



TUGAS AKHIR - TM 091585

ANALISIS DYNAMIC FACTOR DAN MODIFIKASI PADA CHASSIS KENDARAAN MULTIGUNA PEDESAAN DENGAN METODE ELEMEN HINGGA

FATHU PRASETYO
NRP 0211144000030

Dosen Pembimbing
Dr. Ir. Agus Sigit Pramono, DEA.

Departemen Teknik Mesin
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2018

Halaman ini sengaja dikosongkan



FINAL PROJECT - TM 091585

**DYNAMIC FACTOR ANALYSIS AND
MODIFICATION OF RURAL MULTIPURPOSE
VEHICLE CHASSIS USING FINITE ELEMENT
METHOD**

**FATHU PRASETYO
NRP 0211144000030**

**Academic Advisor
Dr. Ir. Agus Sigit Pramono, DEA.**

**Mechanical Engineering Department
Faculty of Industrial Technology
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2018**

Halaman ini sengaja dikosongkan

**ANALISIS DYNAMIC FACTOR DAN MODIFIKASI
PADA CHASSIS KENDARAAN MULTIGUNA
PEDESAAN DENGAN METODE ELEMEN HINGGA**

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
pada
Program Studi S-1 Departemen Teknik Mesin
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

FATHU PRASETYO
NRP. 0211144000030

Disetujui oleh Tim Penguji Tugas Akhir :

1. Dr. Agus Sigit Pramono, DEA (Pembimbing)
NIP. 196508101991021001
2. Ir. Julendra Bambang Ariatedja (Penguji I)
NIP. 198607061999031004
3. Ir. Yusuf Kaelani, Msc.E (Penguji II)
NIP. 196511031990021000
4. Dinny Harnany, ST. MSc. (Penguji III)
NIP. 2100201405001



SURABAYA

JULI, 2018

Halaman ini sengaja dikosongkan

ANALISIS DYNAMIC FACTOR DAN MODIFIKASI PADA CHASSIS KENDARAAN MULTIGUNA PEDESAAN DENGAN METODE ELEMEN HINGGA

Nama : Fathu Prasetyo
NRP : 02111440000030
Departemen / Fakultas : Teknik Mesin / FTI – ITS
Dosen Pembimbing : Dr. Ir. Agus Sigit Pramono,
DEA

ABSTRAK

Mobil multiguna pedesaan adalah suatu kendaraan yang mampu menjadi alat transportasi bagi masyarakat pedesaan guna meningkatkan produktivitas masyarakat pedesaan baik di daerah pesisir pantai maupun di daerah dataran tinggi. Mobil multiguna pedesaan sendiri menggunakan chassis dengan tipe ladder dan body tipe pick up. Dengan kondisi medan jalan di pedesaan yang beragam, kendaraan harus dirancang untuk lebih mampu menerima beban yang beragam pula. Salah satu faktor krusial dan penting yang mempengaruhi keamanan dan kenyamanan kendaraan terletak pada chassis. Untuk itu perlu adanya suatu pengujian terhadap kendaraan untuk mengoptimalkan kekuatan dan berat dari chassis.

Metode penelitian yang digunakan adalah simulasi dengan menggunakan metode elemen hingga. Mekanisme pemodelan pengujian dinamis yang dilakukan yaitu mensimulasikan kendaraan untuk melewati profil jalan yang terdiri dari beberapa speed bump dengan beberapa konfigurasi, yaitu konfigurasi torsional dan normal. Pengujian dinamis ini dilakukan dengan mengasumsikan kecepatan kendaraan sebesar 10 km/jam, 20 km/jam dan 36 km/jam dan perpindahan yang diterima oleh ban langsung diterima oleh suspensi. Analisis tegangan yang terjadi dilakukan ketika terjadi

pembebanan dinamis dari profil jalan dan pembebanan statis dari massa kendaraan dan penumpang.

Hasil yang telah diperoleh adalah adanya beberapa modifikasi yang harus dilakukan terhadap beberapa komponen karena memiliki nilai dari safety factor yang kurang dari 1. Setelah dilakukan 2 kali modifikasi didapatkan nilai dari safety factor dari seluruh komponen yang melebihi 1. Kemudian dibandingkanlah nilai dari safety factor static dengan safety factor dynamic untuk mendapatkan nilai dari dynamic factor. Didapatkan bahwa dynamic factor paling besar didapatkan dari pengujian dynamic torsional dengan kecepatan 36 km/jam sebesar 3,907811. Diikuti oleh pengujian dynamic normal dengan kecepatan 36 km/jam sebesar 3,643184, pengujian dynamic torsional dengan kecepatan 20 km/jam sebesar 3,400345, pengujian dynamic torsional dengan kecepatan 10 km/jam sebesar 3,279848, pengujian dynamic normal dengan kecepatan 20 km/jam sebesar 3,223374, dari pengujian dynamic normal dengan kecepatan 10 km/jam sebesar 2,984777.

Kata kunci: chassis kendaraan multiguna pedesaan, dynamic factor, metode elemen hingga, pengujian dynamic, safety factor

DYNAMIC FACTOR ANALYSIS AND MODIFICATION OF RURAL MULTIPURPOSE VEHICLE CHASSIS USING FINITE ELEMENT METHOD

Name : Fathu Prasetyo
NRP : 02111440000030
Departement / Faculty : Mechanical Engineering / FTI
– ITS
Academic Advisor : Dr. Ir. Agus Sigit Pramono,
DEA

ABSTRACT

Rural multipurpose car is a vehicle which is able to be transportation for rural people in order to improve productivity of rural people at coastel area and plateau. It uses chassis which has ladder type and pick up body type. According to various of field in rural area, the vehicle must be designed to be able receive various load. One of crucial factor which can affect security and comfortable of vehicle is on chassis. Therefore, it needs to be researched to optimize the power and load of chassis.

The research method used is simulation using finite element method. Dynamic testing modeling mechanism that is done is to simulate the vehicle to pass the road profile consisting of several speed bump with some configuration, namely torsional and normal configuration. This dynamic testing is done by assuming a vehicle speed of 10 km / h, 20 km / h and 36 km / h and the transfer received by the tire is directly accepted by the suspension. The stress analysis occurs when there is a dynamic loading of the road profile and the static loading of the mass of the vehicle and passenger.

The results have been obtained is the existence of several modifications that must be made to some components because it

has a value of safety factor less than 1. After 2 modifications, the value of the safety factor of all components exceeded 1. Then compared the value of the static safety factor with dynamic safety factor to get the value of the dynamic factor. It was found that the biggest dynamic factor was obtained from dynamic torsional test with speed 36 km / h equal to 3,907811. Followed by normal dynamic testing with speed 36 km / h equal to 3,643184, dynamic torsional test with speed 20 km / h equal to 3,400345, dynamic torsional test with speed 10 km / h equal to 3,279848, normal dynamic test with speed 20 km / hr of 3.223374, from a normal dynamic test with a speed of 10 km / h of 2.984777.

Keyword: *rural multipurpose vehicle chassis, dynamic factor, finite element method, dynamic factor, safety factor*

KATA PENGANTAR

Assalamualaikum Wr, Wb.

Segala puji bagi Allah SWT. Atas berkat dan karunia yang telah diberikan kepada penulis, sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini.

Dalam penulisan tugas akhir ini, penulisan banyak mendapatkan kritik, saran, serta dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu penulis mengucapkan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Keluarga Bapak Sulasna yang telah memberikan dukungan moril serta doa yang diistajabah sehingga penulis diberi kelancaran oleh Allah SWT dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
2. Bapak Dr.Ir. Agus Sigit Pramono,DEA., selaku dosen pembimbing tugas akhir yang selalu membimbing penulis dengan penuh kesabaran.
3. Seluruh dosen dan tenaga pendidik yang telah mewariskan ilmu kepada penulis sebagai bekal untuk menyelesaikan tugas akhir.
4. Seluruh angkatan M57. Teman - teman LBMM khususnya LBMM angkatan 2014 atas segala bentuk dukungan yang telah diberikan.
5. Semua pihak yang telah membantu terselesaikannya laporan Tugas Akhir ini.

Kami menyadari laporan Tugas Akhir ini masih jauh dari sempurna. Akhir kata penulis berharap agar tulisan ini dapat memberikan manfaat bagi semua.

Surabaya, Juli 2018

Penulis

Halaman ini sengaja dikosongkan

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PENGESAHAN.....	v
ABSTRAK.....	vii
ABSTRACT.....	ix
KATA PENGANTAR.....	xi
DAFTAR ISI.....	xiii
DAFTAR GAMBAR.....	xvii
DAFTAR TABEL.....	xxi
BAB 1 PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Tujuan Penelitian.....	2
1.4 Batasan Masalah.....	3
1.5 Manfaat Penulisan.....	3
1.6 Sistematika Penulisan.....	3
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Mobil Multiguna Pedesaan.....	5
2.1.1 Data Teknis Kendaraan.....	6
2.2 Kajian Pustaka.....	9
2.2.1 Penelitian Terdahulu.....	9
2.3 Dasar Teori.....	11
2.3.1 Komponen Kendaraan.....	11
2.3.1.1 Struktur Bodi Kendaraan.....	12
2.3.1.2 Sistem Suspensi Kendaraan.....	13
2.3.2 Speed Bump atau Police Trap.....	14
2.3.3 Metode Elemen Hingga untuk Analisis Struktur....	16
2.3.1.3 Model Statik (Tidak Berpindah dan Berubah Bentuk).....	16
2.3.1.4 Model Dinamis (Berpindah dan Berubah Bentuk).....	20
2.3.4 Ansys.....	21
BAB 3 METODOLOGI.....	23
3.1 Prosedur Penelitian.....	23
3.2 Diagram Alir Penelitian.....	23

3.3	Spesifikasi Mobil Multiguna Pedesaan	25
3.4	Diagram Alir Permodelan	25
3.5	Input Material	27
3.6	Import Geometri Mobil Multiguna Pedesaan.....	28
3.7	Proses Permodelan	28
3.8	Proses Meshing	30
3.9	Penentuan Analysis Settings	31
3.10	<i>Boundary Condition</i>	31
3.11	Pembebanan	32
BAB 4	ANALISIS DAN PEMBAHASAN.....	35
4.1	Analisis <i>Safety Factor</i> Hasil Simulasi <i>Static</i> Pertama.....	35
4.2	Analisis <i>Safety Factor</i> Hasil Simulasi <i>Dynamic</i> Pertama	37
4.2.1	Hasil Simulasi <i>Dynamic</i> dengan Variasi Konfigurasi <i>Speed Bump</i> Torsional.....	37
4.2.2	Hasil Simulasi <i>Dynamic</i> dengan Variasi Konfigurasi <i>Speed Bump</i> Normal.....	39
4.3	Analisis <i>Safety Factor</i> Hasil Simulasi <i>Static</i> Kedua	42
4.4	Analisis <i>Safety Factor</i> Hasil Simulasi <i>Dynamic</i> Kedua...	43
4.4.1	Hasil Simulasi <i>Dynamic</i> dengan Variasi Konfigurasi <i>Speed Bump</i> Torsional.....	43
4.4.2	Hasil Simulasi <i>Dynamic</i> dengan Variasi Konfigurasi <i>Speed Bump</i> Normal.....	45
4.5	Analisis <i>Safety Factor</i> Hasil Simulasi <i>Static</i> Ketiga	49
4.6	Analisis <i>Safety Factor</i> Hasil Simulasi <i>Dynamic</i> Ketiga...	51
4.6.1	Hasil Simulasi <i>Dynamic</i> dengan Variasi Konfigurasi <i>Speed Bump</i> Torsional.....	51
4.6.2	Hasil Simulasi <i>Dynamic</i> dengan Variasi Konfigurasi <i>Speed Bump</i> Normal.....	57
4.7	Analisis Pengaruh Konfigurasi <i>Speed Bump</i> dan Kecepatan Kendaraan	63
4.8	Perbandingan antara Hasil Simulasi <i>Static</i> dan <i>Dynamic</i> ..	64
4.9	Verifikasi dengan Penelitian Terdahulu	65
4.10	Analisis dan Pembahasan Modifikasi <i>Chassis</i> kendaraan Multiguna Pedesaan	67
BAB 5	KESIMPULAN DAN SARAN	71

5.1 Kesimpulan	71
5.2 Saran	72
DAFTAR PUSTAKA.....	73
BIODATA PENULIS.....	75

Halaman ini sengaja dikosongkan

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Desain mobil multiguna pedesaan Merapi [2].....	5
Gambar 2.2 Hasil pengujian statis yang dilakukan oleh Muh. Shandy Novian [3].....	10
Gambar 2.3 Beberapa tipe struktur bodi dan <i>chassis</i> kendaraan [5].....	12
Gambar 2. 4 Pegas (<i>coil spring</i>) [6]	13
Gambar 2.5 <i>Shock Absorber</i> [6]	14
Gambar 2.6 Desain alat standar pembatas kecepatan (polisi tidur) [7].....	15
Gambar 2.7 Elemen quadrilateral isoparametrik empat node [8] 16	
Gambar 2.8 <i>Triangle element</i> [8]	18
Gambar 2.9 Contoh perubahan posisi dan bentuk dari sebuah benda [9]	20
Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian.....	24
Gambar 3.2 Diagram Alir Permodelan.....	27
Gambar 3.3 Tabel material properties pada <i>ANSYS Workbench R18</i>	27
Gambar 3.4 Geometri <i>chassis</i> kendaraan multiguna pedesaan ...	28
Gambar 3.5 Mengubah <i>assignment</i> komponen menjadi “pedesaan”	28
Gambar 3.6 Memeriksa dan menentukan <i>connection</i> tiap komponen	29
Gambar 3.7 Suspensi yang terhubung dari dudukan roda ke dudukan suspensi pada <i>chassis</i>	30
Gambar 3.8 Hasil <i>meshing</i> pada <i>chassis</i> kendaraan multiguna pedesaan.....	30
Gambar 3.9 Proses pengaturan <i>analysis setting</i>	31
Gambar 3.10 Pengaplikasian <i>remote displacement</i> pada <i>chassis</i>	32
Gambar 3.11 Pengaplikasian <i>remote force</i> pada <i>chassis</i>	32
Gambar 3.12 (a) Konfigurasi Torsional (b) Konfigurasi Normal	33
Gambar 3.13 Pembebanan 1 buah <i>speed bump</i> yang dilakukan pada <i>chassis</i> mobil multiguna pedesaan	34

Gambar 4.1 Hasil simulasi <i>static</i> pertama pada <i>chassis</i> kendaraan multiguna pedesaan.....	36
Gambar 4.2 Komponen yang memiliki <i>safety factor</i> terkecil.....	36
Gambar 4.3 Hasil Simulasi <i>Dynamic</i> Torsional dengan Kecepatan 36 km/jam	37
Gambar 4.4 Komponen yang memiliki <i>safety factor</i> terkecil.....	37
Gambar 4.5 Grafik <i>safety factor</i> minimum yang terjadi pada Simulasi <i>Dynamic</i> Torsional dengan Kecepatan 36 km/jam	38
Gambar 4.6 Hasil Simulasi <i>Dynamic</i> Torsional dengan Kecepatan 36 km/jam	39
Gambar 4.7 Komponen yang memiliki <i>safety factor</i> terkecil.....	39
Gambar 4.8 Grafik <i>safety factor</i> minimum yang terjadi pada Simulasi <i>Dynamic</i> Torsional dengan Kecepatan 36 km/jam	40
Gambar 4.9 (a) <i>Bracket Cabin</i> sebelum dimodifikasi. (b) <i>Bracket Cabin</i> yang telah dimodifikasi	42
Gambar 4.10 Hasil simulasi <i>static</i> kedua pada <i>chassis</i> kendaraan multiguna pedesaan.....	42
Gambar 4.11 Komponen yang memiliki <i>safety factor</i> terkecil....	43
Gambar 4.12 Hasil Simulasi <i>Dynamic</i> Torsional dengan Kecepatan 36 km/jam.....	44
Gambar 4.13 Komponen yang memiliki <i>safety factor</i> terkecil....	45
Gambar 4.14 Grafik <i>safety factor</i> minimum yang terjadi pada Simulasi <i>Dynamic</i> Torsional dengan Kecepatan 36 km/jam	45
Gambar 4.15 Hasil Simulasi <i>Dynamic</i> Normal dengan Kecepatan 36 km/jam	46
Gambar 4.16 Komponen yang memiliki <i>safety factor</i> terkecil....	46
Gambar 4.17 Grafik <i>safety factor</i> minimum yang terjadi pada Simulasi <i>Dynamic</i> Normal	47
Gambar 4.18 (a) <i>Cross Member U 2. NE1-3</i> sebelum dimodifikasi. (b) <i>Cross Member U 2. NE1-3</i> setelah dimodifikasi.....	49

Gambar 4.19 Hasil simulasi <i>static</i> ketiga pada <i>chassis</i> kendaraan multiguna pedesaan	50
Gambar 4.20 Komponen yang memiliki <i>safety factor</i> terkecil ...	50
Gambar 4.21 Hasil Simulasi <i>Dynamic</i> Torsional dengan Kecepatan 36 km/jam.....	51
Gambar 4.22 Komponen yang memiliki <i>safety factor</i> terkecil ...	52
Gambar 4.23 Grafik <i>safety factor</i> minimum yang terjadi pada Simulasi <i>Dynamic</i> Torsional dengan Kecepatan 36 km/jam.....	52
Gambar 4.24 Hasil Simulasi <i>Dynamic</i> Torsional dengan Kecepatan 20 km/jam.....	53
Gambar 4.25 Komponen yang memiliki <i>safety factor</i> terkecil	
Gambar 4.26 Grafik <i>safety factor</i> minimum yang terjadi pada Simulasi <i>Dynamic</i> Torsional dengan Kecepatan 20 km/jam.....	54
Gambar 4.27 Hasil Simulasi <i>Dynamic</i> Torsional dengan Kecepatan 10 km/jam.....	55
Gambar 4.28 Komponen yang memiliki <i>safety factor</i> terkecil ...	55
Gambar 4.29 Grafik <i>safety factor</i> minimum yang terjadi pada Simulasi <i>Dynamic</i> Torsional dengan Kecepatan 10 km/jam.....	56
Gambar 4.30 Hasil Simulasi <i>Dynamic</i> Normal dengan Kecepatan 36 km/jam.....	57
Gambar 4.31 Komponen yang memiliki <i>safety factor</i> terkecil ...	58
Gambar 4.32 Grafik <i>safety factor</i> minimum yang terjadi pada Simulasi <i>Dynamic</i> Normal dengan Kecepatan 36 km/jam.....	58
Gambar 4.33 Hasil Simulasi <i>Dynamic</i> Normal dengan Kecepatan 20 km/jam.....	59
Gambar 4.34 Komponen yang memiliki <i>safety factor</i> terkecil ...	59
Gambar 4.35 Grafik <i>safety factor</i> minimum yang terjadi pada Simulasi <i>Dynamic</i> Normal dengan Kecepatan 20 km/jam.....	60
Gambar 4.36 Hasil Simulasi <i>Dynamic</i> Normal dengan Kecepatan 10 km/jam.....	61

Gambar 4.37	Komponen yang memiliki <i>safety factor</i> terkecil....	61
Gambar 4.38	Grafik <i>safety factor</i> minimum yang terjadi pada Simulasi <i>Dynamic Normal</i> dengan Kecepatan 10 km/jam.....	61
Gambar 4.39	Grafik perbandingan <i>Safety Factor</i> Minimum pada Torsional dan Normal.....	63
Gambar 4.40	Perbandingan tegangan dengan <i>yield strength</i> antara penelitian terdahulu dengan penelitian ini.....	66
Gambar 4. 41	(a) <i>Bracket Cabin</i> sebelum dimodifikasi. (b) <i>Bracket Cabin</i> yang telah dimodifikasi	68
Gambar 4. 42	(a) <i>Cross Member U 2. NE1-3</i> sebelum dimodifikasi. (b) <i>Cross Member U 2. NE1-3</i> setelah dimodifikasi.....	69

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Tabel Spesifikasi Mobil Multiguna Pedesaan Merapi...	6
Tabel 2.2 Perbandingan penelitian – penelitian terdahulu	11
Tabel 3.1 <i>Material Properties</i> untuk <i>chassis</i>	25
Tabel 4.1 Hasil Simulasi <i>Static</i> dan <i>Dynamic</i> Pertama	41
Tabel 4.2 Hasil Simulasi <i>Static</i> dan <i>Dynamic</i> Kedua.....	48
Tabel 4.3 Hasil Simulasi <i>Static</i> dan <i>Dynamic</i> Ketiga.....	64
Tabel 4.4 Hasil Perhitungan <i>Dynamic Factor</i>	65
Tabel 4.5 Hasil Simulasi <i>Static</i> dan <i>Dynamic</i> Ketiga.....	65
Tabel 4.6 Hasil Simulasi <i>Static</i> dan <i>Dynamic</i> Ketiga.....	66

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Saat ini teknologi alat transportasi telah berkembang secara pesat, baik di dunia maupun di Indonesia. Perkembangan ini terjadi karena tuntutan konsumen yang menginginkan kendaraan yang lebih baik. Tidak hanya masyarakat perkotaan, namun masyarakat pedesaan juga menginginkan adanya alat transportasi khusus masyarakat pedesaan. Indonesia melalui Kementerian Perindustrian (Kemenperin), telah mewacanakan program pengembangan produk otomotif mobil multiguna untuk mendukung produktivitas masyarakat pedesaan dalam bekerja dan beraktivitas.

