

## Analisis Statik Plat Pengaku pada *Ladder Frame Chassis* Untuk Kendaraan Pedesaan Dengan Menggunakan Metode Elemen Hingga

Hadi Pranoto<sup>a,\*</sup>, Muhamad Fitri<sup>a</sup>, Andi Firdaus Sudarma<sup>a</sup>, Reiza Treistanto<sup>b</sup>

<sup>a</sup> Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Mercu Buana

Jalan Meruya Selatan No. 1, Kembangan, Jakarta, 11610

<sup>b</sup> PT. Kreasi Mandiri Wintor Indonesia

Jalan Pahlawan Km. 1.5, Desa Karang Asem Timur, Citeureup, Bogor 16810

\*E-mail: hadi.pranoto@mercubuana.ac.id

### Abstract

The frame is the most important part of the vehicle which acts as a structure that holds the other important components. In this study, the structural framework used in AMMDes (Rural Mechanical Equipment) was analyzed numerically using Solidworks software. One of the important factors to determine whether this frame structure has a capacity in accordance with the specified carrying capacity. Therefore, the AMMDes structural frame is analyzed numerically to determine the critical stress and shape changes that occur when the load is applied. The results of the numerical simulation show the stress accumulated at a certain point. With this stress concentration, it can trigger the possibility of failure or a very significant change in shape in the area. For this reason, the connection plate was applied to the AMMDes frame structure to distribute stress to the structure more evenly and the structure was re-analyzed to determine the effect of this change. The addition of a connection plate to the area referred to above has been shown to increase the stiffness of the structure and reduce the stress that occurs.

**Kata kunci:** ladder frame, finite element analysis, static analysis, AMMDes

### Abstrak

Rangka merupakan bagian terpenting dari kendaraan yang berperan sebagai struktur yang memegang komponen-komponen penting lainnya. Pada penelitian ini, rangka struktur yang digunakan pada kendaraan AMMDes (Alat Mekanis Pedesaan) dianalisis secara numerik menggunakan perangkat lunak *Solidworks*. Salah satu faktor yang penting untuk diketahui apakah struktur rangka ini mempunyai kemampuan sesuai dengan kapasitas daya angkut yang ditentukan. Oleh karena itu, rangka struktur AMMDes dianalisis secara numerik untuk mengetahui berapa besar tegangan kritis dan perubahan bentuk yang terjadi pada saat beban diaplikasikan. Hasil dari simulasi numerik menunjukkan adanya tegangan yang terakumulasi pada titik tertentu. Dengan adanya konsentrasi tegangan ini, maka dapat memicu kemungkinan terjadinya kegagalan atau perubahan bentuk yang sangat signifikan pada area tersebut. Untuk itu, plat pengaku diaplikasikan pada struktur rangka AMMDes untuk mendistribusikan tegangan ke struktur secara lebih merata dan struktur dianalisis kembali untuk mengetahui pengaruh yang ditimbulkan dari perubahan ini. Penambahan plat penyambung atau *connection plate* pada area yang dimaksud diatas, terbukti dapat meningkatkan kekakuan dari struktur dan mengurangi tegangan yang muncul.

**Kata kunci:** ladder frame, finite element analysis, analisis statis, AMMDes

### 1. Pendahuluan

Rangka merupakan bagian terpenting dari kendaraan yang berperan sebagai struktur yang memegang komponen-komponen penting lainnya seperti mesin, transmisi, sistem suspensi, dan roda. Fungsi utama rangka adalah untuk menopang komponen-komponen tersebut dan menahan beban statis maupun dinamis tanpa mengakibatkan struktur berubah bentuk yang berlebihan [1]. Kekakuan dan kapasitas angkut yang ingin dicapai oleh kendaraan sangat menentukan bentuk desain dari *chassis*. Oleh karena itu rangka didesain mempunyai kekakuan yang tinggi agar dapat menahan gaya aksial, gaya normal, dan momen, namun kuat dan tangguh untuk mampu menyerap energi yang timbul akibat beban kejutan yang diakibatkan oleh permukaan jalan yang bergelombang atau benturan [2]. Jenis rangka yang umum digunakan sebagai struktur utama kendaraan umumnya adalah *ladder frame chassis*. Rangka tipe ini berbentuk sederhana seperti tangga dengan 2 batang struktur utama yang simetris terhubung oleh balok struktur lainnya yang lebih kecil. Tiap elemen dari rangka tersambung secara kuat agar menjamin kekakuan dari struktur. Rangka jenis ini umumnya bukan hanya digunakan pada kendaraan berat, tapi banyak pula kendaraan *minivan* atau yang lebih kecil menggunakan rangka jenis ini.

