

DESAIN DAN ANALISIS KEKUATAN PADA RANGKA KENDARAAN JENIS *PROTOTYPE* SESUAI STANDAR *SHELL ECO MARATHON ASIA*

Agung Premono¹, Ahmad Kholil, Hafidz Salafuddin²

¹Dosen Universitas Negeri Jakarta, Jurusan Teknik Mesin, Jakarta, 13220, Indonesia

²Mahasiswa Universitas Negeri Jakarta, Jurusan Teknik Mesin, Jakarta, 13220, Indonesia

¹Program Studi Pendidikan Teknik Mesin. Fakultas Teknik, Universitas Negeri Jakarta, Rawamangun Muka, Jakarta, 13220

² Laboratorium Perancangan Teknik Mesin. Fakultas Teknik, Universitas Negeri Jakarta, Rawamangun Muka, Jakarta, 13220

*Korespondensi penulis : hafidz.salafuddin@gmail.com

Abstrak. *Desain dan Analisis Kekuatan Pada Rangka Kendaraan Jenis Prototype Sesuai Standar Shell Eco Marathon Asia.* Skripsi, Jakarta : Progam Pendidikan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Jakarta, 2016

Penelitian ini bertujuan untuk membuat model rangka yang paling ringan dan kuat sesuai syarat yang diberlakukan oleh *shell*. Penelitian ini juga sebagai acuan bagi mahasiswa yang mengikuti ajang *shell eco marathon* untuk mendapatkan rangka yang ringan, kuat, sesuai dengan regulasi *shell*. Metode yang digunakan dalam penelitian ini ialah menggunakan metode komputasi yang dikenal dengan Finite Element Analysis (FEA) dengan bantuan software Autodesk Inventor. Dimensi tinggi kendaraan 700 mm, jarak antara roda depan 807,28 mm, jarak sumbu roda depan dengan belakang 1625,97 mm, lebar kendaraan 892,52 mm, dan panjang kendaraan 2538,28 mm. Dimensi kendaraan sesuai dengan regulasi *shell*. Simulasi dilakukan pada rancangan rangka yang berbeda yaitu *hollow* aluminium 40 x 20 mm tebal 2 mm, 40 x 20 mm tebal 3 mm, dan 50 x 30 mm tebal 2 mm. Ketiganya diberi beban dan tahanan yang sama yaitu 500 N pada tempat duduk pengemudi, 700 N pada roll bar, 200 N pada tempat mesin. Tahanan pada rangka yaitu dibagian roda depan dan roda belakang. Hasil menunjukkan bahwa rangka 50 x 30 mm tebal 2 mm adalah rangka yang paling kuat dilihat dari nilai *Safety factor* 1,78 memiliki berat 6,6 kg

Kata kunci : rangka, *prototype shell eco marathon*, hasil perancangan rangka

Pendahuluan

Perkembangan teknologi sangat pesat pada kendaraan transportasi. Semakin naiknya harga minyak mentah dunia membuat setiap pabrikan otomotif mengembangkan teknologi pada kendaraan yang hemat bahan bakar dan ramah lingkungan tetapi mempunyai performa atau prestasi mesin yang baik tanpa mengubah ukuran atau dimensi tersebut.

Kemajuan teknologi dan kemajuan di bidang ekonomi membawa pada konsekuensi peningkatan dan pendapatan

masyarakat. Hal ini dapat menyebabkan kesempatan kepemilikan kendaraan sepeda motor semakin meluas. Namun, semakin banyaknya masyarakat yang memiliki kendaraan sepeda motor akan berdampak dalam kehidupan sehari – hari. Adapun dampak positif yaitu memudahkan masyarakat menggunakan kendaraan transportasi dan dampak negatifnya dapat menimbulkan kemacetan dan polusi pencemaran udara akibat emisi gas buang yang dihasilkan oleh kendaraan.

