



**PENGEMBANGAN DESAIN *FRAME CHASSIS MICRO CAR* (SUTERA
CAR) UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG**

Skripsi

Diajukan dalam rangka penyelesaian Studi Strata 1

Untuk Menempuh Gelar Sarjana

Oleh:

Nama : Much. Aries Setiawan
NIM : 5201407057
Program Studi : Pendidikan Teknik Mesin S 1
Jurusan : Teknik Mesin

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

2013

PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Saya menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa skripsi saya yang berjudul “Pengembangan Desain *Frame Chassis Micro Car* (Sutera Car) Universitas Negeri Semarang“, disusun berdasarkan hasil penelitian saya dengan arahan dosen pembimbing. Sumber informasi atau kutipan yang berasal atau dikutip dari karya yang diterbitkan telah disebutkan dalam teks dan dicantumkan dalam Daftar Pustaka di bagian akhir skripsi ini. Skripsi ini belum pernah diajukan untuk memperoleh gelar dalam program sejenis di perguruan tinggi manapun.

Semarang, 2013

Much Aries Setiawan

NIM.5201407057

HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh:

Nama : Much. Aries Setiawan
NIM : 5201407057
Program Studi : Pendidikan Teknik Mesin
Judul : Pengembangan Desain *Frame Chassis Micro Car* (Sutera Car)
Universitas Negeri Semarang

Telah dipertahankan di depan Dewan Penguji dan diterima sebagai persyaratan memperoleh gelar Sarjana Pendidikan pada Program Studi Pendidikan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Semarang.

Panitia Ujian

Ketua : Dr. M. Khumaedi, M. Pd. (.....)
NIP. 196209131991021001
Sekretaris : Wahyudi, S.Pd, M.Eng. (.....)
NIP. 198003192005011001

Dewan Penguji

Pembimbing I : Drs. Wirawan Sumbodo, MT (.....)
NIP. 196601051990021001
Pembimbing II : Widi Widayat, ST, MT (.....)
NIP. 197408152000031001
Penguji Utama : Drs. Suratno Margo Sulistyono (.....)
NIP. 194811121973041001
Penguji Pendamping I : Drs. Wirawan Sumbodo, MT (.....)
NIP. 196601051990021001
Penguji Pendamping II : Widi Widayat, ST, MT (.....)
NIP. 197408152000031001

Ditetapkan di Semarang
Tanggal

Mengesahkan
Dekan Fakultas Teknik

Drs. Muhammad Harlanu, M. Pd
NIP. 196602151991021001

ABSTRAK

Setiawan M. Aries, 2013. “*Pengembangan Desain Frame Chassis Micro Car (Sutera Car) Universitas Negeri Semarang*”. Skripsi, Jurusan Pendidikan Teknik Mesin. Fakultas Teknik. Universitas Negeri Semarang

Industri otomotif sekarang ini telah berkembang pesat, hal ini dibuktikan dengan banyaknya jumlah mobil yang ada di jalan raya. Mobil sebagai kendaraan pribadi sangat menguntungkan, terutama dalam hal mobilitas pergerakannya. Masalah keamanan dan kenyamanan alat transportasi tersebut berkaitan erat dengan konstruksi rangka (*frame*) utama kendaraan. Pada penelitian ini *frame chassis* kendaraan *Micro Car* sebagai objek kajian, guna mengetahui simulasi tegangan dan regangan yang terjadi.

Penelitian dilakukan menggunakan metode eksperimental dengan bantuan perangkat lunak (*software*) yang mampu menganalisa karakteristik suatu model. Simulasi dan analisa kekuatan sruktur sebuah kendaraan *Micro Car* dilakukan dengan mengukur geometri *frame chassis* tersebut dan digambarkan melalui perangkat lunak (*software*). *Software* yang digunakan dalam penelitian adalah *AutoCAD* dan *SolidWorks Simulation*.

Dari hasil analisis desain baru diperoleh *von misses stress* sebesar $4.3 \times 10^7 \text{N/m}^2$, *strain* sebesar 1.14×10^{-4} , dan *displacement* 0.29 mm. Tegangan yang terjadi masih berada pada daerah deformasi elastis atau masih berada dibawah *yield strength* material yaitu $3.25 \times 10^8 \text{N/m}^2$. Desain baru memiliki angka keamanan sebesar 7.55 terhadap *fatigue limit* material. Konstruksi desain baru lebih sederhana dari desain yang sudah ada, desain baru mempunyai massa yang lebih rendah yaitu selisih 6.965 kg terhadap desain yang sudah ada dengan persentase 15.99% lebih ringan. Dengan massa yang lebih rendah hal ini juga akan berhubungan dengan biaya produksi desain baru yang lebih murah.

Kata kunci: *Frame chassis Micro Car, AutoCad, SolidWorks*

MOTTO DAN PERSEMBAHAN

- Bila kamu tak tahan lelahnya belajar, maka kamu akan menanggung perihnya kebodohan.
- Jangan pernah merasa hebat dan kuat karena ada satu celah yang akan membuatmu terjatuh.
- Sebagian masa depanmu tergantung dengan siapa kamu bergaul saat ini.
- Sesungguhnya sesudah kesulitan itu, ada kemudahan (QS Alam Nasyrah : 5-6) .
- *You'll Never Walk Alone.*

PERSEMBAHAN

Skripsi kupersembahkan untuk:

1. Bapak dan Ibu atas doa restunya
2. Adek-adekku atas doa dan suportnya
3. Rekan seperjuangan PTM 07
4. Almameterku

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadirat Allah SWT atas segala limpahan rahmat dan hidayahnya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul “Pengembangan Desain *Frame Chassis Micro Car* (Sutera Car) Universitas Negeri Semarang”.

Skripsi ini disusun dalam rangka menyelesaikan studi Strata 1 guna memperoleh gelar Sarjana Pendidikan di Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang. Penulis menyadari bahwa tanpa bantuan dan bimbingan dari pihak penelitian ini tidak akan terlaksana dengan baik. Hal tersebutlah yang mendorong penulis dengan ketulusan dan kerendahan hati ingin menyampaikan ucapan terima kasih kepada:

1. Prof. Dr. Fathur Rokhman, M.Hum., Rektor Universitas Negeri Semarang.
2. Drs. Muhammad Harlanu, M. Pd., Dekan Fakultas Teknik, Universitas Negeri Semarang
3. Dr. M. Khumaedi, M. Pd., Ketua Jurusan Teknik Mesin, Universitas Negeri Semarang
4. Drs. Wirawan Sumbodo, MT, Dosen Pembimbing I yang telah meluangkan waktu untuk memberikan bimbingan, arahan dan motivasi dalam penyusunan skripsi ini.
5. Widi Widayat, ST, MT Dosen pembimbing II, yang juga telah meluangkan waktu untuk memberikan bimbingan, arahan dan motivasi dalam penyusunan skripsi ini.

6. Drs. Suratno Margo Sulistyو Penguji yang telah banyak memberikan saran dan masukan.
7. Keluarga besar mahasiswa Pendidikan Teknik Mesin 2007 yang selalu memberikan semangat.
8. Bapak , Ibu dan keluarga yang senantiasa memberikan dukungan dan doa.
9. Teman-teman yang telah membantu saya dalam skripsi ini.
10. Semua pihak yang telah membantu terlaksananya penyusunan skripsi dari awal hingga akhir tanpa terkecuali.

Atas amal baiknya, penulis telah berusaha sebaik-baiknya dalam menyelesaikan penyusunan skripsi ini, namun apabila masih terdapat kesalahan dan kekurangan itu karena keterbatasan penulis. Akhir kata semoga skripsi ini senantiasa bermanfaat bagi semuanya.

Semarang, Mei 2013

Penyusun

DAFTAR ISI

	Halaman
JUDUL	i
PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI	ii
HALAMAN PENGESAHAN	iii
ABSTRAK	iv
MOTTO DAN PERSEMBAHAN	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xv
BAB I. PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang	1
B. Pembatasan dan Perumusan Masalah	4
1. Pembatasan Masalah	4
2. Perumusan Masalah	4
C. Tujuan Penelitian	4
D. Manfaat Penelitian	5
BAB II. LANDASAN TEORI DAN HIPOTESIS	6
A. Landasan Teori	6
1. <i>Frame Chassis</i> Kendaraan.....	6
2. Jenis <i>Frame Chassis</i>	8
3. Material <i>Frame</i>	11

4. Pembebanan <i>Frame</i> dan Ketebalan Profil <i>Frame</i>	13
5. Sifat Mekanik Bahan	15
6. Perancangan Desain <i>Chassis</i>	16
7. Konsep Tegangan-Regangan	19
8. <i>Solidworks</i>	22
B. Kerangka Berfikir.....	23
BAB III. METODE PENELITIAN	26
A. Desain Penelitian	26
B. Objek Penelitian	26
C. Alat yang digunakan.....	27
D. Metode Pengumpulan Data	27
E. Prosedur Pelaksanaan Penelitian	28
BAB IV. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN	32
A. Dasar-Dasar Perancangan <i>Frame Chassis Micro Car</i> Baru.....	32
B. Perbandingan Kedua Desain <i>Frame Chassis</i>	41
C. Keunggulan Bentuk dan Dimensi <i>Frame Chassis Micro Car</i> Baru.....	42
D. Volume, Massa dan Massa Jenis Struktur.....	43
E. Hasil Pengujian.....	43
1. Desain yang Ada.....	43
2. Desain Baru	45
F. Analisis Kekuatan Las Sudut.....	47
G. Pembahasan	48

BAB V. SIMPULAN DAN SARAN	53
A. Simpulan.....	53
B. Saran.....	54
DAFTAR PUSTAKA	55
LAMPIRAN	56

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
Tabel 1. Tingkatan baja menurut AISI.....	13
Tabel 2. Dimensi <i>Micro Car</i>	19
Tabel 3. Tegangan pada desain.....	28
Tabel 4. Data <i>properties material</i>	29
Tabel 5. Komposisi bahan dari AISI 1015.....	35
Tabel 6. Dimensi <i>Frame Micro Car</i>	42
Tabel 7. Volume, massa dan massa jenis struktur	43
Tabel 8. Tegangan yang terjadi pada desain	47
Tabel 9. <i>Displacement</i> yang terjadi	47

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
Gambar 1. <i>Micro Car UNNES (SUTERA CAR)</i>	1
Gambar 2. Sistem desain dan manufaktur yang terintegrasi.....	3
Gambar 3. Tata letak <i>chassis</i> dan komponen-komponennya.....	7
Gambar 4. <i>Box type frame</i>	8
Gambar 5. . <i>Box type frame</i>	8
Gambar 6. . <i>Box type frame</i> dengan penguat diagonal.....	8
Gambar 7. <i>Box type frame</i> dengan penguat <i>triangular</i> (segitiga).....	9
Gambar 8. <i>Trapezional frame</i>	9
Gambar 9. <i>Central member frame</i>	10
Gambar 10. <i>X-Frame</i>	10
Gambar 11. <i>Integral body and frame</i>	11
Gambar 12. <i>Distributed loads</i>	14
Gambar 13. <i>Enveloping box (wheelbase)</i>	17
Gambar 14. Mobil dengan <i>ground clearance</i> rendah.....	18
Gambar 15. Mobil dengan <i>ground clearance</i> tinggi.....	18

Gambar 16. Dimensi <i>micro car</i>	19
Gambar 17. Tegangan yang bekerja pada suatu bidang.....	20
Gambar 18. <i>Flow chart</i> permodelan dan analisa.....	30
Gambar 19. Alur perancangan <i>frame micro car</i> baru.....	31
Gambar 20. Dimensi <i>micro car</i>	32
Gambar 21. Bentuk dasar <i>chassis</i> secara umum.....	33
Gambar 22. <i>Wheelbase</i> pada <i>micro car</i>	33
Gambar 23. Panjang keseluruhan <i>frame chassis</i>	34
Gambar 24. Lebar keseluruhan <i>frame chassis</i>	34
Gambar 25. Bahan material pada <i>frame chassis</i>	36
Gambar 26. <i>Brancing</i> pada <i>frame chassis</i>	36
Gambar 27. Letak penempatan <i>brancing</i>	37
Gambar 28. Letak penyangga (jig) mesin	37
Gambar 29. Letak tumpuan <i>frame chassis</i>	38
Gambar 30. Pembuatan profil <i>side member</i>	39
Gambar 31. Membuat <i>brancing</i> pada <i>frame chassis</i>	39
Gambar 32. Membuat tumpuan pada <i>Frame chassis</i>	40

Gambar 33. Desain <i>frame chassis micro car</i> yang ada	41
Gambar 34. Desain <i>frame chassis micro car</i> baru	41
Gambar 35. <i>Von mises stress</i> pada desain yang ada.....	43
Gambar 36. <i>Strain</i> pada desain yang ada	44
Gambar 37. <i>Displacement</i> desain yang ada.....	44
Gambar 38. <i>Von mises stress</i> pada desain baru.....	45
Gambar 39. <i>Strain</i> pada desain baru	45
Gambar 40. <i>Displacement</i> pada desain baru	46
Gambar 41. Kekuatan las sudut tampak atas(a), tampak bawah(b).....	47

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 : Data Mass Properties Desain Frame Micro Car yang Ada

Lampiran 2 : Data Mass Properties Desain Frame Micro Car Baru

Lampiran 3 : Tutorial Solidworks Simulation

Lampiran 4 : Data Hasil Pengujian Frame Micro Car Baru

Lampiran 5 : Data Hasil Pengujian Frame Micro Car yang Ada

Lampiran 6 : Gambar Dimensi *Micro Car*

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Kemajuan teknologi dunia industri otomotif saat ini mengalami perkembangan yang sangat pesat, hal ini dilakukan untuk menciptakan kenyamanan dan keamanan bagi penggunanya. Seperti di negara berkembang lainnya, Indonesia berada dalam tahap pertumbuhan urbanisasi yang tinggi akibat laju pertumbuhan ekonomi yang sangat pesat sehingga kebutuhan penduduk untuk melakukan pergerakan pun semakin meningkat. Mobil sebagai kendaraan pribadi sangat menguntungkan, terutama dalam hal mobilitas pergerakannya (Tamin, 2000: 490).

Industri pembuatan dan perakitan kendaraan roda empat dewasa ini tidak hanya diciptakan oleh industri-industri otomotif saja, universitas-universitas di Indonesia pun sudah mampu menciptakan mobil sendiri termasuk Universitas Negeri Semarang yang sudah menghasilkan mobil mini dengan nama *Micro Car*.



Gambar 1. *Micro Car* UNNES (SUTERA CAR)

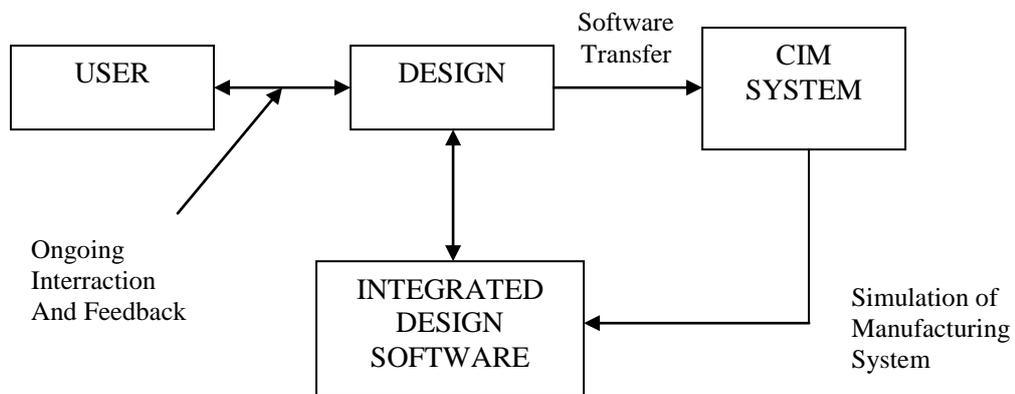
Micro car merupakan mobil mini rancangan Mahasiswa Jurusan Teknik Mesin Universitas Negeri Semarang. Dalam pembuatan *micro car* ini banyak sekali mengalami perubahan, baik itu berupa pengembangan bodi maupun *chassis*. *Micro car* dari sebelumnya beroda tiga mengalami perubahan menjadi beroda empat seperti yang terlihat pada Gambar 1.

Frame chassis micro car jika dilihat dari bentuknya masih memiliki kekurangan dan kelemahan. Pada *frame* tersebut banyak terdapat sambungan pada material bahan yang digunakan sehingga akan mempengaruhi kekuatan dari *frame chassis* tersebut. Selain itu jika dilihat dari proses pembuatan *frame chassis* mengalami kesulitan karena pada sisi samping *frame (side member)* terdapat lekukan yang sulit pembuatannya. Dari kekurangan tersebut maka perlu dilakukan perubahan dari bentuk *frame chassis micro car* lama menjadi bentuk *frame chassis micro car* baru untuk menyempurnakan dari kekurangan-kekurangan yang telah diamati. Perubahan bentuk yang terjadi akan berpengaruh pada material bahan yang digunakan.

Proses desain merupakan langkah awal dari proses manufaktur. Sebagian besar (80%) biaya produksi ditentukan pada proses desain. Proses perakitan biasanya merupakan proses yang paling banyak menghabiskan biaya produksi dan jumlah pekerja (Wahjudi dan San, 1999: 37). Seringkali proses perakitan membutuhkan biaya yang besar karena desain produk yang kurang tepat serta jumlah komponen yang terlalu banyak.

Perkembangan teknologi, khususnya di bidang informatika dan komputer akan berpengaruh terhadap paradigma *product design* dan *manufacturing* (Tjitro, dkk., 2001: 78). Perkembangan teknologi computer khususnya perkembangan

teknologi perangkat lunak memungkinkan aktivitas *product design* dan *manufacturing* dilaksanakan pada level yang sejajar dan terintegrasi satu sama lain. Sehingga diharapkan aktifitas tersebut terintegrasi secara penuh dengan *Computer Integrated Manufacturing (CIM)*.



Gambar 2. Sistem Desain dan Manufaktur yang Terintegrasi
(Tjitro, dkk., 2001: 78)

Mendesain sebuah konstruksi *frame* kendaraan roda empat perlu diperhatikan perilaku struktur jika mengalami pembebanan statis. Dengan menggunakan perhitungan biasa sangatlah sulit untuk mengetahui tegangan- regangan yang terjadi dan kekuatan struktur tersebut. Pengujian karakteristik struktur secara eksperimental di laboratorium juga memerlukan biaya yang tidak sedikit. Oleh karena itu, diperlukan bantuan perangkat lunak (*software*) yang mampu menganalisa karakteristik statis suatu model seperti *software SolidWorks*. Desain struktur komponen dapat dirancang, disimulasikan, dan dianalisis dengan bantuan *software SolidWorks*. Dengan adanya *software* ini desain untuk membuat suatu produk dapat dikontrol dengan baik sehingga diharapkan kualitas hasil produk akan lebih baik dan biaya produksi dapat ditekan seminimal mungkin dengan mengurangi kerugian akibat *trial and error*.

B. Pembatasan dan Perumusan Masalah

1. Pembatasan Masalah

Permasalahan dalam penelitian ini supaya menjadi jelas dan tidak menyimpang dari tujuan yang telah ditetapkan maka peneliti perlu membatasi masalah yang diangkat. Batasan masalah dalam penelitian ini adalah:

- a. Desain yang dikembangkan menggunakan *Software SolidWorks*.
- b. Pendesainan *frame chassis micro car* berdasarkan penganalisaan kekuatan dari *frame*.
- c. Untuk menguji desain *frame chassis micro car* menggunakan *Software SolidWorks*.

2. Perumusan Masalah

Perumusan masalah merupakan gambaran secara umum tentang ruang lingkup penelitian berdasarkan latar belakang masalah dan identifikasi masalah. Dalam penelitian ini rumusan masalahnya adalah sebagai berikut:

- a. Bagaimana membuat desain baru *frame chassis micro car*?
- b. Berapa besar kekuatan bahan, pembebanan statis dan tegangan-regangan pada *frame chassis micro car* baru?

C. Tujuan Penelitian

Sesuai dengan permasalahan yang akan diteliti seperti dirumuskan di atas, maka tujuan yang hendak dicapai dalam penelitian ini adalah:

1. Untuk mendapatkan desain baru *frame chassis micro car*.
2. Untuk mengetahui kekuatan bahan, pembebanan statis dan tegangan-regangan yang terjadi pada *frame chassis micro car*.

D. Manfaat Penelitian

Dengan penelitian ini penulis mempunyai harapan akan diperoleh manfaat sebagai berikut:

1. Mendapatkan desain *frame chassis* baru.
2. Memaksimalkan fungsi dari *frame chassis micro car* sebagai penopang bodi dan beban yang diterima.
3. Menghasilkan *frame chassis micro car* yang aman bagi penggunanya.

