

**MODIFIKASI DESAIN CHASIS KENDARAAN HYBRID
PADA BUS SCANIA K360IB**

TESIS

Oleh :

**Riyan Ariyansah
5315220031**



**Diajukan Untuk Memenuhi Persyaratan
Dalam Menempuh Ujian Tugas Akhir Strata Dua (S2) Teknik Mesin**

**PROGRAM MAGISTER TEKNIK
FAKULTAS TEKNIK JURUSAN MESIN
UNIVERSITAS PANCASILA
JAKARTA**

2018

**MODIFIKASI DESAIN CHASIS KENDARAAN HYBRID
PADA BUS SCANIA K360IB**

TESIS

Oleh :

Riyan Ariyansah

5315220031



Diajukan Untuk Memenuhi Persyaratan
Dalam Menempuh Ujian Tugas Akhir Strata Dua (S2) Teknik Mesin

**PROGRAM MAGISTER TEKNIK
FAKULTAS TEKNIK JURUSAN MESIN
UNIVERSITAS PANCASILA
JAKARTA
2018**

PERNYATAAN KEASLIAN TESIS

Saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa tesis dengan judul:

MODIFIKASI DESAIN CHASIS KENDARAAN HYBRID PADA BUS SCANIA K360IB

Yang dibuat untuk melengkapi persyaratan kurikulum program Magister Teknik Mesin Universitas Pancasila guna memperoleh gelar Magister Teknik pada Bidang Studi Teknik Mesin sejauh yang saya ketahui bukan merupakan tiruan atau duplikasi dari thesis yang sudah dipublikasikan dan atau pernah dipakai untuk mendapat gelar Sarjana di Lingkungan Universitas Pancasila maupun di perguruan tinggi atau instansi manapun, kecuali bagian yang sumber informasinya dicantumkan sebagaimana mestinya.

Jakarta, Januari 2018



(Riyan Ariyansah)

5315220031

LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING

DIPERSYARATKAN UNTUK TESIS

Pembimbing



Prof. Ir. Djoko W. Karmiadji, MSME.,Ph.D

PERSETUJUAN PANITIA MAGISTER

NAMA

TANDA TANGAN

TANGGAL

Dr. Ismail, ST.,MT.


.....

3/2/2020
.....

(Ketua)¹

Dr.Ir. La Ode M. Firman, MT


.....

(Sekretaris)²

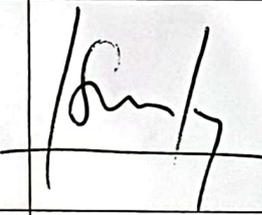
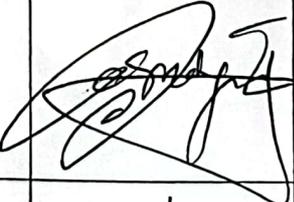
Nama : Riyan Ariyansah

NIM : 5315220031

Tanggal Lulus :

BUKTI PENGESAHAN PERBAIKAN TESIS

Nama : Riyan Ariyansah
 NIM : 5315220031
 Program Studi : Magister Teknik Mesin

No	NAMA	TANDA TANGAN	TANGGAL
1.	Pembimbing Prof. Ir. Djoko W. Karmiadi, MSME.,Ph.D		28 2 / 18
2	Ketua program Dr. Ismail, ST.,MT.		3 2 / 2018
3	Sekretaris program Dr. Ir. La Ode M. Firman, MT.		
4	Penguji I Prof. Drs. Syahabuddin, Msc.,Ph.D		27/2/2018
5	Penguji II Dr. Mahfudz Alhuda, M.Eng.,B.Eng.		1 3 / 2018
6	Penguji III Ir. Susanto Sudiro, Msc.,Ph.D		24 2 / 2018

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Pada saat ini bus merupakan sarana transportasi kendaraan yang menarik untuk digunakan sebagai transportasi darat, karena memiliki kemampuan untuk dapat membawa/memindahkan orang/penumpang dalam jumlah besar dan bus merupakan sarana transportasi yang mampu mengurai permasalahan transportasi masal selain kereta, maka diharapkan kedepannya dapat mengurangi kepadatan arus lalu lintas.

Bus merupakan sarana transportasi saat ini karena sangat banyak dipergunakan oleh perusahaan-perusahaan untuk keperluan antar jemput karyawan, anak sekolah baik untuk mengantarkan usai kerja/sekolah (SMP/SMA) maupun menjemput karyawan/anak sekolah dari tempat tinggal (pinggir jalan raya). Bus juga digunakan untuk antar kota antar provinsi. Mulai dari kota 1 (satu) ke kota 1 (satu).

Dimana bus mempunyai lambung yang digunakan untuk menampung manusia yang duduk dengan nyaman didalamnya. Bus juga dilengkapi rangka bodi sebagai penopang bodi bus secara keseluruhan. Rangka ini digunakan untuk menyambung dengan chasis bus. Maka tahap selanjutnya adalah menggabungkan rangka bus dengan chasis bus dengan menggunakan mur baut. Karena bila di las akan menimbulkan perubahan struktur material yang terjadi pada chasis. Struktur ini yang dipertahankan oleh karoseri bus, agar bila terjadi benturan dan terkena hujan tidak menimbulkan karat yang menyebabkan korosi pada material chasis.

Jika chasis utama mendapat perlakuan panas maka struktur logam, akan mempengaruhi kekuatan dari *chasis* tersebut. Oleh karena itu dipasanglah sebuah *bracket* yang dipasang di atas *chasis* dengan baut.[1] Selain itu pada saat pengabungan chasis juga tanki bahan bakar, baterai dan lain-lain dilepas agar tidak terjadi kebakaran.

Tangki, baterai, mesin semua terpasang di dalam sebuah rangka (*chasis*). Chasis adalah sebuah penopang kendaraan, mesin dan penumpang. Biasanya chasis terbuat dari kerangka baja yang memegang menopang bodi bus. Material tersebut harus memiliki kekuatan untuk menopang beban dari kendaraan. *Chassis* juga berfungsi untuk menjaga agar mobil tetap *rigid*, kaku dan tidak mengalami bending. Jenis-jenis chasis diantaranya adalah *ladder frame*, *tubular space frame*, *monoque*, *backbone chassis* dan *aluminium space frame*.

Perkembangan bus di Indonesia memasuki tren model bus jenis high deck. Hadirnya peraturan pemerintah nomor 55 tahun 2012 tentang kendaraan baru. Pada tahun 2014 – 2015 muncul karoseri menawarkan bus berlantai tinggi atau high deck (HD) baik itu high deck, SHD (single high deck) dan DD (double deck).

Pada saat ini perkembangan di dunia industri yang cukup ketat pada saat ini, mendorong perkembangan teknologi yang efisiensi dan inovasi dalam proses desain kendaraan dengan tidak mengabaikan kualitas yang dihasilkan. Dengan memanfaatkan teknologi modeling dengan menggunakan software CAD dalam melakukan perancangan dan menggunakan software CAE sebagai pengujian pembebanan untuk mengetahui kinematika, dinamika serta analisa struktur bus, merupakan hal yang tidak bisa dihindari lagi dalam mendesain. Melakukan

perhitungan teoritis untuk memperbaiki struktural dan desain frame yang optimal yang berpengaruh terhadap getaran dan pengujian dinamis. [2]

Dengan menggunakan pengujian elem hingga maka dapat menganalisa frame bus dengan kondisi beban dan bending penuh, sehingga terjadi deformasi frame dan mengetahui distribusi tegangan. [3] Bahwa chasis yang optimal mampu meningkatkan stabilitas dan memperbaiki kondisi tumpuan. [4]

Berdasarkan latar belakang diatas maka akan dilakukan perancangan struktur bus *hybrid* pada saat ini memanfaatkan teknologi CAD sebagai tahap design dan dilakukan pengujian dengan software CAE untuk menganalisis tegangan dan regangan. Pemanfaatan model ini memberikan sisi efisien yaitu dengan teknologi, meningkatkan akurasi saat pembuatan komponen produk, yang ada di CAD dapat dimanfaatkan untuk simulasi, maka penelitian akan mengambil judul “Modifikasi Desain Chasis *Hybrid* pada Bus Scania K360IB 4x2”.

1.2 Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas perlu diadakan indentifikasi masalah yang dipengaruhi, oleh desain chasis bus *hybrid* yang kuat dan kokoh dan baik dari sisi kontruksi degin rangka untuk menetapkan dan menaruh beban pada kendaraan. Berdasarkan uraian tersebut, maka dapat diidentifikasi parameter statik, chasis kendaraan sebagai berikut :

- Mendapatkan desain chasis kendaraan bus *hybrid* yang sesuai.
- Mendapatkan bentuk chasis kendaraan bus *hybrid* yang dapat meredam getaran.

1.3 Perumusan Masalah

Penelitian ini bermaksud untuk menjawab dua pertanyaan pokok yang ingin dipecahkan yaitu:

- Mengkaji desain chasis kendaraan bus *hybrid* yang aman dalam pembebanan kendaraan (penumpang dan penempatan mesin).
- Bagaimana mendapatkan chasis kendaraan bus *hybrid* baik dari konstruksi desain rangka, *safety factor*.

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian yang hendak dicapai yaitu:

- Menentukan pilihan varian terbaik dalam mendesain *chasis* kendaraan bus *hybrid*, yang dilihat dari beberapa faktor terutama dari *stress von mises*, *analisis displacement*, dan analisis *strain*.
- Seberapa besar tegangan yang terjadi pada chasis bus.
- Mendapatkan penempatan baterai, mesin, dan tangki yang optimal.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian yang hendak dicapai yaitu:

- Sudah dapat gambaran, ukuran, perhitungan dari rancangan bentuk, profil, dan material konstruksi desain chasis kendaraan bus *hybrid*.
- Dapat menentukan pilihan varian terbaik dalam perancangan chasis kendaraan bus *hybrid* yang dilihat dari beberapa faktor terutama dari *safety factor* dan aman.

- Dapat membuat gambar teknik, chasis kendaraan bus *hybrid* untuk varian terbaik.

1.6 Parameter penelitian dan Variabel Bebas

Parameter dalam penelitian ini yang hendak dicapai yaitu:

- Variabel terikat dalam penelitian ini adalah fungsi dari kendaraan bus *hybrid* seperti : bentuk chasis, dan rasa aman pada saat terjadi pembebanan kendaraan penempatan mesin dan baterai).
- Variabel bebas dalam penelitian ini adalah dimensi *chasis* dan pembebanan kendaraan (penempatan mesin dan baterai).

1.7. Batasan dan Ruang Lingkup Penelitian

- Dalam penelitian ini dibatasi hanya konstruksi desain rangka, *safety*, pembebanan kendaraan (penempatan mesin dan baterai) konsep perancangan menggunakan urlih & eppinger. Kemudian menggambar desain chasis kendaraan bus *hybrid* menggunakan *Software Pro-Engineering*, Yaitu *CAD (Computer-Aided Design)* dan *CAE (Computer-Aided Engineering)*.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Chassis

Chassis adalah rangka yang berfungsi sebagai penopang berat kendaraan, mesin serta penumpang. Biasanya *chassis* terbuat dari kerangka baja yang memegang bodi dan *engine* dari sebuah kendaraan [1]. Saat proses manufaktur bodi kendaraan dibentuk sesuai dengan struktur chassisnya. *Chassis* mobil biasanya terbuat dari logam ataupun komposit. Material tersebut harus memiliki kekuatan untuk menopang beban dari kendaraan. *Chassis* juga berfungsi untuk menjaga agar mobil tetap *rigid*, kaku dan tidak mengalami bending [2].

Komponen Utama *Chassis*:

1. *Frame*

Frame adalah struktur dari beberapa batang yang dihubungkan dengan sambungan (*pin* ataupun *rigid joint*) dimana pada *frame* ini terdapat variasi gaya aksial, gaya lintang dan momen pada batang itu sendiri.

Lain halnya dengan truss yang merupakan struktur yang dibentuk dari batangan – batangan yang pada kedua ujung masing – masing batang dihubungkan oleh *pin*. Pada truss ini beban terletak di titik sambungan atau *joint* dimana batang hanya mampu menerima beban aksial (batang 2 gaya).

2. Dudukan mesin

Dudukan mesin merupakan tempat yang utama dalam peletakan mesin pada suatu kendaraan dan juga harus disesuaikan dengan model kendaraan yang dibuat.

2.2 Jenis – Jenis Chassis

Chassis memiliki beberapa jenis diantaranya:

1. *Ladder frame*
2. *Tubular space frame*
3. *Monocoque*
4. *Backbone chassis*
5. *Aluminium space frame*

2.2.1 Ladder Frame

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

Ladder frame merupakan *chassis* paling awal yang digunakan sekitar tahun 1960-an, namun sampai sekarang masih banyak kendaraan yang menggunakan *chassis* jenis ini terutama kendaraan jenis SUV. Bahan material yang paling umum untuk jenis *Ladder frame* ini adalah material dengan bahan baja ringan [3].

Dua batang memanjang tersebut merupakan bagian yang utama untuk menahan beban longitudinal akibat percepatan dan pengereman. Kemudian batang yang melintang hanya menahan agar chassis tetap dalam keadaan rigid/kaku. Berikut adalah salah satu contoh Ladder Frame modern yang biasa digunakan pada mobil pickup dan SUV dapat dilihat pada gambar 2.1.

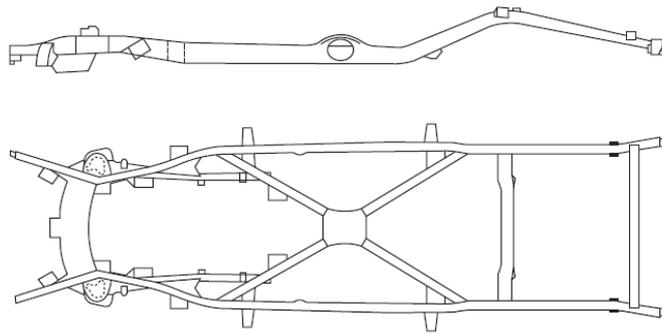


Gambar 2.1 Ladder Frame

Dalam hal lain untuk chassis Ladder Frame ini ada juga penambahan komponen untuk lebih menguatkan chassis yaitu dengan cara penambahan penguatan palang X. Hal ini dimungkinkan untuk merancang kerangka untuk membawa beban torsi di mana tidak ada unsur frame dikenakan saat torsi. Palang X yang ditunjukkan pada gambar di bawah ini terbuat dari dua balok lurus dan hanya akan memiliki beban lentur diterapkan pada balok.

Jenis frame ini memiliki kekakuan torsi yang baik terbagi di pusat rancangan frame ladder. Perlu dicatat bahwa beban lentur maksimum terjadi pada bagian sambungannya oleh karena itu bagian sambungan (joint) menjadi

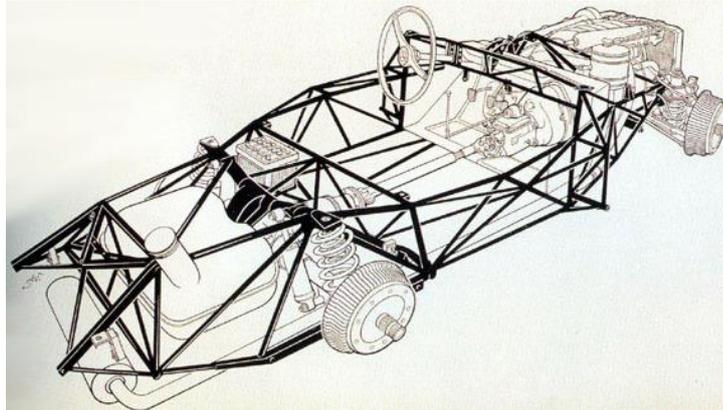
kritis. Menggabungkan sifat dari penguatan palang X dengan ladder frame membantu dalam memperoleh kedua sifat baik beban lentur dan torsi. Dapat dilihat pada gambar 2.2 balok silang di bagian depan dan belakang tidak hanya membantu pada saat terjadi torsi tetapi juga membantu dalam membawa beban lateral dari suspensi titik pemasangan.



Gambar 2.2 Ladder Frame dengan palang X

2.2.2 Tubular Space Frame

Berdasarkan salah satu jenis metode chassis terbaik yang kekuatan luluhnya sangat bagus di perlindungan kekakuan torsional, ketahanan beban berat, dan beban impak, frame ini juga mudah untuk di desain dan cukup lumayan sulit dalam membangunnya. Desain ini membuat bentuknya sempurna untuk kebanyakan aplikasinya di kompetisi balap Formula Sae untuk proyek mobil dan bahkan mobil balap kecil. Sebagai contoh pada gambar 2.3 di bawah ini.



Gambar 2.3 Tubular Space Frame

Dalam struktur jenis ini sangat penting untuk memastikan semua bidang sepenuhnya triangulasi sehingga elemen balok dasarnya dimuat dalam ketegangan atau kompresi. Oleh karena sambungan las, beberapa hambatan lentur dan torsi akan terjadi pada sambungannya, dengan mengandalkan pembatasan tersebut akan membuat struktur jauh lebih kaku.

Tubular Space Frame memakai berbagai macam pipa circular (kadang – kadang dipakai bentuk squaretube agar mudah disambung, meskipun begitu bentuk circular memiliki kekuatan begitu besar). Posisinya yang berbagai arah menghasilkan kekuatan mekanikal untuk melawan gaya dari berbagai arah. Pipa tersebut dilas sehingga terbentuk struktur yang kompleks.

2.2.3 Monocoque

Monocoque merupakan satu kesatuan stuktur chassis dari bentuk kendaraannya sehingga chassis ini memiliki bentuk yang beragam yang menyesuaikan dengan body mobil. Meskipun terlihat seperti satu kesatuan dari rangka dan body mobilnya, namun sebenarnya chassis ini dibuat dengan

menggunakan pengelasan melalui proses otomasi sehingga hasil pengelasan yang berbentuk sempurna dan terlihat seperti tidak ada hasil pengelasan. [6]

Material yang digunakan adalah baja sedangkan pada chassis lain digunakan campuran material antara baja dengan aluminium sehingga bobotnya lebih ringan. Kelemahan lainnya adalah tidak mungkin untuk pembuatan mobil bersekala kecil karena membutuhkan proses produksi menggunakan robot. Sebagai contoh dapat dilihat pada gambar 2.4. Dimana chassis ini terlihat kesatuan struktur yang menyawa mulai dari bagian depan hingga belakang dimana merupakan produk massal untuk kebutuhan transportasi pada umumnya. [6]



Gambar 2.4 Chassis Monocoque

2.2.4 Backbone

Ini adalah aplikasi langsung dari teori jenis rangka pipa. Ide awalnya adalah dengan membuat struktur depan dan belakangnya yang terhubung dengan sebuah rangka tube yang melintang disepanjang mobil. Tidak seperti transmisi tunnel, chassis backbone ini hampir seluruhnya adalah struktur kaku dan dapat menahan semua beban. Ini terdapat beberapa lubang yang kontinu. Karena begitu sempit diindingnya umumnya dibuat tebal. Chassis Backbone memiliki kekakuan dari luas area bagian „backbone. itu sendiri. Ukuran luas

penampangnya sekitar [6]. Beberapa jenis chassis mengintegrasikan jenis chassis backbone ini ke struktur utama seperti mobil “Locost”. Bentuk rancang bangun chassis jenis tipe ini adalah tetap dengan mengandalkan backbone tetapi dengan menambahkan srtuktur tambahan untuk lebih mengkakukan backbone itu sendiri seperti balap mobil DP1.

Harus dicatat bahwa chassis backbone ini bisa di buat dalam berbagai bentuk konstruksi. Space Frame Triangular, chassis monocoque angular ataupun tube kontinu. Semua jenis chassis ini digunakan dalam memproduksi sebuah mobil. Hampir semua motor penggerak belakang dan penggerak depan mengizinkan chassis backbone ini untuk cover dari transmisi dan ruang poros penggerak.

Chassis Backbone Space Frame Hybrid

Balapan DP1 menggunakan space frame untuk membangun sebuah struktur chassis backbone. Juga ada ruang mesin dan ruang *cockpit*. Secara umum ini tidak menyerupai struktural tetapi oleh karena penyatuan alami dari balapan DP1 dan kekakuan chassis backbone yang triangular. Berikut chasis *backbone* yang ditunjukkan pada gambar 2.5.



Gambar 2.5 Chassis Backbone

2.2.5 Aluminium Chassis Frame

Chassis jenis ini pertama kali dikembangkan oleh perusahaan mobil Audi bersama-sama dengan perusahaan pembuat aluminium Alcoa. Aluminium Chassis Frame dibuat untuk menggantikan chassis baja monocoque karena untuk menghasilkan sebuah rangka yang ringan [7]. Aluminium Space Frame diklaim 40% lebih ringan dibanding dengan rangka baja monocoque namun 40% lebih rigid. Berikut adalah Aluminium Chassis frame yang ditunjukkan pada gambar 2.6.



www.alamy.com - ED8KXX

Gambar 2.6 Aluminium Chassis Frame

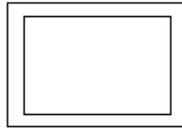
Demikianlah beberapa jenis daripada chassis, oleh karena itu adapun tipe chassis mobil Mesin USU yang akan di analisis dengan menggunakan adalah tipe chassis Tubular Chassis Frame, karena terdapat bentuk batangan hollow sebagai rangkanya dan juga bentuk posisi yang menghasilkan kekuatan mekanikal untuk melawan gaya dari berbagai arah.

Batangan hollow ini berbentuk tubesquare dilas sehingga terbentuk struktur yang kokoh.

