



Simulasi Pemodelan *Crane Hook Tipe Baja AISI A514 Alloy Steel* Menggunakan Software Autodesk Inventor Professional 2020

Muhammad Cahyadi¹, Mohamad Nasrun², Markus Gea³

^{1,2,3} Program Studi Teknik Mesin, Universitas Pamulang, Jl. Surya Kencana No. 1, Tangerang Selatan, Indonesia

E-mail : dosen01283@unpam.ac.id

Masuk : 11 April 2024

Direvisi: 25 April 2024

Disetujui: 29 April 2024

Abstract: *Lifting aircraft or crane is a combination of a lifting mechanism separately with a frame to lift and or simultaneously move loads that can be hung freely or tied to a crane. Part of the crane hoist has a main component called a crane hook that functions as a load or material hook. The hook is one of the hoisting elements that is very important in crane operations^[9]. The types of hooks differ in terms of function, material, form and safety factor, so they must be analyzed, inspected and tested properly so as not to endanger workers in the field. The analysis was carried out numerically using Autodesk Inventor Professional 2020 software^[2]. Analysis of hooks generally uses analytical methods or calculations with mathematical models and standardized (common) Algebraic formulas, along with the development of technology today, many engineering sciences have been developed in the field of finite element science which unites mathematics, engineering and science. computer to produce software such as Autodesk Autocad, Autodesk Inventor. In the simulation results of the finite element software on the hook for a loading of 25 tons, the single hook type obtained a maximum stress of 807.809 MPa and the deflection that occurred was 1.444 mm, in the double hook type the maximum stress was 532.632 MPa and the deflection was 0.1871 mm. The simulation results will then be compared with the results of analytical calculations. Analytical calculations for single hooks obtained working stress of 761,729MPa, on double hooks of 387,102 Based on the simulation results and analytical calculations, it can be concluded that the crane hook structure is still within safe limits. This is because the yield strength of the material used in AISI A514 alloy steel is 890 MPa. However, of the three types of hooks at a loading of 25 tons, single hooks have the greatest potential for failure.*

Keywords: *Lift; Hook; Strength; Finite Element Method.*

Abstrak: Pesawat Angkat atau *crane* adalah gabungan mekanisme pengangkat secara terpisah dengan rangka untuk mengangkat dan atau sekaligus memindahkan beban yang dapat digantungkan secara bebas atau diikatkan pada *crane*. Bagian dari *crane hoist* memiliki komponen utama yang disebut dengan *crane hook* (kait) yang berfungsi sebagai pengait beban atau bahan. Kait (hook) merupakan salah satu elemen hoisting yang sangat penting dalam operasional penggunaan *crane*^[9]. Jenis-jenis kait memiliki perbedaan dari segi fungsi, material, bentuk dan faktor keamanannya sehingga harus dianalisis, diinspeksi dan diuji secara benar sehingga tidak membahayakan pekerja di lapangan. Analisis dilakukan secara numerik dengan menggunakan software Autodesk Inventor Professional 2020^[2]. Analisis pada kait (*hook*) pada umumnya menggunakan metode Analitik atau perhitungan dengan model matematika dan rumus- rumus Aljabar yang sudah baku (lazim), seiring perkembangan teknologi dewasa ini telah banyak dikembangkan ilmu rekayasa dalam bidang ilmu elemen hingga yang menyatukan ilmu matematika, teknik dan komputer sehingga menghasilkan software seperti *Autodesk Autocad*, *Autodesk Inventor*. Pada hasil simulasi *software* elemen hingga pada kait untuk pembebanan 25 ton, jenis kait tunggal diperoleh tegangan maksimum sebesar 807,809 MPa dan defleksi yang terjadi sebesar 1,444 mm, pada jenis kait ganda diperoleh tegangan maksimum sebesar 532,632 MPa dan dengan besar defleksi yang terjadi sebesar 0,1871 mm. Dari hasil simulasi kemudian akan dibandingkan dengan hasil perhitungan secara analitik. Perhitungan analitik untuk kait tunggal diperoleh tegangan kerja sebesar 761,729MPa, pada kait ganda sebesar 387,102. Berdasarkan hasil simulasi dan perhitungan analitik dapat diambil kesimpulan bahwa struktur *crane hook* (kait) masih dalam batas aman. Hal ini dikarenakan kekuatan luluh material yang digunakan pada tipe baja jenis AISI A514 *alloy steel* sebesar 890 MPa. Namun dari ke tiga jenis kait pada pembebanan 25 ton, kait tunggal memiliki potensi kegagalan paling besar.

Kata kunci: Pesawat Angkat; Kait; Kekuatan; Metode Elemen Hingga.