BAB II

LANDASAN TEORI DAN HIPOTESIS

A. Landasan Teori

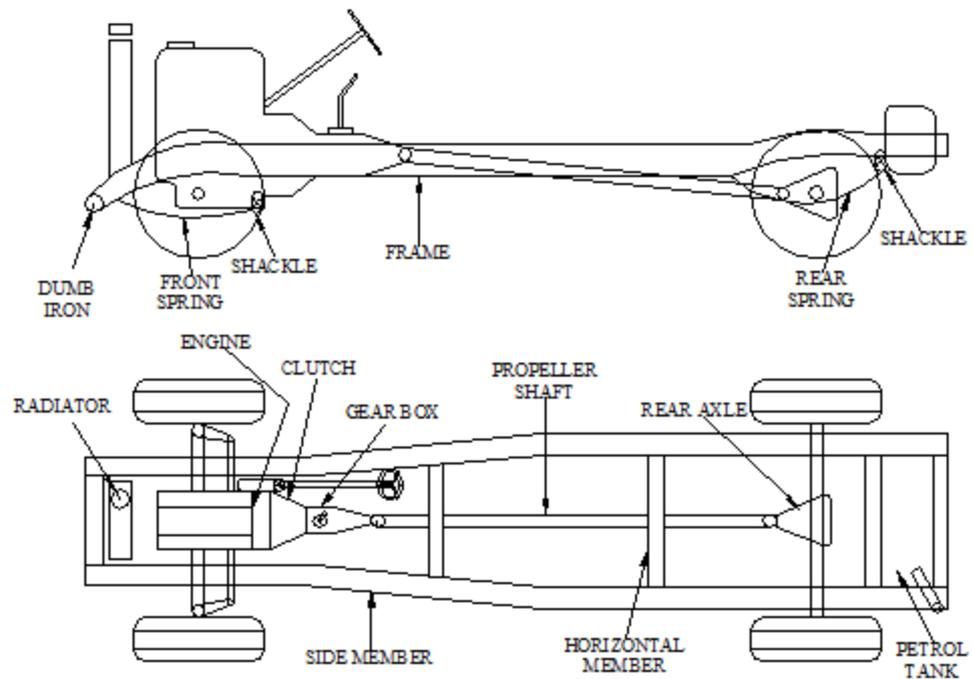
1. *Frame Chassis* Kendaraan

Frame adalah suatu struktur yang ujung-ujungnya disambung kaku (las atau baut lebih dari satu). Semua batang yang disambung secara kaku (jepit) mampu menahan gaya aksial, gaya normal, dan momen. Elemen *frame* merupakan elemen dua dimensi dan kombinasi antara elemen *truss* dan *beam*, sehingga ada tiga macam simpangan pada setiap titik nodal yaitu simpangan horisontal, vertikal dan rotasi. Oleh karena itu, dibutuhkan material yang kuat untuk memenuhi spesifikasi tersebut.

Daryanto (2005: 318) menjelaskan bahwa untuk membuat rangka harus dapat memenuhi persyaratan sebagai berikut:

- a. Konstruksi harus kuat, dapat menahan terhadap beban yang berat, misalnya pada saat kendaraan menolak, menarik dan saat kendaraan direm, saat ini terjadi beban-beban yang bergerak.
- b. Harus kuat dan kaku yang mana pada waktu kendaraan berjalan, karoseri (bodi) tidak dapat berpindah tempat dari tempat kedudukannya pada rangka.

Frame merupakan tempat menempelnya semua komponen kendaraan. *Frame* dibuat dengan konstruksi yang kuat, berguna untuk mengangkut muatan, dan berfungsi untuk menempatkan instrumen dengan posisi yang menunjang komponen lain, serta terhadap getaran yang diterima dari kondisi jalan (Suprptono dan Suwahyo, 2008 : 15).



Gambar 3. Tata letak *chassis* dan komponen-komponennya

Komponen utama dari *chassis* adalah:

- a. *Frame* atau bingkai: terdiri dari dua bagian sisi yang saling berhubungan, yang mana sisi-sisi tersebut dihubungkan dengan material menyilang atau horizontal agar menjadi satu kesatuan.
- b. Mesin atau pembangkit tenaga: merupakan sumber tenaga penggerak.
- c. *Clutch* atau penghubung: menghubungkan dan memutuskan tenaga dari mesin/motor keroda pada sistem transmisi.
- d. *Gear box*.
- e. *Propeller shaft*.
- f. *Differential*.

Posisi mesin, roda-roda penggerak dan transmisi direncanakan tergantung pada letak posisi mesin dan roda yang digerakkan (Daryanto, 2005 : 1):

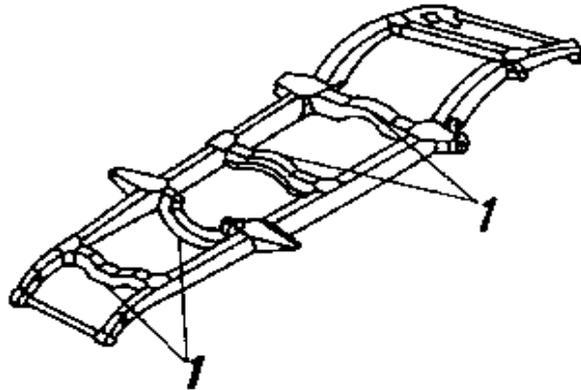
- a. Posisi mesin di depan kendaraan dan penggerak rodanya di belakang.

- b. Posisi mesin di depan dan penggerak rodanya di depan (*front wheel drive*).
- c. Posisi mesin di belakang kendaraan dan penggeraknya di belakang (*rear end drive*).

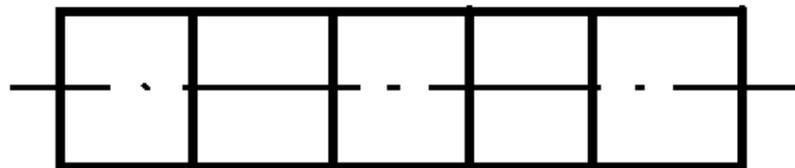
2. Jenis *Frame Chassis*

a. *Box Type Frame*

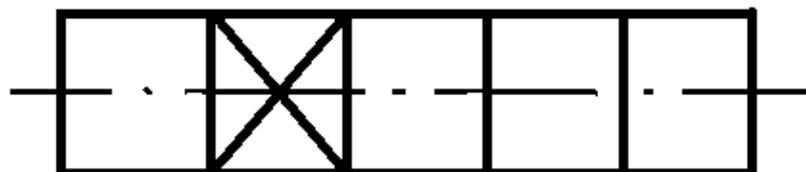
Tipe *frame* ini jika dilihat dari atas berbentuk persegi panjang sehingga dinamakan *box type frame*. ditinjau dari bentuk (penguat/penahannya) dibedakan menjadi tiga macam, yaitu *cross bracing*, *diagonal bracing*, dan *triangular bracing*.



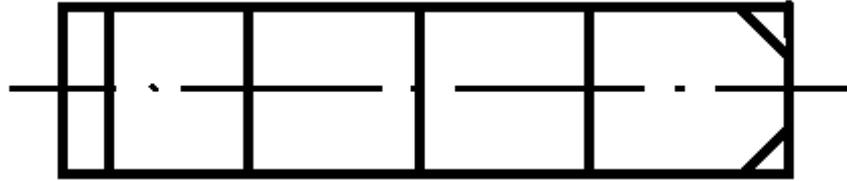
Gambar 4. *Box type frame*, (1) letak komponen *chassis*



Gambar 5. *Box type frame*



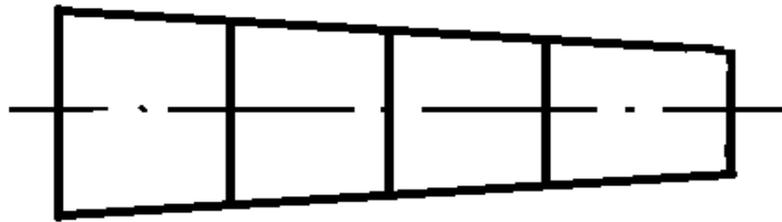
Gambar 6. *Box type frame* dengan penguat diagonal



Gambar 7. *Box type frame* dengan penguat *triangular* (segitiga)

b. *Trapezoidal Frame.*

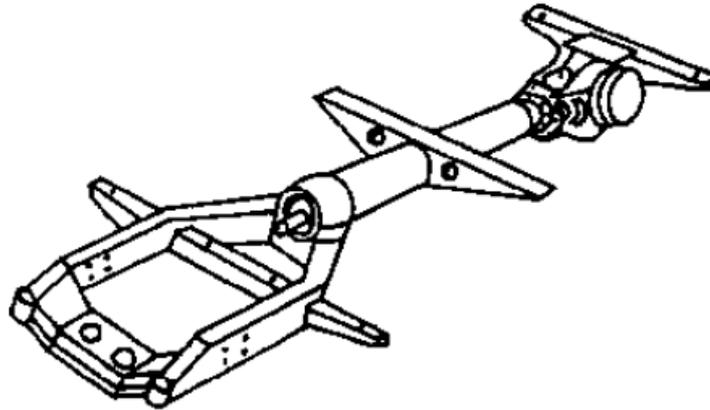
Frame bentuk trapesium adalah suatu konstruksi yang berbentuk trapesium simetris jika dilihat dari kedua bagian sisi yang saling menguatkan. Jenis *frame* ini biasanya dibuat dari plat baja yang berbentuk profil U terbuka.



Gambar 8. *Trapezoidal frame*

c. *Central Member Frame.*

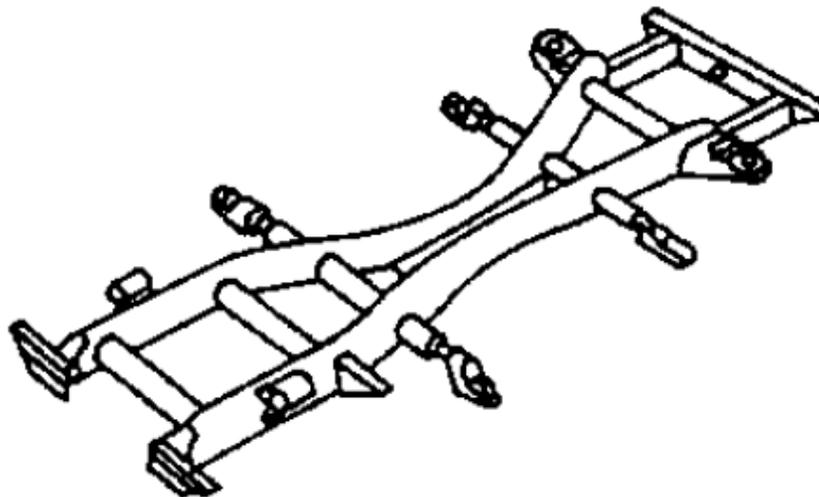
Merupakan *frame* yang salah satu material *frame* terletak di tengah dan berbentuk memanjang. Jenis *frame* ini berbeda dengan jenis *frame* lainnya karena beban yang diterima pada *frame* terletak di tengah. *Frame* ini biasanya terbuat dari material yang berbentuk pipa atau segi empat yang terdapat percabangan pada bagian depan (*engine* dan *steering*) dan berakhir pada bagian *gearbox* belakang. Tipe *center member frame* sebagian besar digunakan dalam pembuatan kendaraan sarana angkut barang.



Gambar 9. *Central member frame*

d. *X-Frame*.

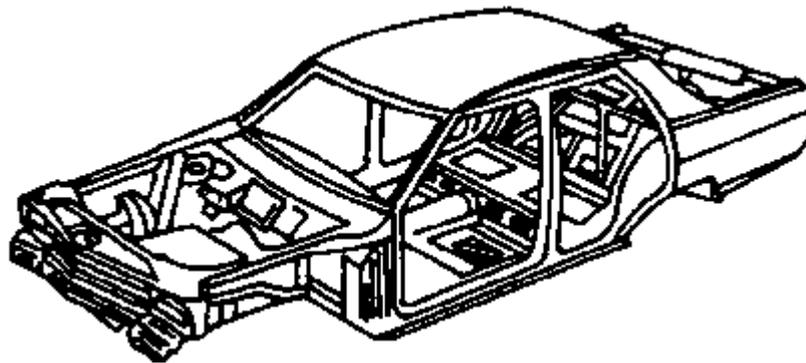
X-frame terdiri dari dua anggota sisi (*side frame*) yang dibentuk dari material berbentuk pipa, oval atau segi empat. *Frame* ini dirancang dengan cara kedua bagian sisi membengkok kearah bagian sisi yang berseberangan pada bagian tengah *frame* sehingga jarak antar kedua sisi setelah dibengkokkan hanya berjarak beberapa centimeter. Ketika dipandang dari atas maka akan terlihat bahwa *frame* terlihat berbentuk X.



Gambar 10. *X-Frame*

e. *Integral Body and Frame.*

Integral body and frame bukan merupakan satu kesatuan antara *body* dan *frame* yang dibuat bersamaan, melainkan dibentuk guna memperkuat bagian-bagian dari bodi itu sendiri. Karena alasan itulah maka bodi jenis ini hanya cocok digunakan sebagaimana fungsinya yaitu sebagai kendaraan kokoh dan kuat (*light weight construction*).



Gambar 11. *Integral bodi and frame*

Dari berbagai macam jenis tipe *chassis* seperti pada Gambar 11 tentu dalam penggunaannya akan menyesuaikan dengan fungsi kendaraan yang akan dibuat. Misalnya kendaraan yang akan digunakan untuk mobil penumpang dengan truk jelas berbeda karena dilihat dari fungsi dan kegunaannya. Perbedaannya terlihat dari jenis material yang digunakan dan bentuknya.

3. Material *Frame*

Sepanjang sejarah, *frame* kendaraan telah dibangun dari material yang berat dan kuat yaitu baja (*steel*). Material ini tentu saja menyebabkan *frame* menjadi berat dan biaya produksinya relatif mahal. Pada tahun 1970an digunakan baja paduan (*alloy steel*,) yang mana material tersebut yang lebih

mampu menyediakan *frame* yang lebih ringan dan murah. Kemajuan dalam teknologi pada tahun 1990an mendorong penggunaan bahan *frame* yang lebih kuat. Bahan ini dibuat dari gabungan dari serabut struktural seperti karbon dan disebut komposit.

Analisis ini menitikberatkan pada analisis desain *frame* yang diteliti. Adapun material *frame* diasumsikan sama antara *frame chassis* lama dan baru. Material yang dipilih dalam memdesain *frame* adalah baja. Baja merupakan salah satu bahan yang paling banyak dipakai sebagai bahan industri yang merupakan sumber yang sangat besar, dimana sebagian ditentukan oleh nilai ekonominya, tetapi yang paling penting karena sifat-sifatnya yang bervariasi (Surdia dan Saito, 2000 : 69).

Berbagai macam jenis baja ditentukan berdasarkan pada unsur karbon yang terkandung pada suatu material tersebut. Pengklasifikasian baja terbagi dalam tiga klasifikasi yaitu: *low carbon steel* dengan kandungan unsur karbon 0%–0,25%, *medium carbon steel* dengan kandungan unsur karbon 0,25%–0,55% dan *high carbon steel* dengan kandungan unsur karbon di atas 0,55 %.

Menurut AISI (*American Iron and Steel Institute*), baja memiliki kandungan berat maksimal unsur karbon 1%, unsur tembaga 0,6%, unsur mangan 1,65%, unsur fosfor 0,4%, unsur silikon 0,6% dan unsur fosfor 0,05%. AISI membuat kode tersendiri bagi baja karbon. Kode tersebut terdiri dari empat digit angka. Dua digit angka pertama menandakan tingkatan dari baja, sedangkan dua digit terakhir menunjukkan jumlah karbon yang terkandung dalam paduan dalam seperseratus persen.

Tabel 1. Tingkatan baja menurut AISI

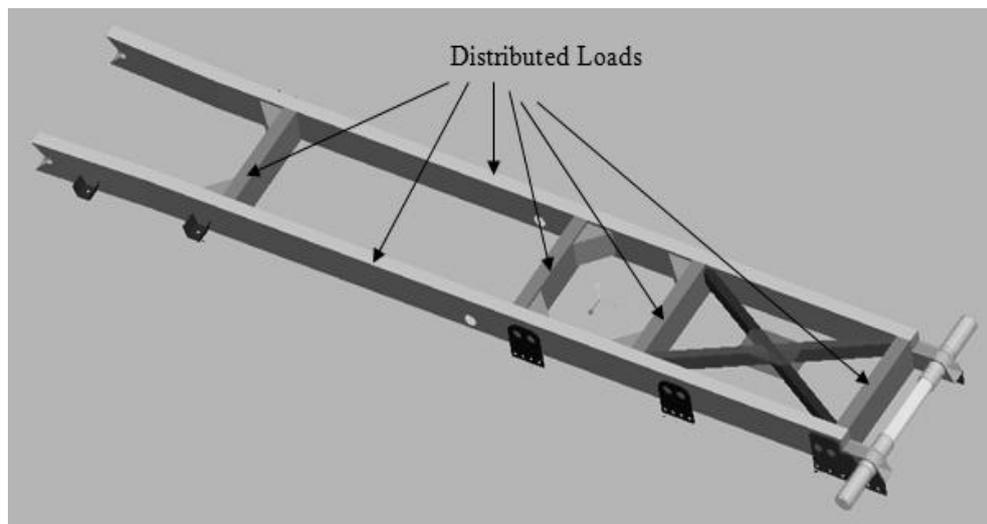
AISI	10	60	XX : 0,XX% jumlah kandungan karbon
	10		: <i>Nonresulfurized grades</i>
	11		: <i>Resulfurized grades</i>
	12		: <i>Resulfurized and rephosphorized grades</i>
	15		: <i>Nonresulfurized grades; max kandungan Mn > 1%</i>

Baja karbon rendah (AISI 1005-1026, 1108-1119, 1211-1215 dan 1513-1527) terdiri dari sedikit karbon dibandingkan baja karbon yang lain dan sangat mudah untuk dibentuk. Baja karbon sedang (AISI 1029-1053, 1137-1151 dan 1541-1552) dapat diperlakukan panas untuk mendapatkan keseimbangan dari keliatan dan kekerasan. Baja karbon tinggi (AISI 1055-1095, 1137-1151 dan 1561-1572) sangat baik untuk perlakuan panas dan memiliki umur yang lebih panjang karena mempunyai ketahanan aus yang lebih tinggi dan permukaan yang sangat keras dibandingkan dengan baja karbon yang lain. Namun demikian, material yang dipilih sebagai bahan *frame chassis* adalah baja karbon rendah. Baja karbon rendah yang dipilih adalah AISI 1015 karena mudah dibentuk dan memiliki berat jenis yang relatif rendah.

4. Pembebanan *Frame* dan Ketebalan Profil *Frame*

Beban yang diberikan dan ketebalan profil pada *frame chassis* memiliki keterkaitan yang sangat penting dalam mendesain sebuah *chassis* kendaraan. Semakin besar beban yang diterima maka akan memerlukan bentuk profil yang tebal atau besar agar material yang digunakan tidak mengalami kelelahan.

Yilmazcobain dan Kahraman (2011: 1) telah meneliti mengenai pengaruh ketebalan struktur profil *frame chassis* kendaraan. Pengoptimalan dari ketebalan struktur profil akan dapat memaksimalkan kemampuan dari profil untuk dapat menopang beban yang diberikan pada *frame chassis*. Kendaraan transportasi dengan daya angkut yang besar tidak harus menggunakan material profil yang tebal karena dapat menjadikan biaya produksi menjadi lebih mahal.



Gambar 12. *Distributed Loads*

Pada penelitian tersebut dilakukan pembebanan dengan menggunakan tiga variasi ketebalan profil *frame chassis*, yaitu 6mm, 5mm, dan 4mm. Sedangkan beban yang diberikan pada *chassis* adalah 156.96kN (16t). Hasil yang didapat dari pengujian tersebut berupa *von-misses stresses* (tegangan), *strain* (tekanan) dan *total displacement* (perubahan bentuk).

Hal yang sama juga akan dilakukan pada pembuatan desain *frame chassis micro car* karena kekuatan dari *frame* tergantung dari kekuatan dan material *side profil* yang digunakan. Hubungan antara beban dan ketebalan

dapat dilihat dari kemampuan dari *frame* menopang beban yang ada di atasnya. Beban yang diterima akan mengenai seluruh permukaan atas dari *frame*. Semakin tebal profilnya maka semakin besar kemampuannya untuk dapat menopang beban yang dibebankan. Akan tetapi dengan semakin tebalnya profil maka akan semakin mahal biaya yang dikeluarkan untuk membuat *frame chassis*. Dengan demikian untuk dapat memaksimalkan kemampuan beban yang akan ditopang maka perlu dilakukan pengujian struktur.

Dengan pemberian beban yang sama pada tiap-tiap perubahan ketebalan profil *chassis* diperoleh hasil dari perbandingan dari tiap-tiap ketebalan. Hasil dari analisis dari pengujian diperoleh hasil berupa *max stress* (tekanan), *max strain* (tegangan), *total displacement* (perubahan bentuk).

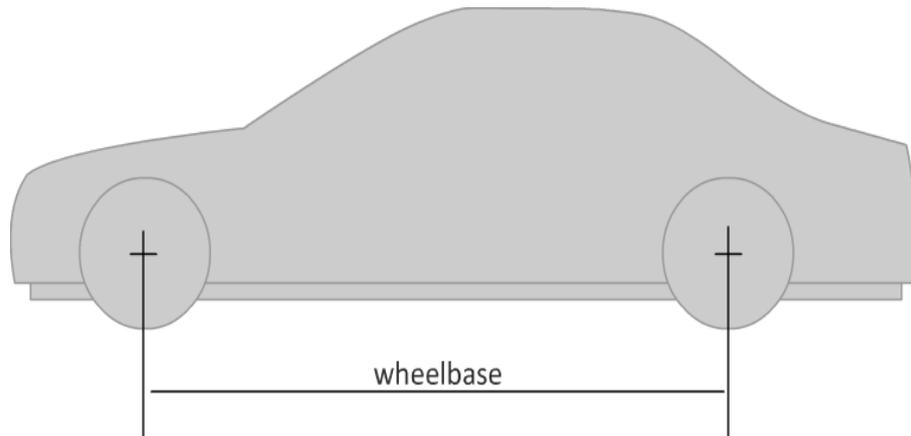
5. Sifat Mekanik Bahan

Dalam memilih material logam untuk pembuatan *frame chassis* yang harus diperhatikan adalah sifat-sifat material, antara lain kekuatan (*strength*), keliatan (*ductility*), kekerasan (*hardness*), dan kekuatan lelah (*fatigue strength*). Sifat mekanik material didefinisikan sebagai ukuran kemampuan material untuk menahan gaya atau tegangan. Pada saat menahan beban, struktur molekul berada dalam keseimbangan. Gaya luar pada proses penarikan tekanan, pemotongan, penempaan, pengecoran dan pembengkokan mengakibatkan material mengalami tegangan. Apabila material mendapat gaya atau tekanan yang besar dari luar maka akan menghasilkan perubahan bentuk (*deformation*) yang diakibatkan dari gaya yang terlalu besar.

