

## OPTIMASI DESIGN CHASIS KENDARAAN RODA TIGA LISTRIK.

Saiful Anwar

### ABSTRAK

*Chasis* adalah bagian dari suatu kendaraan yang fungsinya sebagai penguat konstruksi bodi kendaraan agar mampu menahan beban kendaraan, komponen lain dan beban impact saat terjadi tabrakan sehingga dapat melindungi pengemudi atau penumpang, tekanan dan tahanan dari system suspensi sebagai penyerap guncangan dan getaran yang timbul akibat kondisi jalan. salah satu kendaraan dengan inovasi dan teknologi terbaru, alat transportasi yang sudah ada sekarang memang sudah cukup maju, tetapi dimensinya berawal dari chasis yang berukuran besar yang mengakibatkan semakin menyempitnya ruas jalan, dan juga konsumsi bahan bakar menjadi boros, dikarenakan masih menggunakan bahan bakar fosil, lalu hal ini mendatangkan masalah yaitu keterbatasan bahan bakar minyak yang mulai menipis, lalu penulis mengoptimasi design chasis kendaraan roda tiga listrik, yang mana dari dimensi chasis ukurannya lebih kecil, yang dapat menghemat konsumsi bahan bakar dan tidak banyak memakan ruas jalan, apalagi sebagai sumber penggerak dari motor listrik, yang dapat menghemat bahan bakar dan bebas polusi, dan diperuntukan hanya dua orang berikut bagasinya, yang roda depan dua roda dan roda belakang satu roda, yang disebut kendaraan roda tiga.

Dalam Tesis ini dirancang sebuah Optimasi design *Chasis* Kendaraan Roda Tiga Listrik dengan menggunakan metode *Scoring*. Perancangan kendaraan listrik ini terfokus pada desain *Chasis* konstruksi rangka dan perhitungan kebutuhan motor listrik yang sesuai sebagai elemen utama kendaraan listrik. Dalam perancangan *Chasis* kendaraan roda tiga listrik terdapat 3 varian dan berdasarkan nilai evaluasi varian yang paling tinggi adalah varian 3 dengan nilai 4,84. Kendaraan roda tiga mempunyai dimensi panjang *Chasis* 2000 mm, lebar 1570 mm, tinggi 1423 mm.

Setelah dilakukan analisa dan pengujian terhadap konstruksi rangka yang menggunakan bahan S 45 C, maka dapat diketahui bahwa konstruksi rangka ini mampu menahan beban sebesar 250 kg. Dan dengan spesifikasi motor listrik 5 kW yang dibutuhkan pun tersedia di pasar, sehingga memungkinkan kendaraan listrik roda tiga ini untuk dikembangkan lebih lanjut.

**Keyword:** *Kendaraan roda tiga listrik, Dc, Motor.*

## 1. PENDAHULUAN

Pertumbuhan populasi kendaraan yang tinggi menjadi penyebab ketersediaan energi tak terbarukan yang kian menipis, hal ini sejalan dengan ekonomi Indonesia semakin baik tetapi justru memunculkan permasalahan baru yaitu kemacetan, polusi udara yang dihasilkan oleh emisi gas buang kendaraan, dan pemborosan waktu selama dijalan, serta boros bahan bakar. "Pertumbuhan kendaraan bermotor tiap tahunnya 11,26 %, sementara

pertambahan luas jalan tiap setahun hanya 0,01 % seluruh Jakarta. Berdasarkan data Dinas Perhubungan DKI Jakarta, jumlah kendaraan Perusahaan Japan (Toyota, Honda, Mitsubishi, Mazda, Audi), South Korea (Kia, Hino, Hyundai, Daewoo), Germany (Mercedes-Benz, BMW, VW), America (Ford, GM), Prancis (Peugeot), Italy (Ferrari) di Jakarta pada tahun 2009, jumlah kendaraan kembali naik menjadi 6,7 juta dengan

rincian 2,4 juta mobil dan 4,3 juta motor. Pada Tahun 2010, peningkatan jumlah kendaraan menembus angka 7,29 juta dengan rincian 2,56 juta mobil dan 4,73 juta motor. Pada Tahun 2011, meningkat lagi jadi 7,34 juta kendaraan, kendaraan roda empat sebesar 2,5 juta. Seperti jenis *Sport, Hatchback, MPV, SUV, coupe, Double Cabin, Commercial, Sedan, Avanza* dan Xenia dan Sebagainya. Tidak heran kalau mobil Avanza, dan Xenia sering kita lihat di jalan. Kelemahan dari mobil yang memiliki dimensi yang besar, pertama: tentu akan memakai ruas jalan yang banyak dan membutuhkan bahan bakar yang banyak, kedua: membutuhkan stamina, dan konsentrasi tinggi, tiga: dapat melelahkan untuk perjalanan jarak jauh maupun dekat. empat: membuat macet, karna dimensinya yang besar, berbeda jika dimensinya lebih kecil.