PENDAHULUAN

Perkembangan dunia konstruksi tidak pernah lepas dari perkembangan teknologi global sehingga menjadi semakin menarik untuk diikuti ketika cara- cara konvensional atau cara lama mulai ditinggalkan sedikit demi sedikit dan mulai beralih ke cara baru yang lebih efisien. Saat ini kita mengenal era digitalisasi konstruksi dimana semua pekerjaan konstruksi akan didigitalkan untuk mempermudah koordinasi pada suatu pekerjaan. Untuk menuju era digitalisasi memang tidak semudah yang dibayangkan ada banyak hal yang harus dihadapi. Demikian juga halnya dengan peran dari alat pengangkat di industri ataupun dalam proyek konstruksi dimana merupakan alat yang sangat vital untuk melaksanakan suatu pekerjaan, biasanya digunakan untuk memindahkan bahan-bahan atau peralatan-peralatan dari suatu tempat ke tempat lain. Untuk mempermudah dan mempercepat pekerjaan tersebut maka dibutuhkan suatu alat yang disebut dengan Pesawat Angkat (*crane*). Alat pengangkat yang biasa digunakan di dalam proyek konstruksi adalah crane. Cara kerja crane adalah dengan mengangkat material yang akan dipindahkan, memindahkan secara horizontal, kemudian menurunkan material ditempat yang diinginkan [1].

Crane adalah alat yang digunakan untuk mengangkat dan memindahkan muatan dari satu tempat ketempat lain dengan menggunakan metode katrol dan kait (*hook*) sebagai pengaitnya. Crane adalah salah satu alat berat (*heavy equipment*) yang digunakan sebagai alat pengangkat /pemindah bahan dalam proyek konstruksi [2]. Bagian dari *crane hoist* memiliki komponen utama yang disebut dengan *crane hook* (kait) yang berfungsi sebagai pengait beban pada crane. Ada beberapa jenis kait yaitu kait standar (tunggal), kait tanduk ganda. Jenis-jenis kait tersebut memiliki perbedaan dari segi fungsi, material, bentuk dan faktor keamanannya sehingga harus dianalisis, diinspeksi dan diuji secara benar sehingga tidak membahayakan pekerja di lapangan. Analisis pada kait (*hook*) pada umumnya menggunakan metode Analitik atau perhitungan dengan model matematika dan rumus-rumus Aljabar yang sudah baku (lazim). Pada perkembangan teknologi dewasa ini telah banyak dikembangkan ilmu rekayasa dalam bidang ilmu elemen hingga yang menyatukan ilmu.

METODOLOGI

Dalam tahapan Penelitian dalam menganalisis tegangan dan regangan yang diizinkan pada *crane hook* (kait) akan di aplikasikan menggunakan metode Elemen hingga berbasis software dan menggunakan metode perhitungan Analitik. kemudian menggunakan perangkat lunak (software) Autodesk Inventor Professional 2020 untuk membuat gambar 3 Dimensi (3D) dan melakukan pengujian analisis tegangan dari Kait Derek dengan model Circular Section [3].

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil data dari Analisis Simulasi seperti kekuatan tarik (*Tensile Strength*) dan *Yield Strength* akan di bandingkan dengan data material AISI A514 *alloy steel*.

1. Hasil Simulasi Metode Elemen Hingga

Aplikasi Metode Elemen Hingga sebagai salah satu metode numerik untuk menyelesaikan berbagai permasalahan rekayasa tentu saja tidak terlepas dari perkembangan komputer dengan berbagai bidang terkait lainnya seperti Computer Aided Design (CAD) dan Computer Aided Engineering (CAE) terus menerus menjadi konsentrasi yang diminati bidang rekayasa [4].

Kait Derek selalu mengalami kegagalan karena konsentrasi sejumlah besar tekanan yang akhirnya dapat menyebabkan kegagalannya. Tegangan bending, tegangan tarik, melemahnya hook karena keausan, deformasi plastik karena beban yang berlebihan, tekanan termal yang berlebihan adalah beberapa penyebab kegagalan Kait Derek. Kait Derek harus dirancang sesuai dengan kebutuhan untuk meminimalkan kegagalannya, khususnya untuk kapasitas angkat yang diinginkan. Lokasi penempatan Kait Derek juga menjadi salah satu pertimbangan penting karena sangat menentukan material apa yang akan digunakan. Setelah menginput data analisis software dapat diperoleh hasil tegangan minimum sampai ke maximum yang meliputi Von Mises, Stress, Displacement, Strain, Safety Factor dari hasil tersebut dapat ditarik kesimpulan mengenai keamanan suatu desain dengan begitu ketika bahan dibuat tidak akan ada kegagalan. Berikut Tabel Hasil analisis Simulasi *single hook crane* dan *double hook crane*.

