

ANALISIS BEBAN STATIS CHASSIS LADDER FRAME MB OH MENGGUNAKAN SOFTWARE CAD

Imam Syafaat¹, Jepri Andi Kiawan^{2*}

Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Wahid Hasyim
Jl. Raya Gunungpati No.KM.15, Nongkosawit, Gunungpati, Semarang 50224.

*Email: jepriandikiawan17@gmail.com

Abstrak

Chassis merupakan komponen struktural utama yang berfungsi menopang seluruh massa kendaraan, penumpang, dan beban tambahan ketika bus beroperasi. Penelitian ini bertujuan menganalisis kekuatan statis chassis bus tipe MH menggunakan perangkat lunak CAD & CAE. Simulasi dilakukan dengan material Alloy Steel menggunakan pembebanan statis yang mewakili massa kendaraan, penumpang, dan bagasi. Pembebanan yang diterapkan sebesar 135.623,25 N dan 147.099,75 N yang merepresentasikan kondisi operasional bus maksimum. Hasil simulasi menunjukkan tegangan maksimum sebesar 124,372 MPa pada beban 135.623,25 N dan 134,938 MPa pada beban 147.099,75 N. Nilai faktor keamanan berturut-turut sebesar 5 dan 4,6 yang masih berada pada kategori aman berdasarkan yield strength material. Oleh karena itu, chassis bus MH dinyatakan layak menahan pembebanan statis maksimum.

Kata kunci: Analisis, Chassis, Tegangan Statis, Safety Factor

1. PENDAHULUAN

Chassis merupakan struktur rangka utama pada bus yang berfungsi menopang beban kendaraan, penumpang, serta bagasi sehingga membutuhkan kekuatan dan kekakuan yang memadai untuk menjamin keselamatan operasional (Kurdi *et al.*, 2019). Pada industri karoseri, evaluasi struktural chassis menjadi tahapan penting untuk memastikan kelayakan desain sebelum diaplikasikan ke kendaraan produksi. PT X Bus Manufaktur sebagai salah satu perusahaan karoseri bus di Indonesia menerapkan analisis struktural guna memastikan bahwa *chassis* memenuhi standar kekuatan yang ditetapkan (Kurdi *et al.*, 2019). *Chassis* tipe MB OH merupakan struktur utama yang digunakan pada bus antarkota berkapasitas besar. Penggunaan *chassis* jenis ini menuntut perhitungan kekuatan struktural yang akurat agar tidak terjadi deformasi berlebih maupun potensi kegagalan struktur ketika menerima beban maksimum. Evaluasi kekuatan chassis umumnya dilakukan dengan menganalisis distribusi tegangan maksimum serta faktor keamanan sebagai parameter utama dalam menentukan performa struktural (Budiman *et al.*, 2021).

Kemajuan teknologi komputasi memungkinkan analisis struktur *chassis* bus dilakukan menggunakan metode elemen hingga atau *Finite Element Method* (FEM). Metode ini mampu memberikan prediksi yang akurat mengenai distribusi tegangan, deformasi, dan faktor keamanan sebelum *chassis* diproduksi, sehingga dapat mengurangi kebutuhan uji fisik yang memerlukan biaya dan waktu besar (Okta Dilla Risqy, 2025). Analisis berbasis FEM juga telah digunakan secara luas dalam penelitian terkait struktur *chassis* bus dan kendaraan listrik sehingga menunjukkan keandalannya dalam mengevaluasi kekuatan rangka pada berbagai kondisi pembebanan (Nugroho *et al.*, 2018).

Dengan demikian, FEM merupakan pendekatan yang tepat untuk mengevaluasi kelayakan struktur *chassis* MB OH pada kondisi pembebanan statis. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis tegangan *Von Mises* serta nilai faktor keamanan *chassis* tipe MB OH menggunakan simulasi berbasis perangkat lunak CAD pada kondisi pembebanan statis. Penelitian ini juga dilakukan untuk menjawab kebutuhan PT X Bus Manufaktur dalam memastikan bahwa desain *chassis* yang digunakan telah memenuhi standar kekuatan struktural yang aman, sebab perusahaan menghadapi permasalahan berupa perlunya verifikasi teknis yang lebih akurat terkait distribusi tegangan dan potensi deformasi pada *chassis*, sehingga hasil analisis ini menjadi dasar penting untuk peningkatan kualitas dan keselamatan produk.