Salah satu penyebabnya adalah bertambahnya kendaraan roda empat dan dua maka pembakaran BBM (Bahan Bakar Minyak) yang merupakan konsumsi kendaraan terbesar umat manusia di dunia yang dapat mengemisi  $CO_2$  dan memicu pemanasan bumi. *Global Warming* (Pemanasan global) adalah permasalahan yang sedang kita hadapi di dunia saat ini. Dampaknya

memberikan efek yang negatif pada bumi, dengan mulai mencairnya es di Kutub Utara, punahnya spesies hewan dan tumbuhan, juga berakibat pada memburuknya kesehatan manusia. Penggunaan BBM memang belum bisa tergantikan karena belum siapnya energi alternatif, sementara persediannya mulai menipis dan harganya yang melonjak tinggi.

Kendaraan roda empat tidak lepas dari kekurangan, membutuhkan stamina, dan konsentrasi tinggi untuk mengendarinya apalagi semakin banyak roda suatu kendaraan maka tingkat pengendaliannya semakin susah. Kapasitas kendaraan juga tidak banyak ruang dalam kendaraan yang kosong, Kondisi jalan yang macet juga turut membuat pengendara dan penumpang menjadi emosi dan stress. Berbeda halnya dengan sepeda motor kendaraan yang menjadi favorit di Indonesia, yang lincah dan gesit namun kekurangan dari sepeda motor, kurang aman, terkena panas matahari, dan terkena hujan. Jika terjadi kecelakaan, nyawa atau tubuh taruhannya karna berbeda dengan mobil ada pelindungnya, walaupun sudah dilindungi dengan *Helment* tetapi tidak menjamin anggota tubuh yang lainnya terlindungi. Disamping itu banyaknya penggunaan rumah kaca diseluruh dunia, terutama daerah

perkotaan yang paling banyak yaitu lebih dari 70 % energi. Saat ini terutama masyarakat perkotaan sudah peduli lingkungan, dan pemerintah sekarang sedang mengalakan kendaraan yang ramah lingkungan yang sumber penggerakannya dari motor listrik.

Dari uraian masalah diatas tersebut dapat disimpulkan, bahwa perlu dibuat suatu kendaraan kendaraan roda tiga, yang dapat memberikan jawaban atas semua permasalahan diatas, maka penulis merancang suatu kendaraan seperti: kendaran roda tiga yang hemat bahan bakar, yang mana nanti bahan bakarnya dari listrik, bentuk *design chasis* yang sederhana, materialnya ringan (khususnya chasis) tetapi tidak mudah patah, kapasitas muatan mobil, tidak berlebihan yang turut menghemat bahan bakar.

## 2. TEORI CHASIS KENDARAAN

Komponen *chasis* kendaraan adalah komponen kendaraan yang fungsi untuk mendukung pemegang, penahan dari bodi, mesin, kopling, transmisi, *propeller shaft*, pegas, tempat duduk, tempat kedudukan baterai & tangki, semua kabel-kabel listrik, dan bagian lainnya. *chasis*, baik sepeda motor maupun mobil, fungsinya hampir sama.

*Chasis* fungsinya sebagai rangka penguat konstruksi bodi kendaraan agar mampu menahan beban kendaraan dan beban impak saat terjadi tabrakan sehingga dapat melindungi pengemudi/penumpang juga, tekanan dan tahanan dari system suspensi sebagai penyerap guncangan dan getaran yang timbul akibat kondisi jalan.

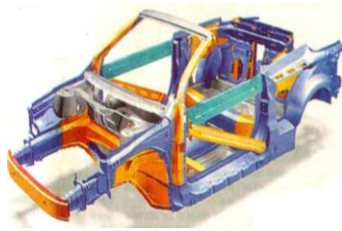


**Gambar 1.** *Chasis* kendaraan

*Chasis* kendaraan dirancang ada dua: ada yang dibuat dipress menyatu dengan lantai dari bodi untuk dijalan rata atau dengan medan yang tidak

## 3. *START*

Langkah apa yang akan dilakukan terlebih dahulu dalam melakukan penelitian ini, dengan mengetahui apa yang dimulai untuk merancang desain *chasis* akan mempermudah pada tahap selanjutnya jadi harus mengetahui *chasis* seperti apa yang akan dibuat, yaitu *chasis monocook*, dan karna ini desain pasti menggunakan *Software Design Pro-Engineering*.