Berdasarkan pemikiran tersebut para ahli perancang otomotif terus berupaya serta berinovasi untuk mencipta kan kendaraan yang

ramah lingkungan untuk mengurangi kadar emisi gas buang yang dihasilkan yaitu dengan cara menggunakan aliran listrik untuk memutar turbin dengan menghisap udara bersih O₂ langsung dialirkan ke dalam ruang bakar. Sistem yang akan digunakan yaitu dengan pemasangan *supercharger* jenis *electric*, dimana *supercharger electric* dialiri oleh udara untuk memutar kompresor, udara bersih dipaksa masuk dengan tekanan tinggi ke dalam ruang pembakaran. Berdasarkan cara kerjanya *supercharger electric* dengan memanfaatkan udara bersih O₂ yang langsung dialirkan ke dalam ruang bakar dan akibat udara yang dihasilkan maka lebih banyak bahan bakar yang terbakar. Karena adanya udara yang masuk secara paksa maka tekanan udara akan meningkat sehingga temperatur udara pun akan naik, karena adanya peningkatan temperatur udara maka akan berdampak buruk bagi kinerja kendaraan sepeda motor. Akibatnya temperatur ruang bakar akan meningkat sehingga panas yang dihasilkan akan membuat suhu memuai maka kerapatan udara akan berkurang. Oleh karena itu dengan adanya peningkatan temperatur maka memanfaatkan *heat sink* dan *thermoelectric* untuk mengondisikan udara yang masuk ke dalam ruang bakar sehingga dapat mempengaruhi campuran udara dan bahan bakar lalu mendapatkan emisi hasil gas buang yang lebih baik di banding pada saat kondisi standar. *Shell Eco Marathon* adalah lomba yang diadakan *shell* yang ditunjukan kepada semua mahasiswa dan ilmuan muda untuk membuat kendaraan super hemat energi, Sejarah kompetisi lebih dari 70 tahun. Tahun 1939, sekelompok ilmuwan *Shell* yang berada di laboratorium riset di Wood River, Illinois, Amerika Serikat mengadakan taruhan siapa yang bisa mengendarai kendaraan mereka paling jauh dengan bahan bakar satu galon. Pada waktu itu 21.12 km/L (59.7 mpg-imp; 49.7

mpg-US) adalah rekor terbaik yang bisa diraih. Ide ini menjadi dasar kompetisi internasional yang diadakan di Mallory Park, Inggris tahun 1977, kompetisi internasional 1976 "Pisaralla Pisimmälle" diadakan sebelumnya di Finlandia. Selama 30 tahun efisiensi bahan bakar meningkat dengan tajam.

Pada tahun 2010 perlombaan *shell eco marathon* juga diselenggarakan di benua Asia yaitu tepatnya di sirkuit sepang malaysia yang diikuti 150 team dari 60 universitas seasia, dan pada tahun 2014 *shell eco marathon* Asia diselenggarakan di Manila Filipina.

Shell Eco Marathon mewajibkan peserta membuat kendaraan sesuai dengan kriteria mereka yaitu *Prototype* dan *Urban Concept*. *Prototype* adalah salah satu jenis kendaraan yang dilombakan pada *shell eco marathon*. Kendaraan masa depan dengan desain khusus yang memaksimalkan aspek aerodinamika namun tidak mengurangi aspek keamanan. Beberapa sumber energi dari kelas *prototype* ini adalah bensin, listrik, solar, ethanol, GTL, dan hidrogen. Untuk dimensi dari *prototype* ini ditentukan oleh *shell* yaitu tinggi maksimal 1000 mm, track width minimal 500 mm, wheelbase minimal 1000 mm, lebar kendaraan maksimal 1300 mm, panjang kendaraan maksimal 3500 mm, dan berat total tanpa pengemudi 140 kg. *Prototype* ini juga harus safety diantaranya harus menggunakan Roll bar sebagai pelindung pengendara yang mampu menahan beban 70 kg, menggunakan pemisah antara ruang pengemudi dengan ruang mesin yang tahan api dan tahan panas. Terdapat pemadam api ringan didalam ruang pengemudi. Yang terakhir memiliki emergency shutdown sebagai pengaman electical dan pengapian mesin .

Semua kendaraan yang dibuat oleh peserta harus melewati beberapa tahap inspeksi sebagai persyaratan mengikuti lomba, jika mobil yang inspeksi tidak memenuhi standar yang diberlakukan oleh *shell* maka mobil tersebut tidak akan diijinkan mengikuti balapan. Mobil yang akan diinspeksi harus sesuai dengan regulasi yang telah diberikan.

