

SIMULASI KEKUATAN RANGKA GANTRY CRANE SINGLE GIRDER MENGGUNAKAN METODE ELEMEN HINGGA (*FINITE ELEMENT ANALYSIS*)

¹Aji Abdillah Kharisma, ²Dimas Muhammad Yanuar

^{1,2} Universitas Gunadarma

^{1,2} Fakultas Teknologi Industri Universitas Gunadarma

Jl. Margonda Raya No. 100, Depok 16424, Jawa Barat

¹ajiabdillah@staff.gunadarma.ac.id, ²dimasyanuar31@gmail.com

Abstrak

Gantry crane adalah komponen konstruksi yang berfungsi mengangkat, memindahkan material dengan kapasitas yang besar. Gantry crane bergerak horizontal, dimana ujung balok sebagai pendukung tumpuan pada kaki tegak sebuah roda berjalan. Faktor penting perancangan crane yaitu kekuatan crane terhadap external load, dan kelelahan (fatigue). Perancangan yang tidak sesuai mengakibatkan kegagalan struktur dan kecelakaan kerja. Penelitian ini membahas perancangan konstruksi rangka gantry crane sehingga dapat mengangkat dan menahan material berdasarkan pada kriteria tegangan maksimum, deformasi (berubah bentuk), dan standar keamanan. Metode penelitian yang digunakan adalah metode elemen hingga (finite element analysis). Input parameter gaya eksternal (external load) pada rangka gantry crane single girder yaitu variasi pembebanan 1 Ton, 2 Ton, dan 3 Ton. Hasil pembebanan rangka gantry crane 1 Ton dari tegangan maksimum sebesar 205 MPa, deformasi 10,59 mm, faktor keamanan 4,064 ul, hasil pembebanan 2 Ton dari tegangan maksimum sebesar 410 MPa, deformasi 21,19 mm, faktor keamanan 3,032 ul, sedangkan hasil pembebanan 3 Ton dari tegangan maksimum sebesar 616 MPa, deformasi 31,79 mm, faktor keamanan sebesar 1,774 ul. Berdasarkan nilai tegangan maksimum, faktor keamanan yang diijinkan, pembebanan 1 Ton dan 2 Ton masih memenuhi standar keamanan pada perancangan gantry crane single girder yaitu tegangan maksimum ≤ 530 MPa dan faktor keamanan diantara 1 -10.

Kata Kunci: *Gantry crane, FEA, faktor keamanan, tegangan maksimum,*

Abstract

A Gantry crane is a construction component that functions to lift, move material with a large capacity. Gantry cranes move horizontally, where the end of the beam is a support for the pedestal on the upright legs of the running wheel. Important factors in crane design are crane strength against external load and fatigue. Inappropriate design results in structural failure and work accidents. This study discusses the design of the gantry crane frame construction to be able to lift and hold the material, from the criteria of maximum stress, deformation (deformation), and safety standards. The research method used is the finite element analysis method. Input parameters of external force (external load) on the frame of the single girder gantry crane are variations in the loading of 1 Ton, 2 Ton, and 3 Ton. The results of the loading of the gantry crane frame 1 Ton from the maximum stress of 205 MPa, the deformation of 10,59 mm, the safety factor of 4,064 ul, the result of the loading of 2 Ton from the maximum stress of 410 MPa, the deformation of 21,19 mm, the factor of safety 3,032 ul, while the result of loading 3 Ton from maximum stress of 616 MPa, deformation of 31,79 mm, a safety factor of 1,774 ul. Based on the maximum stress value, the allowable safety factor, the loading of 1 Ton and 2 Ton still meets the safety standards in the single girder gantry crane design, namely the maximum stress 530 MPa and the safety factor between 1 -10.

Keywords: *Gantry crane, FEA, a factor of safety, maximum stress*

PENDAHULUAN

Crane adalah peralatan yang digunakan untuk memindahkan muatan dengan cara mengangkat muatan secara vertical ataupun horizontal dan menurunkan muatan ke tempat yang telah ditentukan dengan mekanisme angkat (*lifting*), pendongak (*luffing*), pemutar (*slewing*), dan berjalan (*travelling*). *Crane* memiliki kapasitas angkat (*lifting capacity*), kecepatan dari beberapa gerakan (*moving velocity*), dan tinggi pengangkatan (*lifting height*) yang bermacam-macam tergantung jenis aplikasi yang diinginkan[1].

Faktor penting dalam perancangan crane yaitu kekuatan crane terhadap pembebanan luar (*external load*), dan kelelahan. Perancangan yang tidak memenuhi standar keamanan sering kali mengakibatkan kegagalan struktur crane (ambruk nya rangka *gantry crane*) dan menyebabkan kecelakaan kerja dilapangan. Dalam perancangannya perlu dilakukan analisis untuk mengetahui kekuatan rancangan pada saat diberikan *external load* untuk memenuhi standar keamanan perancangan *gantry crane single girder* tersebut. Penelitian sebelumnya, perancangan, analisis tegangan *von mises* struktur crane kapasitas 10 Ton menggunakan jenis material *mild steel*. Analisis dilakukan secara numerik dengan menggunakan perangkat lunak *autodesk inventor* [2].

Memprediksi umur kelelahan konstruksi *gantry crane* menggunakan Autodesk Inventor, sedangkan analisis

elemen hingga menggunakan software Ansys Workbench. Pemberian pembebanan struktur *gantry crane* dibebani dengan variasi 7, 8, 9, dan 10 Ton dengan tipe pembebanan *full-reserved*[3]. *Gantry Crane* Tipe ECT-15 dimana kekuatan yang dibutuhkan untuk mengangkat beban maksimum dan minimum dari *Gantry Crane* Tipe ECT-15 perlu disesuaikan berdasarkan ukuran alat tersebut. Perlu mendapatkan data yang sangat akurat, seperti ketinggian alat maksimal 12 meter dan mampu mengangkat barang minimal 1 sampai dengan 14 Ton [4]. Mengkonfigurasi *support arm* yang sesuai untuk dihubungkan pada lengan crane. Metode yang diterapkan adalah mensimulasikan tiga jenis konfigurasi *support* lengan crane menggunakan *software finite element analysis*. Simulasi difokuskan pada *displacement* yang terjadi pada lengan crane ketika diberi beban[5].