Optimasi struktural menggunakan *Finite Element Analysis (FEA)* dan alat komputasi lainnya telah menjadi bagian utama dalam proses penelitian dan pengembangan dalam beberapa tahun terakhir. Metode dapat diaplikasikan secara luas dan terus berkembang terutama di bidang analisis struktural, termal, dan fluida. Beberapa peneliti memanfaatkan metode analisis dengan menggunakan *Finite Element Analysis (FEA)* untuk mendapatkan desain rangka yang baik, seperti yang dilakukan oleh Ghodvinde dan Wankhade [3], telah merancang rangka struktur pada truk Chevrolet menggunakan perangkat lunak *Ansys* untuk mendapatkan tegangan kritis pada *chassis* tersebut. Hasil penelitian tersebut menunjukkan adanya tegangan kritis yang muncul pada area dekat dengan sambungan dan dengan merubah ketebalan dari material yang digunakan dapat mengurangi besarnya tegangan yang timbul. Pada penelitian lainnya yang dilakukan oleh Karita et. Al, pengamatan dilakukan pada rangka kendaraan berat yang menggunakan material aluminium. Pada penelitian tersebut didapatkan bahwa bobot struktur utama truk berkurang dan beban angkutnya meningkat [4]. Penelitian ini dilakukan dengan bantuan analisis menggunakan perangkat lunak, yang mana bentuk dan konfigurasi desain rangka aluminium dioptimalkan agar kekuatan dan kekakuan dapat setara dengan rangka baja.



**Gambar 1.** Desain Alat Mekanis Pedesaan (AMMDes).  
(Sumber: PT. KMWI)

Pada penelitian ini, rangka struktur yang digunakan pada kendaraan AMMDes (Alat Mekanis Pedesaan) dianalisis secara numerik menggunakan perangkat lunak *Solidworks*. Selain aplikasi angkutan barang sebagaimana terlihat pada Gambar 1, AMMDes juga didesain untuk mampu mengangkut beberapa utilitas berbeda (tergantung jenis penggunaannya) yang diletakkan dibagian belakang dan dapat disambungkan ke mesin utama sebagai sumber penggeraknya dengan menggunakan sistem *Power Take Off (PTO)* [5]. Utilitas yang dikembangkan saat ini di antaranya adalah aplikasi penjernih air, aplikasi perontok padi/jagung, aplikasi pemoles beras, aplikasi selep padi, aplikasi pengolah kopi (*huller, pulper, grinder*), aplikasi paska panen pisang, aplikasi generator, aplikasi pompa air, aplikasi pembuat es (dapat dimanfaatkan untuk pengawet ikan hasil tangkapan nelayan), *ambulance feeder*, dan *3 way bin door*, serta banyak lagi aplikasi yang memungkinkan digunakan sesuai dengan kebutuhan masyarakat pedesaan.

Penggunaan *ladder frame chassis* pada struktur rangka AMMDes dipilih karena kekuataannya serta kemudahannya dalam proses produksi. Dalam proses desain rangka AMMDes, salah satu faktor yang penting untuk diketahui apakah struktur rangka ini mempunyai kemampuan sesuai dengan kapasitas daya angkut yang ditentukan. Oleh karena itu, rangka struktur AMMDes dianalisis secara numerik untuk mengetahui berapa besar tegangan kritis dan *displacement* yang terjadi pada saat beban diaplikasikan. Plat pengaku juga diaplikasikan pada struktur rangka AMMDes yang mengalami tegangan kritis dan struktur dianalisis kembali untuk mengetahui pengaruh yang ditimbulkan dari perubahan ini.

