

Studi Eksperimen Rancang Bangun Rangka Jenis *Ladder Frame* pada Kendaraan Sport

Noorsakti Wahyudi, S.T., M.T.
Politeknik Negeri Madiun
Madiun, Indonesia
Email : noorsakti@pnm.ac.id

Yoga Ahdiat Fahrudi, S.Pd., M.T.
Politeknik Negeri Madiun
Madiun, Indonesia
Email : yoga_sumonggo@yahoo.com

Abstrak— Permasalahan energi sudah menjadi permasalahan hampir di seluruh negara di dunia termasuk Indonesia. Untuk menanggulangi krisis energi yang berupa bahan bakar tersebut banyak dilakukan riset dan penelitian khusus dalam upaya penghematan pemakaian bahan bakar dengan bereksperimen supaya dapat meningkatkan efisiensi penggunaan bahan bakar. Kendaraan KENDARAAN SPORT salah satunya, KENDARAAN SPORT adalah kendaraan yang menggunakan mesin Vespa 2tak menjadi 4tak sehingga penggunaan bahan bakar lebih efisiensi. Kendaraan KENDARAAN SPORT terdiri dari beberapa system yang saling bekerja. Salah satunya adalah rangka yang merupakan bagian terpenting dalam kendaraan.

Pada pembuatan rangka hal – hal yang perlu diperhatikan adalah kekuatan rangka, jenis dari kendaraan tersebut, karena hal tersebut sangat mempengaruhi dari bentuk rangka nantinya. Proses rangka dilakukan dengan bantuan *Software AutoCAD 2006*. Untuk mengetahui kekuatan rangka perlu dilakukan beberapa pengujian, yaitu pengujian statis dengan diberi beban variasi dan dinamis dengan diberi beban maksimal 150 kg, Pengujian juga dilakukan dengan bantuan *Software Solidworks 2010* untuk mendapatkan data mengenai bagian rangka yang menerima tegangan maksimum. Hasil pengujian pada rangka tidak terjadi deformasi atau perubahan bentuk pada struktur rangka baik dilihat visual dan dengan menggunakan *Software* pada berbagai kondisi diperoleh rangka mampu bekerja dengan baik. Rangka kendaraan *sport* mampu menahan beban 1706,94 N sesuai dengan perhitungan.

Kata kunci: Rangka; Kekuatan; Desain; Software

I. PENDAHULUAN

Kendaraan *sport* dalam penelitian ini adalah suatu rancangan mobil menggunakan mesin 2T yang akan di modifikasi menjadi mesin 4T yang lebih ramah lingkungan, sedangkan pada penggunaan mobil tentunya membutuhkan sebuah rangka yang berfungsi sebagai penompang semua beban yang ada pada kendaraan, untuk sebuah konstruksi rangka itu sendiri harus memiliki kekuatan, ringan dan mempunyai nilai kelenturan.

Rangka merupakan salah satu bagian penting pada mobil yang harus mempunyai konstruksi kuat untuk menahan atau memikul beban kendaraan. Oleh karena itu setiap konstruksi rangka harus mampu untuk menahan semua beban dari kendaraan.

Dalam rancang bangun ini, penyusun akan merancang dan membuat rangka yang kuat namun ringan pada kendaraan sport dengan menggunakan jenis rangka *Ladder Frame*

(rangka tangga/H) karena mudah di desain. Selain itu *Ladder Frame* dapat menyokong kendaraan dan menyediakan dudukan yang kuat dari berat beban dan umumnya berdasarkan kekuatannya. Disini bahan yang digunakan menggunakan pipa kotak (Baja Campuran ST 37 / AISI 1045) dengan spesifikasi lebar 40 mm, tinggi 60, dan tebal 1 mm, karena bahan ini standart yang digunakan. Selain itu bahan tersebut mempunyai sifat yang mudah dilas dan dibentuk. Maka dari itu penyusun memilih bahan pipa kotak (Baja Campuran ST 37 / AISI 1045).

Berdasarkan penjelasan diatas penyusun ingin berperan aktif dalam kendaraan *sport* dengan pembuatan rangka jenis *Ladder Frame*.

