

Analisis Tegangan Pada Rangka Mobil Off Road Menggunakan Metode Elemen Hingga Dengan Software SolidWorks

Hendri Suryanto^{a*}, Eva Hertnacahyani Herrapstanti^a

^a Sekolah Tinggi Teknologi Ronggolawe
Jl. Kampus Ronggolawe Blok B No. 1 Mentul Cepu, Blora
*hendrie.s72@gmail.com

Diterima : 14-04-2023

- Direview : 17-04-2023

- Diterbitkan : 17-04-2023

Intisari

Rangka atau casis merupakan bagian utama dari suatu kendaraan yang berfungsi menahan semua komponen dan penumpang serta harus mampu menahan beban-beban yang terjadi tanpa mengalami defleksi atau deformasi yang berlebihan. Mobil *off-road* dirancang untuk bisa melintas di jalan atau medan yang tidak beraspal atau permukaan berbatu. Dengan medan yang demikian akan memberikan beban yang berlebih pada mobil terutama pada rangkanya. Rangka akan menerima beban bending dan torsi yang lebih besar jika mobil digunakan pada permukaan yang tidak rata. Untuk itu diperlukan rangka yang kuat dan kaku (*rigid*) sehingga aman untuk pengendara dan komponen-komponen mobil lainnya. Dalam penelitian ini dilakukan analisis tegangan yang terjadi pada rangka Mobil *Off-Road* TM D3 untuk mengetahui kekuatannya. Analisis dilakukan secara numerik dengan metode elemen hingga menggunakan *software* SolidWorks. Hasil analisis menunjukkan pada pembebanan gaya statis sebesar 3000 N, rangka masih dalam kondisi aman karena tegangan yang terjadi pada rangka di bawah nilai tegangan yield material yang digunakan, sedangkan pada pembebanan puntir sebesar 500 N.m, rangka dalam kondisi tidak aman karena tegangan yang terjadi melebihi nilai tegangan yield material yang digunakan. Setelah dilakukan modifikasi pada rangka, hasil simulasi dengan pembebanan puntir 500 N.m menunjukkan tegangan yang terjadi pada rangka dalam kondisi aman.

Kata Kunci : Rangka; Mobil *off-road*; Tegangan dan Metode Elemen Hingga

Abstract

The chassis is the main part of a vehicle that functions to hold all components and passengers and must be able to withstand the loads that occur without experiencing excessive deflection or deformation. Off-road cars are designed to be able to pass on unpaved roads or terrain or rocky surfaces. With such terrain, it will put an excessive burden on the car, especially on the frame. The frame will be subjected to greater bending and torsional loads if the car is used on an uneven surface. For that we need a frame that is strong and rigid so that it is safe for the driver and other car components. In this study, an analysis of the stress that occurs on the frame of the TM D3 Off-Road Car was carried out to determine its strength. The analysis was carried out numerically using the finite element method using SolidWorks software. The results of the analysis show that under a static load of 3000 N, the frame is still in a safe condition because the stress that occurs in the frame is below the yield stress value of the material used, while at a torsional loading of 500 N.m, the frame is in an unsafe condition because the stress that occurs exceeds the value the yield stress of the material used. After modifying the frame, the simulation results with 500 N.m torsional loading show that the stress that occurs in the frame is in a safe condition.

Keywords : Chassis; Off-road car; Stress and Finite Elemen Method

1. Pendahuluan

Kendaraan *off-road* adalah sejenis kendaraan yang mampu dikendarai di jalan beraspal maupun yang tidak beraspal atau permukaan berbatu (Wikipedia, 2017). Di jalan yang tidak beraspal atau jalan berbatu umumnya mempunyai permukaan yang tidak rata. Dengan permukaan yang demikian akan memberikan beban yang berlebih pada mobil terutama pada rangkanya (*chassis*). Rangka akan menerima beban bending dan torsi yang lebih besar jika mobil digunakan pada permukaan yang tidak rata. Untuk itu diperlukan rangka yang kuat dan kaku (*rigid*) sehingga aman untuk pengendara dan komponen-komponen mobil lainnya.