2.3 Perhitungan Rangka

Perhitungan berat keseluruhan rangka Kotak *hollow*

Volume rangka Kotak *hollow*



Gambar 2.7 Dimensi profil kotak *hollow*

Volume kotak hollow dalam atau luar

$$V_{\text{Dalam}} = S \times S \times L \quad (2.1)$$

Dimana : $V = \text{volume (m}^3\text{)}$

$S = \text{sisi (m)}$

$L = \text{Luas keseluruhan (m}^2\text{)}$

Volume kotak hollow total:

$$\text{Volume Total} = V_l - V_d \quad (2.2)$$

Dimana : $V_l = \text{Volume luar (m}^3\text{)}$

$V_d = \text{Volume dalam (m}^3\text{)}$

Berat kotak hollow total:

$$W = V_{\text{total}} \times \text{massa jenis} \quad (2.3)$$

Untuk mencari berat besi polos (tanpa ulir)

Berat Volume besi (m^3) = Luas lingkaran Penampang Besi x Panjang Besi

$$(1/4 \cdot \pi \cdot D^2) \times \text{Panjang Besi} \times \text{Berat Jenis}$$

Berat keseluruhan rangka

$$W = V_{Total} \times D \quad (2.4)$$

Dimana :

W = Berat keseluruhan (m^3)

Vtotal = Volume keseluruhan (m^3)

D = Density

Perhitungan kesetimbangan pada profil rangka Kotak *hollow*

Pada sumbu Y: (2.5)

$$Y = \frac{A1 \times Y1 + A2 \times Y2 + A3 \times Y3 + A4 \times Y4}{A1 + A2 + A3 + A4}$$

Pada sumbu X: (2.6)

$$X = \frac{A1 \times X1 + A2 \times X2 + A3 \times X3 + A4 \times X4}{A1 + A2 + A3 + A4}$$

Moment

$$M = F \cdot d \quad (2.7)$$

Dimana:

M = momen ($kg \cdot m/s$)

F = gaya ($kg \cdot m/s^2$)

d = Jarak terjadinya gaya dengan titik berat benda (s)

Tegangan geser

$$\tau_g = \frac{V}{A} \quad (2.8)$$

Dimana :

τ_g = tegangan geser (N/m^2)

V = Resultan internal gaya geser (kg.f)

A = Luas permukaan (m^2)

Momen Inersia

$$I_y = \int x^3 d.A \quad (2.9)$$

Dimana :

I_y = momen inersia pada sumbu y (kg.m^2)

$\int x$ = integral pada sumbu x (m^2)

d (b) = Tinggi rangka batang (m^2)

A (h) = Luas penampang (m^2)

Bentuk permukaan

$$C = \frac{h}{2} \quad (2.10)$$

Dimana :

C = bentuk permukaan (kg)

h = lebar keseluruhan (m)

Tegangan permukaan

$$\sigma = \frac{M.c}{I} \quad (2.11)$$

σ = Tegangan Permukaan (N/m^2)

M = momen (kg.m/s)

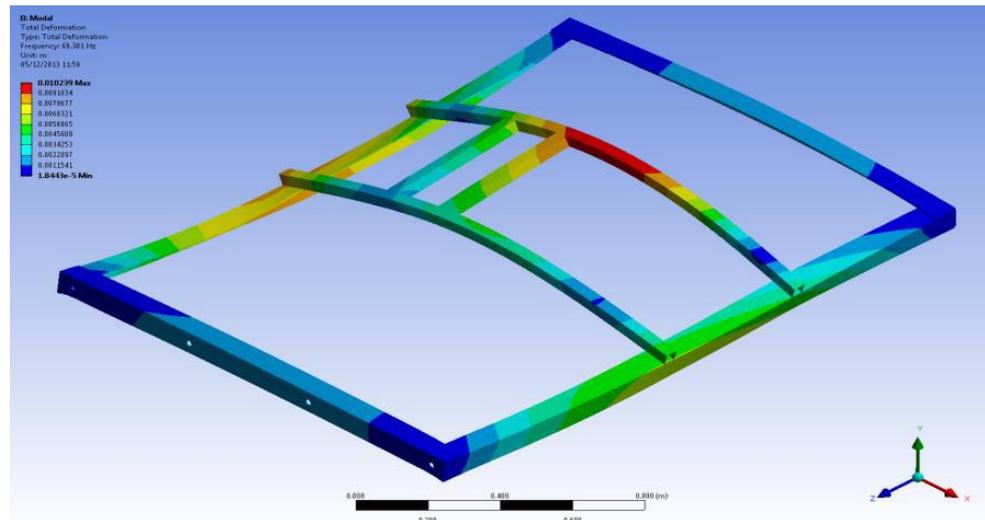
c = bentuk permukaan (kg)

I = momen inersia (kg.m/s)

2.4 Perangkat Lunak Analisis Elemen Hingga

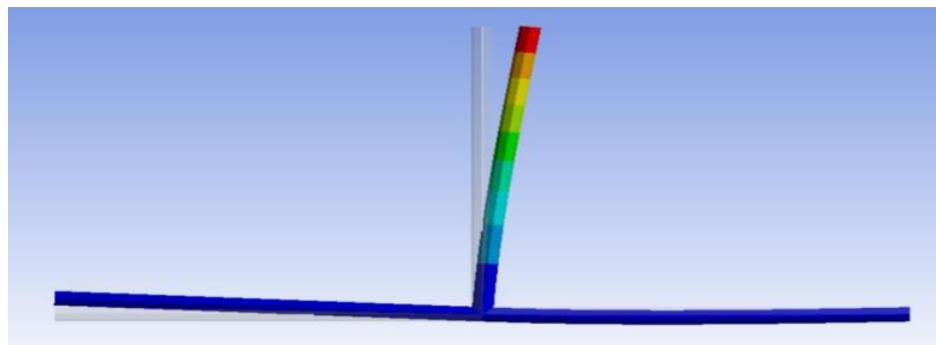
Elemen hingga adalah idealisasi matematika terhadap suatu sistem dengan membagi objek menjadi elemen-elemen diskrit yang kecil dengan bentuk yang simpel. Metode elemen hingga adalah teknik yang sangat dominan pada structural mechanics. Ada banyak perangkat lunak analisis elemen hingga yang digunakan di industri saat ini dari beraneka disiplin ilmu teknik termasuk *mechanical engineering*. Dan solusi yang tepat untuk masalah-masalah itu adalah “CAD/ CAE”. CAD (*Computer Aided Design*) atau Merancang Berbantuan Komputer adalah proses perancangan model yang cepat dan akurat, sedangkan CAE (*Computer Aided Engineering*) atau Rancang-Bangun Berbantuan Komputer adalah proses analisis dan simulasi tegangan yang mudah dan efektif. [10]

Teknologi *Computer Aided Engineering* (CAE) kemampuan untuk menganalisis fungsi dari desain CAD. Dimana CAE untuk mensimulasikan beberapa jenis pengujian diantaranya analisis kinematika dan kecepatan secara mekanis. Salah satu metode yang paling populer dari analisis menggunakan metode elemen hingga (FEM). Dimana pendekatan ini untuk menentukan stress, deformasi, perpindahan panas, distribusi tegangan dan medan magnet.



Gambar 2.8 contoh pengujian pada rangka

Persamaan memungkinkan untuk menghubungkan dari berbagai model persamaan. Persamaan untuk menghubungkan derajat kebebasan (DOF) dari beberapa titik. Gambar 2.9 pengujian dengan menggunakan derajat kebebasan.



Gambar 2.9 pengujian derajat kebebasan.

2.4.1 Pro-Engineering

Tahap ini merupakan akhir metode perancangan sistematis yang berupa presentasi hasil. Pada langkah kerja ini, dilakukan pekerjaan-pekerjaan, merinci gambar akhir, termasuk gambar terperinci mengenai tiap-tiap bagian/ elemen dari produk. Pada akhir tahap ini dievaluasi kembali

Part adalah sebuah *object* tiga dimensi yang terbentuk dari *feature-feature*. Sebuah *part* bisa menjadi sebuah komponen pada suatu *assembly*, dan juga bisa digambarkan dalam bentukan dua dimensi pada sebuah *drawing*. *Feature* adalah bentukan dan operasi-operasi yang membentuk *part*. *Base feature* merupakan *feature* yang pertama kali dibuat. *Extension* file untuk *part Pro Engineer* adalah .PRT.

2. *Assembly*

Assembly adalah sebuah *document* dimana *part*, *feature* dan *assembly* lain (*Sub Assembly*) dipasangkan/disatukan bersama. *Extension* file untuk *Pro Engineer assembly* adalah .ASM.

3. *Drawing*

Drawing adalah *templates* yang digunakan untuk membuat gambar kerja dua dimensi dari *single component (part)* maupun *assembly* yang sudah kita buat. *Extension* file Untuk *Pro Engineer drawing* adalah .DRW.

2.5 Spesifikasi Bus

2.5.1 Bus Scania

Chasis yang digunakan adalah tipe chasis space frame, kapasitas tang 310 liter bahan *polyethylene*, Depan (2) dan belakang (4) balon udara dengan tugas berat penyerap guncangan. Anti-roll bar di kedua as roda. Total menaikkan dan menurunkan suspensi. Sistem kelistrikan Alternator : 150A + 150A, *Master Switch*: Terletak di baterai, Baterai : 2 x 220 kapasitas Ah (bebas perawatan). 295/80 R22.5 tubeless ban pada 9.00 x 22,5 rims di bagian depan dan belakang dengan cadangan, pelindung percikan, penutup hub depan.

SPESIFIKASI TEKNIS

- Beban axle depan (Max): 7.500 kg
- Beban axle belakang (Max): 12.000 kg
- Berat kotor kendaraan: 19500 kg

DIMENSI

- Jarak sumbu roda (A): 6.000 mm (variabel)
- Overhang depan (I): 2.500 mm
- Overhang belakang (J): 3.290 mm
- Panjang Chassis: 11.790 mm (variabel)
- Lebar Chassis: 2.500 mm

Berikut ini adalah spesifikasi SCANIA K 360 IB :

MESIN

- 13 liter DC13 108 EURO 3
- 4-stroke 6-silinder in-line, 4-katup per silinder,
- Turbo-charged, Intercooler, Scania PDE injeksi
- (Memisahkan injector Unit elektromagnetik terkontrol)
- dan udara bersih.

Keluaran maksimum

- 265 kW (360 hp) @ 1.900 r / min

Torsi maksimum

- 1.750 Nm @ 1.000 – 1.350 r / min

Dilengkapi dengan:

- Cruise Control
- Pembatas kecepatan
- Pembersih minyak mesin sentrifugal

GEARBOX

- GR875R, 8-speed Scania *Opticruise* dengan *kick down* dan minyak pendingin untuk gearbox.

PENGHAMBAT

- Scania Retarder – kontrol otomatis dan manual.

GEAR TENGAH

- R660, gigi rasio 2,73

SISTEM BAHAN BAKAR

- Kapasita 310 liter tangki *polyethylene*, filter bahan bakar dengan pemisah air.

REM DAN KESELAMATAN

- Rem cakram pada roda depan dan belakang, rem udara penuh dengan sirkuit independen untuk depan, belakang & parkir sirkuit.
- Sistem keselamatan:
 - Dikontrol secara elektronik *Anti-lock Braking System* (EBS)
 - Kontrol Traksi (TC)
 - Katup interlock dengan rem parkir
 - Lapisan Asbes bebas
 - Fungsi hill hold

SUSPENSI

- Depan (2) dan belakang (4) balon udara dengan tugas berat penyerap guncangan. Anti-roll bar di kedua as roda. Total menaikkan dan menurunkan suspensi.

PENGEMUDIAN

- Bertenaga hidrolik, sepenuhnya disesuaikan kolom roda, dengan mekanisme penguncian bertenaga udara. Setir kanan.

SENSOR KEBAKARAN ALARM

- 3 (tiga) sensor alarm kebakaran terletak di kompartemen mesin.

SISTEM KELISTRIKAN

- Alternator : 150A + 150A
- Master Switch: Terletak di baterai
- Baterai : 2 x 220 kapasitas Ah (bebas perawatan)

PENGUKUR INSTRUMEN

- Speedometer km / h; r / min meteran; tekanan udara; bahan bakar; suhu; LCD panel multi-display, tombol start individu dengan fungsi engine stop, indikator arah dengan tombol untuk mencuci kaca depan.

BAN DAN RIMS

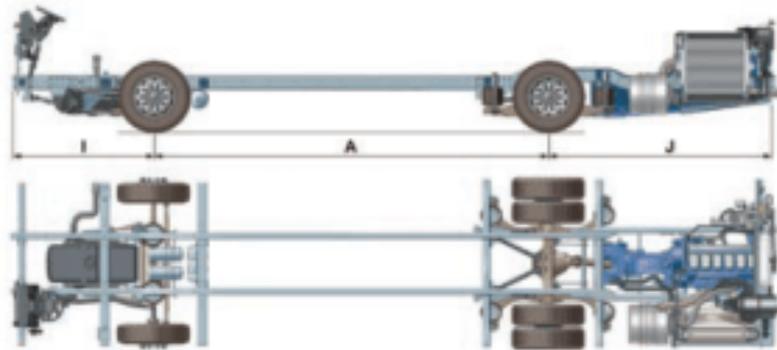
- 295/80 R22.5 tubeless ban pada 9.00 x 22,5 rims di bagian depan dan belakang dengan cadangan, pelindung percikan, penutup hub depan.

LAIN-LAIN

- Braket pendingin udara pada chassis dengan tensioner dan katrol ekstra untuk mengendalikan gerakan kompresor AC.

SPESIFIKASI TEKNIS

- Beban axle depan (Max): 7.500 kg
- Beban axle belakang (Max): 12.000 kg
- Berat kotor kendaraan: 19500 kg



Gambar 2.11 SCANIA K 360 IB Chassis

DIMENSI

- Jarak sumbu roda (A): 6.000 mm (variabel)
- Overhang depan (I): 2.500 mm
- Overhang belakang (J): 3.290 mm
- Panjang Chassis: 11.790 mm (variabel)
- Lebar Chassis: 2.500 mm

RODA LOCK : 52 ° (max)

SUDUT PUTAR (Ø) : 19,4 m

2.5.2 Bus Hino

Tabel 2.1 spesifikasi bus hino dengan type A 215 [18]

PRODUK	Model	A 215
PRODUKSI	Kode Produksi	AK8JRKA-FCJ
PERFORMANCE	Kecepatan Maksimum(km/jam)	105
	Daya Tanjak (tan Ø)	35
MESIN	Model	J08E-UH
	Tipe	Diesel 4 Stroke; In-Line
	Tenaga Maks (PS/rpm)	215 / 2500
	Momen Putir Maks. (Kgm/rpm)	62 / 1500
	Jumlah Silinder	6
	Diameter x Langkah Piston (mm)	112 x 130
	Isi Silinder	7684
KOPLING	Tipe	Single Dry Plate, with Coil Spring
	Diameter	350
TRANSMISI	Tipe	6 speeds
	Perbanding Gigi	-
	ke-1	7.663
	ke-2	4.751
	ke-3	2.898
	ke-4	1.844
	ke-5	1.288
	ke-6	1
	ke-7	-
	ke-8	-
ke-9	-	
KEMUDI	mundur	7.173
	Tipe	Integral Power Steering
SUMBU	Radius Putar Min. (m)	9.9
	Depan	Reverse Elliot, I-Section Beam
	Belakang	Full floating type with hypoid gear
	Perbandingan gigi akhir	STD = 5.125
REM	Sistem Penggerak	Rear 4x2
	Rem Utama	Air Over Hydraulic,
	Rem Pelambat	With On Exhaust Pipe

	Rem Parkirr	Internal Expanding tipe pada transmisi output	
RODA & BAN	Ukuran Rim	22.5 x 8.25	
	Ukuran Ban	11R - 22.5-16PR	
	Jumlah Ban	6	
SISTIM LISTRIK TANGKI SOLAR	Accu	12V-120Ah x2	
	Kapasitas (L)	200	
DIMENSI (mm)	Jarak Sumbu Roda	5800	
	Panjang bak		
	Total Panjang	11180	
	Total Lebar	2425	
	Total Tinggi	2100	
	Lebar Jejak Depan FR Tr	1920	
	Lebar jejak Belakang RR Tr	1840	
	Julur Depan FPH	2030	
	Julur Belakang ROH	3350	
	SUSPENSI	Depan & Belakang	Rigid Axle with Semi Elliptic Leaf Spring
		BERAT CHASSIS (kg)	Depan
Belakang	1940(calculation)		
Berat Kosong	4405(calculation)		
GVWR	14200		
HARGA SRP OFF THE ROAD JAKARTA TIPE KAROSERI	Dump	-	
	Mobil Boks	-	
	Boks Berpendingin	-	
	Bak Terbuka	-	
	Crane	-	
	Mobil Derek	-	
	Sky Lift	-	
	Tangki	-	
	Los Bak	-	
	Angkut Kendaraan	-	
	Truk Logging	-	
	Molen	-	
	Tangki High Blow	-	
	Arm Roll	-	
	Mobil Pemadam	-	
	Ambulance	-	
	Truk Sampah	-	
Mobil Penarik	-		

2.5.3 Bus Mercedes-Benz

Mercedes-Benz OC 500 RF 2542 adalah kompetitor telak Scania K410, chassis ini diimport dari Spanyol dengan menggunakan mesin OM457LA. Mercedes Benz OC 500 RF 2542 dibekali dengan mesin *turbo intercooler* dengan keluaran 11.967 CC menghasilkan daya sekitar 310 Kw (atau 422 HP) pada 2.000 RPM dan torsi tertinggi pada 1.900 Nm pada kecepatan 1.100 RPM.

Dimensi ini chassis bis di 2.500 (lebar) x 14,355 (panjang) x 1,720 (tinggi) mm. Mesin pada OC 500 RF 2542 ini dikendalikan dan dikelola menggunakan sistem elektronik. Injeksi bahan bakar yang lebih tepat dan efisien dengan sistem pompa satuan untuk memastikan kinerja yang lebih efektif, sehingga memperpanjang daya tahan mesin atau lebih irit.

Mercedes Benz OC 500 RF 2542 dilengkapi dengan sistem keamanan terbaik dari mercedes benz yaitu:

1. Disk Break
2. Electronic Stability Program (ESP®) atau sistem anti-selip.
3. Sistem pengereman elektronik (EBS)
4. ABS (antilock Breaking System)
5. Retarder untuk memastikan daya pengereman dan ASR Sistem pengereman.

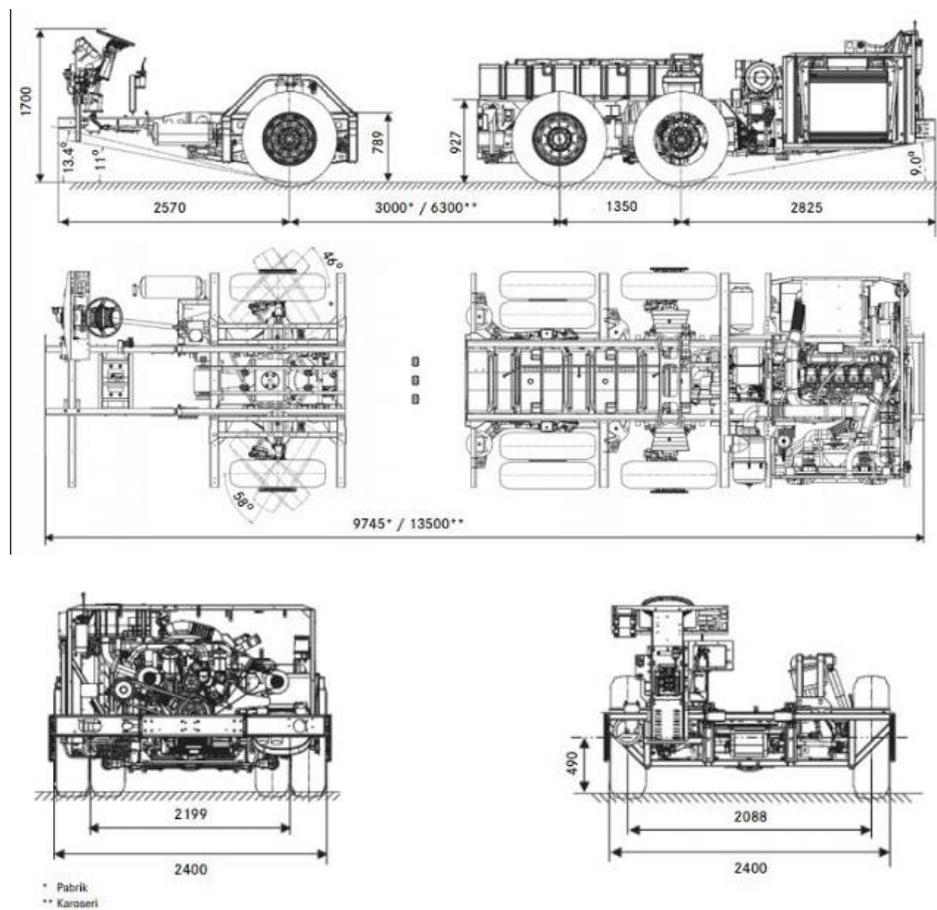
Suspensi independen sudah disematkan pada as roda depan hal ini digunakan untuk memberikan kenyamanan pengemudi dan penumpang. Poros roda belakang, bagian paling penting dari ini chassis bis ini karena sangat kuat untuk memastikan penggunaan yang tahan lama, dan memberikan pengalaman berkendara yang superior dan daya sistem pengereman maksimum. Yang menarik lagi adalah

pada poros roda ketiga yang dapat dikontrol baik untuk bergerak maju dan mundur, dengan sistem elektro-hidrolik.

Berikut ini spesifikasi lengkap Mercedes Benz OC 500 RF 2542



Gambar 2. 12 Spesifikasi Bus Mercedes-Benz



Gambar 2.13 Dimensi Bus Mercedes-Benz

Data Teknis - Mercedes-Benz OC 500 RF 2542			
Mesin		Rem	
Tipe	Mercedes-Benz OM 457LA Euro 3	Rem utama	Dua jalur udara tekan penuh dengan disc brake
	Diesel, 6 segaris, injeksi langsung dengan Turbo charger dan Intercooler	Rem parkir	Pegas, kendali udara tekan penuh pada gandar belakang
Diameter/langkah	128 / 155 mm	Retarder	ZF-Intarder, digerakan secara elektro-hidrolik, dioperasikan melalui lever pada steering column dengan 5 step
Total displacement	11.967 cm ³	Tambahan keselamatan	EBS (Electronic Braking System) ABS (Anti-Lock Braking System) ASR (Acceleration Skid System) ESP (Electronic Stability Program)
Daya maks.	310 kW(422bhp) pada 1.900 rpm		
Torsi Maks	1.900 Nm pada 1.100 rpm		
Kopling	MFZ 439 Plat kering tunggal, pegas diaframa		
	Digerakan secara hidro-pneumatik dengan bantuan servo		
Transmisi	ZF AS Tronic 12		
	Automated 12-kecepatan maju. Dilengkapi dengan ZF-Intarder	Kemudi	Power Steering ZF-Servocom 8098
Perbandingan gigi	12.326 / 9.59 / 7.435 / 5.784 / 4.565 / 3.552 / 2.7 / 2.101 / 1.629 / 1.267 / 1 / 0.778 dan R = 11.41	Ban & Pelek	8.25 x 22.5 / 295/80 R 22.5
Kecepatan maks	120 km/h	Kelistrikan	
Daya tanjak	48%	Sistem	24 Volt
Gandar		Alternator	1 X 28 V / 140 A
Depan (1 st Axle)	Independen RL75E	Baterai	2 x 12 V / 200 Ah
Kapasitas (1 st Axle) (kg)	7.000	Tangki bahan bakar	Di atas gandar belakang
Belakang (2 nd Axle)	MB - HO 6 / 3 DGL(S)-13	Kapasitas Tangki (L)	600
Perbandingan gigi	1 = 2.846	Dimensi	
Kapasitas (2 nd Axle) (kg)	10.000	Jarak sumbu utama	WB(mm) 3.000 (Pabrik) / 6.300 (Karoseri)
Belakang (3 rd Axle)	ZF RL 75 actively steered trailing axle	Jarak sumbu antar roda	WB l(mm) 1.350
Kapasitas (3 rd Axle) (kg)	7.000	Jalur depan	FOH(mm) 2.570
Total GVWR (kg)	24.000		

Suspensi		julur belakang	ROH(mm)	2.825
Depan	Suspensi Udara dengan 2 balon udara;	Tinggi	OH(mm)	1.700
	2 peredam kejut dengan double acting, stabiliser satu buah penyetel level kontrol	Panjang total	OL(mm)	9.745 (Pabrik) / 13.500 (Karoseri)
Belakang	Suspensi Udara dengan 4 balon udara;	Lebar keseluruhan	OW(mm)	2.400
	4 peredam kejut dengan double acting, stabiliser	Jarak pijak roda depan	FR Tr(mm)	2.088
	dua buah penyetel level kontrol	Jarak pijak roda belakang	RR Tr(mm)	2.199
		Radius putar	(mm)	11.900 mm

berat baterai sekitar 650 kilo gram sedangkan untuk baterai hybrid sekitar 550 kilogram

2.6 Hipotesa

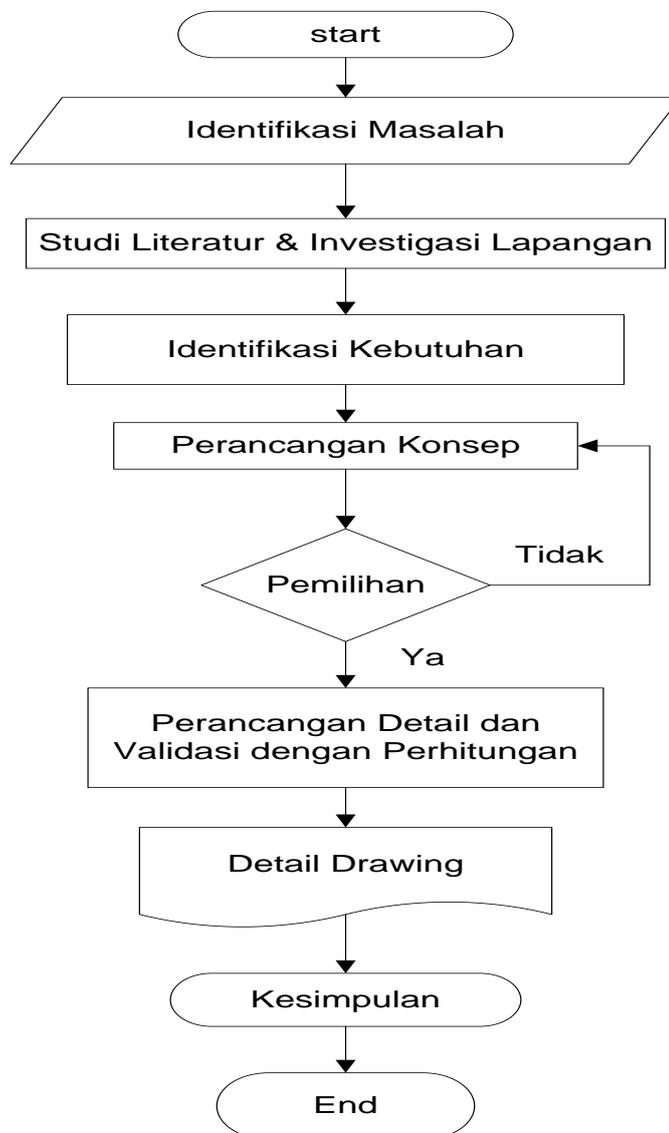
1. Yuan Ren, Yongchang Yu, Binbin Zhao, Chuanhui Fan, He Li melakukan pengujian secara teoritis yang diperlukan untuk memperbaiki struktural dan desain frame yang optimal.
2. Analysis Shuli Sun, Jun Zhang, Zhenhao Peng, Analisis statik terutama menganalisa frame bus dengan kondisi beban dan bending penuh, sehingga terjadi deformasi frame, dan distribusi tegangan. Tentang analisis modal, analisis analisis sepuluh orde pertama frekuensi dan getaran alami.
3. Mehdi Mahmoodi-k, Iraj Davoodabadi, Vinko Višnjić, Amir Afkar Upaya dilakukan untuk menyesuaikan substruktur yang dimodelkan oleh strategi yang berbeda dengan cara multi-skala sehingga dimensi matriks akhir dari struktur built-up sebagian besar berkurang. Metode ini kemudian divalidasi secara numerik dan teoritis. Sebuah aplikasi disajikan, di mana sistem dinamis struktural ditambah dengan piringan piezoelektrik resistif periodik dibahas.

