



## **Desain dan Simulasi Elemen Hingga *Gantry Crane* Kapasitas 9 Ton Menggunakan Autodesk Inventor 2017**

**Lasinta Ari Nendra Wibawa<sup>1,2</sup>**

<sup>1</sup> Mahasiswa Pascasarjana Teknik Mesin, Universitas Sebelas Maret, Surakarta

<sup>2</sup> Balai Uji Teknologi dan Pengamatan Antariksa dan Atmosfer, Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional (LAPAN), Garut  
Email: lasinta.ari@lapan.go.id

### **Abstract**

*Currently, the gantry crane in LAPAN Garut still uses steel material. The steel material is protected using a coating to minimize the impact of corrosion. However, this method is less efficient, considering the corrosion rate in LAPAN Garut is very high because it is located on the coast of Cilauteureun. It also creates problems in terms of maintenance because it has to be done regularly and periodically repainting. In addition, not all equipment is available maintenance funds every year. The objective of this paper is to design and analyze the stress of a gantry crane with a capacity of 9 tons using Aluminum 6061 material. The material used is three units of JIS G 3192 H standard frame (I-shape) with a size of 150 x 150 x 7 mm, four units of JIS G 3466 frame (square profile) with a size of 150 x 150 x 6 mm, and four units of JIS G 3466 frame (square profile) with a size of 125 x 125 x 6 mm. Finite element analysis is performed using Autodesk Inventor Professional 2017 software. The simulation results show that the gantry crane has a mass, von Mises stress, deformation, and safety factors respectively at 165.36 kg; 132.9 MPa; 13.67 mm; and 2.07.*

**Keywords:** aluminium 6061; finite element analysis; autodesk inventor 2017; gantry crane

### **Abstrak**

Saat ini *gantry crane* di LAPAN Garut masih menggunakan material baja. Material baja tersebut dilindungi menggunakan cat pelapis untuk meminimalkan dampak korosi. Namun, metode ini kurang efisien mengingat laju korosi di LAPAN Garut sangat tinggi karena terletak di pesisir Pantai Cilauteureun. Hal ini juga menimbulkan masalah dalam hal perawatan karena harus dilakukan pengecatan ulang secara teratur dan berkala. Selain itu, tak semua peralatan tersedia dana perawatan setiap tahun. Tujuan dari makalah ini adalah mendesain dan menganalisis tegangan dari *gantry crane* dengan kapasitas 9 ton menggunakan material Aluminium 6061. Material yang digunakan adalah tiga unit rangka standar JIS G 3192 H (I-shape) dengan ukuran 150 x 150 x 7 mm, empat unit rangka JIS G 3466 (*square profile*) dengan ukuran 150 x 150 x 6 mm, dan empat unit rangka JIS G 3466 (*square profile*) dengan ukuran 125 x 125 x 6 mm. Analisis elemen hingga dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak Autodesk Inventor Professional 2017. Hasil simulasi menunjukkan bahwa *gantry crane* memiliki massa, tegangan *von Mises*, deformasi, dan faktor keamanan berturut-turut sebesar 165,36 kg; 132,9 MPa; 13,67 mm; dan 2,07.

**Kata kunci:** aluminium 6061; analisis elemen hingga; autodesk inventor 2017; gantry crane

### **1. PENDAHULUAN**

*Crane* merupakan salah satu alat berat dalam suatu industri. *Crane* sebagian besar digunakan dalam bidang transportasi, konstruksi, dan industri manufaktur [1][2]. *Crane* sering digunakan untuk memindahkan

material berat dari satu tempat ke tempat lain [3][4]. Beberapa jenis *crane* antara lain *tower crane*, *mobile crane*, *crawler crane*, *hydraulic crane*, dan *hoist crane* [5].