## 2. Material dan Metodologi Penelitian

Pada peneilitan ini, rangka struktur berbentuk *ladder frame* bertingkat dianalisis secara numerik dengan pendekatan *FEA* menggunakan perakat lunak *Solidworks* [6]. Rangka terbuat dari baja struktur A36 berbentuk batangan dengan penampang berbentuk persegi berukuran 80x40 dan 60x40 mm dan ketebalan 3 mm.

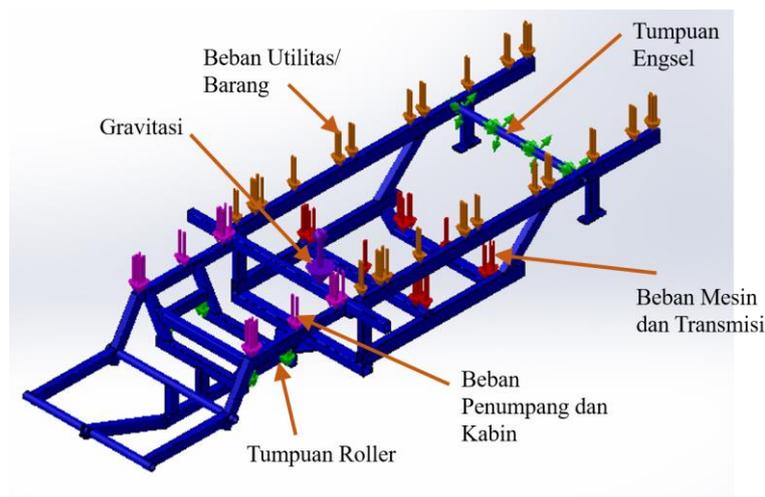
**Tabel 1.** Spesifikasi dari material A36 [7]

<i>Yield strength</i> (N/mm <sup>2</sup> )	250
<i>Ultimate tensile strength</i> (Mpa)	400 – 550
<i>Young's modulus</i> (Gpa)	200
<i>Shear modulus</i> (Gpa)	78
<i>Poisson's ratio</i>	0.26

Beban diaplikasikan pada struktur rangka sesuai dengan kapasitas daya angkut yang diinginkan sebagaimana terlihat pada Gambar 2. Beban dianggap sebagai beban terdistribusi secara merata sehingga tegangan dan defleksi yang terjadi dihitung berdasarkan beban total dengan parameter *boundary condition* yang telah ditetapkan sesuai yang tertera pada Tabel 2.

Analisis dilakukan dengan asumsi desain antara lain: tumpuan roller pada area dudukan suspensi depan dan tumpuan engsel pada area dudukan suspensi belakang. Selanjutnya, analisis statik dilakukan pada *chassis* karena merupakan pendekatan yang efektif dan efisien.

*Mesh* yang digunakan pada *chassis* merupakan kombinasi dari tetrahedron dan hexagonal. Untuk *chassis welded* kepadatan 828.143 elemen, 1.977.273 nodal, dan 5.931.819 derajat kebebasan sedangkan untuk *chassis bent* kepadatannya 853.764 elemen, 2.033.171 nodal, dan 6.099.513 derajat kebebasan.



Gambar 2. Pembebanan dan tumpuan pada rangka struktur.

Tabel 2. Spesifikasi Pembebanan

Jenis Beban	Beban (Kg)
Barang / utilitas	750
Penumpang dan kabin	250
Mesin dan transmisi	100

### 3. Hasil dan Pembahasan

Analisis menggunakan metode elemen hingga diterapkan pada penelitian ini untuk menguji pengaruh dari pembebanan terhadap kekakuan dan kekuatan dari struktur rangka AMMDes. Hasil dari analisis secara numerik akan dibahas sebagai berikut.