Dalam perancangan sebuah kendaraan, kekuatan dan kekakuan rangka adalah sangat penting, dan kekakuan yang kurang akan menyebabkan getaran dan *noise* dan mengurangi kenyamanan pengemudi, stabilitas dan kehandalan saat

dioperasikan (Yan dkk, 2010). Selain itu perancangan rangka yang benar adalah penting untuk menjamin keselamatan, *performance* dan kelaikan jalan suatu kendaraan. Pada saat terjadi tabrakan, rangka harus bisa melindungi penumpang dari cedera. Benturan pada bagian depan diredam oleh peredam tumbukan yang dipasang pada bagian depan rangka. Pada saat jatuh terguling, penumpang akan dilindungi oleh batang melingkar (*hoop*) utama bagian depan yang merupakan bagian utama dari rangka. Batang samping melindungi penumpang dari benturan samping (Mat dan Ghani, 2012).

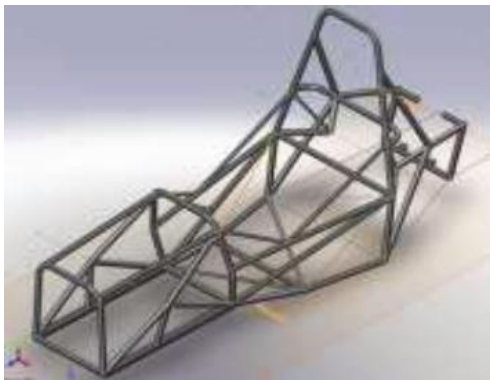
Dalam penelitian ini dilakukan analisis tegangan yang terjadi pada rangka Mobil *Off-Road* TM D3, yang dirancang dan dibuat oleh mahasiswa D-3 Teknik Mesin Sekolah Tinggi Teknologi Ronggolawe (STTR) Cepu. Sebelumnya mobil *off-road* yang dibuat tersebut belum diuji bagaimana kekuatan rangkanya. Untuk itu dalam penelitian ini dilakukan

analisis kekuatan rangka mobil *off-road* tersebut secara numerik dengan menggunakan metode elemen hingga dengan bantuan *software* SolidWorks. Dengan SolidWorks Simulation akan diketahui distribusi tegangan dan defleksi yang terjadi pada rangka. Kemudian ditentukan modifikasi yang diperlukan pada rangka berdasarkan hasil analisis tersebut.

2. Kerangka Teori

Untuk bisa dikendarai di jalan yang tidak beraspal, mobil *off-road* harus mempunyai beberapa karakteristik, yaitu : tekanan pada tanah (*ground pressure*) kecil, sehingga tidak terbenam dalam tanah yang lembek; jarak sisi bawah dengan tanah (*ground clearance*) harus cukup sehingga tidak tersangkut pada rintangan; dan roda atau lintasan harus tetap menapak pada tanah sehingga tidak kehilangan daya dorong (*traction*). Untuk memenuhi karakteristik tersebut maka salah satu bagian mobil yang sangat berperan adalah rangka (*chassis*).

Chassis adalah rangka tengah dari suatu kendaraan yang harus membawa seluruh komponen dan menahan semua beban. Beban-beban tersebut termasuk berat masing-masing komponen dan gaya-gaya yang muncul selama percepatan, perlambatan dan menikung (Mat dan Ghani, 2012). Fungsi dari rangka suatu mobil adalah untuk menghubungkan keempat rodanya dengan suatu struktur yang kaku dalam bending dan torsi, sehingga tidak melengkung maupun melintir. Rangka harus mampu menahan semua komponen dan penumpang dan harus menahan seluruh beban yang diterimanya tanpa mengalami defleksi yang berlebihan (Costin dan Phipps, 1969).



