

ANALISIS TORSIONAL STIFFNESS CHASSIS UNTUK KENDARAAN LAST-MILE TRANSPORTATION MENGGUNAKAN METODE ELEMEN HINGGA

Djoeli Satrijo¹, Andreas Dwiyanto², Toni Prahasto³, Achmad Widodo⁴, Ojo Kurdi⁵

^{1,2,3,4,5}Departemen Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro
Jl. Prof Sudharto, SH, Semarang 50275. Telp. 024 7460059
Email: djoeli_satrijo@yahoo.com

Abstrak

Peningkatan jumlah aktivitas last-mile transportation akan membuat jumlah transportasi juga meningkat. Dengan meningkatnya jumlah transportasi tersebut maka secara tidak langsung akan menimbulkan berbagai masalah baru yaitu, kemacetan, polusi udara dan kesehatan. Salah satu cara mengatasi permasalahan tersebut adalah dengan menggunakan electric mini bus untuk last-mile transportation. Chassis berfungsi untuk menjadi kerangka utama kendaraan yang bekerja untuk menopang bagian kendaraan yang lainnya seperti rangka body, mesin, dan penumpang. Chassis harus cukup kaku untuk menahan kejutan, twist, getaran dan tekanan lainnya. Ada banyak faktor yang perlu dipertimbangkan saat mendesain chassis seperti, berat chassis kendaraan, pemilihan material, kekuatan, dan kekakuan. Penelitian ini menggunakan Finite Element Analysis (FEA) untuk menganalisis respons dari chassis di saat menerima berbagai macam beban Torsional yang diuji. Perancangan ini akan menghasilkan 2 bentuk chassis yang berbeda, di mana masing - masing chassis dirancang dengan material SS 400 dan aluminium 6082-T6. Meshing dilakukan dengan 2D batchmesh dengan ukuran 5 mm pada software hypermesh 2019. Hasil dari meshing memiliki 0 failure yang membuktikan jika hasil meshing sudah baik. Pembebanan akan dilakukan dengan 3 jenis Torsional load, yaitu, Torsional load depan, Torsional load belakang, dan Torsional load depan dan belakang. Dari hasil yang didapat menunjukkan model chassis 2 dengan material SS 400 memiliki kekakuan yang terbaik dibandingkan dengan model lainnya.

Kata kunci: chassis; last mile transportation; metode elemen hingga; torsional stiffness; transportation

Pendahuluan

Menurut perkiraan Perserikatan Bangsa – Bangsa (PBB), pada tahun 2050 jumlah penduduk di dunia akan mencapai angka 9,7 miliar dan akan menjadi 11 miliar pada tahun 2100 (PBB, 2019) Angka tersebut akan membuat aktivitas penduduk juga semakin tinggi sehingga, dibutuhkan sebuah fasilitas yang dapat menunjang seluruh aktivitas tersebut. Salah satu penunjang aktivitas tersebut adalah last-mile transportation. Last-mile transportation sangat dibutuhkan pada sebuah kota karena menurut perkiraan Perserikatan Bangsa – Bangsa (PBB), pada tahun 2050 68% penduduk di dunia akan tinggal di daerah perkotaan (PBB, 2018).

Last-mile transportation sering dideskripsikan dengan perpindahan orang dari pusat transportasi seperti, stasiun, terminal, dan bandara menuju tujuan akhir mereka (1). Last-mile transportation masih sering mengalami masalah seperti, kurangnya jumlah transportasi, kurangnya tempat untuk transit, dan tujuan akhir yang berbeda dari setiap orang. Hal ini akan membuat penduduk menjadi ketergantungan terhadap kendaraan pribadi yang tentunya akan menimbulkan masalah baru. Solusi tradisional untuk permasalahan ini adalah penggunaan feeder bus, penyewaan sepeda, program car sharing, pod cars, dan lainnya.

Seiring dengan meningkatnya jumlah transportasi tersebut maka secara tidak langsung akan menimbulkan berbagai masalah baru yaitu, kemacetan, polusi udara dan kesehatan (2). Oleh karena itu, penelitian terbaru menyebutkan jika kendaraan listrik merupakan solusi dalam mengatasi efisiensi transportasi yang ramah lingkungan (3).

Salah satu cara mengatasi permasalahan tersebut adalah dengan menggunakan electric mini bus untuk last-mile transportation yang memiliki jarak tempuh tidak jauh. Keuntungan dari penggunaan electric mini bus adalah ukuran yang kecil, rute yang lebih fleksibel, dapat berhenti pada suatu tempat dengan lebih mudah, ringan, bisa melewati jalan utama ataupun jalan yang lebih kecil, tidak bising, dan sebagainya (4).