Penelitian selanjutnya, simulasi tegangan dan *safety factor gantry crane* kapasitas 3 Ton menggunakan *steel AISI 4340*. Pada simulasi menghasilkan tegangan sebesar $3,39 \times 10^8$ N/m² dengan nilai keamanan 1,65 terdapat pada posisi kedua pembebanan. Dari hasil dinyatakan desain memiliki faktor keamanan yang sesuai dengan standar [6].

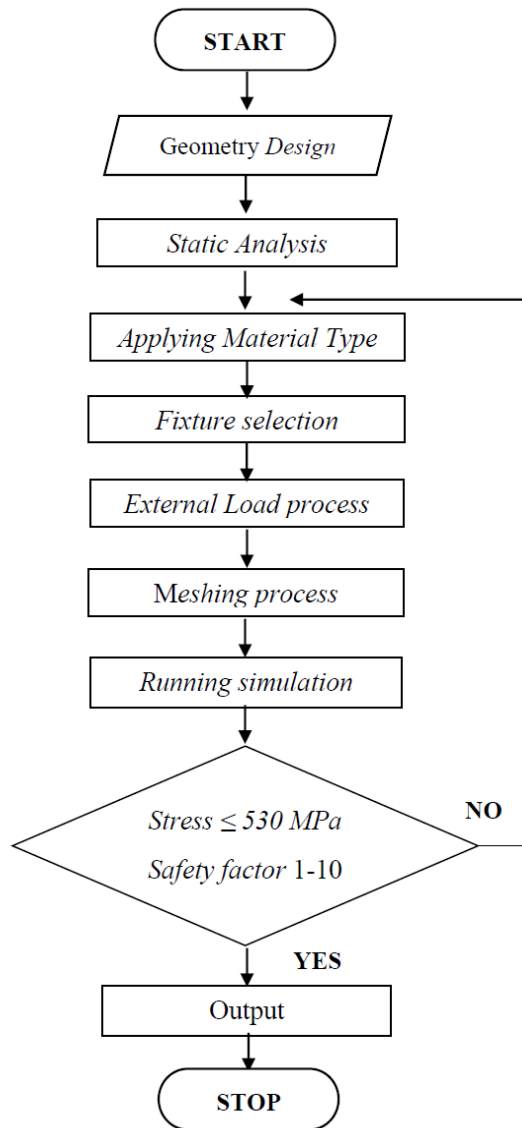
Tujuan dalam penelitian ini adalah membahas kekuatan perancangan rangka *gantry crane single girder* berdasarkan kriteria nilai tegangan maksimum, deformasi (perubahan bentuk) pada saat diberi variasi *external load* yaitu 1 Ton, 2 Ton, dan 3 Ton

serta faktor keamanan, sehingga akan mendapatkan standar keamanan perancangan kekuatan rangka *gantry crane single girder* terhadap variasi pembebanan yang diberikan. Penggunaan metode elemen hingga berbasis *software inventor* berfungsi untuk mensimulasikan elemen - elemen rangka secara signifikan untuk mendapatkan hasil yang akurat (*precision*). Pemilihan jenis material pada rangka *gantry crane single girder* adalah AISI 1045 *steel* yang memiliki

kekuatan luluh (*yield strength*) sebesar 530 MPa.

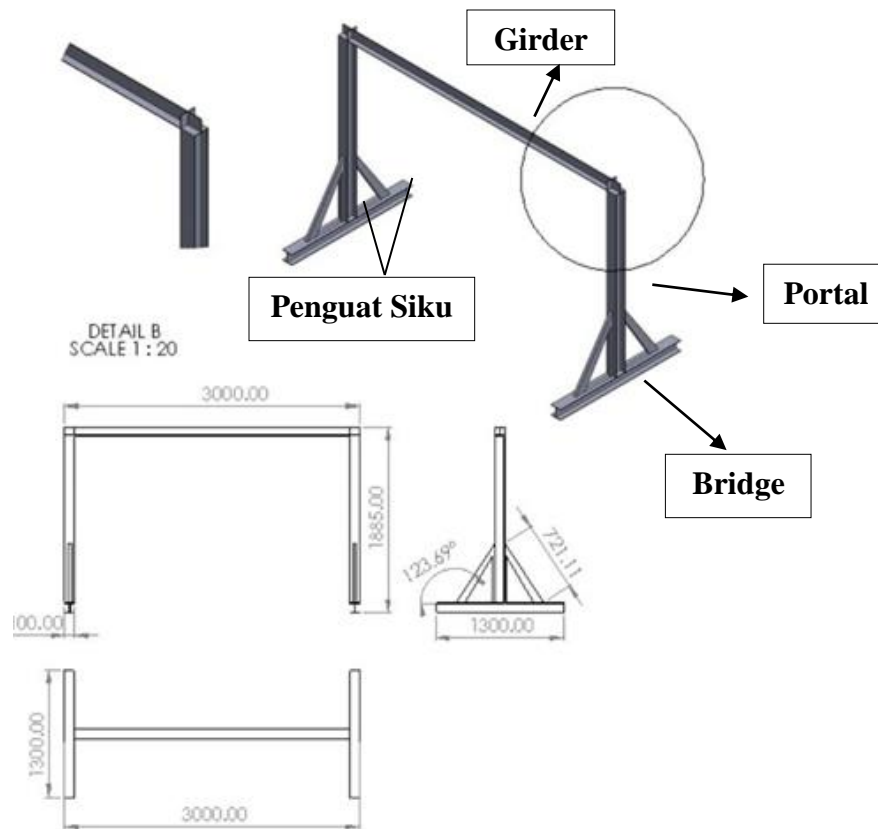
METODE PENELITIAN

Metode elemen hingga digunakan untuk menganalisis secara signifikan pada kekuatan rangka *gantry crane single girder* dengan melakukan variasi (*external load*) dilakukan dengan beberapa tahap, seperti yang diperlihatkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Research flowchart

