

# Analisis Tegangan pada Struktur Sasis Lowbed Trailer dengan Metode Elemen Hingga

Friska Nur Anggraeni<sup>1\*</sup>, Mohammad Miftachul Munir<sup>2</sup>, dan Mohamad  
Hakam<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Program Studi D4 Teknik Desain dan Manufaktur, Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan  
Negeri Surabaya, Indonesia

<sup>2</sup> Program Studi D4 Teknik Pengelasan, Jurusan Teknik Bangunan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri  
Surabaya, Indonesia

e-mail: [friskanuranggraeni31@gmail.com](mailto:friskanuranggraeni31@gmail.com)

## Abstract

*The demand for heavy equipment is rising alongside industrial growth. The 120-ton Lowbed Trailer Dolly, owned by CV. XYZ, is commonly used for transporting heavy loads. Its chassis structure is crucial for supporting the truck and cargo. Structural analysis can help determine the strength and critical points with the highest stress, as well as the necessary structural stability to withstand the applied load. To understand the stress distribution and loading conditions, theoretical calculations were performed for comparison, along with 3D modeling using two types of beams: flat and arch. Furthermore, finite element analysis was conducted using Fusion 360 software (Education License). Theoretical calculation had a stress of 149.74 MPa and the stress analysis showed the flat-type beam had a stress of 168.925 MPa (below the maximum allowable stress of 233.33 MPa), while the arch-type beam had 267.097 MPa (exceeding the maximum allowable stress). Thus, the flat-type model is considered safe for a 120-ton load. The percentage error between theoretical calculations and simulation results is 11.39% for flat-type and 43.49% for arch-type models.*

**Keywords:** stress analysis; lowbed trailer; 3D modeling; chassis structure; finite element.

## 1. Pendahuluan

Perkembangan industri manufaktur yang pesat sejalan dengan peningkatan aktivitas dibidang logistik dan distribusi dalam proses produksi maupun konstruksi, seperti pertambangan, bahan baku, material bangunan, dan peralatan terutama dengan muatan berat. Proses saat pendistribusian diperlukan alat berat pengangkut untuk mengangkut muatan berat tersebut. Penggunaan alat berat pengangkut yang sesuai dapat membantu peningkatan efisiensi dan produktivitas dalam proses pengangkutan dan distribusi barang, juga dapat membantu mengurangi resiko kecelakaan kerja. Kebutuhan akan alat-alat berat ini juga akan terus meningkat seiring dengan pertumbuhan industri. Armada angkutan yang memadai dibutuhkan untuk dapat bersaing pada industri distribusi logistik. Transportasi jalan menjadi tulang punggung perdagangan di seluruh dunia (Ibrahim, Ali dan Kamel, 2022). Alat berat pengangkut darat yang digunakan untuk membantu transportasi dan distribusi ke lokasi yang dibutuhkan, terutama dengan muatan berat ini seperti truk dan trailer.

Pertumbuhan bisnis yang bergerak dibidang penjualan alat berat dari tahun ke tahun diperkirakan akan terus mengalami peningkatan seiring dengan pesatnya pertumbuhan sektor-sektor industri yang membutuhkan alat berat (Putra, 2019). Berdasarkan data dari Perhimpunan Agen Tunggal Alat Berat Indonesia (PAABI) menunjukkan bahwa hingga Agustus 2021, penjualan alat berat diseluruh sektor mencapai 8.821 unit, meningkat 99 persen dari penjualan pada Januari- Agustus 2020, sebanyak 4.440 unit (Lestari, 2021). Lowbed trailer menjadi salah satu jenis armada pengangkut yang umum digunakan untuk pendistribusian muatan berat seperti peralatan konstruksi, mesin, dan bangunan besar. Karena beban tonase yang diangkut sangat besar, maka untuk dapat memproduksi armada yang berkualitas harus memperhatikan sejumlah faktor. Termasuk desain yang sesuai dengan kebutuhan, pemilihan material yang tepat, proses produksi yang efisien, juga analisis strukturnya.