**Gambar 2.** Chasis yang akan di desain

Profil material seperti apa yang dipakai untuk optimasi desain *chasis*, yaitu kotak *hollow*, dan profil material bulat (Pipe atau Tube).



**Gambar 3.** Material kotak *hollow* dan profil material bulat (Pipe atau Tube).



**Gambar 4.** Material bulat Material yang digunakan untuk membuat *chasis* yaitu JIS, S 45 C, yang komposisi baja ini antara lain:

**Tabel 1.** Komposisi kimia JIS S 45 C

| ELEMENT | % wt           |
|---------|----------------|
| C       | 0.42 – 0.5     |
| Mn      | 0.6 - 0.9      |
| P       | 0.04 (max)     |
| Fe      | <i>balance</i> |
| S       | 0.05(max)      |

Sifat Material S 45 C, adalah sebagai berikut:

- Density 7700-8030 (kg/m<sup>3</sup>)
- Young's Modulus 190-210 (GPa)
- Tensile Strength 569 (Mpa) (Standard) 686 (Mpa) (Quenching, Tempering)

- Yield Strength 343 (Mpa) (Standard) 490 (Mpa) (Quenching, Tempering)
- Poisson's ratio 0.27 - 0.30

#### 4. PERANCANGAN KONSEP

Perancangan konsep, rencanakan apa-apa yang didahulukan dan tahapan-tahapan konsepnya seperti apa dalam mendesain *chasis*:

Konsep menjadi 3 bagian, yaitu:

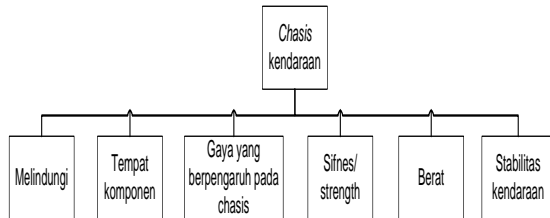
- Konsep dapat didefinisikan sebagai suatu gagasan atau ide yang relative sempurna dan bermakna.
- Konsep merupakan suatu pengertian tentang suatu objek.
- Konsep adalah produk subjektif yang berasal dari cara seseorang membuat pengertian terhadap onjek-objek atau benda-benda melalui pengalamannya.

Mengidentifikasi konsep menjadi 3 bagian, yaitu:

- Konsep proses, menjelaskan mengenai kejadian atau perilaku dan konsekuensi-konsekuensi yang dihasilkan apabila kejadian tersebut terjadi.
- Konsep struktur, menjelaskan mengenai objek, hubungan atau struktur dari berbagai macam.
- Konsep kualitas, menjelaskan mengenai sifat suatu objek atau

proses dan tidak mempunyai eksistensi yang berdiri sendiri.

Berikut ini konsep perancangan *chasis*:



Gambar 5. Konsep perancangan *chasis*

## 5. STRUKTUR FUNGSI

Yang dimaksud dengan struktur fungsi adalah rangkaian dari beberapa fungsi keseluruhan dan mempunyai hubungan antara masukan (*input*) yang diinginkan struktur dapat dinyatakan dalam bentuk aliran energi, material dan sinyal dengan menggunakan diagram balok. Dalam pengertian fungsi terdiri dari unsur berikut:

1. Fungsi keseluruhan.
2. Sub fungsi keseluruhan.

Fungsi keseluruhan dibuat setelah kita menentukan tugas dari bagian yang dirancang secara keseluruhan yang menjalankan tugas secara terperinci. Tahap pertama yang dibuat adalah Desain dari kendaraan roda tiga. Hubungan antara masukan (*input*) dan keluaran (*output*) yang diinginkan. Struktur fungsi dapat dinyatakan dalam bentuk aliran energi, material dan sinyal yang menggunakan

diagram blok. Dalam pengertian fungsi terdiri dari unsur berikut:

1. Fungsi Keseluruhan.
2. Sub Fungsi Keseluruhan.

Fungsi keseluruhan dibuat setelah kita menentukan tugas dari bagian yang dirancang secara keseluruhan yang menjalankan tugas secara terperinci. Tahap pertama yang dibuat adalah mekanisme desain dari kendaraan roda tiga.