4. S. Ganesan melakukan pengujian simulasi dengan ketebalan plat 5, 7 dan 9 mm. Pengujian dilakukan dengan software catia V5 R20 dan pengujian dengan ansys analysis.
5. Gaurav Goel, Rajat Garg, Tarun Ranjan dkk. Pengujian dengan menggunakan penampang tipe C, I dan Hollow. Dimana pengujian menggunakan ansys workbench maka didapatkan bobot yang konstan chasis dengan profil I memiliki kekuatan tertinggi dan defleksi minimum itu chasis sebesar 17.51 Hz.
6. Dario Croccolo* – Massimiliano De Agostinis – Nicolò Vincenzi mensimulasikan respon chasis pada saat di berikan tekanan, regangan dan perpindahan. Pengujian dilakukan dengan menggunakan metode elemen hingga untuk mengetahui kemampuan frame pada saat menerima percepatan gravitas, pengereman pada proses perlambatan kendaraan, kmanufer menikung dan torsi akibat permukaan jalan yang tidak rata.

BAB III
METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Sistematika Penelitian

Untuk mendapatkan hasil penelitian yang benar maka dibuat tahapan-tahapan dan prosedur penelitian yang disajikan dalam bentuk diagram alir dibawah ini.



Gambar 3.1 Skema metode perancangan

1. Start

Pada tahap awal adalah menentukan judul atau topik penelitian tesis yang sesuai permasalahan yang ada.

2. Identifikasi masalah

Mengidentifikasi masalah yang ada berdasarkan latar belakang penelitian sebelumnya yang diangkat sebagai topik penelitian tesis ini.

3. Studi literatur dan investigasi lapangan

Studi literatur yang digunakan adalah dengan membaca buku-buku yang berhubungan dengan judul penelitian, jurnal penelitian yang berkaitan erat. Dimulai dari metode elemen hingga untuk mengetahui pembebanan secara simulasi. Dimana hasil akhir simulasi dapat mengetahui warna kritis pada daerah pembebanan. Contohnya warna merah yang muncul pada simulasi menunjukkan bahwa daerah tersebut kritis dimana daerah tersebut tidak mampu menahan beban lebih besar lagi. Bila lebih besar maka akan terjadi getas/patah pada daerah tersebut. Pada proses pengujian simulasi menggunakan software pro-engineering yaitu pengujian dengan menggunakan CAE (Computer Aided Engineering). CAE digunakan untuk mensimulasikan pembebanan pada komponen atau part. Pembebanan disini adalah untuk mengetahui titik kritis pada benda yang diuji. Titik kritis ini bisa ditandai dengan warna. Metode pengujian simulasi ini menggunakan *finite element hingga*. Pembuatan desain menggunakan software pro-engineering. Gambar yang telah dibuat dari sketsa kemudian dibuat secara 3 dimensi. Gambar dibuat sesuai dengan gambar sketsa. Nantinya gambar tersebut di drawing 2 dimensi untuk pembuatan ukuran,

toleransi, dan *bill of material*. Gambar tersebut yang kemudian dianalisa menggunakan CAE nantinya. Pada penelitian ini menggunakan metode urlich & eppinger. Metode ini langkah-langkah pembuatan/perancangan sangat jelas, mudah dipahami. Selanjutnya melakukan diskusi dengan pembimbing dan turun langsung kelapangan untuk mencari informasi yang berkaitan dengan judul penelitian ini.

4. Identifikasi kebutuhan

Berdasarkan indentifikasi masalah dan studi literatur, maka dibutuhkan metode perancangan dalam membuat penelitian ini, dan daftar kebutuhan penelitian.

5. Perancangan konsep

Perancangan konsep ini berdasarkan metode yang digunakan, disimulasikan dan didiskusikan dengan pembimbing. Dari hasil diskusi maka dipiliha metode urlich & eppingers.

6. Pemilihan

Bila desain atau skeksa sesuai dengan pemilihan maka langkah selanjutnya membuat gambar secara dua dimensi (gambar teknik). Dimana pemilihan desain ini berdasarkan urutan perancangan (metode urlich & eppinger).

7. Perancangan detail dan validasi dengan perhitungan

Setelah desain keluar makan langkah selanjutnya membuat *bill of material* (bom) gambar, dimensi dan toleransi. Setelah desain dibuat maka selanjutnya desain tersebut dilakukan pengujian dengan menggunakan software pro-engineering yang berlisensi parametrik. Dimana pengujian tersebut untuk mengetahui kekuatan/titik kritis pada setiap bagian dari

chassis kendaraan. Selanjutnya melakukan perhitungan manual *free body diagram* untuk mengetahui pembebanan yang terjadi pada setiap bagian. Langkah selanjutnya membandingkan perhitungan manual dengan simulasi.

8. Detail drawing

Langkah selanjutnya adalah membuat gambar teknik 2 dimensi dari chassis kendaraan tersebut. Dimana pada gambar teknik tersebut di cantumkan *bill of material*, ukuran, toleransi ukuran, jenis sambungan.

9. Kesimpulan

Setelah selesai semua maka membuat kesimpulan tetapi kesimpulan tersebut disesuaikan dengan tujuan penelitian pada bab I.

10. End

Laporan sudah selesai termasuk lampiran dan sudah siap untuk maju sidang.

3.2 Identifikasi Kebutuhan Konsumen

Konsumen adalah target dari sumber inspirasi pengembangan produk karena konsumen tidak saja dapat memanfaatkan dan menggunakan produk akan tetapi, sekaligus mereka akan menentukan apakah produk tersebut baik atau buruk dari kaca mata industri. Dari sudut pandang tersebut, pemahaman akan keinginan konsumen menjadi sangat menentukan kesuksesan dari setiap produk dipasar.

Dengan semakin terbukannya informasi produk kepada pasar dan semakin banyaknya jumlah pesaing, maka semakin besar tuntutan konsumen terhadap produk yang dihasilkan.

a. Klasifikasi Keinginan Konsumen

Proyek pengembangan produk baru tidak menghasilkan produk yang menjadi harapan konsumen sekalipun telah dilakukan analisa pasar dan berbagai aspek lainnya secara mendalam. Oleh karena itu perlu strategi tertentu ketika mengidentifikasi keinginan konsumen agar dapat di implementasikan didalam pengembangan produk baru. Salah satu caranya adalah dengan “model kano”.

Model Kano, pertama kali dikembangkan oleh Noriaki Kano, adalah model yang bertujuan untuk mengkatagorikasikan atribut-atribut dari produk ataupun jasa berdasarkan seberapa baik produk/jasa tersebut mampu memuaskan kebutuhan pelanggan (Kano, dkk.,1984). Melalui model Kano ini dapat diklasifikasikan sejumlah keinginan konsumen dan kemampuan perusahaan didalam membuat proyek produk baru. Dalam model kano ini katagori suatu atribut dapat dibedakan menjadi:

- *Basic needs*. Merupakan keinginan konsumen yang diasumsikan pasti ada dalam suatu produk. *Basic needs* merupakan keinginan yang tidak terucapkan dari konsumen tentang suatu produk yang diinginkan.
- *Performance needs*. Pada katagori *Performance needs* merupakan keinginan yang terucapkan dari konsumen dimana jika suatu atribut

tidak ada didalam sebuah produk akan mengecewakan dan jika ada akan menambah kepuasan.

- *Excitement needs*. Pada kategori, *Excitement needs* merupakan salah satu keinginan yang tidak terucapkan dari konsumen tentang suatu produk. Dengan memperhatikan model Kano maka didapat ditemukan beberapa cara mendapatkan ide dalam pengembangan produk yang didasarkan pada keinginan konsumen (*customer driven*):

- 1) Perhatikan konsumen untuk mendapatkan peluang.
- 2) Peningkatan dramatik *performance need/quality*.
- 3) Meningkatkan kualifikasi produk dimana pesaing lemah.
- 4) Melihat keunggulan saingan.

3.3 Daftar Kebutuhan

Teknik yang akan dikemukakan disini terutama ditunjukkan untuk mewancarai pengguna terakhir, tetapi teknik ini dapat diterapkan untuk ketiga cara pengumpulan data untuk semua tipe stakeholder. Pada sebagian besar kasus, interaksi dengan pelanggan yang bersifat verbal, pewawancara menanyakan beberapa pertanyaan dan pelanggan memberikan respon. Berikut ini adalah beberapa pertanyaan yang dapat digunakan sebagai berikut :

1. Kapan dan mengapa anda menggunakan produk jenis ini?
2. Ceritakan pengalaman menarik anda ketika anda menggunakan produk ini?

3. Apa yang anda sukai dari produk yang sekarang ini?
4. Apa yang anda tidak sukai dari produk yang sekarang ini?
5. Hal-hal apa yang anda pertimbangkan ketika membeli produk ini?

Salah satu usul tersebut telah dilengkapai, penetapan spesifikasi ini ditulis untuk beberapa saja. Selanjutnya ini dapat melengkapi beberapa penelitian, menetapkan syarat ini tidak mudah ditebak, bahkan dalam pengambilan tipe solusi yang baik. Tujuan untuk membuat spesifikasi pembuatan yang akurat yang perlu bagi desain.

1. Mempertimbangkan level berbeda yang sifatnya umum dari solusi tersebut yang mungkin dapat diusulkan. Mungkin bisa dipilih satu pilihan di antara level ini :
 - Alternatif produk
 - Tipe produk
 - Ciri produk
2. Menentukan level yang sifatnya umum yang akan digunakan dalam operasi. Keputusan ini biasanya dibuat oleh pelanggan.
3. Mengidentifikasi atribut kebutuhan yang perlu. Atribut sebaiknya dirumuskan dalam syarat-syarat yang independen dari solusi tersebut.
4. Mengurangi syarat-syarat pembuatan secara ringkas dan jelas untuk setiap atribut. Kemungkinan yang ada, spesifikasi sebaiknya dalam syarat-syarat yang dapat dijangkau dan mengidentifikasi perbedaan diantara batasan tersebut.

3.4 Daftar Spesifikasi

1. Menyiapkan daftar metrik

Cara yang baik untuk membuat daftar metrik adalah mengamati setiap kebutuhan satu persatu, lalu mem-perkirakan karakteristik yang tepat dan terukur dalam sebuah produk yang memuaskan kebutuhan pelanggan.

Beberapa hal yang harus dipertimbangkan ketika membuat daftar metrik :

- ✓ *Metrik harus komplit.* Idealnya setiap kebutuhan pelanggan harus berhubungan dengan sebuah metrik tunggal dan nilai dari metrik tersebut harus dapat memuaskan kebutuhan yang terkait.
- ✓ *Metrik harus merupakan variable yang berhubungan (dependent), bukan variabel bebas (independent).* Metrik menjelaskan kinerja keseluruhan dari produk sehingga disebut sebagai variabel dependent (ukuran kinerja atau variabel output) dari desain.
- ✓ *Metrik harus praktis.* Idealnya, metrik merupakan bagian dari produk yang dapat secara langsung diteliti dan dianalisis dengan mudah oleh tim.
- ✓ *Beberapa kebutuhan tidak dengan mudah diterjemahkan menjadi metrik yang terukur.* Dalam kasus ini, pernyataan kebutuhan tidak diterjemahkan sehingga spesifikasinya sama dengan pernyataan kebutuhan. Pada kolom “unit” diberikan

keterangan bahwa metrik adalah subyektif (disingkat “subj.”) dan metrik ini akan dievaluasi kemudian oleh sekumpulan pelanggan.

Yang harus diperhatikan dalam menyiapkan daftar spesifikasi membedakan sebuah persyaratan apakah keharusan (*demand*) atau keinginan (*wishes*). Berikut ini daftar kebutuhan perancangan.

- ✓ *Metrik harus merupakan kriteria yang populer untuk perbandingan dipasar.* Kebanyakan pelanggan pada berbagai pasar membeli produk berdasarkan hasil evaluasi publikasi yang diterbitkan secara bebas.

2. Mengumpulkan informasi tentang pesaing

Ketika tim memulai proses pengembangan produk dengan beberapa ide tentang bagaimana produk bersaing di pasaran, target spesifikasi adalah bahasa yang digunakan tim untuk berdiskusi dan menentukan posisi produknya dibanding produk yang ada, baik produk yang dimiliki perusahaan sendiri maupun produk pesaing. Informasi mengenai produk pesaing dikumpulkan untuk mendukung keputusan mengenai *positioning* produk.

3. Menentukan nilai target ideal dan marginal yang dapat dicapai untuk tiap metrik

Diperlukan dua macam nilai target, yaitu nilai ideal dan nilai yang dapat diterima secara marginal. Nilai ideal adalah hasil terbaik yang

terbaik diharapkan tim. Nilai yang dapat diterima secara marginal adalah nilai metrik yang membuat produk diterima secara komersial. Kedua target ini berguna untuk menuntun tahap pengembangan konsep dan pemilihan konsep, serta memperbaiki spesifikasi setelah produk dipilih.

Terdapat 5 cara untuk mengungkapkan nilai metrik :

- ***Minimal X*** : Spesifikasi ini menetapkan target untuk batas bawah metrik, dimana nilai yang lebih tinggi lebih adalah yang lebih baik.
- ***Maksimal X*** : Spesifikasi ini menetapkan target untuk batas atas dari metrik, di mana nilai yang lebih kecil adalah yang lebih baik.
- ***Dianantara X dan Y*** : Spesifikasi ini menetapkan batas atas dan bawah untuk nilai metrik.
- ***Tepat X*** : Spesifikasi ini menetapkan target metrik pada nilai tertentu, dimana perbedaan nilai akan menurunkan kinerja.
- ***Kumpulan nilai diskret*** : Beberapa metrik mempunyai nilai berupa beberapa pilihan diskret.

3.5 Perancangan Konsep Black Box

Fungsional adalah gambaran kotak hitam yang berkaitan dengan struktur fisik dari artefak teknis. Sekarang tugas desainer untuk mengisi kotak hitam ini dengan struktur fisik seperti bahwa struktur ini akan

mewujudkan fungsi yang ditujukan. Dapat dilihat pada gambar dibawah ini :

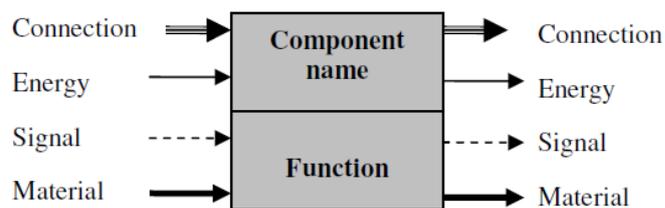


Gambar 3.2 Konsep Black Box

Karena itu Output dari proses desain, adalah deskripsi dari struktur fisik yang memadai melakukan fungsi yaitu, dengan desain (dapat diambil serta menyertakan manual kepada pengguna).

Ditentukan dari proses desain, dua pengamatan dapat dilakukan. Pertama, desainer berhasil, mendapatkan jarak antara gambaran fungsi dan secara sistematis mereka menggunakan segala macam metode desain untuk membantu mereka memecahkan masalah desain.

Menyerasikan pendekatan kombinasi seperti yang disarankan oleh metode morfologi, konsep yang menghasilkan, salah satunya dapat di tujukkan pada gambar 3.3.



Gambar 3.3 Konsep Diagram Fungsi-Komponen

3.6 Struktur Fungsi

Untuk menetapkan fungsi-fungsi yang di harapkan dan batas sistem dari rancangan baru. Penetapan fungsi-fungsi (*establishing functions*) ini bertujuan untuk menentukan fungsi-fungsi yang terjadi dalam satu

rancangan metode yang dipakai adalah analisis fungsional. Langkah-langkah yang dilalui adalah pembuatan model sistem kotak hitam yaitu menyatatakan fungsi keseluruhan dari rancangan produk dalam bentuk konversi input menjadi output. Kemudian memecahkan fungsi keseluruhan ke dalam serangkaian sub-sub fungsi yang essential dan menggambarkan sebuah diagram blok yang menunjukkan interaksi antara sub-sub fungsi tersebut kedalam sebuah diagram blok.

Metode analisa fungsi memberikan sejumlah pertimbangan fungsi pokok dan level, dimana sebuah masalah dialamatkan fungsi pokok adalah perlengkapan, produk atau sistem yang di desain harus memuaskan tidak masalah komponen fisik apa yang digunakan.

1. Mengekspresikan keseluruhan fungsi desain yang berkenan dengan input ke output

Poin awal metode ini mengkonsentrasikan pada apa yang akan dicapai melalui sebuah desain baru dan tidak pada bagaimana hal tersebut tercapai.

2. Melakukan perincian terhadap keseluruhan fungsi ke dalam seperangkat sub fungsi pokok.

Biasanya konversi dari set input ke dalam satu set output adalah merupakan suatu tugas yang komplek di dalam kotak hitam yang mana harus diperinci ke dalam sub tugas atau sub fungsi tidak ada tujuan yang benar-benar, cara yang sistematis untuk melakukannya.

3. Meggambar sebuah diagram blok yang menunjukkan interaksi antara sub fungsinya

Sebuah diagram blok berisikan semua sub fungsi yang teridentifikasi secara terpisah dengan menyertakan mereka di dalam kotak-kotak yang berhubungan bersama melalui input dan output mereka sehingga memuaskan keseluruhan fungsi dari produk atau peralatan yang didesain.

4. Menggambar batas sistem

Dalam menggambar diagram balok anda juga memerlukan pembuatan keputusan mengenai tingkat yang tepat dan lokasi dari batasan. Seperti contoh, tidak dapat melepaskan input atau output dalam diagram kecuali hal yang keluar dari batasan sistem.

5. Meneliti komponen-komponen yang sesuai untuk melakukan sub fungsi dan interaksinya.

Jika sub fungsi telah ditetapkan secara memadai pada level yang sesuai, kemudian dimungkinkan untuk diidentifikasi komponen yang sesuai untuk tiap sub fungsi.

3.7 Matrik Sub Fungsi Morfologi Chart

Morphological Chart adalah suatu daftar atau ringkasan dari analisis perubahan bentuk secara sistematis untuk mengetahui bagaimana bentuk suatu produk dibuat. Kombinasi yang berbeda dari sub solusi dapat dipilih dari chart mungkin dapat menuju solusi baru yang belum teridentifikasi sebelumnya. *Morphological Chart* berisi elemen-elemen, komponen-komponen atau sub-sub solusi yang lengkap yang dapat dikombinasikan.

Langkah-langkahnya adalah sebagai berikut :

1. Mendaftar/membuat daftar yang penting bagi sebuah produk. Daftar tersebut haruslah meliputi seluruh fungsi pada tingkat generalisasi yang tetap.
2. Daftar setiap fungsi yang dapat dicapai yang menentukan komponen apa saja untuk mencapai fungsi. Daftar tersebut meliputi gagasan baru bagaimana komponen-komponen yang ada dari bagian solusi.
3. Mengambar dan membuat sebuah *chart* untuk mencantumkan sesuai kemungkinan-kemungkinan hubungan solusi.
4. Identifikasi kelayakan gabungan/kombinasi sub-sub solusi.

Tujuan utama dari metode ini adalah untuk memperluas penelitian terhadap solusi baru yang mungkin. *Morfologi* yang dimaksud adalah mempelajari suatu bentuk atau susunan maka analisis *morfologi* adalah suatu usaha yang sistematis untuk menganalisa bentuk yang terdapat suatu mesin atau produk, dan grafik morfologi adalah penggambaran secara ringkas dari kesimpulan analisa ini.

1. Langkah-langkah metode *Morfologi Chart*
 - a. Buat dalam daftar/table ciri atau fungsi yang perlu dari suatu produk.

Maksud dari pembuatan daftar/table ini adalah untuk mencoba membangun aspek-aspek yang perlu harus digabungkan kedalam suatu produk dimana hal tersebut mungkin untuk dilakukan.

- b. Membuat daftar dari ciri-ciri atau fungsi yang mungkin akan dicapai.

Daftar yang kedua merupakan sub fungsi yang dilakukan secara individual, yang mana saat menggabungkan satu dari daftar/tabel maka ciri tersebut akan membentuk suatu solusi rancangan secara menyeluruh.

- c. Menggambar grafik yang membuat semua sub fungsi yang mungkin.

Grafik *morfologi* ini disusun dari daftar sebelumnya. Pertama adalah jaringan dalam bentuk bujur sangkar kosong yang sederhana. Bila sudah selesai dilakukan maka grafik *morfologi* tersebut sudah terdiri dari tingkatan/jarak yang sesuai terhadap semua kemungkinan solusi dari suatu produk

- d. Mengidentifikasi kelayakan kombinasi suatu sub solusi.