Analisis struktur memiliki peran yang sangat penting dalam industri manufaktur, termasuk dibidang produksi armada pengangkut alat berat seperti lowbed trailer. Hal ini dikarenakan analisis struktur dapat membantu dalam menentukan kekuatan dan titik kritis yang memiliki tegangan tertinggi, serta stabilitas struktur yang diperlukan untuk menahan beban yang diterima, terutama dengan beban yang besar. Sehingga dapat membantu dalam peningkatan efisiensi, mengurangi resiko kecelakaan kerja, dan timbulnya masalah- masalah lain akibat dari proses pendistribusian muatan berat, karena tak jarang medan yang harus dilewati cukup ekstrim, seperti daerah pertambangan, ditambah dengan membawa muatan dengan beban yang besar. Struktur *chassis* pada *lowbed trailer* memegang peranan penting karena merupakan struktur paling utama yang berfungsi untuk menopang berat truk dan barang yang dimuat. Analisis struktur yang digunakan salah satunya adalah dengan menggunakan metode elemen hingga (MEH).

Pada penelitian ini, untuk mengetahui distribusi tegangan yang terjadi pada struktur sasis *lowbed trailer* dilakukan perbandingan antara perhitungan teoritis dengan hasil analisis dan simulasi yang dilakukan dengan menggunakan metode elemen hingga (MEH). Lowbed trailer yang akan diujikan ini adalah *Lowbed Trailer Dolly* dengan kapasitas 120 Ton milik CV. XYZ, yang merupakan salah satu perusahaan fabrikasi truk dan trailer. Pemodelan 3D dibuat untuk selanjutnya dilakukan analisis dengan menggunakan software Fusion 360 (*Education License*). Sehingga melalui penelitian ini diharapkan akan didapatkan perbaikan desain, peningkatan efisiensi, dan efektifitas biaya yang kemudian dapat diaplikasikan pada produksi manufaktur lowbed trailer selanjutnya .

## 2. Metode Penelitian

### 2.1 Metode Elemen Hingga

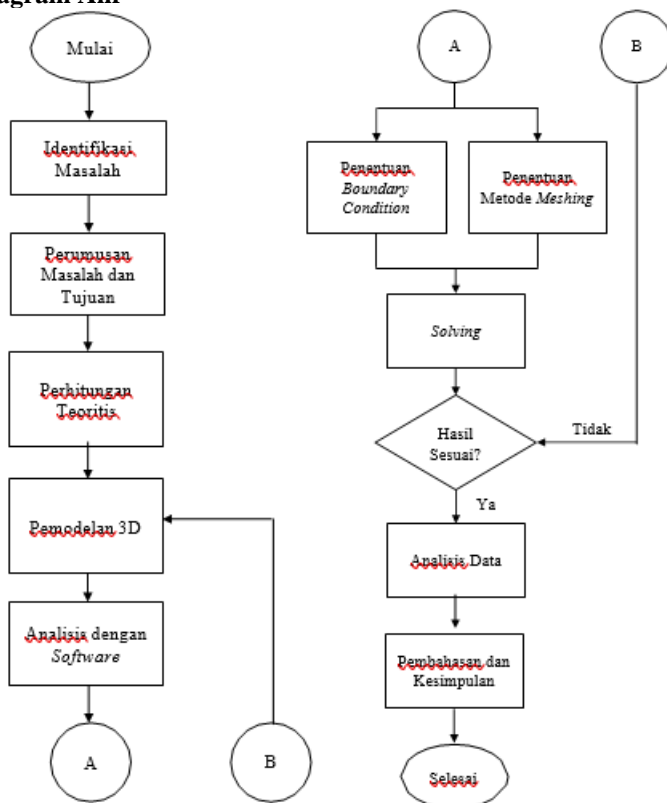
Metode elemen hingga merupakan salah satu dari metode simulasi numerik yang digunakan untuk memperkirakan respon/perilaku suatu struktur dalam kondisi tertentu dengan membagi komponen/struktur tersebut menjadi bagian-bagian yang lebih kecil (diskretisasi) yang disebut dengan elemen yang jumlahnya berhingga (Aiyubi, 2009). Dalam persoalan- persoalan yang menyangkut geometri yang rumit, seperti persoalan pembebanan terhadap struktur yang kompleks, pada umumnya sulit dipecahkan dengan melalui matematika analisis. Hal ini disebabkan karena matematika analisis memerlukan besaran atau harga yang harus diketahui pada setiap titik suatu struktur yang dikaji. Sehingga formulasi dari metode elemen hingga dapat digunakan untuk membantu permasalahan ini. Dasar dari metode elemen hingga adalah membagi beban kerja (kontinum) menjadi elemen-elemen diskrit yang berhingga, sehingga dapat menghitung reaksi akibat beban pada kondisi batas yang ditentukan dengan lebih sederhana.