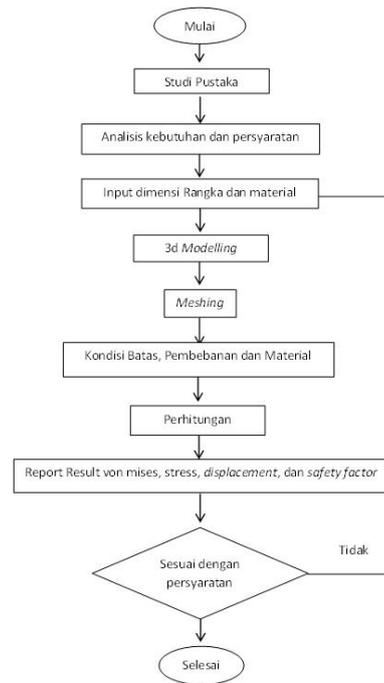
Pengujian Roll bar ini dilakukan dengan cara memberi beban pada Roll bar sebesar 70 kg dengan pengendara dan komponen-komponen pada *prototype* sudah terpasang. Roll bar ini harus melebihi bahu dan harus berada lebih tinggi 5 cm diatas posisi helm pengendara. Tujuan pengujian Roll bar ini adalah untuk mengetahui kekuatan dari Roll bar dan rangka. Roll bar ini dirancang untuk melindungi pengendara jika mobil terbalik.

Universitas Negeri Jakarta sebagai salah satu perguruan tinggi negeri terbesar di Jakarta ikut berpartisipasi dalam perlombaan *shell eco marathon* Asia, yang dimulai pada tahun 2013 diselenggarakan di malaysia sampai pada tahun 2015 di Manila Filipina. Dalam perlombaan ini team dari Universitas Negeri Jakarta ditantang untuk mendesain *prototype* kendaraan hemat energi dengan tiga roda yang berbahan bakar bensin dengan kadar oktan 95. Lalu muncul masalah bagaimana rangka *prototype* ini dibuat agar seringan mungkin untuk meningkatkan kinerja mesin tetapi dimensinya harus sesuai dengan persyaratan *shell* dan mampu menahan beban statis seberat 50 kg pada tempat pengendara, 20 kg pada tempat mesin, 70 kg pada Roll bar.

Pada penelitian melakukan desain 3 variasi rangka yang sesuai dengan regulasi *shell* lalu melakukan simulasi pembebanan lalu menganalisa mana rangkaka yang lebih ringan dan kuat.

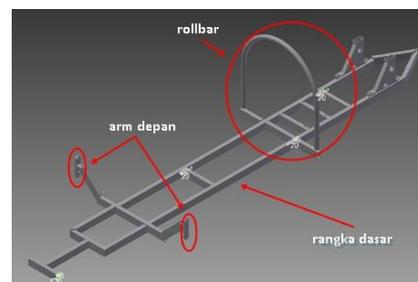
Metoda Eksperimen & Fasilitas Yang Digunakan

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Perancangan Teknik Mesin. Fakultas Teknik, Universitas Negeri Jakarta, Jl. Rawamangun Muka, jakarta Timur. Gambar 1 mem perlihatkan metode penelitian yang digunakan untuk mengetahui kekuatan dan berat dari setiap rangka.



Gambar 1. Metode penelitian

Skema pengujian diawali dengan membuat sketsa awal untuk menjadi patokan gambar 3 dimensi, merancang bagian rangka untuk, ruang pengemudi, roll bar, ruang mesin dan dudukan roda. Menentukan dimensi sesuai dengan regulasi dari *shell*, membuat gambar 3 dimensi sesuai gambar dengan dimensi yang telah ditentukan,, melakukan analisa struktur dengan menggunakan Software Autodesk Inventor untuk mengetahui bagian-bagian yang mudah rusak.