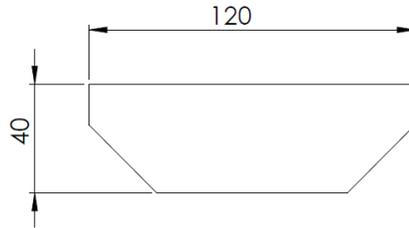
Hasil dari simulasi berupa tegangan kritis dan defleksi ditunjukkan pada gambar 4 dan 5 bagian (a). Gambar ini menunjukkan tegangan kritis dari rangka struktur ini adalah 228.4 N/mm<sup>2</sup> dengan defleksi sebesar 0.5364 mm. Defleksi terbesar terjadi pada rangka atas bagian belakang, dimana pada posisi ini mengalami pembebanan paling besar yaitu beban dari barang/angkutan. Berdasarkan IS 800:2007, defleksi maksimum dari *chassis* dapat diketahui dari panjang rentangan rangka dibagi dengan 300 yang mana didapatkan hasil 10 mm. Oleh karena itu, defleksi yang dihasilkan oleh pembebanan dapat dikategorikan sebagai dibawah dari nilai defleksi maksimum yang diijinkan.

Sedangkan untuk tegangan kritis, posisinya terletak pada sambungan rangka pada bagian tengah dan belakang sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 4. dengan tanda lingkaran merah. Pada posisi ini batang tegak/*vertical* menumpu batang yang mengalami pembebanan langsung dari bak angkutan belakang, sehingga batang *vertical* ini mengalami tegangan yang lebih tinggi dibanding posisi batang lainnya. Untuk lebih memperjelas posisi ini, Gambar 6. disajikan untuk memperlihatkan bagaimana kondisi konsentrasi tegangan yang terjadi pada area sambungan (ditandai dengan warna merah). Dengan adanya konsentrasi tegangan ini, maka dapat memicu kemungkinan terjadinya kegagalan atau perubahan bentuk pada area ini.

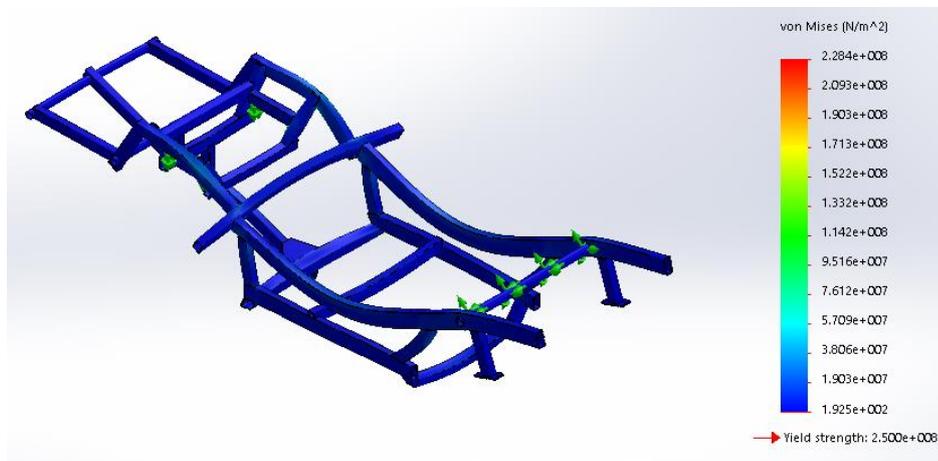
Penambahan plat penyambung atau *connection plate* pada area yang dimaksud diatas, diyakini dapat meningkatkan kekakuan dari struktur dan mengurangi tegangan yang muncul. Dengan penambahan plat penyambung diharapkan beban akan lebih tersebar dalam area yang lebih besar sehingga tekanan yang dialami oleh batang tegak akan lebih berkurang. Siku pngaku tersebut berbentuk persegi enam sebagaimana terlihat pada gambar dibawah ini dan disambung dengan pengelasan pada rangka pada sisi luar. Sehingga, total ada 4 posisi yang diberi plat penyambung ini.