Proses pembagian suatu komponen/struktur menjadi beberapa bagian disebut dengan meshing. Dengan

adanya perkembangan teknologi yang pesat, maka saat ini lebih banyak *software* FEA untuk membantu merancang suatu komponen dan sistem. Sehingga dapat mengurangi kesulitan dan menghemat waktu apalagi dalam perhitungan melalui persamaan diferensial yang dilakukan secara berulang-ulang hingga diperoleh hasil yang tepat. Output yang didapatkan dari hasil simulasi komputer dapat berupa data yang akan membantu untuk mengetahui besar tegangan minimum dan maksimum yang terjadi.

Dalam proses analisis suatu struktur dengan elemen hingga, ukuran *meshing* yang lebih halus biasanya akan menghasilkan solusi yang lebih akurat. Namun, saat *meshing* dibuat lebih halus maka akan semakin lama juga waktu komputasinya. Sehingga, salah satu rekomendasi untuk menentukan jumlah elemen dengan akurasi solusi yang bisa diterima dalam suatu analisis elemen hingga adalah dengan melakukan studi konvergensi (*convergence study*) terhadap solusi yang diperoleh. Studi konvergensi adalah salah satu cara untuk menentukan ukuran elemen yang tepat dalam perhitungan elemen hingga, sehingga analisis dapat memperoleh nilai yang valid.

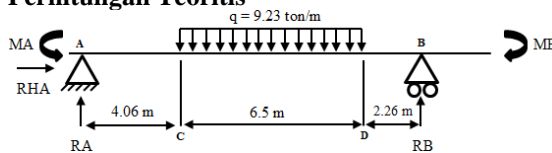
## 2.2 Diagram Alir



Gambar 1. Diagram Alir

## 3. Hasil dan Diskusi

### 3.1. Perhitungan Teoritis



Gambar 2. Pembebanan pada Main Beam

Material yang digunakan dalam pembuatan main beam adalah material high tensile strength steel ASTM A514 dengan material properties yang ditunjukkan pada Tabel 1. berikut.

Property	Symbol	Value	Unit
Density	$\rho$	7850	Kg/m <sup>3</sup>
Yield Strength	$S_y$	700	MPa
Tensile Strength	$S_u$	780-930	MPa
Modulus of Elasticity	$E$	200	GPa
Endurance Limit	$\sigma_{allowable}$	390	MPa

Berdasarkan Gambar 2 diketahui nilai Mmax pada jarak x = 2.79 dari titik C, sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 M_{max} &= RVA(x + x) - q \cdot x \cdot \frac{1}{2}x \quad (1) \\
 &= 25.79(4.06 + 2.79) - 4.62(2.79)^2 \\
 &= 140.72 \text{ t.m}
 \end{aligned}$$

Untuk dapat menentukan nilai tegangan maksimumnya dibutuhkan nilai inersia pada profil yang ditinjau. Persamaan nilai momen inersia adalah sebagai berikut :

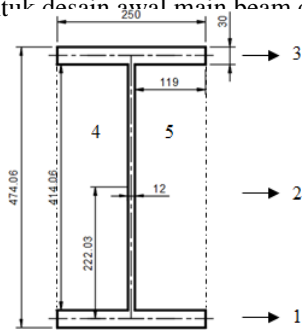
$$I = bh^3/12 \quad (2)$$

Dimana,

b = Sisi horizontal sumbu y

h = Sisi tegak lurus dari sumbu x

Untuk desain awal main beam dari profil yang dipakai ditunjukkan pada Gambar 3.