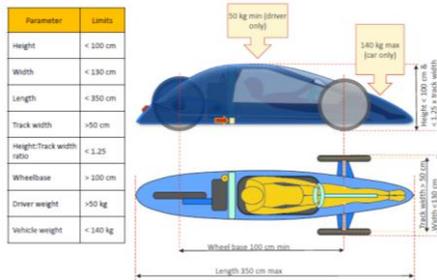


Gambar 2. Rangka

Tabel 1. Variasi Rangka

Variasi	Rangka dasar	Roll bar	Arm depan
1	Hollow 40x20 mm tebal 2 mm	Pipa hollow D 26,9 mm tebal 2 mm	Plat 120x20 mm tebal 10 mm
2	Hollow 40x20 mm tebal 3 mm	Pipa hollow D 26,9 mm tebal 3 mm	Plat 120x20 mm tebal 10 mm
3	Hollow 50x30mm tebal 2 mm	Pipa hollow D 26,9 mm tebal 2 mm	Plat 120x30 mm tebal 10 mm

Variasi rangka yang diambil dalam penelitian ini adalah tipe rangka yang ada di pasaran, mudah dijangkau, dan mudah untuk dilas.



Gambar 2. Regulasi desain dari shell

Desain yang digunakan harus sesuai dengan regulasi dari shell karena jika dimensi tidak sesuai maka mobil tidak diperbolehkan melakukan balapan. Material yang digunakan adalah aluminium 6061.

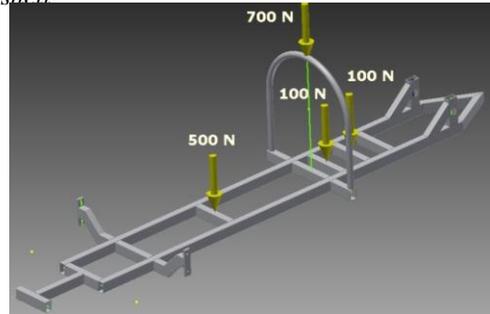
Tabel 2. Data Material 6061

Data Material	
Mass Density	2,71 g/cm ³
Yield Strength	275 MPa
Ultimate Tensile Strength	310 MPa
Young's Modulus	68,9 GPa

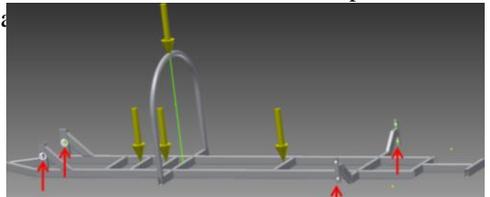
Setelah desain jadi, lalu melakukan pengujian sesuai standar dari shell di software autodesk. Pembebanan dibatasi 70 kg pada roll bar, 50 kg pada tempat pengemudi, 20 kg pada tempat mesin.



Gambar 4. Pembebanan yang dilakukan oleh shell



Gambar 5. Pembebanan pada software



Gambar 6. Kondisi batas pada rangka

Data hasil simulasi software yaitu displacement, safety factor, mass, dan von mises stress setiap tegangan.

Dari nilai tersebut peneliti menganalisa rangka mana yang kuat namun mempunyai massa yang ringan.

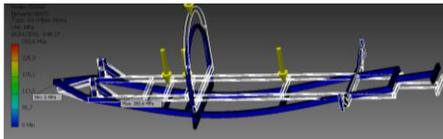
Hasil dan Pembahasan :

Pengujian yang di lakukan untuk mengetahui kekuatan dan berat dari setiap rangka. Parameter yang akan dianalisa dari pengujian ini adalah :

- a. Tegangan
- b.Regangan
- c. Safety factor
- d. mass

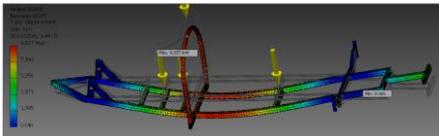
Tabel 3. Hasil analisa dari variasi 1 (40 X 20 mm tebal 2 mm)

Nama	Minimum	Maksimum
Volume	1853660 mm ³	
Mass	5,02342 kg	
Von mises stress	0,00798685 MPa	283,643 MPa
Displacement	0,0000896931mm	9,92711mm
Safety factor	0,969527 ul	15 ul