2. TINJAUAN PUSTAKA

Salah satu penelitian yang relevan dengan kajian ini dilakukan oleh Nugroho *et al.* (2018) yang menganalisis kekuatan struktur chassis bus listrik UNNES menggunakan metode Finite Element Method (FEM). Pada penelitian tersebut, chassis dianalisis terhadap pembebanan statis untuk mengetahui distribusi tegangan Von Mises dan deformasi maksimum. Hasil simulasi menunjukkan bahwa tegangan Von Mises maksimum yang terjadi berada di bawah 150 MPa, sementara deformasi maksimum masih berada dalam batas toleransi desain, sehingga struktur rangka dinyatakan aman dan layak digunakan secara operasional. Penelitian ini menyimpulkan bahwa metode FEM efektif dalam mengevaluasi kelayakan awal desain chassis bus sebelum tahap produksi atau pengujian eksperimental.

Perbedaan utama antara penelitian terdahulu dengan penelitian ini terletak pada objek, jenis kendaraan, serta skenario pembebanan. Penelitian Nugroho *et al.* berfokus pada chassis bus listrik dengan konfigurasi dan karakteristik beban yang disesuaikan dengan sistem kendaraan listrik, sedangkan penelitian ini secara khusus menganalisis chassis ladder frame tipe MB OH yang digunakan pada bus antarkota konvensional. Selain itu, penelitian ini menggunakan pembebanan statis berbasis kondisi operasional aktual di Indonesia, yang mencakup berat kosong kendaraan, berat rata-rata penumpang Indonesia, serta beban bagasi.

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa pada pembebanan 135.623,25 N, tegangan Von Mises maksimum yang terjadi sebesar $\pm 119,99$ MPa, sedangkan pada pembebanan 147.099,75 N (beban JBB) tegangan maksimum mencapai $\pm 130,94$ MPa. Nilai safety factor yang diperoleh berada pada kisaran 4,7–5,2, yang menandakan bahwa struktur chassis MB OH bekerja dalam kondisi elastis dan memiliki margin keamanan yang tinggi. Dengan demikian, meskipun kedua penelitian sama-sama menggunakan FEM dan analisis statis, penelitian ini memberikan kontribusi spesifik pada evaluasi chassis bus MB OH berbasis kondisi operasional nyata, sehingga hasilnya lebih aplikatif bagi industri karoseri bus di Indonesia.

3. METODOLOGI

3.1. Pemilihan Material

Material yang digunakan untuk membuat *chassis* bus haruslah sesuai dengan aturan yang ditentukan. Jenis rangka tangga/Ladder Frame yang digunakan untuk bus dan truk yang terbuat dari *alloy steel* (Mishra, 2020). Oleh karena itu material *chassis* bus yang digunakan pada penelitian ini menggunakan material *alloy steel*. Material *alloy steel* atau baja paduan adalah baja yang memiliki sedikit kandungan dari satu atau lebih elemen paduan (selain karbon) seperti manganese, Silicon, nikel, Titanium, Copper, Chromium, serta Aluminium. Tabel 1 menunjukkan material properties.

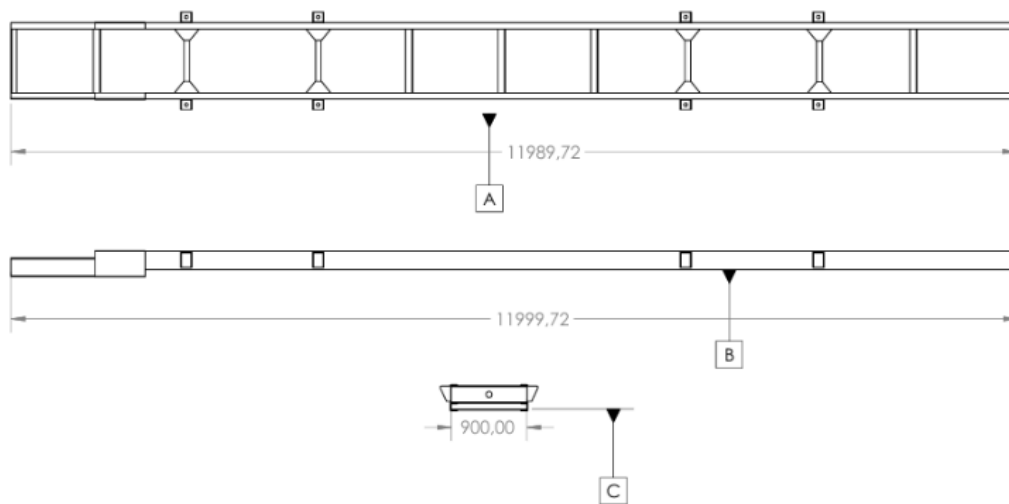
Tabel 1. Material Properties Alloy Steel