Dalam rangka mendukung program Pemerintah, beberapa Universitas dari tiap daerah telah menawarkan desain kendaraan yang dapat digunakan untuk proses produksi pertanian, perkebunan, peternakan, dan perikanan seperti pengangkutan, penggilingan, pembekuan, dan lain – lain. Merapi telah mewujudkan 3 *prototype* mobil multiguna pedesaan yang dapat digunakan masyarakat pedesaan sesuai dengan kebutuhannya. Dalam merancang suatu kendaraan, factor keamanan dan kenyamanan merupakan hal yang sangat penting. Salah satu factor terpenting yang mempengaruhi keamanan dan kenyamanan kendaraan terletak pada *chassis*.

Menurut I Nyoman Sutantra (2009)[1] dalam bukunya menjelaskan bahwa *chassis* adalah komponen kendaraan yang fungsi utamanya sebagai rangka penguat konstruksi bodi kendaraan agar mampu menahan beban kendaraan dan beban impact saat terjadi tabrakan sehingga dapat melindungi penumpang. *Chassis* merupakan bagian terpenting dalam stabilitas dari sebuah kendaraan, karena semua komponen yang berkaitan dengan kestabilan menempel pada *chassis*. Beberapa diantaranya

adalah suspensi, roda, sistem kemudi, sistem pengereman, dan tempat meletakkan *engine*.

Dengan kondisi medan jalan di pedesaan yang beragam, kendaraan harus dirancang untuk lebih mampu menerima beban yang beragam pula. Polisi tidur dan jalan yang berlubang adalah contoh beban yang dapat diterima oleh kendaraan, khususnya *chassis*. Beban – beban tersebut dapat mengakibatkan terjadinya deformasi terhadap *chassis*. *Chassis* yang telah terdeformasi dapat mengurangi kestabilan dan kenyamanan berkendara. Untuk itu perlu adanya suatu pengujian terhadap kendaraan untuk mengoptimalkan kekuatan dan berat dari *chassis*. Salah satu pengujian yang dilakukan adalah uji dinamis kendaraan. Uji dinamis kendaraan mengukur kemampuan struktur kendaraan terhadap deformasi yang ditimbulkan oleh beban dinamis dari permukaan jalan. Desain *chassis* yang baik tidak menimbulkan deformasi yang besar ketika menerima beban dinamis.

Dengan perkembangan teknologi komputer, maka proses pengujian ini dapat dilakukan dengan lebih mudah. Dengan membangun simulasi komputer maka kita bisa memprediksi hasil dari pengujian ini dan memberikan referensi teknikal mengenai desain sebelum melaksanakan proses manufaktur yang memerlukan banyak biaya. Simulasi ini dibangun dengan menggunakan metode elemen hingga (*finite element method*).

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang dilakukannya penelitian ini, masalah yang dapat dikaji antara lain :

1. Bagaimana memodelkan pengujian dinamis pada *chassis* mobil multiguna pedesaan Merapi ?
2. Bagaimana nilai dari faktor keamanan *chassis* mobil multiguna pedesaan Merapi dengan menggunakan pengujian dinamis ?

1.3 Tujuan Penelitian

Maksud dan tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah :

1. Memodelkan pengujian dinamis pada *chassis* mobil multiguna pedesaan Merapi.
2. Mengetahui besarnya nilai dari *dynamic factor* dari *chassis* mobil multiguna pedesaan Merapi dengan membandingkan *safety factor* pengujian *dynamic* dan *safety factor* pengujian *static*.

1.4 Batasan Masalah

Batasan masalah pada pengujian ini adalah :

1. Analisis dibatasi hanya pada *chassis* mobil multiguna pedesaan Merapi dengan tipe bak terbuka.
2. Kendaraan dianalisis dengan kondisi berjalan lurus dengan kecepatan konstan.
3. Sambungan dari setiap join diasumsikan sempurna.
4. Material *chassis* diasumsikan homogen.
5. Yawing pada pada kendaraan diabaikan
6. Menggunakan *software* CAE.

1.5 Manfaat Penulisan

Adapun manfaat dari penulisan Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Penelitian pada Tugas Akhir ini dapat dijadikan referensi untuk merancang kendaraan yang lebih baik, demi kemajuan mobil multiguna pedesaan dan dunia otomotif di Indonesia.
2. Sebagai media penelitian dan pengembangan ilmu pengetahuan di dunia otomotif dalam hal perancangan kendaraan.

1.6 Sistematika Penulisan

Dalam penyusunan proposal Tugas Akhir kali ini, sistematika penulisan adalah sebagai berikut :

Bab I Pendahuluan

Berisikan latar belakang, pokok permasalahan, tujuan penelitian, batasan masalah manfaat penulisan serta sistematika laporan.

Bab II Tinjauan Pustaka

Berisikan teori – teori pendukung yang digunakan dalam menyusun Tugas Akhir ini.

Bab III Metodologi

Berisikan prosedur pelaksanaan pengujian dan pengambilan data serta prosedur analisis.

Bab IV Pembahasan

Berisikan analisis data dari hasil penelitian yang sudah dilakukan.

Bab V Kesimpulan

Berisikan kesimpulan dari penelitian yang dilakukan dan saran untuk penelitian tersebut.

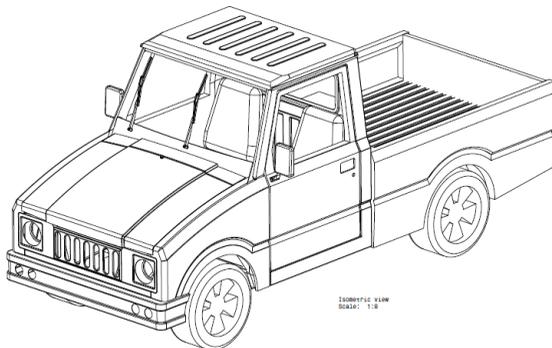
BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Mobil Multiguna Pedesaan

Mobil multiguna pedesaan merupakan salah satu program yang dicanangkan oleh pemerintah melalui Kementerian Perindustrian (Kemenperin) khusus bagi kepentingan masyarakat pedesaan guna meningkatkan produktivitas masyarakat di daerah dataran tinggi. Solusi yang ditawarkan pemerintah ini kemudian dicoba oleh pemerintah daerah Jawa Tengah yang menghasilkan *prototype* kendaraan bernama Merapi. Mobil ini bertipe *pick up* yang diperuntukan sebagai angkutan barang untuk kebutuhan masyarakat pedesaan.

Mobil multiguna pedesaan Merapi seperti yang terlihat pada gambar 2.1, memiliki mesin berkapasitas 970 cc yang terletak di bagian atas *chassis*. Mobil multiguna pedesaan ini menggunakan *chassis* tipe *ladder frame*. Tipe *chassis* ini berbentuk seperti tangga, yang mana terbuat dari material baja simetris. *Chassis* tipe ini tidak menyatu dengan mobil dan terletak dibagian bawah, dimana komponen lain seperti *body*, mesin, maupun bak belakang mobil disambungkan ke *chassis* menggunakan *joint* berupa las dan baut.



Gambar 2.1 Desain mobil multiguna pedesaan Merapi [2]

Mobil multiguna pedesaan ini didesain dengan diameter pelek berukuran 15 inci. Dengan menggunakan mesin buatan VIAR 970 cc, mobil ini memiliki daya maksimum sebesar 38 kW pada 5500 rpm dan torsi maksimum 75 N.m pada 3500 rpm. Mobil ini memiliki kecepatan maksimum sebesar 120 km / jam. Pada bagian depan terdapat 2 buah lampu utama dan 2 buah lampu sein yang terpisah dan lubang angin yang berguna untuk pendinginan diantara 2 lampu utama.

2.1.1 Data Teknis Kendaraan

Berikut beberapa data mengenai spesifikasi mobil multiguna pedesaan Merapi yang dapat dilihat pada table 2.1:

Tabel 2.1 Tabel Spesifikasi Mobil Multiguna Pedesaan Merapi

Spesifikasi Mobil Multiguna Pedesaan	
MOTOR PENGGERAK :	
Nama Pembuat / Pemegang Merek	PT. Triangle Motorindo
Merek	VIAR
Model Mesin (Penggerak Katup)	SOHC
Letak Motor Penggerak	Depan
Sistem Pembakaran (Sistem Injeksi)	CDI
Jumlah Silinder dan Konfigurasi Silind	4 Silinder Segaris (<i>in lin</i>
Diameter x Langkah Torak [mm x mm]	65.5 mm x 72.0 mm
Daya Maksimum [kW/rpm ; HP/rpm]	38 kW / 5500 rpm
Torsi Maksimum [Nm/rpm]	75 N.m / 3500 rpm
Idle Speed [rpm]	1200

Volume Silinder [cc]	970 cc
Kecepatan Maksimum	120 km/jam
SISTEM BAHAN BAKAR :	
Jenis Bahan Bakar (Sumber Energi)	Bensin
Sistem Pemberian Bahan Bakar (Suppl	Sistem Injeksi Elektron (<i>EFI</i>)
Kapasitas Tanki Bahan Bakar [Liter]	42 Liter
DIMENSI KENDARAAN :	
Panjang Total [mm]	4.000 mm
Lebar Total [mm]	1.600 mm
Tinggi Total [mm]	1.750 mm
Jarak Sumbu :	
*) Sumbu I-II	2.380 mm
Lebar Jejak :	
*) Roda Depan (Front Thread) [mm]	1 355 mm
*) Roda Belakang (Rear Thread) [mm]	1.365 mm
Julur Depan (Front Over Hang) [mm]	650 mm
Julur Belakang (Rear Over Hang) [mm]	1400 mm
Jarak Bebas (Ground Clearance)	190 mm

Dimensi Bak Muatan Luar / Dimensi Tanki [PxLxT] [mm]/liter	1.600 X 1.800 X 380 mm
SUSUNAN RODA :	
Ukuran Ban dan Lingkar Roda :	
*) Sumbu I	6.00 - 15 70 J
*) Sumbu II	6.00 - 15 70 J
BERAT KENDARAAN :	
Berat Kendaraan Kosong [kg] :	
*) Sumbu I	400 kg
*) Sumbu II	320 kg
Total	720 kg
Kekuatan Rancang Sumbu [kg] :	
*) Sumbu I	500 kg
*) Sumbu II	700 kg
Total	1.200 kg
JBB / GVW [kg] :	
*) Sumbu I	400 kg
*) Sumbu II	600 kg
Total	1.000 kg

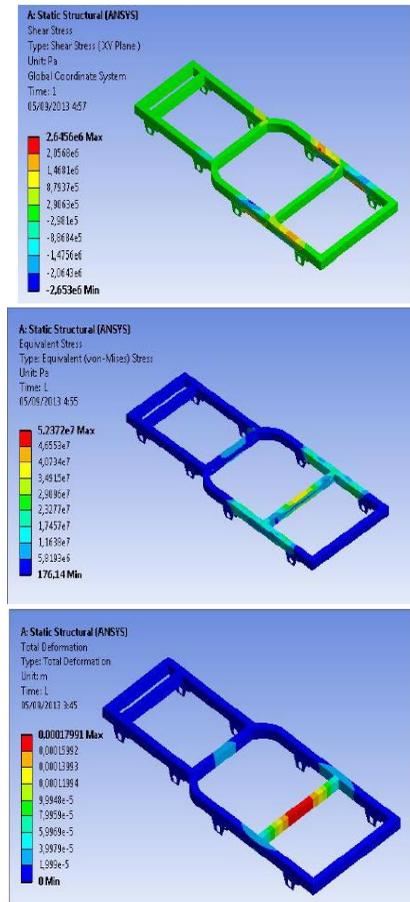
PENERUS DAYA (TRANSMISI / KOPLING) :	
Tipe Transmisi	Manual
Sistem Kendali Transmisi	N 1 2 3 4 5

2.2 Kajian Pustaka

2.2.1 Penelitian Terdahulu

Dalam melakukan penelitian ini diperlukan berbagai referensi dari penelitian – penelitian terdahulu yang berkaitan dengan penelitian yang akan dilakukan. Beberapa penelitian tersebut yang akan dijabarkan antara lain penelitian mengenai pengujian statis dan pengujian *fatigue* terhadap suatu *chassis* kendaraan.

Pada penelitian terdahulu yang dilakukan oleh Muh. Shandy Novian, dalam *Perancangan Sasis Mobil Harapan dan Analisis Simulasi Pembebanan Statik Menggunakan Perangkat Lunak Ansys 14.0* telah dilakukan pengujian statis terhadap *chassis* mobil Harapan. Pada penelitian tersebut dilakukan pembebanan statis berupa berat penumpang dan berat mesin yang diaplikasikan terhadap kendaraan tersebut [3]. Dari pengujian tersebut didapatkan informasi nilai dari *Shear Stress*, *Equivalent Stress*, dan *Total Deformation* seperti terlihat pada gambar 2.2.



Gambar 2.2 Hasil pengujian statis yang dilakukan oleh Muh. Shandy Novian [3]

Gustieaufar Dhaffi Suroso [2012], dalam *Simulasi Pengujian Fatigue pada Chassis Mobil Formula Sapuaringin Speed* menggunakan pengujian *fatigue* dalam memilih *chassis* terbaik dari 3 *chassis* yang sudah dirancang. Pada penelitian tersebut dilakukan pembebanan 2 tipe, yaitu pembebanan vertikal dan

pembebanan torsional. Yang kemudian diperoleh data *life* minimum, *safety factor* minimum, *damage* maksimum, dan *equivalent stress* maksimum [4].

Tabel 2.2 Perbandingan penelitian – penelitian terdahulu

	Muh. Shandy Novian	Gustieaufar Dhaffi S.
Objek Penelitian	Mobil Harapan	Formula Sapuanjin Speed
Software	Ansys	Ansys
Model	Hexahedron	tetrahedron
Tipe Pengujian	Statis	<i>Fatigue</i> (vertical & torsional)
Variasi Penelitian	-	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Chassis</i> 1 • <i>Chassis</i> 2 • <i>Chassis</i> 3

Tabel 2.1 menunjukkan perbandingan dari kedua penelitian yang berbeda. Berdasarkan kedua penelitian yang sudah dilakukan dapat dirangkum dalam, pada penelitian dinamis *chassis* mobil multiguna pedesaan kali ini akan menggunakan metode elemen hingga untuk mensimulasikan beban statis dan beban dinamis yang terjadi. Beban dinamis ini diperoleh dari adanya *speed bump* yang terdapat di jalanan.

2.3 Dasar Teori

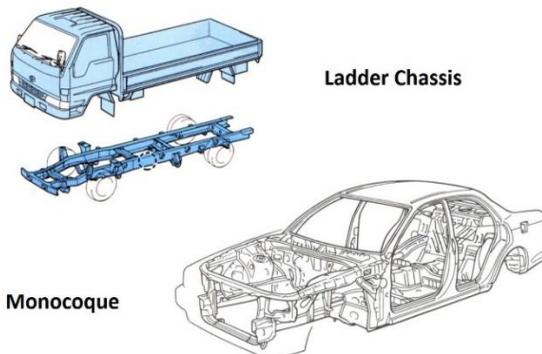
2.3.1 Komponen Kendaraan

Dalam analisis dinamis komponen kendaraan yang sangat penting adalah struktur bodi (*chassis*) dan sistem suspensi. Karena kedua komponen ini berhubungan dengan beban dinamis yang diperoleh kendaraan oleh permukaan jalan. Struktur bodi (*chassis*) berhubungan dengan proses penyerapan energi dari beban dinamis dan suspensi berfungsi sebagai peredam dari beban dinamis tersebut [5].

2.3.1.1 Struktur Bodi Kendaraan

Struktur bodi kendaraan penumpang dan barang pada umumnya terdiri dari 3 bagian utama yaitu : bagian rangka, bagian bodi, dan bagian depan kendaraan. Struktur bodi kendaraan mempunyai fungsi untuk memberi kenyamanan dan menjamin keamanan penumpang. Bodi biasanya terbuat dari pelat dengan ketebalan antara 0.76 mm sampai 1.02 mm. struktur bodi memberikan tiga per empat dari kekakuan kendaraan terhadap bending dan torsi. Dengan demikian bodi dengan strukturnya secara lengkap adalah struktur utama kendaraan dalam memberi kekakuan atau ketahanan kendaraan terhadap benturan maupun beban dinamis, jika terjadi benturan atau beban pada kendaraan, kekuatan struktur bodi lah yang meminimalkan kerusakan yang terjadi pada ruang penumpang. struktur bodi secara keseluruhan harus mampu menyerap energi dari benturan sehingga segala benturan tidak membahayakan penumpang [5].

Struktur rangka (*frame*) merupakan bagian penguat dari struktur bodi dan juga merupakan penopang tempat duduk dari mesin, transmisi, suspensi, penyalur daya dan lainnya. Pada saat terjadi benturan struktur rangka lah yang mengalami penyerapan energi terbesar.



Gambar 2.3 Beberapa tipe struktur bodi dan *chassis* kendaraan

[5]

2.3.1.2 Sistem Suspensi Kendaraan

Sistem suspensi terletak diantara *body* kendaraan dan roda-roda, dan dirancang untuk menyerap kejutan dari permukaan jalan sehingga menambah kenikmatan dan stabilitas berkendara serta memperbaiki kemampuan cengkram roda terhadap jalan. Suspensi terdiri dari pegas, *shock absorber*, *stabilizer* dan sebagainya. Pada umumnya suspensi dapat digolongkan menjadi suspensi tipe rigid (*rigid axle suspension*) dan tipe bebas (*independent suspension*). Suspensi menghubungkan *body* kendaraan dengan roda - roda dan berfungsi sebagai berikut [5] :

- Menyerap getaran, kejutan dari permukaan jalan, sehingga menambah kenyamanan bagi penumpangnya.
- Memindahkan gaya pengereman dan gaya gerak ke *body* melalui gesekan antara jalan dengan roda-roda.
- Menopang *body* pada *axle* dan memelihara letak geometris antara *body* dan roda-roda.