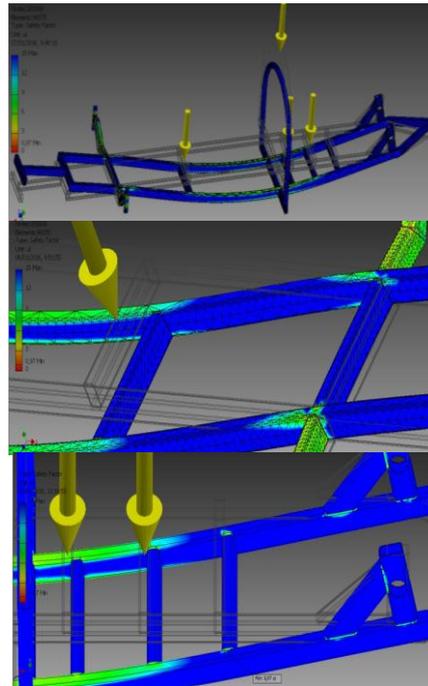
Gambar 7. Tegangan yang terjadi pada rangka variasi 1 (40 X 20 mm tebal 2 mm)

Dari analisis tersebut dapat diketahui bahwa rangka tersebut mengalami tegangan maksimal terbesar 283,6 MPa yang berada pada daerah yang ditunjukkan pada gambar analisis diatas. Sedangkan tegangan minimalnya adalah sebesar 56,7 Mpa.



Gambar 8 Displacement yang terjadi pada rangka variasi 1 (40 X 20 mm tebal 2 mm)

Dari gambar di atas dapat diketahui bahwa besarnya perpindahan translasi maksimal pada deformasi gambar tersebut adalah 9,927 mm. Hal ini menunjukkan bahwa perubahan bentuk maksimal yang terjadi pada rangka adalah 9,927 mm dari bentuk awalnya yang ditunjukkan pada daerah yang berwarna merah.



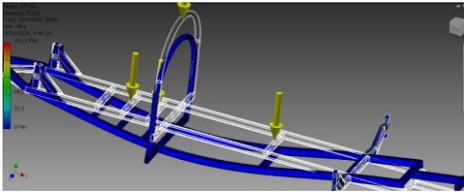
Gambar 9 safety factor rangka variasi 1 (40 X 20 mm tebal 2 mm)

Dalam proses analisa tekanan yang terjadi pada rangka, dihasilkan factor of safety (FS) minimum adalah 0,97 dan maksimum adalah 15. Ini menunjukkan kekuatan material < tegangan yang terjadi. Sehingga bisa dinyatakan elemen mesin tidak akan aman bila difungsikan.

2. Hasil dari variasi 2 (40 X 20 mm tebal 3 mm)

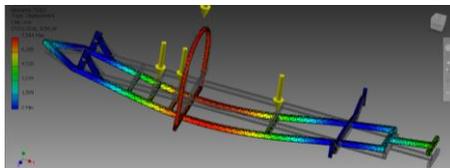
Tabel 4 Hasil analisa dari variasi 2 (40 X 20 mm tebal 3 mm)

Nama	Minimum	Maksimum
Volume	2599580 mm ³	
Mass	7,04486 kg	
Von mises stress	0,00311514 MPa	161,252 MPa
Displacement	0,000104721 mm	7,54399 mm
Safety factor	1,70541 ul	15 ul



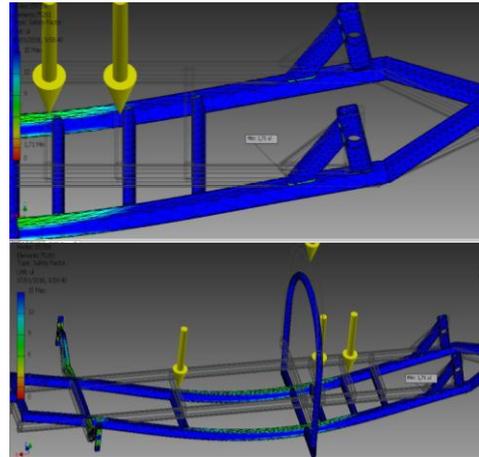
Gambar 10. Tegangan yang terjadi pada rangka variasi 2 (40 X 20 mm tebal 3 mm)

Dari analisis tersebut dapat diketahui bahwa rangka tersebut mengalami tegangan maksimal terbesar 161,3 MPa yang berada pada daerah yang ditunjukkan pada gambar analisis diatas. Sedangkan tegangan minimalnya adalah sebesar 32,3 Mpa.