Gambar 1. Jenis *Space Frame*

Untuk memenuhi tekanan pada tanah yang kecil maka berat rangka juga harus ringan. Beberapa jenis rancangan rangka mobil ringan menurut Mat dan Ghani, 2012, antara lain : jenis *space frame*, jenis *pressed aluminium*, jenis *monocoque*. Jenis *space frame* umumnya digunakan untuk mobil balap karena kekakuannya dan kemudahan konstruksinya. Pipa bulat atau persegi digabungkan bersama sehingga membentuk struktur jeruji (*lattice*) seperti pada Gambar 1 di atas. Jenis *pressed aluminium* memerlukan proses pembentukan dan pengelasan bagian-bagian dari aluminium seperti pada Gambar 2. Jenis ini terutama digunakan untuk mobil-mobil *sport* dengan *performance* yang tinggi. Jenis rangka *monocoque* menggunakan kulit luar untuk menahan beban. Tipe ini biasanya dibuat dari serat

karbon dan dibangun dalam satu kesatuan tanpa ada sambungan seperti pada Gambar 3.



Gambar 2. Jenis *Pressed Aluminium*



Gambar 3. Jenis *Monocoque*

Dalam analisa kekuatan material salah satu kriteria yang digunakan adalah kriteria Von Mises (Yamin dkk, 2008). Kriteria Von Mises adalah sebagai berikut:

$$j_2 = k^2 \quad (2.1)$$

dengan

$$j_2 = \frac{1}{6} [(\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_2 - \sigma_3)^2 + (\sigma_3 - \sigma_1)^2] \quad (2.2)$$

Untuk mengevaluasi tetapan k dan menghubungkannya dengan luluh dalam uji tarik uniaksial terjadi bila $\sigma_1 = \sigma_0$, $\sigma_2 = \sigma_3 = 0$ yang menghasilkan bentuk kriteria luluh von mises

$$\sigma_0 = \frac{1}{\sqrt{2}} [(\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_2 - \sigma_3)^2 + (\sigma_3 - \sigma_1)^2]^{1/2} \quad (2.3)$$

Dari persamaan (2.3) dapat diperkirakan bahwa luluh akan terjadi jika selisih tegangan pada sisi kanan persamaan melampaui tegangan luluh dalam uji tarik uniaksial σ_0 . Sehingga k menggambarkan tegangan luluh dalam keadaan geser murni (puntir). Karena itu kriteria Von Mises meramalkan bahwa tegangan luluh pada puntiran akan lebih kecil dari pada dalam penegangan uniaksial, sesuai dengan :

$$k = \frac{1}{\sqrt{3}} \sigma_0 = 0,577 \sigma_0 \quad (2.4)$$

Kriteria luluh Von mises mengisyaratkan bahwa luluh tidak tergantung pada tegangan normal atau tegangan geser tertentu, tetapi tergantung dari fungsi ketiga harga tegangan geser utama. Karena kriteria luluh didasarkan atas selisih tegangan normal, $\sigma_1 - \sigma_2$, dan sebagainya, maka kriteria tersebut tidak tergantung pada komponen tegangan hidrostatik. Karena kriteria luluh von mises melibatkan suku pangkat dua, hasilnya tidak tergantung dari anda tegangan individual.

Analisa tegangan Von-Mises juga digunakan dalam beberapa penelitian lain seperti dalam penelitian yang dilakukan Yanhong dan Feng, 2011, mengenai analisis elemen hingga dan optimasi desain dengan ANSYS untuk sub-rangka dump truck Yj3128, penelitian yang dilakukan Ma dkk, 2015 mengenai analisis kehandalan rangka mesin pemanen besar untuk jagung, dan penelitian oleh Saebudin dkk, 2020, yang melakukan analisis kekuatan suatu struktur alat pengangkat dengan ANSYS dan juga secara perhitungan matematis.

3. Metodologi

Penelitian ini dilakukan dengan simulasi metode elemen hingga dengan *software* SolidWorks pada model rangka mobil off-road.

3.1 Obyek Penelitian

Obyek yang akan dianalisis kekuatannya adalah Mobil *Off-Road* TM D3, yang dirancang dan dibuat oleh mahasiswa D-3 Teknik Mesin Sekolah Tinggi Teknologi Ronggolawe Cepu. Mobil *off-road* tersebut seperti ditampilkan pada gambar berikut ini.