*Hoist crane* adalah salah satu jenis *crane* yang sering digunakan dalam ruangan atau gedung. *Hoist crane* biasanya terdapat pada fasilitas perawatan, produksi, pelabuhan, dan perbengkelan [6][7]. *Hoist crane* umumnya terbagi tiga jenis yaitu *overhead crane*, *semi gantry*, dan *gantry crane*. *Gantry crane* merupakan jenis *hoist crane* yang konstruksi kedua kakinya berjalan di atas rel untuk bergerak maju atau mundur. *Gantry crane* banyak diaplikasikan di berbagai industri [8][9].

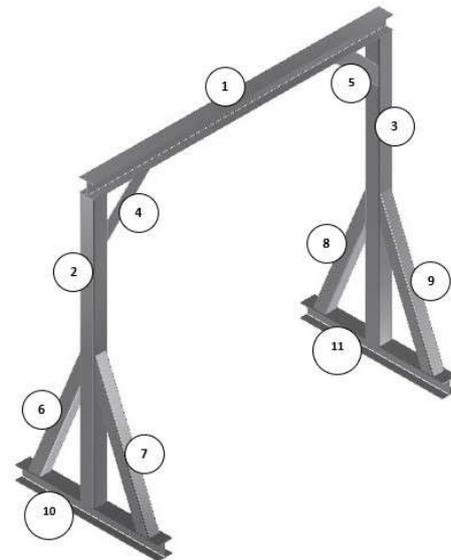
Saat ini *gantry crane* di LAPAN Garut masih menggunakan material baja. Material baja tersebut dilindungi menggunakan cat pelapis untuk meminimalkan dampak korosi. Namun, metode ini kurang efisien mengingat laju korosi di LAPAN Garut sangat tinggi karena terletak di pesisir Pantai Cilauteureun. Hal ini juga menimbulkan masalah dalam hal perawatan karena harus dilakukan pengecatan ulang secara teratur dan berkala. Selain itu, tak semua peralatan tersedia anggaran untuk perawatan tiap tahun.

*Gantry crane* dapat mengalami kegagalan karena beberapa faktor. Tegangan bending, deformasi plastis karena beban yang berlebihan, kurangnya perawatan (*maintenance*), korosi [10], dan fatik adalah beberapa penyebab kegagalan *gantry crane* [11]. Konstruksi *gantry crane* khususnya yang terbuat dari material baja memiliki beberapa kelemahan. Massa jenis baja (*mild steel*) yang mencapai  $7,85 \text{ g/cm}^3$  membuat konstruksi menjadi berat secara keseluruhan. Hal ini perlu diperhitungkan mengingat kapasitas angkat *gantry crane* juga dipengaruhi oleh berat dari konstruksi itu sendiri. Pemilihan material yang lebih ringan tentunya perlu dilakukan agar kapasitas angkat *gantry crane* lebih efektif. Selain itu, material baja yang telanjur terkena korosi menjadi sulit untuk diprediksi kekuatan yang sesungguhnya.

Pemilihan material merupakan bagian dari proses manufaktur sebuah desain produk. Pemilihan material bertujuan mencari material yang memiliki sifat yang sesuai dengan persyaratan yang dibutuhkan dalam proses desain. Aluminium 6061 dipilih sebagai material untuk rangka *gantry crane* dengan kapasitas angkat 9 Ton. Salah satu keunggulan material Aluminium 6061 yaitu kekuatan luluh (*yield strength*) tinggi, massa jenis ringan, dan tahan korosi. Aluminium 6061 juga telah digunakan di berbagai aplikasi khususnya dalam bidang konstruksi yang membutuhkan kekuatan tinggi.

## 2. METODE PENELITIAN

Material yang digunakan untuk merancang *gantry crane* yaitu Aluminium 6061. Jenis, standar, dan ukuran rangka material secara lengkap dapat dilihat pada Gambar 1 dan Tabel 1.



Gambar 1. Desain 3D *gantry crane*.

Tabel 1. Dimensi rangka dari *gantry crane*.