Analisis numerik yang sama dilakukan terhadap model struktur rangka AMMDes yang telah diperkuat dengan plat penyambung untuk mengetahui pengaruhnya terhadap kekakuan dan tegangan maksimum yang muncul. Hasil dari

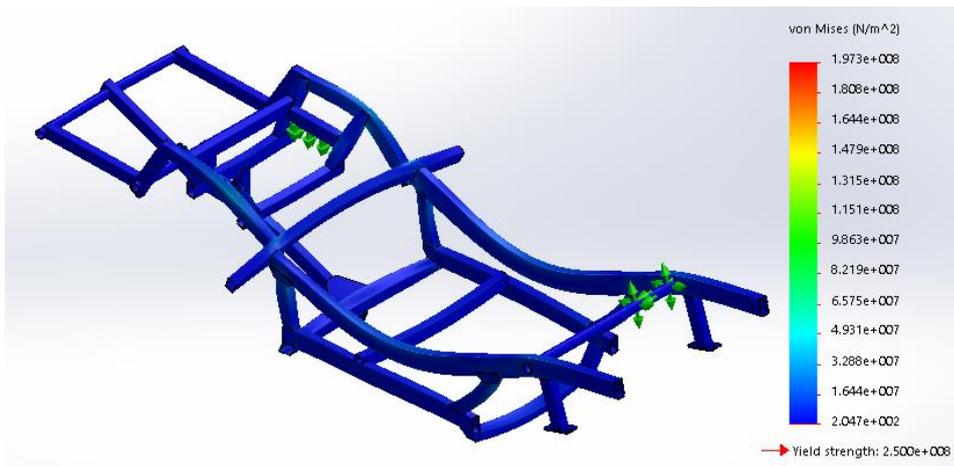
simulasi ini ditunjukkan pada gambar 3, 4, 5 dan 6 pada bagian (b). Gambar tersebut menunjukkan adanya pengaruh yang signifikan terhadap struktur akibat penambahan plat penyambung pada sambungan. Tabel 3 menunjukkan besaran nilai dari tegangan maksimum dan defleksi pada struktur dengan penguat lebih kecil dibandingkan dengan struktur tanpa penguat. Konsentrasi tegangan yang muncul pada sambungan sebagaimana terlihat pada gambar 6 juga memperlihatkan daerah berwarna merah pada area tersebut menjadi lebih kecil dibandingkan dengan struktur tanpa plat penyambung. Dengan demikian, penambahan siku penguat sangat efektif meningkatkan kekakuan dan mengurangi tegangan yang timbul pada rangka struktur AMMDes.



Gambar 3. Geometri plat penyambung yang dipasang.