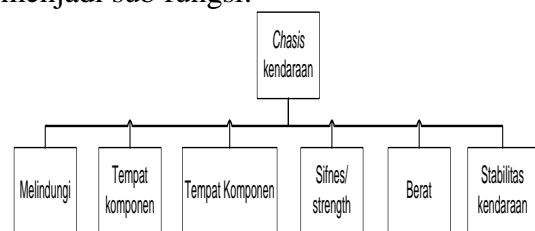


Keterangan :  $\longrightarrow$  = Aliran Energi ----- = Batas Sistem  
 $\rightleftarrows$  = Aliran Material —— = Fungsi  
 $\rightarrow$  = Aliran Sinyal

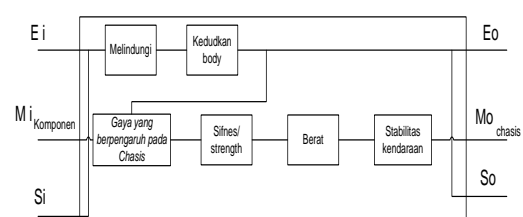
Gambar 6. Fungsi keseluruhan

Kemudian fungsi keseluruhan diuraikan menjadi sub fungsi keseluruhan.

Struktur fungsi keseluruhan yang terdapat pada gambar di atas akan diperjelas dengan menguraikannya menjadi sub fungsi.



Gambar 7. Sub-Fungsi



Gambar 8. Sub fungsi keseluruhan

Keterangan:

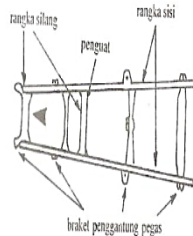
Ei, Eo= Energi Input, Energi Output.

Mi = Kendaraan yang belum diberi *chassis*.

Si,So = Sinyal Input, Sinyal Output.

Mo = Kendaraan yang sudah ada *chassis*.

Bentuk dari *Chassis Monocoock*

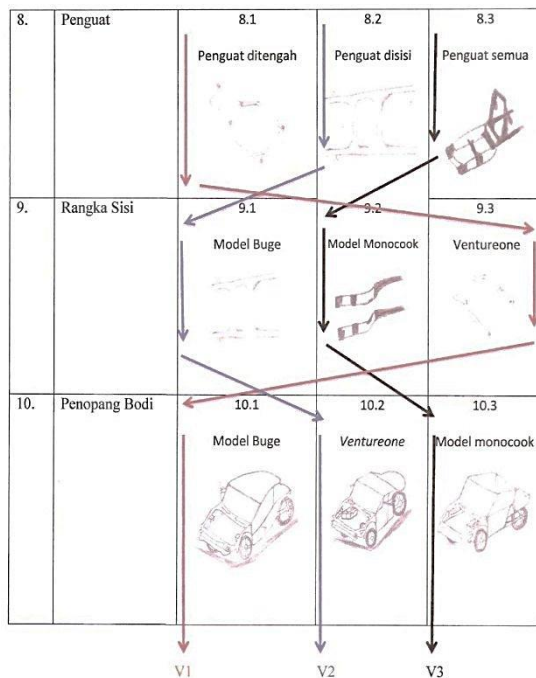


**Fungsi –fungsi komponen dari chassis**

1. Kedudukan baterai fungsinya untuk menahan/dudukan dari baterai.
2. Penopang suspensi depan, fungsinya untuk menopang dari suspensi bagian depan.
3. Penyangga suspensi depan fungsinya untuk menyangga dari suspensi bagian depan.
4. Penopang suspensi belakang, fungsinya untuk menopang dari suspensi bagian belakang.
5. Penyangga suspensi belakang, fungsinya untuk menyangga dari suspensi bagian belakang.
6. penyangga jok pengemudi/penumpang, fungsinya untuk menahan jok pengemudi/penumpang.
7. Rangka silang fungsinya untuk menahan agar rangka tidak bergeser-geser, dan tetap tirus atau mengecil bagian ujungnya.
8. Penguat fungsinya untuk menahan jarak antara kedua sisi agar tetap sama jaraknya.
9. Rangka sisi yaitu pada umumnya *chassis* disusun dua balok memanjang dan dihubungkan dengan balok melintang, yang bagian ini untuk tumpuan komponen lainnya, seperti penguat, rangka silang, *bracket* penggantung pegas.
10. Penopang bodi untuk menopang bodi.