**Gambar 3.** Profil Main Beam

Sehingga momen inersianya adalah ;

$$\begin{aligned}
 I &= 250 \cdot 474.06^3/12 \\
 &= 0.002219 \text{ m}^4
 \end{aligned}$$

Dengan diketahui nilai mome maksimum sebesar 140.72 t m dan jarak yang di tinjau terhadap garis netral menuju titik tungan dari penampang adalah 237.028 mm atau 0.24. Maka perhitungan tegangan lentur maksimum yang terjadi pada penampang main beam adalah sebagai berikut ;

$$\sigma_{max} = M \cdot c / I \quad (3)$$

Dimana,

M = Momen yang bekerja

c = Jarak dari sumbu yang ditinjau

I = Momen Inersia

Sehingga,

$$\begin{aligned}
 \sigma_{max} &= \frac{140.72 \cdot 0.24}{0.002219} \\
 &= 149.74 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

Sedangkan untuk mengetahui nilai tegangan ijin ( $\sigma_{ijin}$ ) atau tegangan yang tidak boleh dilampaui bagian manapun pada suatu struktur adalah dengan menggunakan persamaan sebagai berikut ;

$$\sigma_{ijin} = (\sigma_y) / (SF) \quad (4)$$

Dimana,

$\sigma_{ijin}$  = Tegangan Ijin

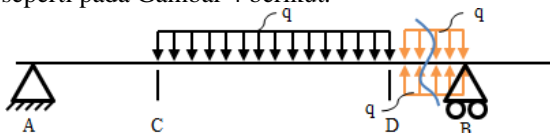
$\sigma_y$  = Yield Strength

SF = Safety Factor

Dengan diketahui nilai yield strength pada material ASTM A514 adalah 700 MPa dan nilai safety factor nya adalah sebesar 3. Sehingga perhitungan nilai tegangan ijin nya adalah sebagai berikut ;

$$\sigma_{ijin} = 700/3 = 233.33 \text{ Mpa}$$

Untuk menghitung nilai defleksi yang terjadi pada penampang main beam, digunakan uraian ilustrasi seperti pada Gambar 4 berikut.



**Gambar 4.** Asumsi Penambahan Beban Merata

Sedangkan untuk mengetahui nilai momen yang terjadi pada perpotongan dengan jarak  $x$  dengan diketahui panjang penampang  $L = 12.82$  m, digunakan metode integral ganda sebagai berikut :

$$EIy = \frac{RA \cdot x^3}{6} - \frac{q}{24}(x - a)^4 + \frac{q}{24}(x - (a + c))^4 + C_1x + C_2 \quad (5)$$

Bila diketahui nilai  $RA = 25.79$  ton, nilai  $q = 9.23$  t/m, jarak  $a = 4.06$  m dan jarak  $c = 6.50$  m maka,

Jika  $x = 0$  dan  $y = 0$ ,

$$0 = \frac{25.79(0)^3}{6} - \frac{9.23}{24}(0 - 4.06)^4 + \frac{9.23}{24}(0 - (4.06 + 6.50))^4 + C_1 \cdot 0 + C_2$$

$$C_2 = 0$$

Jika  $x = L$  dan  $y = 0$ , dengan mensubstitusikan nilai  $C_2 = 0$  maka,

$$0 = \frac{25.79(12.82)^3}{6} - \frac{9.23}{24}(12.82 - 4.06)^4 + \frac{9.23}{24}(12.82 - 4.06 - 6.50)^4 + C_1 \cdot 12.82 + 0$$

$$C_1 = -530.50$$

Dengan diketahui nilai  $C_1 = -530.50$  dan jarak difleksi maksimum pada perhitungan reaksi sebelumnya diperoleh pada jarak  $x = 2.79$  dari titik C atau  $x = 6.85$  m (dari A ke x), nilai modulus elastisitas (E) material ASTM A514 adalah 200 GPa atau 20394324.26 ton/m<sup>2</sup> dan nilai momen inersia (I) dari penampang berdasarkan perhitungan sebelumnya adalah 0.002219 m<sup>4</sup>. Sehingga dilakukan perhitungan sebagai berikut :

$$EIy_{max} = \frac{25.79(6.85)^3}{6} - \frac{9.23}{24}(6.85 - 4.06)^4 + \frac{9.23}{24}(6.85 - 4.06 - 6.50)^4 + (-530.50)(6.85) + 0$$

$$y_{max} = -50.27 \text{ mm}$$

### 3.2. Pembuatan Konsep Desain

Pembuatan model 3D dari struktur sasis *lowbed trailer* menggunakan *software* Autodesk Fusion 360 *student version* dengan mengacu pada *original drawing* dari *lowbed trailer dolly* 120 ton. Pemodelan dibuat dengan menggunakan 2 tipe system struktur *main beam*, yaitu tipe *flat* pada Gambar 5 sesuai dengan *original detail drawing* dan tipe lengkung atau arch pada Gambar 6.



