

ANALISIS *FRONT CRASH IMPACT* DESAIN RANGKA MOBIL LISTRIK JENIS *SPACEFRAME* UNTUK KENDARAAN KOMPETISI

Muh Nurkoyim Kustanto*, Agus Triono, Auwaludin Chadafid,
Intan Hardiatama dan Robertoes Koekoeh Koentjoro

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Jember
Jl. Kalimantan No. 37, Kampus Tegalboto, Jember 68121.
Email: kustanto1969@gmail.com

Abstrak

Pemodelan sasis kendaraan dilakukan untuk mengetahui reaksi desain sasis tim mobil listrik saat ini kemudian digunakan sebagai analisa sasis *spaceframe* yakni desain sasis 1 dengan posisi pusat gravitasi (CG) yang rendah dan desain sasis 2 dengan posisi bagian bawah sasis kendaraan yang datar. Tujuan pada penelitian ini adalah menggunakan pemodelan *finite element method* (FEM) untuk simulasi mobil listrik. Simulasi dilakukan pada rangka mobil listrik dengan jenis *spaceframe* (rangka ruang) pada saat tabrakan dari depan. Hasil pemodelan FEM digunakan sebagai analisa dan perbandingan performa sasis berdasarkan pada nilai reaksi tegangan, deformasi, *safety factor* dan reduksi massa. Berdasar desain setiap sasis menunjukkan karakteristik desain sasis 1 memiliki nilai terbaik. Desain sasis 1 menghasilkan reduksi massa 20 Kg, deformasi total 3,99 mm dan *front crash impact* menghasilkan *safety factor* sebesar 1,469 dengan kondisi tabrakan dari arah depan pada kecepatan 70 Km/h dan waktu tabrakan 0,2s. Kesimpulan dari hasil penelitian struktur sasis 1 dengan posisi pusat gravitasi yang lebih rendah menunjukkan kondisi karakteristik performa sasis yang lebih dibandingkan dua yang lain.

Kata kunci: *chassis, front crash impact, spaceframe, FEM.*

PENDAHULUAN

Kendaraan merupakan kebutuhan penting dalam sistem transportasi yang menunjang banyak lini kegiatan. Teknologi kendaraan yang ramah lingkungan dan efisien terus dikembangkan untuk memenuhi kebutuhan mobilitas. Perkembangan teknologi kendaraan saat ini telah berkembang dengan pesat, terutama kendaraan dengan energi ramah lingkungan seperti mobil listrik. Dalam segi energi, mobil listrik lebih menguntungkan dengan kisaran efisiensi sebesar 90% (Liang, dkk, 2017).

Dengan sumber energi yang berkelanjutan, kendaraan listrik telah digunakan untuk mobil komersial maupun untuk kompetisi. Dalam ajang kompetisi mobil listrik yang terdiri dari mahasiswa, setiap perwakilan dari perguruan tinggi diasumsikan sebagai perusahaan fiktif yang merancang dan membangun prototipe mobil sesuai kompetisi. Kendaraan yang dirancang mempertimbangkan aspek dari kinerja kompetisi dalam hal penjurian dan penilaian (Prastyo, Syafa'at dan Dzulfikar, 2020).

Sasis merupakan salah satu komponen terpenting dari kendaraan, struktur yang menopang seluruh komponen terpasang dan semua gaya yang bekerja pada mobil akan ditransmisikan pada sasis, baik secara langsung maupun tidak langsung ke dalamnya (Tyagi, 2016). Diantara berbagai jenis sasis, jenis *spaceframe* atau sasis ruang dipilih sebagai jenis sasis yang akan diteliti. *Spaceframe chassis* memiliki kekuatan luluh yang sangat bagus terutama pada sifat kekakuan torsional, ketahanan beban berat dan beban impak (Keith, 2009).