Diantara kombinasi ini mungkin juga angka yang kecil yang dapat membuat suatu solusi, beberapa diantaranya akan menjadi solusi baru yang layak dipakai dan beberapa diantaranya kemungkinan juga terdapat angka yang cukup bagus namun merupakan solusi yang tidak mungkin, atau dapat juga karena pasangan sub solusinya bertentangan, dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 3.1 Kombinasi Prinsip Solusi Sub Fungsi

No	Solusi (S)		Solusi 1	Solusi 2	Solusi 3
	Sub Fungsi (SF)				
1	Sub Fungsi 1		SF1S1	SF1S2	SF1S3
2	Sub Fungsi 2		SF2S1	SF2S2	SF2S3
3	Sub Fungsi 3		SF3S1	SF3S2	SF3S3
4	Sub Fungsi 4		SF4S1	SF4S2	SF4S3
5	Sub Fungsi 5		SF5S1	SF5S2	SF5S3

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

Varian dan solusi = sama

Varian 1-3: Sub fungsi 1-5 ; solusi 1-3

- Varian 1 : 1.1 ; 2.1 ; 3.1 ; 4.1 ; 5.1
- Varian 2 : 1.2 ; 2.2 ; 3.3 ; 4.2 ; 5.2
- Varian 3 : 1.3 ; 2.3 ; 3.2; 4.2 ; 5.2

Pembuatan konsep varian

Dalam pembuatan konsep varian kita harus memperhatikan segi teknik dan ekonominya. Konsep varian dapat dibuat berdasarkan data-data di bawah ini:

1. Sketsa dan kemungkinan bentuk rancangan dan bentuk fisiknya.
2. Perhitungan kasar yang didasarkan pada asumsi
3. Penelitian lebih lanjut untuk mengembangkan teknologi
4. Pengujian model untuk menentukan unjuk kerja secara kuantitatif

3.8 Konsep Scoring/ Konsep Penilaian

Konsep penilaian adalah teknik yang sangat mirip dengan konsep penyaringan dan digunakan ketika permintaan meningkat baik akan membedakan antara konsep-konsep. Langkah-langkah untuk menggunakan metode adalah sebagai berikut:

1. Pilih kriteria dari perbandingan.
2. Pilih yang mana konsep yang akan dievaluasi.
3. Memutuskan apakah hanya satu konsep akan digunakan sebagai sebuah datum/titik pusat atau jika konsepnya berbeda akan digunakan sebagai kriteria yang berbeda.
4. Mempersiapkan grafik seleksi dan menentukan bobot untuk setiap kriteria.
5. Laju dari konsep.

6. Ranging dari konsep.
7. Kombinasi dan tingkatan konsep.
8. Pilih satu atau konsep lain.

1. Memutuskan apakah hanya satu konsep akan digunakan sebagai sebuah datum atau jika berbeda konsep akan digunakan sebagai referensi untuk kriteria berbeda.

Meskipun hanya satu referensi, konsep dapat digunakan untuk comparative ranking dari semua kriteria sebagai konsep penyaringan, karena tidak selalu sesuai. Mempertimbangkan, misalnya bahwa konsep referensi dapat digunakan sebagai datum lebih baik daripada sisanya dalam 1 kriteria.

		Concepts							
		Datum		B		C		D	
Selection Criteria	Weight	Rating	Weighted Score	Rating	Weighted Score	Rating	Weighted Score	Rating	Weighted Score
Ease of use									
Readability of settings									
Ease of handling									
Dose metering accuracy									
Durability									
Ease of manufacture									
Portability									
	Total Score								
	Rank								
	Continue?								

Gambar 3.4 Konsep Scoring Matriks

2. Persiapan untuk memilih grafik dan memutuskan berat dari masing kriteria.

Pilihan grafik menggunakan metode skor yaitu sangat mirip dengan grafik pugh dengan dua pengecualian pertama untuk 2 kriteria, pertama dari masing kriteria, termaksud dari bobot, kedua, grafik termaksud 2 kolom per konsep: peringkat dan bobot skor.

Masing-masing persentase didefinisikan sedemikian rupa sehingga jumlah semua persentase yang berbeda adalah 100%.

			Car A			Car B			Car C		
Selection Criteria	Weight	Parameter	Value	Rating	Score	Value	Rating	Score	Value	Rating	Score
Low fuel consumption	50%	Miles per gallon	33	2	1.0	40	4	2.0	36	3	1.5
Low cost of spare parts	20%	Cost of 5 typical parts	£18	7	1.4	£22	5	1.0	£28	2	0.4
Easy to maintain	10%	Simplicity of servicing	Very simple	5	0.5	Com-plicated	2	0.2	Average	3	0.3
High comfort	20%	Comfort rating	Poor	2	0.4	Very good	5	1.0	Good	4	0.8
Total Score			3.3			4.2			3.0		
Rank			2			1			3		

Gambar 3.5 Skoring Matriks Selama Tiga Unit Mobil Alternatif.[17]

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Pengujian Konsep

Pengujian konsep adalah dilakukan untuk memfasilitasi pengambilan keputusan selama tahap-tahap pemilihan konsep akhir, umumnya telah dilakukan pemilihan desain secara rinci, pengujian konsep tidak diperlukan bila:

- Waktu yang dibutuhkan untuk menguji konsep besar relatif terhadap siklus hidup produk.
- Biaya dari testingnya relatif mahal untuk biaya dari benar-benar meluncurkan produk.

Ulrich & Eppingers memberikan 6 langkah metodologi untuk pengujian konsep produk.

1. Pengujian konsep

Dalam langkah konsep inisial, desian tim harus menjelaskan pertanyaan apa yang mereka inginkan untuk menjawab tes tersebut, penting untuk mendefinisikan apa tes atau percobaan untuk beberapa pertanyaan khas:

2. Memilih Populasi Survei

Penting untuk menemukan sebanyak mungkin pelanggan untuk survei dan berapa segmen pasar mereka akan seleksi ini dilakukan dengan cara serupa seperti pemilihan pelanggan dalam "mengidentifikasi kebutuhan pelanggan fase" adalah penting,

namun, untuk hake diingat bahwa pengujian konsep adalah kegiatan mahal banyak.

3. Memilih Format Survei

Berikut ini umumnya digunakan dalam konsep pengujian:

- ✓ Interaksi tatap muka
- ✓ Telepon
- ✓ Pos
- ✓ Mail
- ✓ Internet

Penting untuk mewujudkan bagian dari format contoh penyajian resiko.

4. Mengkomunikasikan Konsep

Jalan yang mana konsep akan survei, terkait erat dengan cara di mana konsep akan dikomunikasikan, komunikasi dari konsep akan membawa jalan keluar.

5. Mengukur Respons Pelanggan

Kebanyakan survei pengujian konsep pertama mengkomunikasikan konsep produk dan kemudian mengukur respons pelanggan. Meskipun adalah praktik yang baik untuk menyertakan pertanyaan untuk mengukur respon pelanggan terhadap konsep produk, dalam banyak kesempatan pengujian konsep umumnya mencoba untuk mengukur niat pembelian.

6. Interpretasi Hasil

Biasanya interpretasi mudah jika tim desain hanya membandingkan dua atau lebih konsep, penting, meskipun, untuk memastikan bahwa pelanggan memahami perbedaan utama antara konsep.

1. Perancangan Wujud (*Embodimen Design*)

Perancangan wujud dimulai dengan konsep produk teknik, kemudian dengan menggunakan kriteria teknik dan ekonomi, perancangan dikembangkan dengan menguraikan struktur fungsi kedalam struktur modul untuk memperoleh elemen-elemen pembangun struktur fungsi yang memungkinkan dapat dimulainya perancangan yang lebih rinci.

Langkah ini dapat menjadi umpan balik pada langkah sintesis untuk pencarian alternative solusi yang lebih baik. Analisa diikuti evaluasi dimana dapat timbul kemungkinan perlu dibuatnya model atau *protipe* untuk dapat mengukur kinerja, kualitas, kemudahan dan beberapa kriteria lain dari hasil perancangan.

4.2 Perancangan Detail

Pada fase perancangan detail, maka susunan komponen produk, bentuk, dimensi, kehalusan permukaan, material dari setiap komponen produk ditetapkan. Demikian juga kemungkinan cara pembuatan setiap produk sudah dijajagi dan perkiraan biaya sudah dihitung. Hasil akhir fase ini adalah gambar rancangan lengkap dan spesifikasi produk untuk pembuatan; kedua hal tersebut disebut dokumen untuk pembuatan produk.

4.3 Daftar Spesifikasi

Daftar spesifikasi ini didapat berdasarkan keinginan dari kostumer melalui kuesioner yang selanjutnya diperbaiki dan diperluas persyaratannya menggunakan pemeriksaan dan perencanaan yang selanjutnya dimasukan kedalam daftar spesifikasi yang dibedakan berdasarkan tuntutan dan keinginan.

Table 4.1 Daftar Spesifikasi.

Univ Pancasila	Halaman 1
Daftar spesifikasi	D/W
<p>Geometri</p> <p><i>Desain</i> yang dibuat adalah <i>Chasis</i> kendaraan bus scania K360 IB</p> <p>Ukuran: 11.790 x 2.500 x 300 mm.</p>	<p>D</p> <p>W</p>
<p>Mesin</p> <p>13 liter DC13 108 EURO 3</p> <p>4-stroke 6-silinder in-line, 4-katup per silinder,</p> <p>Turbo-charged, Intercooler, Scania PDE injeksi</p> <p>(Memisahkan injector Unit elektromagnetik terkontrol)</p>	<p>D</p> <p>D</p> <p>W</p> <p>W</p>
<p>Keamanan dan ergonomis</p> <p>Tidak membahayakan saat terjadi tubrukan</p> <p>Mampu menahan getaran</p> <p>Kuat dan handal di berbagai kontur jalan.</p> <p>Nyaman pada saat digunakan</p>	<p>D</p> <p>D</p> <p>D</p> <p>D</p>
<p>Penghambat</p> <p>Scania Retarder – kontrol otomatis dan manual</p>	<p>W</p>
<p>Transmisi</p>	

R660, gigi rasio 2.73	W
6 Speed	W
Sistem bahan bakar	
Kapasitas tangki 310 liter	D
Filter bahan bakar dengan pemisah air	W
Rem dan Keselamatan	
Rem Cakram pada roda depan dan belakang	W
Rem udara penuh dengan sirkuit independen untuk depan dan belakang	W
Dikontrol dengan <i>elektronik anti-lock braking system</i>	W
Katup interlock dengan rem parkir	D
Sistem kelistrikan	
Alternator : 150A + 150A	D
Master Switch: Terletak di baterai	W
Baterai : 2 x 220 kapasitas Ah (bebas perawatan)	W

Keterangan:

D: kebutuhan yang harus dipenuhi (tuntutan)

W: keinginan yang memungkinkan untuk dilakukan.

4.4 Abstraksi

Setelah daftar spesifikasi dibuat selanjutnya dilakukan proses abstraksi I dan II yang bertujuan untuk mengutamakan hal-hal yang bersifat keharusan untuk dicapai dalam perancangan ini.

1. Abstraksi I

Pada abstraksi I ini akan menghilangkan terlebih dahulu hal-hal yang bersifat keinginan dan mengutamakan hal-hal yang bersifat keharusan.

2. Abtraksi II

Pada abtraksi II menghilangkan hal-hal yang bersifat keharusan namun tidak berhubungan langsung dengan fungsi perancangan.

Hasil dari abtraksi I dan II dapat dilihat pada table dibawah ini:

Table 4.2 Daftar Spesifikasi Setelah Abtraksi.

Univ Pancasila	Halaman 1
Daftar spesifikasi	D/W
Geometri	
<i>Desain</i> yang dibuat adalah <i>Chasis</i> kendaraan bus scania K360 IB	D
Ukuran: 11.790 x 2.500 x 300 mm.	W
Mesin	
13 liter DC 108 EURO 3	D
4-stroke 6-silinder in-line, 4-katup per silinder,	D
Turbo-charged, Intercooler, Scania PDE injeksi	W
(Memisahkan injector Unit elektromagnetik terkontrol)	W
Keamanan dan ergonomis	
Tidak membahayakan saat terjadi tubrukan	D
Mampu menahan getaran	D
Kuat dan handal di berbagai kontur jalan.	D
Nyaman pada saat digunakan	D
Rem dan Keselamatan	
Rem Cakram pada roda depan dan belakang	W
Rem udara penuh dengan sirkuit independen untuk depan dan belakang	W
Dikontrol dengan <i>elektronik anti-lock bracking system</i>	W
Katup interlock dengan rem parkir	D

Sistem kelistrikan	
Alternator : 150A + 150A	D
Master Switch: Terletak di baterai	W
Baterai : 2 x 220 kapasitas Ah (bebas perawatan)	W

3. Abstraksi III

Pada proses abstraksi ini saya melakukan formulasi dari daftar spesifikasi yang sudah di abstraksi I dan II diatas yang berhubungan dengan kebutuhan yang berkaitan penting terhadap proses perancangan secara umum, yaitu:

- 1) Mudah dalam membuatnya.
- 2) Mampu menahan getaran, beban dinamis dan aman bagi pengguna/konsumen.
- 3) Perawatan murah dan mudah untuk dilakukan.
- 4) Penempatan mesin, baterai, kelistrikan mudah di atur.

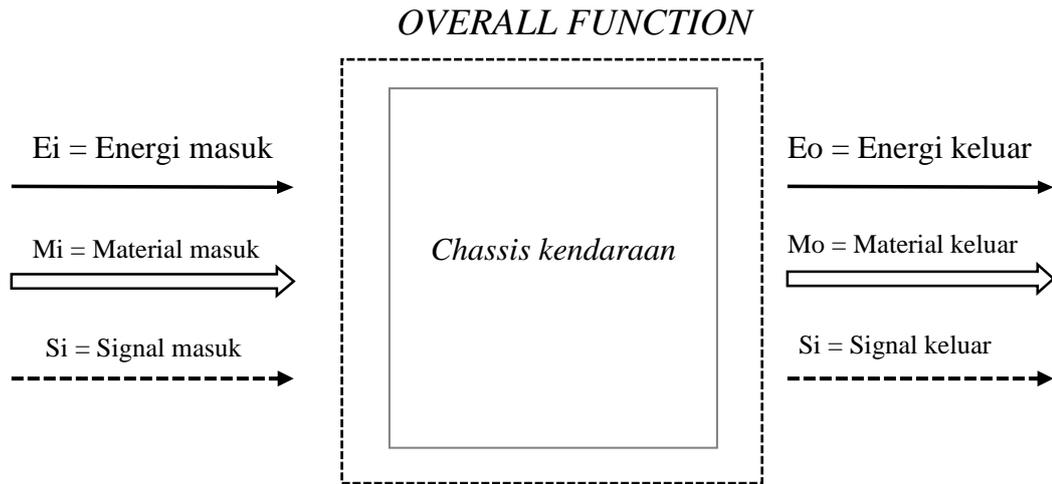
4. Abstraksi IV

Pada abstraksi ini masalah dirumuskan untuk pemilihan perencanaan yang baik. Hasil dari abstraksi IV adalah mampu mendesain chassis kendaraan yang aman pada pembebanan statik dan mampu menahan

4.4.1 Struktur fungsi

1. Fungsi keseluruhan

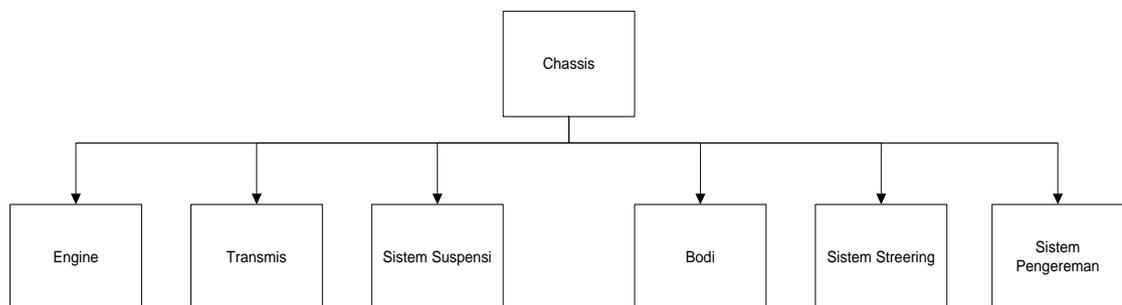
Fungsi keseluruhan ini berbentuk diagram blok yang menunjukkan pemasukan dan.



Gambar 4.1 Black Box.

2. Sub fungsi

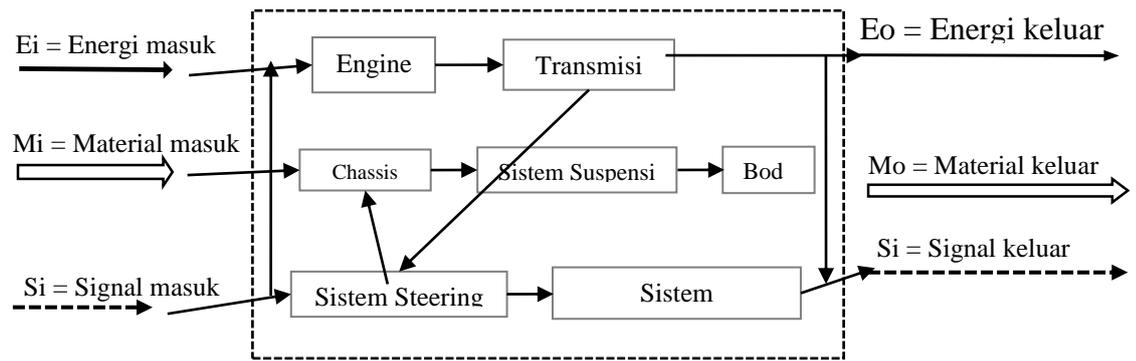
Tujuan dari sub fungsi adalah untuk menjabarkan atau mendefinikan lebih jelas dari fungsi keseluruhan menjadi subfungsi-subfungsi.



Gambar 4.2 Sub fungsi

3. Struktur fungsi

Tujuan dari struktur fungsi adalah untuk menjabarkan atau mendefinikan lebih jelas dari fungsi keseluruhan menjadi subfungsi-subfungsi.

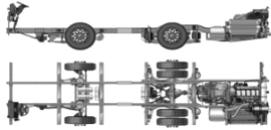
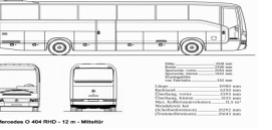


Gambar 4.3 Struktur Fungsi

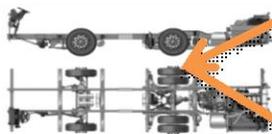
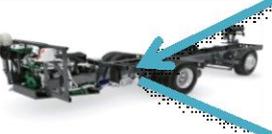
4. Morfologi chart

Setelah dibuat struktur fungsi keseluruhan dan sub fungsinya maka selanjutnya dicari prinsip-prinsip solusi untuk memenuhi sub fungsi tersebut. Metode yang akan digunakan dalam mencari prinsip solusi adalah metode kombinasi, yaitu metode yang mengkombinasikan semua solusi yang ada dalam bentuk matriks. Kemudian dilakukan pemilihan kombinasi dari sub fungsi dan prinsip solusi sehingga terbentuk varian-varian yang paling menunjang.

Tabel 4.3 Morfologi Chart

NO	Sub Fungsi Solusi	Solusi	Solusi 1	Solusi 2
1	Engine			
2	Transmisi			
3	Chassis			
4	Sistem Suspensi			
5	Bodi			
6	Sistem Steering			
7	Sistem Pengereman			

Tabel 4.4 Pemilihan Morfologi Chart

NO	Solusi		Solusi 1	Solusi 2
	Sub Fungsi Solusi			
1	Engine			
2	Transmisi			
3	Chassis			
4	Sistem Suspensi			
5	Bodi			
6	Sistem Steering			
7	Sistem Pengereman			




V1
V2

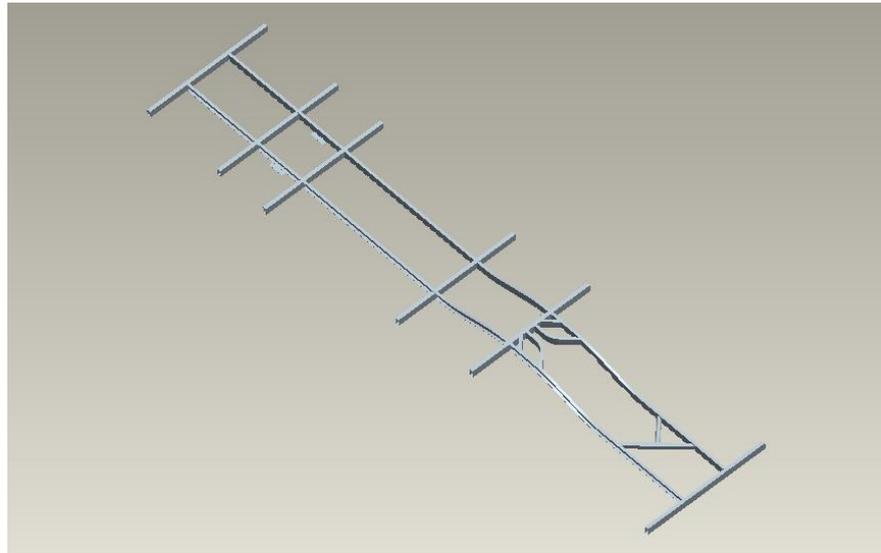
5. Varian terpilih

Setelah prinsip sub fungsi dan prinsip solusi telah dibuat, maka perlu dilakukan pemilihan kombinasi dari sub fungsi dan prinsip solusi seperti tabel 3.2 sehingga terbentuk suatu sistem yang paling menunjang. Pemilihan kombinasi tersebut dibagi dalam beberapa

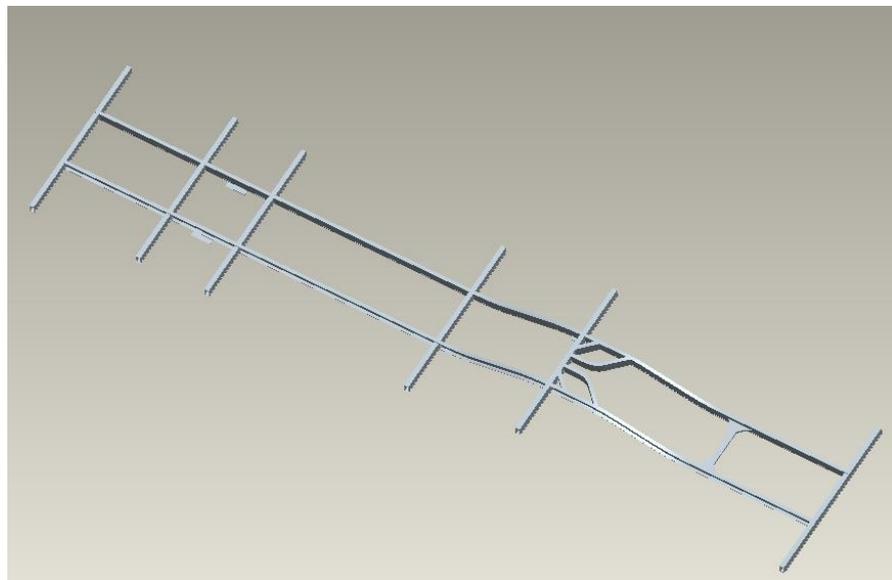
varian-varian. Dari hasil kombinasi prinsip solusi pada tabel 4.2 diatas
maka dihasilkan kombinasi antara lain:

Varian 1 : 1,1 : 2,2 : 3,1 : 4,2 : 5,1 : 6,2 : 7,1

Varian 2 : 1,2 : 2,1 : 3,2 : 4,1 : 5,2 : 6,1 : 7,2 :



Gambar 4.4 Varian 1



Gambar 4.5 Varian 2

6. Bobot penilaian

Konsep varian yang telah dibuat harus dievaluasi satu persatu. Evaluasi berarti menentukan harga, kegunaan, kekuatan sebuah solusi apakah memenuhi tujuan. Evaluasi ini termasuk membandingkan sebuah solusi dengan solusi yang dianggap ideal.