Komponen Desain Konstruksi Rangka *Gantry Crane Single Girder*



Gambar 2. Komponen pada rangka *gantry crane single girder*

Tabel 1. Data Dimensi/ukuran rangka *gantry crane single girder*

Dimensi/ukuran rangka <i>gantry crane single girder</i>	
<i>Girder</i>	3000 mm x 100 mm x 1885 mm
Portal	100 mm x 100 mm
Panjang portal	1885 mm
<i>Bridge (End Truck)</i>	1300 mm x 100 mm.
Penguat Siku	721,1 mm dan kemiringan 123,69°

Pada Gambar 2 diperlihatkan detail dimensi atau ukuran konstruksi rangka *gantry crane single girder*.

Data Spesifikasi Dimensi/ukuran *gantry crane single girder*

Pada Tabel 1 ditunjukkan data spesifikasi dimensi/ukuran rangka *gantry crane single girder* pada komponen komponen seperti *girder*, *portal*, *bridge*, dan roda.

Data Mechanical Properties Material AISI 1045 steel

Pada Tabel 2 dapat dilihat sifat mekanik (*mechanical properties*) material AISI 1045 steel yang digunakan pada komponen rangka *gantry crane single girder* [7]. Pada Tabel 3 menunjukkan komposisi kimia (*chemical composition*) pada material

AISI 1045 steel. Data pada Tabel 4 merupakan jenis material yang digunakan pada komponen *girder, portal, bridge*, dan roda adalah AISI 1045 steel. Pada Tabel 5 diberikan input parameter yang digunakan untuk proses analisis terdiri dari variasi pembebanan yaitu 1 Ton, 2 Ton, dan 3 Ton pada rangka *gantry crane single girder*.

Tabel 2. *Mechanical properties* material AISI 1045 steel

Mechanical properties material AISI 1045 steel	
Density	7,85 g/cm ³
Yield strength	530 MPa
Tensile Strength	625 MPa
Modulus Young	206 GPa
Poissons Ratio	0,29
Shear Modulus	80 GPa

Tabel 3. Komposisi Kimia AISI 1045 steel

Elemen	Komposisi (%)
Karbon, C	0,42 – 0,50
Besi, Fe	98,51 – 98,98
Mangan, Mn	0,60 – 0,90
Fosfor, P	< 0,040
Sulfur, S	< 0,050

Tabel 4. Jenis material yang digunakan pada komponen rangka *gantry crane single girder*

Jenis material pada rangka gantry crane single girder	
<i>Girder</i>	AISI 1045 steel
<i>Portal & bridge</i>	AISI 1045 steel
<i>Roda (wheel)</i>	AISI 1045 steel

Tabel 5. Data Input variasi pembebanan pada rangka *gantry crane single girder*

Input parameter variasi pembebanan pada rangka gantry crane single girder	
Pembebanan 1 (<i>External load</i>)	1 Ton (9806,65 N)
Pembebanan 2 (<i>External load</i>)	2 Ton (19613,3 N)
Pembebanan 3 (<i>External load</i>)	3 Ton (29419,95 N)

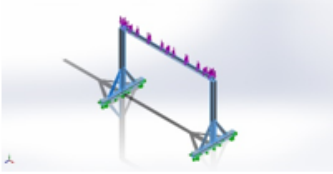
Proses Analisis Konstruksi Rangka *Gantry Crane Single Girder*

Proses analisis *static* digunakan untuk mengetahui nilai tegangan maksimum, deformasi (*deformation*), dan keamanan desain menggunakan perangkat lunak dengan metode elemen hingga yaitu dengan analisis *numeric computer* yang difungsikan untuk menyelesaikan masalah yang sangat kompleks. Input para-

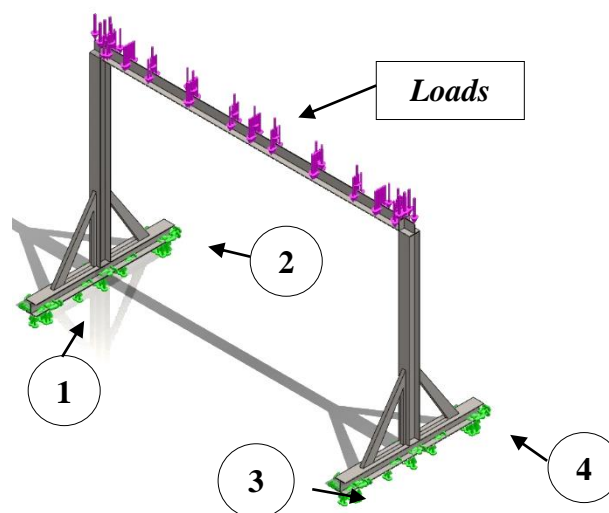
meter yang digunakan pada analisis dengan memberikan variasi pembebanan (*external load*) pada rangka *gantry crane single girder* yaitu pembebanan 1 Ton, 2 Ton, dan 3 Ton.

Pada Gambar 3 merupakan hasil input pemilihan bahan material pada komponen *gantry crane* dengan memilih pada bagian *Original Material* dan *Override Material* lalu pilih material *AISI 1045 steel* [8].