Chassis berfungsi untuk menjadi kerangka utama kendaraan yang bekerja untuk menopang bagian kendaraan yang lainnya seperti rangka body, mesin, dan penumpang. Chassis harus cukup kaku untuk menahan kejutan, twist, getaran dan tekanan lainnya. Konstruksi rangka chassis itu harus ringan namun memiliki nilai kekuatan dan nilai kelenturan yang baik. Pertimbangan penting dalam desain chassis adalah memiliki kekakuan lentur yang memadai disertai kekuatan untuk karakteristik handling yang lebih baik (5), (6).

Penelitian ini menggunakan *Finite Element Analysis* (FEA) untuk menganalisis respons dari *chassis* di saat menerima beban *Torsional* sehingga, bisa didapatkan nilai *Torsional stiffness* dari *chassis*. Simulasi FEA dilakukan dengan menggunakan *software* Altair Hyperworks 2019 dan desain model *chassis* dilakukan dengan menggunakan *software* Solidwork 2017. Penelitian ini akan menghasilkan dua model *chassis* dengan masing – masing model diberikan dua material yang berbeda untuk dapat dibandingkan hasilnya dan mendapatkan model dengan material terbaik.

Bahan dan Metode Penelitian

Definisi dan klasifikasi

Secara umum *last-mile transportation* adalah istilah yang digunakan dalam manajemen rantai suplai dan perencanaan transportasi untuk menggambarkan pergerakan orang dan barang dari pusat transportasi ke tujuan akhir di rumah. Jenis kendaraan yang digunakan untuk *last-mile transportation* ini beragam tergantung dari kebutuhannya. Pada perancangan kali ini, kendaraan digunakan untuk transportasi orang sehingga digunakan kendaraan berjenis bus dengan ukuran kecil.

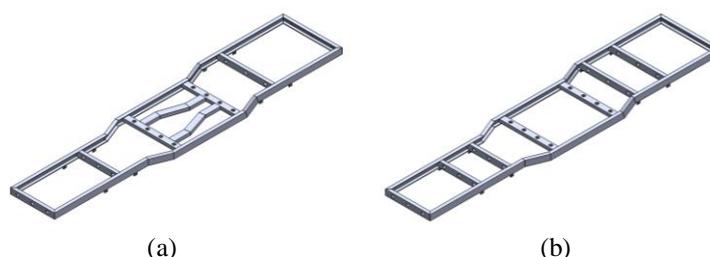
Menurut Peraturan Menteri Perhubungan Republik Indonesia Nomor 26 Tahun 2017 tentang penyelenggaraan angkutan orang dengan kendaraan bermotor umum tidak dalam trayek, mobil bus terbagi menjadi 4 kategori, seperti pada tabel 1.

Tabel 1. Klasifikasi Bus

Kategori	GVWR	Dimensi max	Contoh penggunaan
Kecil	3.500-5.000 kg	6 x 2,1 x 3,57 m	Transportasi publik, bus transit, bus bandara
Sedang	5.000 – 8.000 kg	9 x 2,1 x 3,57 m	Bus Pariwisata, Transportasi publik
Besar	8.000 – 16.000	12 x 2,5 x 4,2 m	Bus Pariwisata, Bus antar kota
Tingkat	21.000 – 24.000 kg	13,5 x 2,5 x 4,2 m	Bus pariwisata, bus antar kota

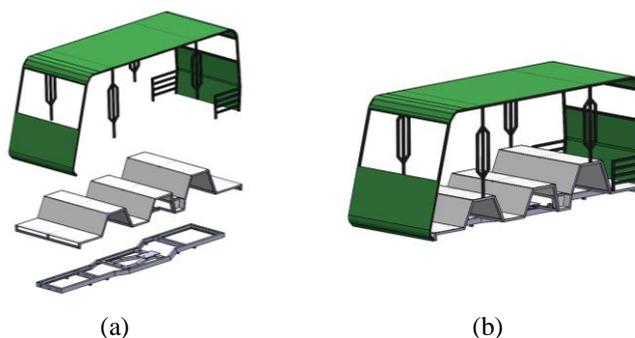
Model Chassis

Perancangan *Chassis* dilakukan dengan menggunakan *software* Solidwork 2017. Perancangan ini akan menghasilkan dua model *chassis* yang berbeda seperti pada gambar 1, di mana masing – masing *chassis* dirancang menggunakan material SS 400 dan aluminium 6082-T6 dengan *properties* pada tabel 3. Perbedaan bentuk dari dua *chassis* hanya terletak pada bagian *cross member*, untuk dimensi dan bentuk keseluruhan kendaraan akan tetap sama. *Chassis* yang dibuat memiliki dimensi 3.800 x 800 x 175 mm.