Gambar 11. Displacement yang terjadi pada rangka variasi 2 (40 X 20 mm tebal 3 mm)

Dari gambar di atas dapat diketahui bahwa besarnya perpindahan translasi maksimal pada deformasi gambar tersebut adalah 7,544 mm. Hal ini menunjukkan bahwa perubahan bentuk maksimal yang terjadi pada rangka adalah 7,544 mm dari bentuk awalnya yang ditunjukkan pada daerah yang berwarna merah.



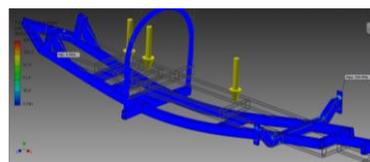
Gambar 12. safety factor rangka variasi 2 (40 X 20 mm tebal 3 mm)

Dalam proses analisa tekanan yang terjadi pada rangka, dihasilkan factor of safety (FS) minimum adalah 1,71, maksimum adalah 15. Ini menunjukkan kekuatan material > tegangan yang terjadi. Sehingga bisa dinyatakan elemen mesin akan aman bila difungsikan dan nilai *safety factor* variasi 2 (40 X 20 mm tebal 3 mm) ini lebih tinggi dari variasi 1 (40 X 20 mm tebal 2 mm).

3. Hasil dari variasi 3 (50 X 30 mm tebal 2 mm)

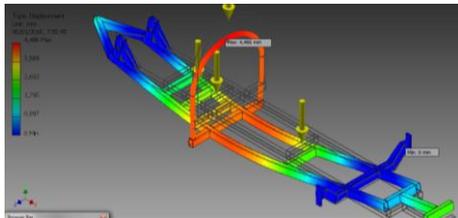
Tabel 5. Hasil analisa dari variasi 3 (50 X 30 mm tebal 2 mm)

<u>Nama</u>	<u>Minimum</u>	<u>Maksimum</u>
<i>Volume</i>	2437450 mm ³	
<i>Mass</i>	6,6055 kg	
<i>Von mises stress</i>	0,00311093 MPa	153,977 MPa
<i>Displacement</i>	0,0000118675 mm	4,48648 mm
<i>Safety factor</i>	1,78598 ul	15 ul



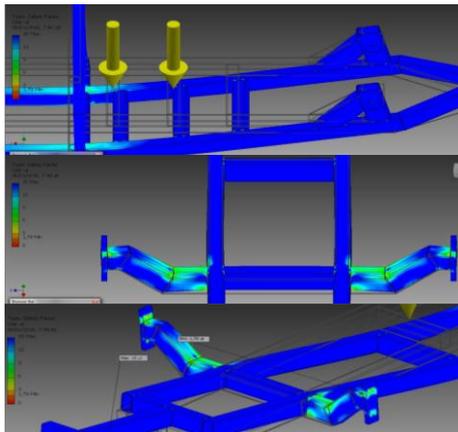
Gambar 13. Tegangan yang terjadi pada rangka variasi 3 (50 X 30 mm tebal 2 mm)

Dari analisis tersebut dapat diketahui bahwa rangka tersebut mengalami tegangan maksimal terbesar 154 MPa yang berada pada daerah yang ditunjukkan pada gambar analisis diatas. Sedangkan tegangan minimalnya adalah sebesar 30,8 Mpa.



Gambar 14. Displacement yang terjadi pada rangka variasi 3 (50 X 30 mm tebal 2 mm)

Dari gambar di atas dapat diketahui bahwa besarnya perpindahan translasi maksimal pada deformasi gambar tersebut adalah 4,486 mm. Hal ini menunjukkan bahwa perubahan bentuk maksimal yang terjadi pada rangka adalah 4,486 mm dari bentuk awalnya yang ditunjukkan pada daerah yang berwarna merah.



Gambar 15. safety factor rangka variasi 3 (50 X 30 mm tebal 2 mm)

Dalam proses analisa gaya yang terjadi pada rangka, dihasilkan factor of safety (FS) minimum adalah 1,79 maksimum adalah 15. Ini menunjukkan kekuatan material > tegangan yang terjadi. Sehingga bisa dinyatakan elemen mesin akan aman bila difungsikan. Dari ketiga

gambar diatas juga menunjukkan titik kritis berada disambungan antar rangka, dan titik paling kritis berada disambungan rangka depan. Nilai *safety factor* variasi 3 (50 X 30 mm tebal 2 mm) ini lebih tinggi dari variasi 2 (40 X 20 mm tebal 3 mm) dan variasi 1 (40 X 20 mm tebal 2 mm).