Dalam merancang kendaraan yang tidak kalah penting dari pencapaian struktur sasis yang rigid dan memiliki ketahanan tinggi terhadap kecelakaan yakni kestabilan dari kendaraan harus dicapai. Untuk mencapai stabilitas yang maksimum, bagian roda harus diletakkan pada ekstrimitas kendaraan dan pusat gravitasi harus dijaga serendah mungkin posisinya (Larminie dan Lowrie, 2003). Pengemudi dan baterai adalah bagian yang memiliki massa lebih besar dibandingkan dengan bagian lain

dalam kendaraan untuk kompetisi ini. Untuk mencapai stabilitas kendaraan salah satunya dengan memperhatikan desain kendaraan untuk dapat mencapai pusat gravitasi serendah mungkin.

Uraian diatas yang melatarbelakangi penulis dalam penelitian ini. Penelitian “Analisis Front Crash Impact Desain Rangka Mobil Listrik Jenis *Spaceframe* untuk Kendaraan Kompetisi” dilakukan dengan pemodelan simulasi dengan *software FEM* berdasarkan kondisi kritis kendaraan saat tabrakan dari arah depan atau *front crash impact*. Sasis *spaceframe* yang digunakan sebagai desain mengacu pada kemampuan membentuk susunan struktur triangulasi yang baik. Karakteristik performa sasis kendaraan berdasarkan pada nilai *equivalent von-mises*, *safety factor*, *total deformation*, posisi kritis sasis dan reduksi massa sasis yang dihasilkan dalam penelitian.

METODE PENELITIAN

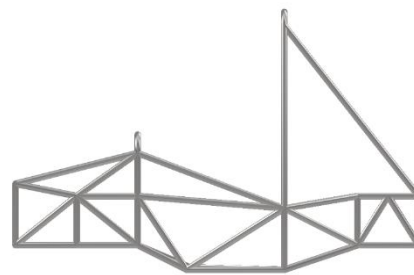
Baja ST 37 merupakan baja karbon sedang yang digunakan dalam pemodelan ini. Baja jenis ini setara dengan baja AISI 1045, dengan komposisi kimia C 0,5%, Mn 0,8%, Si 0,3% ditambah paduan lainnya. Tegangan ijin yang diterapkan diperoleh berdasarkan ketetapan *safety factor* yang telah ditentukan yakni sebesar 1,25. Berdasar nilai faktor keamanan yang digunakan maka nilai tegangan ijin dalam struktur sasis sebesar 424 Mpa. Baja struktur ST 37 atau baja AISI 1045 digunakan sebagai material penyusun struktur sasis dengan properti yang dimuat dalam tabel 1.

Tabel 1. Material properti baja ST 37

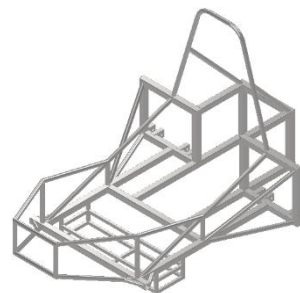
<i>Properties</i>	<i>Nilai</i>
Densitas	7,85 g/cc
<i>Hardness, Brinell</i>	179
<i>Tensile Strength, Ultimate</i>	625 MPa
<i>Tensile Strength, Yield</i>	530 MPa
<i>Modulus of Elasticity</i>	206 GPa
<i>Bulk Modulus</i>	163 GPa
<i>Poisson Ratio</i>	0,29
<i>Shear Modulus</i>	80 GPa

Desain sasis 1 memiliki struktur dengan posisi pengemudi dan komponen lain yang lebih

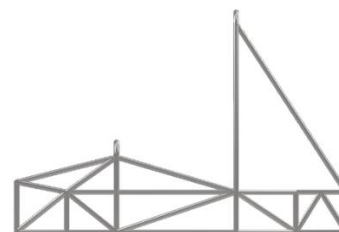
rendah (Gambar 1). Dengan memposisikan pusat massa kendaraan serendah mungkin akan berdampak pada stabilitas dan performa kendaraan yang lebih baik dalam lintasan. Desain sasis 2 memiliki struktur dengan posisi ketinggian pengemudi datar dengan komponen kendaraan (Gambar 2). Kedua desain sasis kendaraan menggunakan profil pipa dengan diameter 25,4 mm dan ketebalan 2 mm. Desain sasis tim yang digunakan saat ini menggunakan profil *tubular square* ketebalan 2 mm pada struktur utama dan profil pipa diameter 25,4 mm ketebalan 2 mm pada struktur *support* (Gambar 3).