Keterangan	Standar	Ukuran (mm)
Rangka 1	JIS G 3192 H	150 x 150 x 7
Rangka 2	JIS G 3466	150 x 150 x 6
Rangka 3	JIS G 3466	150 x 150 x 6
Rangka 4	JIS G 3466	150 x 150 x 6
Rangka 5	JIS G 3466	150 x 150 x 6
Rangka 6	JIS G 3466	125 x 125 x 6
Rangka 7	JIS G 3466	125 x 125 x 6
Rangka 8	JIS G 3466	125 x 125 x 6
Rangka 9	JIS G 3466	125 x 125 x 6
Rangka 10	JIS G 3192 H	150 x 150 x 7
Rangka 11	JIS G 3192 H	150 x 150 x 7

Penelitian ini menggunakan perangkat lunak Autodesk Inventor Professional 2017. Autodesk Inventor merupakan salah satu perangkat lunak (*software*) yang lebih menekankan pada pemodelan solid. Autodesk Inventor Professional adalah salah satu produk dari Autodesk Inc. USA yang dulu lebih familier dengan produk AutoCAD [12].

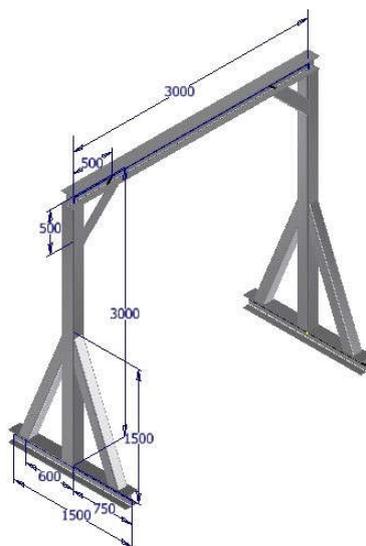
Analisis tegangan yang dilakukan oleh Autodesk Inventor menggunakan metode elemen hingga. Metode elemen hingga adalah teknik matematika numerik untuk menghitung kekuatan struktur komponen teknik dengan membagi obyek menjadi bentuk jala (*mesh*). Variabel yang tidak diketahui dari suatu elemen adalah nilai perpindahan untuk setiap titik node [13]. Metode elemen hingga telah banyak digunakan dalam analisis tegangan pada struktur *Crane* [14][15][16][17].

Asumsi pada saat melakukan analisis statik linier menggunakan Autodesk Inventor, yaitu:

1. Sifat material komponen tetap linier setelah batas luluh.
2. Deformasi komponen sangat kecil dibandingkan ukuran komponen secara keseluruhan.
3. Komponen bersifat kaku dan ulet. Misalnya, material logam (bukan karet).
4. Hubungan antar rangka dianggap kontak berikat (*bonded contact*). Artinya, permukaan antar rangka kaku satu sama lain. Kontak ini dapat berupa sambungan las atau adhesif.

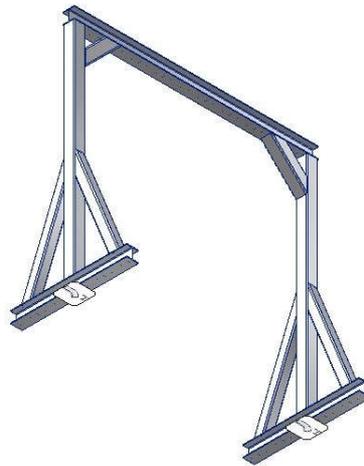
Prosedur menjalankan simulasi tegangan menggunakan *software* Autodesk Inventor Professional 2017 ada beberapa tahapan:

Pertama, mendesain rangka *gantry crane*. Desain meliputi dimensi dan susunan dari *gantry crane*. Dimensi *gantry crane* secara detail ditunjukkan pada Gambar 2.

Gambar 2. Dimensi *gantry crane* (dalam mm).