Gambar 1. Model *Chassis* (a) satu, dan (b) dua

Chassis nantinya akan menopang seluruh beban kendaraan yang berasal dari penumpang, baterai, motor listrik, dan *body* kendaraan. Ilustrasi model utuh kendaraan dapat dilihat pada gambar 2 dan spesifikasi kendaraan dapat dilihat pada tabel 2.



Gambar 2. Model kendaraan utuh (a) proses *assembly*, (b) hasil *assembly*

Tabel 2. Spesifikasi kendaraan

Spesifikasi	SS 400	Aluminium 6082-T6
Baterai	China Lead Acid Rechargeable Golf Cart Battery 8V/piece 6 pieces 145Ah	China Lead Acid Rechargeable Golf Cart Battery 8V/piece 6 pieces 145Ah
Motor	DC SepEx Motor 48V 5.3KW (XQ-5.3) (Amd)	DC SepEx Motor 48V 5.3KW (XQ-5.3) (Amd)

Kapasitas Penumpang	8 Orang	8 Orang
Bagasi	Tersedia	Tersedia
Kecepatan Maksimum	40 km/jam	40 km/jam
Panjang	4.045 mm	4.045 mm
Lebar	1.530 mm	1.530 mm
Tinggi	1.715 mm	1.715 mm
Jarak Sumbu Roda	2000 mm	2000 mm
Wheel Base depan	1.245 mm	1.245 mm
Wheel Base Belakang	1.215 mm	1.215 mm
Berat chassis + rangka Body	487,2 kg	168,33 kg

Tabel 3. Material Properties

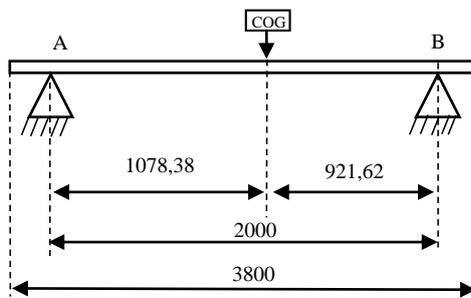
Properties	Material JIS G3101 Grade SS400	Material Aluminium Alloy EN AW-6082-T6
Densitas (ton/mm ³)	7,85 x 10 ⁻⁹	2,7 x 10 ⁻⁹
Modulus Elastisitas (MPa)	206000	70000
Shear Modulus (MPa)	79000	26000
Poisson Ratio	0,3	0,33
Tensile Strength (MPa)	510	310
Yield Strength (MPa)	245	260

Loading

Analisis beban Torsional dilakukan pada tumpuan pegas yang berasal dari gaya reaksi tumpuan pegas terhadap *vertical load* kendaraan yang diasumsikan terletak pada *center of gravity* kendaraan. Distribusi gaya dilakukan pada setiap tumpuan pegas dengan 3 kondisi Torsional *load* yang berbeda untuk setiap model *chassis*, yaitu:

- A. Distribusi Torsional *load* depan dengan tumpuan belakang di mana pembebanan dilakukan dengan memberikan 4 gaya dengan besar yang sama pada 4 tumpuan pegas bagian depan. Arah gaya pada bagian kiri dan pada bagian kanan akan diberi arah yang berlawanan.
- B. Distribusi Torsional *load* belakang dengan tumpuan depan di mana pembebanan dilakukan dengan memberikan 4 gaya dengan besar yang sama pada 4 tumpuan pegas bagian belakang. Arah gaya pada bagian kiri dan pada bagian kanan akan diberi arah yang berlawanan.
- C. Distribusi Torsional *load* depan bagian kiri dan belakang bagian kanan di mana pembebanan dilakukan dengan memberikan 4 gaya dengan besar yang sama pada 2 tumpuan pegas bagian depan kiri dan 2 tumpuan pegas bagian belakang kanan. Arah gaya pada bagian kiri dan pada bagian kanan akan diberi arah yang berlawanan.