**Tabel 2.** Pemilihan kombinasi prinsip solusi

| NO | SUB FUNGSI                        | SOLUSI 1                     | SOLUSI 2                          | SOLUSI 3                       |
|----|-----------------------------------|------------------------------|-----------------------------------|--------------------------------|
| 1. | Kedudukan Baterai                 | 1.1<br>Baterai dikiri<br>    | 1.2<br>Baterai dibawah<br>        | 1.3<br>Baterai dkanan<br>      |
| 2. | Penopang suspensi depan           | 2.1<br><i>Machperson</i><br> | 2.2<br><i>Double wishbone</i><br> | 2.3<br><i>Machperson L</i><br> |
| 3. | Penyangga suspensi depan          | 3.1<br>Dibelakang<br>        | 3.2<br>Ditengah<br>               | 3.3<br>Disisi<br>              |
| 4. | Penopang suspensi belakang        | 4.1<br>Kiri kanan lebar<br>  | 4.2<br><i>Monoshock</i><br>       | 4.3<br>Kiri kanan biasa<br>    |
| 5. | Penyangga suspensi belakang       | 5.1<br><i>Monoshock</i><br>  | 5.2<br>Dua Penyangga<br>          | 5.3<br>Dua penyangga b<br>     |
| 6. | Kedudukan Jok Pengemudi/penumpang | 6.1<br>Kiri kanan lebar<br>  | 6.2<br><i>Monoshock</i><br>       | 6.3<br>Kiri didibawah<br>      |
| 7. | Rangka Silang                     | 7.1<br>X-ditengah<br>        | 7.2<br>X-ditujung<br>             | 7.3<br>X-sisi<br>              |

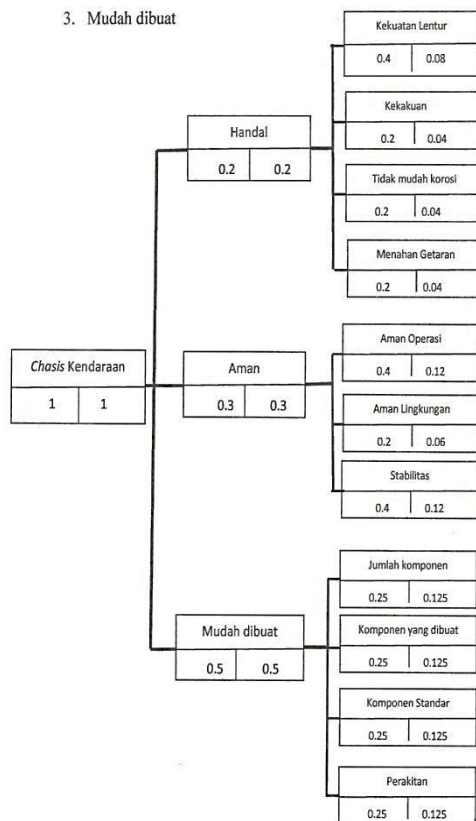


Dari hasil kombinasi prinsip yang terdapat pada tabel di atas dihasilkan varian-varian sebagai berikut :

- Varian 1 : 1.2, 2.1, 3.3, 4.1, 5.2, 6.1, 7.2, 8.1, 9.3, 10.1
- Varian 2 : 1.1, 2.3, 3.2, 4.3, 5.3, 6.3, 7.1, 8.2, 9.1, 10.2
- Varian 3 : 1.3, 2.2, 3.1, 4.2, 5.1, 6.2, 7.3, 8.3, 9.2, 10.3

Untuk menentukan kriteria produk berkualitas *Chassis* kendaraan, dilihat dari

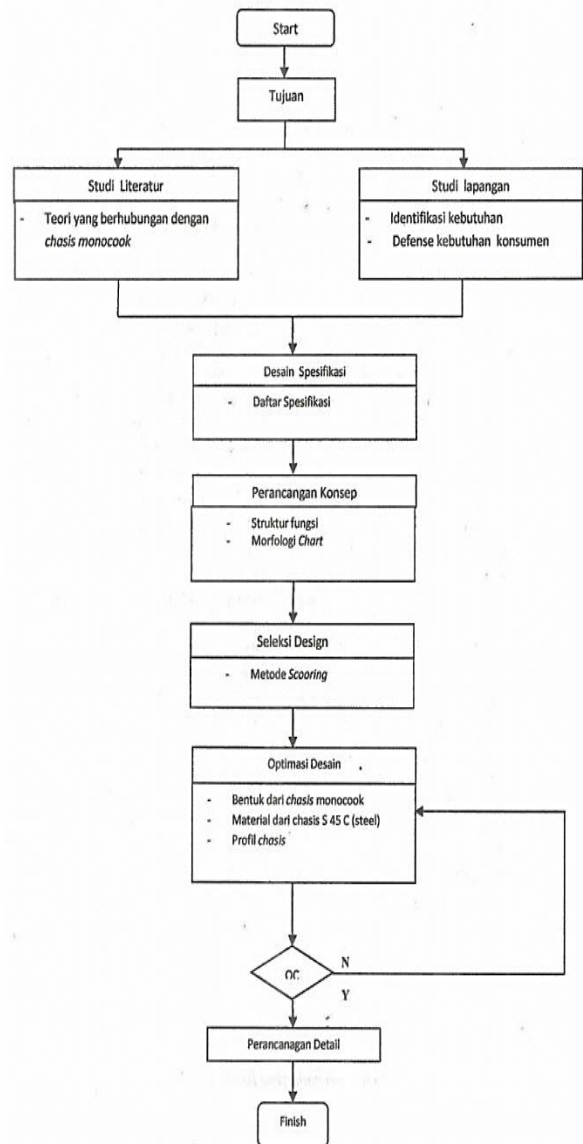
1. Handal
2. Aman
3. Mudah dibuat



Gambar 9. Diagram pohon objektif.