Gambar 4. Mobil *Off-Road* TM D3

3.2 Langkah-Langkah Penelitian

Langkah-langkah penelitian yang dilakukan seperti yang disajikan pada diagram alir Gambar 2 dan diuraikan seperti berikut ini.

A. Perhitungan beban yang diterima rangka

Beban yang diperhitungkan adalah beban statis yang diterima rangka yaitu terdiri dari berat komponen-komponen mobil dan berat penumpang. Setelah dihitung beban yang diterima mobil off-road ini adalah 300 kg.

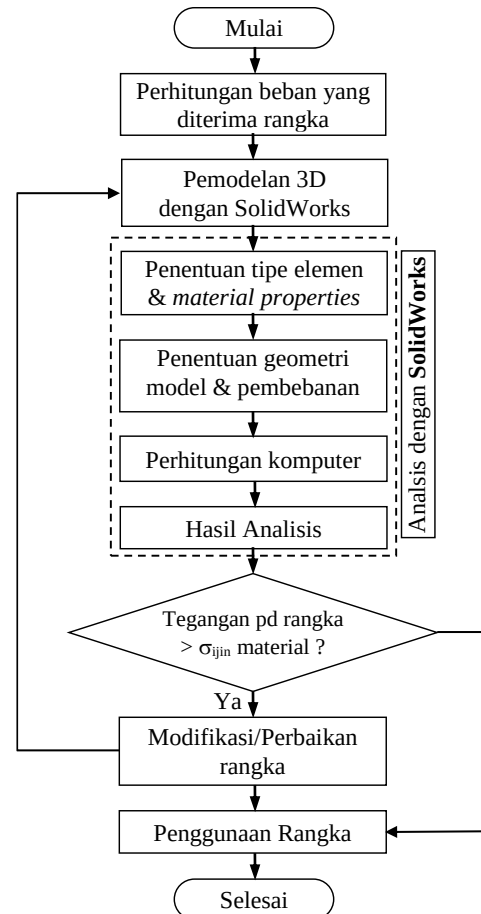
B. Pemodelan 3D dengan SolidWorks

Rangka mobil digambar dalam bentuk tiga dimensi dengan menggunakan *software* SolidWorks berdasarkan ukuran rangka Mobil *Off-Road* TM D3. Model 3D seperti ditampilkan pada Gambar 3.

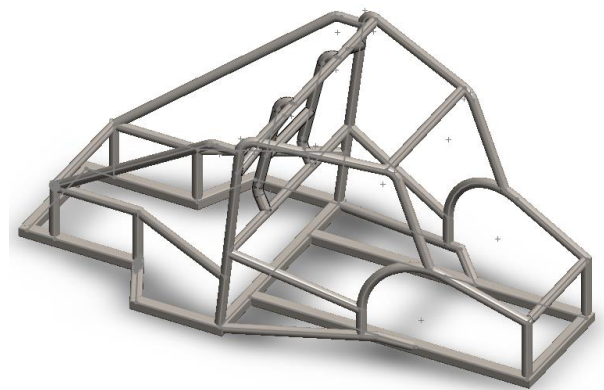
C. Analisis dengan SolidWorks Simulation

Setelah model rangka 3D dibuat kemudian dilakukan analisis elemen hingga dengan *software* Solidworks. Analisis dengan menggunakan *software* Solidworks dilakukan untuk mengetahui distribusi tegangan dan defleksi yang terjadi pada rangka. Tahapan analisis adalah sebagai berikut:

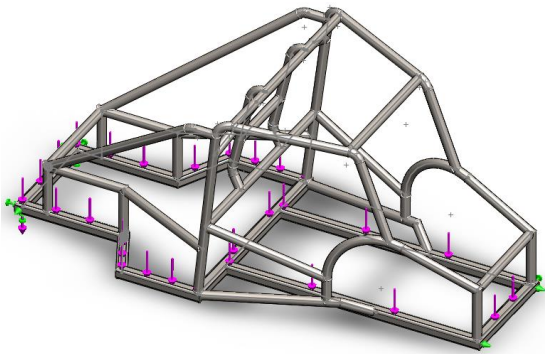
1. Menentukan tipe elemen hingga dan *material properties*.
2. Menentukan geometri model (*meshing*) dan beban pada rangka, Gambar 4 dan Gambar 5. Pembebanan pada simulasi SolidWorks ditunjukkan dengan panah berwarna pink dan tumpuan (*fixture*) ditunjukkan dengan panah berwarna hijau.
3. Perhitungan oleh komputer.
4. Hasil perhitungan berupa tampilan distribusi tegangan dan defleksi.