Sifat Material	Nilai	Satuan
Elastic Modulus	210.00	N/m ²
Possions Rasio	0.28	N/A
Shear Modulus	79.000	N/mm ²
Mass Demansity	7.700	Kg/mm ²
Tensile Strenght	723,8256	N/mm ²
Yield Strenght	630,422	N/mm ²
Thermal Expansio Cofficient	1.3e-05	K ⁻¹
Thermal Conductivity	50	W/(m.K)
Specific Heat	460	J(Kg.k)

3.2. Pemodelan Chassis Bus

Desain rangka *chassis* bus MC OH memiliki kegunaan yang sangat penting dalam konstruksi dan operasional bus. Rangka *chassis* ini berfungsi sebagai tulang punggung utama kendaraan, memberikan struktur dasar yang kuat dan stabil untuk menopang seluruh

komponen bus. Kegunaan utamanya adalah untuk mendistribusikan beban secara merata, baik dari berat kendaraan itu sendiri maupun dari penumpang dan barang bawan. Desain ini juga dirancang untuk menyerap dan meredam getaran serta guncangan selama perjalanan, meningkatkan kenyamanan penumpang dan melindungi komponen-komponen vital bus. Selain itu, rangka *chassis* Bus MC OH dioptimalkan untuk memberikan keseimbangan yang baik antara kekuatan struktural dan berat kendaraan, memungkinkan efisiensi bahan bakar yang lebih baik tanpa mengorbankan keamanan. Desain ini juga mempertimbangkan aspek fleksibilitas untuk memudahkan pemasangan berbagai jenis bodi bus sesuai kebutuhan operator, serta memfasilitasi perawatan dan perbaikan komponen-komponen kendaraan dengan lebih mudah. Model dan ukuran *chassis* dapat dilihat di Gambar 1.



Gambar 1. Gambar Chassis Bus A.Tampak Atas B.Tampak Samping Dan C.Tampak Depan

3.3. Pembebanan

Berdasarkan data berat rata-rata orang Indonesia adalah 63,6 kg dengan tinggi rata-rata 166 cm atau 1,66 m dan masing-masing penumpang diassumsikan membawa koper seberat 20 kg. Data ini merepresentasikan rata-rata dari populasi orang dewasa di Indonesia, yang terdiri dari berbagai kelompok usia, jenis kelamin, serta kondisi geografis. Tinggi dan berat menunjukkan karakteristik tubuh orang Indonesia yang umumnya berada pada kisaran rata-rata dibandingkan populasi global. Angka tersebut menjadi acuan penting dalam berbagai analisis teknis, termasuk perencanaan dan desain transportasi umum seperti bus. Dalam konteks analisis *chassis* bus, berat rata-rata orang Indonesia digunakan untuk menghitung beban total yang dihasilkan oleh penumpang, saat bus dioperasikan dalam kondisi penuh. Selain itu, berat rata-rata relevan dalam merancang sistem suspensi, distribusi beban, serta efisiensi bahan bakar kendaraan.