Gambar 5. 3D Modeling Lowbed Tipe Flat

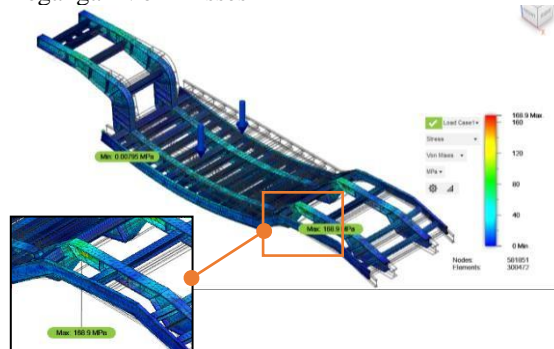


Gambar 6. 3D Modeling Lowbed Tipe Arch

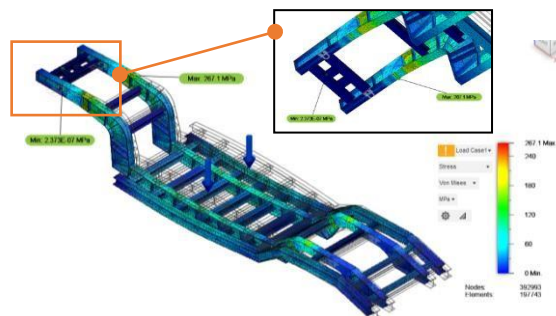
### 3.3. Pemilihan Konsep

Berdasarkan dari simulasi pembebanan yang telah dilakukan didapatkan hasil analisis berupa tegangan *von mises*, defleksi yang terjadi pada struktur, dan juga hasil *convergence plot* sebagai berikut ;

- a. Tegangan Von Misses



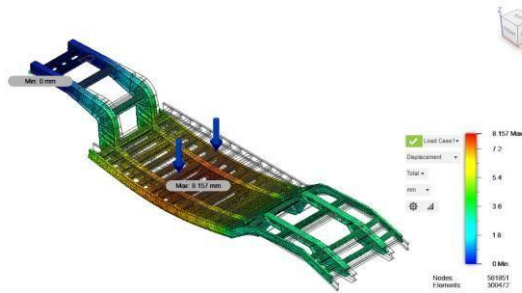
Gambar 7. Tegangan Von Mises Lowbed Tipe Flat



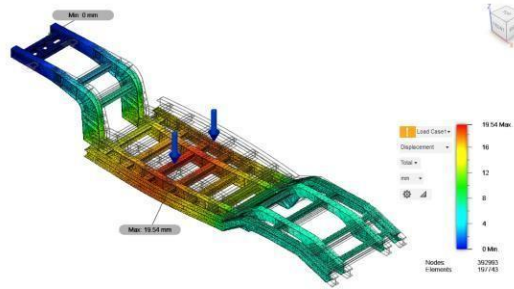
Gambar 8. Tegangan Von Mises Lowbed Tipe Arch

Berdasarkan Gambar 7 didapatkan nilai tegangan *von mises maximum* untuk *lowbed trailer* dengan tipe *beam flat* sebesar 168.9 MPa. Berdasarkan Gambar 8 didapatkan nilai tegangan *von mises maximum* untuk *lowbed trailer* dengan tipe *beam arch* sebesar 267.1 MPa.

b. Defeksi



Gambar 9. Defleksi Lowbed Tipe Flat



Gambar 10. Defleksi Lowbed Tipe Arch

Berdasarkan Gambar 9 didapatkan nilai defleksi *maximum* untuk *lowbed trailer* dengan tipe *beam flat* sebesar 8.157 mm. Berdasarkan Gambar 10 didapatkan nilai defleksi *maximum* untuk *lowbed trailer* dengan tipe *beam arch* sebesar 19.54 mm.

c. Convergence Plot

Berdasarkan hasil convergence plot pada lowbed tipe flat, didapatkan nilai toleransi 0.253% yang dicapai dibawah target toleransi yang direncanakan, yaitu sebesar 1%, dengan artian semakin kecil nilai toleransi yang dicapai, maka semakin mendekati akurat nilai hasil simulasi tersebut. Hasil ini dirangkum dalam Tabel 2 sebagai berikut.