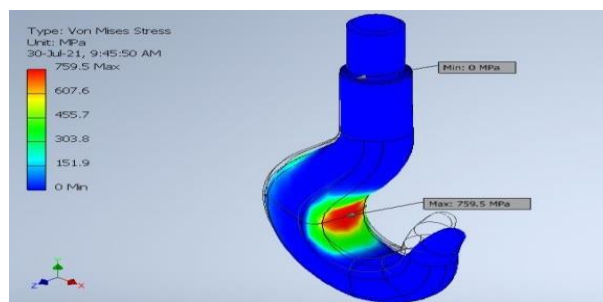
Tabel 1. Hasil Report simulate single hook crane dan Double hook crane

Name	Minimum	Maximum	Name	Minimum	Maximum
Volume	1134250 mm ³		Volume	95225.5 mm ³	
Mass	8.90385 kg		Mass	0.74752 kg	
Von Mises Stress	0.000232522 MPa	759.534 MPa	Von Mises Stress	1.84759 MPa	532.632 MPa
1st Principal Stress	-29.1738 MPa	807.809 MPa	1st Principal Stress	-5.45008 MPa	437.691 MPa
3rd Principal Stress	-366.527 MPa	102.549 MPa	3rd Principal Stress	-209.314 MPa	140.305 MPa
Displacement	0 mm	1.44474 mm	Displacement	0 mm	0.187146 mm
Safety Factor	1.10957 ul	15 ul	Safety Factor	1.29447 ul	15 ul
Stress XX	-175.941 MPa	270.126 MPa	Stress XX	-209.311 MPa	344.02 MPa
Stress XY	-298.424 MPa	260.742 MPa	Stress XY	-251.16 MPa	258.183 MPa
Stress XZ	-20.7815 MPa	22.4975 MPa	Stress XZ	-32.4668 MPa	32.9414 MPa
Stress YY	-284.21 MPa	807.255 MPa	Stress YY	-126.228 MPa	349.496 MPa
Stress YZ	-48.5771 MPa	44.0603 MPa	Stress YZ	-69.3987 MPa	59.8587 MPa
Stress ZZ	-46.2156 MPa	122.38 MPa	Stress ZZ	-86.4319 MPa	152.64 MPa
X Displacement	-0.403303 mm	0.736683 mm	X Displacement	-0.0766934 mm	0.0773071 mm
Y Displacement	-1.27557 mm	0.00623178 mm	Y Displacement	-0.173402 mm	0 mm
Z Displacement	-0.0118131 mm	0.033785 mm	Z Displacement	-0.00215544 mm	0.0775386 mm
Equivalent Strain	0.00000000986687 ul	0.00332082 ul	Equivalent Strain	0.00000801689 ul	0.00226758 ul
1st Principal Strain	0.00000000918888 ul	0.00380277 ul	1st Principal Strain	0.00000426549 ul	0.00238844 ul
3rd Principal Strain	-0.00176897 ul	-0.00000000480522 ul	3rd Principal Strain	-0.00129691 ul	-0.0000324069 ul
Strain XX	-0.00104278 ul	0.00114012 ul	Strain XX	-0.00101937 ul	0.00185719 ul
Strain XY	-0.00189454 ul	0.00165532 ul	Strain XY	-0.00159448 ul	0.00163907 ul
Strain XZ	-0.000131931 ul	0.000142825 ul	Strain XZ	-0.000206115 ul	0.000209128 ul
Strain YY	-0.00140738 ul	0.00379926 ul	Strain YY	-0.0010266 ul	0.00136228 ul
Strain YZ	-0.000308392 ul	0.000279717 ul	Strain YZ	-0.000440577 ul	0.000380012 ul
Strain ZZ	-0.00108631 ul	0.000543463 ul	Strain ZZ	-0.000571323 ul	0.000303503 ul

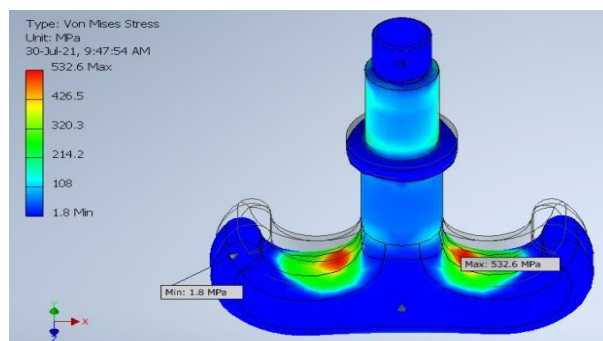
a. Von mises Stress

Von mises stress adalah tegangan yang nilainya didapat dari teori kegagalan karena energi distorsi. Jika nilai von mises stress melebihi tegangan luluh dari material, maka desain akan mengalami kegagalan. Pada simulasi tegangan, dari hasil analisis von mises tersebut dapat diketahui dengan melihat perubahan warna yg terjadi dimana warna merah menunjukkan tegangan yang terbesar sedangkan warna biru tidak menerima tekanan sama sekali, seperti yang dapat dilihat pada Gambar 2. Pada daerah yang terlihat bahwa gradasi warna merah yang tersebar memiliki nilai magnitudo. Nilai magnitudo tersebut terjadi akibat pembebanan yang bekerja pada crane hook [4].