Salah satu jenis bahan yang digunakan dalam struktur yaitu bahan *isotropis*. Bahan ini memiliki sifat elastisitas sama ke semua arah. Sehingga untuk analisis struktur, bahan ini akan lebih mudah dalam penganalisaannya karena dapat berubah dimensinya. Selain memiliki sifat elastis, material bahan juga memiliki sifat perubahan bentuk (*deformation*). Pada prinsipnya beban terhadap benda terdeformasi (*deformable body*) adalah suatu gaya yang melakukan aksi terhadap benda padat sehingga terjadi pengaruh akhir (*causative influences*) yang terjadi pada benda yang menyebabkan terjadinya deformasi. Selama deformasi, bahan menyerap energi sebagai akibat adanya gaya yang bekerja sepanjang deformasi. Sekecil apapun gaya yang bekerja, benda akan dapat mengalami perubahan bentuk dan ukuran pada luasan benda yang mendapatkan perlakuan gaya. Deformasi ada dua macam, yaitu deformasi elastis dan deformasi plastis. Deformasi elastis adalah deformasi yang terjadi akibat adanya beban yang jika beban ditiadakan, maka material akan kembali seperti ukuran dan bentuk semula, sedangkan deformasi plastis adalah deformasi yang bersifat permanen jika bebannya dilepas yaitu perubahan bentuk yang terjadi akan sama ketika beban diberikan dan kemudian dilepaskan.

6. Perancangan Desain *Chassis*

Alternatif untuk merancang sebuah bentuk baru dapat ditempuh dengan mengawali sebuah bentuk yang primitif, dimana bentuk tersebut hanya mewakili dimensi utama dari mobil itu sendiri yang biasanya disebut dengan *enveloping box* berisi ukuran panjang keseluruhan, tinggi keseluruhan, lebar keseluruhan dan *wheel base*.



Gambar 13. *Enveloping box (wheelbase)*

Setelah mengetahui dimensi *enveloping box* selanjutnya dirancang spesifikasi kendaraan yang akan dibuat. Spesifikasi kendaraan yang dibuat harus sesuai dengan jenis kendaraan apa yang akan dirancang, apakah akan dibuat kendaraan penumpang atau barang. Untuk kendaraan penumpang sendiri terdapat beberapa jenis seperti mobil *sport*, *sedan*, *off-road*, *city car*, dan SUV (kendaraan segala medan). Selain dilihat dari kegunaannya juga perlu diperhatikan medan jalan yang dilalui oleh kendaraan tersebut, apakah kendaraan tersebut akan digunakan di jalan beraspal atau medan berat (tanah/bebatuan) sehingga dalam proses pembuatannya tidak terjadi kesalahan.

Salah satu faktor penting dalam perancangan *frame chassis* adalah penentuan tinggi kendaraan (*ground clearance*) yang merupakan jarak antara dasar sebuah mobil (ban) dan bagian bawah (*chassis*) kendaraan. *Ground clearance* diukur dengan aturan standar tertentu, ada yang diukur ketika diberikan beban dan diukur ketika tanpa beban. Pada mobil pengukurannya dilakukan ketika tidak ada muatan atau penumpang di dalamnya.

Dalam penentuan karakteristik dari kendaraan variasi *ground clearance* menentukan besarnya kemampuan mobil dalam menangani medan, *handling*, dan sifat aerodinamis. *Ground clearance* yang tinggi menyebabkan pusat massa dari kendaraan menjadi semakin jauh dari permukaan tanah sehingga kemungkinan untuk terjadi *rollover* (terguling) semakin tinggi. Namun kendaraan dengan *ground clearance* yang tinggi mampu melewati jalan yang tidak rata tanpa merusak *chassis*. *Ground clearance* yang rendah menjadikan kendaraan memiliki karakteristik aerodinamis yang baik sehingga mampu bergerak di jalan yang datar dengan kecepatan tinggi dan minim gesekan dengan udara. Inilah sebabnya mengapa mobil *sport* biasanya memiliki jarak yang sangat rendah, sementara kendaraan *off-road* dan SUV memiliki yang lebih tinggi.



Gambar 14. Mobil dengan *ground clearance* rendah



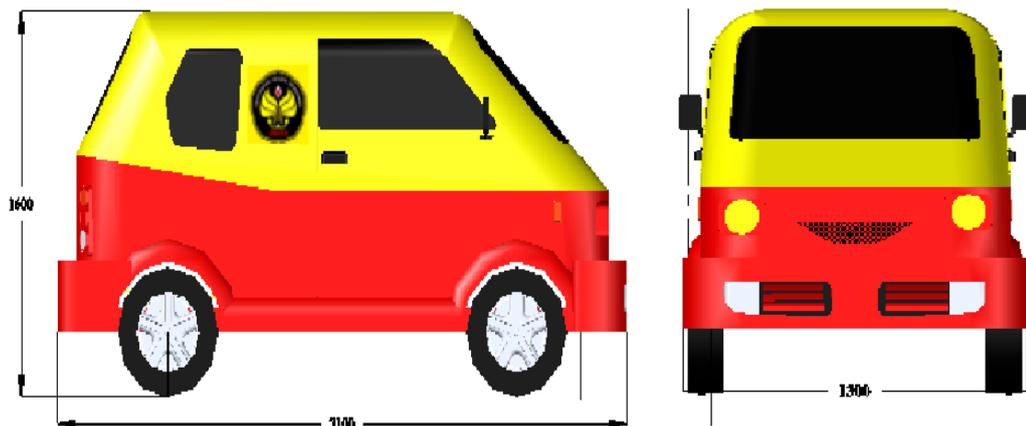
Gambar 15. Mobil dengan *ground clearance* tinggi

Bodi *micro car* baru setelah di desain ulang mengalami perubahan dimensi yang signifikan seperti pada Tabel 2. Dari perubahan tersebut maka memungkinkan terjadi perubahan juga pada *frame chassis* yang digunakan.

Tabel 2. Dimensi *Micro Car*

Desain	Panjang	Lebar	Tinggi
<i>Micro car</i> yang lama	3100 mm	1300 mm	1600 mm

Micro car dimiliki desain bodi seperti *city car* yaitu kendaraan berpenumpang atau angkut sedikit. Pada *micro car* ini memiliki empat tempat duduk dan tidak memiliki ruang bagasi. Hal ini dikarenakan dimensi dari *micro car* lebih kecil dari *city car* pada umumnya.



Gambar 16. Dimensi *micro car*

7. Konsep Tegangan-Regangan

Pada dasarnya tegangan dapat didefinisikan sebagai besaran gaya yang bekerja pada suatu satuan luas. Dirumuskan sebagai berikut:

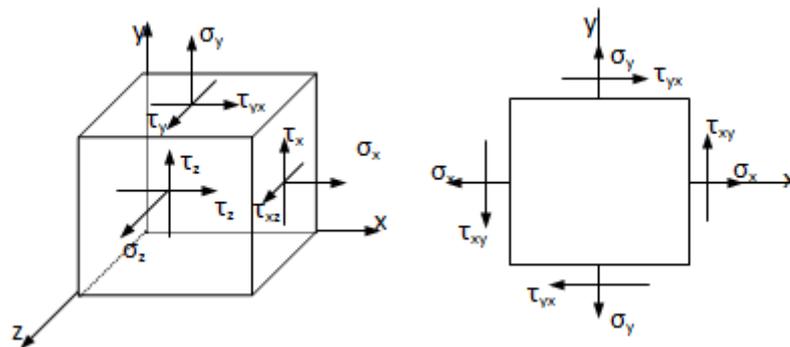
$$\text{Tegangan } (\sigma) = \frac{F}{A} \quad (\text{Shigley dan Mitchell, 1999: 40})$$

Dimana: σ : tegangan (N/m^2)

F : gayayang bekerja (N)

A : luas bidang (m^2)

Pada suatu bidang yang dikenai suatu gaya akan terdapat dua jenis tegangan yang mempengaruhi bidang tersebut, yaitu tegangan normal dan tegangan geser. Tegangan normal adalah tegangan yang tegak lurus terhadap permukaan benda yang ditimbulkan oleh gaya aksial dan momen lentur. Sedangkan tegangan geser adalah tegangan yang sejajar terhadap permukaan benda yang ditimbulkan oleh gaya geser, gaya puntir dan torsi. Bila benda tersebut mendapat gaya tersebut maka akan menghasilkan tegangan pada material benda tersebut.



Keterangan :

σ_x = tegangan normal yang bekerja pada bidang x

σ_y = tegangan normal yang bekerja pada bidang y

σ_z = tegangan normal yang bekerja pada bidang z

τ_{xy} = tegangan geser yang bekerja pada bidang normal x dalam arah y

τ_{xz} = tegangan geser yang bekerja pada bidang normal x dalam arah z

τ_{yx} = tegangan geser yang bekerja pada bidang normal y dalam arah x

τ_{yz} = tegangan geser yang bekerja pada bidang normal y dalam arah z

Gambar 17. Tegangan yang bekerja pada suatu bidang

Suatu tegangan normal, secara matematis dapat didefinisikan sebagai:

$$\sigma = \lim \frac{\Delta F}{\Delta A}$$

Dimana : σ : tegangan normal (N/m²)

F : gaya yang bekerja tegak lurus terhadap potongan (N)

A : luas bidang (m²)

Tegangan normal terbagi menjadi dua macam, yaitu tegangan tarik dan tegangan tekan. Tegangan tarik adalah tegangan normal yang menghasilkan suatu tarikan (*tension*) pada permukaan suatu benda, sehingga menimbulkan tegangan pada benda. Sedangkan tegangan tekan adalah tegangan normal yang menghasilkan suatu dorongan (*compression*) pada permukaan benda yang mendapat tegangan.

Komponen lain dari intensitas gaya yang bekerja sejajar dengan bidang dari luas elemen adalah merupakan tegangan geser yang dilambangkan dengan τ , yang secara matematis didefinisikan sebagai :

$$\tau = \lim \frac{\Delta V}{\Delta A}$$

Dimana : τ : tegangan geser (N/m²)

V : komponen gaya yang sejajar dengan bidang elementer (N)

A : luas bidang (m²)

Regangan dinyatakan sebagai pertambahan panjang per satuan panjang. Tegangan pada suatu titik dihitung setelah regangan diukur. Hukum Hooke menyatakan bahwa dalam batas-batas tertentu, tegangan pada suatu bahan adalah berbanding lurus dengan regangan. Dimana semakin besar tegangan yang didapat maka besar regangannya.

Secara sistematis, regangan dapat ditulis sebagai:

$$\boxed{\varepsilon = \frac{\delta}{L}} \text{ (Shigley dan Mitchell, 1999: 41)}$$

Dimana : ε : regangan

δ : penambahan panjang total (m)

L : panjang mula – mula (m)

Hubungan tegangan dan regangan dapat ditulis sebagai :

$$\boxed{\sigma = E \cdot \varepsilon} \text{ (Shigley dan Mitchell, 1999: 41)}$$

Dimana : σ : tegangan normal (N/m²)

E : modulus elastisitas (N/m²)

ε : regangan

8. *SolidWorks*

Prabowo (2009: 151) menjelaskan bahwa program *SolidWorks* merupakan program komputer yang berfungsi untuk melakukan analisa kekuatan. Program tersebut dapat membantu kita untuk mengurangi kesalahan dalam membuat desain. Dengan demikian, selain biaya yang dikeluarkan berkurang, time market dari benda pun dapat dipercepat.

SolidWorks dibuat dengan berdasarkan pada teori yang terdapat dalam perumusan metode elemen hingga. Parameter mengacu pada kendala yang nilainya menentukan bentuk atau geometri dari model atau perakitan. Parameter dapat berupa parameter numerik, seperti panjang garis atau diameter lingkaran, atau parameter geometris, seperti tangen, paralel,

konsentris, horizontal atau vertikal, parameter dll. *Numeric* dapat dikaitkan satu sama lain melalui penggunaan hubungan, yang memungkinkan mereka untuk menangkap maksud desain.

Software SolidWork menyediakan solusi terpadu untuk menyederhanakan dan memudahkan proses desain dan analisa sebuah struktur. Solusi terpadu tersebut berarti bahwa semua proses dikerjakan oleh satu mesin dan satu *software*, sehingga transfer data dari satu desain/*software* ke mesin/*software* yang lain tidak diperlukan. Dengan proses tersebut, hilangnya data atau informasi dapat dihindari dan waktu untuk proses analisa juga menjadi lebih singkat.

B. Kerangka Berfikir

Dalam mendesain sebuah *frame chassis* kendaraan dengan menggunakan *software engineering* yang nantinya mempunyai kemungkinan untuk diproduksi, merupakan hal yang sangat penting untuk dilakukan. Biasanya sebelum dilakukan pembuatan sebuah model dilakukan pengujian secara teoritis menggunakan fasilitas dari sebuah *software engineering*.

Universitas Negeri Semarang mempunyai produksi andalan yaitu *Micro Car* yang bernama *Sutera Car*. *Micro car* ini merupakan hasil kreativitas dari mahasiswa teknik mesin. Kendaraan ini telah digunakan sebagaimana fungsi yang diharapkan yaitu mampu untuk menunjukkan seberapa nyaman, aman dan dapat digunakan untuk berkendara sebagaimana fungsinya. Namun sebuah kendaraan tentunya masih memiliki kelemahan-kelemahan yang harus disempurnakan untuk pembuatan generasi selanjutnya.

Dalam perkembangannya *micro car* terdapat beberapa kelemahan yang sangat perlu untuk dilakukan perencanaan desain yang baru, terutama pada bentuk *frame chassis*. Pada desain awal, bentuk sisi samping (*side frame*) terdapat beberapa lekukan yang sulit pembuatannya dan sambungan material bahan yang berbeda-beda pada profil *frame* sehingga akan mempengaruhi kekuatan dari *frame* tersebut.

Penelitian ini dilakukan sebagai upaya penyempurnaan bodi kendaraan *micro car* dengan menggunakan *software engineering SolidWorks* dan untuk pengujian menggunakan menu *SolidWorks Simulation*.

Penelitian ini mempunyai langkah kerja sebagai berikut:

1. Mencari data dan literatur

Mengumpulkan data referensi dari buku-buku otomotif, dan buku mekanika bahan.

2. Mendesain *frame chassis*

Menggambar *frame chassis micro car* dalam bentuk tiga dimensi, baik *frame chassis* yang lama maupun desain *frame chassis* yang baru dengan menggunakan *software SolidWorks*.

3. Melakukan pengujian

Dengan menggunakan *Software Solidworks* dilakukan pengujian pada *frame chassis micro car* yang lama dengan *frame chassis micro car* yang baru.

4. Analisa

Dari pengujian akan didapat data tentang karakteristik (tegangan maksimal, tegangan minimal, *yield strength*, *fatigue limit*, *displacement*) pada *frame* yang terjadi pada *chassis micro car*.

5. Kesimpulan

Pada bagian ini berisi data-data tentang *frame chassis micro car* yang baru, dan data-data tentang hasil pengujian.

Jadi secara fungsional penelitian ini akan memberikan manfaat yang cukup besar demi terciptanya sebuah rancangan baru *frame chassis micro car* yang lebih baik.

BAB III

METODE PENELITIAN

A. Desain Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode eksperimen dengan bantuan perangkat lunak (*software*) yang mampu menganalisa karakteristik suatu model. Pada metode eksperimen, peneliti sengaja membangkitkan timbulnya sesuatu kejadian atau keadaan, kemudian diteliti bagaimana akibatnya.

Pembangkitan kejadian atau keadaan ini berupa pembebanan struktur *frame chassis micro car* yang dilakukan dengan beban yang diasumsikan. Beban yang bekerja pada struktur *frame* berasal dari beban tumpuan pada *frame chassis*. Geometri *frame chassis* yang dianalisis mengacu pada pengukuran manual/langsung pada struktur yang hendak dianalisa. Geometri tersebut selanjutnya dipelajari untuk didesain ulang dengan *software SolidWorks*. Desain yang ada dan desai baru yang telah dibuat tiga dimensi kemudian siap dianalisa.

Proses analisa dijalankan dengan *software* yang akan menampilkan *output* sesuai jenis analisa yang dilakukan. Setelah *output* didapatkan, kemudian dapat dibandingkan apakah tegangan-regangan yang terjadi pada tiap elemen telah melampaui tegangan maksimum yang diijinkan atau belum.

B. Objek Penelitian

Objek dari penelitian ini adalah hasil modifikasi dari desain *frame*, berat total *frame* serta *output* analisis yakni distribusi tegangan pada *frame* berupa kontur warna pada geometri *frame* dan/atau angka-angka yang menunjukkan besarnya tegangan pada tiap-tiap elemen.

C. Alat yang digunakan

1. Jangka Sorong, Meteran dan Busur

Alat-alat ini digunakan untuk pengukuran manual/langsung pada *frame* yang dianalisa. Lebih spesifik, jangka sorong digunakan untuk mengukur ketebalan material dan diameter luar maupun diameter dalam dari bahan yang digunakan. Meteran digunakan untuk mengukur dimensi panjang dari *frame*. Busur digunakan untuk mengukur sudut yang dibentuk oleh konstruksi *frame*.

2. Komputer

Komputer berfungsi sebagai media untuk menjalankan perangkat lunak (*Software SolidWorks*) sehingga dapat digunakan dalam pemodelan maupun analisis. Untuk dapat menjalankan *Software SolidWorks* sebuah computer minimal harus memiliki spesifikasi sebagai berikut:

<i>Type processor</i>	:	<i>AMD Phenom II 3 core @2.1GHz (3 CPUs)</i>
<i>Memory</i>	:	<i>2064 Mbytes RAM</i>
<i>Direct X Version</i>	:	<i>Direct X 9.0c</i>
<i>VGA</i>	:	<i>Ati Radeon 4200</i>
<i>Memory VGA</i>	:	<i>256.0 Mb</i>
<i>Display Mode</i>	:	<i>1024 x 768 (32bits) (60hertz)</i>

D. Metode Pengumpulan Data

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimen, yaitu dengan bantuan perangkat lunak (*software*) yang mampu menganalisa karakteristik statik suatu model.

Metode eksperimen sering digunakan dalam penelitian ilmu-ilmu eksakta. Tujuan dari penelitian eksperimental adalah untuk menyelidiki ada atau tidaknya hubungan sebab akibat serta berapa besar hubungan sebab akibat tersebut dengan

cara memberikan perlakuan-perlakuan tertentu pada beberapa kelompok eksperimental dan menyediakan *control* untuk perbandingan.

Tabel 3. Tegangan pada desain.

Karakteristik	Desain yang ada	Desain baru
Tegangan max		
Tegangan min		
<i>Tensile strength</i>		
<i>Yield strenght</i>		

E. Prosedur Pelaksanaan Penelitian

1. Permodelan

Pembuatan model didasarkan pada pengamatan dan pengukuran pengukuran manual/langsung pada struktur *frame chassis micro car* yang ada. Desain *frame* baru dibuat dengan mengurangi atau memodifikasi beberapa bagian dari kontruksi. Adapun langkah-langkah dalam pemodelan sebagai berikut :

- a. Pengamatan dan pengukuran manual/langsung pada struktur *frame chassis* yang ada.
- b. Foto *frame* sebagai acuan dalam penggambaran geometri.
- c. Penggambaran geometri sesuai foto dan data geometri yang diperoleh dari pengukuran manual/langsung.
- d. Dilanjutkan dengan pendesainan gambar *frame chassis micro car* yang baru menggunakan *Software SolidWorks*, dengan memodifikasi beberapa bagian bodi.

2. Pemasukan data material

Pemasukan data material di dalam *SolidWorks* dapat diakses melalui *apply material*. Data untuk baja AISI 1015 diperoleh :

Tabel 4. Data *Properties Material* (Azom, 2012)

Baja yang digunakan (AISI)	<i>Modulus Young</i> (GPa)	<i>Poisson ratio</i>	<i>Density</i> x1000 kg/m ³	<i>Thermal expansion</i> x10 ⁻⁶ /°K	<i>Tensile strength</i> (MPa)	<i>Yield limit</i> (Mpa)
AISI 1015	190-210	0.27-0.3	7.87	11.9	385	325

3. Pengujian dan Pengasumsian

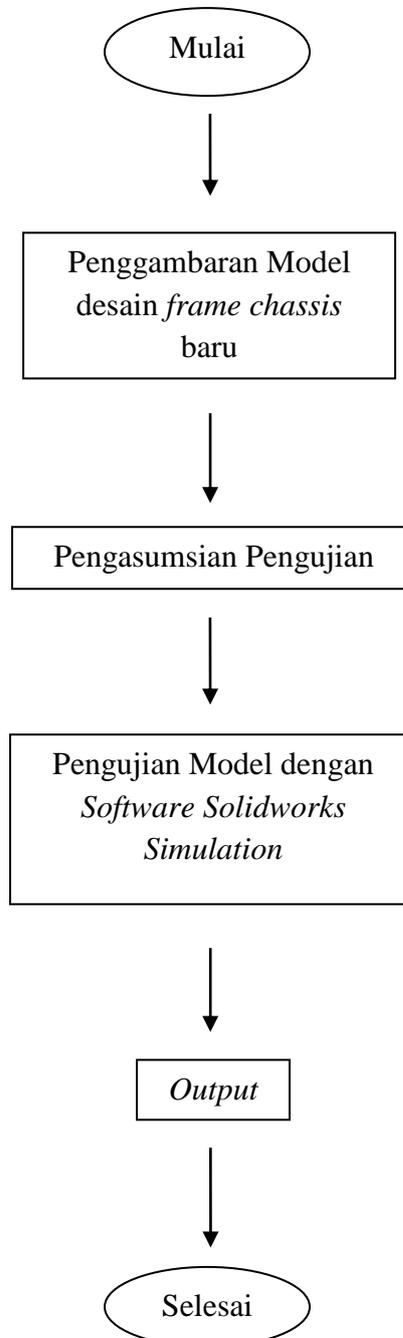
Pengujian ini menggunakan *Software SolidWorks*. Pengujian ini dilakukan pada kedua desain *frame chassis micro car*, yaitu pada *frame micro car* yang ada dengan bentuk *frame chassis micro car* yang baru. Asumsi digunakan untuk memudahkan peneliti dalam melakukan analisis. Adapun beberapa asumsi yang diberikan sebagai berikut :

- a. Material dari desain *frame* diasumsikan sama. Hal ini karena penelitian dititikberatkan pada analisis desain. Adapun material yang dipilih sebagai bahan *frame* adalah baja karbon rendah (AISI 1015)
- b. Beban yang bekerja pada sistem berupa beban tetap dan beban hidup yang bergerak.