Tujuan penelitian dari rancang bangun rangka pada kendaraan *sport* adalah merancang dan membuat rangka yang dapat menahan beban dengan maksimal, serta mengetahui dan menganalisa bagian rangka yang mengalami tegangan tinggi.

Untuk membantu peneliti mempermudah membuat rangka, peneliti memerlukan metode literature. Metode literatur adalah suatu metode untuk mendapatkan suatu data dan informasi yang diambil dari buku-buku bacaan yang materinya berkaitan dengan masalah yang diteliti, atau didapat dari browsing internet. (1)<http://en.wikipedia.org> yang diakses pada 11 Januari 2016 pukul 23.05, (2)<https://sistempemipaan.co.id/jenispipa/> yang diakses pada 11 Januari 2016 pukul 23.55, (3)<http://www.compositesworld.com>, (4)<https://ASTM.co.us>, dan juga beberapa buku yang dijadikan literatur, (5)“Mekanika Teknik”, Sularso – Kyosatsu Koga, Penelitian (6)“Rancang Bangun Rangka pada Electric Race Car”, Politeknik Negeri Madiun, Miftah Chusyairi, 2013. (7)“Diktat elemen mesin”, Agustinus Purna Irawan, 2009. (8)Skripsi “Perancangan Rangka Chasis Mobil Listrik Untuk 4 Penumpang Menggunakan Software Siemens Nx8”, Universitas Negeri Semarang, Ali Sadikin, 2013, (9)Elemen Mesin, Prof. Dr. Ir. DAHMIR DAHLAN M.Sc, (10)Mekanika Kekuatan Material Lanjut, Mhd. Daud Pinem, (11)Mekanika Teknik edisi kedua, ZAINUL ASTAMAR.

II. METODOLOGI

A. Pengertian Rangka Kendaraan

Rangka merupakan salah satu bagian penting pada mobil yang harus mempunyai konstruksi kuat untuk menahan atau memikul beban kendaraan. Semua beban dalam kendaraan baik itu penumpang, mesin, sistem kemudi, dan segala peralatan kenyamanan semuanya diletakkan di atas rangka. Oleh karena itu setiap konstruksi rangka harus mampu untuk menahan semua beban dari kendaraanya.

Rangka adalah suatu struktur yang ujung-ujungnya disambung kaku. Semua batang yang disambung secara kaku harus mampu menahan gaya aksial, gaya normal, dan momen. Oleh karena itu, dibutuhkan material yang kuat untuk memenuhi spesifikasi tersebut. Ada juga beberapa fungsi utama dari rangka, yaitu untuk menahan torsi dari mesin, transmisi, aksi percepatan perlambatan, dan juga menahan kejutan yang diakibatkan bentuk permukaan jalan, untuk meredam dan menyerap energi akibat beban kejut yang diakibatkan benturan dengan benda lain, Sebagai landasan untuk meletakkan komponen kendaraan, untuk menahan getaran dari mesin dan getaran akibat permukaan jalan.

Rangka pada mobil pada umumnya mempunyai konstruksi yang sederhana, terdiri dari bagian yang membujur dan melintang. Bagian yang membujur umumnya mengikat bagian yang melintang agar konstruksi rangka lebih kokoh dan kuat menahan beban.

Agar dapat berfungsi sebagaimana mestinya, rangka harus memenuhi beberapa persyaratan, diantaranya :

1. Kuat dan kokoh, sehingga mampu menopang mesin beserta kelengkapan kendaraan lainnya, menyangga penumpang maupun beban tanpa mengalami kerusakan atau perubahan bentuk.
2. Ringan, sehingga tidak terlalu membebani mesin (meningkatkan efektivitas tenaga yang dihasilkan mesin).
3. Mempunyai nilai kelenturan atau fleksibilitas, yang berfungsi untuk meredam getaran atau guncangan berlebihan yang diakibatkan tenaga yang dihasilkan mesin maupun akibat kondisi jalan yang buruk

B. Perancangan Rangka

Ladder Frame adalah dua batangan panjang yang menyokong kendaraan dan menyediakan dukungan yang kuat dari berat beban dan umumnya berdasarkan desain angkut. Dinamakan demikian karena kemiripannya dengan tangga. *Ladder Frame* adalah yang paling sederhana dan tertua dari semua desain. Ini terdiri hanya dari dua rel simetris, atau balok, dan *crossmembers* menghubungkan mereka.