2.3.1.2.1 Pegas

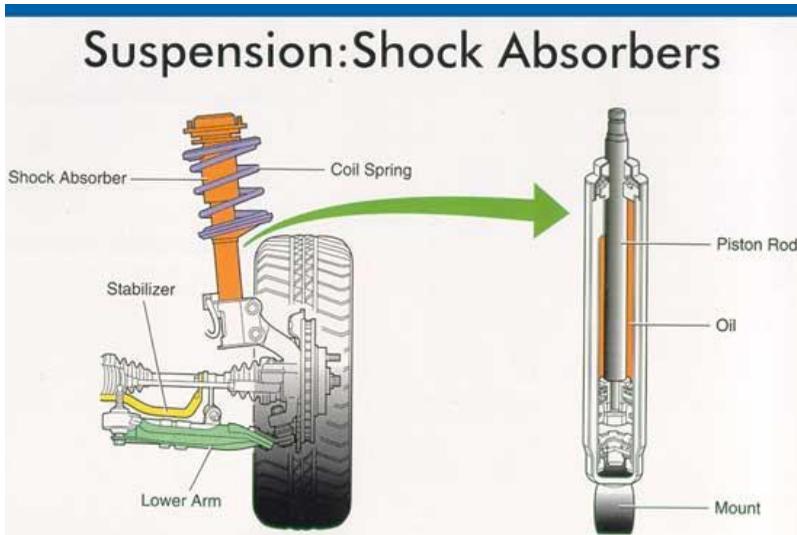
Pegas berfungsi menyerap kejutan dari jalan dan getaran roda-roda agar tidak diteruskan ke bodi kendaraan secara langsung. Selain itu untuk menambah kemampuan cengkram ban terhadap permukaan jalan [6].



Gambar 2. 4 Pegas (*coil spring*) [6]

2.3.1.2.2 Shock Absorber

Apabila pada suspensi hanya terdapat pegas, kendaraan akan cenderung beroskilasi naik turun pada waktu menerima kejutan dari jalan. Akibatnya berkendara menjadi tidak nyaman. Untuk itu *shock absorber* dipasang untuk meredam oskilasi dengan cepat agar memperoleh kenyamanan berkendara dan kemampuan cengkeram ban terhadap jalan. Di dalam *shock absorber telescopic* terdapat cairan khusus yang disebut minyak *shock absorber*. Pada *shock absorber* tipe ini, gaya redamnya dihasilkan oleh adanya tahanan aliran minyak karena melalui orifice (lubang kecil) pada waktu piston bergerak [6].



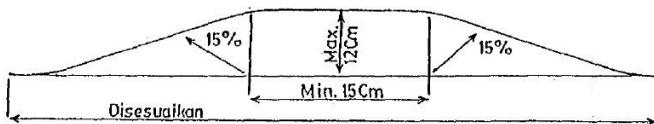
Gambar 2.5 *Shock Absorber* [6]

2.3.2 Speed Bump atau Police Trap

Speed bump atau *police trap* merupakan suatu alat yang berfungsi untuk membatasi kecepatan dengan cara meninggikan permukaan jalan. Jalan yang ditinggikan berupa tambahan aspal atau semen yang dipasang melintang di jalan untuk memperlambat

laju kendaraan. Untuk meningkatkan keselamatan berlalu lintas bagi pengguna jalan ketinggiannya harus diatur dan *speed bump* harus dilengkapi dengan rambu – rambu pemberitahuan. Rambu – rambu pemberitahuan ini bias berupa garis menyilang pada permukaan *speed bump* dengan pemberian warna hitam putih atau hitam kuning sehingga pengguna jalan dapat mengetahui apabila hendak melewati *speed bump* tersebut [7].

Akan tetapi polisi tidur yang umumnya ada di Indonesia lebih banyak yang bertentangan dengan desain polisi tidur yang diatur berdasarkan Keputusan Menteri Perhubungan No. 3 Tahun 1994 (gambar 2.6) dan hal yang demikian ini bahkan dapat membahayakan keselamatan bagi para pemakai jalan tersenut. Di Indonesia, ketentuan yang mengatur tentang desain polisi tidur telah diatur oleh Keputusan Menteri Perhubungan No. 3 Tahun 1994 tentang Alat Pengendali dan Pengaman Pemakai Jalan, dimana sudut kemiringan adalah 15% dan tinggi maksimum tidak lebih dari 120 mm [7].



Gambar 2.6 Desain alat standar pembatas kecepatan (polisi tidur)
[7]

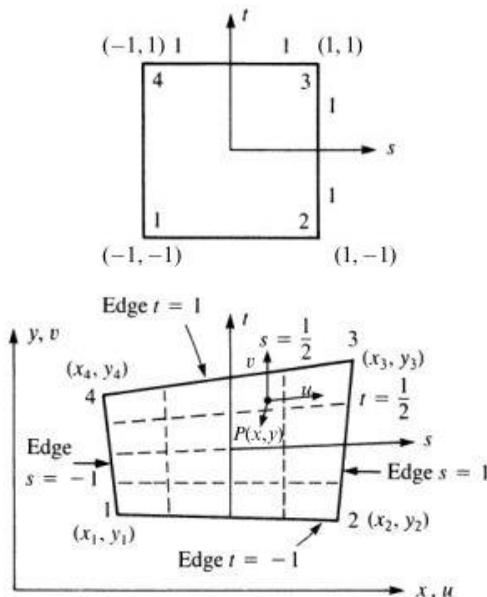
Alat pembatas kecepatan ditempatkan pada jalan di lingkungan pemukiman, jalan lokal yang mempunyai kelas jalan IIIC, pada jalan – jalan yang sedang dilakukan pekerjaan konstruksi. Penempatan dilakukan pada posisi melintang tegak lurus dengan jalur lalu lintas. Bila dilakukan pengulangan

penempatan alat pembatas kecepatan ini harus disesuaikan dengan kajian manajemen dan rekayasa lalu lintas [7].

2.3.3 Metode Elemen Hingga untuk Analisis Struktur

2.3.1.3 Model Statik (Tidak Berpindah dan Berubah Bentuk)

Pada penelitian kali ini menggunakan elemen quadrilateral isoparametrik empat node. Elemen ini digunakan pada sebagian besar penampang (*surface*) bagian kendaraan mobil multiguna pedesaan.



Gambar 2.7 Elemen quadrilateral isoparametrik empat node [8]

Untuk mendapatkan nilai stress dan strain pada elemen quadrilateral isoparametric empat node menggunakan rumus sebagai berikut :

$$\varepsilon = D'Nd \text{ dan } \sigma = D B d$$

dimana nilai D' adalah :

$$D' = \frac{1}{|J|} \begin{bmatrix} \frac{\partial y}{\partial t} \frac{\partial(\cdot)}{\partial s} - \frac{\partial y}{\partial s} \frac{\partial(\cdot)}{\partial t} & 0 \\ 0 & \frac{\partial x}{\partial s} \frac{\partial(\cdot)}{\partial t} - \frac{\partial x}{\partial t} \frac{\partial(\cdot)}{\partial s} \\ \frac{\partial x}{\partial s} \frac{\partial(\cdot)}{\partial t} - \frac{\partial x}{\partial t} \frac{\partial(\cdot)}{\partial s} & \frac{\partial y}{\partial t} \frac{\partial(\cdot)}{\partial s} - \frac{\partial y}{\partial s} \frac{\partial(\cdot)}{\partial t} \end{bmatrix} \quad (2.1)$$

sedangkan nilai dari Jacobian (J) adalah :

$$J = \begin{bmatrix} \frac{\partial x}{\partial s} & \frac{\partial y}{\partial s} \\ \frac{\partial x}{\partial t} & \frac{\partial y}{\partial t} \end{bmatrix} \quad (2.2)$$

nilai N (*shape function*) untuk dua independent variable dan four-node region didefinisikan sebagai :

$$\begin{aligned} N_1 &= \frac{(1-s)(1-t)}{4} & N_3 &= \frac{(1+s)(1+t)}{4} \\ N_2 &= \frac{(1+s)(1-t)}{4} & N_4 &= \frac{(1-s)(1+t)}{4} \end{aligned} \quad (2.3)$$

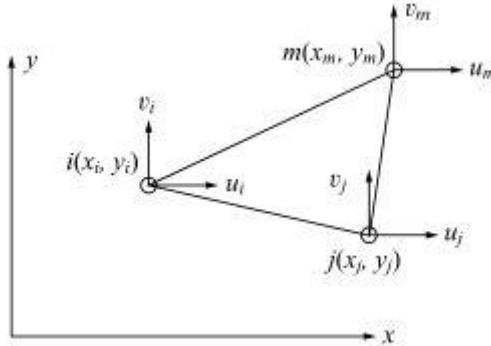
nilai B harus direpresentasikan terhadap $s-t$ tidak lagi dalam koordinat x dan y

$$B(s, t) = \frac{1}{|J|} [B_1 \quad B_2 \quad B_3 \quad B_4] \quad (2.4)$$

strees/strain matriks (D) mempunyai nilai :

$$[D] = \frac{E}{(1+\nu)(1-2\nu)} \begin{bmatrix} 1-\nu & \nu & 0 \\ \nu & 1-\nu & 0 \\ 0 & 0 & \frac{1-2\nu}{2} \end{bmatrix} \quad (2.5)$$

Selain menggunakan elemen quadrilateral isoparametrik empat node, pada penelitian kali ini juga menggunakan element triangle. Yang mana element triangle ini digunakan pada sebagian kecil bagian kendaraan dan terletak di antara element quadrilateral isoparametrik empat node.



Gambar 2.8 Triangle element [8]

Rumus strain pada element ini didapatkan dari :

$$\varepsilon = \begin{Bmatrix} \varepsilon_x \\ \varepsilon_y \\ \gamma_{xy} \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} \frac{\partial u}{\partial x} \\ \frac{\partial v}{\partial y} \\ \frac{\partial u}{\partial y} + \frac{\partial v}{\partial x} \end{Bmatrix} \quad (2.6)$$

$$\varepsilon = \frac{1}{2A} \begin{bmatrix} \beta_i & 0 & \beta_j & 0 & \beta_m & 0 \\ 0 & \gamma_i & 0 & \gamma_j & 0 & \gamma_m \\ \gamma_i & \beta_i & \gamma_j & \beta_j & \gamma_m & \beta_m \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} u_i \\ v_i \\ u_j \\ v_j \\ u_m \\ v_m \end{Bmatrix} \quad (2.7)$$

atau dapat juga didefinisikan sebagai :

$$\{\varepsilon\} = [B_i \quad B_j \quad B_m] \begin{Bmatrix} d_i \\ d_j \\ d_m \end{Bmatrix} \quad (2.8)$$

Dimana nilai B adalah :

$$[B_i] = \frac{1}{2A} \begin{bmatrix} \beta_i & 0 \\ 0 & \gamma_i \\ \gamma_i & \beta_i \end{bmatrix} \quad [B_j] = \frac{1}{2A} \begin{bmatrix} \beta_j & 0 \\ 0 & \gamma_j \\ \gamma_j & \beta_j \end{bmatrix} \quad (2.9)$$

$$[B_m] = \frac{1}{2A} \begin{bmatrix} \beta_m & 0 \\ 0 & \gamma_m \\ \gamma_m & \beta_m \end{bmatrix}$$

sehingga nilai strain dapat dihitung dari rumus :

$$\varepsilon = [B] \{d\} \quad (2.10)$$

Kemudian hubungan stress terhadap strain dapat dinyatakan sebagai berikut :

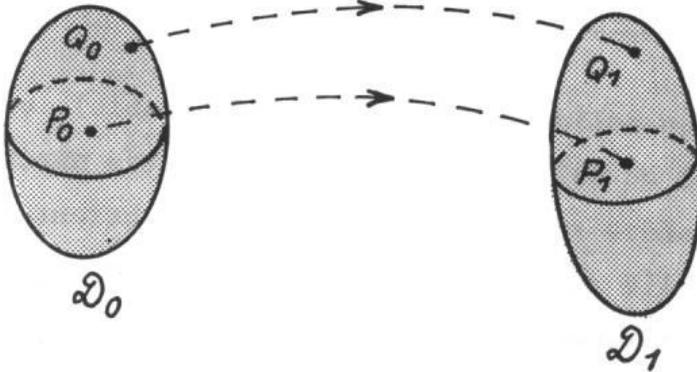
$$\begin{Bmatrix} \sigma_x \\ \sigma_y \\ \tau_{xy} \end{Bmatrix} = [D] \begin{Bmatrix} \varepsilon_x \\ \varepsilon_y \\ \gamma_{xy} \end{Bmatrix} \quad (2.11)$$

dengan mensubstitusikan rumus strain, maka rumus diatas dapat dituliskan :

$$\{\sigma\} = [D] [B] \{d\} \quad (2.12)$$

2.3.1.4 Model Dinamis (Berpindah dan Berubah Bentuk)

Pada kenyataannya seharusnya pengujian ini menggunakan model dinamis seperti dibawah ini. Namun, karena mobil multiguna pedesaan disimulasikan dalam keadaan diam yang kemudian diberikan *displacement* di setiap rodanya, maka diasumsikan tetap menggunakan metode elemen hingga model statis seperti yang sudah di sediakan pada *software* CAE.



Gambar 2.9 Contoh perubahan posisi dan bentuk dari sebuah benda [9]

Dimana,

Koordinat P_0 : $P_0 (x_0, y_0, z_0)$

Koordinat P_1 : $P_1 (x_1, y_1, z_1)$

Displacement P_0 ke P_1 : u, v, w

Dengan koordinat Q_0 :

$$Q_0 (x_0 + dx, y_0 + dy, z_0 + dz) \quad (2.13)$$

Maka *displacement* dari Q_0 ke Q_0 adalah :

$$u + du, v + dv, w + dw \quad (2.14)$$

Yang kemudian diubah kedalam bentuk diferensial parsial :

$$u + du = u + \frac{\partial u}{\partial x} dx + \frac{\partial u}{\partial y} dy + \frac{\partial u}{\partial z} dz \quad (2.15)$$

$$v + dv = v + \frac{\partial v}{\partial x} dx + \frac{\partial v}{\partial y} dy + \frac{\partial v}{\partial z} dz$$

$$w + dw = w + \frac{\partial w}{\partial x} dx + \frac{\partial w}{\partial y} dy + \frac{\partial w}{\partial z} dz$$

Dimana bila dimasukkan dalam matrik menjadi :

$$\begin{Bmatrix} u + du \\ v + dv \\ w + dw \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} u \\ v \\ w \end{Bmatrix} + \begin{bmatrix} \frac{\partial u}{\partial x} & \frac{\partial u}{\partial y} & \frac{\partial u}{\partial z} \\ \frac{\partial v}{\partial x} & \frac{\partial v}{\partial y} & \frac{\partial v}{\partial z} \\ \frac{\partial w}{\partial x} & \frac{\partial w}{\partial y} & \frac{\partial w}{\partial z} \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} dx \\ dy \\ dz \end{Bmatrix} \quad (2.16)$$

Dan bila diubah dalam bentuk vektor menjadi,

$$\{\overrightarrow{Q_0Q_1}\} = \{\overrightarrow{P_0P_1}\} + \{grad_{P_0P_1}\}\{\overrightarrow{P_0Q_0}\} \quad (2.17)$$

dimana :

$$grad_{P_0P_1} = \tau + \Omega \quad (2.18)$$

Sehingga

$$\{\overrightarrow{Q_0Q_1}\} = \{\overrightarrow{P_0P_1}\} + [\Omega]\{\overrightarrow{P_0Q_0}\} + [\tau]\{\overrightarrow{P_0Q_0}\} \quad (2.19)$$

\uparrow
Translasi

\uparrow
Rotasi

\uparrow
Perubahan bentuk

2.3.4 Ansys

ANSYS adalah suatu perangkat lunak komputer umum yang mampu menyelesaikan persoalan-persoalan elemen hingga dari pemodelan hingga analisis. Ansys ini digunakan untuk mensimulasikan semua disiplin ilmu fisika baik statis maupun dinamis, analisis struktural (kedua-duanya linier dan nonlinier), perpindahan panas, dinamika fluida, dan elektromagnetik untuk para engineer [3].

ANSYS dapat mengimpor data CAD dan juga memungkinkan untuk membangun geometri dengan kemampuan

yang "preprocessing". Demikian pula dalam preprocessor yang sama, elemen hingga model (jaring alias) yang diperlukan untuk perhitungan dihasilkan. Setelah mendefinisikan beban dan melakukan analisis, hasil dapat dilihat sebagai numerik dan grafis. ANSYS bekerja dengan sistem metode elemen hingga, dimana penyelesaiannya pada suatu objek dilakukan dengan pendeskritisasian dimana membagi atau memecah objek analitis satu rangkaian kesatuan ke dalam jumlah terbatas elemen hingga yaitu menjadi bagian-bagian yang lebih kecil dan dihubungkan dengan node. Hasil yang diperoleh dari ANSYS ini berupa pendekatan dengan menggunakan analisis numerik. Ketelitiannya sangat bergantung pada cara kita memecah model tersebut dan menggabungkannya [3].

Secara umum, suatu solusi elemen hingga dapat dipecahkan dengan mengikuti 3 tahapan. Tahapan ini merupakan panduan umum yang dapat digunakan untuk menghitung analisis elemen hingga [3].

1. Model *generation* :
 - Penyederhanaan, idealisasi.
 - Menentukan bahan/sifat material.
 - Menghasilkan model elemen hingga.
2. Solusi :
 - Tentukan kondisi batas.
 - Menjalankan analisisnya untuk mendapatkan solusi.
3. Hasil ulasan :
 - Plot/daftar hasil.
 - Periksa validitas.