Dari simulasi yang dilakukan, nilai von mises stress maksimum pada single hook crane yang terjadi pada kondisi terbebani adalah 759,5 Mpa untuk nilai minimumnya 0 Mpa kemudian pada gambar 3. nilai von mises stress maksimum pada double hook crane adalah 532,6 Mpa untuk nilai minimumnya 1,8 Mpa. Nilai-nilai tersebut hanya terjadi di beberapa titik yang umumnya muncul di area dekat titik pembebanan, dan tidak melampaui nilai tegangan luluh (tensile strength) material AISI A415 alloy steel yang sebesar 895 MPa. Sebagian besar hasil analisis tegangan pada crane hook masih berwarna biru. Yang Artinya Von mises stress yang terjadi masih masuk dalam batas yang aman. Sementara yang berada dibagian lengkungan kait tunggal yang berwarna merah crane hook. Bagian ini akan mengalami deformasi paling besar akibat adanya pembebanan yang diberikan.



Gambar 2. Hasil tegangan yang terjadi pada crane hook

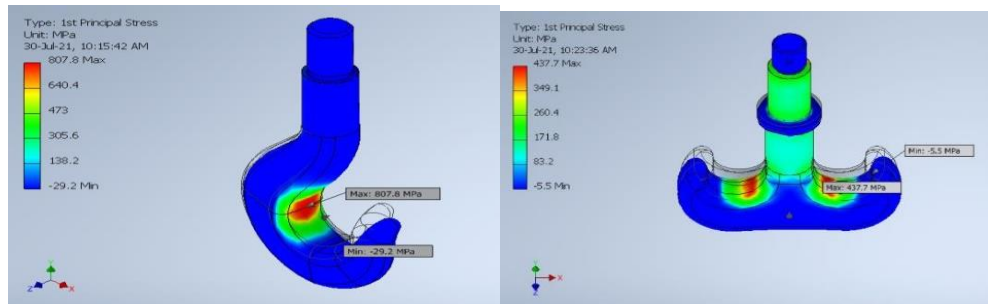


Gambar 3. Hasil tegangan pada double hook

b. *1st Principal stress*

Disain/perancangan digunakan untuk mengetahui letak dari daerah kritis tegangan yang terdapat pada hook (kait) akibat adanya beban atau gaya yang bekerja. Gaya-gaya tersebut antara lain beban akibat berat sendiri maupun akibat internal forces. Dengan demikian dapat diketahui kemampuan dari hook (kait) dalam menerima beban yang bekerja dan ketebalan bahan yang dibutuhkan apakah sesuai atau tidak (terdeformasi terlalu besar). *1st Principal stress* adalah analisis yang menunjukkan luas area yang menerima beban gaya dengan pembagian luas bidang yang terkena tekanan dan arahnya tegak lurus terhadap permukaan.

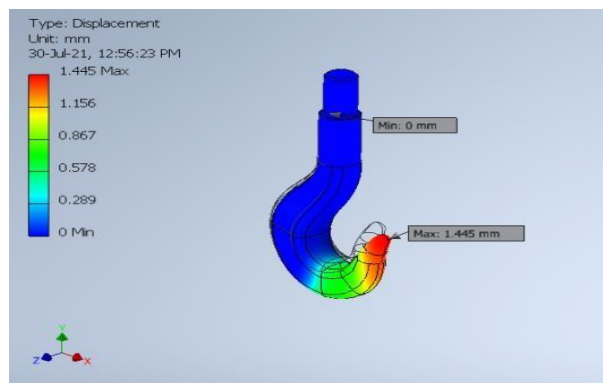
Pada Gambar 4 dari hasil simulasi tegangan utama yang terjadi pada *single hook crane* maksimum sebesar 807,8 Mpa dan minimum -29,2 Mpa kemudian dari hasil simulasi pada *double hook crane* tegangan utama nilai maksimum 437,7 Mpa dan minimum -5,5 Mpa.



Gambar 4. Hasil Tegangan Utama *single hook crane* dan *double hook*

c. *Displacement*

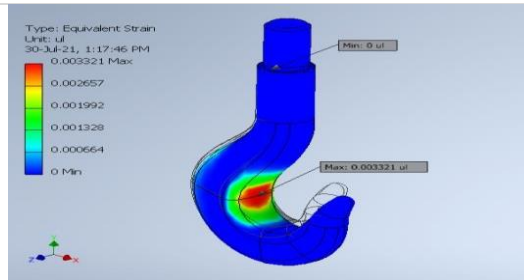
Displacement menunjukkan perubahan bentuk atau suatu lendutan dari desain setelah dilakukan pembebanan [4]. *Displacement* yang terjadi umumnya terkonsentrasi pada bagian bawah (perut) hook hingga ke bagian ujung hook [5]. Pada simulasi tegangan, nilai *displacement* yang terjadi dapat diketahui dengan melihat perubahan warna yang terjadi pada desain, untuk warna merah menunjukkan perubahan jarak terjauh dari titik awal, seperti yang dapat dilihat pada Gambar 5. Dari simulasi yang dilakukan, nilai *displacement* maksimum yang terjadi pada *single hook crane* adalah 1,455 mm sedangkan untuk nilai minimumnya 0 mm kemudian nilai *displacement* maksimum yang terjadi pada *double hook crane* adalah 0,1871 mm dan nilai minimumnya 0 mm.