Pemilihan Bahan Material *AISI 1045 steel*

Model Reference	Properties	Components
	<p>Name: AISI 1045 Steel, cold drawn</p> <p>Model type: Linear Elastic Isotropic</p> <p>Default failure criterion: Max von Mises Stress</p> <p>Yield strength: $5.3e+08 \text{ N/m}^2$</p> <p>Tensile strength: $6.25e+08 \text{ N/m}^2$</p> <p>Elastic modulus: $2.05e+11 \text{ N/m}^2$</p> <p>Poisson's ratio: 0.29</p> <p>Mass density: $7,850 \text{ kg/m}^3$</p> <p>Shear modulus: $8e+10 \text{ N/m}^2$</p> <p>Thermal expansion coefficient: $1.15e-05 \text{ /Kelvin}$</p>	<p>SolidBody 1(Cut-Extrude1[4])(GANTRY CRANE FINAL),</p> <p>SolidBody 2(Boss-Extrude5)(GANTRY CRANE FINAL),</p> <p>SolidBody 3(Cut-Extrude1[2])(GANTRY CRANE FINAL),</p> <p>SolidBody 4(Cut-Extrude1[3])(GANTRY CRANE FINAL),</p> <p>SolidBody 5(Cut-Extrude1[1])(GANTRY CRANE FINAL)</p>
Curve Data:N/A		

Gambar 3. Pemilihan material *AISI 1045 steel* pada *girder, portal & bridge, roda*



Gambar 4. Peletakan *fixture* pada kedua kaki/*bridge gantry crane*

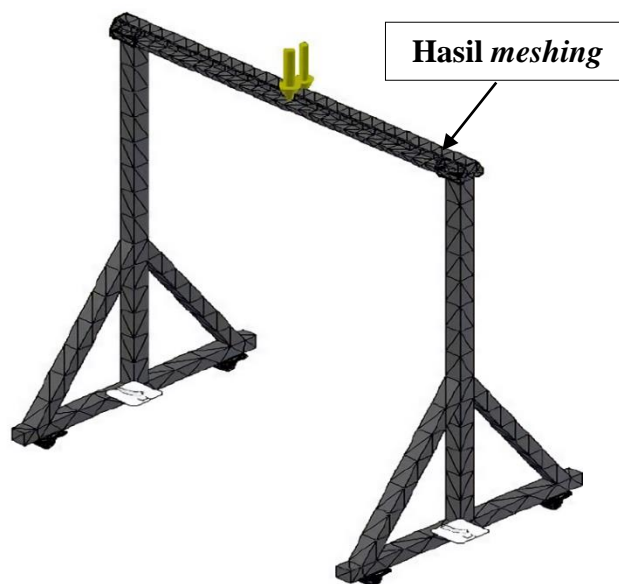
Peletakan *Fixtures* dan Pemberian Variasi pembebanan

Peletakan *fixture* bertujuan sebagai penahan pada objek desain [8]. Peletakan *fixtures* terletak pada *entities 4 face* yang berada di permukaan sisi tumpuan dari rangka *gantry crane* yang berjenis *fixed geometry*. Pada Gambar 4 merupakan peletakan *fixture constrain* [8],[9]. Pada gambar 4 mengindikasikan pembebanan (*external load*) yang diberikan sebesar 1 Ton = 9806,65 N, 2 Ton = 19613,3 N, dan 3 Ton = 29419,95 N dengan arah tekanan kebawah.

Proses *meshing*

Proses *meshing* merupakan proses diskristalisasi, dimana pembagian suatu bentuk elemen-elemen berukuran kecil untuk menghasilkan tingkat keakuratan hasil analisis yang dilakukan terhadap tiap titik atau node pada desain rangka *gantry crane single girder*[9]. Proses *meshing* diperlihatkan pada Gambar 5.

Node dibuat dengan kepadatan di dalam suatu material berpengaruh pada level *stress* yang akan ditahan pada daerah tertentu khususnya rangka *gantry crane* [10]. Total *nodes* yang dihasilkan pada proses *meshing* rangka *gantry crane* adalah 19782 *nodes*. Adapun data *meshing* pada desain diperlihatkan pada Tabel 6.



Gambar 5. Proses *meshing* pada rangka *gantry crane single girder*

Tabel 6. Data pada proses *meshing* pada rangka *gantry crane*

Data	Detail
<i>Mesher used</i>	<i>Blended curvature-based mesh</i>
<i>Mesh quality</i>	<i>High</i>
<i>Tipe mesh</i>	<i>Solid mesh</i>
<i>Total nodes</i>	19782
<i>Total element</i>	9061

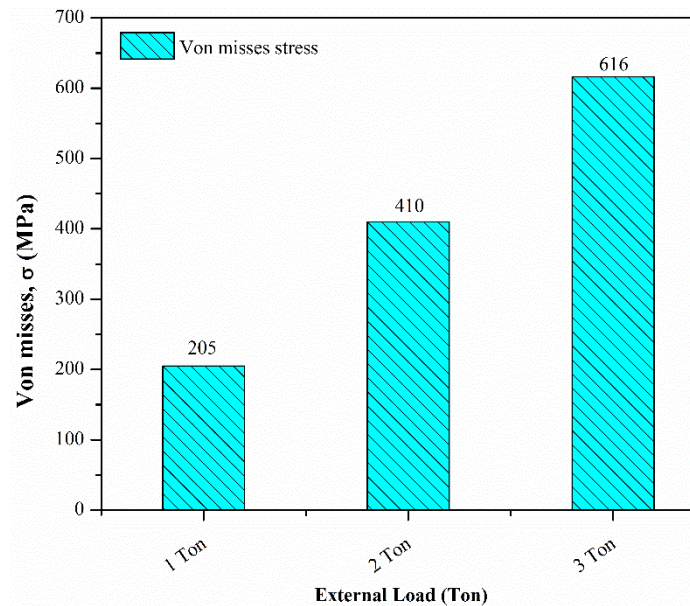
HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil tegangan maksimum pada pemberian beban (*external load*) 1 Ton, 2 Ton, dan 3 Ton pada rangka *gantry crane single girder*