BAB III METODOLOGI

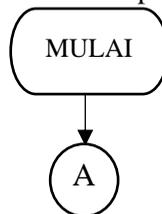
3.1 Prosedur Penelitian

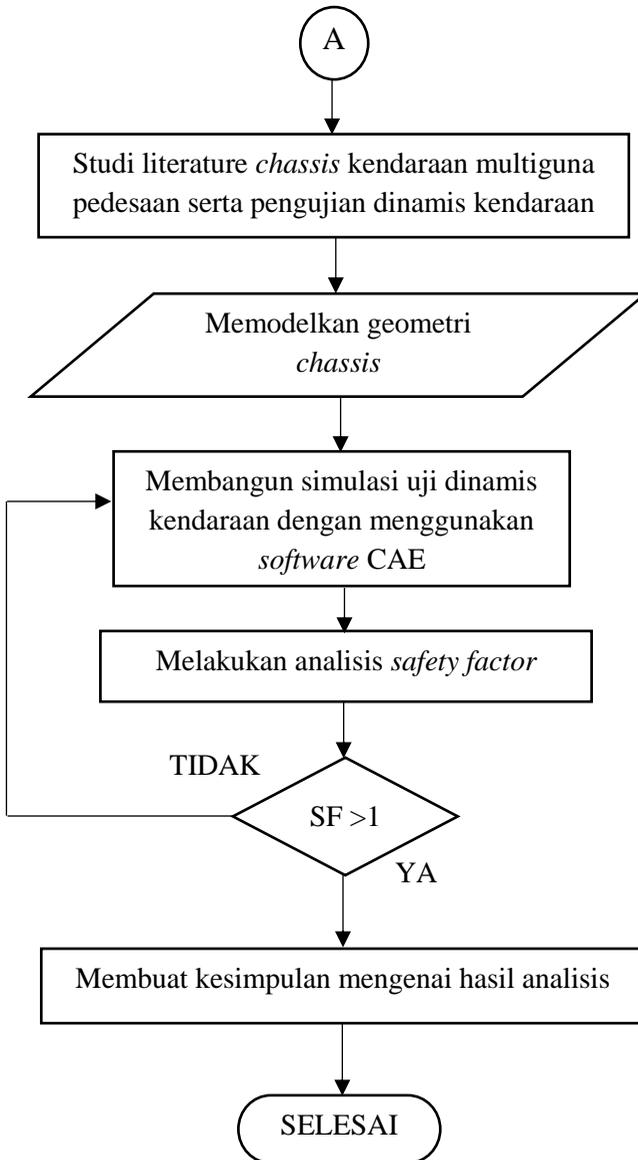
Pada penulisan tugas akhir ini, prosedur penelitian akan dilakukan dengan beberapa tahapan sebagai berikut :

1. Melakukan studi literatur tentang *chassis* kendaraan multiguna pedesaan, standar pengujian dinamis kendaraan dan penggunaan *software* CAE untuk simulasi uji dinamis kendaraan yang akan digunakan.
2. Memodelkan geometri 3D *chassis* mobil multiguna pedesaan dengan *software* CAD, yang akan dilakukan uji dinamis.
3. Membangun simulasi pengujian dinamis *chassis* mobil multiguna pedesaan dengan *software* CAE.
4. Menganalisis *safety factor* yang didapat dari simulasi.
5. Membuat kesimpulan dari hasil analisis deformasi yang terjadi berdasarkan dengan standar.

3.2 Diagram Alir Penelitian

Diagram alir penelitian kali ini akan menjelaskan langkah – langkah yang dilakukan untuk mencapai tujuan dari penelitian kali ini. Adapun diagram alir ini dimulai dengan studi literatur mengenai *chassis* dari kendaraan multiguna pedesaan serta mengenai pengujian dinamis terhadap suatu kendaraan. Hingga didapatkan hasil simulasi yang mana nantinya dianalisis terhadap standar yang digunakan untuk mendapatkan suatu kesimpulan.





Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian

3.3 Spesifikasi Mobil Multiguna Pedesaan

Mobil multiguna pedesaan memiliki beberapa spesifikasi sebagai berikut :

Jarak sumbu roda	: 2.380 mm
Lebar jejak	: 1 355 mm (depan) 1.365 mm (belakang)
Tinggi	: 1.750 mm
Massa kendaraan	: 1200 kg

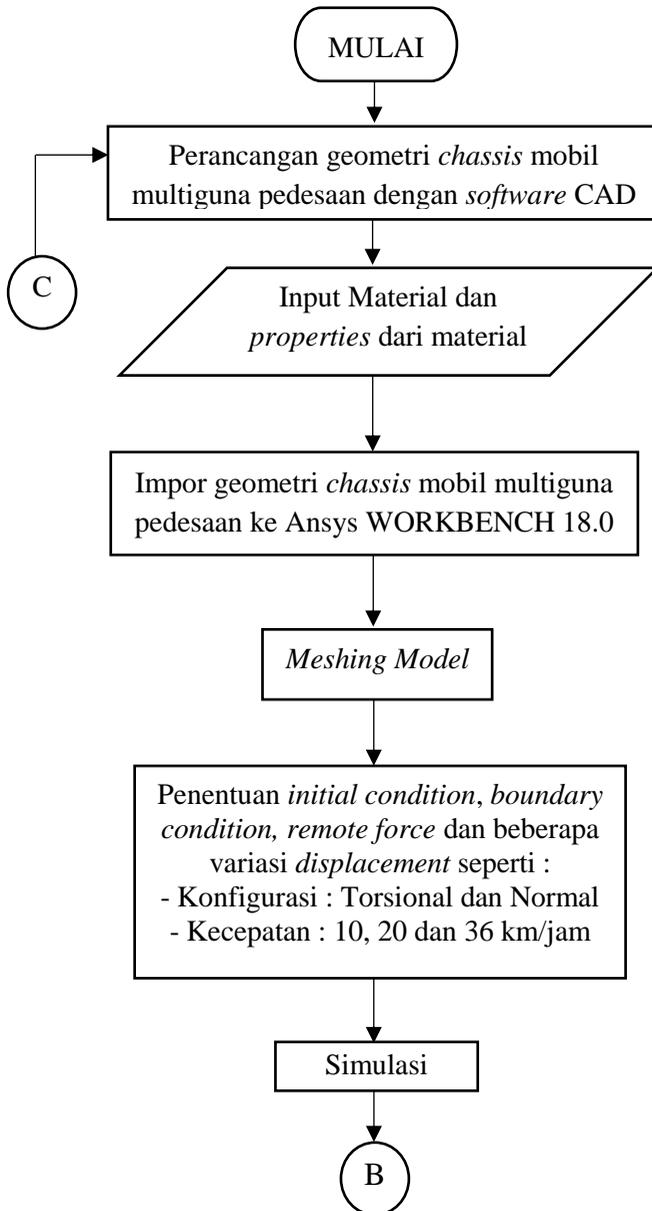
Dalam melakukan pengujian dinamis kali ini hanya beberapa bagian dari kendaraan yang disimulasikan. Bagian – bagian tersebut tentunya *chassis* beserta aksesoris – aksesorisnya. Adapun bagian – bagian tersebut menggunakan material dengan properties sebagai berikut :

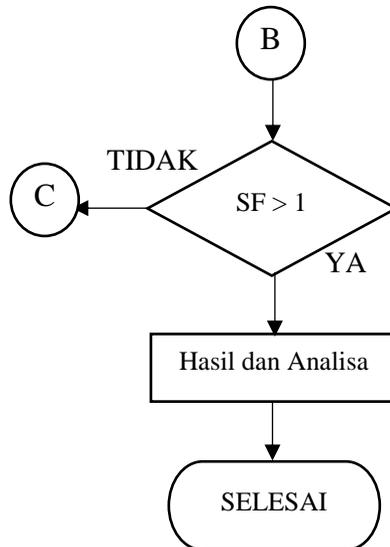
Tabel 3.1 *Material Properties* untuk *chassis*

Mass Density	7870 Kg/m ³
Modulus Elastisitas	186 × 10 ⁹ Kg/m.s ²
Poisson's Ratio	0.29
Tensile Yield Strength	350 × 10 ⁶ Kg/m.s ²
Modulus Bulk	148 × 10 ⁹ Kg/m.s ²
Modulus Shear	72 × 10 ⁹ Kg/m.s ²
Tensile Ultimate Strength	420 × 10 ⁶ Kg/m.s ²
Compressive Yield Strength	350 × 10 ⁶ Kg/m.s ²

3.4 Diagram Alir Permodelan

Diagram ini akan menjelaskan langkah – langkah permodelan mobil multiguna pedesaan yang mana objek tersebut akan diujikan beban – beban dinamis yang dimasukkan pada *software* berupa *displacement* pada setiap roda – rodanya. Hingga didapatkan suatu data untuk dianalisis yang kemudian dapat disimpulkan untuk menjawab tujuan penelitian.





Gambar 3.2 Diagram Alir Permodelan

3.5 Input Material

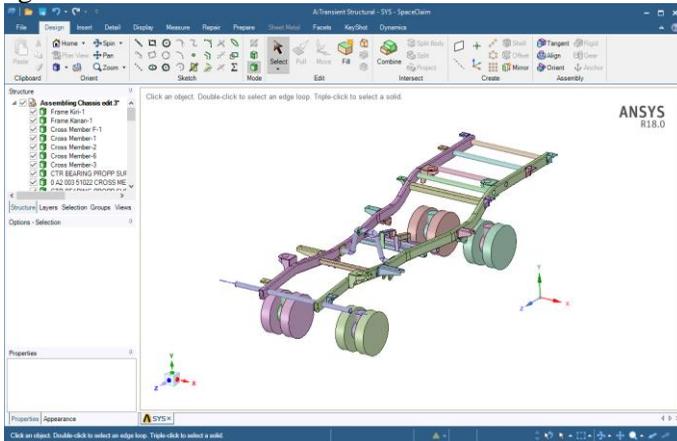
Proses pertama yaitu dengan memasukkan beberapa properties material pada *engineering data* di *software* CAE. Pada proses input properties material mobil pedesaan ini harus sesuai dengan data yang tercantum pada Tabel 3.1. yang kemudian dimasukkan kedalam table yang ada pada *Workbench* R18 seperti gambar 3.3 dibawah ini.

Properties of Outline Row 4: pedesaan				
	A	B	C	D E
1	Property	Value	Unit	
2	Material Field Variables	Table		
3	Density	7870	kg m ⁻³	
4	Isotropic Elasticity			
5	Derive from	Youn...		
6	Young's Modulus	1,86E+11	Pa	
7	Poisson's Ratio	0,29		
8	Bulk Modulus	1,4762E+11	Pa	
9	Shear Modulus	7,2093E+10	Pa	
10	Tensile Yield Strength	3,5E+08	Pa	
11	Compressive Yield Strength	3,5E+08	Pa	
12	Tensile Ultimate Strength	4,2E+08	Pa	

Gambar 3.3 Tabel material properties pada *software* CAE.

3.6 Import Geometri Mobil Multiguna Pedesaan

Langkah berikutnya adalah proses mendesain geometri dan melakukan *assembly* dari *chassis* mobil multiguna pedesaan beserta komponen yang digunakan untuk simulasi dengan menggunakan *software* CAD. Kemudian mengimpor geometri tersebut ke *software* CAE untuk dilakukan simulasi seperti terlihat pada gambar 3.4.



Gambar 3.4 Geometri *chassis* kendaraan multiguna pedesaan

3.7 Proses Permodelan

Langkah pertama dalam permodelan adalah menentukan *assignment* dari setiap *geometry* menjadi material baru yang telah dimasukkan kedalam *engineering data* seperti contoh pada gambar 3.5 dibawah ini.

Graphics Properties	
Definition	
Suppressed	No
Stiffness Behavior	Flexible
Coordinate System	Default Coordinate System
Reference Temperature	By Environment
Behavior	None
Material	
Assignment	Pedesaan
Nonlinear Effects	Yes
Thermal Strain Effects	Yes
Bounding Box	
Properties	
Statistics	

Gambar 3.5 Mengubah *assignment* komponen menjadi “pedesaan”

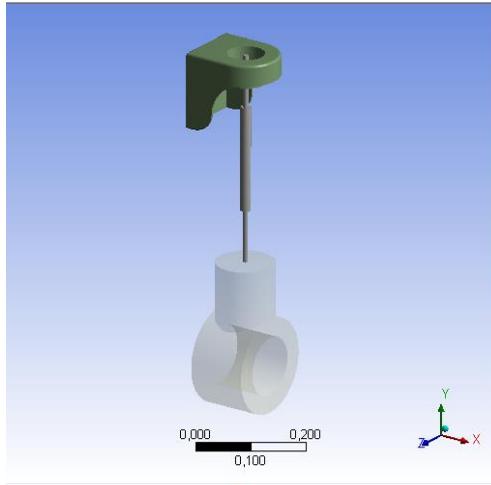
Langkah kedua adalah memeriksa dan menentukan *connection* tiap komponen menjadi *bonded* seperti contoh pada gambar 3.6. Hal ini diperlukan agar tidak terjadi *misconnection* dan terjadinya *error* pada saat proses simulasi berjalan.

Details of "Contact Region"	
[-] Scope	
Scoping Method	Geometry Selection
Contact	1 Face
Target	2 Faces
Contact Bodies	Cross Member-1
Target Bodies	Frame Kanan-1
[-] Definition	
Type	Bonded
Scope Mode	Automatic
Behavior	Program Controlled
Trim Contact	Off
Suppressed	No
[-] Advanced	
Formulation	Program Controlled
Detection Method	Program Controlled
Penetration Tolerance	Program Controlled
Elastic Slip Tolerance	Program Controlled

Gambar 3.6 Memeriksa dan menentukan *connection* tiap komponen

Langkah ketiga adalah membuat 4 buah suspensi yang terhubung dari keempat dudukan roda ke dudukan suspensi yang berada pada *chassis* seperti pada gambar 3.7. Suspensi tersebut memiliki spesifikasi sebagai berikut:

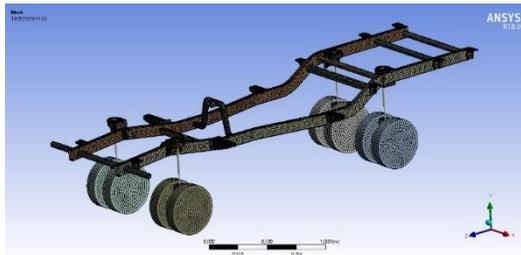
Stiffness : 60.000 N/m
Damping : 1.300 N.s/m



Gambar 3.7 Suspensi yang terhubung dari dudukan roda ke dudukan suspensi pada *chassis*

3.8 Proses Meshing

Langkah selanjutnya adalah proses meshing, yang mana proses dapat langsung digunakan dengan memilih *generate mesh*. Proses meshing ini menggunakan beberapa pengaturan, dimana ada beberapa komponen yang menggunakan bentuk elemen yang berbeda dan *body sizing* yang berbeda pula. Bentuk elemen yang digunakan adalah berupa *Quadrilateral* dan *Triangle*. Berikut adalah hasil *meshing* dari *chassis* mobil multiguna pedesaan seperti terlihat pada gambar 3.8.



Gambar 3.8 Hasil *meshing* pada *chassis* kendaraan multiguna pedesaan

3.9 Penentuan Analysis Settings

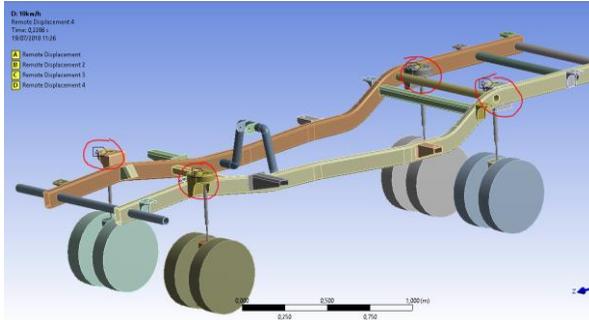
Proses selanjutnya yaitu menentukan pengaturan pada *analysis settings*, dengan memasukkan nilai dari *step end time*, *initial time step*, *minimum time step*, dan *maximum time step*. *Step end time* untuk setiap variasi kecepatan 10, 20 dan 36 km/jam berturut – turut adalah 1,25; 0,63 dan 0,35 sekon. *Initial time step* untuk setiap variasi kecepatan 10, 20 dan 36 km/jam adalah 0,005 sekon. *Minimum time step* untuk setiap variasi kecepatan 10, 20 dan 36 km/jam adalah 0,000005 sekon. *Maximum time step* untuk setiap variasi kecepatan 10, 20 dan 36 km/jam berturut – turut adalah 0,005, 0,01 dan 0,02 sekon. Berikut contoh pengisian tabel pada *analysis settings* seperti terlihat pada gambar 3.9.

[-] Step Controls	
Number Of Steps	1,
Current Step Number	1,
Step End Time	0,17605 s
Auto Time Stepping	On
Define By	Time
Initial Time Step	1,e-005 s
Minimum Time Step	1,e-005 s
Maximum Time Step	1,e-003 s
Time Integration	On
[-] Solver Controls	
Solver Type	Program Controlled
Weak Springs	Program Controlled
Large Deflection	On
[+] Restart Controls	
[+] Nonlinear Controls	
[+] Output Controls	
[+] Damping Controls	
[+] Analysis Data Management	
[+] Visibility	

Gambar 3.9 Proses pengaturan *analysis setting*

3.10 Boundary Condition

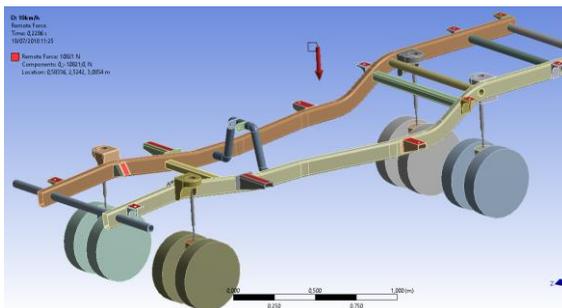
Proses selanjutnya adalah pemberian *boundary condition* berupa *remote displacement* pada *face* di bagian *bracket coil* seperti terlihat pada gambar 3.10. Pemberian *boundary condition* berupa *remote displacement* ini bertujuan agar *chassis* kendaraan multiguna pedesaan ini tidak bergerak ke arah z dan x ketika *chassis* menerima beban dari roda.



Gambar 3.10 Pengaplikasian *remote displacement* pada *chassis*

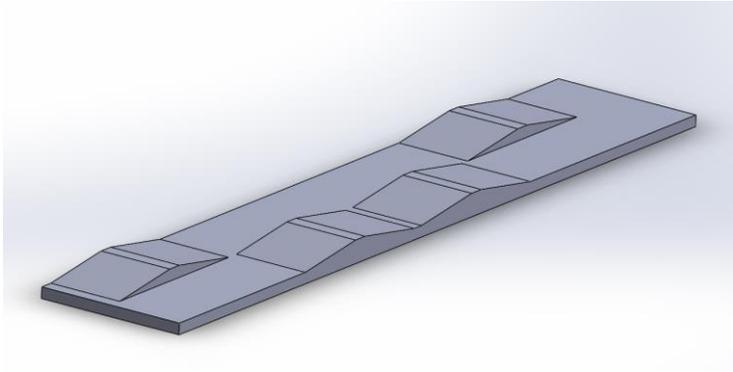
3.11 Pembebanan

Proses pertama dalam pembebanan adalah memberikan *remote force* kepada *chassis* kendaraan multiguna pedesaan. *Remote force* ini merepresentasikan gaya total yang diterima oleh *chassis* dari berat keseluruhan kendaraan, dimana gaya total tersebut diasumsikan berasal dari *center of gravity* kendaraan tersebut menuju ke tumpuan – tumpuan yang berada pada *chassis*. Dengan massa total kendaraan saat *full load* sebesar 1.200 kg dan massa *chassis* tersebut sebesar 96,293 kg, maka gaya total yang diterima oleh *chassis* sebesar 10.821,185 N dengan $g = 9,81 \text{ m}^2/\text{s}$. Berikut adalah pengaplikasian *remote force* pada penelitian ini terlihat pada gambar 3.11.

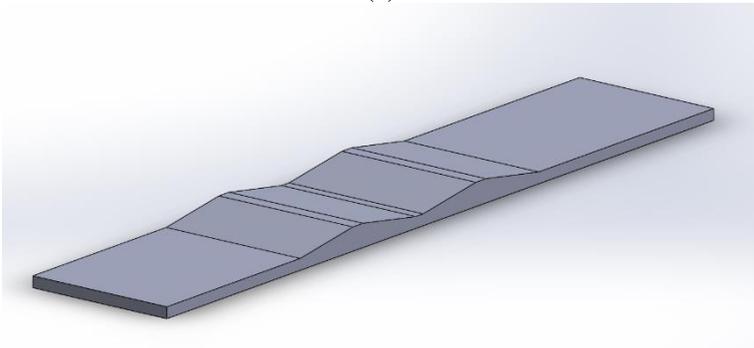


Gambar 3.11 Pengaplikasian *remote force* pada *chassis*

Kemudian, pada penelitian ini ada dua konfigurasi *speed bump* yang digunakan, yaitu konfigurasi torsional dan normal. Berikut adalah ilustrasi konfigurasi *speed bump* torsional dan normal seperti terlihat pada gambar 3.12.