TABEL 4.5 Skala Nilai

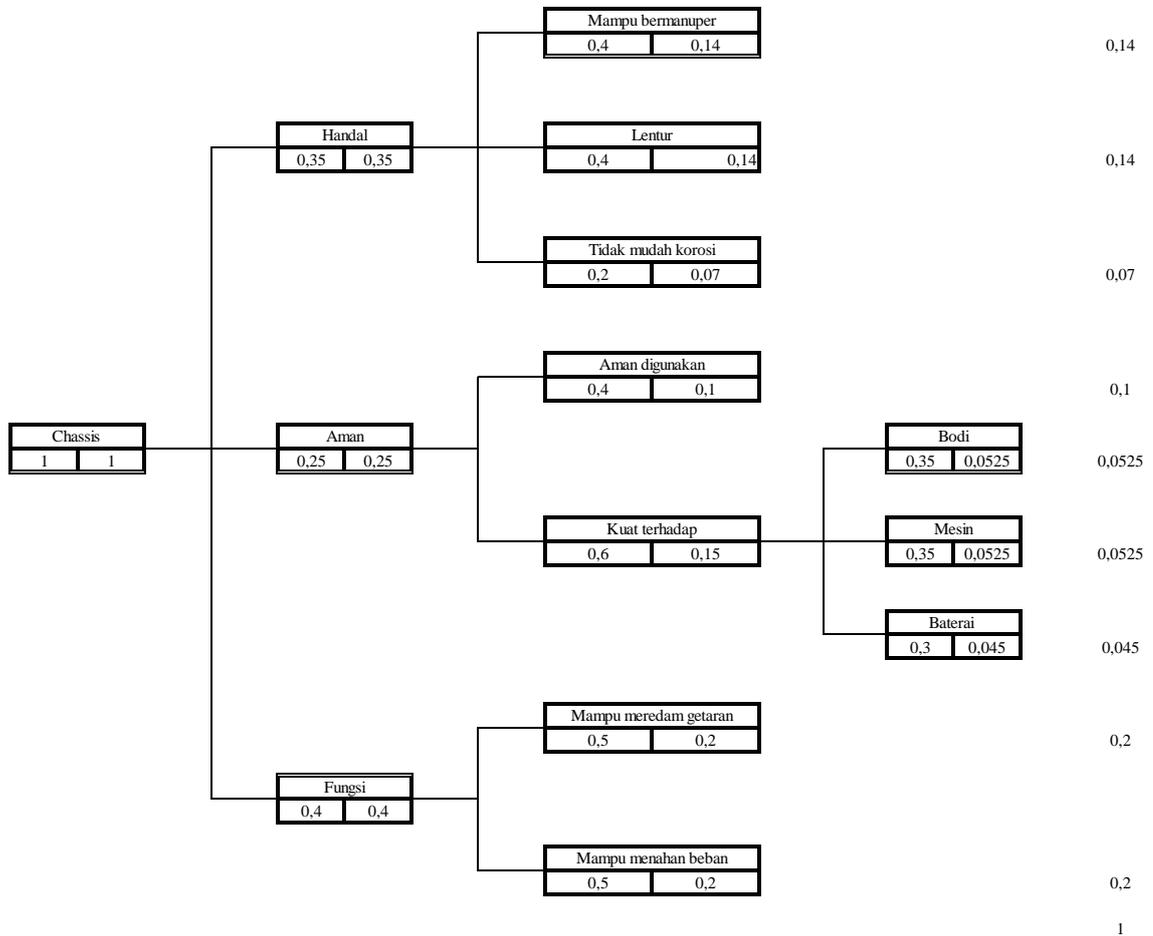
Skala Nilai	
Point	Arti
1	Tidak Memuaskan
2	Dapat Ditolerir
3	Cukup / Memadai
4	Baik
5	Sangat Baik

7. Kriteria produk berkualitas

Menentukan kriteria evaluasi produk

- | | |
|--------------------|-----------------------|
| a. Model | e. Mudah Dioperasikan |
| b. Aman | f. Handal |
| c. Efisien | g. Nyaman |
| d. Mudah Digunakan | h. Fungsi |

8. Pohon keputusan



Gambar 4.6 Pohon Keputusan

9. Pembobotan penilaian

Pemberian bobot kriteria (*Weighting of evaluation criteria*)

Dari nilai dan criteria pembobotan evaluasi diatas maka pemberian

nilai evaluasi dari 2 varian di atas dapat dilihat pada tabel 3.5:

Tabel 4.6 Bobot Penilaian

No	Kriteria Evaluasi	B	Parameter	Varian 1			Varian 2			
				H	M	BM	H	M	BM	
1	Mampu bermanuper	0,14	Keamanan	B	4	0,56	SB	5	0,7	
2	Lentur	0,14	Keamanan	C	3	0,42	C	3	0,42	
3	Tidak mudah korosi	0,07	Material	C	3	0,21	C	3	0,21	
4	Aman digunakan	0,1	Keamanan	C	3	0,3	C	3	0,3	
5	Bodi	0,0525	Keamanan	C	3	0,1575	DD	2	0,105	
6	Mesin	0,0525	Keamanan	B	4	0,21	B	4	0,21	
7	Baterai	0,045	Keamanan	C	3	0,135	C	3	0,135	
8	Mampu meredam getaran	0,2	Keamanan	C	5	1	B	4	0,8	
9	Mampu menahan beban	0,2	Keamanan	B	4	0,8	C	3	0,6	
	Total	1		Total			3,7925	Total		3,48

Keterangan :

B = Bobot atau penilaian yang diambil dari pohon kebutuhan pada gambar 3.8.

H = Konsumen/Customer

M = Skala nilai

BM = Nilai komulatif antara bobot (B) x Skala nilai (M)

10. Varian terpilih

Menentukan nilai keseluruhan varian konsep (*Determining Overall Weighing Value/OWV*) Untuk menentukan rating tiap varian diatas maka digunakan rumus sebagai berikut:

$$WRJ = \frac{owvj}{V \max \cdot \sum_{i=1}^n Wi}$$

$$\text{Varian 1} \quad WRJ = \frac{3,7925}{2 \times 9} = 0,21$$

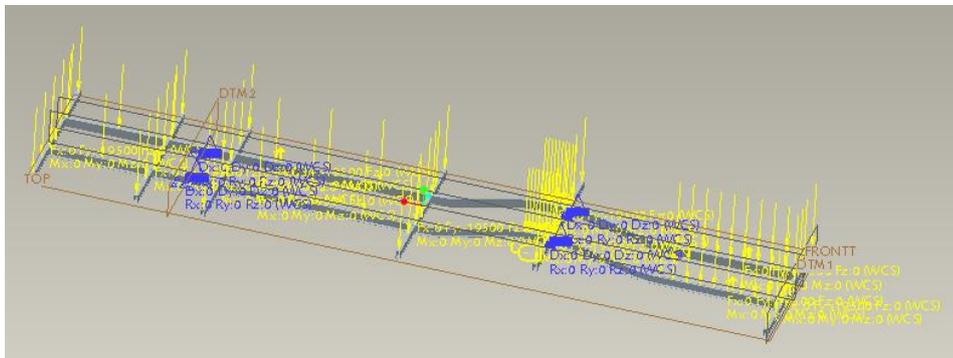
$$\text{Varian 2} \quad WRJ = \frac{3,48}{2 \times 9} = 0,19$$

Setelah rating dari kedua varian diketahui maka untuk perencanaan selanjutnya dipilih varian ke 1 karena memiliki rating paling tinggi.

4.5 Hasil Analisis Rancangan

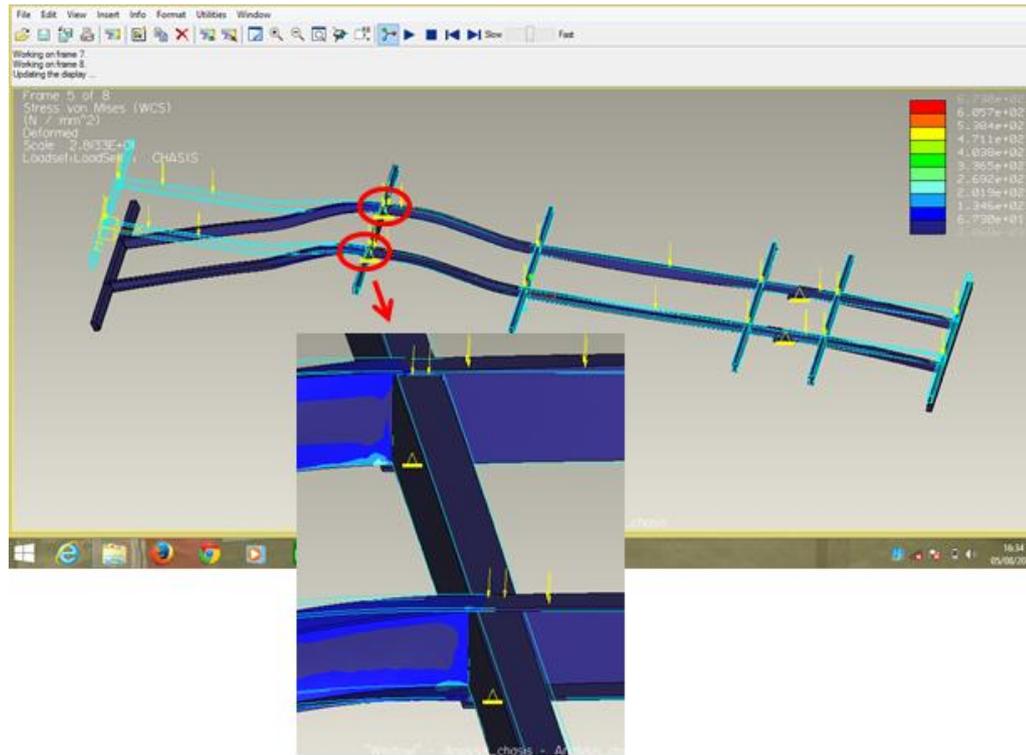
Selanjutnya akan dibahas mengenai perhitungan untuk menentukan kekuatan chasis yang akan dibuat, menentukan besar tekanan pada setiap bidang yang akan dipakai. Data-data yang diambil merupakan hasil dari draft rancangan. Hal diluar perhitungan, seperti pengelasan dibuat standar yang sudah ada dan jenis material.

Sebelum melakukan perhitungan peneliti melakukan pengujian simulasi terlebih dahulu. Simulasi pertama diambil dari keadaan standar chasis, dan dua keadaan yang dimodifikasi pada bagian belakang. Dimana perhitungan tersebut diantaranya analisis *stress von mises*, *analisis displacement*, dan analisis *strain*.



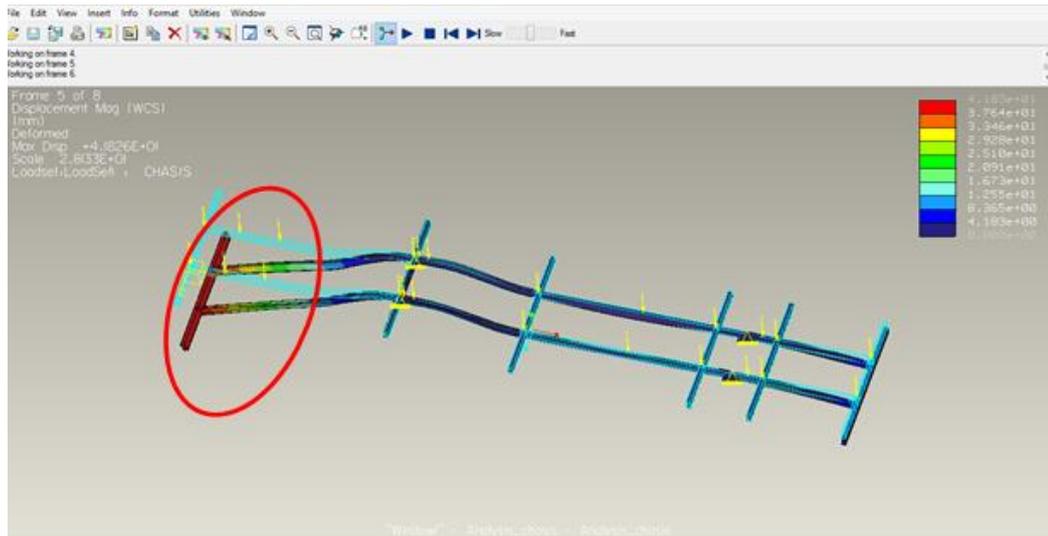
Gambar 4.7 Daerah/titik yang dilakukan pembebanan

Pada tahap pertama peneliti melakukan pembebanan pada semua bagian untuk mengetahui daerah mana saja yang menjadi prioritas yang harus diperbaiki. Daerah ini juga yang akan dimodifikasi melalui perbaikan. Bisa melalui penambahan komponen. Pengurangan komponen. Bahkan penggantian profil atau jenis chasis.



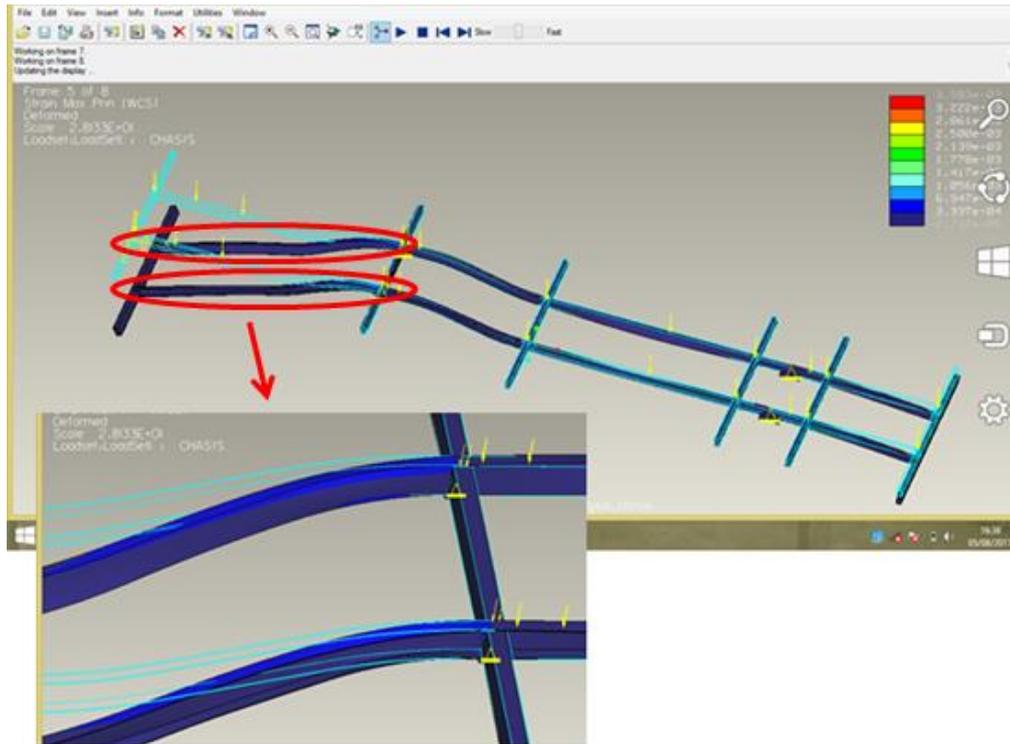
Gambar 4.8 Hasil Analisis *Stress Von Mises*

Setelah dilakukan pengujian peneliti menemukan permasalahan pada bagian belakang chasis. Daerah sambungan antara rangka chasis dengan penopang rangka untuk ke bodi kendaraan. Dimana terjadi tegangan yang besar dan terjadi pengaruh yang cukup besar. Dari hasil analisis yang dilakukan menunjukkan nilai *stress von mises* terbesar adalah $6,730 \times 10^2 \text{ N/mm}^2$ dan terjadi pada bagian yang diberi tanda lingkaran merah.



Gambar 4.9 Hasil Analisis *Displacement*

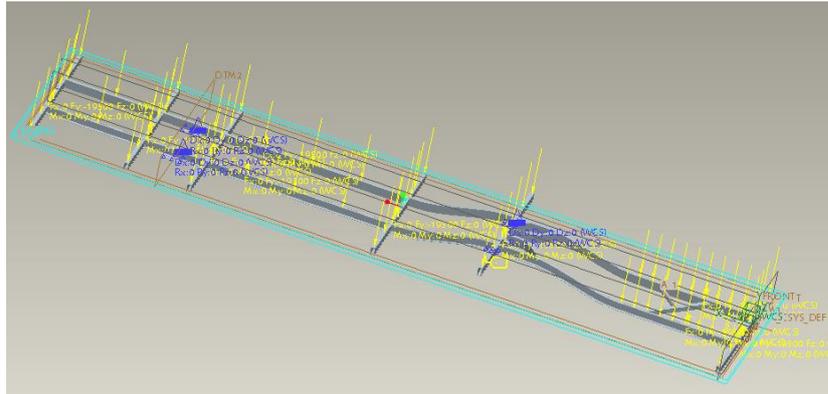
Selanjutnya pada tahap berikutnya peneliti melakukan analisa *displacement*. Untuk mengetahui daerah yang krusial pada saat pembebanan. Dimana daerah ini berhubungan dengan penempatan mesin pada bagian belakang kendaraan. Selain itu bagian ini sekaligus menopang bodi kendaraan pada bagian kendaraan. Dari hasil analisis yang dilakukan menunjukkan *displacement* terbesar adalah 4.183×10^1 mm dan terjadi pada bagian yang diberi tanda lingkaran merah. Dengan melihat gambar 4.9 diatas maka, peneliti berencana melakukan modifikasi pada bagian yang berwarna biru kerah hijau hingga merah. Dengan penambahan part atau komponen bisa mengurangi pembebanan kendaraan. Serta mengurangi *displacement* pada bagian belakang chasis tersebut. Tetapi tidak membahas jenis material dan biayanya.



Gambar 4.10 Hasil Analisis *Strain*

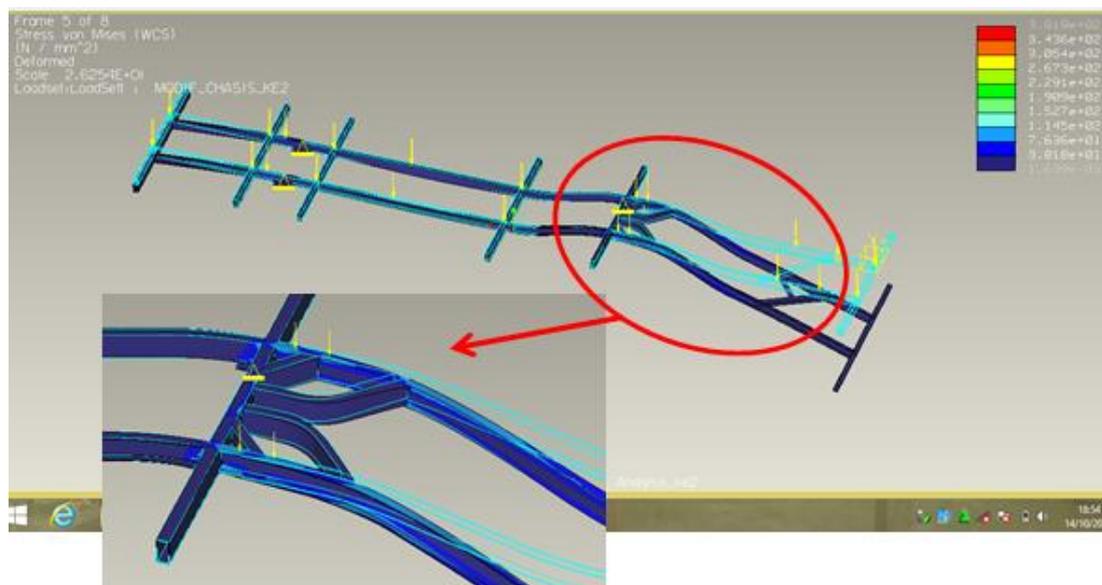
Selanjutnya peneliti ingin mengetahui analisis strain pada titik lain. Setelah diamati ternyata terjadi tegangan pada daerah chasis dengan rangka untuk menopang bodi kendaraan. Menurut peneliti daerah ini cukup krusial karena berpengaruh pada penempatan mesin, rangka bagian tengah dan ban bageian belakang. Dari hasil analisis yang dilakukan menunjukkan *strain* terbesar adalah $3.503 \times 10^3 \text{N/mm}^2$ dan terjadi pada bagian yang diberi tanda lingkaran merah. Maka peneliti mempunyai ide untuk mengubah penempatan rangka untuk penopang bodi kendaraan dan sedikit dimodifikasi pada bagian penghubung tersebut. Dengan dilakukan penambahan part bisa mengurangi analisis strain yang didapat.

Setelah itu melakukan modifikasi chasis sesuai dengan varian terpilih. Dimana analisis pertama pada varian ke 1. Dapat dilihat pada gambar 4.11.



Gambar 4.11 Pembebanan yang terjadi pada Chasis

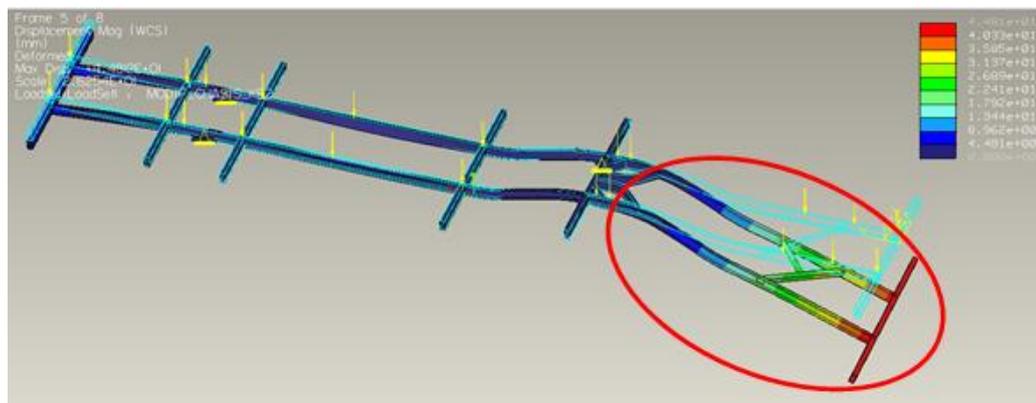
Pada tahap kedua peneliti melakukan pembebanan pada semua bagian untuk mengetahui daerah mana saja yang menjadi prioritas yang akan dibandingkan dengan varian 2. Pembebanan sama seperti gambar 4.7 dilakukan pembebanan yang sama pada semua titik. Dengan gambar yang sudah dimodifikasi.