Tabel 3. Pembobotan tiap varian 1, 2,3

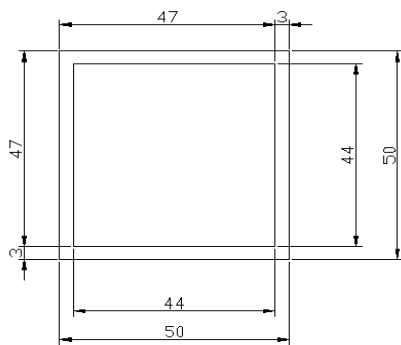
| No.           | Kriteria Evaluasi    | B        | Parameter           | Varian 1      |             |      |
|---------------|----------------------|----------|---------------------|---------------|-------------|------|
|               |                      |          |                     | H             | M           | BM   |
| 1.            | Kekuatan Lentur      | 0.08     | Bentuk              | Baik          | 3           | 0.24 |
| 2.            | Kekakuan             | 0.04     | Bentuk              | Baik          | 3           | 0.12 |
| 3.            | Tidak mudah korosi   | 0.04     | Material dan bentuk | Kurang        | 1           | 0.04 |
| 4.            | Menahan getaran      | 0.04     | Bentuk              | Baik          | 3           | 0.12 |
| 5.            | Aman operasi         | 0.12     | Bentuk              | Baik          | 3           | 0.24 |
| 6.            | Aman Lingkungan      | 0.06     | Bentuk              | Cukup         | 2           | 0.12 |
| 7.            | Stabilitas           | 0.12     | Bentuk              | Cukup         | 2           | 0.24 |
| 8.            | Jumlah Komponen      | 0.125    | Bentuk              | Cukup         | 2           | 0.25 |
| 9.            | Komponen yang dibuat | 0.125    | Bentuk              | Cukup         | 2           | 0.25 |
| 10.           | Komponen Standar     | 0.125    | Bentuk              | Cukup         | 2           | 0.25 |
| 11.           | Perakitan            | 0.125    | Bentuk              | Cukup         | 2           | 0.25 |
| <b>Jumlah</b> |                      | <b>1</b> |                     | <b>Jumlah</b> | <b>2.12</b> |      |



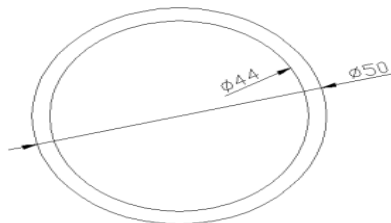
Gambar 10. Skema metode perancangan

## 6. PERHITUNGAN PERANCANGAN

### 1. Konstruksi Rangka



Gambar 11. Profil besi kotak *hollow*

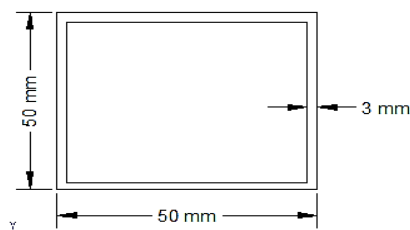


Gambar 12. Profil lingkaran

### 2. Perhitungan Kekuatan besi kotak *hollow*

Pada profil rangka kotak *hollow* menggunakan material S 45 C dengan dimensi 50 mm x 50 mm x 3 mm

#### a. Perhitungan berat keseluruhan rangka Kotak *hollow*.



Gambar 13. Dimensi profil kotak *hollow*

#### b. Perhitungan kesetimbangan pada profil rangka.

Diketahui  $L = 50 \text{ mm} = 0,05 \text{ m}$  ; tebal = 3 mm = 0,003 m

$$Y_1 = 25 \qquad Y_2 = 1,5$$

$$Y_3 = 1,5 + 47 = 48,5 \qquad Y_4 = 25$$

$$Y = \frac{A_1 \times Y_1 + A_2 \times Y_2 + A_3 \times Y_3 + A_4 \times Y_4}{A_1 + A_2 + A_3 + A_4}$$

$$Y = \frac{(120 \times 25) + (102 \times 1,5) + (102 \times 48,5) + (120 \times 25)}{120 + 102 + 102 + 120}$$

$$Y = \frac{3000 + 153 + 4947 + 2400}{444}$$

$$Y = 23$$

$$X_1 = 1,5 \qquad X_2 = 44/2 + 3 = 25$$

$$X_3 = 44/2 + 3 = 25 \qquad X_4 = 1,5 + 44 = 45,5$$

$$X = \frac{A_1 \times X_1 + A_2 \times X_2 + A_3 \times X_3 + A_4 \times X_4}{A_1 + A_2 + A_3 + A_4}$$