Ladder frame merupakan *chassis* paling awal yang digunakan sekitar tahun 1960-an, namun sampai sekarang masih banyak kendaraan yang menggunakan *chassis* jenis ini terutama kendaraan jenis SUV. Bahan material yang paling umum untuk jenis *Ladder frame* ini adalah material dengan bahan baja ringan.

Dua batang memanjang tersebut merupakan bagian yang utama untuk menahan beban longitudinal akibat percepatan dan pengereman. Kemudian batang yang melintang hanya menahan agar *chassis* tetap dalam keadaan rigid/kaku.

Disini bahan yang digunakan untuk membuat rangkamenggunakan pipa kotak (Baja Campuran ST 37 /AISI 1045) dengan spesifikasi pipa kotak yaitu lebar 40 mm, tinggi 60 mm, dan tebal 1,4 mm, karena bahan ini standart yang digunakan. Selain itu bahan tersebut mempunyai sifat yang mudah dilas dan dibentuk. Maka dari itu penyusun memilih bahan pipa kotak (Baja Campuran ST 37 / AISI 1045).

Rangka utama dibuat lurus dari depan sampai belakang atau tidak terdapat sambungan sehingga akan didapatkan rangka yang lebih kuat. Kemudian diberi penyesuaian dengan komponen kendaraan.

C. Metode Pembuatan

Untuk melakukan proses pengerjaan Penelitian Rancang Bangun Rangka pada Kendaraan sport maka diperlukan kerangka rencana, alat dan bahan. Alat yang digunakan adalah gerinda, pembengkok pipa, las listrik, busur, mistar baja 30 cm, mistar siku, meteran, tool set, sarung tangan, kacamata las, spidol market, dan masker. Dan bahan yang digunakan untuk membuat rangka adalah pipa kotak 60x40, 40x40, 20x40, pipa bulat 1/2", elektroda, mata gerinda perata, mata gerinda potong.

Untuk Merancang rangka dimulai dengan proses desain rangka menggunakan *Software AutoCAD 2006*. Setelah itu pemilihan bahan menggunakan pipa kotak yang terbuat dari baja campuran ST 37 / AISI 1045. Dan dimulai dengan proses pemotongan bahan, setelah itu bahan dirakit Dan di las menggunakan las listrik. Kemudian setelah rangka utama jadi barulah membuat tempat differential dan penyetelan *shock absorber*, setelah itu pembuatan tempat bantalan poros belakang. Setelah semua selesai di las dan rangka sudah jadi barulah yang terakhir mengecetnya dan merakit komponen komponen untuk menjadi sebuah konstruksi mobil.

III. HASIL DAN ANALISA

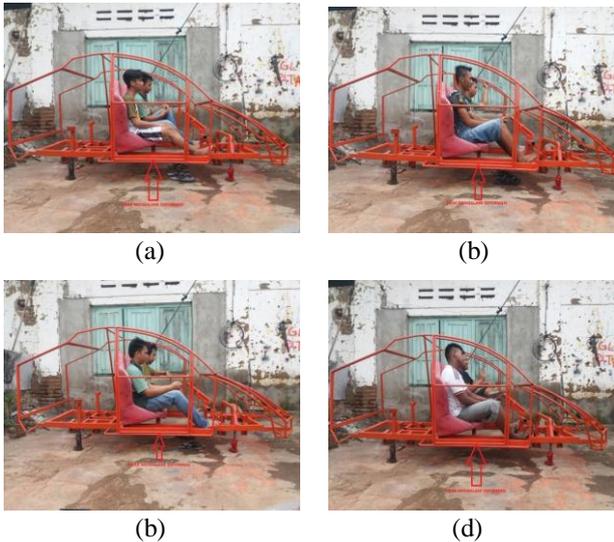
A. Pengujian Statis

Untuk mengetahui kekuatan rangka yang telah di desain maka perlu dilakukan pengujian secara langsung. Yang pertama pengujian statis dilakukan dengan cara memberi beban pada pengemudi dan penumpang secara bervariasi. Dan dilihat secara visual apakah rangka mengalami deformasi bentuk (bengkok, retak, patah) atau tidak.