Besar gaya reaksi tumpuan pegas terhadap *vertical load* kendaraan dapat dihitung dengan cara seperti berikut. Tabel 4 menunjukkan hasil perhitungan gaya reaksi tumpuan pegas terhadap setiap beban yang ditopang oleh *chassis*.



Beban Pada Tumpuan B

$$N_B(L_B) - COG(L_{ACOG}) = 0 \tag{1}$$

Beban Pada Tumpuan A

$$\sum F_y = 0$$

$$N_A + N_B - COG = 0 \tag{2}$$

Di mana:

F = Gaya (N)

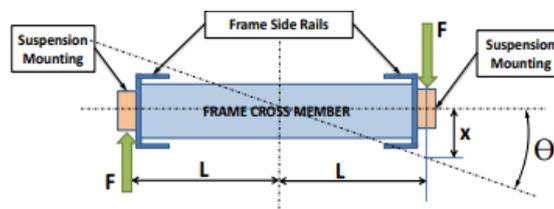
L = Panjang (m)

N = Gaya pada tumpuan (N)

Tabel 4. Gaya Reaksi

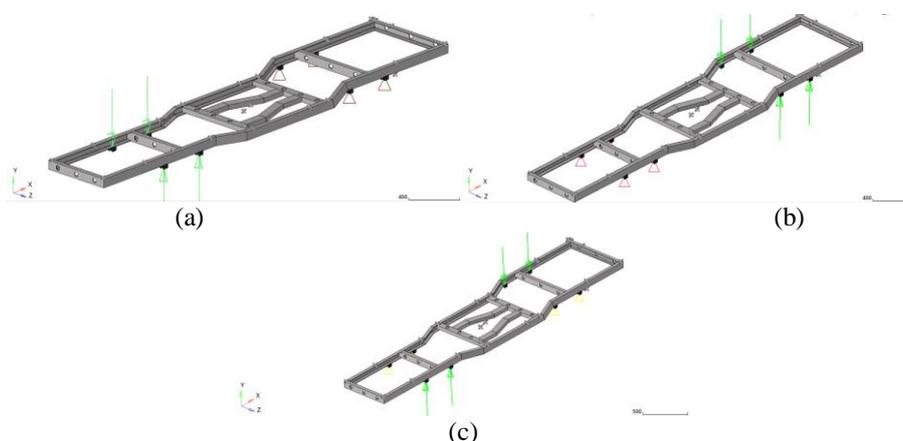
No	Nama Beban	SS400			Aluminium 6082-T6		
		Massa (kg)	Beban Tumpuan A (N)	Beban Tumpuan B (N)	Massa (kg)	Beban Tumpuan A (N)	Beban Tumpuan B (N)
1	Rangka Body	167,73			56,58		
2	Rangka Alas	163,47			58,06		
3	8 Penumpang	496	5.832,04	6.821,72	496	4.390,98	5.137,85
4	6 Baterai	180			180		
5	Bagasi	100			100		
6	Motor	28			28		
7	Chassis	156			53,69		

Pembebanan dimaksudkan untuk mendapatkan, *displacement* maksimum, sudut puntir dan nilai Torsional *stiffness* dari masing-masing model *chassis*. Detail pemodelan beban dapat dilihat pada gambar 4. Nilai Torsional *stiffness* dapat dicari dengan cara seperti berikut.



Gambar 3. Pembebanan Torsional *Stiffness Chassis* (Kawade, 2015)

$$K = \frac{T}{\theta} = \frac{F x L}{\tan^{-1}(x/L)} \tag{3}$$



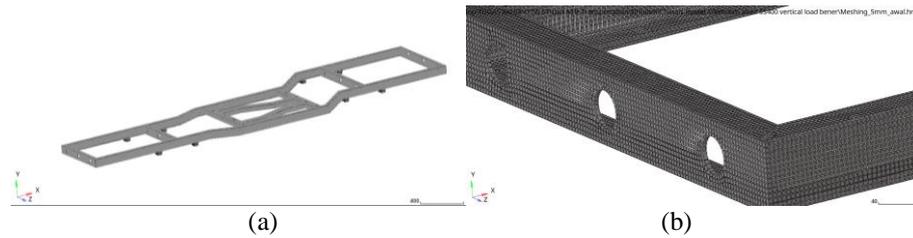
Gambar 4. Pembebanan dan *Boundary Condition* (a) Torsional *Load* Depan, (b) Torsional *Load* Belakang, (c) Torsional *Load* Depan dan Belakang

Boundary condition

Boundary condition diberikan pada titik tumpuan dari pegas daun *chassis*. *Boundary condition* akan menyesuaikan dengan jenis pembebanan yang dilakukan. Gambar 4 menunjukkan titik *boundary condition* untuk setiap jenis pembebanan. Tipe *boundary condition* yang digunakan adalah *fixed constrain* dimana *displacement* dan rotasi pada semua sumbu adalah nol. *Boundary condition* ini merepresentasikan kontak antara *chassis* dan pegas daun yang mentransfer beban pada *chassis* menuju *axle*.