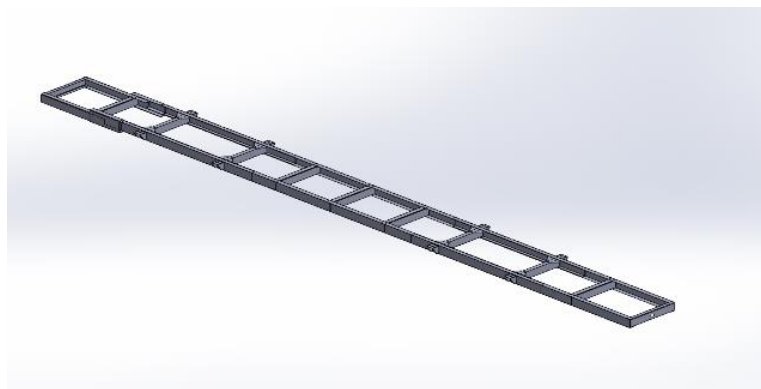
Dengan berat rata-rata sebesar 63,6 kg. penumpang yang membawa barang bawaan, seperti koper atau tas, akan menambah total beban yang ditanggung oleh kendaraan. Oleh karena itu, memahami berat rata-rata manusia adalah langkah awal yang penting dalam memastikan bahwa kapasitas muatan bus memenuhi standar keselamatan dan kenyamanan. Kombinasi antara tinggi dan berat juga dapat menjadi rujukan untuk pengaturan tempat duduk dan ruang dalam kendaraan agar ergonomis serta fungsional. Dengan memanfaatkan data seperti ini, pengembang dan desainer kendaraan dapat memastikan bus yang dirancang mampu memenuhi kebutuhan operasional tanpa mengurangi aspek keamanan maupun kenyamanan bagi penumpang.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis *chassis* dengan bentuk yang diperlihatkan pada gambar 5.3 dibahas atau dikaji dari segi kekuatannya ketika diberi sejumlah beban yang berbeda antara lain: 135.623,25 N dan beban *JBB* (Jumlah berat bruto) *chassis* yaitu 147.099,75 N atau (15 ton). Penjelasan ukuran dapat dilihat di gambar 1, dan bentuk *chassis* secara utuh dapat dilihat pada Gambar 2 untuk lebih lanjutnya adalah sebagai berikut:

Analisis ini dilakukan untuk mensimulasikan kondisi ketika rangka bus dalam keadaan statis/diam. Adapun berat kosong dan jumlah penumpang/beban barang yang ditanggung oleh *chassis* bus diasumsikan keseluruhannya berjumlah 135.623,25 N (13.825 Kg). Peletakan beban dapat dilihat pada gambar 5.3. Dalam kondisi ini, Kondisi analisisnya adalah sebagai berikut:

- A. Total massa bus + jumlah penumpang + beban barang
- B. Gaya dapat dihitung berdasarkan beban poin A
- C. Bagian kondisi batas diletakkan pada 4 titik depan 4 titik bagian belakang
- D. $10.000 + (61,4 \times 47) + (20 \times 47) = 13.825,4 \text{ kgf} \times 9,81 = 135.623,25 \text{ N}$



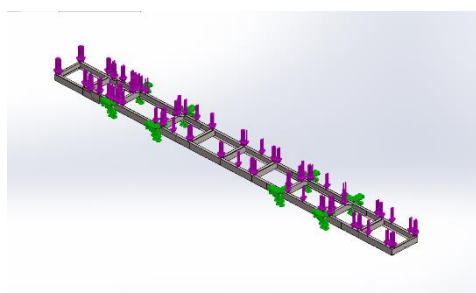
Gambar 2. Desain Chassis Bus MC OH

Pembebanan meliputi:

Jumlah penumpang	: 45 Penumpang + 2 sopir dan kernet
Berat per penumpang	: 61,4 kg rata-berat orang di Indonesia menurut
Jumlah Koper	: 47 Koper penumpang dan sopir
Berat Koper	: 20 kg per penumpang
Berat kosong (<i>GVW</i>)	: 10.000 kg meliputi berat kendaraan