1. Pengujian pertama dilakukan dengan member beban pengemudi sebesar 50 kg dan penumpang 50 kg, setelah itu di lihat rangka dari depan, samping dan belakang tidak mengalami deformasi (bengkok, retak dan patah).
2. Pengujian kedua dilakukan dengan member beban pengemudi sebesar 50 kg dan penumpang 60 kg,

setelah itu di lihat rangka dari depan, samping dan belakang tidak mengalami deformasi (bengkok, retak dan patah).

3. Pengujian ketiga dilakukan dengan member beban pengemudi sebesar 60 kg dan penumpang 70 kg, setelah itu di lihat rangka dari depan, samping dan belakang tidak mengalami deformasi (bengkok, retak dan patah).
4. Pengujian keempat dilakukan dengan member beban pengemudi sebesar 70 kg dan penumpang 80 kg, setelah itu di lihat rangka dari depan, samping dan belakang tidak mengalami deformasi (bengkok, retak dan patah).



Gambar 1. Pengujian Statis (a)beban 50,50, (b)beban 50,60, (c)beban 60,70, (d)beban 70,80

Tabel 1. Tabel Pengujian Statis

No	Berat pengemudi, penumpang (kg)	Total Berat (kg)	Hasil
1	50,50 = 100kg	191 + 100 = 291kg	Rangka tidak mengalami deformasi bentuk (bengkok, retak,patah)
2	50,60 = 110kg	191 + 110 = 301kg	Rangka tidak mengalami deformasi bentuk (bengkok, retak,patah)
3	60,70 = 130kg	191 + 130 = 321kg	Rangka tidak mengalami deformasi bentuk (bengkok, retak,patah)
4	70,80 = 150kg	191 + 150 = 341kg	Rangka tidak mengalami deformasi bentuk (bengkok, retak,patah)

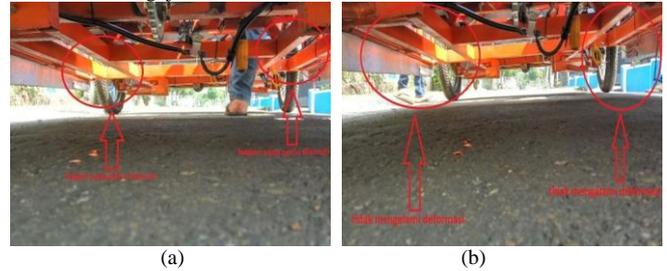
Dari hasil pengujian tersebut dengan beban bervariasi setelah diamati secara visual rangka tidak mengalami deformasi atau perubahan bentuk (bengkok, retak dan patah).

B. Pengujian Dinamis

Pada Pengujian ini, Kendaraan akan diuji pada jalan datar dan jalan bergelombang pada kecepatan maksimal 35 km/jam, dengan beban yang bervariasi.



Gambar 2. Pengujian Dinamis



Gambar 3. (a) rangka sebelum diuji, (b) rangka setelah diuji

Dari pengujian dinamis, mobil dijalankan dengan kecepatan 35km/jam menempuh jarak 3 km dengan berat beban paling maksimal yaitu pengemudi 70 kg dan penumpang 80 kg setelah di amati secara visual rangka yang di uji dinamis di jalan datar tidak mengalami deformasi perubahan bentuk (bengkok, retak, dan patah).