Element dan nodes

Software yang digunakan dalam melakukan *meshing* adalah hypermesh 2019 seperti pada gambar 5 di bawah ini.



Gambar 5 Hasil *meshing* (a) *meshing* 5 mm, (b) detail *meshing* 5 mm

Meshing chassis menggunakan *element quad* dan *tria*. *Meshing* dilakukan menggunakan 2D batchmesh dengan ukuran 5 mm. *Chassis* didefinisikan dengan ketebalan 5 mm untuk setiap komponennya. Hasil dari *meshing* memiliki 0 *failure* yang membuktikan jika hasil *meshing* sudah baik. Tabel di bawah ini menunjukkan hasil elemen yang didapatkan dari proses *meshing*.

Tabel 5. Spesifikasi Elemen FEA

Properties	Spesifikasi
Volume (mm ³)	1,988 e+07
Massa (ton)	1,561 e-01
Centroid x; y; z (mm)	7.837509E+01; 2.839073E+01; 1.040466E-03
Nodes	171236
Element	13687

Hasil dan Pembahasan

Torsional load depan

Hasil Torsional *Load A* pada *chassis 1* material aluminium 6082-T6 menunjukkan nilai *displacement* maksimum sebesar 39,37 sedangkan untuk *chassis 2* didapatkan nilai *displacement* maksimum sebesar 35,18 mm pada bagian ujung depan *chassis*. Untuk Torsional *Load* depan pada *chassis 1* material SS 400 menunjukkan nilai *displacement* maksimum sebesar 17,56 mm sedangkan untuk *chassis 2* didapatkan nilai *displacement* maksimum sebesar 15,71 mm pada bagian ujung depan *chassis*. Hasil simulasi dapat dilihat pada gambar 6 dan gambar 7. Torsional *stiffness* dapat dicari dengan cara seperti berikut.

Torsional *Stiffness chassis 1* material aluminium:

$$\text{Torque/Angle of rotation} = \frac{658.647 \text{ Nmm}}{\tan^{-1}(39,37 \text{ mm} / 300 \text{ mm})} = 88.054,41 \text{ Nmm/deg}$$

Torsional *Stiffness chassis 2* material aluminium:

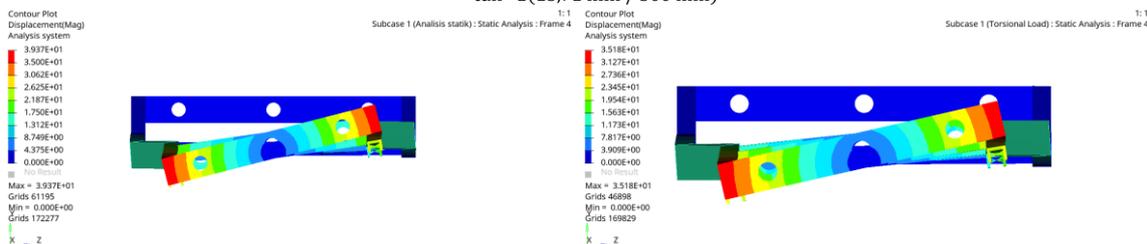
$$\text{Torque/Angle of rotation} = \frac{658.647 \text{ Nmm}}{\tan^{-1}(35,18 \text{ mm} / 300 \text{ mm})} = 98.452,47 \text{ Nmm/deg}$$

Torsional *Stiffness chassis 1* material SS 400:

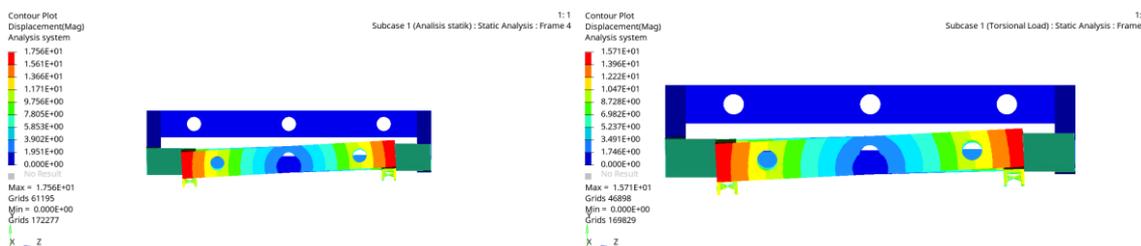
$$\text{Torque/Angle of rotation} = \frac{874.806 \text{ Nmm}}{\tan^{-1}(17,56 \text{ mm} / 300 \text{ mm})} = 261.136,12 \text{ Nmm/deg}$$

Torsional *Stiffness chassis 2* material SS 400:

$$\text{Torque/Angle of rotation} = \frac{874.806 \text{ Nmm}}{\tan^{-1}(15,71 \text{ mm} / 300 \text{ mm})} = 292.577,26 \text{ Nmm/deg}$$



Gambar 6 *Displacement Distribution* pada Torsional *Load* depan *Chassis 1* dan *2* Aluminium 6082-T6



Gambar 7 Displacement Distribution pada Torsional Load depan Chassis 1 dan 2 SS 400

Torsional load belakang

Hasil Torsional Load B pada chassis 1 material aluminium 6082-T6 menunjukkan nilai displacement maksimum sebesar 74,89 mm sedangkan untuk chassis 2 didapatkan nilai displacement maksimum sebesar 62,85 mm pada bagian ujung belakang chassis. Untuk Torsional Load belakang pada chassis 1 material SS 400 menunjukkan nilai displacement maksimum sebesar 33,46 mm sedangkan untuk chassis 2 didapatkan nilai displacement maksimum sebesar 28,12 mm pada bagian ujung belakang chassis. Hasil simulasi dapat dilihat pada gambar 8 dan gambar 9. Torsional stiffness dapat dicari dengan cara seperti berikut.

Torsional Stiffness chassis 1 material aluminium:

$$\text{Torque/Angle of rotation} = \frac{1.027.572 \text{ Nmm}}{\tan^{-1}(74,89 \text{ mm} / 400 \text{ mm})} = 96.940,75 \text{ Nmm/deg}$$

Torsional Stiffness chassis 2 material aluminium:

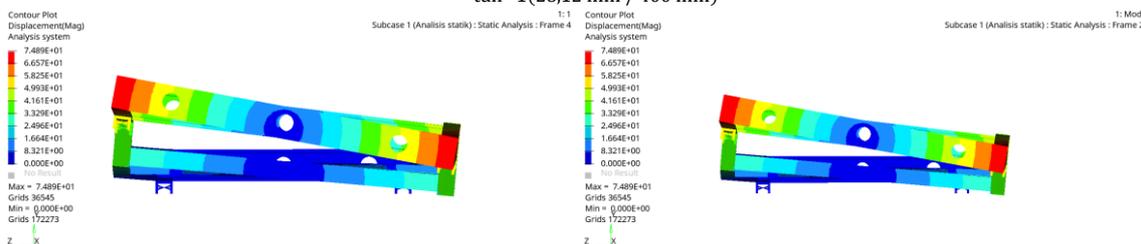
$$\text{Torque/Angle of rotation} = \frac{1.027.572 \text{ Nmm}}{\tan^{-1}(62,85 \text{ mm} / 400 \text{ mm})} = 115.069,65 \text{ Nmm/deg}$$

Torsional Stiffness chassis 1 material SS 400:

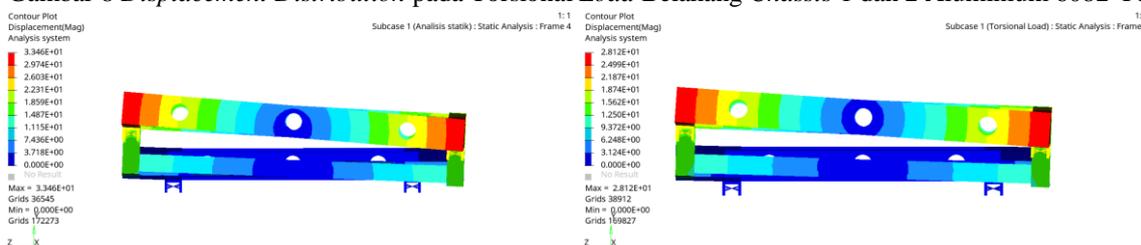
$$\text{Torque/Angle of rotation} = \frac{1.364.344 \text{ Nmm}}{\tan^{-1}(33,46 \text{ mm} / 400 \text{ mm})} = 285.427,62 \text{ Nmm/deg}$$