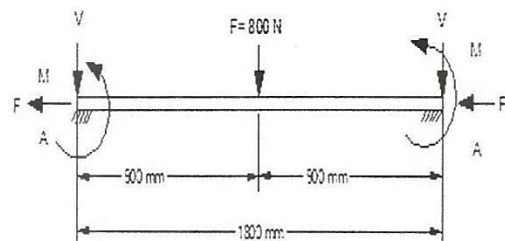
$$X = \frac{(120 \times 1,5) + (102 \times 25) + (102 \times 25) + (120 \times 45,5)}{120 + 102 + 102 + 120}$$

$$X = \frac{180 + 2550 + 2550 + 5460}{444}$$

$$X = 24,189$$

Jadi titik berat pada Kotak *hollow* (24,189)

#### c. Perhitungan momen besi profil kotak.



Gambar 14. Diagram benda bebas

Jika moment diberikan pada sumbu A:

$$M = F \cdot d$$

$$= 800 \times 1800/2$$

$$= 7,2 \times 10^6 \text{ N/mm}$$



**d. Von Mises**

Perhitungan tegangan geser pada profil rangka kotak *hollow*.

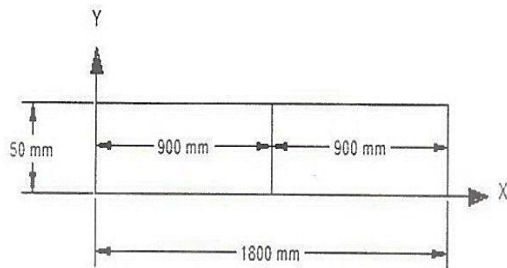
Diketahui  $A = 50 \text{ mm} \times 1800 \text{ mm} = 90000 \text{ mm}^2$

$V = 800 \text{ N}$

$\tau_g = \frac{V}{A}$

$\tau_g = \frac{800 \text{ N}}{90000 \text{ mm}^2}$

$\tau_g = 8,8 \text{ N/mm}^2$



**Gambar 15.** Koordinat momen inersia

$h = 1800 \text{ mm}$  (lebar rangka batang yang ada di sumbu x)

$h/2 = 900 \text{ mm}$  ( $1/2$  dari lebar rangka batang yang ada di sumbu x)

$b = 50 \text{ mm}$  (tinggi dari rangka batang yang ada di sumbu y)

maka untuk pembebanan pada sumbu Y

$$I_y = \int x^3 d.A$$

$$= 1/12 (b)^3 (h)$$

$$= 1/12 (50 \text{ mm})^3 (1800 \text{ mm})$$

$$= 1,875 \times 10^6 \text{ mm}^4$$

Bentuk permukaan rangka

$C = \frac{h}{2}$

$C = \frac{50 \text{ mm}}{2}$

$C = 25 \text{ mm}$

Tegangan permukaan yang terjadi pada rangka batang

$\sigma_t = \frac{M.c}{I}$

$\sigma_t = \frac{7,2 \times 10^6 \text{ N/mm} \cdot 25 \text{ mm}}{1,875 \times 10^6}$

$\sigma_t = 96 \text{ N/m}^2$

Maka didapatkan nilai  $x = 96 \text{ N/m}^2$

Maka untuk tegangan Von Mises maksimum adalah:

$$\sigma_{\max} = \frac{\sigma_x + \sigma_y}{2} + \sqrt{\left(\frac{\sigma_x - \sigma_y}{2}\right)^2 + (\tau_{xy})^2}$$

$\sigma_{\max} = \frac{0 - 96}{2} + \sqrt{\left(\frac{0 - 96}{2}\right)^2 + (8,8)^2}$