C. Analisa Berat Kendaraan

Berdasarkan hasil penimbangan, berat total dari kendaraan sport 190 kg tanpa penumpang. Berat ini didapat dari beban terpegas (*Sprungmess*) dan beban tak terpegas (*unsprungmess*). Adapun berat komponen-komponen tersebut adalah sebagai berikut :

Tabel 2. *Sprungmess*

No	Nama Komponen	Berat	Jumlah	Berat Total
1	Aki MotoBatt	2kg	2	4 kg
2	Komponen Kemudi	6 kg	1	6 kg
3	Komponen Pengereman	5 kg	1	5 kg
4	Mesin	22,5 kg	1	22,5 kg
5	Transmisi	8 kg	1	8 kg
6	Differential	2,5 kg	1	2,5 kg
7	Poros Belakang	2 kg	2	4 kg
8	Alumunium	2,5 kg	6	15 kg
9	Rantai dan Gear (set)	2,5 kg	2	5 kg
10	Rangka Kendaraan	59 kg	1	59 kg
11	Jok	10 kg	2	20 kg
12	Akrilik	3 kg	1	3 kg
13	Lain-lain	2 kg	-	2 kg
Total				156 kg

Tabel 3. Unsprungmess

No	Nama Komponen	Berat	Jumlah	Berat Total
1	Arm	1,5 kg	6	9 kg
2	Suspensi	1 kg	4	4 kg
3	Roda	5 kg	4	20 kg
4	Disc Brake	0,5 kg	4	2 kg
Total				35 kg

Total berat = Beban terpegas + Beban tak terpegas
 = 156 kg + 35 kg = 191 kg

Dari data diatas dapat ditarik kesimpulan bahwa kendaraan relatif nyaman jika dikendarai, karena jika beban terpegas lebih besar dari beban tak terpegas ,maka kendaraan relatif nyaman. Hal ini juga ditunjang oleh suspensi independen pada setiap roda, sehingga kenyamanan tercipta.

D. Analisa Pembebanan

Sebelum menganalisa, perlu diketahui lebih dulu data tentang berat komponen yang ditumpu oleh rangka. Adapaun komponen-komponen tersebut adalah sebagai berikut :

Tabel 4. Beban yang Diterima Rangka

No	Nama Komponen	Berat	Jumlah	Berat Total
1	Aki MotoBatt	2 kg	2	4 kg
2	Komponen Kemudi	6 kg	1	6 kg
3	Komponen Pengereman	5 kg	1	5 kg
4	Mesin	22,5 kg	1	22,5 kg
5	Transmisi dan Kopling	8 kg	1	8 kg
6	Differential	2,5 kg	1	2,5 kg
7	Poros Belakang	2 kg	2	4 kg
8	Alumunium	2,5 kg	6	15 kg
9	Rantai dan Gear (set)	2,5 kg	2	5 kg
10	Rangka Kendaraan	59 kg	1	59 kg
11	Jok	10 kg	2	20 kg
12	Akrilik	3	1	3 kg
13	Lain-lain	2 kg	-	2 kg
Total				151 kg

Untuk memudahkan perhitungan, maka perlu dikelompokkan terlebih dahulu beban-beban yang terletak pada satu titik pusat. Pengelompokannya adalah sebagai berikut:

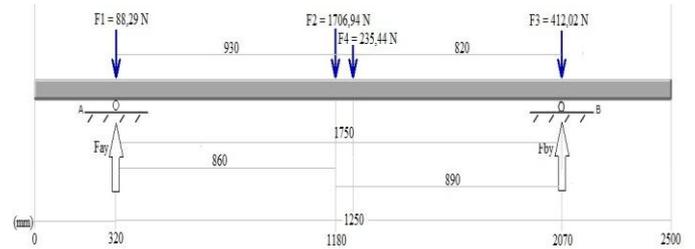
Untuk merubah menjadi satuan gaya, maka dikalikan resultan $g = 9,81m/s^2$.