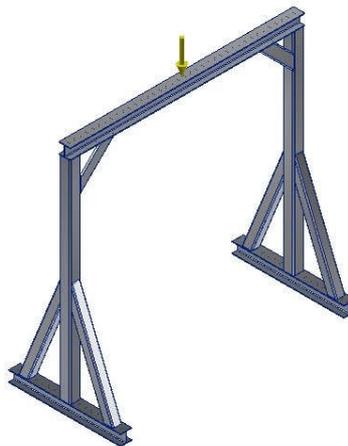
Kedua, menentukan jenis material yang digunakan. Material yang dipilih adalah Aluminium 6061. Standar rangka yang digunakan pada analisis menggunakan Autodesk Inventor adalah 3 batang rangka JIS G 3192 H (I-shape) dan 8 batang rangka JIS G 3466 (*square profile*).

Ketiga, menentukan batasan (*constraint*). Batasan yang digunakan adalah *fixed constraint* pada 2 (dua) kaki *gantry crane* yang ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. *Fixed constraint*.

Keempat, menentukan besarnya beban. Beban yang digunakan adalah 9 ton (9.000 kg). Beban dinyatakan dalam satuan *Newton* (N) dengan mengalikannya dengan percepatan gravitasi ( $9,81 \text{ m/s}^2$ ) menjadi 88.290 N. Lokasi beban ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Proses pembebanan.

Kelima, menjalankan proses *meshing*. Proses *meshing* pada simulasi ini membagi komponen menjadi 75245 node dan 37170 elemen seperti ditunjukkan pada Gambar 5.



Gambar 5. Proses *meshing*.

Keenam, menjalankan simulasi program. Simulasi program akan menghasilkan tegangan von Mises, deformasi (*displacement*), massa, dan *safety factor*. Simulasi program juga akan menampilkan titik-titik kritis dari desain yang telah kita buat.

Parameter analisis tegangan menggunakan Autodesk Inventor Professional 2017 secara lengkap dapat dilihat dari Tabel 2 berikut ini.

Parameter	Keterangan
Tipe Simulasi	<i>Single point</i>
Kapasitas	9 ton
Percepatan gravitasi	9,81 m/s <sup>2</sup>
Total muatan	88.290 N
<i>Average element size</i>	0,2 mm
<i>Minimum element size</i>	0,1 mm
<i>Safety factor</i>	Berdasarkan <i>yield strength</i>
Jumlah node	75245
Jumlah elemen	37170

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Tabel 3 menunjukkan sifat fisik material Aluminium 6061. Material Aluminium 6061 memiliki massa jenis (*density*) sebesar 2,70 gram/cm<sup>3</sup>. Hal ini berdampak pada massa total *gantry crane* yang relatif ringan yaitu seberat 165,36 kg.

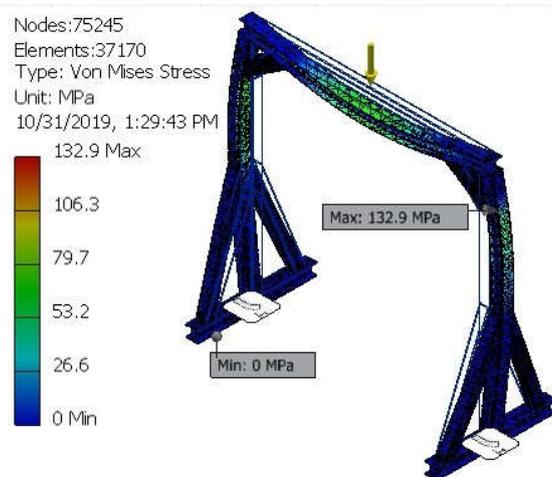
Material	Aluminium 6061
<i>Density</i>	2,70 g/cm <sup>3</sup>
<i>Mass</i>	165,36 kg
<i>Area</i>	17748500 mm <sup>2</sup>
<i>Volume</i>	61245100 mm <sup>3</sup>
<i>Center of Gravity</i>	x= 160,26 mm y= -164,01 mm z= -64, 24 mm
<i>Yield Strength</i>	275 MPa
<i>Ultimate Tensile Strength</i>	310 MPa
<i>Young's Modulus</i>	68,90 GPa
<i>Poisson's Ratio</i>	0,33 ul
<i>Shear Modulus</i>	25,90 GPa