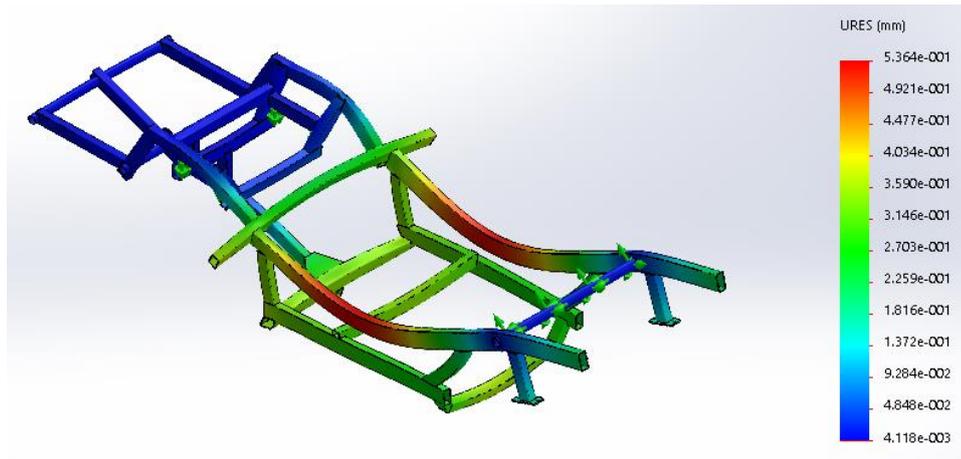


(a) Tanpa plat penyambung

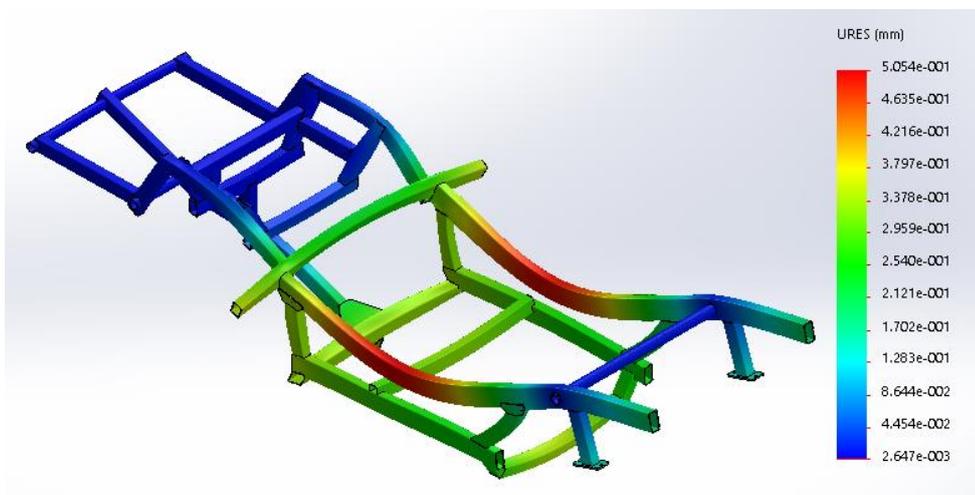


(b) Dengan plat penyambung

Gambar 4. Tegangan pada rangka struktur.