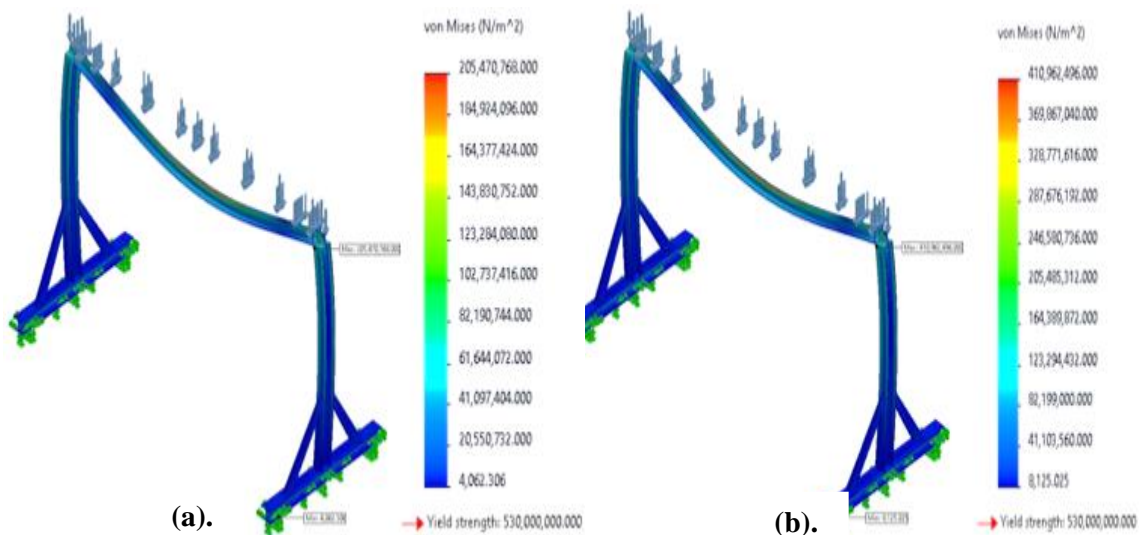
Berikut ini merupakan hasil yang didapatkan saat dilakukan analisis simulasi pada rangka *gantry crane single girder*.

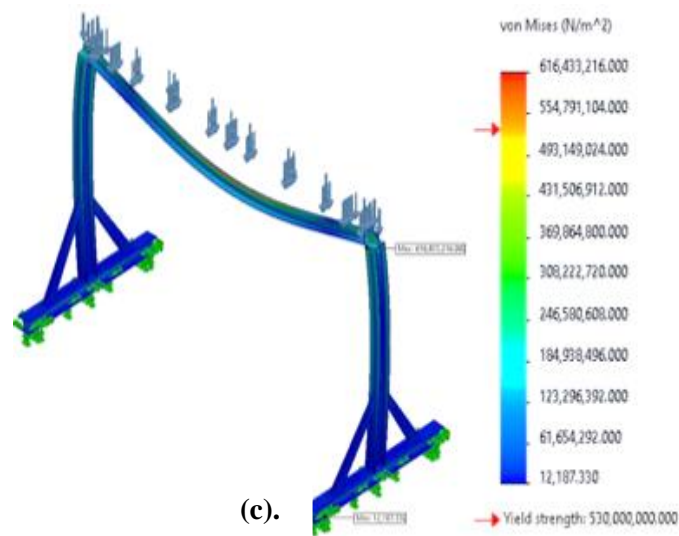
Pada Gambar 6 merupakan hasil per-

bandingan analisis tegangan maksimum (*von mises*) dari variasi pembebanan yang diberikan yaitu 1 Ton, 2 Ton, dan 3 Ton pada rangka *gantry crane single girder*. Dapat dikatakan bahwa, dengan penambahan beban eksternal mendapatkan hasil *von mises* yang semakin besar yaitu 616 MPa pada pembebanan 3 Ton melebihi nilai *yield strength* material AISI 1045 *steel* yaitu 530 MPa.



Gambar 6. Hasil perbandingan nilai *von mises stress* pada *gantry crane single girder*



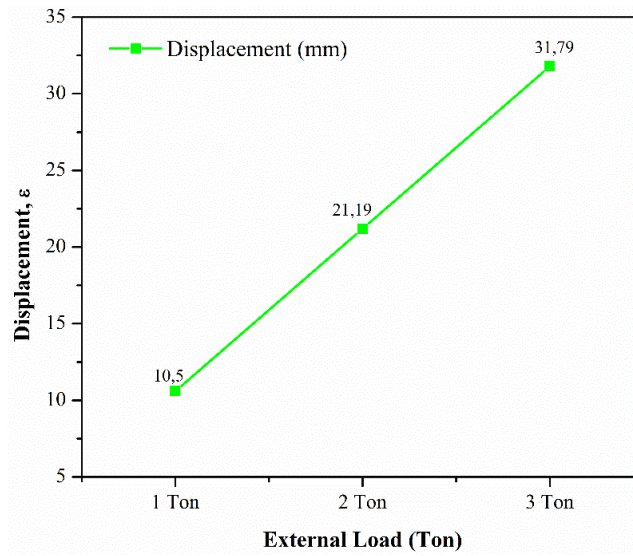


Gambar 7. Hasil visualisasi analisis tegangan maksimum dengan beban eksternal (a). 1 Ton, (b). 2 Ton, dan (c). 3 Ton pada *gantry crane*