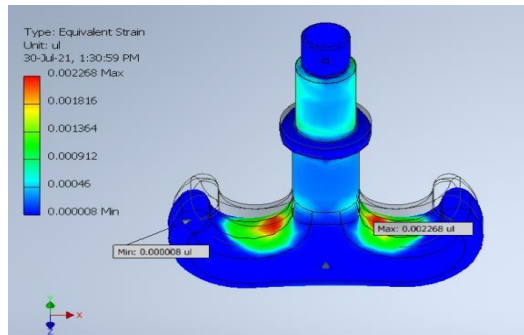
Gambar 5. Hasil *displacement single hook crane*

d. *Eqvalent Strain*

Strain adalah terjadinya pertambahan panjang per satuan panjang akibat adanya pembebanan [6]. Rumus berdasarkan metode mekanika material yang mempertimbangkan efek kelengkungan dapat digunakan untuk penentuan tegangan seperti kait derek [7]. Perubahan warna yg terjadi dimana warna merah menunjukkan area terluas yang menerima pertambahan panjang. sedangkan warna biru tidak menunjukkan perubahan panjang. seperti yang dapat dilihat pada Gambar 6. Dari simulasi yang dilakukan, nilai *Strain* maksimum yang terjadi pada *Single hook* adalah $33,21 \times 10^4$ sedangkan untuk nilai minimumnya 0, kemudian pada gambar 7 nilai *Strain* maksimum yang terjadi pada *Double hook* adalah $22,68 \times 10^4$ sedangkan untuk nilai minimumnya 0.



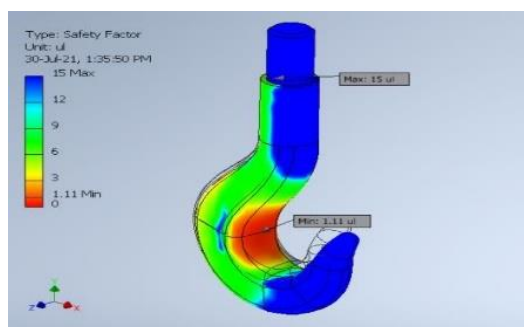
Gambar 6. Hasil *Equivalent strain* pada *single hook crane*



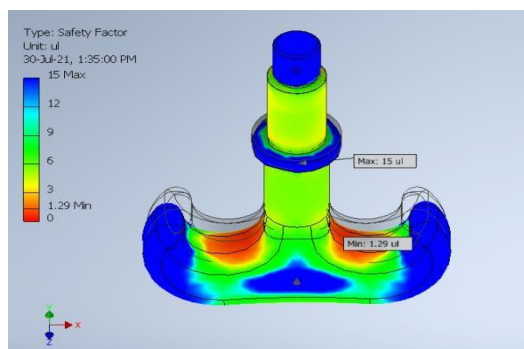
Gambar 7. Hasil *Equivalent strain* pada *double hook crane*

e. *Safety Factor*

Safety factor adalah faktor yang digunakan utk mengevaluasi keamanan dari suatu bagian elemen mesin. Dimana kisaran faktor dari 1 sampai 15 faktor keamanan yang baik harus lebih dari 1 untuk menghindari terjadinya kegagalan pada *Crane hook*. Warna biru menunjukkan bagian paling aman, dan warna merah menunjukkan bagian di luar batas aman. Pada gambar 4.9 untuk *Safety factor* atau faktor keamanan pada *single hook* yang didapat dari hasil analisis adalah sebesar 1,11 sampai 15. Artinya, bagian paling lemah pada *single hook* mampu mengatasi 1,11 kali beban yang diijinkan. Walaupun begitu, kemudian pada gambar 4.10 *Safety factor* pada *double hook* yang didapat dari hasil analisis adalah sebesar 1,29 sampai 15. Sesuai kriteria beban bahwa untuk beban statis angka keamanan : 1,25 – 2 ; beban dinamis : 2 – 3 ; beban kejut 3 – 5 maka dapat di simpulkan bahwa *Single hook dan double hook* berada pada beban statis sehingga beban 25 ton aman untuk di gunakan pada *Crane hook* Tipe baja AISI A514 alloy steel.