- F1 = Master rem + komponen kemudi
 = 3 kg + 6 kg = 9 kg x 9,81 = 88,29 N
- F2 = Pengemudi + Aki + Jok
 = 150 kg + 4 kg + 20 kg= 174 x 9,81 = 1706,94 N
- F3 = Mesin + Differential + Poros Belakang + Gear set + transmisi
 = 22,5 kg + 2,5 kg + 4 kg + 5 kg + 8 kg = 42 kg x

$$9,81 = 412,02 \text{ N}$$

$$\begin{aligned} F4 &= \text{Body kendaraan (Alumunium + Akrilik) + lain} \\ &= 18 \text{ kg} + 2 \text{ kg} = 20 \text{ kg} \times 9,81 = 196,2 \text{ N} \times 1,2 \text{ m} \\ &= 235,44 \text{ Nm} \end{aligned}$$

Jika diilustrasikan, maka pembebanan yang diterima oleh rangka kendaran KENDARAAN SPORT adalah sebagai berikut :



Gambar 4. Ilustrasi Pembebanan

$$F_{by} + F_{ay} - F_1 - F_2 - F_3 - F_4 = 0 \quad (1)$$

$$F_{by} + F_{ay} - 88,29 - 1706,94 - 412,02 - 235,44 = 0$$

$$F_{by} + F_{ay} - 2442,69 = 0$$

$$F_{by} + F_{ay} = 2442,69 \text{ N}$$

$$\sum M_a = 0$$

$$F_{by} = \frac{(412,02 \times 1,75) + (1706,94 \times 0,86) + (88,29 \times 0) + (235,44 \times 0,93)}{1,75}$$

$$F_{by} = \frac{721,04 + 1467,97 + 0 + 218,96}{1,75}$$

$$F_{by} = \frac{2407,97}{1,75}$$

$$F_{by} = 1375,98 \text{ N}$$

$$\sum M_b = 0$$

$$F_{ay} = \frac{(88,29 \times 1,75) + (1706,94 \times 0,89) + (412,02 \times 0) + (235,44 \times 0,82)}{1,75}$$

$$F_{ay} = \frac{154,51 + 1519,18 + 0 + 193,06}{1,75}$$

$$F_{ay} = \frac{1866,75}{1,75}$$

$$F_{ay} = 1066,71 \text{ N}$$

$$\begin{aligned} F_{by} + F_{ay} &= 2442,69 \text{ N} \\ 1375,98 + 1066,71 &= 2442,69 \text{ N} \end{aligned}$$

$$2442,69 \text{ N} = 2442,69 \text{ N (terbukti)}$$

Berdasarkan ilustrasi di atas bagian yang menerima beban terbesar adalah bagian titik ke 2 yaitu 1706,94 N.

Maka,

$$F_{\max} = 1706,94 \text{ N}$$

Luas penampang yang dipakai adalah

$$\begin{aligned} A &= A_1 - A_2 \\ &= (40 \times 60) - (37,2 \times 57,2) \\ &= 272,16 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Dari data di atas, dapat dicari tegangan lentur maksimum yang terjadi.

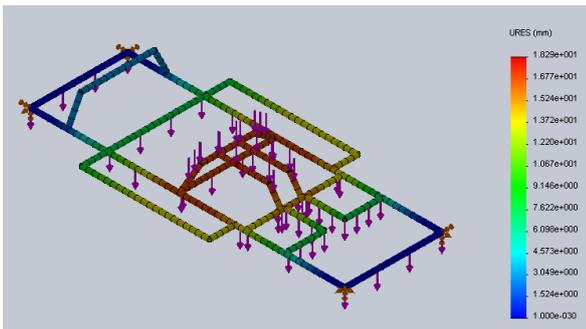
$$\begin{aligned} \sigma_{\max} &= \frac{F_{\max}}{A} \\ &= \frac{1706,94 \text{ N}}{272,16 \text{ mm}^2} \\ &= 6,27 \text{ N/mm}^2 = 0,627 \times 10^7 \text{ N/mm}^2 \end{aligned} \quad (2)$$

$$\begin{aligned} \text{Safety Factor} &= \frac{\text{abahan}}{\text{amax}} \\ &= \frac{27000000 \text{ N/m}^2}{6270000 \text{ N/m}^2} \\ &= 4,31 \end{aligned} \quad (3)$$

Safety factor dianggap aman apabila hasil perhitungan > 1 . Pembuktian aman tidaknya rangka kendaraan didapat dari analisis bagian dan pengujian langsung.