(a)

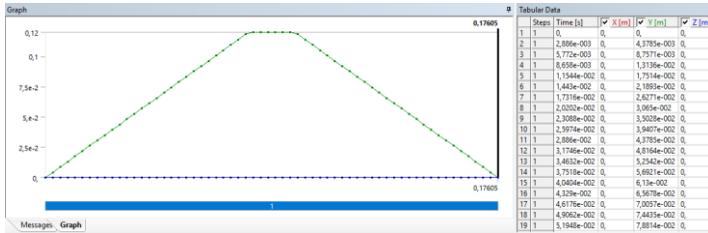


(b)

Gambar 3.12 (a) Konfigurasi Torsional (b) Konfigurasi Normal

Sebelum simulasi dimulai, perlu dilakukan perhitungan pembebanan yang berupa *displacement* pada roda mobil multiguna pedesaan. Perhitungan *displacement* perlu dilakukan agar profil jalan yang mempunyai beberapa *speed bump* dapat diaplikasikan pada *tabular data* yang tersedia dalam *software*. Hal ini diperlukan

karena diasumsikan bahwa kendaraan diam dan profil jalan yang bergerak. Setelah perhitungan *displacement* dalam *Microsoft Excel* yang berupa perbandingan waktu per *step* dengan ketinggian *displacement* sudah dilakukan, maka data tersebut dapat dimasukkan ke dalam *tabular data* seperti pada gambar 3.13.



Gambar 3.13 Pembebanan 1 buah *speed bump* yang dilakukan pada *chassis* mobil multiguna pedesaan

BAB IV

ANALISIS DAN PEMBAHASAN

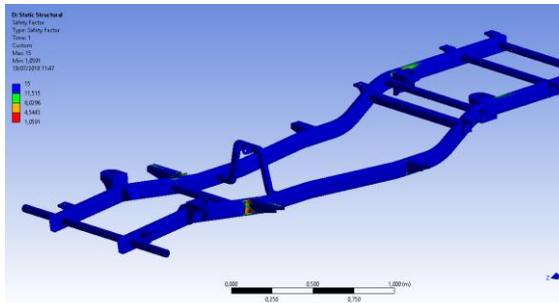
Penelitian ini menggunakan metode elemen hingga untuk mendapatkan nilai *dynamic factor* pada *chassis* kendaraan multiguna pedesaan. Dimana *dynamic factor* itu sendiri didapatkan dari perbandingan *safety factor* minimum dari simulasi *dynamic* dengan *safety factor* minimum dari simulasi *static*. Simulasi yang dilakukan menjadi dua jenis, yaitu *static* dan *dynamic*. Simulasi *static* dilakukan dengan memberikan *remote force* yang berasal dari beban kendaraan tersebut. Sedangkan untuk simulasi *dynamic* dilakukan dengan memberikan *displacement* terhadap roda – roda kendaraan tersebut. Simulasi *dynamic* dilakukan berdasarkan variasi kecepatan kendaraan dalam melewati *speed bump* dan konfigurasi *speed bump*. Variasi kecepatan kendaraan dalam melewati *speed bump* yang digunakan adalah sebesar 10, 20, dan 36 km/jam sedangkan variasi konfigurasi *speed bump* yang digunakan adalah normal dan torsional.

Melalui proses simulasi *static* didapatkan besar dari *safety factor* minimum. Kemudian dilanjutkan dengan proses simulasi *dynamic* yang mendapatkan *safety factor* minimum terhadap waktu.

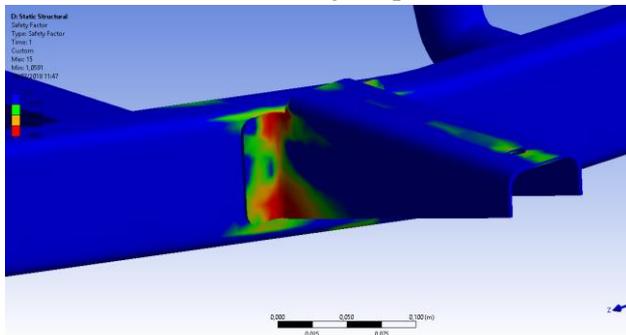
Hasil simulasi digunakan untuk mempelajari hubungan antara pengujian *static* dan *dynamic* dengan membandingkan nilai dari *safety factor* minimumnya dan juga membandingkan hubungan variasi kecepatan kendaraan terhadap *safety factor* minimum yang dihasilkan.

4.1 Analisis Safety Factor Hasil Simulasi Static Pertama

Hasil simulasi *static* adalah besar dari *safety factor* pada *chassis* kendaraan multiguna pedesaan. Besar nilai scalar dari *safety factor* diilustrasikan dengan menggunakan warna. Berikut hasil simulasi *static* pada kendaraan multiguna pedesaan.



Gambar 4.1 Hasil simulasi *static* pertama pada *chassis* kendaraan multiguna pedesaan



Gambar 4.2 Komponen yang memiliki *safety factor* terkecil

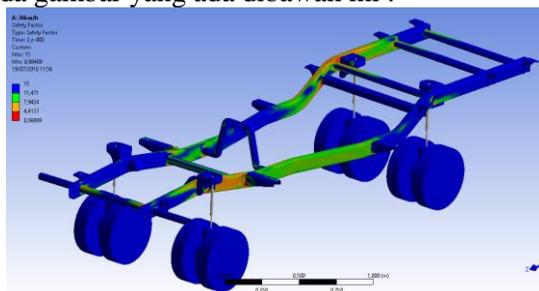
Dapat dilihat dari gambar 4.1 hasil Simulasi *Static* Kendaraan Multiguna Pedesaan, gambar tersebut merupakan ilustrasi besar dari *safety factor*. Terlihat bahwa mayoritas besar *safety factor* berwarna biru tua yang memiliki nilai 15. Selain itu, terdapat sebagian elemen berwarna hijau yang memiliki nilai 11,515 – 8,0296, elemen berwarna jingga yang memiliki nilai 8,0296 – 4,5443 dan elemen berwarna merah yang memiliki nilai 4,5443 – 1,0591. Pada gambar 4.2 didapatkan bahwa hasil minimum ini didapat pada bagian *Bracket Cabin* dengan nilai *safety factor* sebesar 1,0591.

4.2 Analisis *Safety Factor* Hasil Simulasi *Dynamic* Pertama

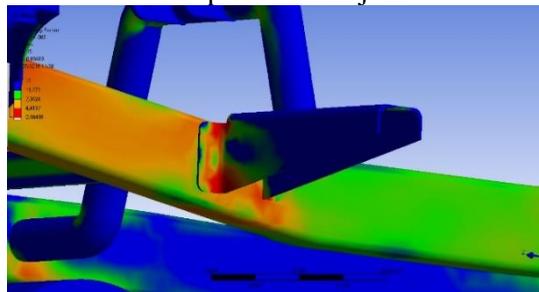
Hasil simulasi *dynamic* adalah besar dari *safety factor* pada *chassis* kendaraan multiguna pedesaan. Simulasi ini memiliki beberapa variasi kecepatan kendaraan dan konfigurasi *speed bump*. Besar nilai skalar dari *safety factor* diilustrasikan dengan menggunakan warna. Hasil simulasi *dynamic* dijelaskan pada sub bab 4 di bawah ini.

4.2.1 Hasil Simulasi *Dynamic* dengan Variasi Konfigurasi *Speed Bump* Torsional

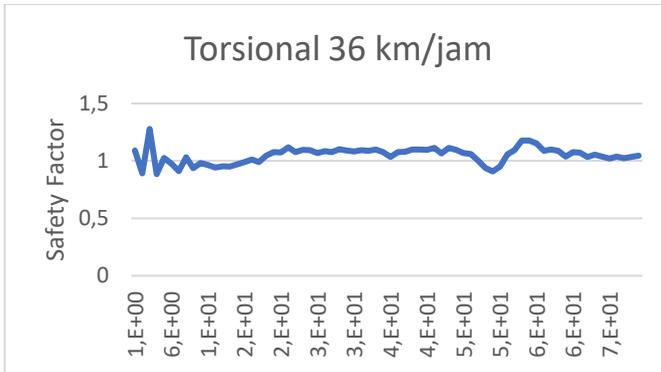
Pada variasi konfigurasi *speed bump* torsional terdapat 3 hasil dengan variasi kecepatan kendaraan sebesar 10 , 20 dan 36 km/jam. Hasil ilustrasi *safety factor* pada setiap variasi dapat dilihat pada gambar yang ada dibawah ini :



Gambar 4.3 Hasil Simulasi *Dynamic* Torsional dengan Kecepatan 36 km/jam



Gambar 4.4 Komponen yang memiliki *safety factor* terkecil

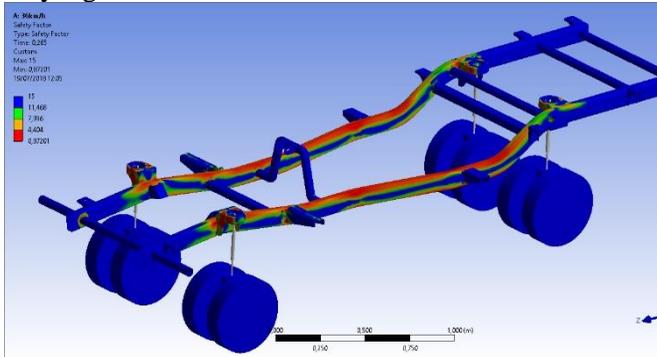


Gambar 4.5 Grafik *safety factor* minimum yang terjadi pada Simulasi *Dynamic Torsional* dengan Kecepatan 36 km/jam

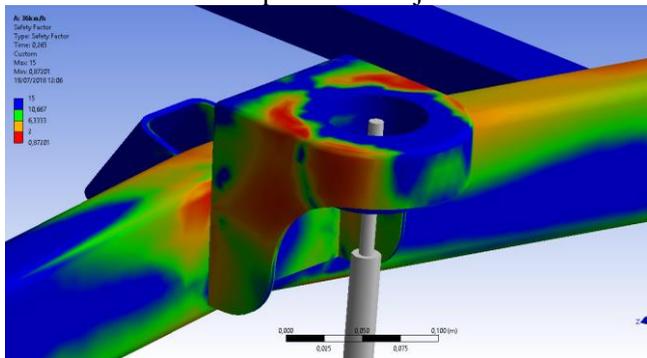
Dapat dilihat dari gambar 4.3 Hasil Simulasi *Dynamic Normal* dengan Kecepatan 10 km/jam, gambar tersebut merupakan ilustrasi besar dari *safety factor*. Pada gambar 4.3 terlihat bahwa mayoritas besar *safety factor* berwarna biru tua yang memiliki nilai 15. Selain itu, terdapat sebagian elemen berwarna hijau yang memiliki nilai 11,471 – 7,9424, elemen berwarna jingga yang memiliki nilai 7,9424 – 4,4137 dan elemen berwarna merah yang memiliki nilai 4,4137 – 0,88498. Pada gambar 4.4 didapatkan bahwa hasil minimum ini didapat pada bagian bagian *Bracket Cabin*. Pada gambar 4.5 didapatkan bahwa *safety factor* minimum sebesar 0,88498 pada waktu 0,02 s dan didapatkan pula *range safety factor* minimum selama pengujian berada di antara 0,88498-1,2785.

4.2.2 Hasil Simulasi *Dynamic* dengan Variasi Konfigurasi *Speed Bump Normal*

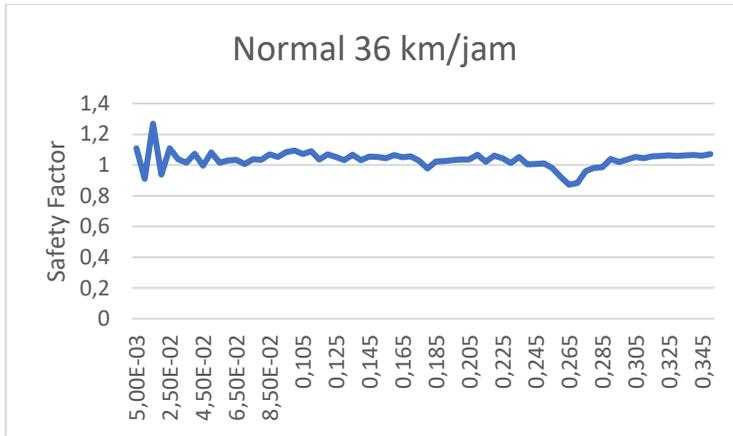
Pada variasi konfigurasi *speed bump* Normal terdapat 3 hasil dengan variasi kecepatan kendaraan sebesar 10, 20 dan 36 km/jam. Hasil ilustrasi *safety factor* pada setiap variasi dapat dilihat pada gambar yang ada dibawah ini :



Gambar 4.6 Hasil Simulasi *Dynamic* Torsional dengan Kecepatan 36 km/jam



Gambar 4.7 Komponen yang memiliki *safety factor* terkecil



Gambar 4.8 Grafik *safety factor* minimum yang terjadi pada Simulasi *Dynamic* Torsional dengan Kecepatan 36 km/jam

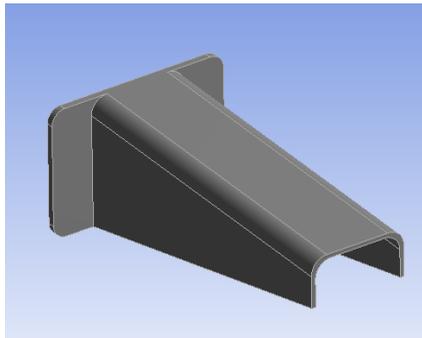
Dapat dilihat dari gambar 4.6 Hasil Simulasi *Dynamic* Normal dengan Kecepatan 10 km/jam, gambar tersebut merupakan ilustrasi besar dari *safety factor*. Pada gambar 4.6 terlihat bahwa mayoritas besar *safety factor* berwarna biru tua yang memiliki nilai 15. Selain itu, terdapat sebagian elemen berwarna hijau yang memiliki nilai 11,468 – 7,936, elemen berwarna jingga yang memiliki nilai 7,936 – 4,404 dan elemen berwarna merah yang memiliki nilai 4,404 – 0,87201. Pada gambar 4.7 didapatkan bahwa hasil minimum ini didapat pada bagian bagian *Bracket Cabin*. Pada gambar 4.8 didapatkan bahwa *safety factor* minimum sebesar 0,87201 pada waktu 0,265 s dan didapatkan pula *range safety factor* minimum selama pengujian berada di antara 0,87201-1,2684.

Dari kedua contoh hasil diatas didapatkan nilai *safety factor* lainnya yang dapat dilihat di table 4.1 dibawah ini :

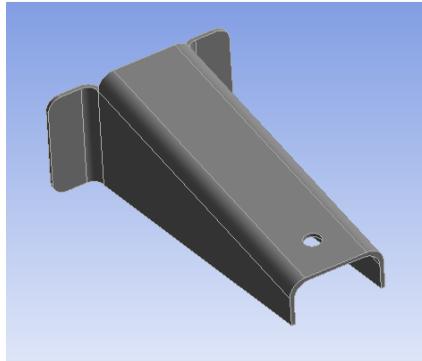
Tabel 4.1 Hasil Simulasi *Static* dan *Dynamic* Pertama

No.	Simulasi	Konfigurasi	Kecepatan (km/jam)	Safety Factor Minimum
1.	<i>Dynamic</i>	Torsional	10	0,91093
2.			20	0,89139
3.			36	0,88489
4.		Normal	10	0,9161
5.			20	0,91409
6.			36	0,87201
7.	<i>Static</i>	-	-	1,0591

Dapat dilihat dari tabel diatas bahwa ada beberapa komponen yang masih belum aman dikarenakan nilai *safety factor* yang masih dibawah 1. Sehingga dibutuhkan modifikasi terhadap komponen tersebut yaitu *Bracket Cabin*. Modifikasi tersebut dapat dilihat pada gambar dibawah ini :



(a)



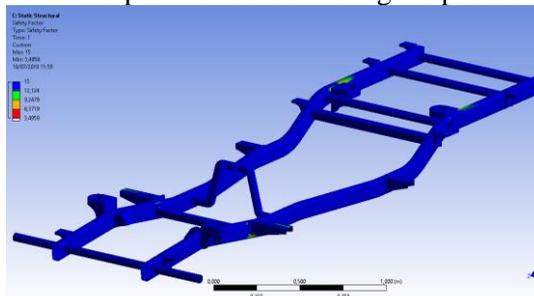
(b)

Gambar 4.9 (a) *Bracket Cabin* sebelum dimodifikasi. (b) *Bracket Cabin* yang telah dimodifikasi

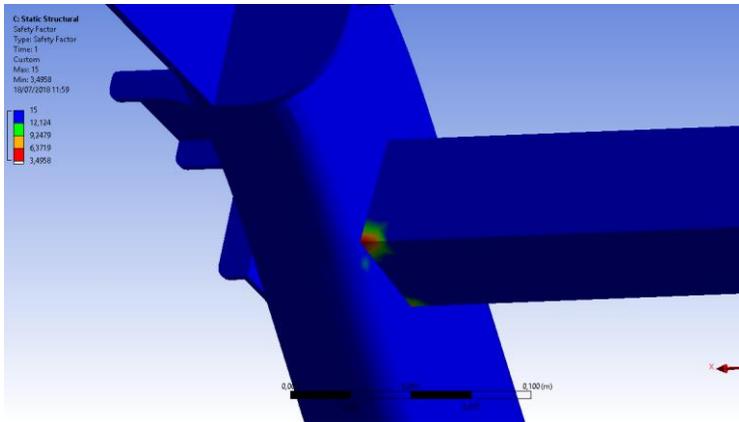
Pada gambar 4.9 (a) merupakan *bracket cabin* yang asli, sedangkan pada gambar 4.9 (b) merupakan hasil modifikasi dengan menambahkan plat. Diharapkan dengan modifikasi ini dapat meningkatkan nilai dari *safety factor* pada simulasi berikutnya.

4.3 Analisis *Safety Factor* Hasil Simulasi *Static* Kedua

Hasil simulasi *static* adalah besar dari *safety factor* pada *chassis* kendaraan multiguna pedesaan. Besar nilai scalar dari *safety factor* diilustrasikan dengan menggunakan warna. Berikut hasil simulasi *static* pada kendaraan multiguna pedesaan.