Gambar 4.12 Hasil Analisis Stress Von Mises

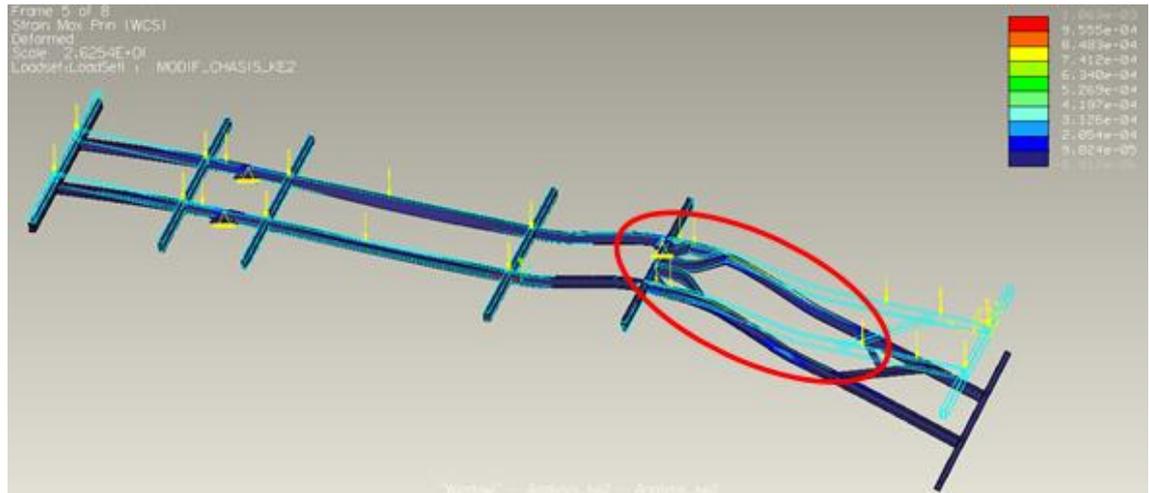
Pada tahap ini peneliti telah melakukan modifikasi pada bagian chasis yang berhungan dengan penempatan mesin dan bagian belakang chasis. Penambahan ini komponen miring pada bagian kiri dan kanan. Sedangkan pada

bagian tengah semacam huruf y dinamakan fungsinya untuk menyerap energi pada bagian tengah. Serta mengurangi tegangan pada penopang (rangka tengah) yang berhubungan dengan bodi kendaraan. Dari hasil analisis yang dilakukan menunjukkan *stress von mises* terbesar adalah $3.818 \times 10^2 \text{N/mm}^2$ dan terjadi pada bagian yang diberi tanda lingkaran merah. Dapat dilihat daerah yang berwarna biru muda sampai dengan merah. Bila dibandingkan dengan gambar 4.8 terjadi perbedaan yang cukup besar $\pm 50\%$ dari data awal. Dapat dilihat pada gambar 4.12.



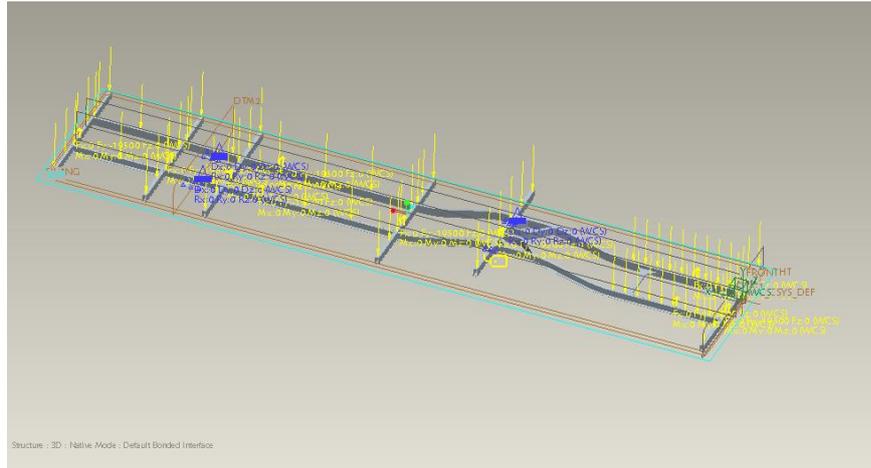
Gambar 4.13 Hasil Analisis *Displacement*

Dengan penambahan komponen pada chasis berakibat terjadi perubahan pada *displacement*. Dapat dilihat pada gambar 4.9 dengan nilai *displacement* terbesar adalah 4.183×10^1 mm. Kenaikan $\pm 10\%$ dari data pengujian awal. Dari hasil analisis yang dilakukan menunjukkan *displacement* terbesar adalah 4.481×10^1 mm dan terjadi pada bagian yang diberi tanda lingkaran merah. Kenaikan ini karena dipengaruhi oleh penambahan komponen menyilang pada gambar 4.13 yang diberi lingkaran merah.



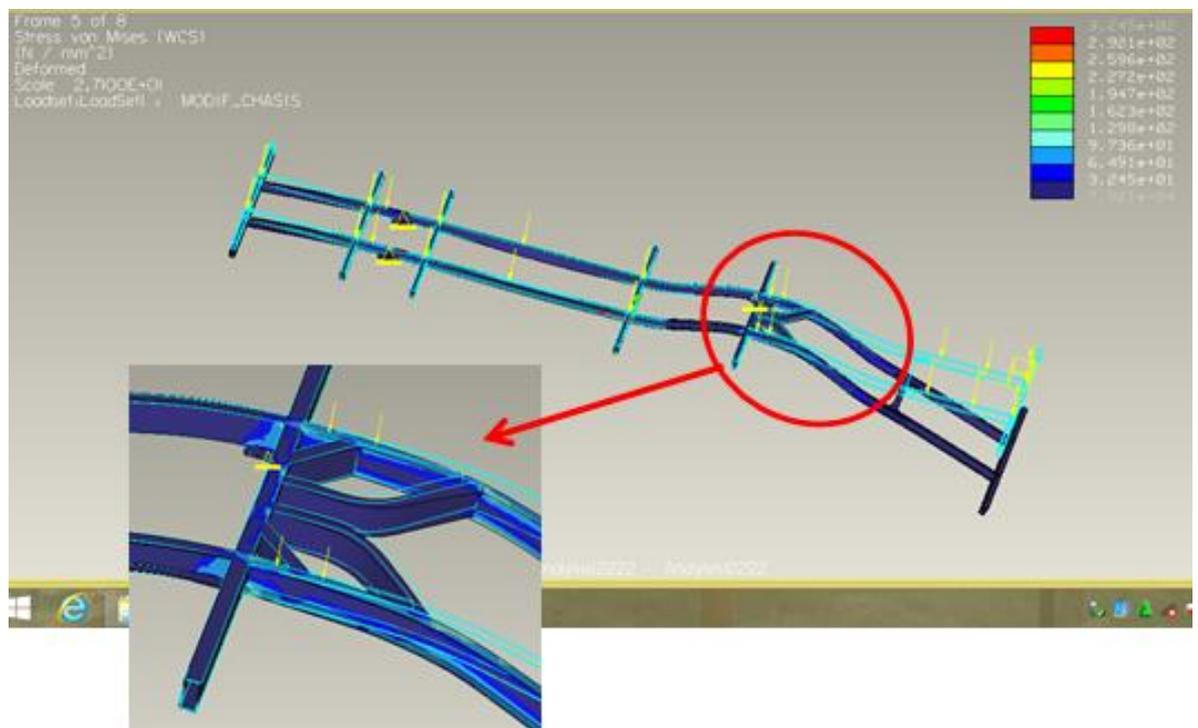
Gambar 4.14 Hasil Analisis *Strain*

Setelah dilakukan penambahan komponen pada chasis maka langkah selanjutnya mengetahui nilai strain pada chasis tersebut. Dengan penambahan komponen maka dapat mengetahui analisis strain pada titik lain. Setelah diamati ternyata terjadi tegangan pada daerah chasis dengan rangka untuk menopang bodi kendaraan. Menurut peneliti daerah ini cukup krusial karena berpengaruh pada penempatan mesin, rangka bagian tengah dan ban bagian belakang. Dari hasil analisis yang dilakukan menunjukkan *strain* terbesar adalah $1.063 \times 10^{-3} \text{N/mm}^2$ dan terjadi pada bagian yang diberi tanda lingkaran merah. Bila dibandingkan dengan gambar 4.10 terjadi perubahan yang sangat besar ± 60 s/d 70%. Ternyata dengan penambahan komponen/*part* ini mempengaruhi pembebanan pada bagian belakang chasis.



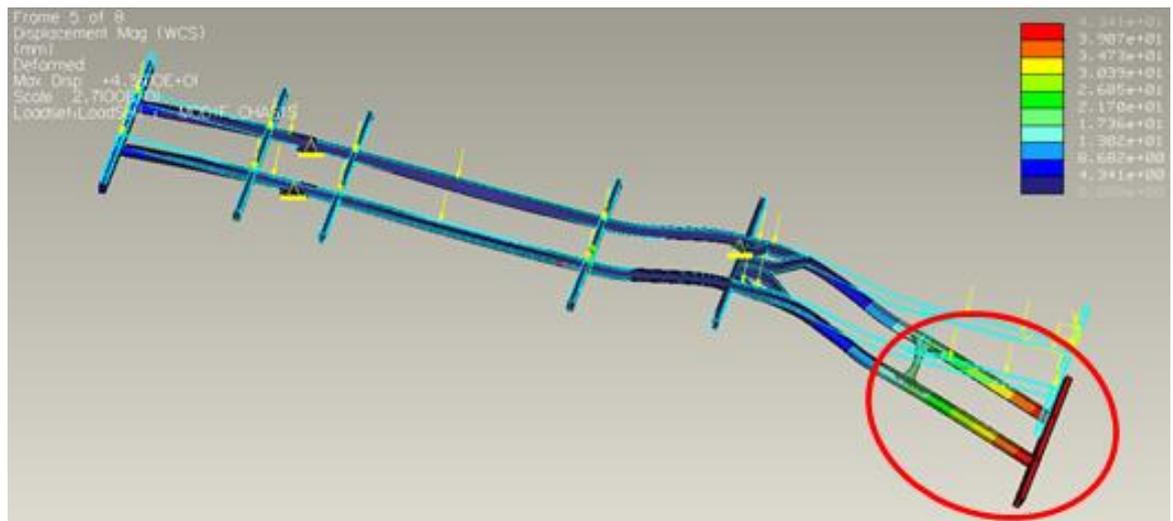
Gambar 4.15 Pembebanan yang terjadi pada Chasis

Pada tahap ketiga peneliti melakukan pembebanan pada semua bagian untuk mengetahui daerah mana saja yang menjadi prioritas yang akan dibandingkan dengan varian 1. Pembebanan sama seperti gambar 4.7 dilakukan pembebanan yang sama pada semua titik. Dengan gambar yang sudah dimodifikasi.



Gambar 4.16 Hasil Analisis *Stress Von Mises*

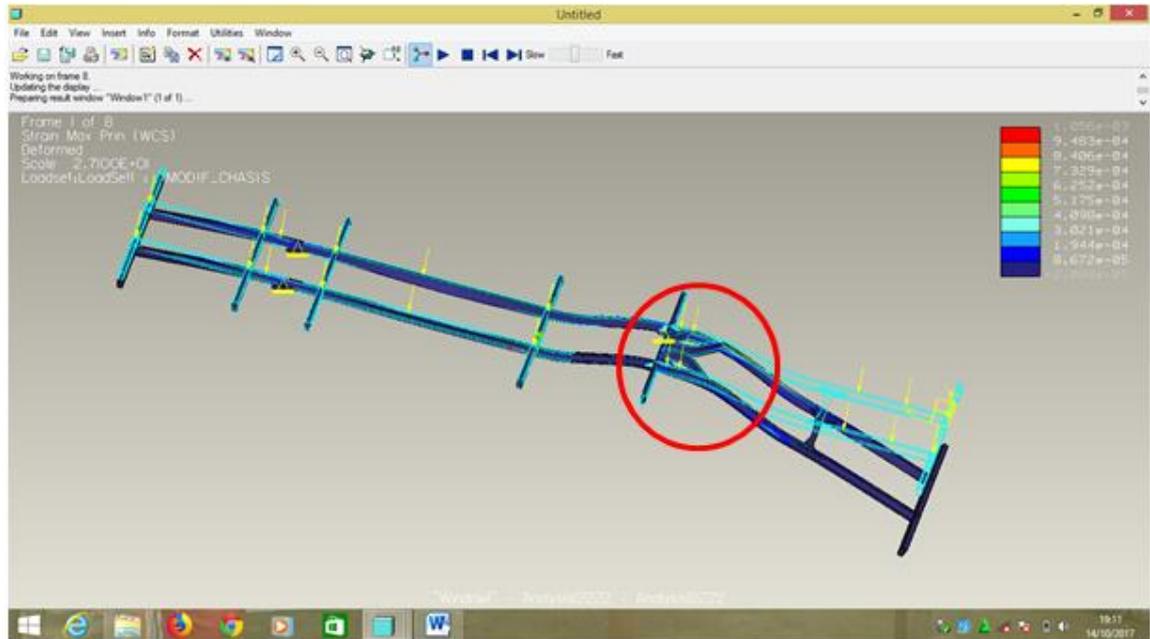
Pada tahap ini peneliti telah melakukan modifikasi pada bagian chasis yang berhubungan dengan penempatan mesin dan bagian belakang chasis. Penambahan ini komponen miring pada bagian kiri dan kanan. Sedangkan pada bagian tengah semacam huruf y dinamakan fungsinya untuk menyerap energi pada bagian tengah. Serta mengurangi tegangan pada penopang (rangka tengah) yang berhubungan dengan bodi kendaraan. Dari hasil analisis yang dilakukan menunjukkan *stress von mises* terbesar adalah $3.245 \times 10^2 \text{N/mm}^2$ dan terjadi pada bagian yang diberi tanda lingkaran merah, terlihat daerah yang berwarna merah kecil. Bila dibandingkan dengan gambar 4.10 terjadi perbedaan yang cukup besar $\pm 50\%$ dari data awal. Dapat dilihat pada gambar 4.16.



Gambar 4.17 Hasil Analisis *Displacement*

Dengan penambahan komponen pada chasis berakibat terjadi perubahan pada displacement. Dapat dilihat pada gambar 4.9 dengan nilai *displacement* terbesar adalah 4.183×10^1 mm. Kenaikan $\pm 10\%$ dari data pengujian awal. Dari hasil analisis yang dilakukan menunjukkan *displacement* terbesar adalah 4.341×10^1 mm dan terjadi pada bagian yang diberi tanda lingkaran merah. Kenaikan ini

karena dipengaruhi oleh penambahan komponen menyilang pada gambar 4.17 yang diberi lingkaran merah.



Gambar 4.18 Hasil Analisis Strain

Setelah dilakukan penambahan komponen pada chasis maka langkah selanjutnya mengetahui nilai strain pada chasis tersebut. Dengan penambahan komponen maka dapat mengetahui analisis strain pada titik lain. Setelah diamati ternyata terjadi tegangan pada daerah chasis dengan rangka untuk menopang bodi kendaraan. Menurut peneliti daerah ini cukup krusial karena berpengaruh pada penempatan mesin, rangka bagian tengah dan ban bagian belakang. Dari hasil analisis yang dilakukan menunjukkan strain terbesar adalah $1.056 \times 10^{-3} \text{N/mm}^2$ dan terjadi pada bagian yang diberi tanda lingkaran merah. Bila dibandingkan dengan gambar 4.9 terjadi perubahan yang sangat besar ± 60 s/d 70%. Ternyata dengan penambahan kompoen part ini mempengaruhi pembebanan pada bagian belakang chasis.

Selanjutnya melakukan perhitungan kebutuhan daya mesin.

Perhitungan Daya Mesin (Power):

$$\text{Power} = 11790 \times 2 \pi \times 1.750$$

$$\text{Power} = 129637.820 \text{ Hp}$$

$$Rpm = \frac{129637.820}{11790 \times 2\pi} = 1.749$$

Daya tarik adalah daya yang digunakan oleh suatu mesin traksi dalam menarik beban. Untuk menentukan daya maksimum dari mesin, beban harus divariasikan pada bus dengan besar gaya tertentu.

Perhitungan Daya Tarik (HP):

$$\text{Power (HP)} = \text{torque (lbs. ft)} \times \text{rotational speed (RPM)} / 5250$$

$$\text{Power(HP)} = \frac{11790 \times 1.750}{5250} = 3.93 \text{ HP}$$

4.6 Perhitungan Optimasi berat chasis kendaraan

Ukuran dan Dimensi Kendaraan

Mempunyai panjang dari depan ke belakang \pm 11790 mm, lebar 2500 mm dan tinggi 300 mm.

Untuk merancang sebuah desain berat minimum, maka digunakan rumus persamaan (4.1) ialah :

$$W = \gamma [2t(b + h) - 4t^2]$$

Dimana :

Menemukan: nilai h, t, dan b meminimalkan berat w

$$\gamma = 19500 \text{ (kg/m)}$$

$$t = 11790 \text{ mm}$$

$$= 11.79 \times 10^{-3} \text{ m}$$

$$b = 2500 \text{ mm}$$

$$= 2.5 \text{ m}$$

$$h = 300 \text{ mm}$$

$$= 0.3 \text{ m}$$

$$W = 19500 [2 \times 11.79 \times 10^{-3} (0.3 + 2.5) - 4 \times (11.79 \times 10^{-3})^2]$$

$$= 19500 [2 \times 11.79 \times 10^{-3} (2.8) - 4 \times (11.79 \times 10^{-3})^2]$$

$$= 19500 [23.58 \times 10^{-3} (2.8) - 5,56 \cdot 10^{-4}]$$

$$= 19500 [0.065]$$

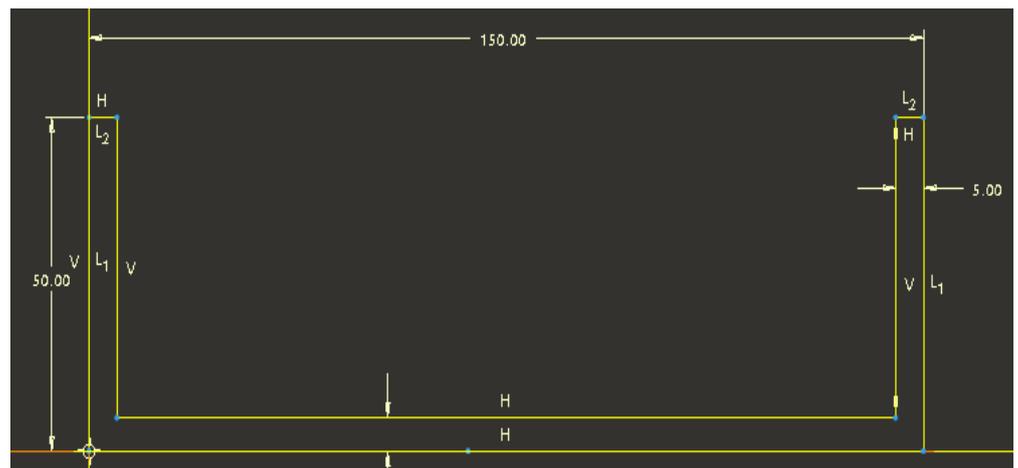
$$= 1.267,5 \text{ kg/m}$$

4.7 Perhitungan Profil Besi Baja Cnp Kanal C

1. Perhitungan Kekuatan

Pada profil rangka C menggunakan material Besi Baja Cnp Kanal C dengan dimensi 50 mm x 150 mm x 5 mm

a. Perhitungan Berat Keseluruhan Rangka Kanal C



Gambar 4.19 Dimensi profil kanal C

Diketahui $L = 150 \text{ mm} = 0,15 \text{ m}$; tebal = $5 \text{ mm} = 0,005 \text{ m}$

$P = \text{panjang} = 50 \text{ mm} = 0,05 \text{ m}$; Densitas besi 7850 kg/m^3

$Dd = 37 \text{ mm} = 0,037 \text{ m}$

Panjang keseluruhan rangka= $38580 \text{ mm} = 38.58 \text{ m}$

b. Perhitungan Volume

Volume Luar = $P \times S \times L$

$$= 0,05 \text{ m} \times 0,15 \text{ m} \times 38.58 \text{ m}$$

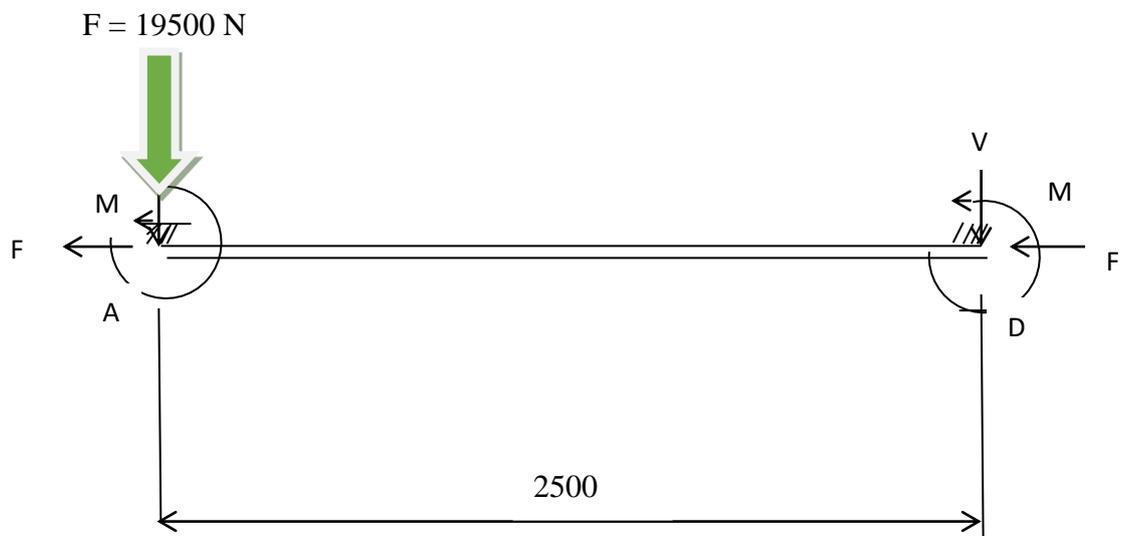
$$= 0.289 \text{ m}^3$$

W = **V total x massa jenis**

$$= 0.289 \text{ m}^3 \times 7850 \text{ kg/m}^3$$

$$= 2268.6 \text{ kg}$$

Perhitungan momen pada profil rangka Kanal C



Gambar 4.20 diagram benda bebas pada profil rangka Kanal C

Jika moment diberikan pada sumbu A :

$$W = m \cdot g$$

$$W = 1987.768 \text{ kg} \times 9.81 \text{ g}$$

$$= 19500 \text{ N}$$

$$\begin{aligned}
 M &= F \cdot d \\
 &= 19500 \times 2500 \\
 &= 48 \times 10^6 \text{ N}\cdot\text{mm}
 \end{aligned}$$

c. Von Mises

Perhitungan tegangan pada profil rangka Kanal C

Perhitungan tegangan geser pada profil rangka Kanal C.