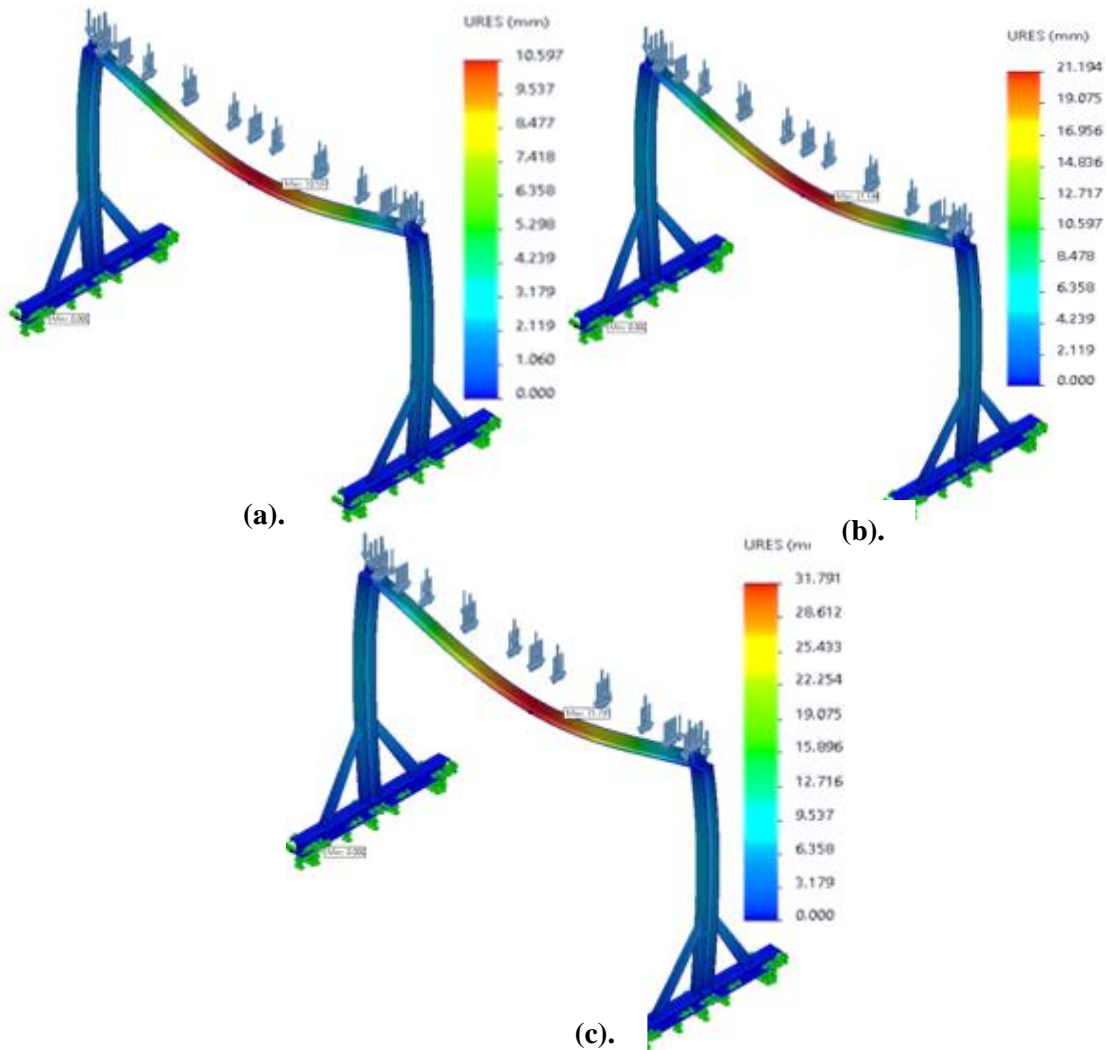
Pada gambar 7 menunjukkan objek desain hasil analisis tegangan maksimum yang terjadi pada pembebanan 1 Ton sebesar 205 MPa, pembebanan 2 Ton sebesar 410 MPa, sedangkan pembebanan 3 Ton menghasilkan tegangan maksimum sebesar 616 MPa [9]. Berdasarkan hasil tegangan maksimum masih memenuhi kriteria tegangan maksimum yang diijinkan yaitu tidak melebihi nilai *yield strength* material AISI 1045 *steel* yaitu 530 MPa [7], [11].

Pada gambar 8 menunjukkan hasil deformasi yang terjadi (*displacement*) dari variasi pembebanan yang diberikan yaitu 1 Ton, 2 Ton, dan 3 Ton pada rangka *gantry*