Kesimpulan

Rangka *hollow* 50 x 30 mm tebal 2 mm adalah rangka yang sesuai dengan regulasi dengan spesifikasi memiliki tiga buah roda, dua buah roda didepan, satu buah dibelakang, tinggi kendaraan 700 mm, jarak antara roda depan (track width) 807,28 mm, jarak sumbu roda depan dengan belakang (wheelbase) 1625,97 mm, Lebar kendaraan 892,52 mm, panjang kendaraan 2538,28 mm, jarak antara roll bar dengan helm 70 mm, roll bar melebihi bahu pengemudi ketika pengemudi duduk pada posisi mengemudi normal, dan rangka dapat menahan beban statik pada roll bar sebesar 700 N (~70 kg) pada arah tegak lurus karena memiliki *Safety factor* 1,78 saat pengujian roll bar, dan berat 6,6 kg.

Daftar Pustaka

1. Bathe Klaus-Jurgen. *Finite Element Procedures*. USA: Prentice Hall International Editions Inc, 1996.
2. Costin, Michael and Phipps, David. *Racing and Sports Car Chassis Design*. London: B. T. Batsford Ltd, 1966.
3. Fadila, Ary. *Analisis Simulasi Struktur Chassis Mobil Mesin Usu Berbahan Besi Struktur Terhadap Beban Statik Dengan Menggunakan Perangkat Lunak Ansys 14.5*. Medan: USU, 2013.
4. Francis, Vishal, Dkk. *Structural Analysis of Ladder Chassis Frame for Jeep Using Ansys*. India: International Journal of Modern Engineering Research, 2014.
5. Hidayat, Nur dkk. *Autodesk Inventor Mastering 3D Mechanical Design*. Bandung: Informatika, 2011.

6. Kamajaya, *Cerdas Belajar Fisika*. Jakarta: PT. Grafindo Media Pratama, 2007.
7. Liu, Yijun. *Lecture Notes: Introduction to the Finite Element Method*. Cincinnati, 2003.
8. Mott, Robert L. *Machine Elements In Mechanical Design fourth edition*. Ohio : Upper Saddle River, 2004
9. Priyarsono. Dkk. *Perkembangan Konsumsi Dan Penyediaan Energi Dalam Perekonomian Indonesia*. Bogor, 2010.
10. Sadam, Ahmad, *Desain Sliding Bridge Sebagai Solusi Peningkatan Pelayanan Transjakarta*. Jakarta: UNJ, 2015.
11. Sato, G. Takeshi, N. Sugiarto Hartanto. *Menggambar Mesin Menurut Standar ISO*. Jakarta: Pradnya Paramita, 2003.
12. *Shell Eco-Marathon 2016 Official Rules. Chapter I*, 2015.
13. Susetyo, Yerri. *Dasar Dasar Metode Elemen Hingga*. Yogyakarta: Andi Publisier, 2004.
14. Syaiful A. B Alchazin. *Modul Training Autodesk Inventor 2012*. Bogor: LAPAN, 2011.
15. Tim Dosen. *Tegangan Normal Dan Tegangan Geser*. Bogor: IPB, 2010.
16. Widodo, Slamet. *Dasar-Dasar Analisis Dalam Ilmu Mekanika Bahan*. Jogjakarta: UNY, 2009.
17. Eulistyetio, http://elib.unikom.ac.id/files/disk1/306/jbp_tunikompp-gdl-eulisyetio-15298-2-babii.pdf diakses pada tanggal 26 Januari 2016, pukul 13.28 WIB
18. ShellIndonesia, http://www.shell.co.id/id/aboutshell/media-centre/news-and-media-releases/2013/sem_bilan-tim-mahasiswa-menangkan-tantangan-merancang-kendaraan-masa-depan.html diakses pada tanggal 15 Agustus 2015, pukul 10.31 WIB.