4. Output

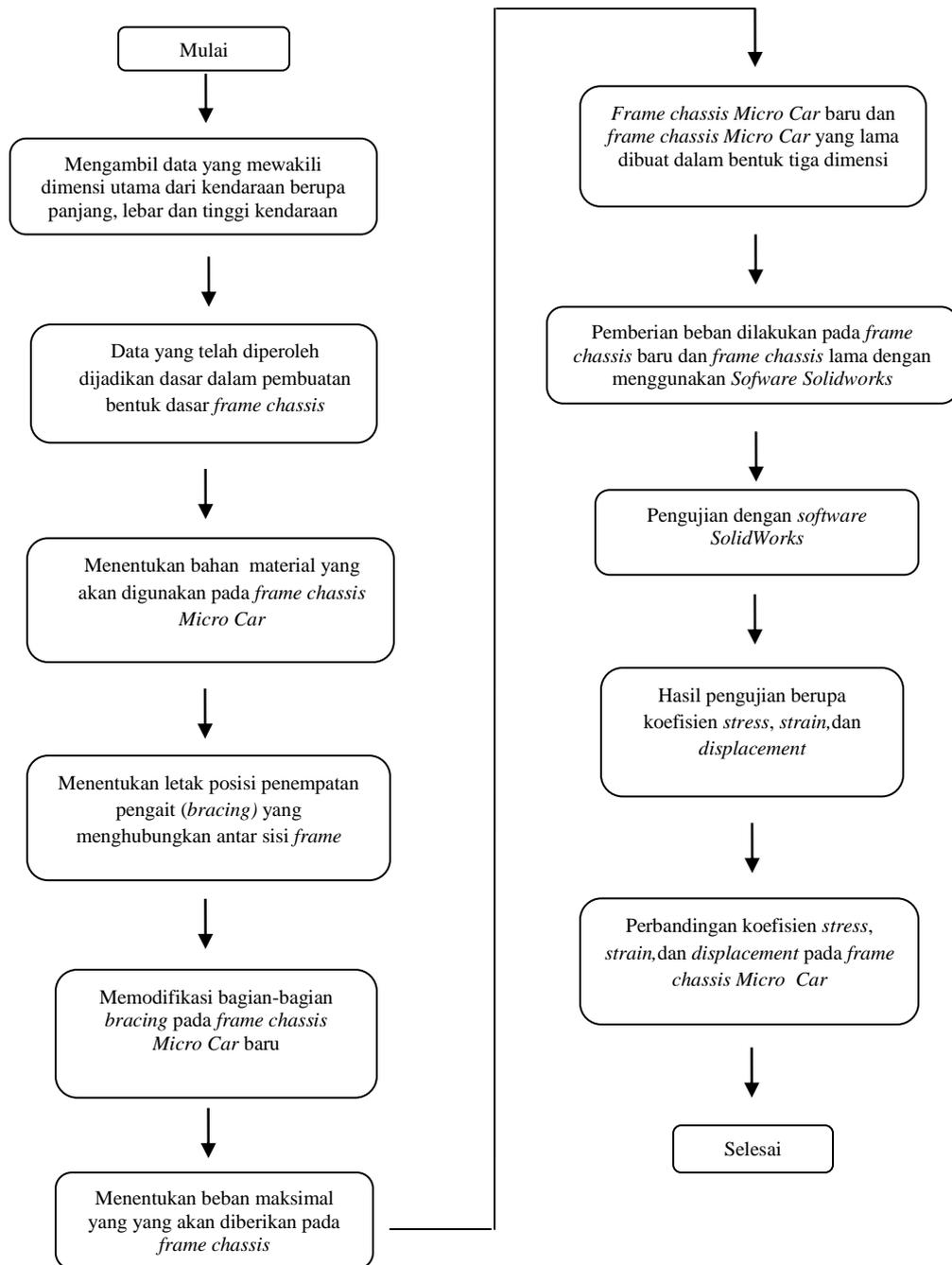
Output analisis berupa distribusi tegangan pada *frame* yang ditampilkan dalam kontur warna pada geometri *frame* dan/atau angka-angka yang menunjukkan besarnya tegangan pada tiap-tiap elemen.

Lebih jelasnya tahap-tahap dalam pemodelan dan analisa adalah sebagai berikut :



Gambar 18. *Flow chart* pemodelan dan analisa

Alur perancangan *frame chassis Micro Car* baru adalah sebagai berikut:



Gambar 19. Alur perancangan *frame micro car* baru

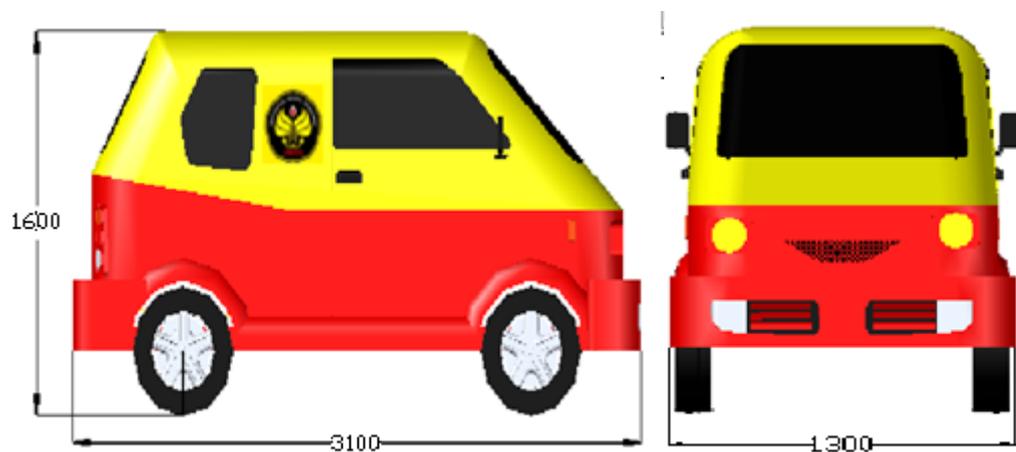
BAB IV

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

A. Dasar-Dasar Perancangan *Frame Chassis Micro Car Baru*

1. Dimensi kendaraan

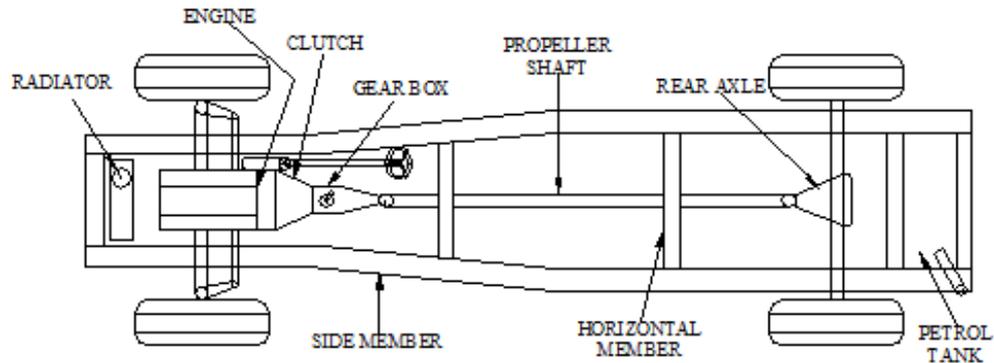
Untuk menentukan dimensi *frame chassis* maka harus mengetahui dimensi keseluruhan dari bodi kendaraan yang akan akan didesain ulang. Dimensi yang diperlukan berupa panjang, lebar, dan tinggi keseluruhan *micro car*.



Gambar 20. Dimensi *Micro Car*

2. Bentuk dasar *frame chassis*

Pada Gambar 21 merupakan bentuk dasar *chassis* kendaraan secara umum, dimana terdapat *frame, steering, suspension, engine, differential, propeller shaft, dan gear box*. *Micro car* merupakan kendaraan *city car* yang memiliki ukuran kecil dan kapasitas penumpang sedikit jelas berbeda dengan kendaraan berukuran besar (SUV) yang memiliki dimensi yang panjang dan lebar. Bentuk dasar *chassis* yang digunakan pada *frame chassis micro car* adalah tipe *box frame* yang pada bagian depan berbentuk trapesium.



Gambar 21. Bentuk dasar *chassis* secara umum

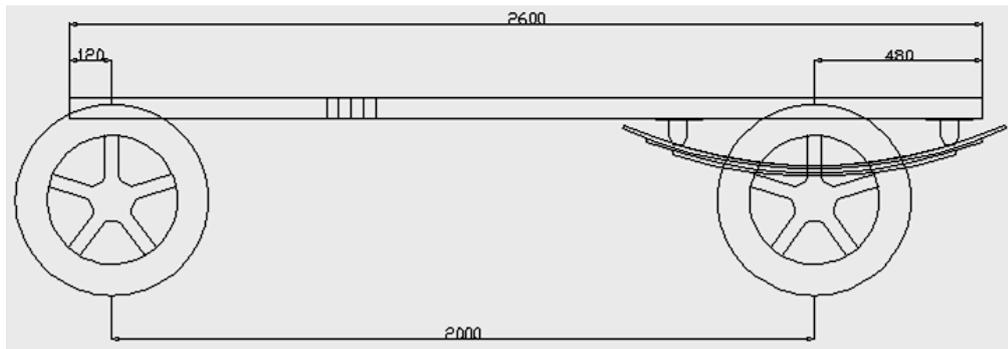
3. Panjang dan lebar *frame chassis*

Untuk menentukan panjang dari *frame chassis*, maka harus menentukan terlebih dahulu jarak sumbu roda depan dan belakang (*wheelbase*).



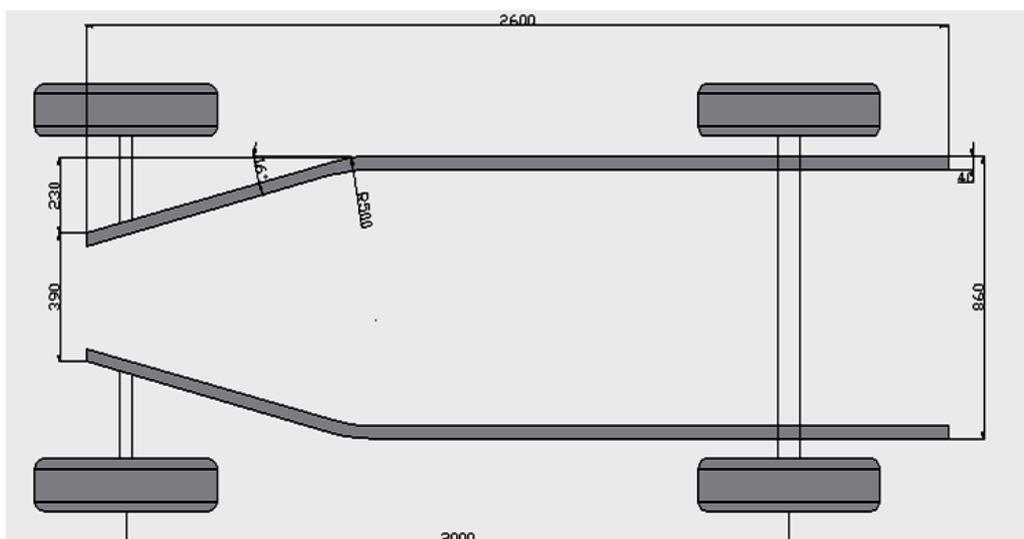
Gambar 22. *Wheelbase* pada *micro car*

Jarak sumbu roda *micro car* diukur dari poros roda depan ke poros roda belakang (2000 mm). Dengan jarak *wheelbase* 2000 mm maka panjang *frame chassis* dibuat lebih panjang dari panjang *wheelbase* (jarak bebas) karena digunakan untuk memasang sistem suspensi pada roda belakang yang menggunakan suspensi tipe pegas daun. Jarak bebas pada *frame chassis* adalah 600 mm yaitu 120 mm pada bagian depan dan 480 mm pada bagian belakang *frame*. Jarak keseluruhan *frame chassis* adalah panjang *wheelbase* dan jarak bebas pada *frame chassis* yaitu dengan panjang total 2600 mm.



Gambar 23. Panjang keseluruhan *frame chassis*

Lebar *frame chassis micro car* baru yang didesain memiliki perbedaan dengan desain yang ada, perbedaan terletak pada bagian depan *frame* yang mengalami pengerucutan. Pengerucutan yang terjadi karena roda depan menggunakan sistem suspensi independen yaitu antara roda dalam satu poros tidak terhubung secara langsung, masing-masing roda (roda kiri dan kanan) terhubung ke *frame* dengan lengan suspensi, pegas dan peredam kejut. Suspensi independen digunakan agar guncangan atau getaran pada salah satu roda tidak mempengaruhi roda yang lain.



Gambar 24. Lebar keseluruhan *frame chassis*

4. Material yang digunakan

Material yang digunakan adalah baja karbon AISI 1015. Kode 1015 merupakan kode baja karbon yang ditetapkan oleh *American Iron and Steel Institute* (AISI). Dua digit angka pertama menandakan tingkatan dari baja, sedangkan dua digit terakhir menunjukkan jumlah karbon yang terkandung dalam paduan dalam seperseratus persen. Baja karbon AISI 1015 merupakan jenis baja yang memiliki sedikit karbon dibandingkan dengan baja karbon lain sehingga sangat mudah untuk dibentuk.

Mechanical properties dari AISI 1015 adalah sebagai berikut:

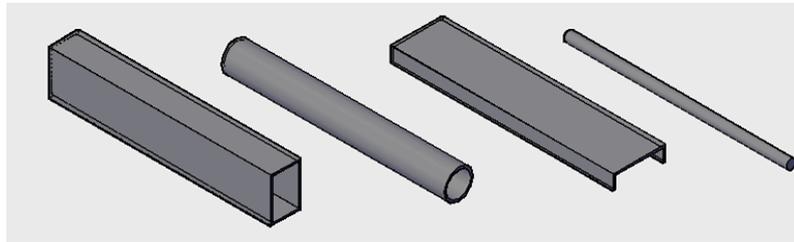
<i>Density</i>	:	7.87 g/cc
<i>Poisson's Ratio</i>	:	0.27-0.30
<i>Elastic Modulus</i>	:	190-210 Gpa
<i>Tensile Strenght</i>	:	385 MPa
<i>Yield Strenght</i>	:	325 Mpa
<i>Thermal Expansion:</i>		$11.9 \times 10^{-6} / ^\circ C$

Tabel 5. Komposisi bahan dari AISI 1015 (Azom, 2012)

AISI 1015	Element				
	Fe	C	Mn	P	S
Weight %	99.13-99.57	0.13-0.18	0.30-0.60	0.04 (max)	0.05 (max)

Bahan material yang digunakan pada *frame chassis* adalah stalbus 60x40x3, betonizer Ø40, betonizer Ø12.7 (1/2"), dan unip 70x20x3. Stalbus dengan ukuran 60x40x3 digunakan pada sisi-sisi rangka (*side frame*), stalbus dipilih karena material tersebut berongga tidak pejal sehingga ringan dan mudah dibentuk. Betonizer Ø40 yang dipakai berbentuk silinder berongga dan unip yaitu material dengan bentuk profil U. Material penguat (*bracing*) yang digunakan adalah jenis stalbus 60x30x3, betonizer Ø40 dan unip (union

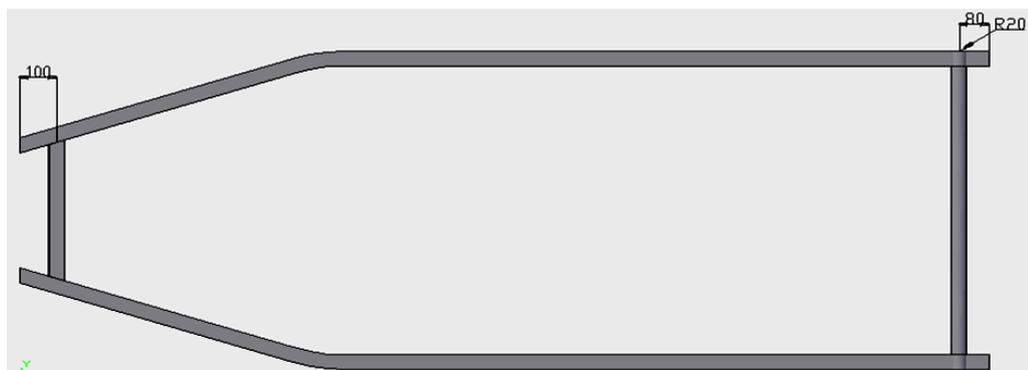
pacific) 70x20x3. Betonizer $\text{Ø}40$ digunakan sebagai *brancing* antar sisi *frame* sedangkan betonizer ucp 70x20x3 digunakan sebagai penahan (*jig*) mesin dari kendaraan tersebut.



Gambar 25. Bahan material pada *frame chassis*

5. Menentukan letak pengait (*bracing*)
 - a. *Bracing* pada masing-masing ujung *frame*

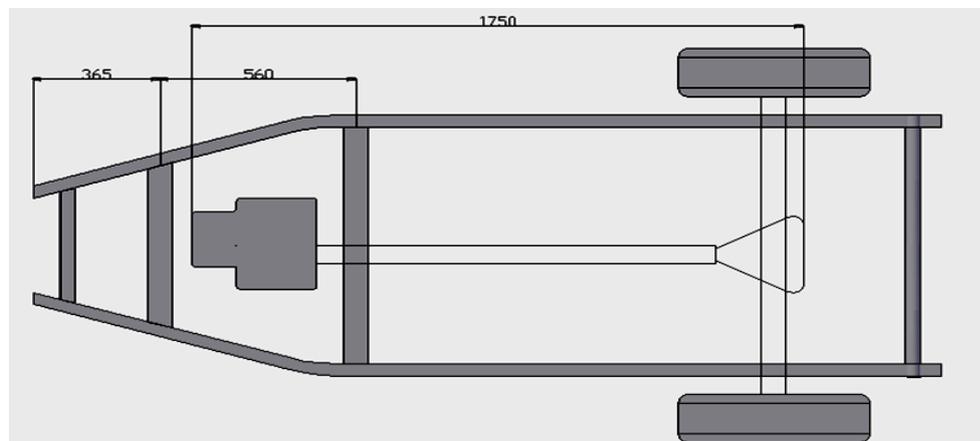
Pengait (*bracing*) pada *frame chassis* terletak pada bagian ujung pada masing-masing *frame*. *Bracing* pada bagian depan *frame* menggunakan stalbus 60x40x3 dengan jarak 100 mm yang diukur dari jarak terluar *frame* sedangkan jarak pada bagian belakang *frame* adalah 80 mm dengan menggunakan betonizer $\text{Ø} 40$ mm. *Bracing* tidak letakkan di ujung *frame* agar dapat menerima gaya yang lebih besar dari atas sehingga mengurangi deformasi material.



Gambar 26. *Bracing* pada *frame chassis*

b. *Bracing* untuk meletakkan mesin

Setelah menentukan posisi peletakan *bracing* yang menempel pada kedua sisi *frame* selanjutnya menentukan letak *bracing* yang digunakan untuk peletakan mesin yang digunakan pada *micro car* dengan menggunakan unip 70x20x3. Sebelum menentukan jarak *space* maka perlu diketahui panjang dari mesin yang dipakai. *Micro car* menggunakan mesin empat langkah OHC 150 CC dengan panjang mesin 380 mm, lebar 295 mm, dan tinggi 440 mm. Mesin tersebut berpengerak roda belakang dengan panjang mesin ke *differential* 1750 mm.

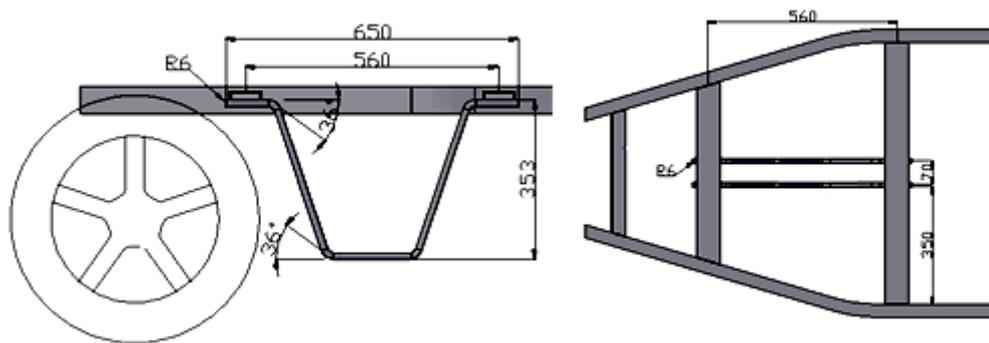


Gambar 27. Letak penempatan *bracing* peletakan mesin

Space yang diperlukan untuk meletakkan mesin harus lebih panjang dari panjang mesin tersebut karena untuk mempermudah dalam prose *assy*.

c. Menentukan penyangga (*jig*) mesin

Pengangga (*jig*) yang digunakan adalah betonizer $\text{Ø } 12.7 \text{ mm}$ pada *bracing* peletakan mesin. *Jig* didesain dengan jarak terendah dari permukaan tanah 187 mm. *Jig* yang digunakan harus menyesuaikan dengan tinggi mesin, tinggi mesin pada *micro car* 440 mm.