E. Analisa Bagian Rangka yang Menerima Tegangan Tinggi

Untuk mendapatkan data mengenai bagian rangka yang menerima tegangan maksimum, digunakan bantuan dari *software Solidworks 2010*. Berikut hasil pengujian menggunakan *software Solidworks 2010* :



Gambar 5. Pengujian Bagian Kritis dari Rangka

Pada simulasi bagian rangka yang mengalami tegangan paling tinggi adalah bagian yang berwarna orange kemerahan. Bagian tersebut merupakan bagian tengah dari rangka yang menopang beban paling tinggi yaitu 2 buah jok, 2 buah aki, pengemudi dan penumpang dengan berat total 1706,94 N. Bagian tersebut mengalami tegangan paling tinggi namun tidak mengalami deformasi. Dapat disimpulkan bahwa rangka kuat menahan beban yang ada pada kendaraan Sport.

IV. KESIMPULAN

Merancang rangka dimulai dengan proses desain rangka menggunakan *Software AutoCAD 2006* dan simulasi kekuatan rangka pada *Software SolidWorks 2010*. Setelah itu pemilihan bahan yang digunakan rangka pada Kendaraan Sport yaitu menggunakan pipa kotak yang terbuat dari baja campuran ST 37 / AISI 1045. Dan dimulai dengan proses pemotongan bahan, setelah itu bahan dirakit dan di las menggunakan las listrik. Kemudian setelah rangka utama jadi barulah membuat tempat differential dan penyetelan *shock absorber*, setelah itu pembuatan tempat bantalan poros belakang. Setelah semua selesai di las dan rangka sudah jadi barulah yang terakhir mengecetnya dan merakit komponen komponen untuk menjadi sebuah konstruksi mobil.

Untuk mengetahui rangka dapat menahan beban dengan baik dilakukan dengan serangkain pengujian, baik statis maupun dinamis dengan diberi beban yang bervariasi pada penumpang dan pengemudi hingga maksimal 150 kg. Setelah dilakukan proses pengujian rangka dianalisa secara teori yang diketahui beban maksimal yang terjadi adalah 1706,94 N. Beban maksimal ini terjadi pada bagian tengah rangka karena terdapat tempat duduk, aki 2 buah, pengemudi dan penumpang. Selain dengan kedua pengujian tersebut, rangka dianalisa dengan menggunakan *Software SolidWorks* untuk mengetahui tegangan tinggi sehingga pada berbagai kondisi diperoleh rangka mampu menahan beban maksimal sebesar 17062442,69 N. Dan dapat disimpulkan rangka Kendaraan Sport tidak mengalami perubahan bentuk atau deformasi bentuk. Berdasarkan hasil perancangan dan hasil analisis yang telah dilakukan dapat diambil kesimpulan sebagai berikut.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Chusyairi, Miftah. 2013. *Rancang Bangun Rangka pada Electric City Car*. Politeknik Negeri Madiun
- [2] Irawan, Agustinus Purna. 2009. *Diktat Elemen Mesin*. Universitas Tarumanegara.
- [3] PPPDT VEDC MALANG. 2000. *Chasis dan Transmisi*
- [4] Sadikin, Ali. 2013. *Perancangan Rangka Chasis Mobil Listrik Untuk 4 Penumpang Menggunakan Software Siemens Nx8*. Universitas Negeri Semarang
- [5] Sularso & Kiyokatsu Suga. 2004. *Dasar perencanaan dan pemilihan elemen mesin cet II*. Jakarta : Pradnya Paramita
- [6] Anonim, <http://www.en.wikipedia.com> diakses pukul 23.05 WIB tanggal 04 Januari 2015
- [7] Anonim. <http://ASTM.com/> diakses pukul 02.30 WIB tanggal 05 Januari 2015
- [8] Mhd, Pinem Daud. *Mekanika Kekuatan Material Lanjut* hal. 2. :Rekayasa Sains
- [9] Astamar, Zainul. *Mekanika Teknik Edisi Kedua* hal 108. :Erlangga
- [10] Dahlan, Dahmir. *Elemen Mesin* hal. 13. Jakarta: Citra Harta Prima