Torsional Stiffness chassis 2 material SS 400:

$$\text{Torque/Angle of rotation} = \frac{1.364.344 \text{ Nmm}}{\tan^{-1}(28,12 \text{ mm} / 400 \text{ mm})} = 339.389,05 \text{ Nmm/deg}$$



Gambar 8 Displacement Distribution pada Torsional Load Belakang Chassis 1 dan 2 Aluminium 6082-T6



Gambar 9 Displacement Distribution pada Torsional Load Belakang Chassis 1 dan 2 SS 400

Torsional load depan dan belakang

Hasil Torsional Load C pada chassis 1 material aluminium 6082-T6 menunjukkan nilai displacement maksimum 1 sebesar 36,41 mm dan nilai displacement maksimum 2 sebesar 54,61 mm. Sedangkan untuk chassis 2 didapatkan nilai displacement maksimum 1 sebesar 11,38 mm dan nilai displacement maksimum 2 sebesar 17,07 mm. Untuk Torsional Load C pada chassis 1 material SS 400 menunjukkan nilai displacement maksimum 1 sebesar 16,36 mm dan nilai displacement maksimum 2 sebesar 24,54 mm. Sedangkan untuk chassis 2 didapatkan nilai displacement maksimum 1 sebesar 5,124 mm dan nilai displacement maksimum 2 sebesar 7,686 mm. Hasil simulasi dapat dilihat pada gambar 10 dan gambar 11. Torsional stiffness dapat dicari dengan cara seperti berikut.

Torsional Stiffness chassis 1 material aluminium:

$$\text{Torque/Angle of rotation} = \frac{833.773,5 \text{ Nmm}}{\tan^{-1}(45,51 \text{ mm} / 350 \text{ mm})} = 112.520,04 \text{ Nmm/deg}$$

Torsional Stiffness chassis 2 material aluminium:

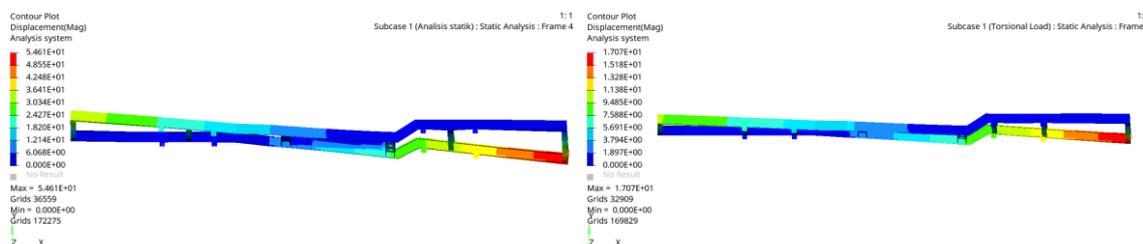
$$\text{Torque/Angle of rotation} = \frac{833.773,5 \text{ Nmm}}{\tan^{-1}(14,225 \text{ mm} / 350 \text{ mm})} = 357.842,70 \text{ Nmm/deg}$$

Torsional Stiffness chassis 1 material SS 400:

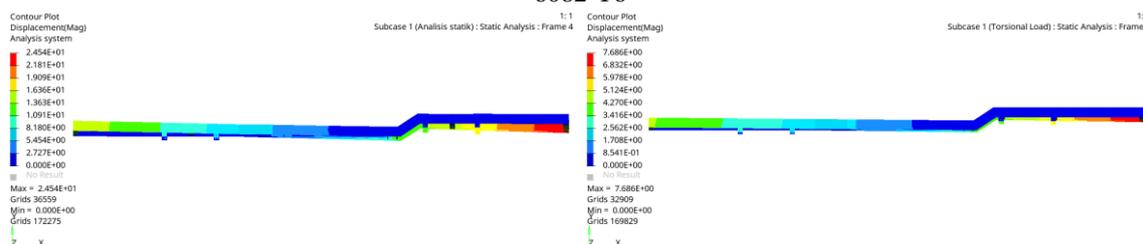
$$\text{Torque/Angle of rotation} = \frac{1.107.204 \text{ Nmm}}{\tan^{-1}(20,45 \text{ mm} / 350 \text{ mm})} = 331.498,20 \text{ Nmm/deg}$$