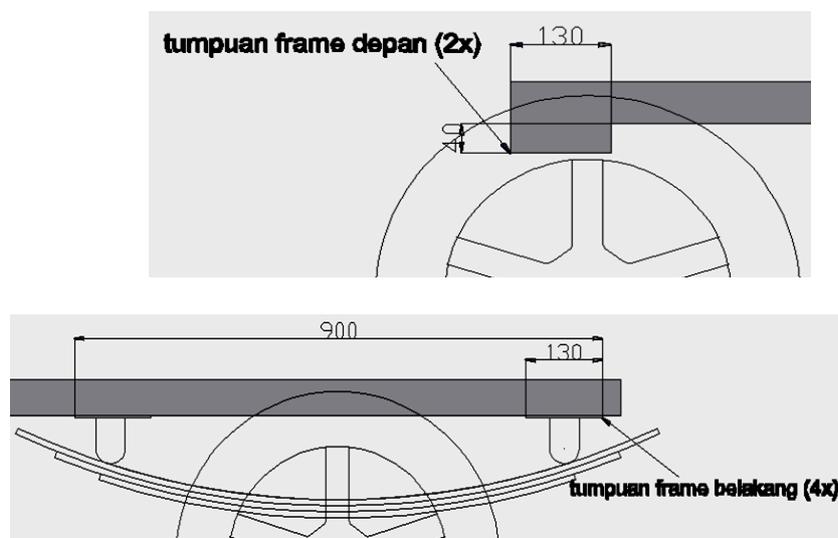


Gambar 28. Letak penyangga (*jig*) mesin

d. Memodifikasi *bracing* pada *frame chassis*

Bracing pada *frame* jika diperhatikan memiliki empat buah *bracing* dan perlu ditambahkan satu *bracing* lagi pada bagian tengah agar kekuatan *frame* seimbang. *Bracing* yang akan dipasang jaraknya 1000 mm dari jarak terluar.

Setelah semua *bracing* dirancang selanjutnya menentukan letak tumpuan *frame chassis* yang akan dibuat. Tumpuan *frame* berada pada bagian depan dan belakang yang terhubung dengan sistem suspensi yang digunakan nantinya.



Gambar 29. Letak tumpuan *frame chassis*

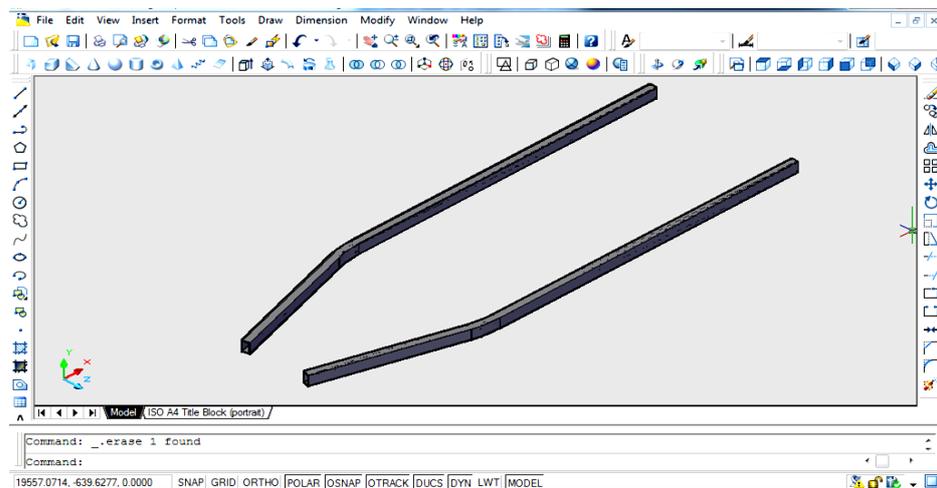
6. Menentukan beban maksimal

Beban yang diterima pada *frame chassis* berasal dari bodi kendaraan, penumpang dan barang yang diangkut kendaraan. Maka diasumsikan beban maksimal yang diterima oleh *frame chassis* sebesar 600 kg (5880N).

7. Bentuk desain *frame chassis micro car* baru dalam bentuk tiga dimensi

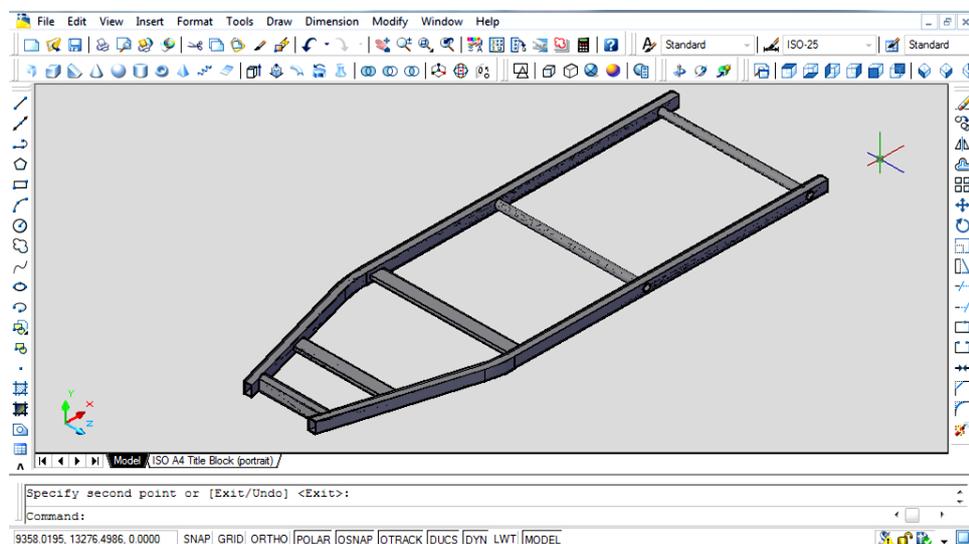
Langkah-langkahnya adalah sebagai berikut:

a. Membuat profil *side member*



Gambar 30. Pembuatan profil *side member*

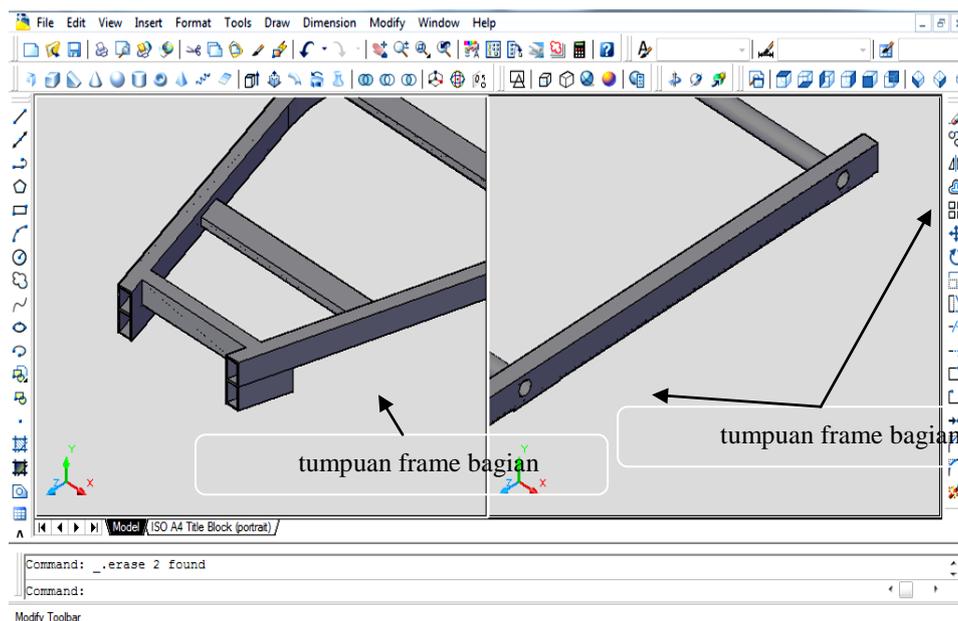
b. Membuat *brancing frame chassis*



Gambar 31. Membuat *brancing* pada *frame chassi*

Pembuatan bentuk *brancing* sama seperti membuat profil *side member* yaitu dengan menggunakan menu *extrude* pada *AutoCAD*. Untuk *brancing* yang berada dekat dengan roda depan dan *brancing* peletakan mesin untuk memotongnya menggunakan menu *slice* sehingga dapat menyesuaikan dengan profil *side member*.

c. Membuat tumpuan *frame chassis*



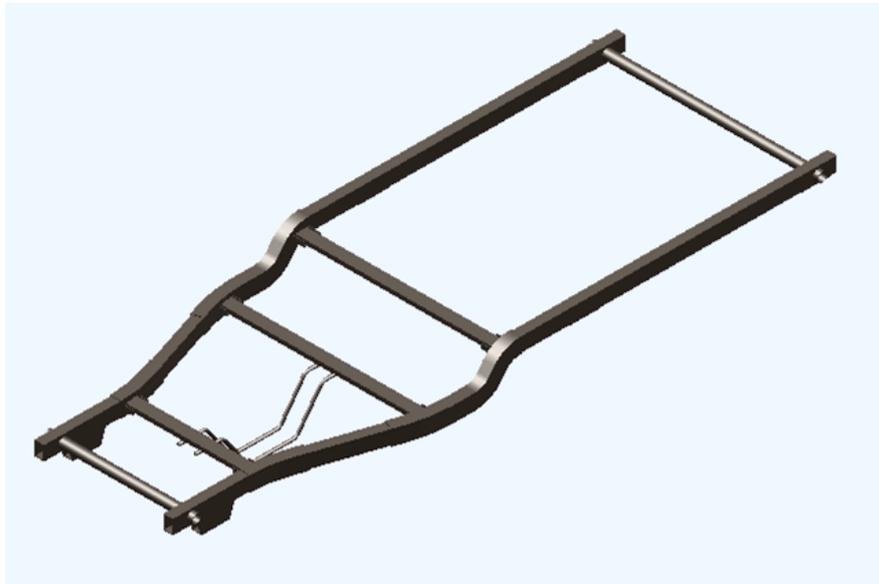
Gambar 32. Membuat tumpuan pada *frame chassis*

Tumpuan pada *frame* yang berada di depan berdekatan dengan roda depan karena digunakan sebagai *jig* dari suspensi yang digunakan, sedangkan pada bagian belakang menggunakan sistem suspensi pegas daun sehingga dibuat tumpuan berjumlah empat yaitu pada masing-masing profil *side member* berjumlah dua. Tumpuan tersebut digunakan sebagai *fixture geometry* sebelum diuji kekuatan *frame chassis* ketika mendapat beban dari atas.

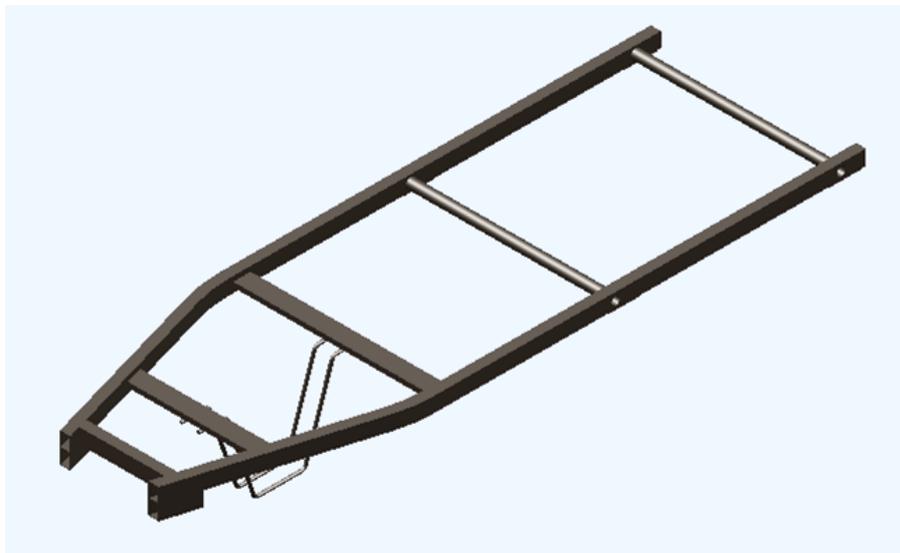
B. Perbandingan Kedua Desain *Frame Chassis*

Setelah mendesain *frame chassis micro car* yang lama dan yang baru menggunakan *Software AutoCAD* dalam bentuk tiga dimensi, kedua desain tersebut selanjutnya akan diuji menggunakan *Software Solidworks Simulation*.

Desain tersebut sebagai berikut :



Gambar 33. Desain *Frame Chassis Micro Car* yang ada



Gambar 34. Desain *Frame Chassis Micro Car* baru

C. Keunggulan Bentuk dan Dimensi *Frame Chassis Micro Car* Baru

Desain baru yang telah dibuat menggunakan *Software AutoCAD* dalam bentuk tiga dimensi memiliki beberapa keunggulan dibandingkan dengan desain *frame chassis micro car* sebelumnya, yaitu:

1. Desain lebih mudah dibentuk, hal ini dapat dilihat dari bentuk profil *side member* yang bentuknya tidak rumit sehingga memudahkan jika diproduksi.
2. Profil *side member* pada *frame chassis* baru tidak memerlukan sambungan material tambahan seperti pada *frame chassis micro car* yang ada sehingga dapat mengurangi penggunaan material.
3. Bahan material yang digunakan pada *frame chassis* baru lebih sedikit massanya jika dibandingkan dengan *frame chassis* yang ada sehingga lebih ringan.
4. Jarak terendah dari permukaan tanah (*ground clearance*) pada *frame chassis* baru adalah 187 mm sehingga dapat digunakan di jalan yang tidak rata.

Desain kedua *Micro Car* mempunyai dimensi sebagai berikut:

Tabel 6. Dimensi *Frame Micro Car*

Desain	Panjang	Lebar
Micro car yang ada	2700	860
<i>Micro car</i> baru	2600	860

D. Volume, massa dan massa jenis struktur

Setelah diperoleh desain *frame* kemudian digambar dalam bentuk tiga dimensi pada desain yang ada dan desain baru. Selanjutnya data material dimasukkan pada masing-masing frame untuk mengetahui luas permukaan, volume, dan massa jenis struktur dari masing-masing desain.

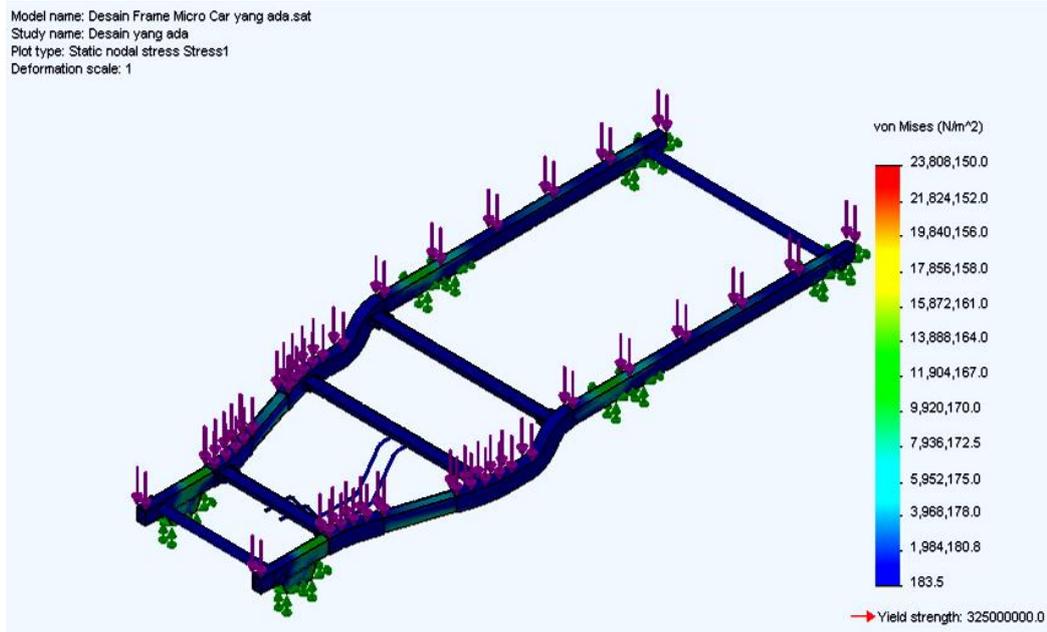
Tabel 7. Volume, massa, dan massa jenis struktur

No.	Struktur	Volume[m ³]	Mass[kg]	Density[kg/m ³]
1	Desain yang ada	0.005	43.545	7870
2	Desain baru	0.004	36.580	7870

E. Hasil pengujian

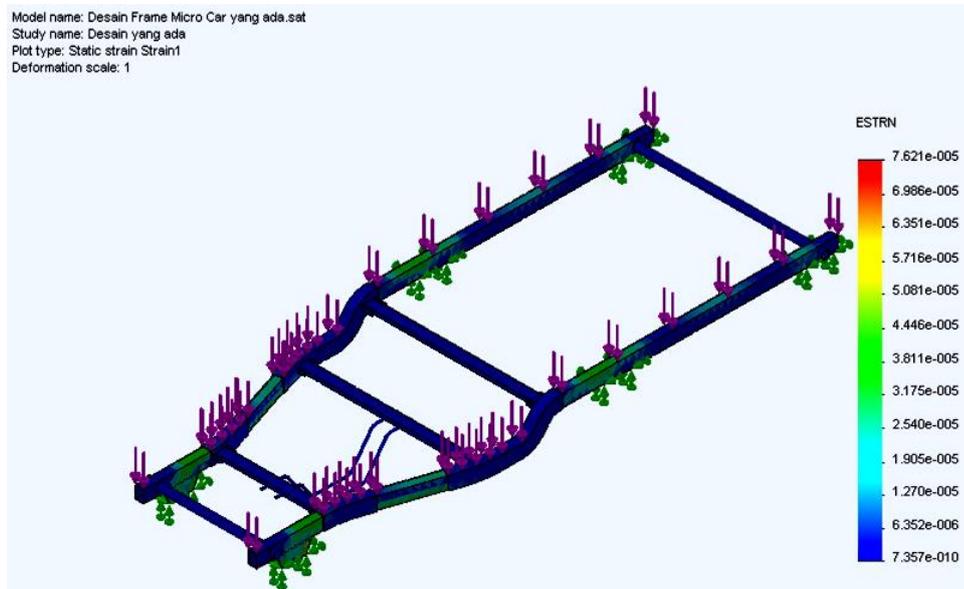
1. Desain yang ada

a. Von Mises Stress



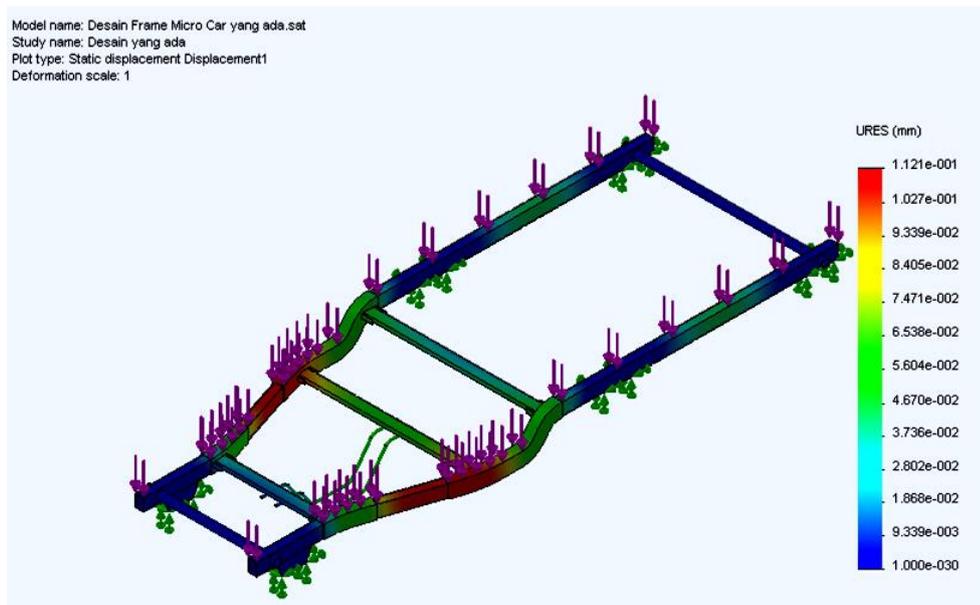
Gambar 35. Von mises stress pada desain yang ada