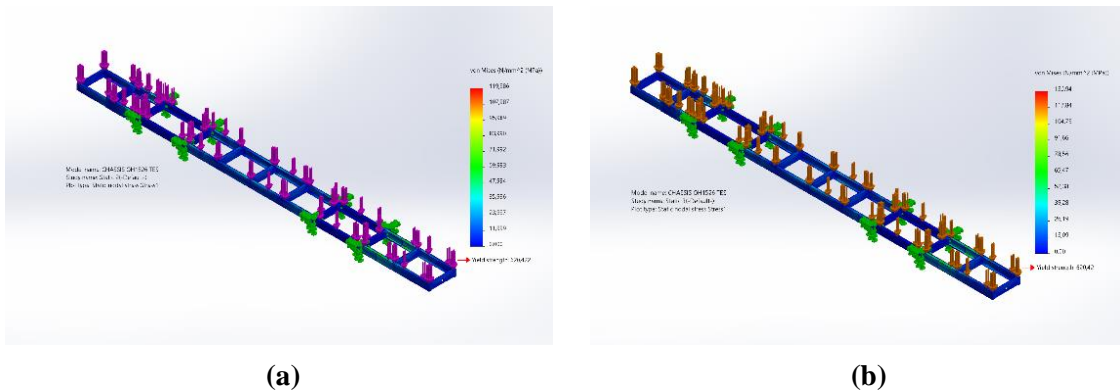
Kondisi Batas

Pada gambar 3 menjelaskan kondisi batas rangka adalah dengan memberi *fixed Geometry* pada empat nodal dibagian pegas dan *force* sebesar 135.623,25 dan 147.099,75 N dibagian *chassis*



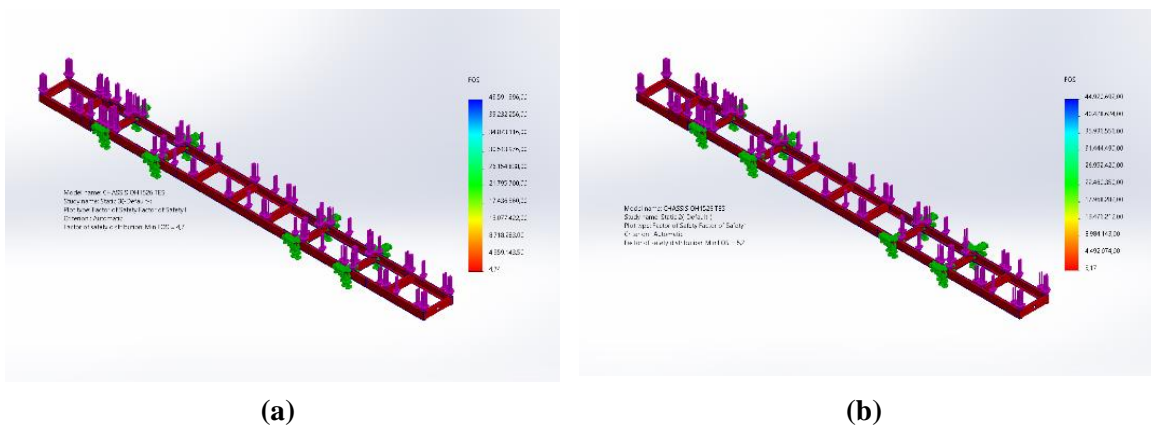
Gambar 3. Kondisi Batas Pada Chassis Bus

Simulasi Pembebanan Dan Safety Factor



Gambar 4. Hasil Safety Factor Dengan Beban (a) 135.623,25 N, (b) 147.099,75 N

Pada Gambar 4 nilai dari tegangan *ekuivalen* (*Von-Mises*) Stress Dari hasil simulasi yang di tunjukan dengan pembebanan 135.623,25 N didapatkan nilai tegangan minimum sebesar 0,000 Mpa, tegangan maksimal sebesar 119,986 Mpa, dan beban 147.099,75 debgan hasil tegangan minimum 0,00 Mpa, tegangan maksimum 130,94 Mpa.



Gambar 5. Hasil Safety Factor Dengan Beban (a) 135.623,25 N, (b) 147.099,75 N

Perhitungan sistematis *safety factor* di gambar 5 pada beban 135.623,25 N dan beban 147.099,75 N

$$Sf = \frac{\text{maximum stress}}{\text{working or design stress}}$$

beban 135.623,25 N:

beban 147.099,75 N:

$$Sf = \frac{620,422}{119,986}$$

$$Sf = 5,2$$

$$Sf = \frac{620,422}{130,94}$$

$$Sf = 4,7$$

Hasil simulasi beban statis pada chassis bus MB OH menunjukkan bahwa tegangan maksimum yang muncul masih jauh di bawah batas luluh material, sehingga struktur

bekerja dalam wilayah elastis tanpa risiko deformasi permanen. Nilai safety factor sekitar 4–5 mengindikasikan margin keamanan yang besar. Konsistensi ini diperkuat oleh penelitian (Prihadianto *et al.*, (2020); Isworo and Zakaria, (2021); Kurniawan and Wailanduw, (2025); Sutisna and Nabildan, (2023) yang sama-sama menunjukkan bahwa analisis FEM mampu memastikan distribusi tegangan aman, deformasi terkendali, dan desain rangka yang efisien pada berbagai konfigurasi dan jenis kendaraan.