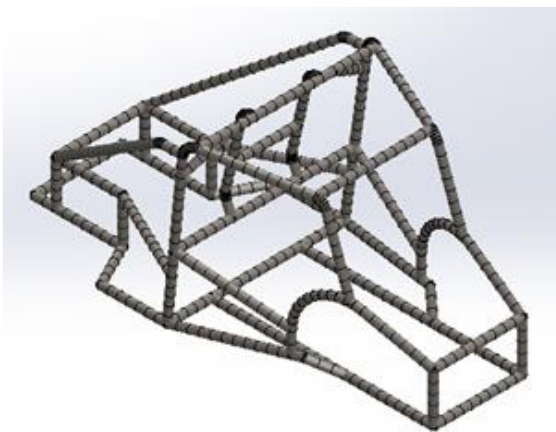
Gambar 5. Diagram Alir Penelitian



Gambar 6. Model 3D Rangka Mobil *Off-Road* TM D3



Gambar 7. Simulasi Pembebanan pada Rangka

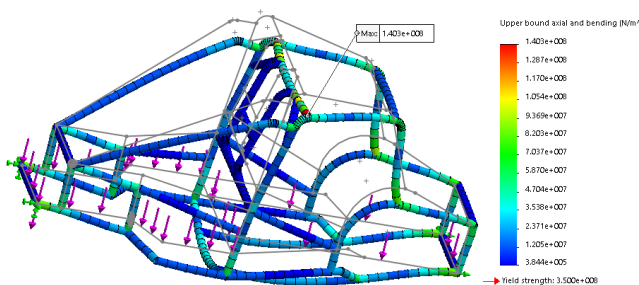


Gambar 8. Meshing

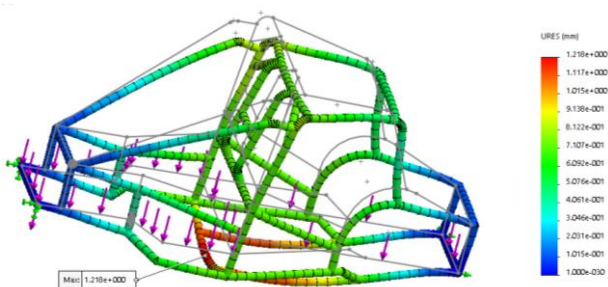
4. Hasil dan Pembahasan

4.1 Pembebanan dengan Gaya Statis

Rangka diberikan beban berupa gaya statis sebesar 3000 N, diperoleh hasil seperti Gambar 6 berikut ini.