Gambar 8. Hasil *Safety factor* pada *single hook*



Gambar 9. Hasil *Safety factor* pada *double hook*

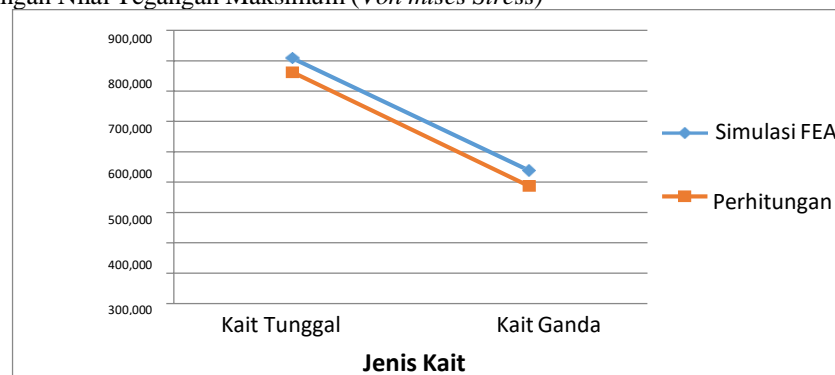
2. Hasil Perhitungan Analitik

Permasalahan – permasalahan yang melibatkan bentuk geometri, kondisi pembebanan dan sifat mekanik material yang kompleks tidak mungkin untuk dipecahkan dengan menggunakan persamaan atau rumus matematis yang biasanya disebut dengan penyelesaian analitis [2]. Tegangan terinduksi diperoleh dari perhitungan analitis dibandingkan dengan hasil diperoleh dari perangkat lunak FEA. Untuk membandingkan nilai tegangan maksimum (*von mises stress*), regangan maksimum (*Equivalent strain*) perlu dilakukannya perhitungan analitik dengan melakukan pendekatan-pendekatan agar diperoleh nilai yang mendekati sebenarnya dan dengan asumsi berat struktur crane hook (kait) diabaikan. Kemudian dilakukan perhitungan safety factor untuk mengetahui tingkat keamanan dari kedua jenis crane hook (kait) yang digunakan.

Kait (*hook*) merupakan salah satu elemen hoisting yang sangat penting dalam operasional penggunaan crane [8]. Yang dimaksud kait adalah suatu peralatan pada pesawat angkat yang digunakan untuk memegang material yang akan diangkat atau dipindahkan. Seperti telah diketahui bahwa kait dipergunakan untuk memegang atau menggantung beban, terdiri dari dua jenis, yaitu : kait tunggal (*single hook*) dan kait ganda (*double hook*). Dilihat dari hasil safety factor kedua jenis crane hook (kait) yaitu kait tunggal (*single hook*) dan kait ganda (*double hook*) diperoleh data bahwa kait tunggal memiliki nilai safety factor terkecil yaitu 1,17836 dan kait ganda memiliki nilai safety factor terbesar yaitu senilai 1,68015, dari data ini dimaksudkan bahwa kerja kait tanduk ganda lebih aman daripada dan kait tunggal untuk pembebanan 25 Ton atau 245250 N, sehingga kait tunggal memiliki peluang lebih besar terjadinya kegagalan kerja.

Dari simulasi yang dilakukan dengan menggunakan *software* elemen hingga akan dibandingkan dengan perhitungan analitik untuk ketiga jenis crane hook (kait) yang digunakan.

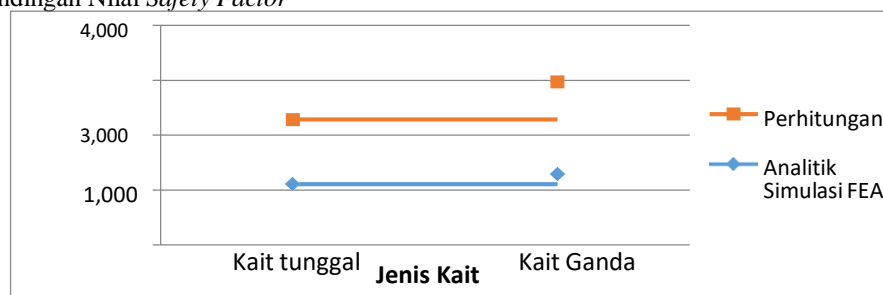
a. Perbandingan Nilai Tegangan Maksimum (*Von mises Stress*)



Gambar 10. Grafik perbandingan nilai tegangan maksimum (*Von mises stress*)

Dapat dilihat pada gambar 10 diperoleh bentuk kurva yang serupa antara simulasi *software* elemen hingga dengan perhitungan analitik nilai tegangan maksimum (*Von mises stress*). Disain/perancangan digunakan untuk mengetahui letak dari daerah kritis tegangan yang terdapat pada hook (kait) akibat adanya beban atau gaya yang bekerja [8]. Dari grafik diatas diketahui bahwa nilai tegangan maksimum terbesar untuk kedua jenis kait yang dianalisa adalah jenis kait tunggal, di mana nilai tegangan maksimum pada kait tunggal untuk simulasi *software* elemen hingga sebesar 759,534 MPa dan perhitungan analitik diperoleh nilai sebesar 761,729 MPa. Untuk nilai tegangan maksimum terkecil dari kedua jenis crane hook adalah jenis tanduk ganda, dengan nilai tegangannya sebesar 532,632 MPa dari simulasi *software* elemen hingga dan 387,102 MPa dari untuk perhitungan analitik.