5. KESIMPULAN

Secara keseluruhan, dari hasil simulasi chassis MB OH dengan beban 135.623,25 N dan beban 147.099,75 N dengan hasil safety factor 5,2 untuk beban 135.623,25, dan 4,7 untuk beban 147.099,75 N terbukti aman dan layak secara struktural untuk kondisi beban statis maksimum, didukung oleh hasil simulasi dan literatur yang relevan.

Berdasarkan hasil penelitian ini, beberapa arah penelitian selanjutnya dapat dikembangkan. Analisis dapat diperluas dengan memasukkan pembebanan dinamis, seperti beban akibat pengereman, akselerasi, dan kondisi jalan bergelombang, sehingga perilaku struktur chassis dapat dianalisis secara lebih realistis. Penelitian lanjutan dapat mencakup analisis kelelahan (fatigue analysis) untuk memprediksi umur pakai chassis akibat pembebanan berulang selama masa operasional kendaraan. Pengembangan penelitian dapat diarahkan pada optimasi desain dan variasi material, seperti penggunaan baja berkekuatan tinggi atau modifikasi profil ladder frame untuk memperoleh struktur yang lebih ringan namun tetap memenuhi kriteria keselamatan. Penelitian berikutnya dapat menggabungkan simulasi FEM dengan pengujian eksperimental, sehingga hasil numerik dapat divalidasi secara langsung dan meningkatkan keandalan analisis struktural.

DAFTAR PUSTAKA

- Budiman, F.A. *et al.* (2021) 'Analisis Tegangan von Mises dan Safety Factor pada Chassis Kendaraan Listrik Febrian Arif Budiman dkk / Jurnal Rekayasa Mesin', *Rekayasa Mesin*, 16(1), pp. 100–108.
- Isworo, H. and Zakaria, R. (2021) 'Analisis Kekuatan Variasi Profil Rangka Terhadap Nilai Displacement, Tegangan Normal Dan Tegangan Geser Pada Chassis Urban Concept Shell Eco Marathon', *Elemen: Jurnal Teknik Mesin*, 8(1), pp. 70–76. Available at: <https://doi.org/10.34128/je.v8i1.159>.
- Kurdi, O. *et al.* (2019) 'Analisis dan optimasi struktur sasis bus dengan batasan tegangan maksimum dan defleksi pada beban maksimum', *Jurnal Teknik Mesin Indonesia*, 14(2), pp. 78–83. Available at: <https://doi.org/10.36289/jtmi.v14i2.139>.
- Kurniawan, E.B. and Wailanduw, A.G. (2025) 'Analisis Struktur Pada Desain Chassis Mobil Listrik Roda Tiga', *Jurnal Teknik Mesin*, 14, pp. 89–94.
- Mishra, Y. (2020) 'Design & Analysis of Ladder Frame Chassis', pp. 3695–3704.
- Nugroho, U. *et al.* (2018) 'Frame analysis of UNNES electric bus chassis construction using finite element method', *AIP Conference Proceedings*, 1941. Available at: <https://doi.org/10.1063/1.5028075>.
- Okta Dilla Risqy (2025) 'Analisa Kekuatan Desain Struktur Rangka City Bus Menggunakan Finite Element Analysis', *JEECAE (Journal of Electrical, Electronics, Control, and Automotive Engineering)*, 10(1), pp. 1–6. Available at: <https://doi.org/10.32486/jeecae.v10i1.769>.
- Prihadianto, B.D. *et al.* (2020) 'Manutech : Jurnal Teknologi Manufaktur ANALISIS KEKUATAN MINIATUR SASIS BUS HASIL TEKNOLOGI FUSED DEPOSITION MODELLING', 12(01).
- Sutisna, N.A. and Nabildan, M. (2023) 'Design Analysis of a Tubular Chassis for an Electric Vehicle using Finite Element Method', *Jurnal Teknik Mesin dan Mekatronika (Journal of Mechanical Engineering and Mechatronics)*, 8(1), pp. 37–51.