>Student Formula</i> .....	12
c. Fungsi Rangka pada Kendaraan Balap .....	14
3. Material .....	16
a. <i>Steel</i> / Baja.....	16
b. <i>Composite</i> .....	17
4. <i>Torsional Rigidity</i> .....	18
a. <i>Bending Force</i> .....	19
b. <i>Twisting Force</i> .....	19
c. <i>Target Torsional Rigidity</i> .....	20
5. <i>Finite Element Analysis via Solidworks</i> .....	21
6. Regulasi <i>Student Formula Japan 2017</i> .....	23
B. Penelitian yang Relevan.....	31
C. Kerangka Berpikir.....	32
D. Pertanyaan Penelitian .....	35
<b>BAB III METODE PENELITIAN</b> .....	<b>36</b>
A. Model Pengembangan.....	36
B. Prosedur Pengembangan.....	36
1. <i>Analysis</i> .....	37
2. <i>Design</i> .....	37
3. <i>Development</i> .....	38
4. <i>Implementation</i> .....	38
5. <i>Evaluation</i> .....	39
C. Desain Uji Coba Produk .....	38
1. Desain Uji Coba .....	39
2. Objek Coba .....	39
3. Teknik dan Instrumen Pengumpulan Data.....	40

4. Teknik Analisa Data.....	40
<b>BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN.....</b>	<b>42</b>
A. Hasil Pengembangan Produk Awal.....	42
B. Hasil Uji Coba Produk .....	43
1. Rancangan Rangka Formula Garuda 17 .....	43
2. Analisis Rangka Formula Garuda 17 .....	53
3. Penyusunan Dokumen <i>Structural Equivalency Spreadsheet</i> .....	63
C. Revisi Produk .....	73
D. Kajian Produk Akhir .....	73
1. Hasil <i>Structural Equivalency Spreadsheet</i> .....	73
2. Hasil <i>Torsional Rigidity</i> .....	75
3. Hasil <i>Bending Force</i> .....	77
4. Hasil <i>Technical Inspection</i> .....	78
E. Keterbatasan Penelitian.....	81
<b>BAB V SIMPULAN DAN SARAN.....</b>	<b>82</b>
A. Simpulan Produk.....	82
B. Saran Pemanfaatan Produk .....	82
C. Diseminasi dan Pengembangan Produk Lebih Lanjut .....	82
<b>DAFTAR PUTAKA .....</b>	<b>84</b>
<b>LAMPIRAN.....</b>	<b>86</b>

## DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 1. Dimensi dan ketebalan <i>main frame</i> .....	25

## DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 1. Penambahan struktur <i>main frame</i> .....	4
Gambar 2. Regulasi frame/rangka <i>Student Formula Japan 2017</i> .....	6
Gambar 3. <i>Channel section</i> .....	11
Gambar 4. <i>Box section</i> .....	12
Gambar 5. <i>Tubular section</i> .....	12
Gambar 6. <i>Steel space frame FSAE</i> .....	13
Gambar 7. <i>Monocoque chassis</i> .....	14
Gambar 8. Perpindahan <i>CoG</i> saat <i>braking</i> .....	15
Gambar 9. <i>Bending load exerted on body/frame</i> .....	15
Gambar 10. <i>Torsion load/twisting</i> .....	16
Gambar 11. Contoh <i>mechanical properties</i> .....	17
Gambar 12. Material komposit.....	18
Gambar 13. <i>Force direction in front wheel</i> .....	19
Gambar 14. <i>Bending force</i> .....	19
Gambar 15. <i>Twisting force</i> .....	20
Gambar 16. <i>Main frame structure</i> .....	24
Gambar 17. Regulasi terkait <i>bent tube</i> .....	26
Gambar 18. <i>Helmet clearance</i> .....	27
Gambar 19. <i>Main hoop brace &amp; front hoop brace rules</i> .....	28
Gambar 20. <i>Side impact structure rules</i> .....	28
Gambar 21. <i>Cockpate opening template</i> .....	30
Gambar 22. <i>Internal cross section template</i> .....	31
Gambar 23. Kerangka berpikir.....	34
Gambar 24. Langkah analisa data.....	41
Gambar 25. Sketch dan dimensi <i>main hoop</i> .....	44
Gambar 26. Ketebalan pipa <i>main hoop</i> .....	44