Gambar 1. Desain struktur sasis 1



Gambar 2. Desain struktur sasis 2



Gambar 3. Desain struktur sasis tim

Kondisi Batas (*Boundary Conditions*)

Selama berkompetisi, kendaraan memiliki kemungkinan akan terjadinya

kecelakaan yang tidak diinginkan. Salah satunya yakni tabrakan atau *crash*. Pada kategori yang diperlombakan dalam kompetisi, kemungkinan terjadinya tabrakan ini salah satunya berupa tabrakan dari arah depan atau *front crash impact*. Analisis tumbukan ini dapat disederhanakan dengan analisis statis menggunakan hubungan dari gaya yang bekerja pada waktu yang singkat dan perubahan momentum dari kendaraan (Sood dan Singh, 2015).

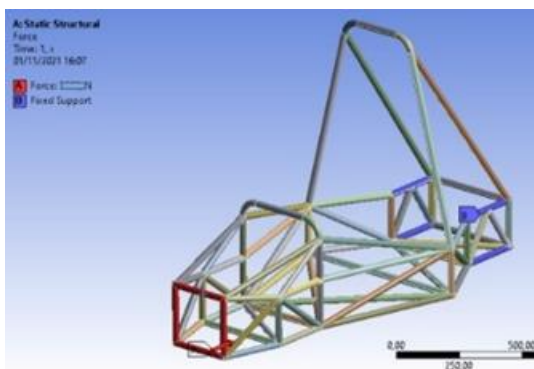
$$F = m \cdot \frac{\Delta v}{\Delta t} \tag{1}$$

Dimana:

- F = Gaya pada *Front Crash Impact* (N)
- Δt = Waktu kendaraan bertumbukan (s)
- m = Massa kendaraan beserta *driver* (Kg)
- Δv = Perubahan kecepatan (m/s)

Tabel 2. Kondisi batas pembebanan *front crash impact*

No	Boundary Condition	Loading Condition
	<i>Front</i>	
1	<i>mounting arm part</i>	X, Y, Z <i>Free</i>
2	<i>Rear mounting arm part</i>	<i>Fix Support</i> (X, Y, Z <i>Fix</i>)
3	<i>Front Chassis</i>	Posisi pembebanan pada <i>Front bulk head</i>



Gambar 4. *Front crash impact*

Pembebanan *Front Crash Impact*

Kecelakaan ini diasumsikan kendaraan sedang melaju dalam kecepatan yakni 70 Km/h dan menabrak benda diam seperti tembok pembatas atau *stationary object*. Kondisi

tabrakan dengan kecepatan tersebut diasumsikan terjadi dalam waktu 0,2 *second*. Kondisi batas termuat dalam tabel 2. Simulasi pemodelan elemen hingga (*FEM*) berdasarkan pendekatan kondisi aktual kendaraan ketika berkompetisi digunakan untuk mencari nilai pembebanan pada masing-masing kondisi. Besar pembebanan puntir setiap desain sasis kendaraan termuat dalam tabel 3. Besar Pembebanan pada pemodelan elemen hingga berdasarkan pendekatan kondisi aktual kendaraan ketika berkompetisi digunakan untuk mencari nilai pembebanan *front crash impact* setiap desain sasis kendaraan termuat dalam tabel 3.