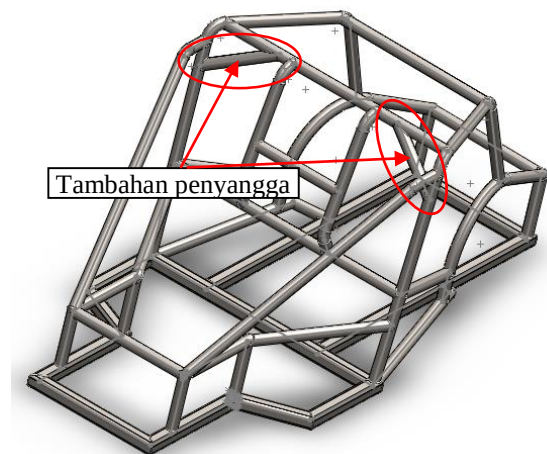


Gambar 9. Distribusi Tegangan pada Rangka Akibat Beban 3000 N



Gambar 10. Defleksi pada Rangka Akibat Beban 3000 N

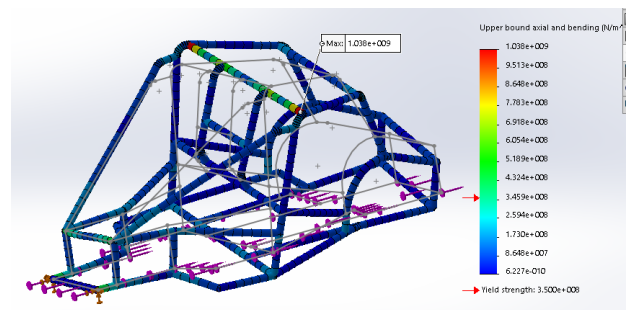
Dari hasil simulasi pembebanan statis sebesar 3000 N menunjukkan tegangan maksimum pada rangka sebesar $1,403 \times 10^8 \text{ N/m}^2$ terjadi pada sambungan rangka bagian atas tengah dan defleksi maksimum sebesar 1,218 mm terjadi pada rangka bagian bawah. Jika dibandingkan tegangan yield material sebesar $3,5 \times 10^8 \text{ N/m}^2$ maka rangka dengan menggunakan baja profil bujursangkar $40 \times 40 \times 4 \text{ mm}$ untuk chasis dan pipa baja diameter 33,7 mm tebal 4 mm masih dalam kondisi aman. Hasil distribusi tegangan dan defleksi tersebut merupakan kondisi setelah dilakukan modifikasi pada rangka untuk memperbaiki nilai tegangan yang terjadi pada rangka yang melebihi nilai tegangan yield material akibat pembebanan torsi. Modifikasi yang dilakukan adalah dengan menambahkan penyangga pada dua sudut pada bagian atas rangka seperti ditampilkan pada Gambar 9.



Gambar 11. Modifikasi pada Rangka Bagian Atas

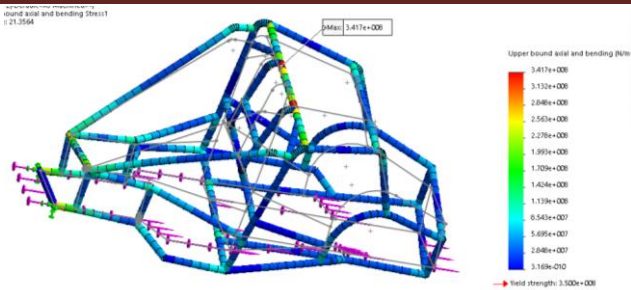
4.2 Pembebanan Torsi

Rangka diberikan beban berupa puntiran sebesar 500 Nm, diperoleh hasil seperti ditampilkan pada Gambar 10. Sebelum dilakukan modifikasi seperti ditampilkan pada Gambar 8, hasil simulasi pembebanan torsi menunjukkan tegangan maksimal yang terjadi pada rangka sebesar $1,038 \times 10^9 \text{ N/m}^2$ melebihi nilai tegangan yield material $3,5 \times 10^8 \text{ N/m}^2$, seperti ditunjukkan pada Gambar 9 berikut ini.

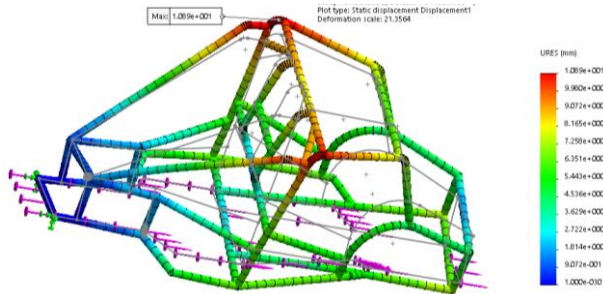


Gambar 12. Tegangan yang Terjadi pada Rangka pada Pembebanan Torsi 500 N.m Sebelum Modifikasi Rangka

Sedangkan setelah dilakukan modifikasi seperti pada Gambar 8 di atas, hasil simulasi pembebanan torsi menunjukkan hasil tegangan pada rangka seperti ditunjukkan Gambar 10 berikut ini.