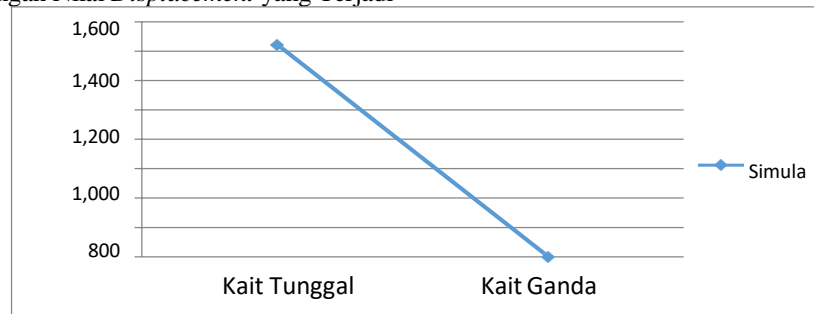
b. Perbandingan Nilai Safety Factor



Gambar 11. Grafik perbandingan nilai Safety factor

Dari gambar 11 dapat dilihat nilai *safety factor* antara simulasi *software* elemen hingga dengan perhitungan analitik membentuk kurva yang serupa. Nilai *safety factor* terbesar hingga terkecil adalah kait tanduk ganda dan kait tunggal. Nilai *safety factor* pada kait ganda dengan menggunakan simulasi *software* elemen hingga diperoleh nilai 1,294 dan dengan perhitungan analitik diperoleh nilai 1,680. Nilai *safety factor* pada kait tunggal antara simulasi *software* elemen hingga dan perhitungan analitik berturut-turut adalah 1,109 dan 1,178.

c. Perbandingan Nilai *Displacement* yang Terjadi



Gambar 12. Grafik perbandingan nilai defleksi yang terjadi

Dari gambar 12 diperoleh perbandingan nilai defleksi (*displacement*) antara ketiga jenis kait yang digunakan dengan menggunakan simulasi *software* elemen hingga. Dari grafik tersebut diketahui nilai defleksi terbesar hingga terkecil berturut-turut adalah kait tunggal dengan nilai defleksi 1,444 mm dan kait ganda dengan nilai 0,187 mm.

Pada analisa kekuatan struktur *crane hook* (kait) yaitu dengan menghitung tegangan maksimum (*Von mises stress*) terlebih dahulu, lalu membandingkannya dengan nilai kekuatan luluh material yang digunakan (*yield strength*). Berdasarkan gambar 10 diperoleh perbandingan antara nilai tegangan normal maksimum dengan menggunakan 2 metode yaitu simulasi *software* elemen hingga dan perhitungan analitik. Pada grafik tersebut dapat dilihat bahwa memiliki bentuk yang serupa dengan nilai tegangan terbesar pada kait tunggal dan nilai tegangan yang terkecil pada kait tanduk ganda. Perbandingan antara simulasi *software* elemen hingga dan perhitungan analitik dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Perbandingan Nilai Tegangan

No.	Jenis Kait (<i>crane hook</i>)	Simulasi FEA(Mpa)	Perhitungan Analitik (Mpa)	Error (%)
1	Kait tunggal	807,809	761,729	46,083
2	Kait ganda	437,691	387,102	50,589

Dapat dilihat pada Tabel 2 perbandingan nilai tegangan simulasi *software* elemen hingga dan perhitungan analitik diperoleh nilai error ($error = [nilai\ simulasi\ FEA - nilai\ perhitungan\ analitik] \times 100\%$) berkisar antara 46,083 – 50,589%, dikarenakan perhitungan analitik di lakukan dengan melakukan pendekatan-pendekatan dan ada beberapa faktor yang di abaikan. Dari hasil tegangan akan diperoleh nilai *safety factor* yang nilainya akan berbanding terbalik dengan nilai tegangan maksimumnya. Nilai *safety factor* dapat diperoleh dari perbandingan antara *yield strength* dari material AISI A514 alloy steel (*yield strength* = 890 MPa) dengan nilai tegangan utama maksimum (*Von mises stress*). Dari nilai *safety factor* dapat dianalisa bahwa kait yang paling aman digunakan dari kedua jenis kait adalah kait ganda dari pada kait tunggal. Dapat kita simpulkan bahwa kait tunggal akan memiliki potensi kegagalan paling besar dari pada kait ganda. Nilai defleksi berbanding lurus dengan besarnya nilai tegangan maksimum (*von mises stress*) pada kedua jenis *crane hook* (kait). Nilai defleksi terbesar pada kait jenis tunggal yaitu sebesar 1,44474 mm kemudian kait ganda yang mengalami defleksi sebesar 0,187146 mm. Dari data-data yang diperoleh dapat diketahui bahwa semakin besar tegangan maksimum (*von mises stress*) yang timbul akibat adanya pembebanan maka akan semakin besar pula kemungkinan kegagalan yang terjadi dan defleksi yang akan terbentuk.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis, kesimpulan yang dapat diambil adalah sebagai berikut:

1. Nilai tegangan maksimum (*Von Mises Stress*) pada kedua jenis kait dianalisis dengan menggunakan *software* elemen hingga dan perhitungan manual. Dengan menggunakan *software* elemen hingga, nilai tegangan maksimum untuk kait tunggal adalah 807,809 MPa, sedangkan untuk kait tanduk ganda adalah

437,691 MPa. Melalui perhitungan manual, nilai tegangan maksimum untuk kait tunggal adalah 761,729 MPa, sementara untuk kait tanduk ganda adalah 387,102 Mpa. Dari hasil ini, dapat disimpulkan bahwa struktur kait crane (kait) tidak mengalami deformasi plastis dan patah statik. Hal ini dikarenakan tegangan kerja yang dihasilkan lebih kecil dari kekuatan luluh material (895 MPa) dan kekuatan ultimate material (690 MPa). Dengan demikian, struktur kait crane berada dalam keadaan aman.

2. Nilai safety factor pada kedua jenis kait juga telah dianalisis. Dengan menggunakan software elemen hingga, safety factor untuk kait tunggal adalah 1,109 dan untuk kait tanduk ganda adalah 1,294. Sementara itu, melalui perhitungan manual, safety factor untuk kait tunggal adalah 1,178 dan untuk kait tanduk ganda adalah 1,680. Nilai defleksi yang terjadi pada kedua jenis kait juga telah dihitung, di mana defleksi pada kait tunggal adalah 1,444 mm dan pada kait tanduk ganda adalah 0,187 mm.

SARAN

Saran yang dapat diberikan adalah:

1. Untuk analisa menggunakan *software* elemen hingga sebaiknya diperhatikan proses *meshing*, dikarenakan semakin kecil bagian *meshing* yang terbentuk maka akan semakin mendekati nilai sebenarnya.
2. Pada saat membuat geometri *crane hook* (kait) sebaiknya memperhatikan gambar secara detail agar perhitungan akan menjadi semakin lebih akurat.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] K. Achmad, *Alat Berat*. Bandung: PT. Remaja Rodakarya, 2012. [Online]. Available: https://ebooktekniksipil.wordpress.com/wp-content/uploads/2014/05/829_alat-berat.pdf
- [2] S. Wunda, A. Johannes, R. Pingak, and A. Ahab, "Analisis Tegangan, Regangan dan Deformasi Crane Hook dari Material Baja Aisi 1045 dan Baja ST 37 Menggunakan Software Elmer," *J. Fis. Fis. Sains dan Apl.*, vol. 4, no. 2, pp. 131–139, Oct. 2019, [Online]. Available: <https://ejurnal.undana.ac.id/index.php/FISA/article/view/1885>
- [3] L. A. N. Wibawa, "Desain dan Analisis Tegangan Crane Hook Model Circular Section Kapasitas 5 Ton Menggunakan Autodesk Inventor 2017," *Simetris J. Tek. Mesin, Elektro dan Ilmu Komput.*, vol. 10, no. 1, pp. 27–32, 2019, doi: <https://doi.org/10.24176/simet.v10i1.2669>.
- [4] Gunawan, "Analisis Simulasi Elemen Hingga Kekuatan Crane Hook Menggunakan Perangkat Lunak Berbasis Sumber Terbuka," Program Sarjana. Universitas Sumatra Utara Medan, 2010. [Online]. Available: <https://repositori.usu.ac.id/handle/123456789/83018>
- [5] A. Kurniawan, "Analisa Kekuatan Struktur Crane Hook Dengan Perangkat Lunak Elemen Hingga Untuk Pembebanan 20 Ton," Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Bengkulu, 2014. [Online]. Available: <https://repository.unib.ac.id/10422/2/I%2CII%2CIII%2CIII-14-ang-FT.pdf>
- [6] G. U. Rajurkar, D. V. Bhope, and S. D. Khamankar, "Investigation Of Stresses In Crane Hook By FEM," *Int. J. Eng. Res. Technol.*, vol. 2, no. 8, pp. 117–122, 2013, doi: 10.17577/IJERTV2IS80089.
- [7] A. P. Boresi and R. J. Schmidt, *Advanced Mechanics of Materials*. United States: John Willey and Sons, 2003.
- [8] S. Ramdja and P. Zacharias, "Desain Perangkat Kait Overhead Travelling Crane Dengan Kapasitas Angkat 25 Ton Pada Pabrik Elemen Bakar Nuklir," *PRIMA - Apl. dan Rekayasa Dalam Bid. IPTEK Nukl.*, vol. 12, no. 1, pp. 45–55, 2015, [Online]. Available: <https://jurnal.batan.go.id/index.php/prima/article/view/3847>