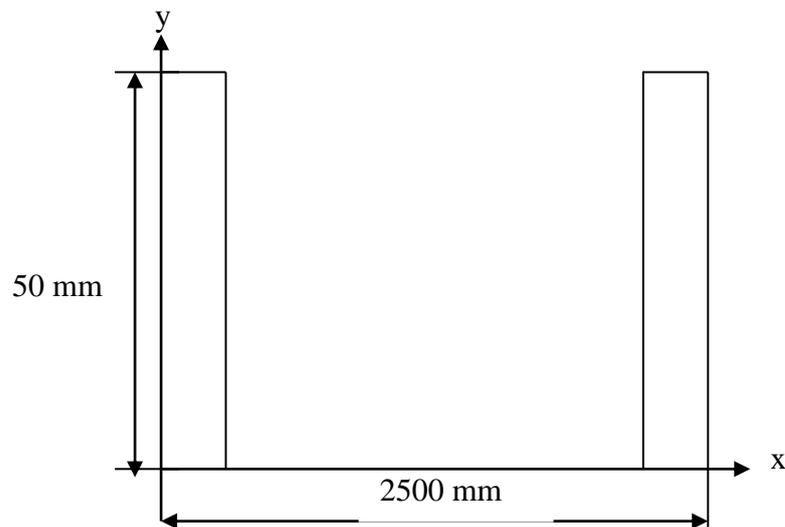
Diketahui $A = 50 \text{ mm} \times 2500 \text{ mm} = 125000 \text{ mm}^2$

$$V = 1987.768 \text{ N}$$

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

$$\tau_g = \frac{1987.768}{125000}$$

$$\tau_g = 0,0159 \text{ N}\cdot\text{mm}^2$$



Gambar 4.21 Koordinat momen inersia pada rangka kanal C

$H = 2500 \text{ mm}$ (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

$$\begin{aligned}
 I_y &= \int b^3 d.A \\
 &= 1/12 (b)^3 (h) \\
 &= 1/12 (50 \text{ mm})^3 (2500 \text{ mm}) \\
 &= 26 \times 10^6 \text{ mm}^4
 \end{aligned}$$

Bentuk permukaan rangka kanal C

$$\begin{aligned}
 C &= \frac{h}{2} \\
 C &= \frac{50 \text{ mm}}{2}
 \end{aligned}$$

$$C = 25 \text{ mm}$$

Tegangan permukaan yang terjadi pada rangka batang

$$\begin{aligned}
 \sigma_t &= \frac{M.c}{I} \\
 C &= \frac{h}{2} \\
 C &= \frac{48 \times 10^6 \text{ N.mm.}25 \text{ mm}}{26 \times 10^6 \text{ mm}^4}
 \end{aligned}$$

$$C = 46,15 \text{ N/mm}^2$$

Maka didapatkan nilai $x = 46,15 \text{ N/mm}^2$

Maka untuk tegangan *Von Mises* maksimum adalah:

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

$$\sigma_{\max} = \frac{0 - 46,15}{2} + \sqrt{\left(\frac{0 - 46,15}{2}\right)^2 + (0,0159)^2}$$

$$\sigma_{\max} = 23,075 + 23,075$$

$$\sigma_{\max} = 46,15 \text{ N/mm}^2$$

Dari perhitungan diatas, di dapatkan nilai tegangan *Von Mises* maksimum pada rangka kanal C sebesar $\sigma_{\max} = 46,15 \text{ N/mm}^2$.

d. **Perhitungan Safety Factor (Sf)**

Untuk perhitungan *safety factor*, dengan beban 7850 kg/m^3

Diketahui :

- Material specification : baja canal C
Nilai *yield strength* (σ_y) = 500 – 600 N/mm²
- Dengan panjang L = 150 mm
- Ketebalan tebal = 5 mm
- Gravitasi (g) = 9.81 m/s²
- *Safety Factor* (Sf) = $\frac{S}{\sigma}$ [16]

$$= \frac{550 \text{ N/mm}^2}{(7850 \times 9.81)/(150 \text{ mm} \times 5 \text{ mm})}$$

$$= \frac{550}{77008.5 / 750} = 5,35$$

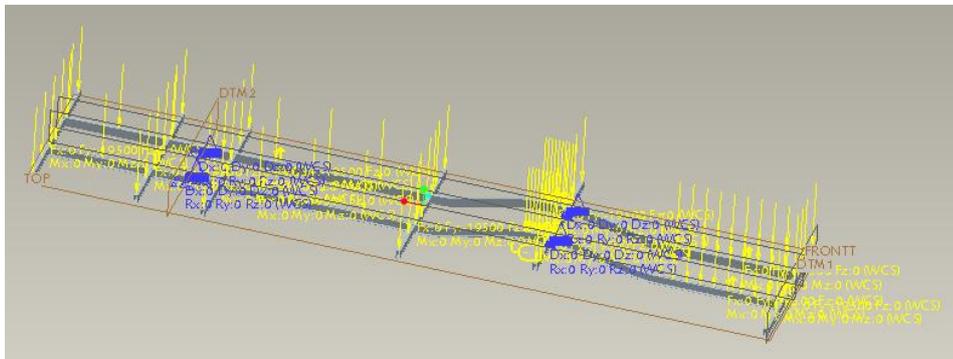
Dimana : S = Yield strength material

σ = tegangan normal

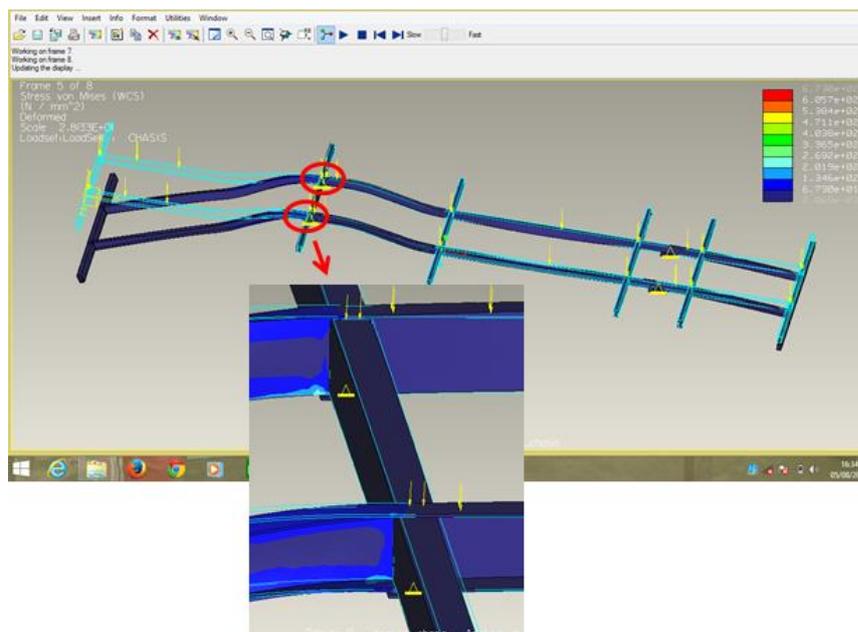
4.8 Pembahasan

4.8.1 Hasil Analisis Rancangan

Sebelum melakukan perhitungan peneliti melakukan pengujian simulasi terlebih dahulu. Simulasi pertama diambil dari keadaan standar chasis, dan dua keadaan yang dimodifikasi pada bagian belakang. Dimana perhitungan tersebut diantaranya analisis *stress von mises*, *analisis displacement*, dan analisis *strain*.

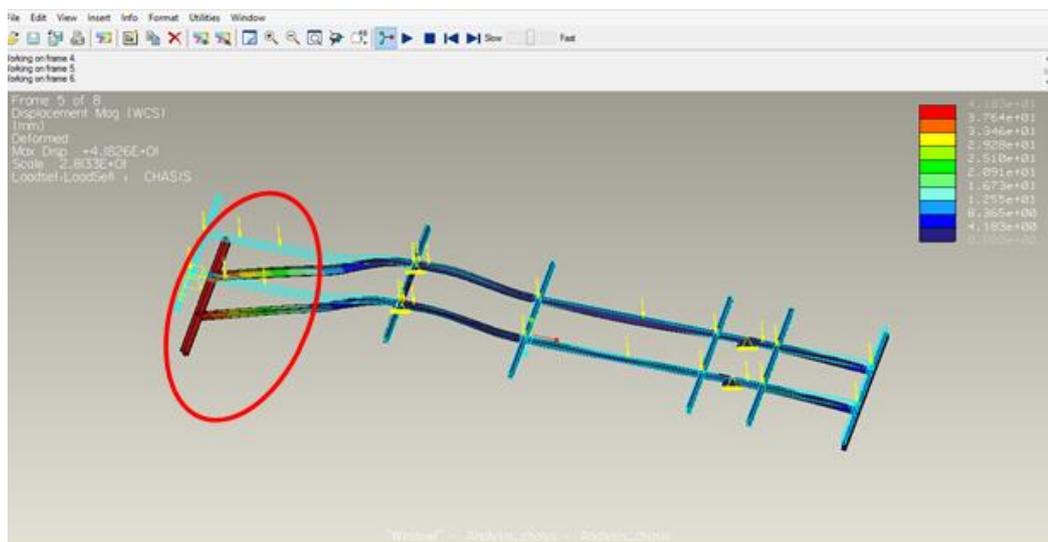


Gambar 4.22 Daerah/titik yang dilakukan pembebanan



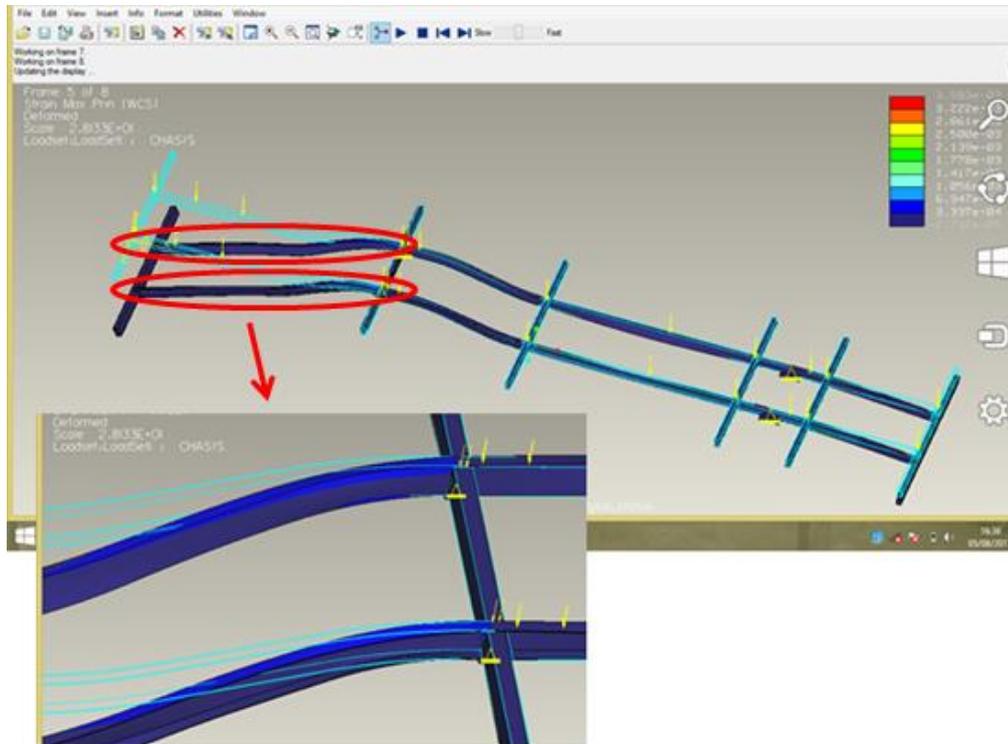
Gambar 4.23 Hasil Analisis *Stress Von Mises*

Setelah dilakukan pengujian peneliti menemukan permasalahan pada bagian belakang chasis. Daerah sambungan antara rangka chasis dengan penopang rangka untuk ke bodi kendaraan. Dimana terjadi tegangan yang besar dan terjadi pengaruh yang cukup besar. Dari hasil analisis yang dilakukan menunjukkan nilai *stress von mises* terbesar adalah $6,730 \times 10^2 \text{ N/mm}^2$ dan terjadi pada bagian yang diberi tanda lingkaran merah.

Gambar 4.24 Hasil Analisis *Displacement*

Selanjutnya pada tahap berikutnya peneliti melakukan analisa *displacement*. Untuk mengetahui daerah yang krusial pada saat pembebanan. Dimana daerah ini berhubungan dengan penempatan mesin pada bagian belakang kendaraan. Selain itu bagian ini sekaligus menopang bodi kendaraan pada bagian kendaraan. Dari hasil analisis yang dilakukan menunjukkan *displacement* terbesar adalah $4.183 \times 10^1 \text{ mm}$ dan terjadi pada bagian yang diberi tanda lingkaran merah. Dengan melihat gambar 4.9 diatas maka, peneliti berencana melakukan modifikasi pada bagian yang berwarna biru kerah hijau hingga merah. Dengan penambahan part atau komponen bisa mengurangi pembebanan kendaraan. Serta

mengurangi *displacement* pada bagian belakang chasis tersebut. Tetapi tidak membahas jenis material dan biayanya.

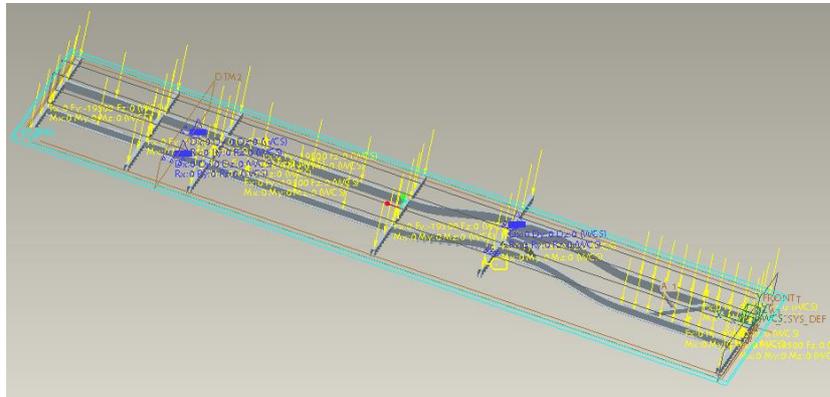


Gambar 4.25 Hasil Analisis *Strain*

Selanjutnya peneliti ingin mengetahui analisis strain pada titik lain. Setelah diamati ternyata terjadi tegangan pada daerah chasis dengan rangka untuk menopang bodi kendaraan. Menurut peneliti daerah ini cukup krusial karena berpengaruh pada penempatan mesin, rangka bagian tengah dan ban bagaian belakang. Dari hasil analisis yang dilakukan menunjukkan *strain* terbesar adalah $3.503 \times 10^3 \text{ N/mm}^2$ dan terjadi pada bagian yang diberi tanda lingkaran merah. Maka peneliti mempunyai ide untuk mengubah penempatan rangka untuk penopang bodi kendaraan dan sedikit dimodifikasi pada bagian penghubung tersebut. Dengan dilakukan penambahan part bisa mengurangi analisis strain yang didapat.

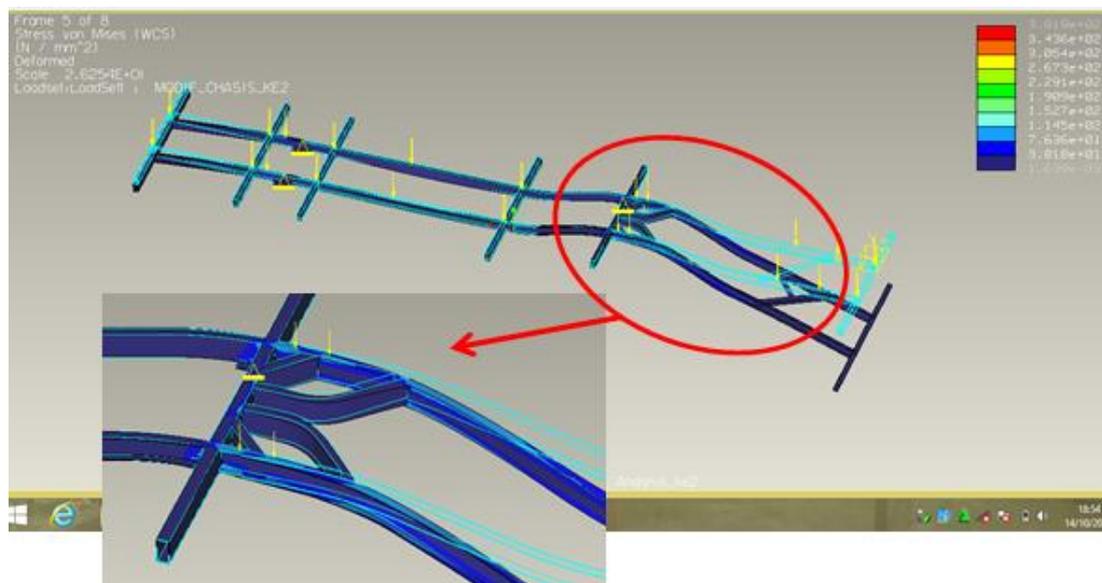
Setelah itu melakukan modifikasi chasis sesuai dengan varian terpilih.

Dimana analisis pertama pada varian ke 1. Dapat dilihat pada gambar 4.11.



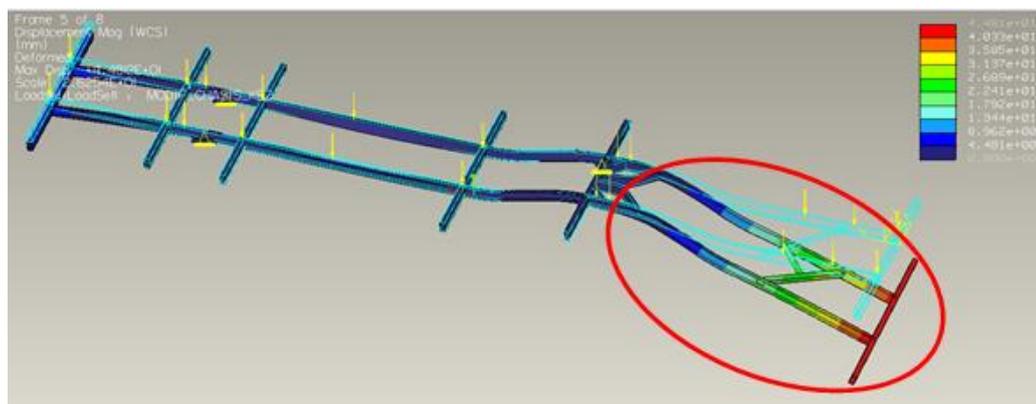
Gambar 4.27 Pembebanan yang terjadi pada Chasis

Pada tahap kedua peneliti melakukan pembebanan pada semua bagian untuk mengetahui daerah mana saja yang menjadi prioritas yang akan dibandingkan dengan varian 2. Pembebanan sama seperti gambar 4.7 dilakukan pembebanan yang sama pada semua titik. Dengan gambar yang sudah dimodifikasi.



Gambar 4.28 Hasil Analisis Stress Von Mises

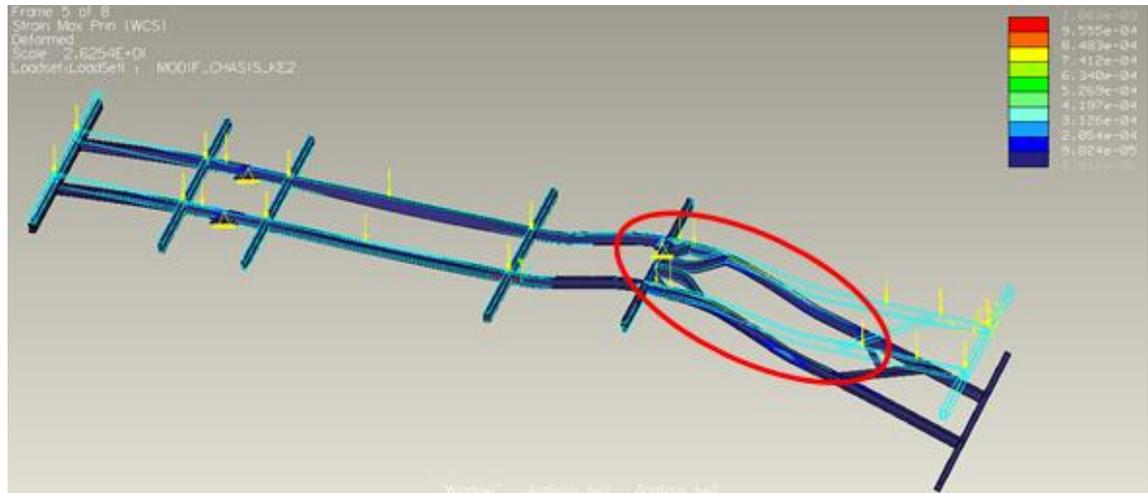
Pada tahap ini peneliti telah melakukan modifikasi pada bagian chasis yang berhungan dengan penempatan mesin dan bagian belakang chasis. Penambahan ini komponen miring pada bagian kiri dan kanan. Sedangkan pada bagian tengah semacam huruf y dinamakan fungsinya untuk menyerap energi pada bagian tengah. Serta mengurangi tegangan pada penopang (rangka tengah) yang berhubungan dengan bodi kendaraan. Dari hasil analisis yang dilakukan menunjukkan *stress von mises* terbesar adalah $3.818 \times 10^2 \text{N/mm}^2$ dan terjadi pada bagian yang diberi tanda lingkaran merah. Dapat dilihat daerah yang berwarna biru muda sampai dengan merah. Bila dibandingkan dengan gambar 4.8 terjadi perbedaan yang cukup besar $\pm 50\%$ dari data awal. Dapat dilihat pada gambar 4.12.



Gambar 4.29 Hasil Analisis *Displacement*

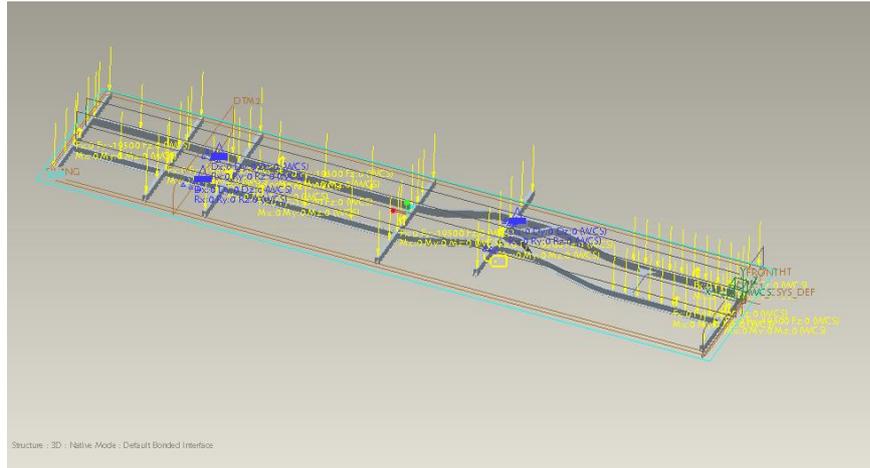
Dengan penambahan komponen pada chasis berakibat terjadi perubahan pada *displacement*. Dapat dilihat pada gambar 4.9 dengan nilai *displacement* terbesar adalah 4.183×10^1 mm. Kenaikan $\pm 10\%$ dari data pengujian awal. Dari hasil analisis yang dilakukan menunjukkan *displacement* terbesar adalah 4.481×10^1 mm dan terjadi pada bagian yang diberi tanda lingkaran merah.

Kenaikan ini karena dipengaruhi oleh penambahan komponen menyilang pada gambar 4.13 yang diberi lingkaran merah.