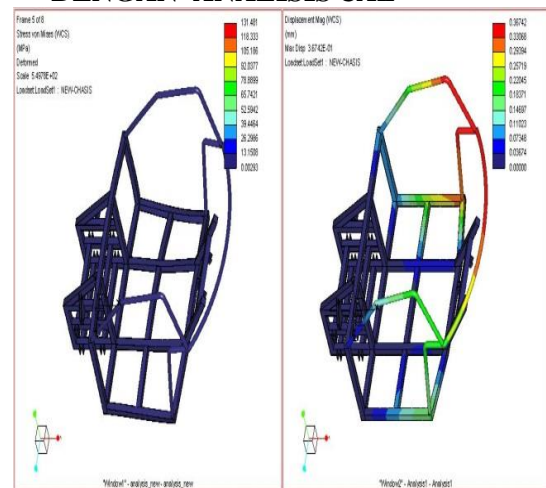
$\sigma_{\max} = 0 + 89,44$

$\sigma_{\max} = 89,44 \text{ N/mm}^2$

dari perhitungan diatas, di dapatkan nilai tegangan Von Mises

maksimum pada rangka kotak *hollow* sebesar  $89,44 \text{ N/mm}^2$

**7. HASIL OPTIMASI DESIGN DENGAN ANALISIS CAE**



**Gambar 16.** Chasis yang sebelah kiri, stress von mises, sebelah kanan displacement

## 8. KESIMPULAN

Dari hasil yang diperoleh selama melakukan perancangan pada *design chasis*, maka didapatkan kesimpulan sebagai berikut:

1. Maka untuk tegangan *Von Mises* maksimum yang didapat pada hitungan manual adalah, pada rangka kotak *hollow* sebesar 89,44 N/mm<sup>2</sup>, sedangkan untuk simulasi menggunakan software pro-engineering yaitu pada rangka kotak *hollow* sebesar 110 N/mm<sup>2</sup>. Tidak begitu jauh hasil perhitungan manual dengan software.
2. Dalam *design* optimasi kendaraan roda tiga motor listrik didapat tiga varian yaitu varian pertama posisi kedudukan baterai berada dibawah posisi jok, varian kedua posisi kedudukan baterai berada dibelakang, dan varian ketiga posisi kedudukan baterai berada disamping kiri.
3. Posisi kemiringan kaca varian pertama pengemudi/pelindung dari serangga, kemiringan rangka chasis 40<sup>0</sup> - 50<sup>0</sup>, sedangkan untuk varian kedua 50<sup>0</sup> - 60<sup>0</sup>, dan varian ketiga, 35<sup>0</sup> - 45<sup>0</sup>, Untuk ketiga varian tersebut diatas varian yang dipilih adalah varian ketiga, karena memiliki *rating* yang tertinggi dengan nilai 4.84 (sesudah dihitung)

4. *Design chasis* varian yang terpilih ini memiliki dimensi panjang= 2000 mm, lebar= 1500 mm, tinggi= 1480 mm - 185 mm (jarak bodi dengan tanah)= 1295 mm.
5. Beban yang ditumpu pada *chasis*:  
Beban yang ditumpu pada kedua roda depan yaitu: 223 kg.  
Beban yang ditumpu pada kedua roda belakang yaitu: 107 kg  
Setelah dilakukan analisa ternyata beban yang terberat berada diposisi depan karena beban yang terbesar berada disana.

## DAFTAR PUSTAKA

- Miranda, Carlos, Jose., *Product Design, Instituto Tecnológico De Estudios Superiores De Monterrey Campus Toluca; Mexico.*, 2004.
- Onwubiko, Chinyere Okechi, *Introduction To Engineering Design Optimization; Upper Saddle River; USA.*, 2000
- Aditia, Pratama, *Perancangan Konsep Kendaraan Listrik Roda Tiga Untuk Penumpang Dua Orang*, Universitas Pancasila; Jakarta., 2013.
- Ginting, Rosnani., *Perancangan Produk*, Graha Ilmu; Candi Gebang Permai Blok R/6, Yogyakarta., 2010.
- Widodo, Djati, Imam., *Perancangan Dan pengembangan Produk*, UII Press; Yogyakarta., 2003.
- Sutantra, Nyoman, Sampurno, Bambang., *Teknologi Otomotif edisi kedua*, Institut Teknologi Sepuluh November; Surabaya., 2010.

- Sato, G, Takeshi. H, Sugiarto, N.,  
*Menggambar Mesin Menurut  
Standar ISO*, Pradnya Paramita;  
Jakarta., 1999.
- Shigley, J. E, Carles, R, Mischik.,  
*Mechanical Engineering Design*,  
McGraw-Hill Book Company.,  
Hill, Inc; USA., 1989.
- Sularso dan Kiyokatsu Suga., *Dasar  
Perencanaan Dan Pemilihan  
Elemen Mesin.*, Pradiya paramita;  
Jakarta., 1997.
- Shigley, J.E & Mitchell, L.D.,  
*Perencanaan Teknik Mesin.*,  
Erlangga; Jakarta., 1983.
- Ulrich, T. Karl., *Perancangan Dan  
Penggembangan Produk.*,  
Salemba Teknik; Jakarta., 2001.
- [www.infokepanjen.com](http://www.infokepanjen.com)., Jam 18.58  
WIB, 07 September 2015