Gambar 4.10 Hasil simulasi *static* kedua pada *chassis* kendaraan multiguna pedesaan



Gambar 4.11 Komponen yang memiliki *safety factor* terkecil

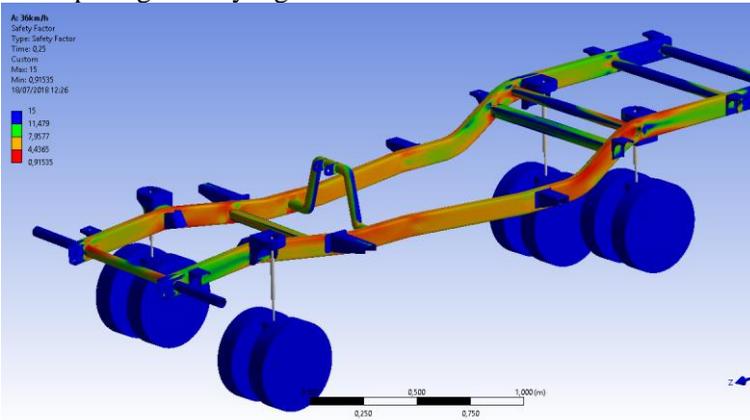
Dapat dilihat dari gambar 4.10 hasil simulasi *static* kendaraan multiguna pedesaan, gambar tersebut merupakan ilustrasi besar dari *safety factor*. Terlihat bahwa mayoritas besar *safety factor* berwarna biru tua yang memiliki nilai 15. Selain itu, terdapat sebagian elemen berwarna hijau yang memiliki nilai 12,124 – 9,2479, elemen berwarna jingga yang memiliki nilai 9,2479 – 6,3719 dan elemen berwarna merah yang memiliki nilai 6,3719 – 3,4958. Pada gambar 4.11 didapatkan bahwa hasil minimum ini didapat pada bagian *Cross Member U 2.NE1-3* sebesar 3,4958.

4.4 Analisis Safety Factor Hasil Simulasi Dynamic Kedua

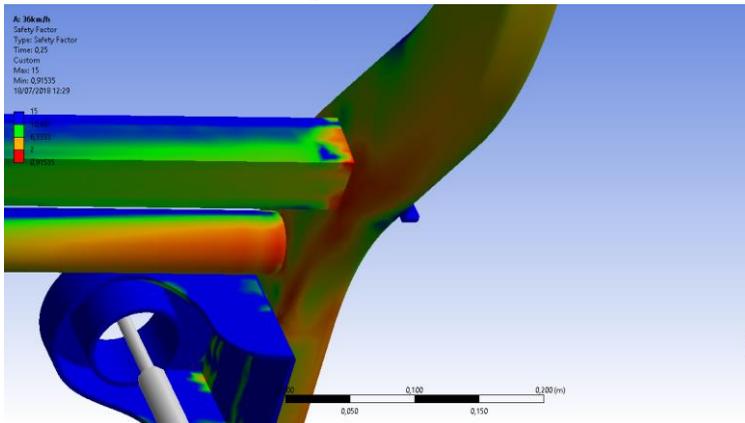
Hasil simulasi *dynamic* adalah besar dari *safety factor* pada *chassis* kendaraan multiguna pedesaan. Simulasi ini memiliki beberapa variasi kecepatan kendaraan dan konfigurasi *speed bump*. Besar nilai skalar dari *safety factor* diilustrasikan dengan menggunakan warna. Hasil simulasi *dynamic* dijelaskan pada sub bab 4 di bawah ini.

4.4.1 Hasil Simulasi Dynamic dengan Variasi Konfigurasi Speed Bump Torsional

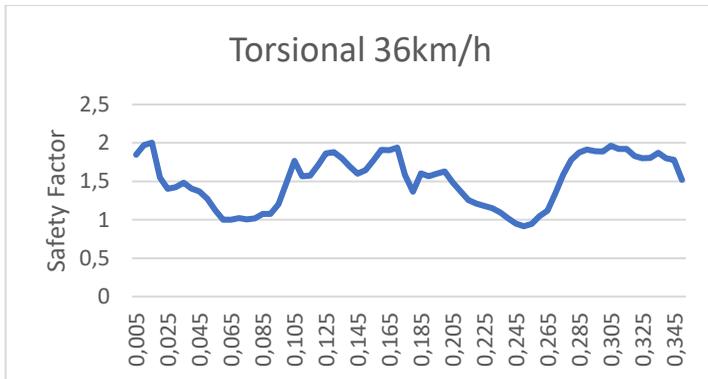
Pada variasi konfigurasi *speed bump* torsional terdapat 3 hasil dengan variasi kecepatan kendaraan sebesar 10 , 20 dan 36 km/jam. Hasil ilustrasi *safety factor* pada setiap variasi dapat dilihat pada gambar yang ada dibawah ini :



Gambar 4.12 Hasil Simulasi *Dynamic Torsional* dengan Kecepatan 36 km/jam



Gambar 4.13 Komponen yang memiliki *safety factor* terkecil

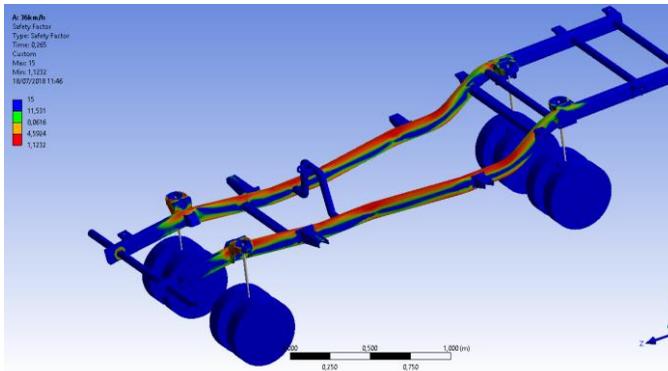


Gambar 4.14 Grafik *safety factor* minimum yang terjadi pada Simulasi *Dynamic Torsional* dengan Kecepatan 36 km/jam

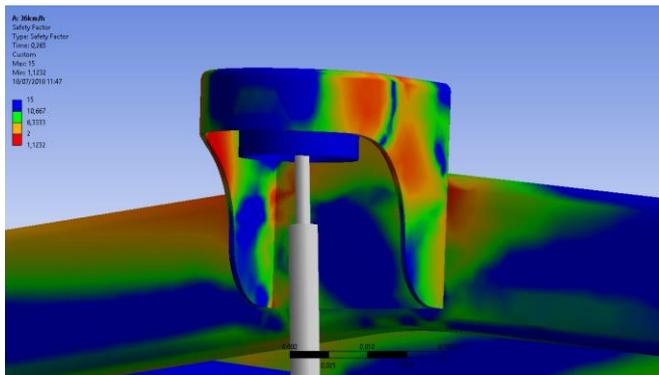
Dapat dilihat dari gambar 4.12 Hasil Simulasi *Dynamic Normal* dengan Kecepatan 36 km/jam, gambar tersebut merupakan ilustrasi besar dari *safety factor*. Pada gambar 4.12 terlihat bahwa mayoritas besar *safety factor* berwarna jingga yang memiliki nilai 7,9577 – 4,4365 . Selain itu, terdapat sebagian elemen berwarna hijau yang memiliki nilai 11,479 – 7,9577 dan elemen berwarna merah yang memiliki nilai 4,4365 – 0,91535. Pada gambar 4.13 didapatkan bahwa hasil minimum ini didapat pada bagian bagian *Cross Member U 2.NE1-3*. Pada gambar 4.14 didapatkan bahwa *safety factor* minimum sebesar 0,91535 pada waktu 0,25 s dan didapatkan pula *range safety factor* minimum selama pengujian berada di antara 0,91535 - 2,0027.

4.4.2 Hasil Simulasi *Dynamic* dengan Variasi Konfigurasi *Speed Bump Normal*

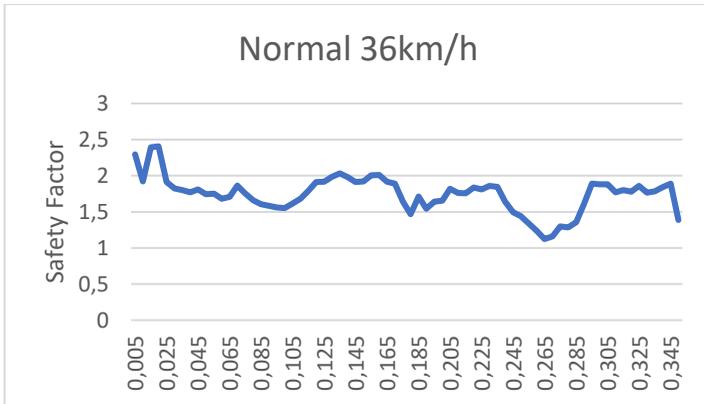
Pada variasi konfigurasi *speed bump* normal terdapat 3 hasil dengan variasi kecepatan kendaraan sebesar 10 , 20 dan 36 km/jam. Hasil ilustrasi *safety factor* pada setiap variasi dapat dilihat pada gambar yang ada dibawah ini :



Gambar 4.15 Hasil Simulasi *Dynamic Normal* dengan Kecepatan 36 km/jam



Gambar 4.16 Komponen yang memiliki *safety factor* terkecil



Gambar 4.17 Grafik *safety factor* minimum yang terjadi pada Simulasi *Dynamic Normal*

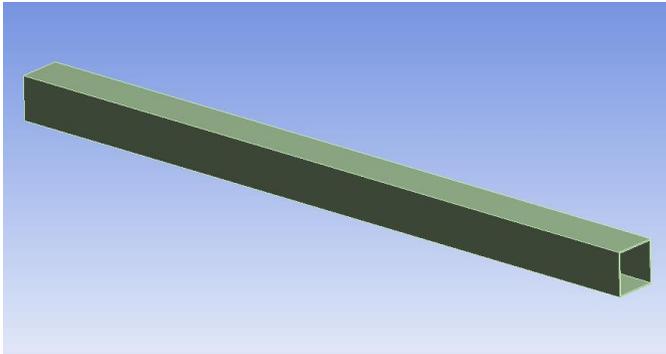
Dapat dilihat dari gambar 4.15 Hasil Simulasi *Dynamic Normal* dengan Kecepatan 36 km/jam, gambar tersebut merupakan ilustrasi besar dari *safety factor*. Pada gambar 4.15 terlihat bahwa mayoritas besar *safety factor* berwarna biru tua yang memiliki nilai 15. Selain itu, terdapat sebagian elemen berwarna hijau yang memiliki nilai 11,531 – 8,0616, elemen berwarna jingga yang memiliki nilai 8,0616 – 4,5924 dan elemen berwarna merah yang memiliki nilai 4,5924 – 1,1232. Pada gambar 4.16 didapatkan bahwa hasil minimum ini didapat pada bagian *Bracket Coil* dan kedua *frame* kanan dan kiri. Pada gambar 4.17 didapatkan bahwa *safety factor* minimum sebesar 1,1232 pada waktu 0,265 s dan didapatkan pula *range safety factor* minimum selama pengujian berada di antara 1,1232- 2,4068.

Dari kedua contoh hasil diatas didapatkan nilai *safety factor* lainnya yang dapat dilihat di tabel 4.2 berikut ini :

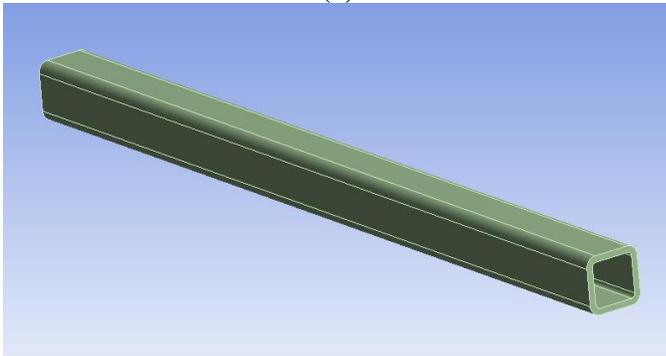
Tabel 4.2 Hasil Simulasi *Static* dan *Dynamic* Kedua

No.	Simulasi	Konfigurasi	Kecepatan (km/jam)	Safety Factor Minimum
1.	<i>Dynamic</i>	Torsional	10	1,064
2.			20	1,0088
3.			36	0,91535
4.		Normal	10	1,3893
5.			20	1,2867
6.			36	1,1232
7.	<i>Static</i>	-	-	3,4958

Dapat dilihat dari tabel diatas bahwa ada beberapa komponen yang masih belum aman dikarenakan nilai *safety factor* yang masih dibawah 1, yaitu pada simulasi *dynamic* torsional dengan kecepatan 36 km/jam. Sehingga dibutuhkan modifikasi terhadap komponen tersebut yaitu *Cross Member U 2.NE1-3*. Modifikasi tersebut dapat dilihat pada gambar dibawah ini :



(a)



(b)

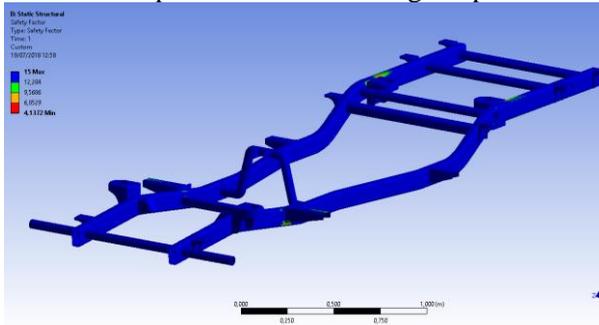
Gambar 4.18 (a) *Cross Member U 2. NE1-3* sebelum dimodifikasi. (b) *Cross Member U 2. NE1-3* setelah dimodifikasi

Pada gambar 4.18 (a) merupakan *Cross Member U 2. NE1-3* yang asli, sedangkan pada gambar 4.18 (b) merupakan hasil modifikasi dengan menambahkan ketebalan yang semula 1,5 mm menjadi 6 mm. Diharapkan dengan modifikasi ini dapat meningkatkan nilai dari *safety factor* pada simulasi berikutnya.

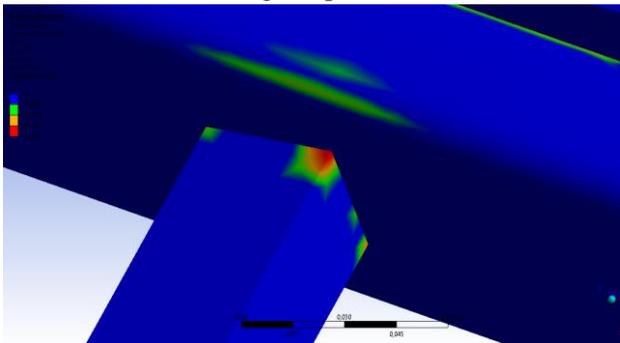
4.5 Analisis Safety Factor Hasil Simulasi Static Ketiga

Hasil simulasi *static* adalah besar dari *safety factor* pada *chassis* kendaraan multiguna pedesaan. Besar nilai scalar dari

safety factor diilustrasikan dengan menggunakan warna. Berikut hasil simulasi *static* pada kendaraan multiguna pedesaan.



Gambar 4.19 Hasil simulasi *static* ketiga pada *chassis* kendaraan multiguna pedesaan



Gambar 4.20 Komponen yang memiliki *safety factor* terkecil

Dapat dilihat dari gambar 4.19 hasil simulasi *static* kendaraan multiguna pedesaan, gambar tersebut merupakan ilustrasi besar dari *safety factor*. Terlihat bahwa mayoritas besar *safety factor* berwarna biru tua yang memiliki nilai 15. Selain itu, terdapat sebagian elemen berwarna hijau yang memiliki nilai 12,284 – 9,5686, elemen berwarna jingga yang memiliki nilai 9,2479 – 6,3719 dan elemen berwarna merah yang memiliki nilai 6,8529 – 4,1372. Pada gambar 4.20 didapatkan bahwa hasil

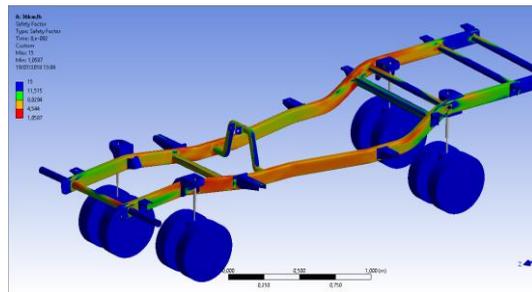
minimum ini didapat pada bagian *Cross Member U 2.NE1-1* sebesar 4,1372.

4.6 Analisis *Safety Factor* Hasil Simulasi *Dynamic* Ketiga

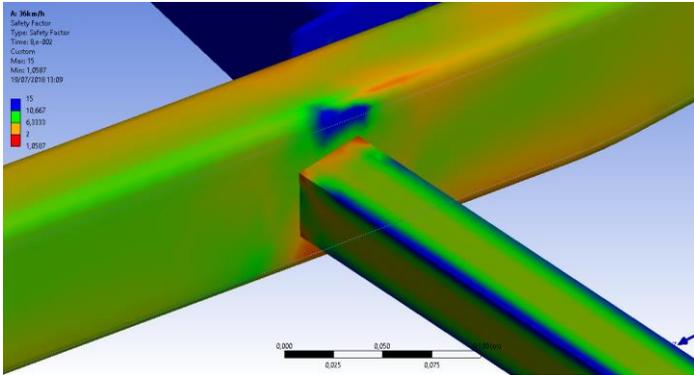
Hasil simulasi *dynamic* adalah besar dari *safety factor* pada *chassis* kendaraan multiguna pedesaan. Simulasi ini memiliki beberapa variasi kecepatan kendaraan dan konfigurasi *speed bump*. Besar nilai skalar dari *safety factor* diilustrasikan dengan menggunakan warna. Hasil simulasi *dynamic* dijelaskan pada sub bab 4 di bawah ini.