b. *Strain* pada desain yang ada



Gambar 36. *Strain* desain yang ada

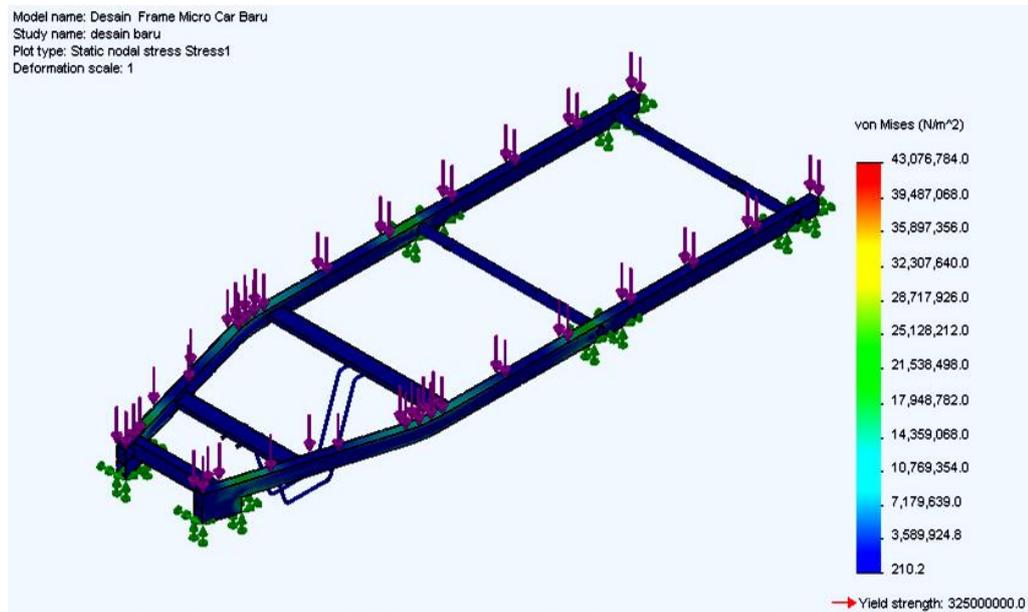
c. *Displacement*



Gambar 37. *Displacement* desain yang ada

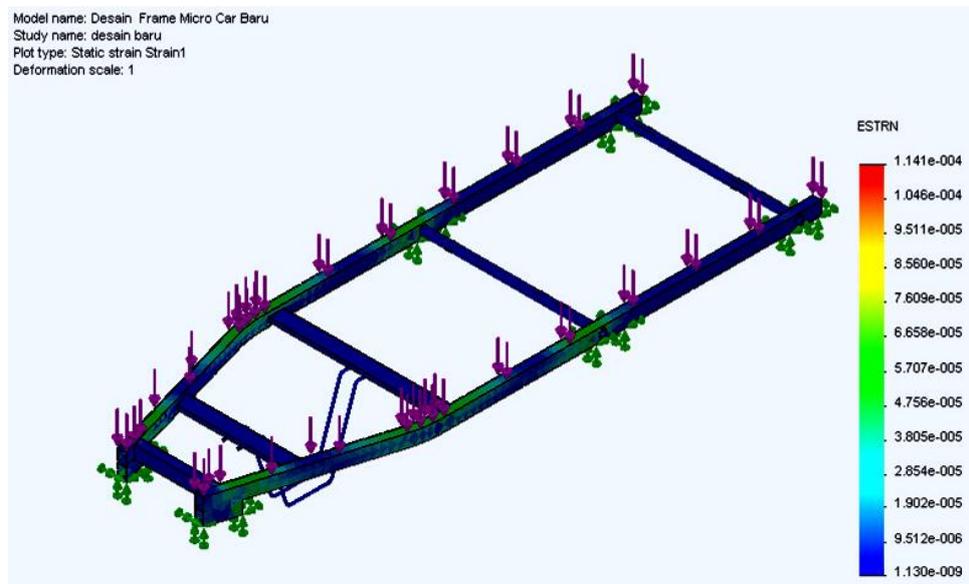
2. Desain baru

a. *Von Misses Stress*



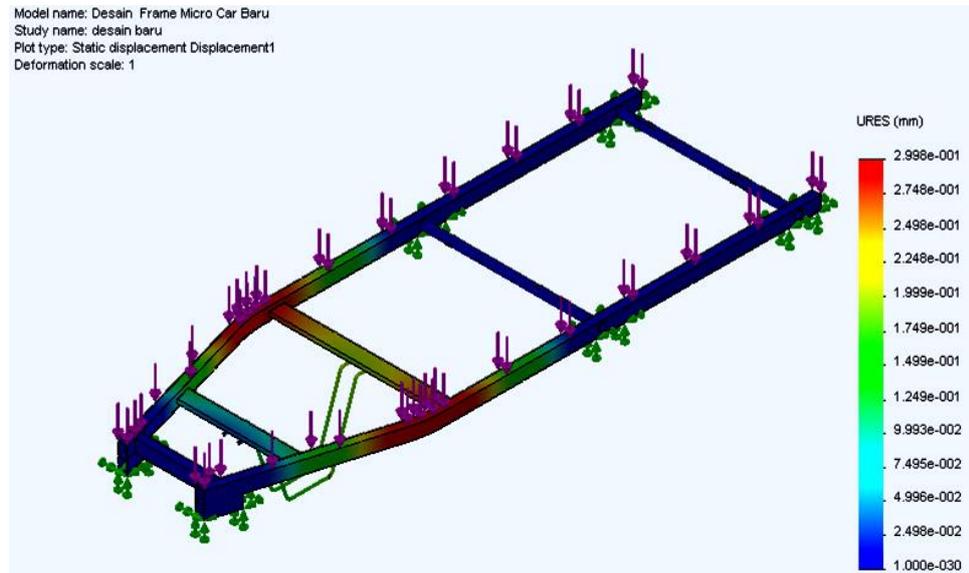
Gambar 38. *Von mises stress* pada desain baru

b. *Strain* pada desain baru



Gambar 39. *Strain* pada desain baru

c. *Displacement*



Gambar 40. *Displacement* desain baru

Desain *frame* yang berbeda akan menghasilkan reaksi yang berbeda terhadap pembebanan yang diberikan. Simulasi yang dilakukan menggunakan *Software SolidWorks* menghasilkan reaksi dalam wujud tegangan (tegangan max dan tegangan min) dan perubahan bentuk (deformasi) pada masing-masing *frame chassis*. Hasil analisis tersebut dapat digunakan sebagai dasar untuk mengetahui apakah desain baru yang dihasilkan sesuai dengan desain bodi *micro car* baru yang telah didesain sebelumnya dan memenuhi kriteria yang ditetapkan, yakni dengan massa yang ringan namun tetap aman bagi penggunaannya. Untuk mengetahui perbedaan kedua desain jelas, maka hasil analisis dengan menggunakan simulasi *software SolidWorks* perlu dibandingkan antara hasil pengujian yang terjadi pada desain yang ada maupun desain yang baru. Hasil pengujian yang terjadi pada desain yang ada maupun desain baru dapat dilihat pada tabel 8.

Tabel 8. Tegangan yang terjadi pada desain.

Karakteristik	Desain yang ada	Desain baru
Tegangan max	2.38×10^7	4.30×10^7
Tegangan min	1.98×10^6	3.58×10^6
Tensile strength	3.85×10^8	3.85×10^8
Yield strength	3.25×10^8	3.25×10^8

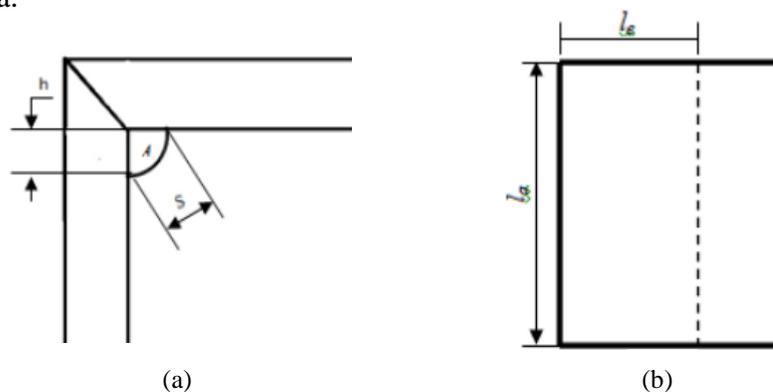
Sedangkan *displacement* (perubahan posisi) yang terjadi pada *frame chassis* dengan properti bahan dan asumsi beban tersebut yaitu :

Table 9. *Displacement* yang terjadi

Desain	<i>Displacement</i>	<i>Strain</i>
Desain yang ada	0.11 mm	7.62×10^{-5}
Desain baru	0.29 mm	2.14×10^{-4}

F. Analisis Kekuatan Las Sudut

Kekuatan pada pengelasan sangat penting guna menjamin kekuatan dalam menopang komponen-komponen seperti berat dari pengemudi, penumpang/barang dan juga menahan getaran yang berasal dari media jalan yang tidak rata.



Gambar 41. Kekuatan las sudut tampak atas(a), tampak bawah(b)

$$\begin{aligned} \text{Diketahui : } \quad h &= 5 \text{ mm} & l_a &= 60 \text{ mm} \\ s &= 7 \text{ mm} & \delta t &= 38.5 \text{ kg/mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} l_e &= l_o - 3h = l_o - 3h \\ &= 60 - 3(5) \\ &= 60 - 15 = 45 \end{aligned}$$

$$A = h \times l_e = 5 \times 45 = 225 \text{ mm}^2$$

$$F \leq 0,71 \times \delta t \times A$$

$$F \leq 0,71 \times 38.5 \text{ kg/mm}^2 \times 225 \text{ mm}^2$$

$$F \leq 6150 \text{ kg}$$

G. Pembahasan

Dari hasil pengujian yang telah dilakukan di dapatkan pertimbangan-pertimbangan sebagai alasan bahwa desain baru *frame chassis micro car* yang lebih ringan namun tetap aman bagi pengendara. Adapun pertimbangan-pertimbangan tersebut sebagai berikut :

1. Kontruksi Desain

Dilihat dari segi konstruksi, bahwa desain baru lebih sederhana dibanding desain yang ada. Hal ini berpengaruh pada proses pembuatan yaitu jika konstruksi lebih rumit maka proses pembuatan *frame* relatif sulit serta membutuhkan waktu yang cukup lama. Tetapi jika konstruksi yang sederhana maka pembuatan *frame* akan relatif lebih mudah serta waktu pengerjaan lebih cepat.

2. Tinjauan Analisis Tegangan

Setelah dilakukan analisis menggunakan *software SolidWorks*, maka dapat diketahui bahwa tegangan maksimal pada struktur setelah diberikan

pembebanan. Dari tabel 8 dapat dilihat bahwa tegangan maksimum pada desain yang sudah ada sebesar $2.38 \times 10^7 \text{ N/m}^2$ sedangkan tegangan maksimum pada desain baru sebesar $4.3 \times 10^7 \text{ N/m}^2$. Meskipun desain baru memiliki tegangan lebih besar dibandingkan dengan desain yang sudah ada namun kedua desain tersebut masih dibawah besarnya tegangan ijin maksimum *chassis*, yaitu sebesar $3.85 \times 10^8 \text{ N/m}^2$.

Disamping itu faktor yang perlu diperhatikan dalam desain konstruksi adalah faktor keamanan, sesuai dengan tujuan penelitian yaitu menghasilkan *frame chassis micro car* baru dan mengetahui kekuatan bahan, pembebanan statis, dan tegangan-regangan pada *frame chassis*. Desain *frame* baru bila dibandingkan dengan massa *frame* yang sudah ada terlihat lebih ringan karena ada perubahan material yang digunakan. Dengan perubahan yang signifikan maka akan mempengaruhi keamanan bagi penggunanya. Keamanan suatu desain dapat ditunjukkan dengan suatu nilai yang disebut faktor keamanan atau *safety factor* (SF).

Penggunaan faktor keamanan paling banyak terjadi bila kita membandingkan tegangan dengan kekuatan untuk mendapatkan nilai angka keamanannya. Jika suatu bagian mesin sudah direncanakan dan bentuk geometri, beban dan kekuatannya diketahui, maka faktor keamanan dapat dihitung; untuk mengevaluasi keamanan dari rencana tersebut. Untuk tujuan ini, dipakai persamaan sebagai berikut:

$$n = \frac{S}{\sigma} \quad (\text{Shigley dan Mitchell, 1999: 12})$$

Keterangan :

n = keamanan

S = *strength* (kekuatan) (N/m^2)

σ = tegangan (N/m^2)

Analisis menggunakan *software SolidWorks* menunjukkan bahwa tegangan maksimal pada desain baru yaitu $4.3 \times 10^7 \text{ N/m}^2$. Maka, besar angka keamanan pada desain baru adalah sebagai berikut :

$$n = \frac{s}{\sigma} = \frac{3.25 \times 10^8}{4.3 \times 10^7} = 7.55$$

Sedangkan besar angka keamanan desain yang sudah ada dengan tegangan maksimal $2.38 \times 10^7 \text{ N/m}^2$ adalah sebagai berikut :

$$n = \frac{s}{\sigma} = \frac{3.25 \times 10^8}{2.38 \times 10^7} = 13.65$$

Angka keamanan pada desain baru dengan tegangan maksimal tertinggi adalah 7.55. Angka tersebut lebih rendah dari angka keamanan yang dimiliki desain yang sudah ada yaitu sebesar 13.65 dengan persentase penurunan sebesar 55.31%. Variabel yang digunakan untuk mewakili *strength* bukanlah *yield strength* namun *fatigue limit*. Meskipun tegangan yang terjadi di bawah harga *yield strength*, namun material masih berada pada daerah deformasi elastis, dan untuk standar keamanan yang lebih tinggi maka acuan yang digunakan adalah batas lelah (*fatigue limit*). Hal ini dikarenakan struktur *frame chassis micro car* pada kenyataannya tidak hanya menerima beban statis namun juga dinamis.

Dari hasil *displacement* yang terjadi pada desain menunjukkan bahwa desain baru memiliki *displacement* lebih besar (0.29 mm) dibandingkan desain yang sudah ada (0,11 mm). Meskipun *displacement* desain baru lebih besar dari desain yang ada tetapi jika dilihat dari faktor keamanan (SF) menunjukkan bahwa desain baru masih berada dalam batas aman.

3. Tinjauan Ekonomis

Berdasarkan analisis menggunakan *software SolidWorks* dapat diambil simpulan bahwa desain baru memiliki massa lebih ringan (36.58 kg) dibandingkan desain yang sudah ada (43.545 kg) dengan selisih 6.965 kg dan persentase penurunan sebesar 15.99%. Pada desain baru memiliki tegangan maksimal lebih besar dibandingkan tegangan maksimal pada desain yang sudah ada yakni $4.3 \times 10^7 \text{ N/m}^2$ sedangkan tegangan maksimal pada desain yang sudah ada adalah $2.38 \times 10^7 \text{ N/m}^2$, hal ini dikarenakan terjadi perubahan material yang mengakibatkan perubahan massa *frame*. Dengan demikian, angka keamanan desain baru dipastikan lebih kecil dari desain yang sudah ada tetapi masih memenuhi kriteria keamanan dari sebuah desain. Hal ini sesuai dengan tujuan penelitian yakni memperoleh desain *frame chassis micro car* baru lebih ringan namun tetap aman bagi penggunaannya. Tingkat keamanan dari desain baru dianggap cukup memenuhi kriteria keamanan serta massa dari desain yang ringan, bila dibanding desain yang sudah ada.

Massa *frame* berpengaruh pada biaya produksi. Hal ini berkaitan dengan volume material (baja) yang digunakan untuk menghasilkan sebuah *frame*. Volume baja yang digunakan untuk menghasilkan sebuah *frame* berbanding

lurus terhadap massa *frame*, sehingga semakin kecil massa *frame* yang dikehendaki maka, volume baja yang digunakan akan semakin sedikit. Desain baru yang memiliki massa yang cukup kecil, sehingga pada proses produksi membutuhkan volume material lebih sedikit dibanding desain yang sudah ada. Volume material yang lebih kecil akan mengurangi biaya produksi, sehingga secara umum biaya produksi tiap satuan menjadi lebih rendah. Biaya produksi akan menjadi lebih kecil bila *frame* tersebut diproduksi secara massal.

BAB V

SIMPULAN DAN SARAN

A. Simpulan

Hasil desain serta analisis yang telah dilakukan pada struktur *frame chassis micro car baru* memberikan beberapa *point* yang dapat ditarik sebagai kesimpulan, diantaranya sebagai berikut :

1. Desain baru dapat dihasilkan dengan mempelajari desain yang ada untuk kemudian dilakukan desain ulang sesuai kebutuhan.
2. Hasil desain ulang memiliki massa yang lebih rendah dibanding desain yang ada.
3. Hasil analisis menunjukkan bahwa tegangan maksimal yang terjadi masih berada pada daerah deformasi elastis atau masih di bawah harga *yield strength* material yaitu sebesar $4.3 \times 10^7 \text{ N/m}^2$.
4. Pada kekuatan las sudut, beban maksimum yang dapat ditahan oleh las sudut adalah sebesar 6150 kg.
5. Desain baru *frame chassis micro car* memiliki angka keamanan sebesar 7.55.
6. Desain ulang *frame chassis micro car baru* menghasilkan desain baru sesuai tujuan penelitian, yakni ringan namun tetap dapat memenuhi faktor keamanan.

B. Saran

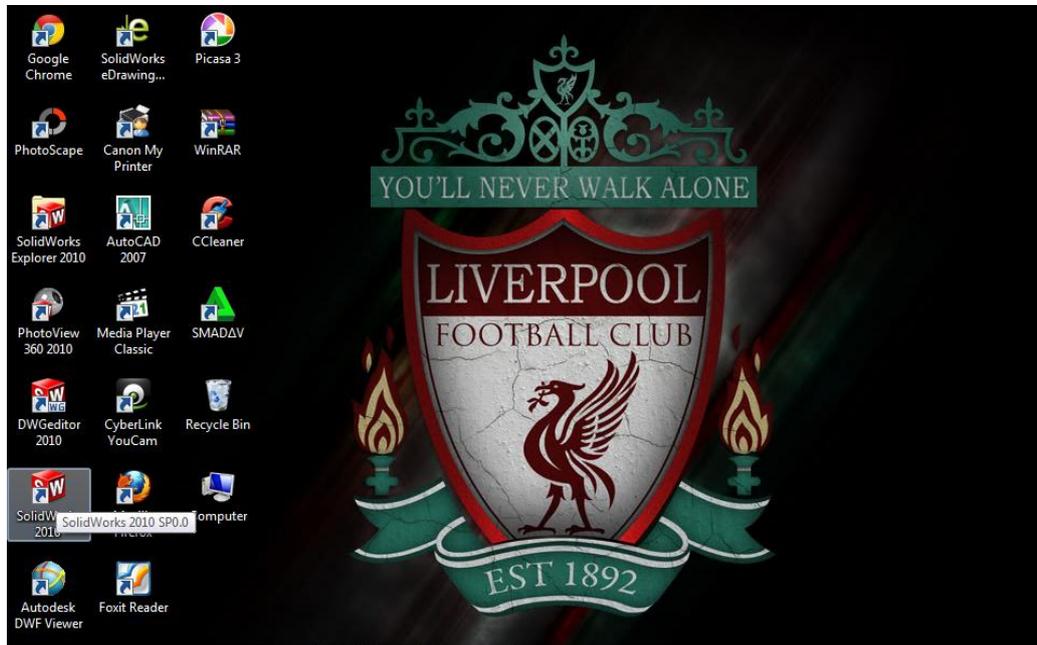
1. *Software-software* berbasis elemen hingga banyak jenisnya dan telah berkembang sedemikian pesat, maka dalam perkuliahan elemen hinggamahasiswa kiranya perlu dikenalkan dan mempraktekan *software-software* semacam ini.
2. Penggunaan *software* berbasis elemen hingga seperti *SolidWorks* akan membuka wawasan baru bagi peneliti sehingga dapat menyelesaikan permasalahan dengan lebih cepat.
3. Penggunaan *software* berbasis elemen hingga seperti *SolidWorks* dalam dunia industri merupakan bentuk pemanfaatan ilmu pengetahuan dan teknologi. Penggunaan *software* semacam ini dapat mengurangi *trial and error* pada perencanaan maupun pembuatan produk sehingga dapat menekan biaya produksi, resiko bahaya kerja, serta menghasilkan produk yang lebih berkualitas.

DAFTAR PUSTAKA

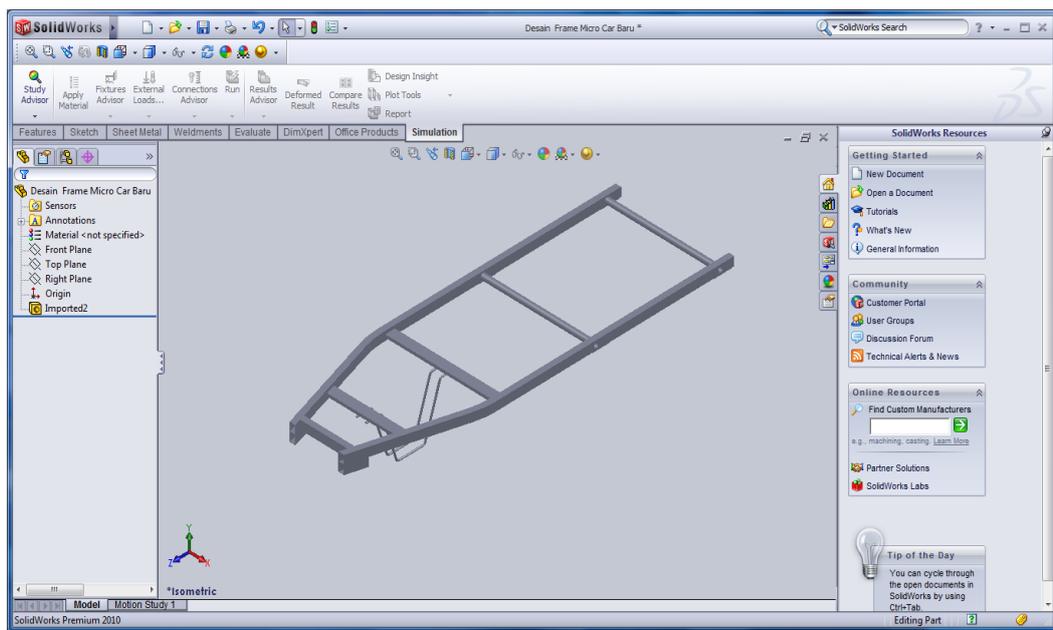
- Azom. 2012. *AISI 1015 Carbon Steel (UNS G10150)*. www.azom.com/article.aspx?ArticleID=6579 (Diunduh 25 Maret 2013).
- Daryanto. 2005. *Memahami dan Merawat Casis Mobil*. Bandung: Yrama Widya.
- Daryanto. 2005. *Teknik Servis Mobil*. Jakarta: Rineka Cipta.
- Jurk, Detlef. 2011. *Chassis Unit – Course: Motor Vehicle Engineering 1. Textbook for Vocational Training*. Berlin: Institut für berufliche Entwicklung.
- Prabowo, S. Agung. 2009. *Easy to Use: SolidWorks 2009*. Yogyakarta: Andi.
- Shigley, Joseph E. dan Larry D. Mitchell. 1991. *Perencanaan Teknik Mesin*. Jakarta: Erlangga.
- Suprpto, dan Suwahyo. 2008. *Buku Ajar Chasis dan Pemindah Daya*. Semarang: Jurusan Teknik Mesin Unnes.
- Surdia, T., dan Shinroku S. 2000. *Pengetahuan Bahan Teknik*. Jakarta: Pradnya Paramita.
- Tamin, Ofyar Z. 2000. *Perencanaan & Permodelan Transportasi*. Bandung: ITB.
- Tjitro, Soejono., Firdaus dan Duskiardi. 2001. E-Technology Sebuah Fenomena Integrasi Informasi Teknologi Dengan Product Design and Manufacturing. *Jurnal Teknik Mesin Universitas Kristen Petra*. Vol. 3, No. 2, Hal. 77-84.
- Wahjudi, D., dan San Shu G. 1999. Pemilihan Metode Perakitan dan Desain Produk untuk Meningkatkan Kinerja Perakitan di P.T. Indoniles Electric Parts. *Jurnal Teknik Mesin Universitas Kristen Petra*. Vol. 1, No. 1, Hal. 37-44.
- Yilmazcoban, K., dan Yasar K. 2011. Truck Chassis Structural Thickness Optimization with the Help of Finite Element Technique. *Journal of Science and Technology Sakarya University, Mech. Eng. Dept.* Vol. 1, Issue 3. Hal. 23-30.