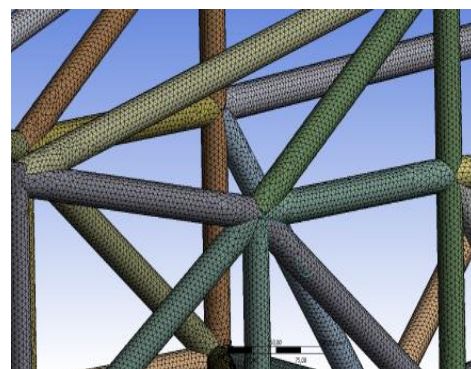
Tabel 3. Nilai pembebanan puntir dan *front crash impact*

Pemodelan	Front Crash Impact (N)
Kendaraan TIM (Nm)	18958,29
Desain Sasis 1 (Nm)	13027,75
Desain Sasis 2 (Nm)	13027,75

HASIL DAN PEMBAHASAN

Diskritisasi Pemodelan

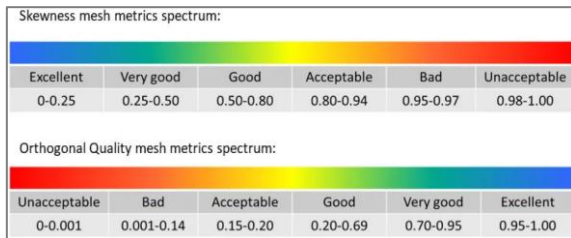
Diskritisasi domain struktur sasis menjadi elemen dalam pemodelan menggunakan *meshing* jenis *tetrahedron elements* tabel 5. Pemilihan jenis *meshing* didasarkan pada kemampuan fleksibilitas *meshing* untuk menyusun bentuk domain yang rumit seperti dalam pemodelan struktur sasis untuk mengantisipasi kesalahan diskrit (*discretization errors*) gambar 5. Rata-rata kualitas *meshing* yang dihasilkan menunjukkan hasil yang baik berdasar pada nilai parameter yang ditunjuk gambar 6.



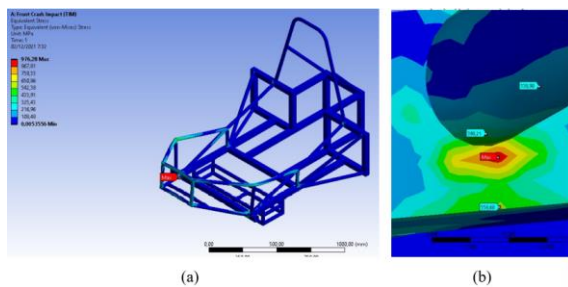
Gambar 5. *Tetrahedron element mesh*

Tabel 4. Kondisi batas pembebanan front crash impact

Chassis Model	Jumlah Node	Jumlah Elemen	Skewness	Orthogonal Quality
Sasis TIM	1.349.387	670.700	0,43936	0,56034
Sasis 1	1.160.141	576.923	0,44681	0,55247
Sasis 2	1.172.787	582.904	0,5249	0,47445

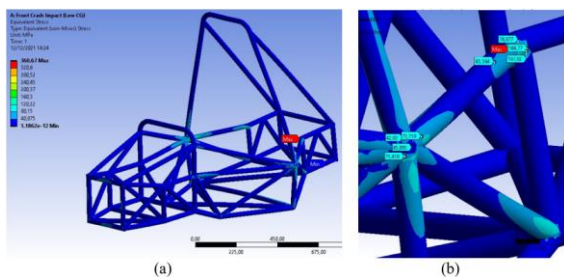


Gambar 6. Range level parameter kualitas mesh



Gambar 7. Tegangan pada sasis tim akibat front crash impact

- (a) Von-mises stress,
- (b) Detail von-mises stress.



Gambar 8. Tegangan pada sasis 1 akibat front crash impact

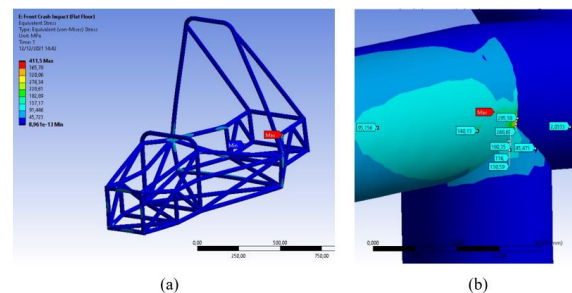
- (a) Von-mises stress,
- (b) Detail von-mises stress.