### 3.1. Tegangan von Mises

Teori tegangan maksimum menyatakan bahwa kegagalan akan terjadi saat tegangan utama maksimum suatu komponen mencapai nilai tegangan maksimum pada batas elastis [18]. Teori ini digunakan untuk memprediksi kegagalan material getas. Namun, pada benda elastis yang berlaku beban tiga dimensi, tegangan kompleks bakal terjadi, yang berarti bahwa pada setiap titik di dalam benda ada tekanan yang bekerja dalam berbagai arah. Tegangan von Mises menghitung kombinasi tegangan pada titik tertentu yang akan menyebabkan kegagalan [19].

Kriteria von Mises menunjukkan bahwa material ulet mengalami luluh ketika invarian kedua tegangan deviatorik mencapai nilai kritis. Hal ini merupakan teori plastisitas yang berlaku paling baik untuk bahan ulet, terutama untuk material logam.

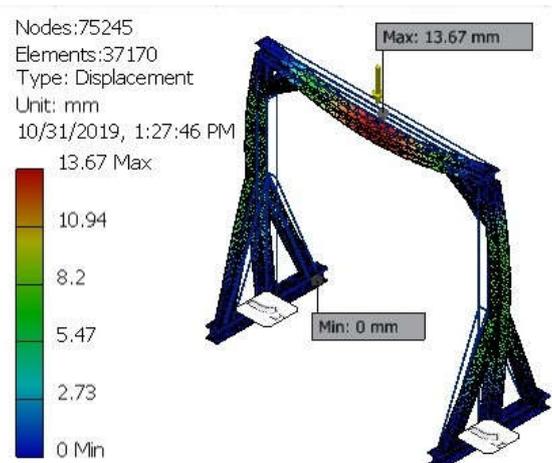
Gambar 6 menunjukkan hasil simulasi *gantry crane* terhadap beban 88.290 N. Tegangan von Mises maksimal sebesar 132,9 MPa. Tegangan von Mises masih berada di bawah kekuatan luluh (*yield strength*) material Aluminium 6061, yaitu sebesar 275 MPa.



Gambar 6. Tegangan von Mises *gantry crane* dengan beban 9 ton (88.290 N).

### 3.2. Deformasi

Deformasi (*displacement*) merupakan proses perubahan bentuk atau distorsi pada suatu komponen yang terjadi akibat beban atau tekanan. Deformasi merupakan salah satu indikator untuk mengetahui kekuatan material. Semakin kuat suatu material, maka nilai deformasi yang dihasilkan dari proses pembebanan semakin kecil. Semakin lemah suatu material, maka nilai deformasi yang dihasilkan dari proses pembebanan semakin besar. Nilai deformasi maksimal pada penelitian ini relatif kecil, yaitu 13,67 mm (Gambar 7).



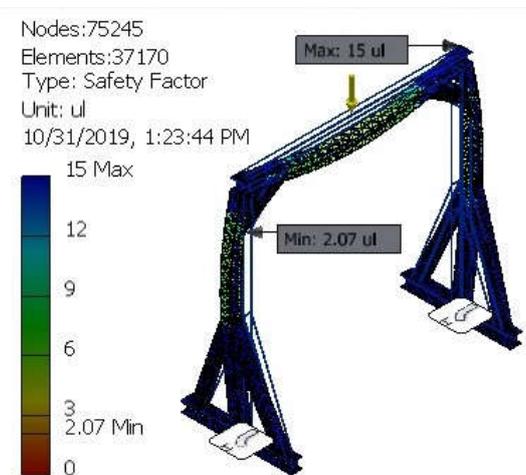
Gambar 7. Deformasi *gantry crane* dengan beban 9 ton (88.290 N).