Tutorial SolidWorks Simulation

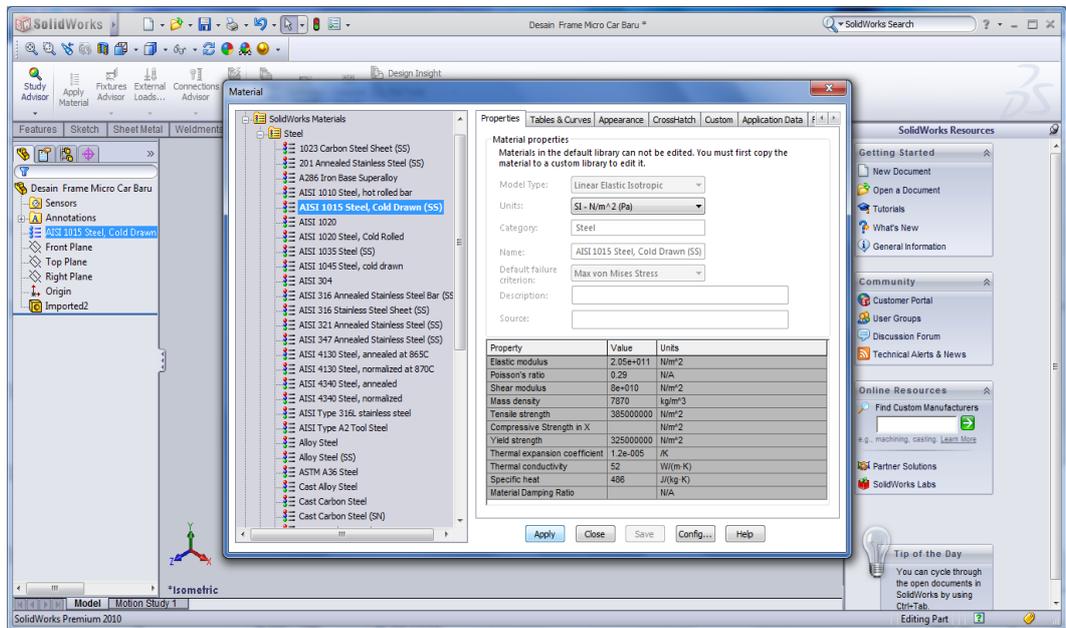
1. Klik icon SolidWorks pada tampilan desktop



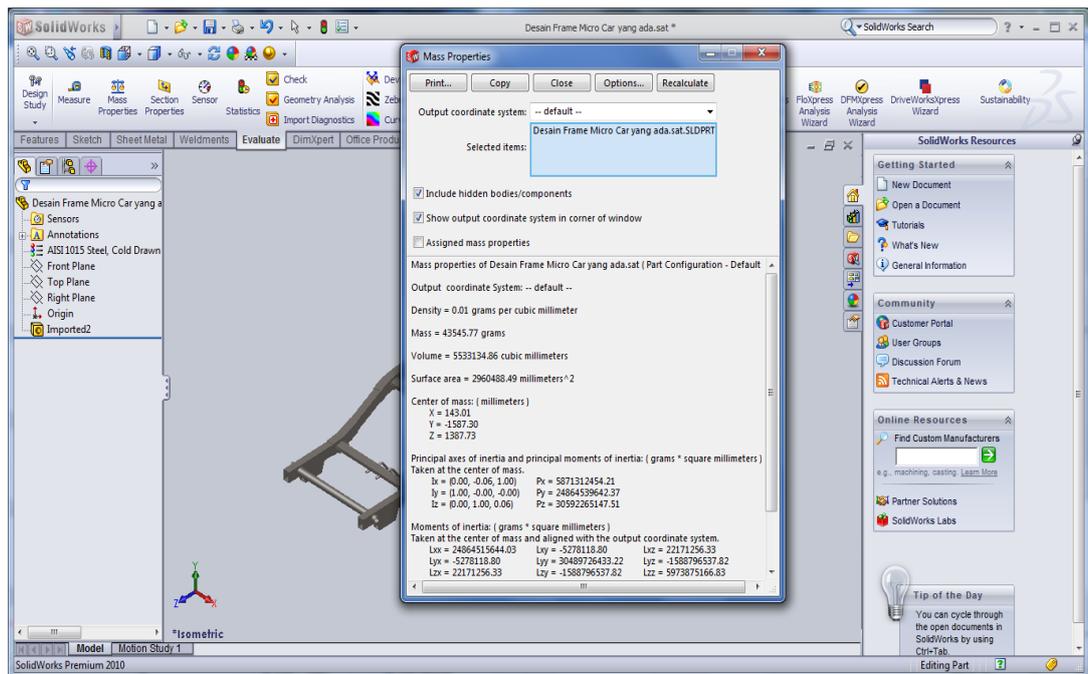
2. Buka objek yang akan diuji



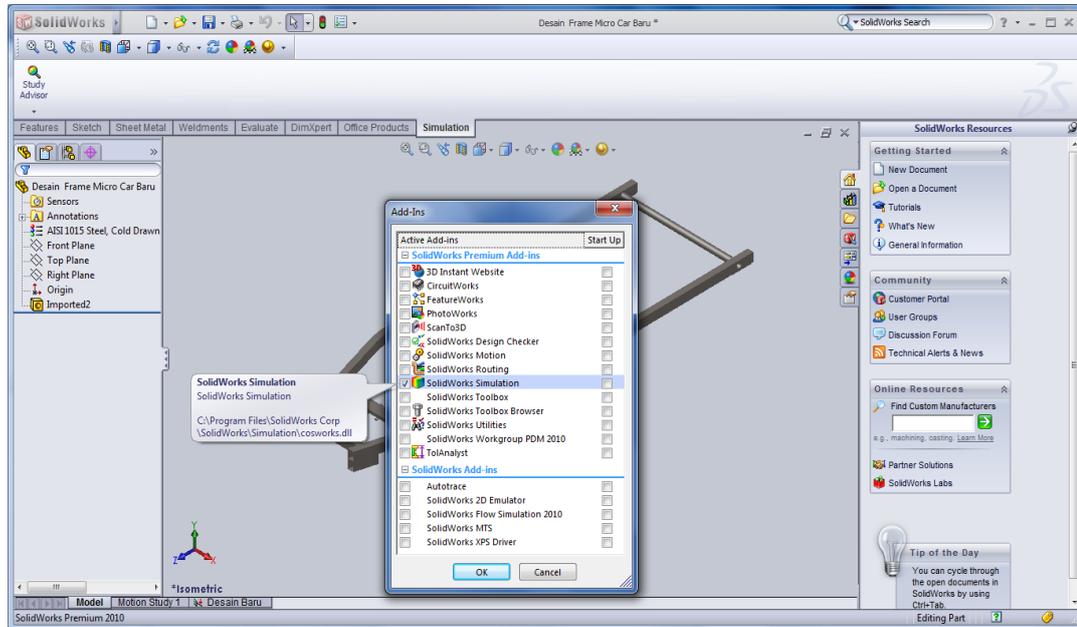
3. Apply material pada objek yang akan diuji



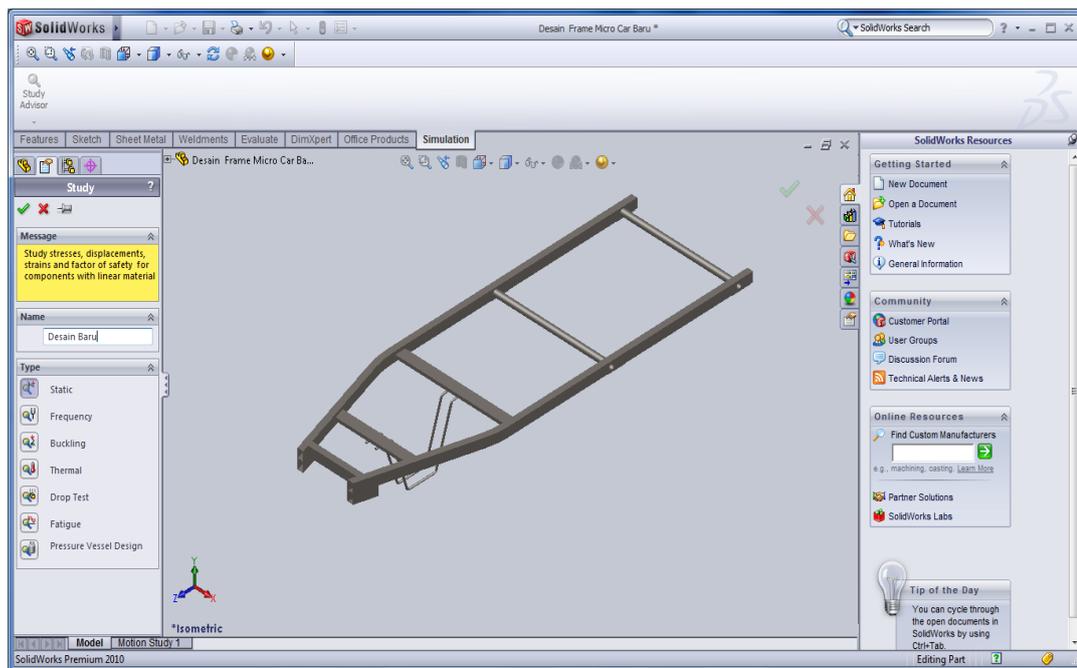
4. Melihat mass properties pada objek yang diuji



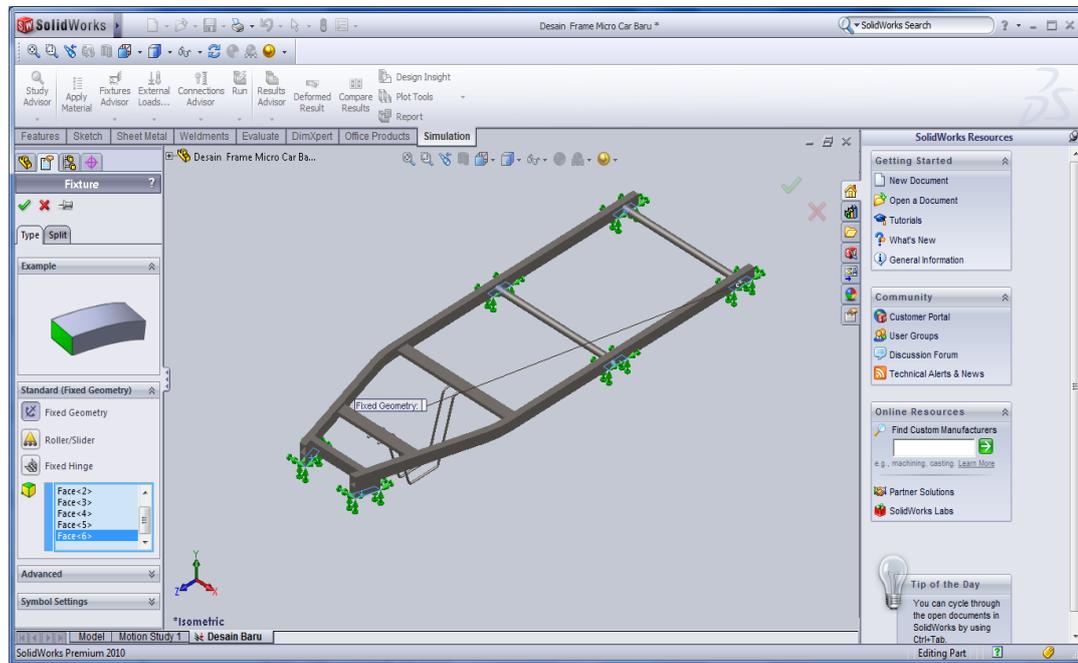
5. Pilih SolidWorks simulation pada menu SolidWorks office



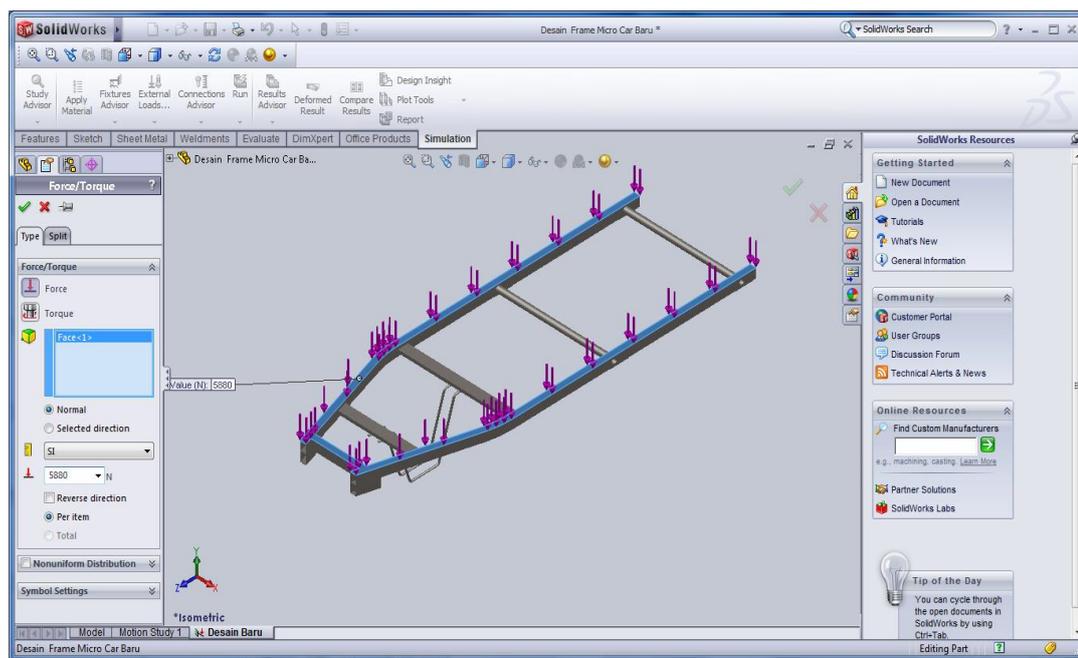
6. Membuat new study pada SolidWorks simulation



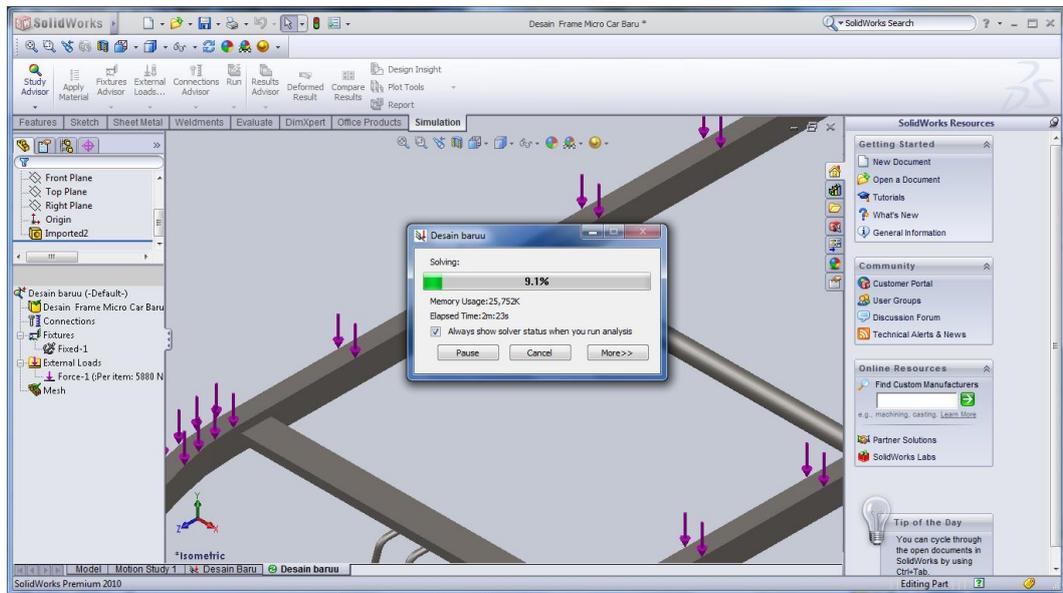
7. Menentukan fixture geometry



8. Memberikan beban yang diterima



9. Pengujian dilakukan





Stress analysis of Desain Frame Micro Car yang ada.sat

Note:

Do not base your design decisions solely on the data presented in this report. Use this information in conjunction with experimental data and practical experience. Field testing is mandatory to validate your final design. Simulation helps you reduce your time-to-market by reducing but not eliminating field tests.

Material Properties

No.	Body Name	Material	Mass	Volume
1	SolidBody 1(Imported2)	[SW]AISI 1015 Steel, Cold Drawn (SS)	43.5458 kg	0.00553313 m ³

Material name:	[SW]AISI 1015 Steel, Cold Drawn (SS)
Description:	
Material Source:	
Material Model Type:	Linear Elastic Isotropic
Default Failure Criterion:	Unknown
Application Data:	

Property Name	Value	Units	Value Type
Elastic modulus	2.05e+011	N/m ²	Constant
Poisson's ratio	0.29	NA	Constant
Shear modulus	8e+010	N/m ²	Constant
Mass density	7870	kg/m ³	Constant
Tensile strength	3.85e+008	N/m ²	Constant
Yield strength	3.25e+008	N/m ²	Constant
Thermal expansion coefficient	1.2e-005	/Kelvin	Constant

Thermal conductivity	52	W/(m.K)	Constant
Specific heat	486	J/(kg.K)	Constant
Hardening factor (0.0-1.0; 0.0=isotropic; 1.0=kinematic)	0.85	NA	Constant

Load

Load name	Selection set	Loading type	Description
Force-1 <Desain Frame Micro Car yang ada.sat>	on 10 Face(s) apply normal force 5880 N using uniform distribution	Sequential Loading	

Mesh Information

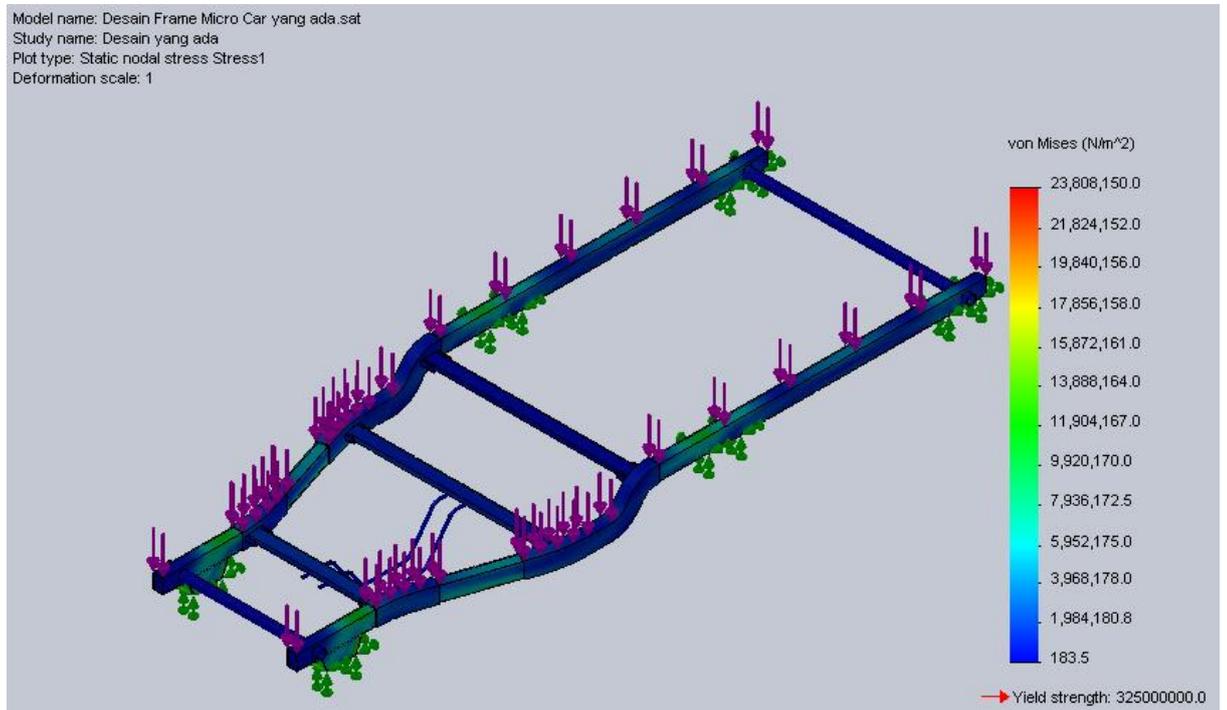
Mesh Type:	Solid Mesh
Mesher Used:	Standard mesh
Automatic Transition:	Off
Smooth Surface:	On
Jacobian Check:	4 Points
Element Size:	34.412 mm
Tolerance:	1.7206 mm
Quality:	High
Number of elements:	12638
Number of nodes:	25831