4.6.1 Hasil Simulasi *Dynamic* dengan Variasi Konfigurasi *Speed Bump* Torsional

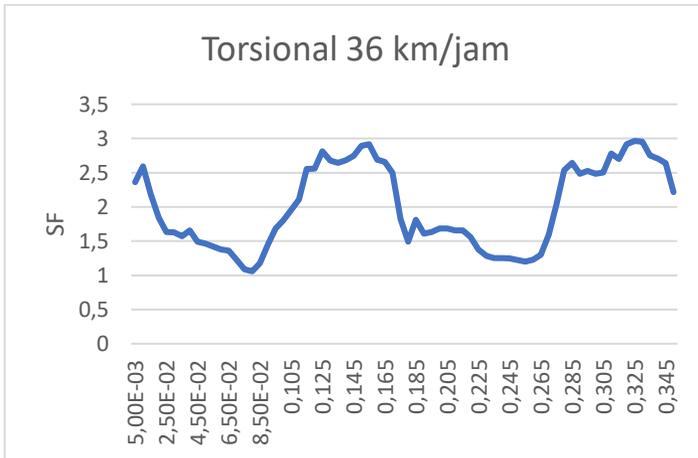
Pada variasi konfigurasi *speed bump* torsional terdapat 3 hasil dengan variasi kecepatan kendaraan sebesar 10 , 20 dan 36 km/jam. Hasil ilustrasi *safety factor* pada setiap variasi dapat dilihat pada gambar yang ada dibawah ini :



Gambar 4.21 Hasil Simulasi *Dynamic* Torsional dengan Kecepatan 36 km/jam



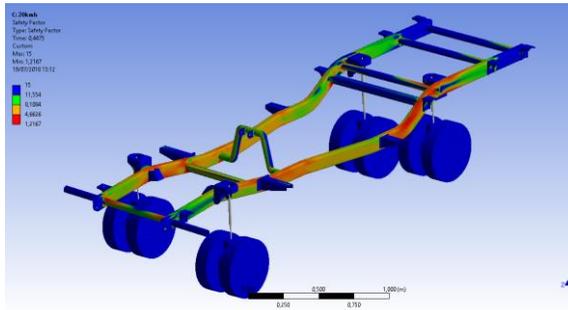
Gambar 4.22 Komponen yang memiliki *safety factor* terkecil



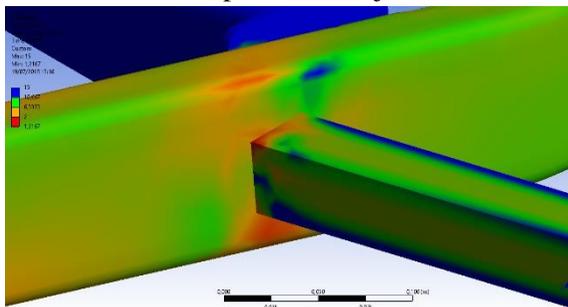
Gambar 4.23 Grafik *safety factor* minimum yang terjadi pada Simulasi *Dynamic* Torsional dengan Kecepatan 36 km/jam

Dapat dilihat dari gambar 4.21 Hasil Simulasi *Dynamic* Normal dengan Kecepatan 36 km/jam, gambar tersebut merupakan ilustrasi besar dari *safety factor*. Pada gambar 4.21 terlihat bahwa mayoritas besar *safety factor* berwarna jingga yang memiliki nilai 8,0294 – 4,544. Selain itu, terdapat sebagian elemen berwarna hijau yang memiliki nilai 11,515 – 8,0294 dan elemen berwarna

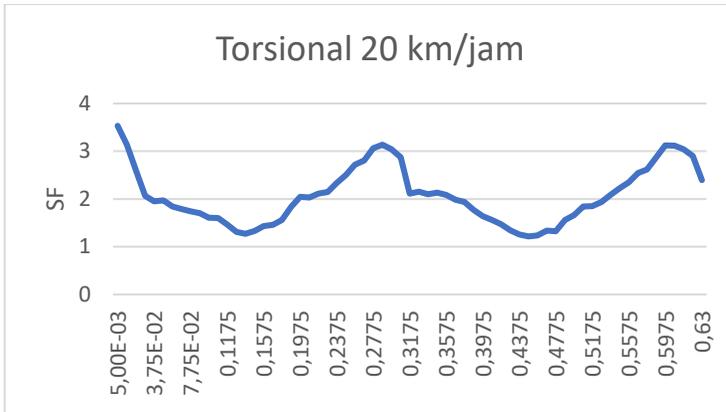
merah yang memiliki nilai 4,544 – 1,0587. Pada gambar 4.22 didapatkan bahwa hasil minimum ini didapat pada bagian bagian *Cross Member U 2.NE1-1*. Pada gambar 4.23 didapatkan bahwa *safety factor* minimum sebesar 1,0587 pada waktu 0,08 s dan didapatkan pula *range safety factor* minimum selama pengujian berada di antara 1,0587- 2,9639.



Gambar 4.24 Hasil Simulasi *Dynamic Torsional* dengan Kecepatan 20 km/jam

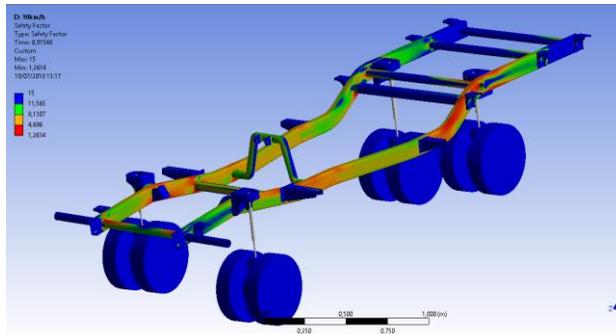


Gambar 4.25 Komponen yang memiliki *safety factor* terkecil

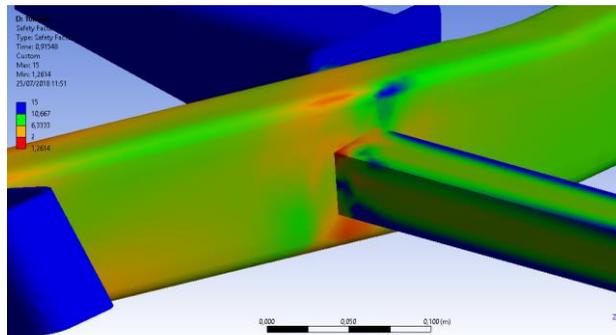


Gambar 4.26 Grafik *safety factor* minimum yang terjadi pada Simulasi *Dynamic Torsional* dengan Kecepatan 20 km/jam

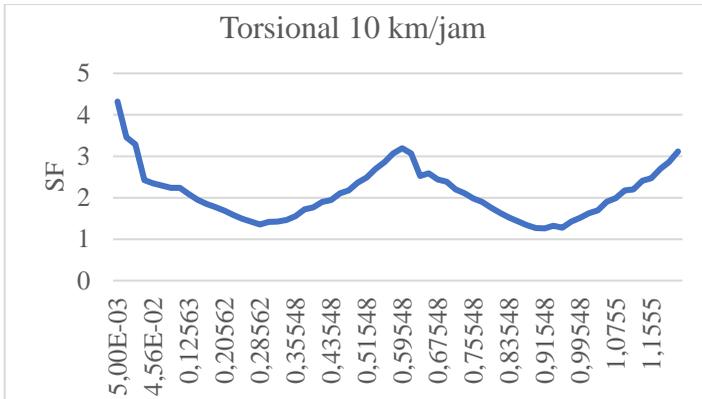
Dapat dilihat dari gambar 4.24 Hasil Simulasi *Dynamic Normal* dengan Kecepatan 20 km/jam, gambar tersebut merupakan ilustrasi besar dari *safety factor*. Pada gambar 4.24 terlihat bahwa mayoritas besar *safety factor* berwarna jingga yang memiliki nilai 8,1084 – 4,6626. Selain itu, terdapat sebagian elemen berwarna hijau yang memiliki nilai 11,554 – 8,1084, dan elemen berwarna merah yang memiliki nilai 4,6626 – 1,2167. Pada gambar 4.25 didapatkan bahwa hasil minimum ini didapat pada bagian bagian *Cross Member U 2.NE1-1*. Pada gambar 4.26 didapatkan bahwa *safety factor* minimum sebesar 1,2167 pada waktu 0,4475 s dan didapatkan pula *range safety factor* minimum selama pengujian berada di antara 1,2167- 3,5331.



Gambar 4.27 Hasil Simulasi *Dynamic Torsional* dengan Kecepatan 10 km/jam



Gambar 4.28 Komponen yang memiliki *safety factor* terkecil



Gambar 4.29 Grafik *safety factor* minimum yang terjadi pada Simulasi *Dynamic Torsional* dengan Kecepatan 10 km/jam

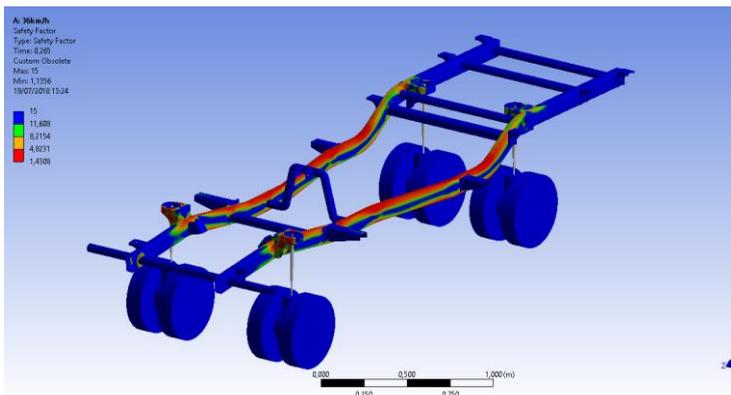
Dapat dilihat dari gambar 4.27 Hasil Simulasi *Dynamic Normal* dengan Kecepatan 10 km/jam, gambar tersebut merupakan ilustrasi besar dari *safety factor*. Pada gambar 4.27 terlihat bahwa mayoritas besar *safety factor* berwarna biru tua yang memiliki nilai 15. Selain itu, terdapat sebagian elemen berwarna hijau yang memiliki nilai 11,565 – 8,1307 , elemen berwarna jingga yang memiliki nilai 8,1307 – 4,696 dan elemen berwarna merah yang memiliki nilai 4,696 – 1,2614. Pada gambar 4.28 didapatkan bahwa hasil minimum ini didapat pada bagian bagian *Cross Member U 2.NE1-1*. Pada gambar 4.29 didapatkan bahwa *safety factor* minimum sebesar 1,2614 pada waktu 0,91548s dan didapatkan pula *range safety factor* minimum selama pengujian berada di antara 1,2614 – 4,3205.

Dari ketiga hasil simulasi *dynamic torsional* pada kendaraan multiguna pedesaan, grafik *safety factor* minimum yang dihasilkan memiliki pola yang sama. Semakin tinggi kecepatan yang diberikan, maka semakin kecil nilai *safety factor* minimum yang dihasilkan. Hal ini terbukti dari nilai maksimal dan minimal dari tiap variasi dimana variasi kecepatan sebesar 36 km.jam adalah yang terkecil dan variasi kecepatan sebesar 10 km/jam adalah yang terbesar. Nilai *safety factor* yang berubah-ubah

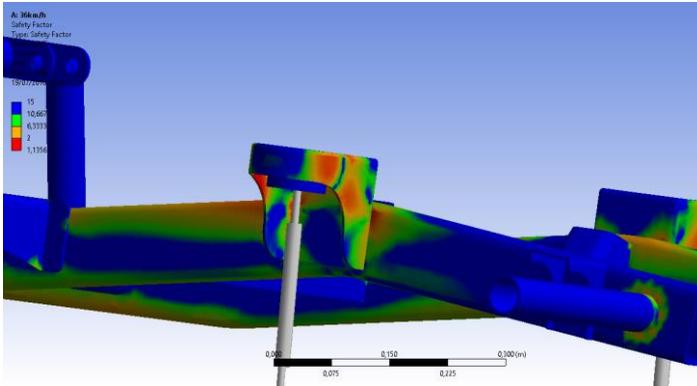
dipengaruhi oleh kecepatan kendaraan dan besarnya *displacement* yang sedang terjadi. Semakin cepat kendaraan melaju pada *speed bump* maka nilai *safety factor* minimum akan semakin mengecil yang menjadikan *chassis* kendaraan tersebut tidak aman. Semakin tinggi *displacement* yang diberikan maka nilai *safety factor* minimum akan semakin mengecil juga. Dari hasil simulasi *dynamic* pada kecepatan kendaraan sebesar 36 km/jam, didapatkan bahwa *chassis* kendaraan tidak aman dikarenakan nilai *safety factor* minimum yang didapat adalah 1,0587. Dimana apabila komponen yang memiliki *safety factor* diatas 1, maka komponen tersebut belum terdeformasi plastis yang artinya dapat kembali ke bentuk semula setelah menerima tegangan tersebut.

4.6.2 Hasil Simulasi *Dynamic* dengan Variasi Konfigurasi *Speed Bump Normal*

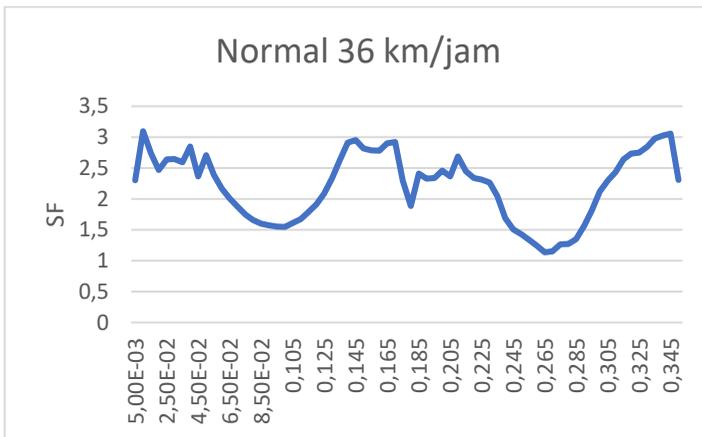
Pada variasi konfigurasi *speed bump* normal terdapat 3 hasil dengan variasi kecepatan kendaraan sebesar 10 , 20 dan 36 km/jam. Hasil ilustrasi *safety factor* pada setiap variasi dapat dilihat pada gambar yang ada dibawah ini :



Gambar 4.30 Hasil Simulasi *Dynamic* Normal dengan Kecepatan 36 km/jam



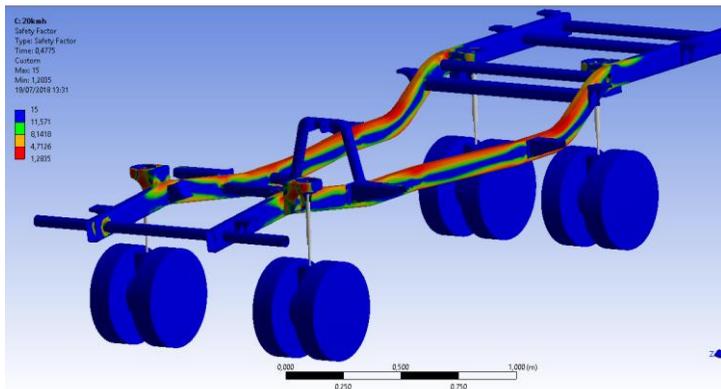
Gambar 4.31 Komponen yang memiliki *safety factor* terkecil



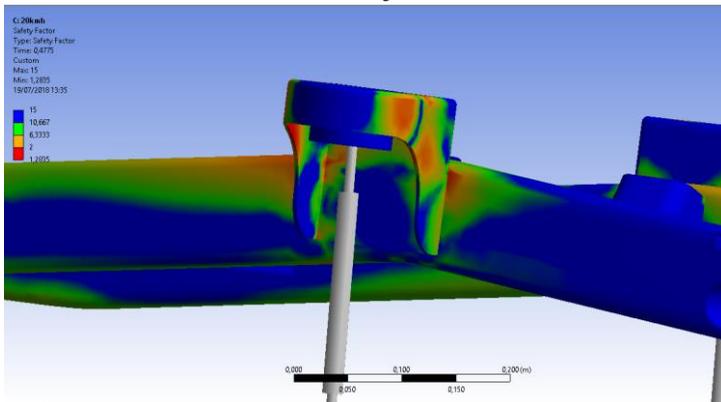
Gambar 4.32 Grafik *safety factor* minimum yang terjadi pada Simulasi *Dynamic Normal* dengan Kecepatan 36 km/jam

Dapat dilihat dari gambar 4.30 Hasil Simulasi *Dynamic Normal* dengan Kecepatan 36 km/jam, gambar tersebut merupakan ilustrasi besar dari *safety factor*. Pada gambar 4.30 terlihat bahwa mayoritas besar *safety factor* berwarna biru tua yang memiliki nilai 15. Selain itu, terdapat sebagian elemen berwarna hijau yang memiliki nilai 11,534 – 8,0678, elemen berwarna jingga yang

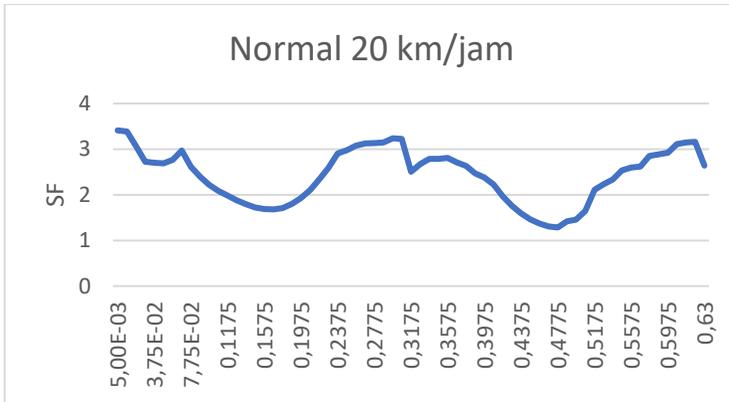
memiliki nilai 8,0678 – 4,6017 dan elemen berwarna merah yang memiliki nilai 4,6017 – 1,1356. Pada gambar 4.31 didapatkan bahwa hasil minimum ini didapat pada bagian *Bracket Coil* dan kedua *frame* kanan dan kiri. Pada gambar 4.32 didapatkan bahwa *safety factor* minimum sebesar 1,1356 pada waktu 0,265 s dan didapatkan pula *range safety factor* minimum selama pengujian berada di antara 1,1356- 3,0959.



Gambar 4.33 Hasil Simulasi *Dynamic Normal* dengan Kecepatan 20 km/jam

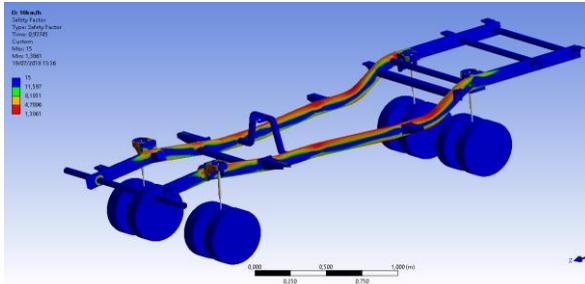


Gambar 4.34 Komponen yang memiliki *safety factor* terkecil

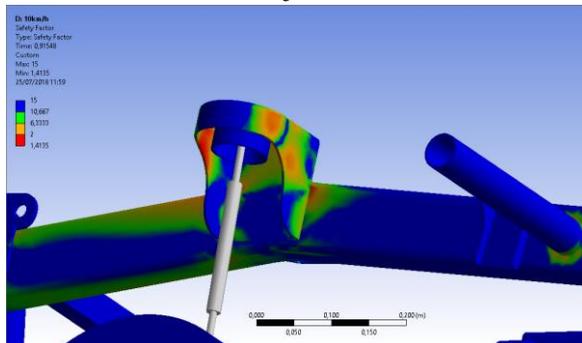


Gambar 4.35 Grafik *safety factor* minimum yang terjadi pada Simulasi *Dynamic Normal* dengan Kecepatan 20 km/jam

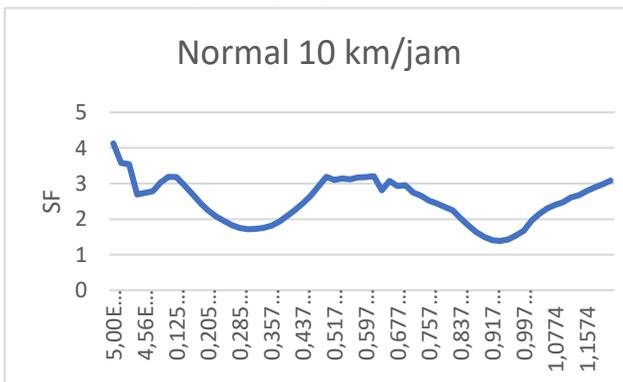
Dapat dilihat dari gambar 4.33 Hasil Simulasi *Dynamic Normal* dengan Kecepatan 20 km/jam, gambar tersebut merupakan ilustrasi besar dari *safety factor*. Pada gambar 4.33 terlihat bahwa mayoritas besar *safety factor* berwarna biru tua yang memiliki nilai 15. Selain itu, terdapat sebagian elemen berwarna hijau yang memiliki nilai 11,571 – 8,1418, elemen berwarna jingga yang memiliki nilai 8,1418 – 4,7126 dan elemen berwarna merah yang memiliki nilai 4,7126 – 1,2835. Pada gambar 4.34 didapatkan bahwa hasil minimum ini didapat pada bagian *Bracket Coil* dan kedua *frame* kanan dan kiri. Pada gambar 4.35 didapatkan bahwa *safety factor* minimum sebesar 1,2835 pada waktu 0,4775 s dan didapatkan pula *range safety factor* minimum selama pengujian berada di antara 1,2835- 3,4115.