Gambar 13. Distribusi Tegangan pada Rangka Akibat Torsi 500 N.m



Gambar 14. Defleksi pada Rangka Akibat Torsi 500 N.m

Setelah dilakukan modifikasi, pembebanan puntir sebesar 500 N.m menyebabkan tegangan yang terjadi pada rangka sebesar maksimal $3,417 \times 10^8 \text{ N/m}^2$ dan displacement sebesar maksimal 10,89 mm. Jika dibandingkan tegangan yield material sebesar $3,5 \times 10^8 \text{ N/m}^2$ maka rangka mobil *Off-Road* TM D3 masih dalam kondisi aman karena tegangan yang terjadi tidak melebihi tegangan yield material.

5. Simpulan

Dari hasil simulasi pembebanan pada rangka mobil *Off-Road* TM D3 dengan menggunakan Solidworks bisa disimpulkan bahwa pada pembebanan dengan gaya statis sebesar 3000 N, rangka masih dalam kondisi aman karena tegangan yang terjadi pada rangka di bawah nilai tegangan yield material yang digunakan. Sedangkan pada pembebanan puntir sebesar 500 N.m, rangka awalnya dalam kondisi tidak aman karena tegangan yang terjadi melebihi nilai tegangan yield material yang digunakan. Tetapi setelah dilakukan modifikasi dengan menambah penyangga atau penguat pada sudut-sudut bagian atas rangka tegangan yang terjadi masih di bawah nilai tegangan yield material meskipun selisihnya kecil.

Ucapan Terima Kasih

Terima kasih disampaikan kepada pengelola laboratorium otomotif atas bantuannya dalam penyediaan obyek penelitian dan pengukuran rangka.

Daftar Pustaka

Costin, Michael dan Phipps, David, (1969), *Racing and Sport Car Chassis Design*, Second Edition, B.T. Batsford Ltd., London.

https://en.wikipedia.org/wiki/Off-road_vehicle. Diakses tanggal 10 Januari 2017.

Ma, Lina., Du, Yuefeng., Zhou, Wen., Song, Zhengze., Liu, Shourong dan Zhu, Zhongxiang., (2015), "Optimization Design of Large Corn Harvester Frame Based on Reliability Analysis", *Proceeding International Conference on Intelligent Systems Research and Mechatronics Engineering (ISRME 2015)*, Hal. 1465-1471.

Mat, Mohd Hanif dan Ghani, Amir Radzi Ab., (2012), "Design and Analysis of 'Eco' Car Chassis", *Procedia Engineering*, Vol. 41, hal. 1756-1760.

Nakasone, Y., Yoshimoto, S. dan Stolarski, T. A., (2006), *Engineering Analysis With Ansys Software*, Elsevier Butterworth-Heinemann, Burlington MA.

Saebudin, A., Suryanto, H. dan Herrapstanti, E. H., (2020), "Analisis Kekuatan Struktur Hydraulic Lifting Machine dengan Menggunakan Metode Elemen Hingga", *Simetris: Jurnal Teknologi dan Sains Terapan*, Vol. 14, No. 2, hal. 39-45.

Yamin, Mohamad., Satyadarma, Dita., dan Hasanudin, Opik A., (2008), "Analisis Tegangan Pada Rangka Mobil Boogie", *Proceeding Seminar Ilmiah Nasional Komputer dan Sistem Intelijen (KOMMIT 2008)*, hal. 49-56.

Yan, Li, Huiquin, Li dan Jun, Liu, (2010), "Instantaneous Dynamic Analysis of Frame of Corn Harvester", *Journal of Agricultural Mechanization Research*, Vol. 32, hal. 70-72.

Yanhong, Chen. dan Feng, Zhu., (2011), "The Finite Element Analysis and The Optimization Design of The Yj3128-type Dump Truck's Sub-Frames Based on ANSYS", *Procedia Earth and Planetary Science*, Vol. 2, Hal. 133-138.