Penelitian mengenai analisis sasis mobil listrik untuk kompetisi ini bertujuan untuk

mengetahui karakteristik performa sasis berdasarkan kondisi kritis saat berkompetisi. Kondisi kritis yang diterapkan berdasarkan pendekatan saat kendaraan tabrakan dari arah depan dan mengalami front crash impact saat berkompetisi. Hasil berupa data visual dan karakteristik reaksi pembebanan pada pemodelan FEM setiap desain sasis kendaraan termuat dalam tabel 4. Perbandingan karakteristik desain struktur sasis masing-masing kendaraan dimuat dalam bentuk tabel 4 dibawah untuk mempermudah penyajian data masing-masing desain sasis.

Tabel 4. Hasil pemodelan desain sasis

Karakteristik Sasis	Satuan	Desain Tim	Desain sasis 1	Desain sasis 2
Massa Sasis	Kg	53,7	33,7	33,5
Reduksi Massa Sasis	%	-	37,24	37,62
Von-Mises Stress	MPa	976,28	360,67	411,5
Allowable Stress	MPa	424	424	424
Safety Factor (SF)	-	0,434	1,176	1,030
Total Deformation	mm	14,121	3,996	4,011



Gambar 9. Tegangan pada sasis 2 akibat front crash impact

- (a) Von-mises stress,
- (b) Detail von-mises stress.

Mengacu gambar8 dan 9 dapat dilihat nilai tegangan pada desain mobil kompetisi. Nilai safety factor yang berada pada kondisi dibawah tegangan ijin yang diterapkan dengan nilai safety factor sebesar 0,434. Desain sasis 1 dan desain sasis 2 dengan susunan triangulasi struktur yang baik memiliki nilai karakteristik performa sasis yang lebih baik dibanding desain sasis

kendaraan yang digunakan tim, memiliki nilai *safety factor* pembebanan *front crash impact* masing-masing sebesar 1,176 pada sasis 1 dan sasis 2 sebesar 1,030. Desain struktur sasis 1 dengan posisi pusat gravitasi CG yang lebih rendah menunjukkan kondisi karakteristik performa sasis yang lebih baik dibanding desain sasis tim dan sasis 2 dalam menerima pembebanan *front crash impact* dalam penelitian dengan nilai reduksi massa sebesar 20 Kg, *safety factor* sebesar 1,176 pada pembebanan *crash* sasis mengalami deformasi sebesar 3.996 mm.

PENUTUP

Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang dilaksanakan dapat diambil kesimpulan bahwa desain sasis kendaraan tim mobil listrik yang digunakan memiliki karakteristik sasis yang kurang baik saat menerima pembebanan *front crash impact*.

DAFTAR PUSTAKA

- Prastyo, B. W., Syafa'at, I. dan Dzulfikar, M. (2020) "Analisis Aerodinamika Pada Bodi Mobil Hemat Energi Lintang Samudra Menggunakan Metode Computational Fluid Dynamics," *Jurnal Ilmiah Momentum*, 16(1). doi: 10.36499/mim.v16i1.3366.
- Keith, J. Wakeham. 2009. Introduction to Chassis Design. Newfoundland and Labrador. Memorial University.
- Larminie, J., Lowrie, J. 2003. *Electric Vehicle Technology Explained*. Wiltshire: Great Britain by Antony Rowe Ltd.
- Li, Liang. Wang, Xiangyu. Song, Jian. 2017. Fuel consumption optimization for smart hybrid electric vehicle during a car-following process. *Mechanical Systems and Signal Processing*. Vol. 87, pp.17-29.
- Sood A. and Singh P. 2015. Analysis of Space Frame of formula SAE at High Speed with Ergonomic and Vibrational Factors. *International Journal of Mechanical Engineering and Technology*. Vol. 6, pp. 202-212.
- Tyagi, Apoorva. 2016. Design and Analysis of a Space Frame Tubular Chassis for a Formula Student Car. *International Journal of Innovative Research in*

Science, Engineering and Technology. Vol. 5, pp.16451-6456.