### 3.3. Faktor Keamanan

Faktor keamanan (*safety factor*) juga menjadi salah satu indikator dari kekuatan material. Semakin kuat suatu material, maka nilai faktor keamanan yang dihasilkan dari proses pembebanan semakin besar. Demikian juga sebaliknya, semakin lemah suatu material, maka nilai faktor keamanan yang dihasilkan dari proses pembebanan semakin kecil. Faktor keamanan digunakan untuk mengevaluasi keamanan komponen atau struktur meskipun dimensi yang digunakan minimum [20].

Faktor keamanan dapat didasarkan pada salah satu batas tegangan tarik maksimum atau tegangan luluh dari material. Kekuatan luluh adalah tegangan minimum saat material mulai kehilangan sifat elastisnya, yaitu sifat material untuk kembali ke bentuk semula saat beban atau gaya dihilangkan. Kekuatan tarik maksimum adalah tegangan maksimum yang mampu dicapai suatu material sebelum patah. Pada penelitian ini, faktor keamanan berdasarkan pada kekuatan luluh (*yield strength*) karena *gantry crane* merupakan komponen yang digunakan secara berulang-ulang dengan beban bervariasi.

Faktor keamanan minimum menggunakan simulasi Autodesk Inventor dihitung sebagai kekuatan luluh dari material yang dibagi dengan tegangan von Mises maksimum. Nilai faktor keamanan kurang dari 1 (satu) menunjukkan kegagalan permanen dari sebuah desain.



Gambar 8. Faktor keamanan *gantry crane* dengan beban 9 ton (88.290 N).

Hasil simulasi secara umum menunjukkan rancangan *gantry crane* masih cukup aman untuk menahan beban 9 ton atau 88.290 N. Hal ini karena nilai faktor keamanan minimumnya sebesar 2,07 (Gambar 8). Nilai ini melebihi standar yang dipersyaratkan untuk suatu komponen mampu menahan beban dinamis. Beban dinamis perlu diantisipasi karena *gantry crane* kerap mengalami beban fluktuatif dari kapasitas beban yang diangkatnya. Faktor keamanan yang dipersyaratkan untuk suatu struktur mampu menahan beban dinamis yaitu pada kisaran nilai 2-3 [21].

### 4. KESIMPULAN

Hasil simulasi menunjukkan bahwa *gantry crane* memiliki massa, tegangan von Mises, deformasi, dan faktor keamanan berturut-turut sebesar 165,36 kg; 132,9 MPa; 13,67 mm; dan 2,07. Nilai tegangan von Mises tersebut masih jauh di bawah kekuatan luluh (*yield strength*) material Aluminium 6061, yaitu 275 MPa. Nilai faktor keamanan 2,07 menunjukkan desain dari *gantry crane* sangat aman untuk menahan beban hingga 9 ton.

### DAFTAR PUSTAKA

- [1]. E. R. Khan, V. S. Kardile, P. D. Dhakane, A. P. Gore, and B. D. Mahajan, "Design And Analysis of Crane Hook with Different Materials," *Int. J. Innov. Emerg. Res. Eng.*, vol. 4, no. 3, p. 7, 2017.
- [2]. L. Sowa and P. Kwiatoń, "Numerical Analysis of Stress Fields Generated in the Gantry Crane Beam," *Procedia Eng.*, vol. 177, pp. 218–224, 2017.
- [3]. N. R. Patel and N. S. Patel, "Design and Analysis of 50 Tonne Crane Hook for Optimization," vol. 3, no. 08, pp. 581–584, 2015.