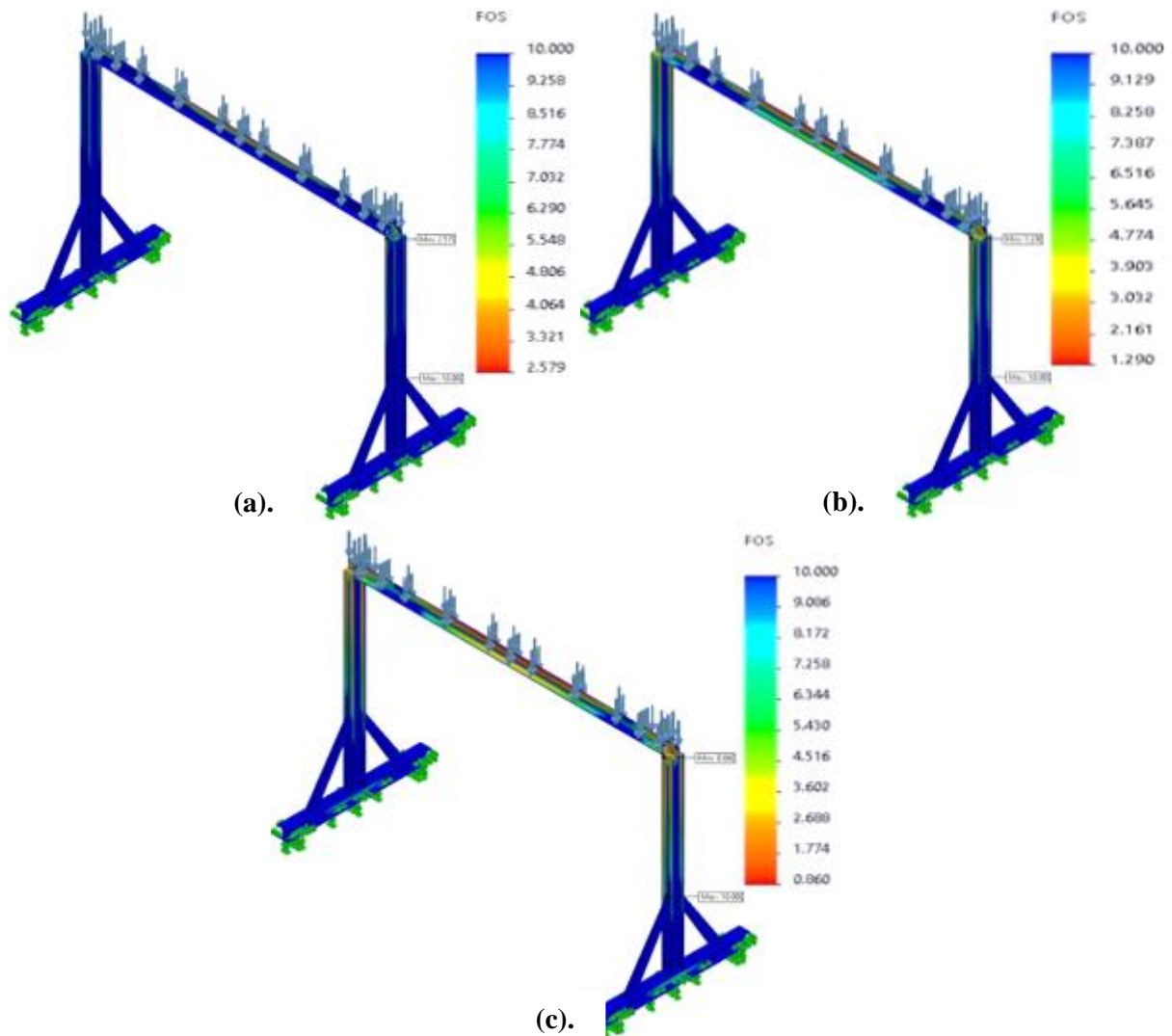
crane single girder. Dari grafik terlihat bahwa semakin besar beban eksternal maka akan mempengaruhi perubahan bentuk atau deformasi yang meningkat dari desain rangka *gantry crane single girder* dan terlihat pada gambar 9 hasil visualisasi *displacement* telah terjadi deformasi yang identik dengan warna kemerahan pada titik pembebanan yang diberikan. Pembebanan 1 Ton menghasilkan deformasi sebesar 10,5, untuk 2 Ton sebesar 21,19, sedangkan 3 Ton sebesar 31,79. Namun deformasi yang terjadi masih dikatakan aman pada pembebanan 1 Ton dan memiliki faktor keamanan desain yang paling baik sebesar 4,064 ul.



Gambar 8. Grafik hasil *displacement* terhadap *external load* pada *gantry crane*



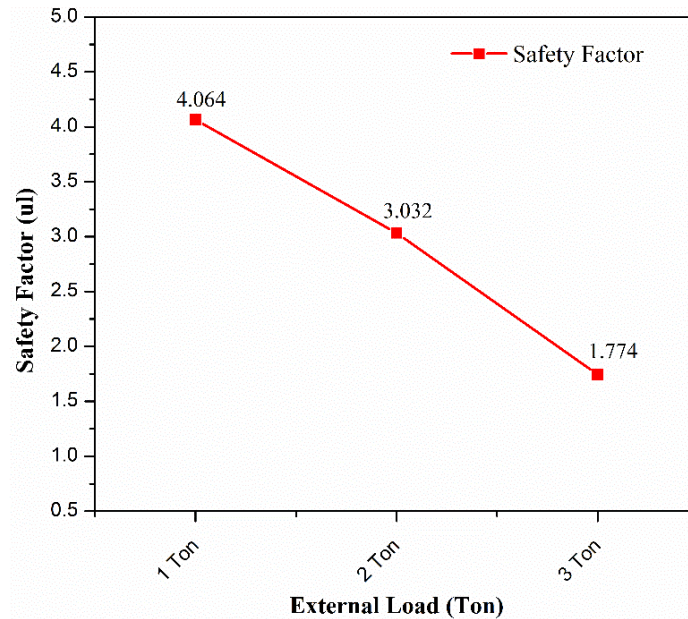
Gambar 9. Hasil visualisasi *displacement* atau deformasi dengan beban eksternal (a). 1 Ton, (b). 2 Ton, dan (c). 3 Ton pada *gantry crane*



Gambar 10. Hasil Nilai *Safety Factor* dengan beban eksternal (a). 1 Ton, (b). 2 Ton, dan (c). 3 Ton pada *gantry crane*

Gambar 10 menunjukkan hasil analisis faktor keamanan berdasarkan variasi pembebanan 1 Ton, 2 Ton, dan 3 Ton yang diberikan pada rangka *gantry crane single girder*. Nilai faktor keamanan pada beban 1 Ton sebesar 4,064 *upper limit*, nilai keamanan beban 2 Ton sebesar 3,032 *upper limit*, dan nilai keamanan beban 3 Ton sebesar 1,774 *upper limit*. Berdasarkan hasil nilai faktor keamanan dapat diketahui bahwa pada pemberian beban 1 Ton dan 2 Ton

memenuhi kriteria keamanan rancangan *gantry crane single girder*, karena nilai faktor keamanan berada diantara nilai 1,2 – 10, semakin tinggi nilai *safety factor* pada desain dipengaruhi oleh kualitas pemilihan material, jika kualitas material yang digunakan sangat baik maka hal tersebut akan berhubungan dengan biaya yang dikeluarkan maka akan semakin besar, tetapi output yang akan dihasilkan faktor keamanan pada desain akan jauh dari kegagalan (*failure*) [12].