Time to complete mesh(hh:mm:ss):	00:00:54
Computer name:	USER-PC

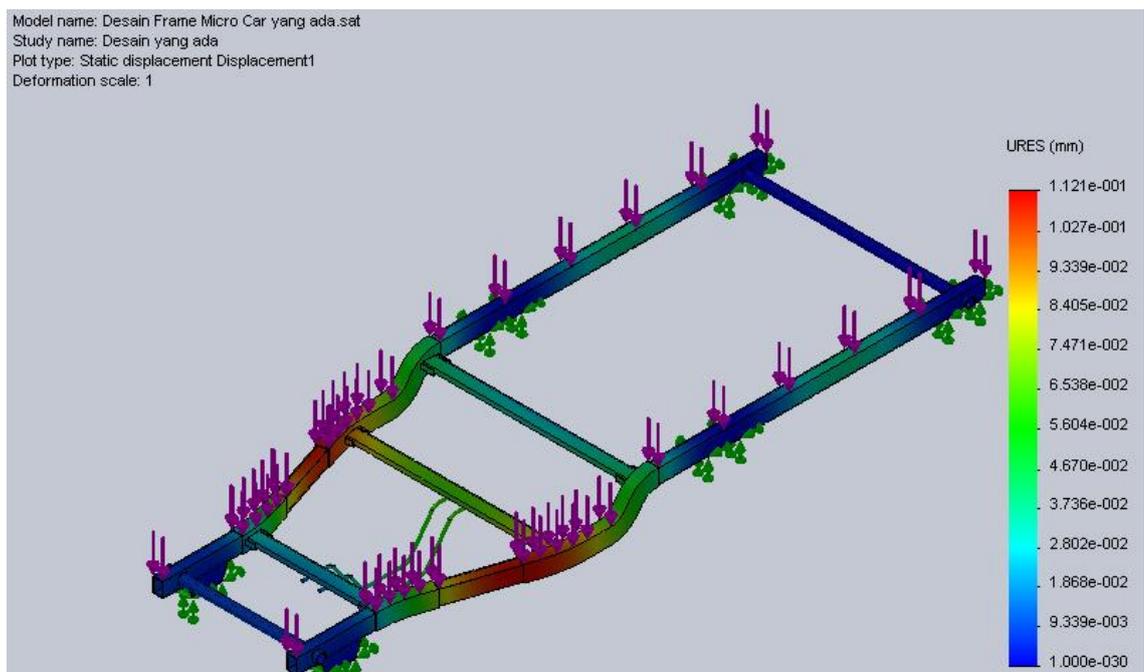
Study Results

Default Results

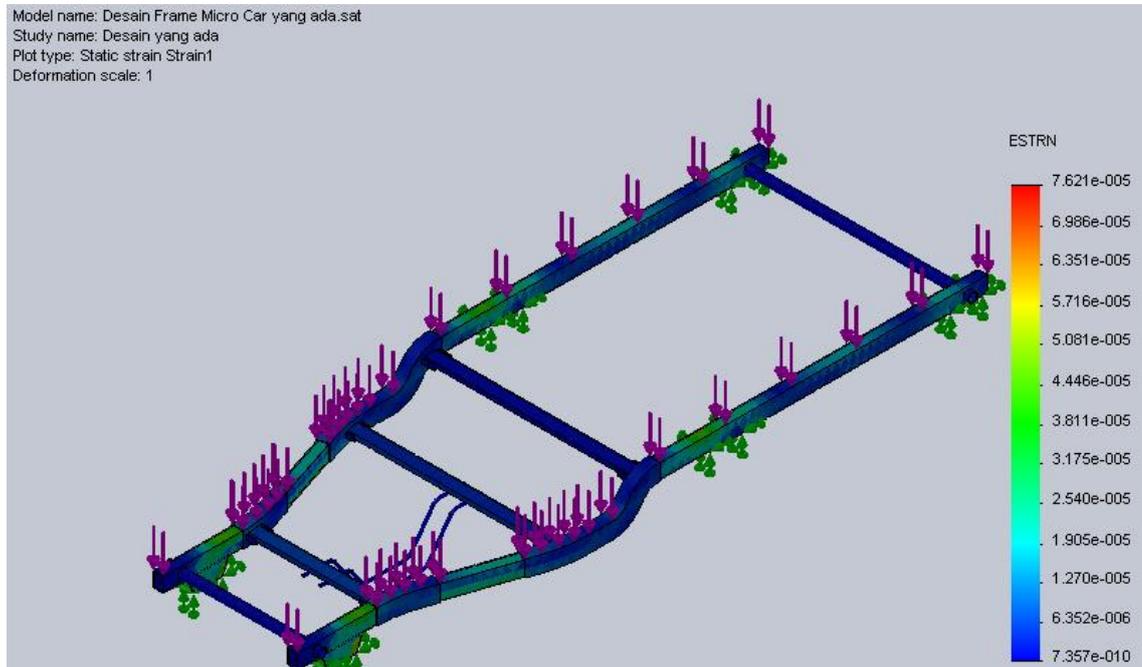
Name	Type	Min	Location	Max	Location
Stress1	VON: von Mises Stress	183.536 N/m ² Node: 24649	(295.147 mm, -1504.42 mm, 16.6882 mm)	2.38082e+007 N/m ² Node: 7372	(603.638 mm, -1551.94 mm, 1057.44 mm)
Displacement1	URES: Resultant Displacement	0 mm Node: 2129	(-147.978 mm, -1720.44 mm, 2310.37 mm)	0.112072 mm Node: 2411	(563.703 mm, -1663.56 mm, 1763.6 mm)
Strain1	ESTRN: Equivalent Strain	7.35653e- 010 Element: 7056	(304.587 mm, -1535.95 mm, 12.8129 mm)	7.62109e-005 Element: 9574	(-146.478 mm, -1661.2 mm, 2290.64 mm)



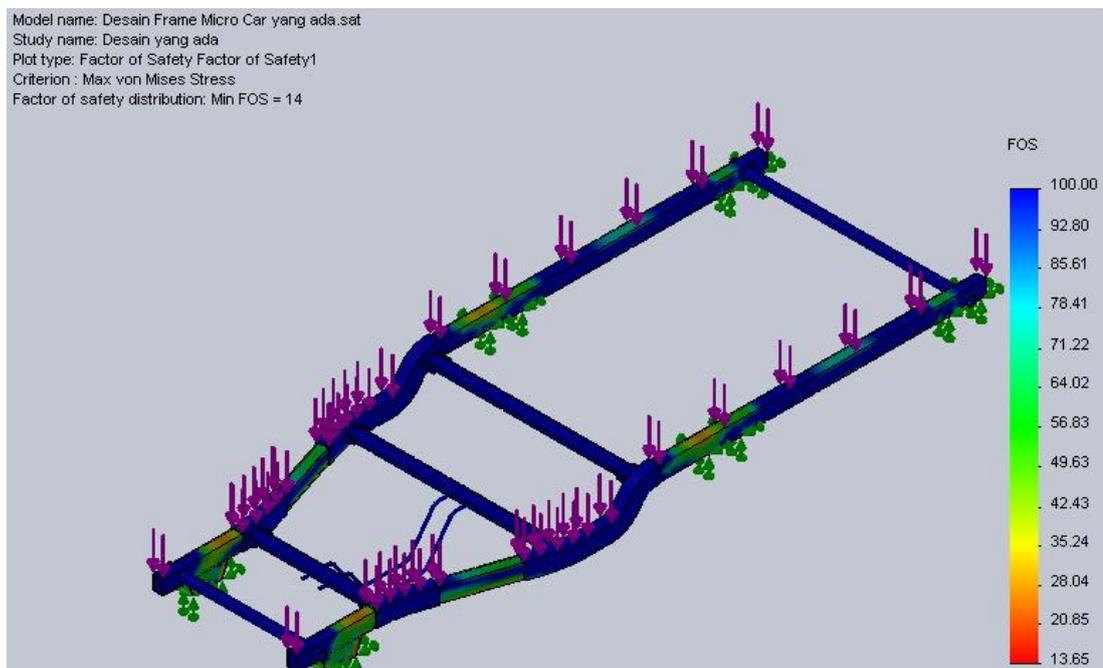
Desain Frame Micro Car yang ada.sat-Desain yang ada-Stress-Stress1



Desain Frame Micro Car yang ada.sat-Desain yang ada-Displacement-Displacement1



Desain Frame Micro Car yang ada.sat-Desain yang ada-Strain-Strain1



Desain Frame Micro Car yang ada.sat-Desain yang ada-Factor of Safety-Factor of Safety1



Stress analysis of Desain Frame Micro Car Baru

Note:

Do not base your design decisions solely on the data presented in this report. Use this information in conjunction with experimental data and practical experience. Field testing is mandatory to validate your final design. Simulation helps you reduce your time-to-market by reducing but not eliminating field tests.

Material Properties

No.	Body Name	Material	Mass	Volume
1	SolidBody 1(Imported2)	[SW]AISI 1015 Steel, Cold Drawn (SS)	36.5803 kg	0.00464807 m ³

Material name:	[SW]AISI 1015 Steel, Cold Drawn (SS)
Description:	
Material Source:	
Material Model Type:	Linear Elastic Isotropic
Default Failure Criterion:	Unknown
Application Data:	

Property Name	Value	Units	Value Type
Elastic modulus	2.05e+011	N/m ²	Constant
Poisson's ratio	0.29	NA	Constant
Shear modulus	8e+010	N/m ²	Constant
Mass density	7870	kg/m ³	Constant
Tensile strength	3.85e+008	N/m ²	Constant
Yield strength	3.25e+008	N/m ²	Constant
Thermal expansion coefficient	1.2e-005	/Kelvin	Constant

Thermal conductivity	52	W/(m.K)	Constant
Specific heat	486	J/(kg.K)	Constant
Hardening factor (0.0-1.0; 0.0=isotropic; 1.0=kinematic)	0.85	NA	Constant

Load

Load name	Selection set	Loading type	Description
Force-1 <Desain Frame Micro Car Baru>	on 1 Face(s) apply normal force 5880 N using uniform distribution	Sequential Loading	

Mesh Information

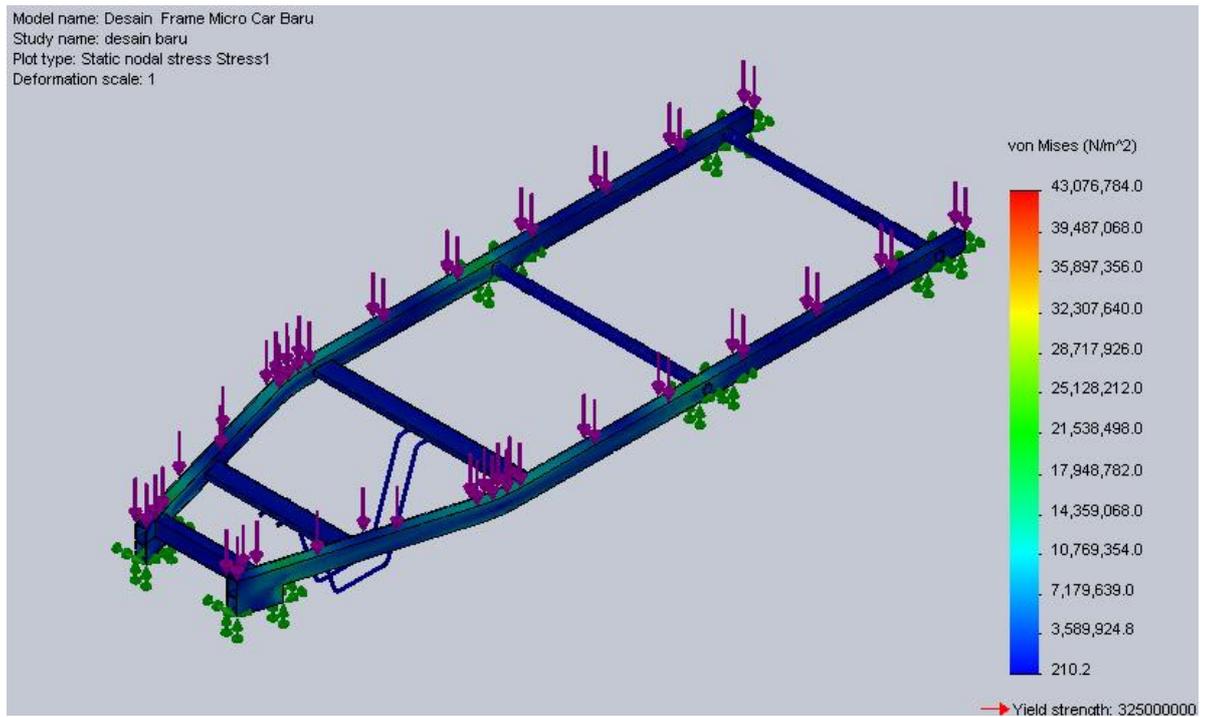
Mesh Type:	Solid Mesh
Mesher Used:	Standard mesh
Automatic Transition:	Off
Smooth Surface:	On
Jacobian Check:	4 Points
Element Size:	34.334 mm
Tolerance:	1.7167 mm
Quality:	High
Number of elements:	11386
Number of nodes:	23261

Time to complete mesh(hh:mm:ss):	00:00:43
Computer name:	USER-PC

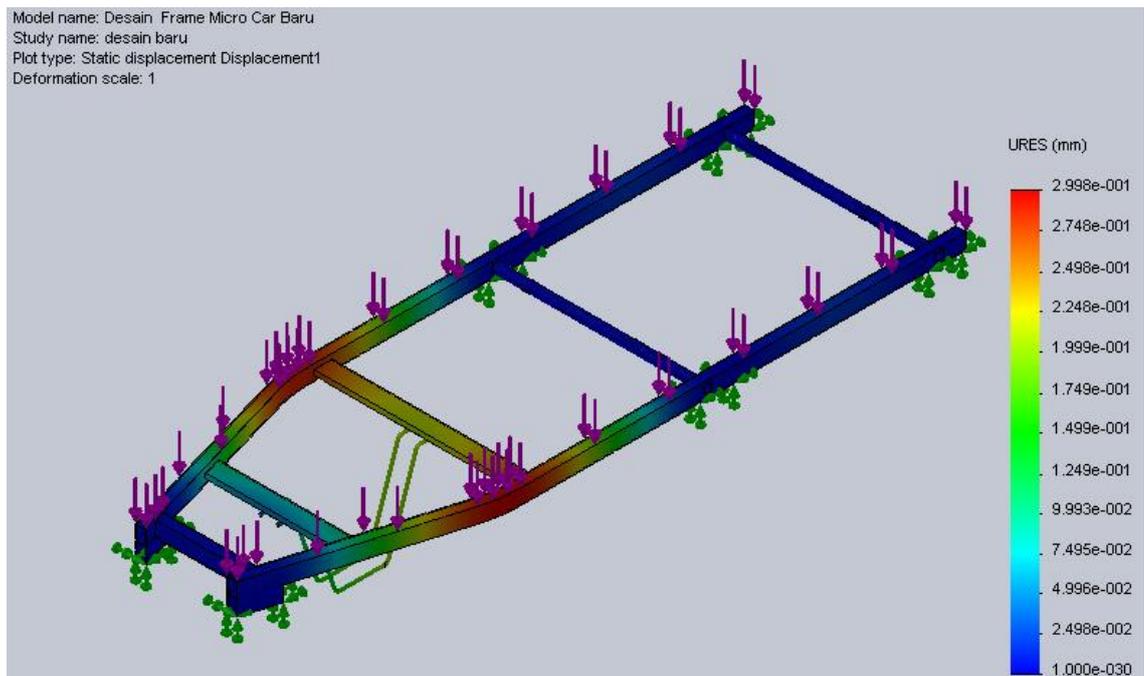
Study Results

Default Results

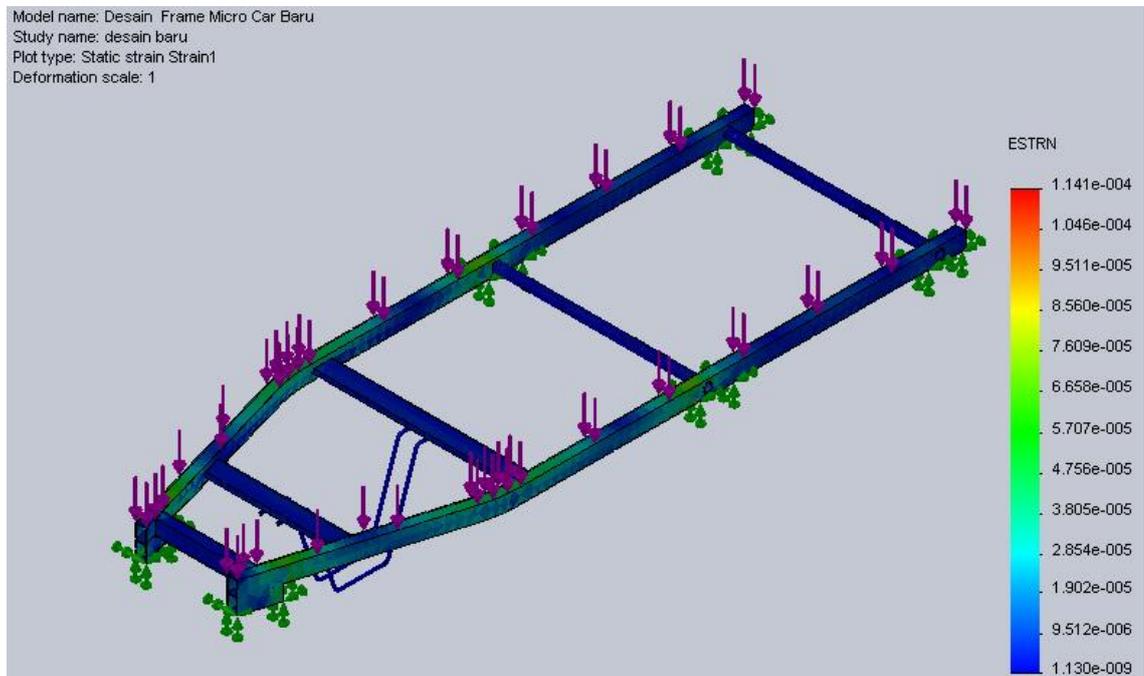
Name	Type	Min	Location	Max	Location
Stress1	VON: von Mises Stress	210.267 N/m ² Node: 21067	(2491.63 mm, -4299.59 mm, -1087.97 mm)	4.3076e+007 N/m ² Node: 6550	(2101.63 mm, -4313.77 mm, -167.975 mm)
Displacement1	URES: Resultant Displacement	0 mm Node: 1970	(2921.63 mm, -4315.27 mm, -1182.97 mm)	0.29989 mm Node: 3775	(2063.53 mm, -4282.58 mm, 574.623 mm)
Strain1	ESTRN: Equivalent Strain	1.13021e- 009 Element: 7190	(2742.59 mm, -4286.8 mm, -1080.88 mm)	0.000114118 Element: 7266	(2726.97 mm, -4312.27 mm, 1259.59 mm)



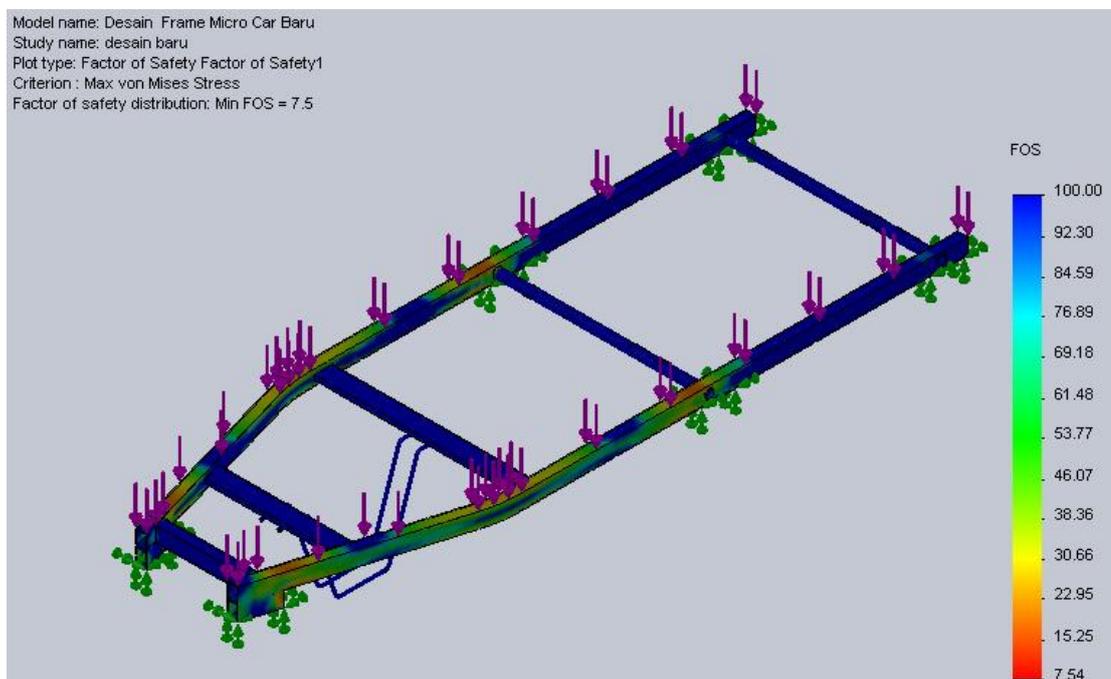
Desain Frame Micro Car Baru-Desain Baru-Stress-Stress1



Desain Frame Micro Car Baru-Desain Baru-Displacement-Displacement1



Desain Frame Micro Car Baru-Desain Baru-Strain-Strain1



Desain Frame Micro Car Baru-Desain Baru-Factor of Safety-Factor of Safety1