Tabel 2. Hasil Konvergensi Lowbed Tipe Flat

<i>Solution Step</i>	<i>Von Mises (MPa)</i>	<i>Tolerance %</i>
1	137.495	-
2	168.497	18.39
3	168.925	0.25

Sedangkan berdasarkan convergence plot pada lowbed untuk tipe lengkung, didapatkan nilai toleransi 0.532% yang dicapai dibawah target toleransi yang direncanakan, yaitu sebesar 1%, dengan artian semakin kecil nilai toleransi yang dicapai, maka semakin mendekati akurat nilai hasil simulasi tersebut. Hasil ini dirangkum dalam Tabel 3 sebagai berikut.

Tabel 3. Hasil Konvergensi Lowbed Tipe Arch

<i>Solution Step</i>	<i>Von Mises (MPa)</i>	<i>Tolerance %</i>
1	202.014	-
2	265.473	23.9
3	268.517	1.13
4	267.097	0.532

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil perhitungan tegangan dari struktur sasis *lowbed trailer* secara teoritis didapatkan nilai tegangan maksimum sebesar 149.74 MPa yang masih dibawah nilai tegangan ijin yaitu sebesar 233.33 MPa. Sehingga berdasarkan perhitungan teoritis, model dapat dinyatakan aman untuk menampung muatan sebesar 120 ton.

Pembuatan model 3D menggunakan *software* Autodesk Fusion 360 *student version* dengan mengacu pada *original drawing* dari *lowbed trailer dolly* 120 ton milik CV. XYZ. Keseluruhan struktur dimodelkan sedemikian rupa sehingga menyerupai struktur aktual yang direncanakan untuk mendapatkan hasil yang

menyerupai keadaan sebenarnya saat terjadi pembebanan dan saat disimulasikan dengan menggunakan *software*. Model dibuat dengan 2 (dua) tipe *beam* yaitu *flat* dan lengkung (*arch*).

Analisis metode elemen hingga dengan sistem analisis *static stress* dilakukan dengan menggunakan *software* Autodesk Fusion 360 *student version*. Pada hasil analisis ini, didapatkan nilai tegangan maksimum sebesar 168.925 MPa untuk *lowbed* dengan tipe *flat* dan 267.097 MPa untuk *lowbed* dengan tipe lengkung atau *arch*. Berdasarkan hasil simulasi model dapat dinyatakan aman untuk menampung muatan sebesar 120 ton adalah model dengan tipe *flat* karena nilainya dibawah tegangan ijin. Presentase error antara tegangan hasil perhitungan teoritis dengan hasil simulasi untuk model tipe *flat* didapatkan perbedaan sebesar 11.36% dan untuk model tipe lengkung didapatkan perbedaan sebesar 43.94%.

Beberapa saran yang dapat dilakukan untuk penelitian lebih lanjut yaitu dengan mencari variasi dari bentuk dan struktur sasis *lowbed trailer* lain, sehingga desain sasis *lowbed trailer* yang disimulasikan lebih bervariasi lagi dan juga analisis metode elemen hingga yang dilakukan tidak hanya terbatas pada sistem analisis *static stress* saja, namun bisa divariasikan untuk sistem analisis yang lain, sehingga didapatkan hasil sistem analisis yang bervariasi.

### Daftar Pustaka

- Aiyubi (2009) *Mesh Refinement dalam FEM*, *aiyubi.wordpress.com*. Tersedia pada: <https://aiyubi.wordpress.com/2009/01/23/test/> (Diakses: 17 Januari 2023).
- Ibrahim, A.M., Ali, A.M. dan Kamel, H. (2022) "Design and optimization of a missile transporter semi-trailer structure," *Journal of Physics: Conference Series*, 2299(1). Tersedia pada: <https://doi.org/10.1088/1742-6596/2299/1/012002>.
- Lestari, R. (2021) *Produksi Alat Berat Diproyeksi Tumbuh 40 Persen pada 2022*, *bisnis.com*. Tersedia pada: <https://ekonomi.bisnis.com/read/20211206/257/1474361/produksi-alat-berat-diproyeksi-tumbuh-40-persen-pada-2022> (Diakses: 3 Januari 2023).
- Putra, T.H.S. (2019) "Rancang Bangun Sistem Informasi Penjualan," *Interkom*, 3(2), hal. 76–93. Tersedia pada: <http://e-journal.rosma.ac.id/index.php/interkom/article/view/31>.