Torsional Stiffness chassis 2 material SS 400:

$$\text{Torque/Angle of rotation} = \frac{1.107.204 \text{ Nmm}}{\tan^{-1}(6,405 \text{ mm} / 350 \text{ mm})} = 1.054.480 \text{ Nmm/deg}$$



Gambar 10 Displacement Distribution pada Torsional Load Depan dan Belakang Chassis 1 dan 2 Aluminium 6082-T6



Gambar 11 Displacement Distribution pada Torsional Load Depan dan Belakang Chassis 1 dan 2 SS 400

Perbandingan hasil simulasi

Setelah dilakukan rangkaian simulasi Torsional dengan menggunakan 2 material pada setiap 2 model chassis yang dibuat, kemudian didapatkan hasil analisis. Hasil analisis kemudian dirangkai menjadi tabel 6 untuk mempermudah peninjauan. Material dan model dengan hasil terbaik akan menjadi rekomendasi produksi chassis.

Tabel 6 Perbandingan Hasil Simulasi

No	Hasil Analisis	Chassis 1		Chassis 2	
		SS 400	Aluminium 6082-T6	SS 400	Aluminium 6082-T6
1	Berat (kg)	487,2	168,33	487,2	168,33
2	Torsional Stiffness A (Nmm/deg)	261.136,12	88.054,41	292.577,26	98.452,47
3	Torsional Stiffness B (Nmm/deg)	285.427,62	96.940,75	339.389,05	115.069,65
4	Torsional Stiffness C (Nmm/deg)	331.498,20	112.520,04	1.054.480	357.842,70
5	Displacement A max (mm)	17,56	39,37	15,71	35,18
6	Displacement B max (mm)	33,46	74,89	28,12	62,85
7	Displacement C max (mm)	20,45	45,51	6,405	14,225
8	Sudut puntir Torsional Load A (deg)	3,35	7,48	2,99	6,69
9	Sudut puntir Torsional Load B (deg)	4,78	10,60	4,02	8,93
10	Sudut puntir Torsional Load C (deg)	3,34	7,41	1,05	2,33

Kesimpulan

Penelitian dalam perancangan chassis untuk last-mile transportation ini sudah selesai dilakukan dengan cara mengevaluasi chassis dari tiga jenis pembebanan Torsional. Dari hasil yang sudah didapat maka dapat disimpulkan sebagai berikut

- Berat chassis dengan material aluminium 6082-T6 lebih ringan dibandingkan dengan material SS 400 dimana material aluminium 6082-T6 berhasil menurunkan berat chassis sebesar 34,55%
- Nilai Torsional stiffness dari chassis 2 selalu memiliki hasil yang lebih baik dibandingkan dengan chassis 1.
- Nilai Torsional stiffness dari material SS 400 selalu memiliki hasil yang lebih baik dibandingkan dengan material aluminium 6082-T6.
- Dari hasil yang didapat maka model chassis 2 dengan material SS 400 memiliki nilai kekakuan chassis yang terbaik dibandingkan dengan model lainnya.
- Jika chassis ingin diproduksi dengan kekakuan yang baik maka disarankan menggunakan model chassis 2 dengan material SS 400 tetapi, jika ingin mendapatkan chassis yang ringan disarankan menggunakan model chassis 2 dengan material aluminium 6082-T6 karena memiliki bobot yang lebih ringan dan kekakuan yang lebih baik dibandingkan dengan chassis 1

Daftar Pustaka

1. Institute MT. Using Bicycles for the First and Last Mile of a Commute. 2019;
2. Beelen, Rob et al. Long-term effects of traffic-related air pollution on mortality in a Dutch cohort (NLCS-AIR study). *Environ Heal Perspect* 1162. 2007;196–202.
3. Hawkins, Troy R et al. Comparative Environmental Life Cycle Assessment of Conventional and Electric Vehicles. *Ind Ecol* 171. 2013;53–4.
4. Jiri Cerny D. Analysis and Possibilities of e-minibus Operation and Test of e-buses in Brno. 2016;
5. Patel V V, Patel RI. Structural analysis of a ladder chassis frame. *World Journal of science and Technology*. 2012;05–8.
6. Mahmoodi-k M, Davoodabadi I, Visnjic V, Afkar A. Stress and dynamic analysis of optimized trailer chassis. *Tehnički vjesnik: znanstveno-stručni časopis tehničkih fakulteta Sveučilišta u Osijeku*. 2014;599–608.