Gambar 11. Grafik hasil *safety factor* terhadap *external load* pada *gantry crane*

Material dengan AISI 1045 steel merupakan jenis material yang cocok jika untuk digunakan pada komponen rangka *gantry crane single girde* karena memiliki nilai *yield strength* yang cukup baik untuk melakukan pengangkatan pembebanan dengan kapasitas besar [6].

Gambar 11 menunjukkan hasil perbandingan grafik *safety factor* terhadap *external load* yang diberikan pada desain, hasil tersebut menunjukkan semakin besar *external load* yang diberikan menghasilkan nilai *safety factor* yang semakin menurun yaitu 1,774 ul dapat dilihat pada pembebanan 3 Ton menurun ke batas kegagalan (*failure*) dari ketahanan struktural yaitu range nilai (1,2 – 10). Hasil *safety factor* yang paling baik adalah 4,064 ul pada pembebanan 1 Ton karena masih dalam range nilai keamanan desain yaitu 1,2-10 dan nilai *von misses* yang didapatkan sebesar 205 MPa, Hal tersebut mengindikasikan bahwa nilai tersebut masih sesuai dengan keamanan desain rangka *gantry*

crane single girder karena belum melebihi nilai *yield strength* AISI 1045 steel yaitu 530 MPa.

KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil penelitian, dapat diperoleh kesimpulan bahwa, hasil metode elemen hingga menggunakan analisis bantu *software inventor* dari nilai tegangan maksimum, *displacement*, dan faktor keamanan (*safety factor*) pada pembebanan (*external load*) 1 Ton, dan 2 Ton masih memenuhi standar keamanan dalam perancangan alat *gantry crane single girder* tersebut, dimana hasil pembebanan 1 Ton nilai tegangan maksimum sebesar 205 MPa, *displacement* atau deformasi sebesar 10,59 mm dan faktor keamanan sebesar 4,064 ul, sedangkan hasil pembebanan 2 Ton dari tegangan maksimum sebesar 410 MPa, deformasi sebesar 21,194 mm dan faktor keamanan sebesar 3,032 ul, masing –masing

hasil pembebanan 1 Ton dan 2 Ton memenuhi kriteria tegangan maksimum ≤ 530 MPa (*yield strength material* AISI 1045 steel), dan faktor keamanan diantara 1 s/d 10. Pada pembebanan 3 Ton, nilai tegangan maksimum yang terjadi melebihi nilai kekuatan (*yield strength*) bahan AISI 1045 steel yaitu 530 MPa, sehingga beban 3 Ton tidak dapat memenuhi standar keamanan desain, jika digunakan pada alat *gantry crane single girder* yang telah didesain.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. Muhib, “Mesin Pengangkat I”, Jakarta : PT.Pradnya Paramita, 2008.
- [2] L. Ari Nendra Wibawa, “Desain dan Analisis Tegangan Struktur Crane Kapasitas 10 Ton Menggunakan Metode Elemen Hingga,” *Jurnal Muara Sains, Teknologi, Kedokteran, dan Ilmu Kesehatan*, vol. 4, no. 2, hal. 201-210, 2020.
- [3] L. Ari Nendra Wibawa, “The fatigue life prediction of gantry crane with load capacity variation using Ansys Workbench,” *Jurnal Sains dan Teknologi*, vol. 16, no. 1, hal. 18-24, 2020.
- [4] J. Jalil, “Analisa Kekuatan *Gantry Crane* Tipe Ect-15 Pada Saat Di Gunakan Di Pelabuhan Kijing, Pontianak, Kalimantan Barat,” *Jurnal Inovasi Sains dan Teknologi Kelautan*, vol. 2, no. 1, hal. 25-29, 2021.
- [5] A. Arifin, H. Syafik, “Pengembangan Desain Lengan Support Jib Crane Dengan Menggunakan Analisa Metode Elemen Hingga,” *Mekanika – Jurnal Teknik Mesin*, vol. 6, no. 1, hal. 5-8, 2020.
- [6] S. Wunda, A.S. Ahab, A.Z Johannes, R.K. Pingak, “Analisis Tegangan, Regangan Dan Deformasi Crane Hook Dari Material Baja AISI 1045 Dan Baja ST 37 Menggunakan Software Elmer,” *Jurnal Fisika*, vol. 4, no. 2, hal. 131-138, 2020.
- [7] Mathweb, AISI 1045 Steel, cold drawn, 19-32 mm (0.75-1.25 in) round [Daring] Tersedia:
<https://www.matweb.com/search/DataSheet.aspx?MatGUID=cbe4fd0a73cf4690853935f52d910784&ckck=1> [Diakses: 05 September 2023].
- [8] SolidWorks Corporation, “*Introducing Solidwroks*”, USA : DS Solidworks, 2015.
- [9] Utama, Widya, D. Hands, “*Hands On Autodesk Inventor 2014*”, Jakarta : Fakultas Teknik Mesin Universitas Tarumanegara, 2017.
- [10] B. Febrinaldy, “*Finite Element Models and Verfications Using MSC Patran/Nastran*”, Bandung : Creative Creature Corporation, 2007.
- [11] E.P, Popov, “*Mekanika teknik (Mechanic of Material), second edition*”. Berkeley: University of California, 1984.
- [12] K. Z. V. Dobrovolsky, “*Machine elements : a textbook*,” Moscow: Peace Publisher, 1978.