Gambar 27. Sketch dan dimensi <i>front hoop</i> .....	45
Gambar 28. Ketebalan pipa <i>front hoop</i> .....	46
Gambar 29. Sketch dan dimensi <i>front bulkhead</i> .....	47
Gambar 30. Rancangan <i>front bulkhead</i> .....	47
Gambar 31. Rancangan <i>front hoop bracing</i> .....	48
Gambar 32. Rancangan <i>front bulkhead support</i> .....	49
Gambar 33. Rancangan <i>side impact structure</i> .....	50
Gambar 34. Rancangan <i>main hoop bracing</i> .....	50
Gambar 35. Rancangan <i>main hoop bracing support</i> .....	51
Gambar 36. Rancangan <i>mounting engine dan shoulder harness</i> .....	52
Gambar 37. Rancangan <i>steering holder dan support side impact</i> .....	52
Gambar 38. <i>Dialog box open part</i> .....	53
Gambar 39. <i>Dialog box</i> studi kasus baru.....	54
Gambar 40. <i>Dialog box</i> material untuk rangka.....	55
Gambar 41. Fixed geometry untuk studi kasus 1.....	56
Gambar 42. Fixed geometry untuk studi kasus 2.....	57
Gambar 43. Gaya <i>twisting</i> pada rangka.....	58
Gambar 44. Gaya <i>bending</i> pada rangka.....	59
Gambar 45. Proses <i>mesh</i> desain rangka.....	60
Gambar 46. Hasil analisis <i>stress</i> pada studi kasus pertama.....	61
Gambar 47. Hasil analisis <i>displacement</i> pada studi kasus pertama.....	61
Gambar 48. Hasil analisis <i>FoS</i> pada studi kasus kedua.....	62
Gambar 49. <i>Dialog box</i> laporan analisis.....	62
Gambar 50. Kolom <i>cover sheet</i> pada <i>SES</i> .....	64
Gambar 51. <i>Side view chassis pics</i> .....	65
Gambar 52. <i>Sheet T3.11 main hoop tubing</i> .....	65
Gambar 53. <i>Sheet T3.12 front hoop tubing</i> .....	66
Gambar 54. <i>Sheet T3.13 main hoop bracing</i> .....	67
Gambar 55. <i>Sheet T3.13 T3.36 MHoop brace support</i> .....	67

Gambar 56. <i>Sheet T3.14 T3.36 FHoop bracing</i> .....	68
Gambar 57. <i>Sheet T3.18 T3.31 Ft bulkhead</i> .....	69
Gambar 58. <i>Sheet T3.19 T3.32 FBH S'pt structure</i> .....	69
Gambar 59. <i>Sheet T3.24 T3.33 Side impact structure</i> .....	70
Gambar 60. <i>Sheet T5.4 Shoulder harness bar</i> .....	71
Gambar 61. <i>Sheet T3.20 IA AI Plate</i> .....	72
Gambar 62. <i>Bukti submit SES</i> .....	72
Gambar 63. <i>Bukti SES OK</i> .....	74
Gambar 64. <i>Displacement torsional rigidity</i> .....	77
Gambar 65. <i>Factor of safety bending force.</i> .....	78
Gambar 66. <i>Pass sticker sebagai bukti lolos technical inspection</i> .....	79

## DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran 1. Report analysis torsional rigidity .....	86
Lampiran 2. Report analysis bending force .....	116
Lampiran 3. Regulasi Rangka Student Formula Japan 2017 .....	151
Lampiran 4. SES Inspection Guide 2017 .....	169
Lampiran 5. SES Universitas Negeri Yogyakarta .....	203
Lampiran 6. SES Check sheet OK.....	216
Lampiran 7. Mechanical properties bahan rangka.....	217
Lampiran 8. Kartu Bimbingan Skripsi.....	218