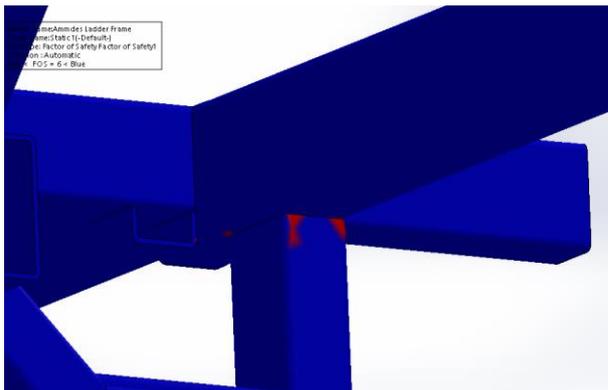


(a) Tanpa plat penyambung

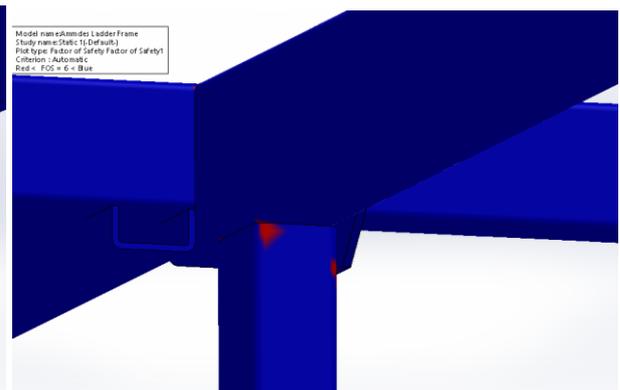


(b) Dengan plat penyambung

**Gambar 5.** Defleksi pada struktur.

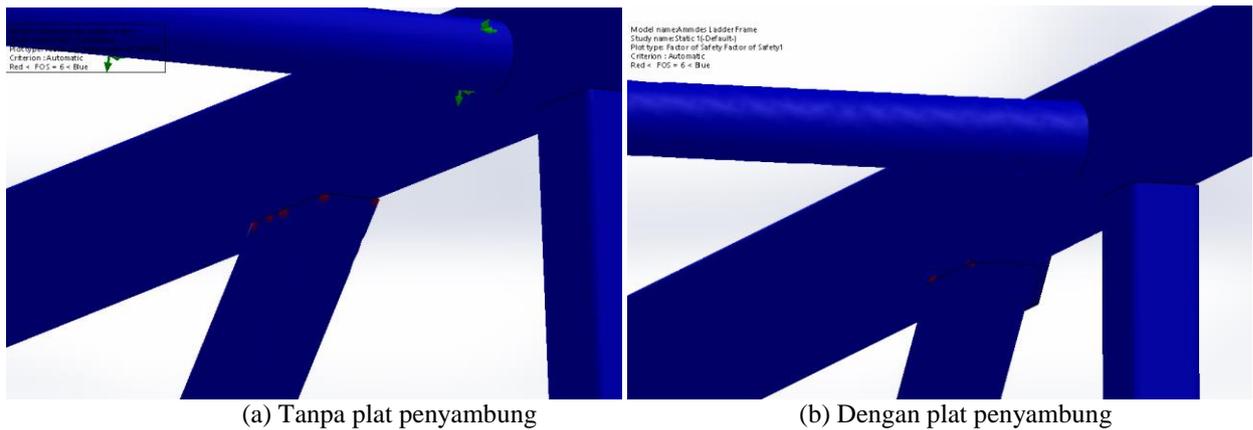


(a) Tanpa plat penyambung



(b) Dengan plat penyambung

**Gambar 6.** Konsentrasi tegangan pada area sambungan depan.



Gambar 7. Konsentrasi tegangan pada area sambungan belakang.

Tabel 3. Perbandingan hasil simulasi antara rangka tanpa dan dengan plat penyambung.

	Tanpa Pengaku	Dengan Pengaku
Tegangan Maksimum (N/mm)	228.4	197.3
Displacement (mm)	0.5364	0.5054

#### 4. Kesimpulan

Analisis menggunakan metode elemen hingga diterapkan pada penelitian ini untuk menguji pengaruh dari pembebanan terhadap kekakuan dan kekuatan dari struktur rangka AMMDes. Hasil dari simulasi menunjukkan munculnya tegangan kritis dari rangka struktur ini sebesar 228.4 N/mm<sup>2</sup> dengan defleksi sebesar 0.5364 mm. Penambahan plat penyambung atau *connection plate* pada area yang mengalami tegangan kritis menunjukkan adanya peningkatan kekakuan dari struktur dan mengurangi tegangan yang muncul.

#### Ucapan Terima Kasih

Ucapan terima kasih kami ucapkan kepada PT. Kreasi Mandiri Wintor Indonesia atas kerjasamanya dalam pelaksanaan penelitian ini. Ucapan yang sama juga kami tujukan kepada Pusat Penelitian Universitas Mercu Buana atas dukungan yang telah diberinkan sehingga penelitian ini dapat terlaksana.

#### Daftar Pustaka

- [1] Gustomo, G., 2019, "Analisis Kekuatan Rangka Bodi Bus Listrik Md12e Perseroan Terbatas Mobil Anak Bangsa dengan Metode Elemen Hingga," Universitas Negeri Semarang.
- [2] Jabbar, P., Khan, M.M., Kumar, P., Sharma, A., 2014, "Structural Analysis of a Heavy Vehicle Chassis Made of Different Alloys by Different Cross Sections," Int. J. Eng. Res. Technol., 3(6): 1778–1785.
- [3] Ghodvinde, K., Wankhade, S. R., 2014, "Structural Stress Analysis of an Automotive Vehicle Chassis," Int. J. Mech. Eng. Robot., 2(6): 44–49.
- [4] Hashimoto, M., Karita, K., Kobiki, T., Kohiyama, Y., Ooshima, K., 2003, "Development of Aluminum Frame for Heavy-Duty Trucks," Tech. Rev. Japan, 15: 81–84.
- [5] PT. Kreasi Mandiri Wintor Indonesia, "Sejarah AMMDes," <https://www.kmwi-astra.com/sejarah-ammdes/>, diakses: 8 November 2020.
- [6] Kurowski, P., 2013, "Engineering Analysis with SolidWorks Simulation 2013," SDC publications.
- [7] Haggag, F.M., Mathew, M.D., Murty, K.L., Shah, V.N., Wang, Y., 1998, "Nondestructive determination of tensile properties and fracture toughness of cold worked A36 steel," Int. J. Press. Vessel. Pip., 75(11): 831–840.