- 
- [4]. I. Gerdemeli, S. Kurt, and O. Deliktaş, "Finite element analysis of the tower crane," in *14th International Research/Expert Conference*, 2010, no. September, pp. 561–564.
- [5]. P. E. Warsito, D. Pembimbing, I. Amiadji, M. Sc, S. Arief, and S. T. Mt, "Analisis Struktur Overhead Crane Kapasitas 35 Ton Dengan Modifikasi Tambahan Beban 6 Ton," pp. 1–5.
- [6]. M. H. Mabrouk and S. M. M. Abdelkhalek, "Design and Implementation of a Light Duty Gantry Crane," *Int. J. Eng. Res. Technol.*, vol. 3, no. 12, pp. 381–389, 2014.
- [7]. D. peng Zhang, W. ming Cheng, and B. Wang, "Variational analysis of mid-span deflection of gantry cranes," *J. Cent. South Univ.*, vol. 24, no. 11, pp. 2705–2716, 2017.
- [8]. L. Sowa and P. Kwiatóń, "Mathematical modeling of mechanical phenomena in the gantry crane beam," *J. Appl. Math. Comput. Mech.*, vol. 16, no. 3, pp. 97–104, 2017.
- [9]. M. A. Reddy and M. N. V. Krishnaveni, "Modelling and Analysis of Double Girder Gantry Crane," *Int. J. Eng. Manag. Res.*, vol. 6, no. 4, pp. 181–184, 2016.
- [10]. B. Xu, X. Y. Tang, Y. Jiang, and W. Gong, "Fatigue Life Assessment of Steel Structures of a Metallurgy Crane," in *Proceedings of the XXII International Conference MHCL'17*, 2017.
- [11]. L. A. N. Wibawa, "Desain dan Analisis Tegangan Struktur Crane Kapasitas 10 Ton Menggunakan Metode Elemen Hingga."
- [12]. L. A. N. Wibawa, *Merancang Komponen Roket 3D dengan Autodesk Inventor Professional 2017*. Buku Katta, 2018.
- [13]. I. Gerdemeli and S. Kurt, "Design and finite element analysis of gantry crane," *Key Eng. Mater.*, vol. 572, no. 1, pp. 517–520, 2014.
- [14]. J. Supryanto, T. Sukarnoto, and S. Soeharsono, "Analisis Kekuatan Struktur Penopang Overhead Crane Kapasitas 2 x 20 Ton," *Mesin*, vol. 10, no. 1, pp. 46–50, 2019.
- [15]. A. I. Imran and Kadir, "Simulasi Tegangan Von Mises Dan Analisa Safety Factor Gantry Crane Kapasitas 3 Ton," *Din. J. Ilm. Tek. Mesin*, vol. 8, no. 2, pp. 1–4, 2017.
- [16]. A. Sunainah and I. N. Sutantra, "Analisis dan Redesign Kekuatan Struktur pada Girder Overhead Crane 6.3 Ton," *J. Tek. ITS*, vol. 7, no. 1, pp. 46–51, 2018.
- [17]. J. R. Wiratma and Soeharsono, "Perancangan Semi Gantry Crane Kapasitas 10 Ton dengan Bantuan Software," *Poros*, vol. 12, no. 1, pp. 25–34, 2012.
- [18]. W. Younis, *Up and Running with Autodesk Inventor Simulation 2011: A step-by-step guide to engineering design solutions*. USA: Elsevier Science & Technology, 2010.
- [19]. L. A. N. Wibawa, "Desain dan Analisis Tegangan Alat Pengangkat Roket Kapasitas 10 Ton Menggunakan Metode Elemen Hingga," *J. Energi dan Teknol. Manufaktur*, vol. 02, no. 01, pp. 23–26, 2019.
- [20]. L. A. N. Wibawa, *Simulasi Kekuatan Komponen Sarana Pengujian Roket Menggunakan Autodesk Inventor Professional 2017*. Buku Katta, 2018.
- [21]. K. Z. V. Dobrovolsky, *Machine elements : a textbook*. Moscow: Peace Publisher, 1978.