Gambar 4.36 Hasil Simulasi *Dynamic Normal* dengan Kecepatan 10 km/jam



Gambar 4.37 Komponen yang memiliki *safety factor* terkecil



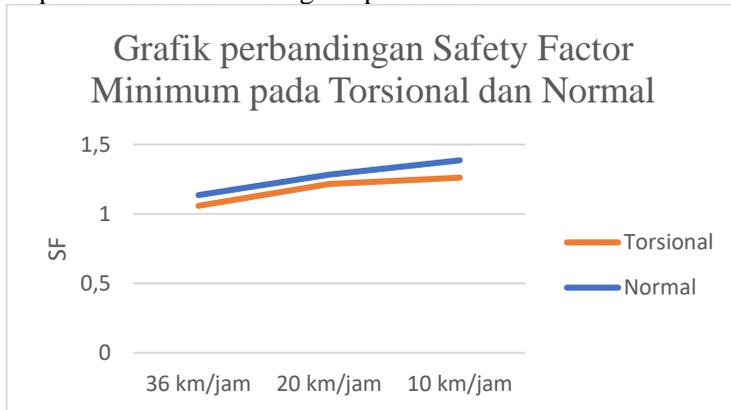
Gambar 4.38 Grafik *safety factor* minimum yang terjadi pada Simulasi *Dynamic Normal* dengan Kecepatan 10 km/jam

Dapat dilihat dari gambar 4.36 Hasil Simulasi *Dynamic Normal* dengan Kecepatan 36 km/jam, gambar tersebut merupakan ilustrasi besar dari *safety factor*. Pada gambar 4.36 terlihat bahwa mayoritas besar *safety factor* berwarna biru tua yang memiliki nilai 15. Selain itu, terdapat sebagian elemen berwarna hijau yang memiliki nilai 11,597 – 8,1931, elemen berwarna jingga yang memiliki nilai 8,1931 – 4,7896 dan elemen berwarna merah yang memiliki nilai 4,7996 – 1,3861. Pada gambar 4.37 didapatkan bahwa hasil minimum ini didapat pada bagian *Bracket Coil* dan kedua *frame* kanan dan kiri. Pada gambar 4.38 didapatkan bahwa *safety factor* minimum sebesar 1,3861 pada waktu 0,93745 s dan didapatkan pula *range safety factor* minimum selama pengujian berada di antara 1,3861- 4,1281.

Dari ketiga hasil simulasi *dynamic normal* pada kendaraan multiguna pedesaan, grafik *safety factor* minimum yang dihasilkan memiliki pola yang sama. Semakin tinggi kecepatan yang diberikan, maka semakin kecil nilai *safety factor* minimum yang dihasilkan. Hal ini terbukti dari nilai maksimal dan minimal dari tiap variasi dimana variasi kecepatan sebesar 36 km.jam adalah yang terkecil dan variasi kecepatan sebesar 10 km/jam adalah yang terbesar. Nilai *safety factor* yang berubah-ubah dipengaruhi oleh kecepatan kendaraan dan besarnya *displacement* yang sedang terjadi. Semakin cepat kendaraan melaju pada *speed bump* maka nilai *safety factor* minimum akan semakin mengecil yang menjadikan *chassis* kendaraan tersebut tidak aman. Semakin tinggi *displacement* yang diberikan maka nilai *safety factor* minimum akan semakin mengecil juga. Dari hasil simulasi *dynamic* pada kecepatan kendaraan sebesar 36 km/jam, didapatkan bahwa *chassis* kendaraan masih aman dikarenakan nilai *safety factor* minimum yang didapat adalah 1, 1356. Dimana apabila komponen yang memiliki *safety factor* diatas 1, maka komponen tersebut belum mengalami deformasi plastis yang artinya komponen tersebut dapat kembali ke bentuk semula setelah menerima tegangan tersebut.

4.7 Analisis Pengaruh Konfigurasi *Speed Bump* dan Kecepatan Kendaraan

Setelah mendapatkan hasil dari simulasi *dynamic*, dilakukan analisis pengaruh konfigurasi *speed bump* dengan membandingkan nilai *safety factor* minimum pada tiap variasi kecepatan kendaraan multiguna pedesaan.



Gambar 4.39 Grafik perbandingan *Safety Factor* Minimum pada Torsional dan Normal

Dapat dilihat dari gambar 4.39 di atas, pada konfigurasi torsional dengan kecepatan 36 km/jam memiliki nilai *safety factor* minimum yang paling rendah dengan nilai sebesar 1,0587, kemudian diikuti dengan kecepatan 20 km/jam dengan nilai *safety factor* sebesar 1,2167 dan kecepatan 10km/jam dengan nilai *safety factor* sebesar 1,2614. Selanjutnya pada konfigurasi Normal dengan kecepatan 36 km/jam memiliki nilai *safety factor* minimum yang paling rendah dengan nilai sebesar 1,1356, kemudian diikuti dengan kecepatan 20 km/jam dengan nilai *safety factor* sebesar 1,2835 dan kecepatan 10km/jam dengan nilai *safety factor* sebesar 1,3861. Pada grafik diatas dapat dilihat bahwa nilai dari *safety factor* pada konfigurasi torsional memiliki nilai yang lebih rendah dibandingkan dengan nilai *safety factor* pada konfigurasi normal. Hal ini dapat terjadi karena pada konfigurasi torsional *chassis*

kendaraan multiguna pedesaan mengalami pembebanan seperti momen puntir, dimana secara teori pembebanan tersebut memiliki nilai tegangan yang lebih besar pula.

4.8 Perbandingan antara Hasil Simulasi *Static* dan *Dynamic*.

Setelah dilakukan simulasi ketiga, hasil dari simulasi tersebut dapat dimasukkan ke dalam tabel 4.3 sebagai berikut :

Tabel 4.3 Hasil Simulasi *Static* dan *Dynamic* Ketiga

No.	Simulasi	Konfigurasi	Kecepatan (km/jam)	<i>Safety Factor</i> Minimum
1.	<i>Dynamic</i>	Torsional	10	1,2614
2.			20	1,2167
3.			36	1,0587
4.		Normal	10	1,3861
5.			20	1,2835
6.			36	1,1356
7.	<i>Static</i>	-	-	4,1372

Dengan demikian nilai dari *dynamic factor* dapat dihitung, karena pada setiap hasil simulasi telah menunjukkan nilai *safety factor* yang sudah melebihi dari 1. Sehingga nilai dari *dynamic factor* dari setiap variasi dapat ditampilkan dalam tabel 4.4 berikut ini :

Tabel 4.4 Hasil Perhitungan *Dynamic Factor*

No.	Simulasi	Konfigurasi	Kecepatan (km/jam)	<i>Dynamic Factor</i>
1.	<i>Dynamic</i>	Torsional	10	3,279848
2.			20	3,400345
3.			36	3,907811
4.		Normal	10	2,984777
5.			20	3,223374
6.			36	3,643184

Berdasarkan table 4.4, nilai *dynamic factor* paling besar didapatkan dari pengujian *dynamic* torsional dengan kecepatan 36 km/jam sebesar 3,907811. Diikuti oleh pengujian *dynamic* normal dengan kecepatan 36 km/jam sebesar 3,643184, hingga yang terkecil didapatkan dari pengujian *dynamic* normal dengan kecepatan 10 km/jam sebesar 2,984777.

4.9 Verifikasi dengan Penelitian Terdahulu

Verifikasi ini bertujuan untuk membandingkan hasil yang didapat pada penelitian ini dengan penelitian sebelumnya. Verifikasi ini dilakukan pada pengujian *static*. Dapat dilihat pada tabel 4.5 merupakan hasil penelitian yang dilakukan oleh Novian [2] *chassis* mobil harapan. Skenario yang digunakan adalah pembebanan dilakukan dengan memberikan 2 gaya berupa beban dari penumpang sebesar 120 kg dan beban mesin sebesar 70 kg.

Tabel 4.5 Hasil Simulasi *Static* dan *Dynamic* Ketiga

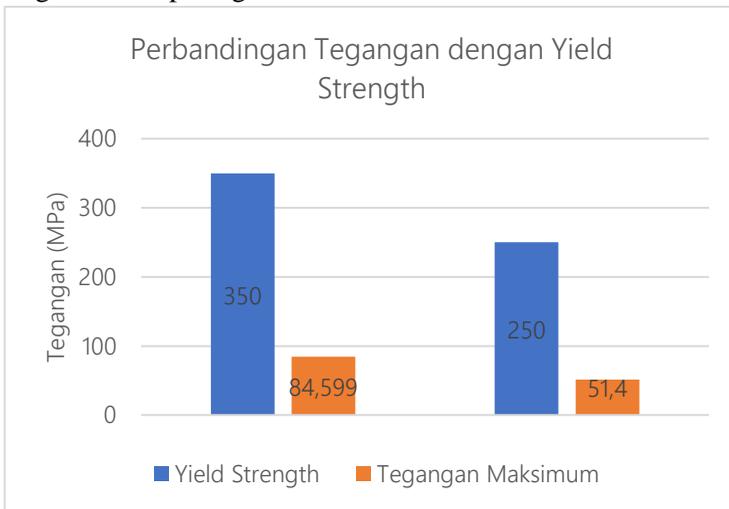
Tegangan Maksimum	Yield Strength Material
51,4 MPa	250 MPa

Dan tabel 4.6 berikut ini merupakan hasil simulasi penelitian ini dengan *chassis* kendaraan multiguna pedesaan, menggunakan skenario pembebanan berupa *remote force* yang berasal dari titik berat kendaraan menuju tumpuan – tumpuan sebesar 10.821 N.

Tabel 4.6 Hasil Simulasi *Static* dan *Dynamic* Ketiga

Tegangan Maksimum	Yield Strength Material
84,6 MPa	350 MPa

Sehingga dari kedua tabel diatas diperoleh grafik perbandingan tegangan yang ditimbulkan oleh pembebanan sebagai berikut pada gambar 4.40.



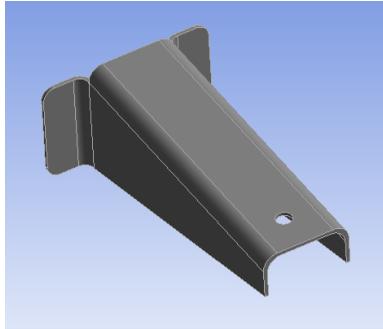
Gambar 4.40 Perbandingan tegangan dengan *yield strength* antara penelitian terdahulu dengan penelitian ini.

Dapat dilihat pada gambar 4.37 dimana tegangan yang diperoleh pada pengujian Novian sebesar 51.4 MPa dengan *yield strength material* sebesar 250 MPa . Dari data tersebut, perbandingan antara tegangan maksimum dengan *yield strength* diperoleh nilai *safety factor* sebesar 4,86. Sedangkan untuk tegangan yang diperoleh pada penelitian ini sebesar 84,599 MPa dengan *yield strength material* sebesar 350 MPa. Dari data tersebut, perbandingan antara tegangan maksimum dengan *yield strength* diperoleh nilai *safety factor* sebesar 4,1372.

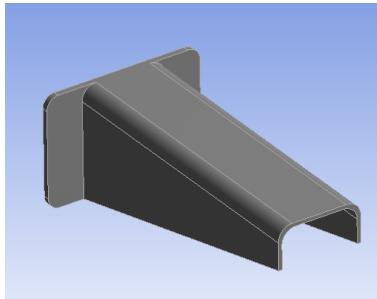
Perbedaan tegangan dari kedua model diakibatkan oleh material yang digunakan berbeda dan model pembebanan yang dilakukan juga berbeda. Dengan perbedaan material dan perbedaan pembebanan maka dihasilkan tegangan maksimum yang berbeda pula. Tegangan yang yang dihasilkan dari pengujian Novian relative lebih kecil dikarenakan pembebanan yang dilakukan kurang merepresentasikan keadaan nyata. Sedangkan pada penelitian ini cukup merepresentasikan keadaan nyata karena pembebanan yang dilakukan melibatkan seluruh berat dari kendaraan.

4.10 Analisis dan Pembahasan Modifikasi Chassis kendaraan Multiguna Pedesaan

Pengujian ini dilakukan sebanyak 3 kali dikarenakan adanya komponen – komponen yang didapati masih belum aman. Pada pengujian pertama didapati komponen *bracket cabin* seperti terlihat pada gambar 4.41 (a), masih belum aman dikarenakan nilai *safety factor* yang didapat sebesar 0,88498 yang didapat pada pengujian *dynamic torsional* berkecepatan 36 km/jam. Kemudian dilakukanlah modifikasi berupa penggantian jenis sambungan seperti terlihat pada gambar 4.41 (b) .



(a)

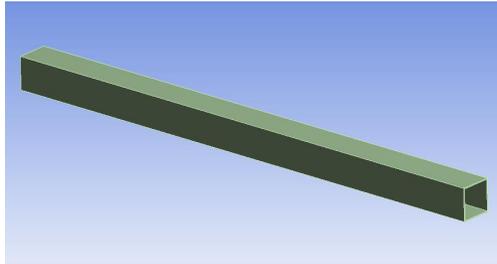


(b)

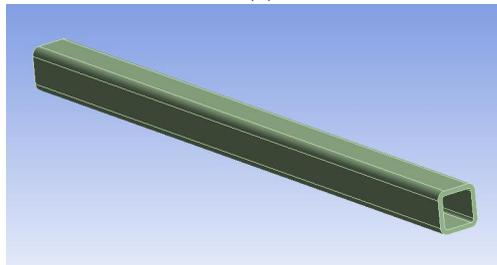
Gambar 4. 41 (a) *Bracket Cabin* sebelum dimodifikasi. (b) *Bracket Cabin* yang telah dimodifikasi

Pada pengujian kedua yang telah menggunakan *bracket cabin* yang telah dimodifikasi, didapati *bracket cabin* tersebut menjadi aman. Namun didapati bahwa adanya komponen lain yang belum aman, yaitu komponen *cross member U 2.NE1-3* seperti terlihat pada gambar 4.42 (a) dengan nilai *safety factor* sebesar 0,91535 yang didapat pada pengujian *dynamic torsional* berkecepatan 36 km/jam. Selanjutnya dilakukan modifikasi berupa penebalan batang *hollow* yang semula 1,5 mm menjadi 6 mm dan

pemberian *chamfering* agar tidak terjadi penetrasi berlebih pada *frame* kanan dan kiri seperti terlihat pada gambar 4.42 (b).



(a)



(b)

Gambar 4. 42 (a) *Cross Member U 2. NE1-3* sebelum dimodifikasi. (b) *Cross Member U 2. NE1-3* setelah dimodifikasi.

Setelah dilakukan modifikasi, dilakukanlah pengujian ketiga dengan hasil yang menyatakan bahwa seluruh komponen sudah aman. Dikarenakan seluruh komponen sudah memiliki nilai *safety factor* yang sudah melebihi 1. Nilai *safety factor* terkecil yang dihasilkan adalah 1,0587 yang terdapat pada komponen *Cross Member U 2. NE1-1*. Setelah menemukan bahwa seluruh komponen aman, perhitungan *dynamic factor* dapat dilakukan,

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari penelitian yang telah dilakukan, dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa untuk pengujian *dynamic*, *chassis* kendaraan multiguna pedesaan Merapi masih tidak aman karena terdapat komponen – komponen yang memiliki nilai *safety factor* dari hasil pengujian masih kurang dari 1.
2. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, setelah dilakukan beberapa modifikasi pada komponen – komponen, *chassis* kendaraan multiguna pedesaan dapat disimpulkan masih aman karena seluruh komponen yang memiliki nilai *safety factor* dari hasil pengujian sudah lebih dari 1.
3. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, semakin besar kecepatan kendaraan dalam pengujian *dynamic* semakin kecil nilai dari *safety factor*-nya baik konfigurasi torsional maupun normal.
4. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, nilai *dynamic factor* paling besar didapatkan dari pengujian *dynamic* torsional dengan kecepatan 36 km/jam sebesar 3,907811. Diikuti oleh pengujian *dynamic* normal dengan kecepatan 36 km/jam sebesar 3,643184, pengujian *dynamic* torsional dengan kecepatan 20 km/jam sebesar 3,400345, pengujian *dynamic* torsional dengan kecepatan 10 km/jam sebesar 3,279848, pengujian *dynamic* normal dengan kecepatan 20 km/jam sebesar 3,223374, dari pengujian *dynamic* normal dengan kecepatan 10 km/jam sebesar 2,984777.

5.2 Saran

Hasil simulasi ini merupakan sarana pendukung dalam pengembangan teknologi *chassis* kendaraan lainnya sebagai salah satu alternative dalam melakukan pengujian *dynamic* dengan hanya membandingkan pengujian *static* dengan *dynamic factor* yang telah didapat. Adapun beberapa saran dari hasil penelitian ini yaitu:

1. Perlu dilakukan penelitian mengenai penambahan siklus *speed bump* yang lebih dari 1 siklus.
2. Perlu dilakukan penelitian dengan melibatkan *bouncing* dari roda kendaraan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Sutantra, I. N., 2009. Teknologi Otomotif Teori dan Aplikasinya edisi Revisi. Guna Widya, Surabaya.
- [2] Merapi, 2018. *Cabin Assy*, [pdf]. (Diakses pada April 2018)
- [3] Novian, M. S., 2013. Perancangan Sasis Mobil Harapan Dan Analisis Simulasi Pembebanan Statik Menggunakan Perangkat Lunak Ansys 14.0. Sekolah Tinggi Teknik Harapan, Medan.
- [4] Suroso, G. D., 2012. Simulasi Pengujian *Fatigue* pada *Chassis* Mobil Formula Sapuangin Speed. Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.
- [5] Arifin, M. N., 2017. Analisis Collision Pada Kendaraan Multiguna Pedesaan Menggunakan *Software Virtual Performance Solution*. Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.
- [6] Akhmad, F., 2015. Sistem Suspensi Pada Kendaraan. Tersedia dalam <URL : <http://faisalakhmad.blogs.uny.ac.id/2015/09/18/sistem-suspensi-pada-kendaraan> > (Diakses pada april 2018)
- [7] Suprayogi, B. E., 2015. Perancangan Ulang dan Analisa Sistem Perancangan Mobil Multiguna Pedesaan dengan Standar Kenyamanan Iso 2631. Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.
- [8] Moaveni, Saeed., 1999. *Finite Element Analysis (Theory and Application with ANSYS)*. Prentice Hall, Inc, Upper Saddle River, New Jersey.
- [9] Pramono, A. S., 2018. *Strain-Displacement*, [doc]. (diakses pada April 2018)

Halaman ini sengaja dikosongkan

BIODATA PENULIS



Fathu Prasetyo merupakan nama lengkap dari penulis tugas akhir ini, yang akrab dipanggil Fathu. Penulis dilahirkan di Jakarta, 17 Mei 1996. Penulis telah menempuh Pendidikan formal yaitu di TK Fajar Islami Tangerang, SD Negeri Karawaci Baru 2 Kota Tangerang, SMP Negeri 9 Kota Tangerang dan SMA Negeri 1 Kota Tangerang. Selama masa kuliah penulis pernah menjadi pengurus Lembaga Bengkel Mahasiswa Mesin mulai dari tahun 2015 hingga 2018. Penulis menjadi staff divisi Organisasi LBMM 2015/2016, 2017/2018 dan Kabiro Organisasi divisi Organisasi LBMM 2016/2017. Penulis juga pernah menjadi anggota sie. Dana dan Koordinator PANWIL JAKARTA Mechanic's Skill Competition 2016. Penulis juga aktif menjadi pemateri di Kursus Dasar – Dasar Otomotif 2017.