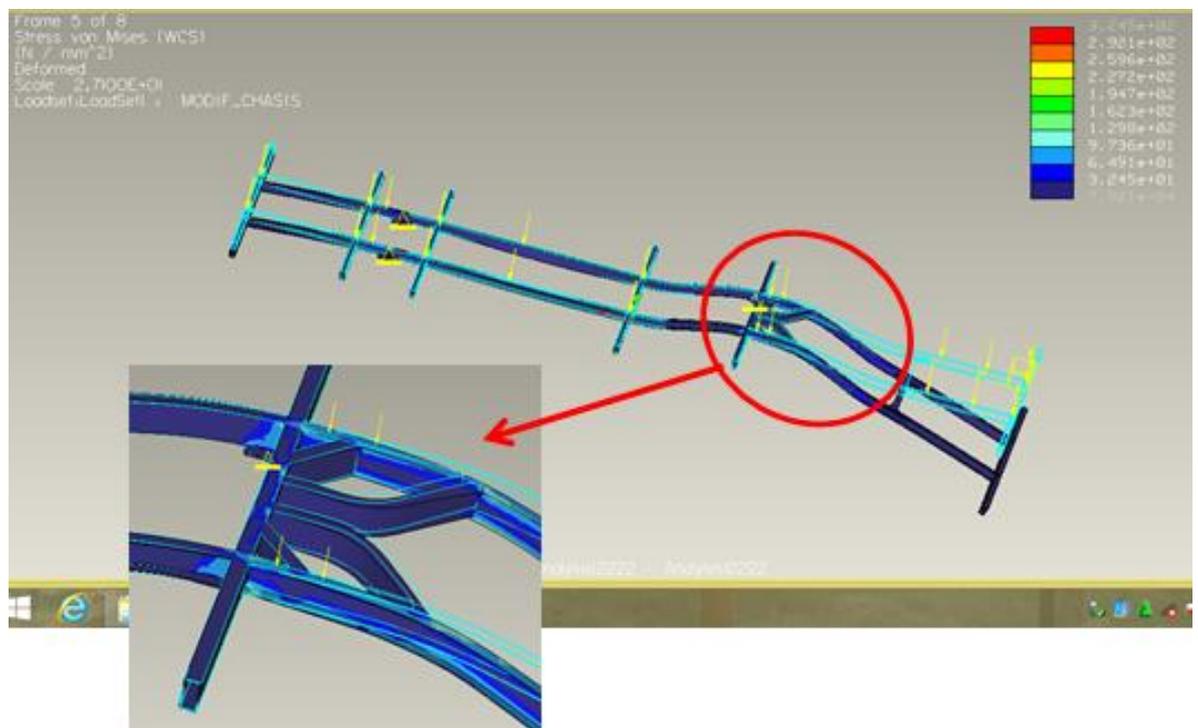
Gambar 4.30 Hasil Analisis *Strain*

Setelah dilakukan penambahan komponen pada chasis maka langkah selanjutnya mengetahui nilai strain pada chasis tersebut. Dengan penambahan komponen maka dapat mengetahui analisis strain pada titik lain. Setelah diamati ternyata terjadi tegangan pada daerah chasis dengan rangka untuk menopang bodi kendaraan. Menurut peneliti daerah ini cukup krusial karena berpengaruh pada penempatan mesin, rangka bagian tengah dan ban bagian belakang. Dari hasil analisis yang dilakukan menunjukkan *strain* terbesar adalah $1.063 \times 10^{-3} \text{N/mm}^2$ dan terjadi pada bagian yang diberi tanda lingkaran merah. Bila dibandingkan dengan gambar 4.12 terjadi perubahan yang sangat besar ± 60 s/d 70%. Ternyata dengan penambahan komponen/*part* ini mempengaruhi pembebanan pada bagian belakang chasis.



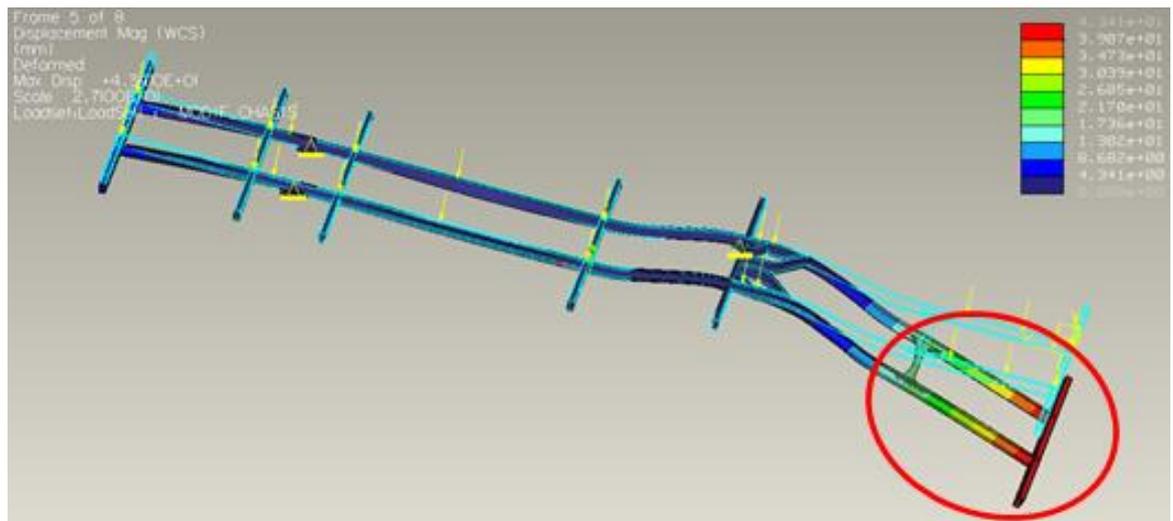
Gambar 4.31 Pembebanan yang terjadi pada Chasis

Pada tahap ketiga peneliti melakukan pembebanan pada semua bagian untuk mengetahui daerah mana saja yang menjadi prioritas yang akan dibandingkan dengan varian 1. Pembebanan sama seperti gambar 4.7 dilakukan pembebanan yang sama pada semua titik. Dengan gambar yang sudah dimodifikasi.



Gambar 4.32 Hasil Analisis *Stress Von Mises*

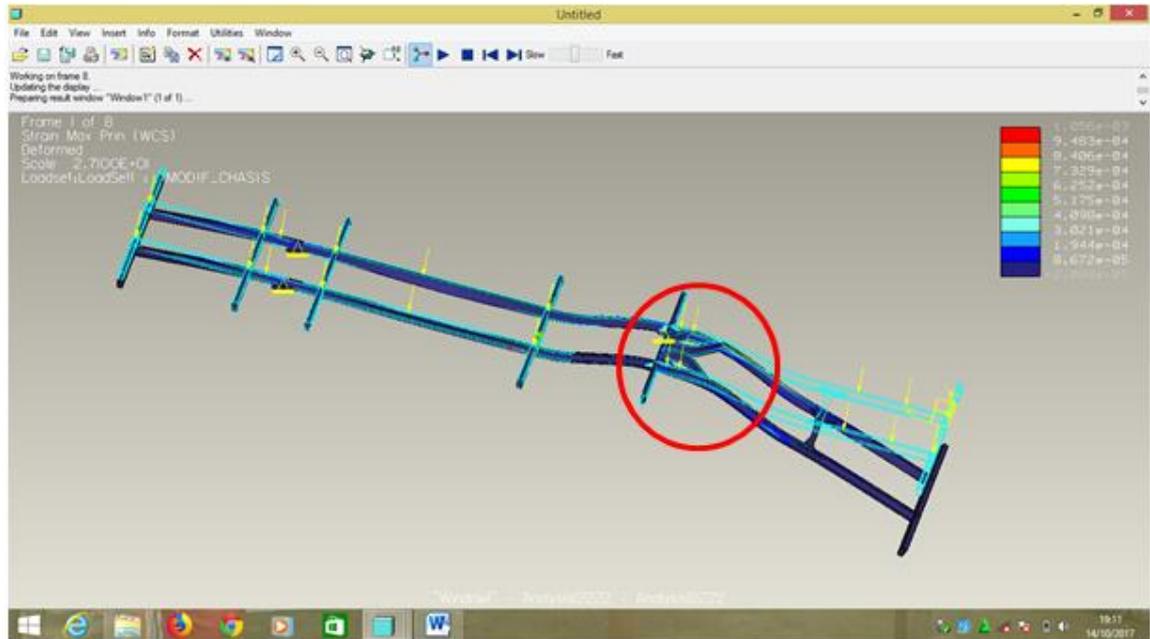
Pada tahap ini peneliti telah melakukan modifikasi pada bagian chasis yang berhungan dengan penempatan mesin dan bagian belakang chasis. Penambahan ini komponen miring pada bagian kiri dan kanan. Sedangkan pada bagian tengah semacam huruf y dinamakan fungsinya untuk menyerap energi pada bagian tengah. Serta mengurangi tegangan pada penopang (rangka tengah) yang berhubungan dengan bodi kendaraan. Dari hasil analisis yang dilakukan menunjukkan *stress von mises* terbesar adalah $3.245 \times 10^2 \text{N/mm}^2$ dan terjadi pada bagian yang diberi tanda lingkaran merah, terlihat daerah yang berwarna merah kecil. Bila dibandingkan dengan gambar 4.8 terjadi perbedaan yang cukup besar $\pm 50\%$ dari data awal. Dapat dilihat pada gambar 4.16.



Gambar 4.33 Hasil Analisis Displacement

Dengan penambahan komponen pada chasis berakibat terjadi perubahan pada displacement. Dapat dilihat pada gambar 4.9 dengan nilai *displacement* terbesar adalah 4.183×10^1 mm. Kenaikan $\pm 10\%$ dari data pengujian awal. Dari hasil analisis yang dilakukan menunjukkan *displacement* terbesar adalah 4.341×10^1 mm dan terjadi pada bagian yang diberi tanda lingkaran merah. Kenaikan ini

karena dipengaruhi oleh penambahan komponen menyilang pada gambar 4.17 yang diberi lingkaran merah.



Gambar 4.34 Hasil Analisis Strain

Setelah dilakukan penambahan komponen pada chasis maka langkah selanjutnya mengetahui nilai strain pada chasis tersebut. Dengan penambahan komponen maka dapat mengetahui analisis strain pada titik lain. Setelah diamati ternyata terjadi tegangan pada daerah chasis dengan rangka untuk menopang bodi kendaraan. Menurut peneliti daerah ini cukup krusial karena berpengaruh pada penempatan mesin, rangka bagian tengah dan ban bagian belakang. Dari hasil analisis yang dilakukan menunjukkan strain terbesar adalah $1.056 \times 10^{-3} \text{N/mm}^2$ dan terjadi pada bagian yang diberi tanda lingkaran merah. Bila dibandingkan dengan gambar 4.11 terjadi perubahan yang sangat besar ± 60 s/d 70%. Ternyata dengan penambahan kompoen part ini mempengaruhi pembebanan pada bagian belakang chasis.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 KESIMPULAN

Setelah dilakukan penelitian mengenai modifikasi desain chasis *hybrid* pada bus scania K360IB 4x2, sesuai dengan tujuan dari peneliti pada bab 1 maka penelitian menyimpulkan sebagai berikut :

1. Melakukan modifikasi desain chasis *hybrid* pada bus scania K360IB 4x2, dengan melihat desain chasis pada umumnya disini peneliti coba untuk melakukan pengujian secara simulasi. Pada saat melakukan pengujian peneliti memahami beberapa faktor terjadinya tegangan pada *stress von mises*, *analisis displacement*, dan analisis *strain*. Akhirnya peneliti mencoba melakukan penambahan komponen pada bagian chasis untuk mengurangi *stress von mises*, *analisis displacement*, dan analisis *strain*. Setelah dilakukan penambahan komponen terjadi penambahan dan pengurangan pada nilai *stress von mises*, *analisis displacement*, dan analisis *strain*.
2. Setelah dilakukan pembuatan varian konsep, maka dipilih varian ke 1 dari hasil kombinasi prinsip yang terdapat pada tabel 3.12 dengan beberapa pertimbangan di atas dihasilkan variasi-variasi varian 1 : 1,1 : 2,2 : 3,1 : 4,2 : 5,1 : 6,2 : 7,1.
3. Dari sisi keamanan rangka chasis roda tiga dari perhitungan diatas, di dapatkan nilai tegangan *Von Mises* maksimum pada rangka kotak *hollow* sebesar $\sigma_{max} = 46,15 \text{ N/mm}^2$ dengan perhitungan manual sedang dengan menggunakan software sebesar $3.24 \times 10^2 \text{ Mpa}$.

4. Daya Mesin (Power) sebesar 1.749 rpm, dan daya Tarik (HP) sebesar 3.93 HP

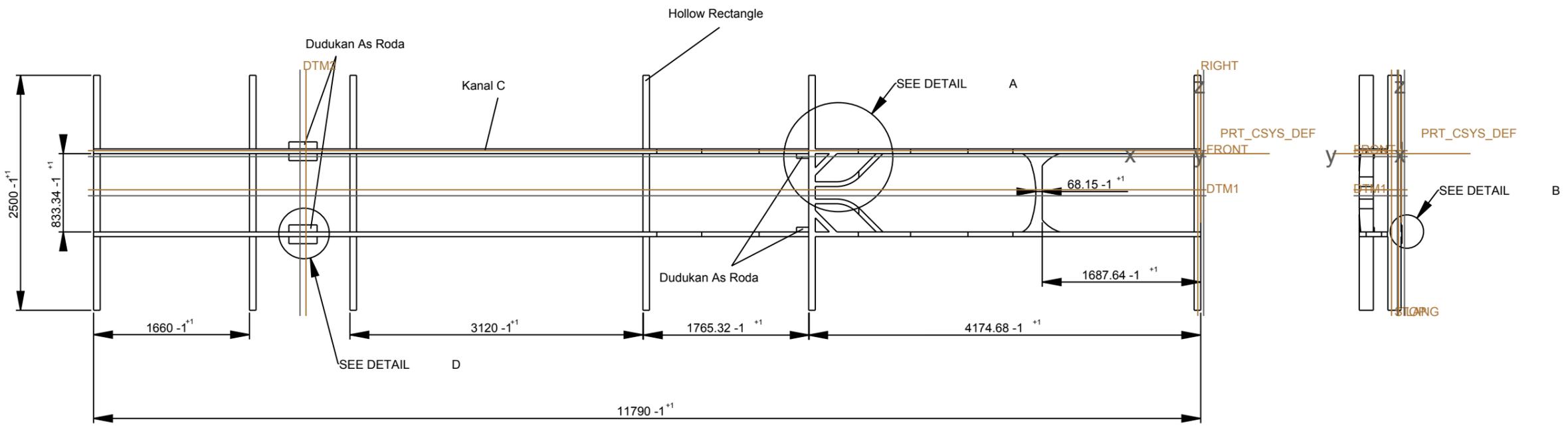
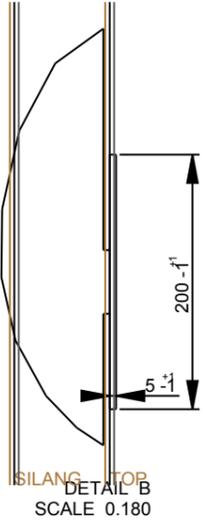
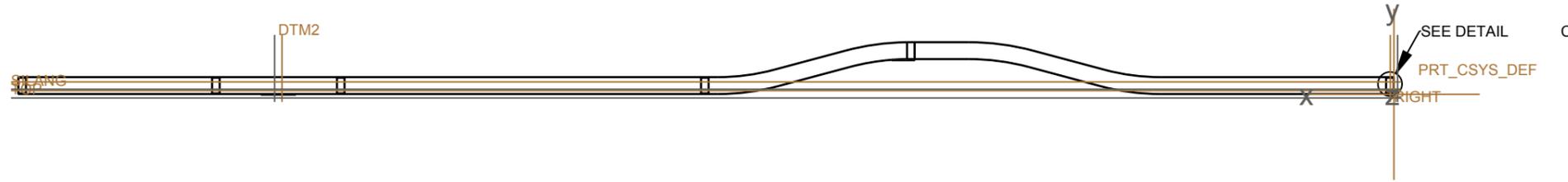
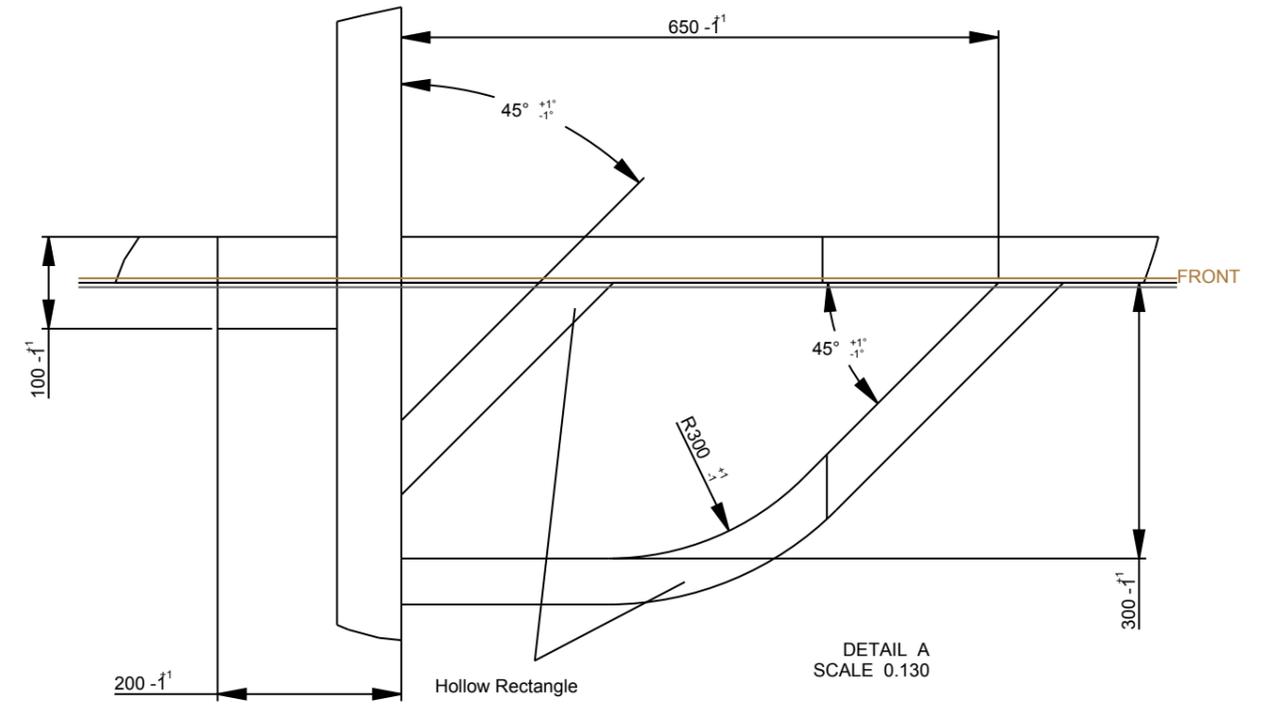
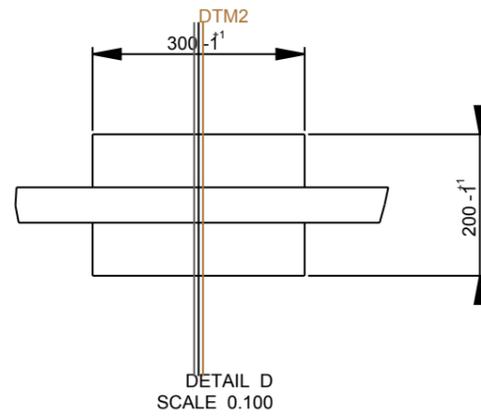
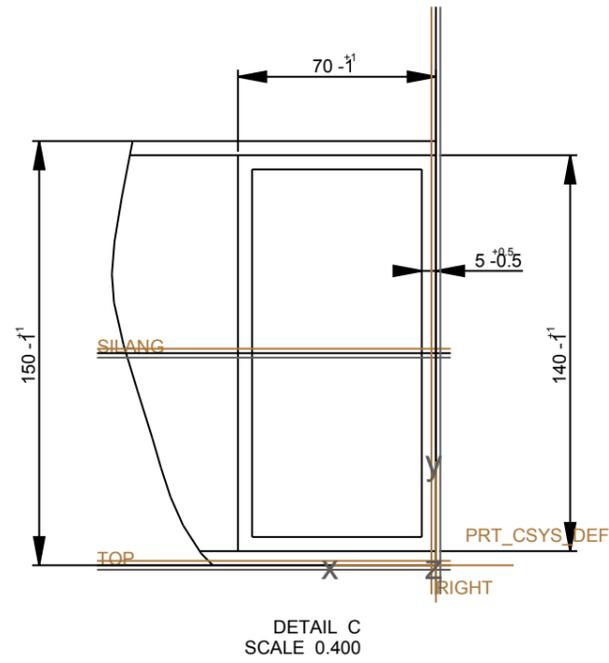
5.2 SARAN

Modifikasi kendaraan bus *hybrid* ini dapat dilanjutkan dan dikembangkan dengan lebih spesifik misalnya untuk memilih solusi-solusi dari table sub fungsi/solusi atau Morfologi chart, sebaiknya dibuat sket dengan gambar manual terlebih dahulu. Dengan memanfaatkan teknologi yang baru dan kegunaan lainnya diharapkan menjadi suatu modifikasi kendaraan yang dapat dibuat dan dapat memenuhi kriteria kendaraan bus *hybrid*.

DAFTAR PUSTAKA

1. Costin, Michael and Phipps, David. Racing and Sports Car Chassis Design. London: B. T. Batsford Ltd.
2. Dario Croccolo* – Massimiliano De Agostinis – Nicolò Vincenzi
Structural Analysis of an Articulated Urban Bus Chassis via FEM: a Methodology Applied to a Case Study *Strojniški vestnik - Journal of Mechanical Engineering* 57(2011)11, 799-809 Paper received: 05.04.2011
DOI:10.554.5/sv-jme.2011.077.
3. Analysis Shuli Sun, Jun Zhang, Zhenhao Peng, A Study of the Dynamic Characteristics of Transport Bus Frame using Finite Element SHULI SUN *et al: A STUDY OF THE DYNAMIC CHARACTERISTICS OF TRANSPORT BUS FRAME USING.*
4. Ulrich. T karl Steven D. Eppinger perancangan & pengembangan produk. Penerbit salemba teknika., jakarta 2001.
5. Keith J. Wakeham. Introduction To Chassis Design. Newfoundland and Labrador: Memorial University. 2009.
6. Jason C.Brown, A.John Robertson, Stan T. Serpento. Motor Vehicle Structure: Concepts and Fundamentals. Oxford: Elsevier Ltd. 2002.
7. Julian Happian-Smith. An Introduction to Modern Vehicle Design. New Delhi: Butterworth-Heinemann. 2003.
8. M.J. Nunney. Light and Heavy Vehicle Technology, fourth edition. Oxford: Elsevier Ltd. 2007.
9. Hibbler, R. C. Engineering Mechanics Statics, Twelfth Edition. New Jersey: Prentice Hall. 2011.

10. Hibbler, R. C. Mechanics of Materials, Eighth Edition. New Jersey: Prentice Hall. 2011.
11. T.A.Stolarski, Y.Nakasone and S.Yoshimoto. Engineering Analysis With ANSYS Software. Oxford: Elsevier Ltd. 2006.
12. S. Ganesan And K. Panneerselvam Sathyabama University, Chennai, India
Vibration Reduction In Conventional Vehicles By Increasing The Stiffness On The Chassis Frame Arpn Journal Of Engineering And Applied Sciences ©2006-2015 Asian Research Publishing Network (Arpn). All Rights Reserved.
13. Gaurav Goel, Rajat Garg, Tarun Ranjan, Pratyanshu Soni and Baskar P. Department of Automotive Engineering, SMEC, VIT University, Vellore, Tamil Nadu, India Structural And Modal Analysis Of A Ladder Frame Chassis ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences ©2006-2016 Asian Research Publishing Network (ARPN). All rights reserved ISSN 1819-6608.
14. Finite Element Analysis and Optimal Design for the Frame of SX360 Dump Trucks Yuan Ren, Yongchang Yu, Binbin Zhao, Chuanhui Fan, He Li Available Procedia Engineering 174 (2017) 638 – 647
15. Mehdi Mahmoodi-k, Iraj Davoodabadi, Vinko Višnjić, Amir Afkar Stress And Dynamic Analysis Of Optimized Trailer Chassis Analiza naprežanja i dinamička analiza optimirane šasije prikolice ISSN 1330-3651.
16. Miranda, Dr jose Carlos product design techiques for robustness, reliability and optimization., 2004



	Skala : 1 : 200	Digambar : Riyan Ariansyah	Keterangan :
	Satuan : mm	NPM : 5315220031	
	Tanggal : 4-11-2017	Diperiksa : Prof. Ir. Joko WK, Ph.D	
MAGISTER TEKNIK MESIN - UP	CHASIS BUS		A3