

ANALISIS PENGARUH SUDUT SAMBUNGAN DAN PEMILIHAN MATERIAL PADA DESAIN LADDER KAPAL PENGGERUK SEDIMENT PERUM JASA TIRTA I

(ANALYSIS OF THE EFFECT OF JOINT ANGLE AND MATERIAL SELECTION ON THE DESIGN OF THE SEDIMENT DREDGER SHIP LADDER AT PERUM JASA TIRTA I)

Revaldy Aditya Pratama⁽¹⁾, Mujahid Wahyu⁽¹⁾ & Ahmad Dzulfikri Halimi⁽¹⁾

⁽¹⁾Teknik Mesin, PSDKU POLINEMA Kediri
Jl. Lingkar Maskumambang No.1, Sukorame, Kec. Majoroto, Kota Kediri, Jawa Timur

Email: ahmadhalimi@polinema.ac.id

Diterima: 17 Juli 2025. Disetujui: 25 Oktober 2025. Dipublikasikan: 30 November 2025

ABSTRAK

Tujuan penelitian untuk menganalisis pengaruh sudut sambungan dan pemilihan material terhadap kekuatan struktural ladder kapal penggeruk. Metode penelitian dengan simulasi *Finite Element Analysis* (FEA) menggunakan *software* solidworks dan ansys untuk menguji variasi sudut sambungan yang meliputi 30° , 45° , dan 60° serta dua jenis material baja, yaitu SS400 dan ASTM A36. Hasil simulasi menunjukkan bahwa variasi sudut mempengaruhi tegangan von mises masing-masing 278,16 MPa untuk SS400 dan 271,21 MPa untuk ASTM A36. Material SS400 memiliki safety factor yang lebih tinggi, menjadikannya lebih aman untuk aplikasi ladder, meskipun ASTM A36 juga menunjukkan performa lebih baik dalam ketahanan dinamis. Secara keseluruhan kombinasi sudut 30° dan material SS400 menghasilkan nilai analisis kekuatan struktural yang terbaik.

Kata Kunci: FEA, *Ladder* kapal keruk, sudut sambungan, *Von Mises*.

ABSTRACT

The objective of this study is to analyze the influence of joint angle and material selection on the structural strength of the dredger ladder. The research method involves Finite Element Analysis (FEA) simulations using SolidWorks and ANSYS software to test variations in joint angles— 30° , 45° , and 60° —and two types of steel materials: SS400 and ASTM A36. The simulation results show that the variation in angle affects the von Mises stress, with values of 278.16 MPa for SS400 and 271.21 MPa for ASTM A36. SS400 material has a higher safety factor, making it safer for ladder applications, although ASTM A36 also demonstrates better performance in terms of dynamic resistance. Overall, the combination of a 30° angle and SS400 material yields the best structural strength analysis results.

Keywords: FEA, Joint Angle, Ladder dredger, Von Mises .

PENDAHULUAN

Ladder Kapal Keruk merupakan alat yang dipasang pada kapal keruk untuk memudahkan proses pengangkatan atau pembuangan material yang terletak di bawah permukaan air, seperti pasir, lumpur, atau kerikil. Kapal keruk biasanya digunakan dalam kegiatan penggerukan di pelabuhan, sungai, atau badan air lainnya yang memerlukan penggalian untuk memperdalam atau membersihkan dasar perairan [1].

Dalam upaya meningkatkan jangkauan dan efektivitas proses penggerukan sedimen di sungai atau bendungan, Perum Jasa Tirta I melakukan modifikasi pada ladder kapal penggeruk. Namun, modifikasi yang dilakukan sejauh ini hanya terbatas pada penambahan panjang ladder tanpa perubahan signifikan pada bentuk atau model desain. Padahal, optimasi desain struktural termasuk sudut sambungan dan pemilihan material dapat berdampak besar pada kekuatan dan kinerja ladder.

Studi yang dilakukan oleh Hariyono, bertujuan Menganalisis kekuatan pondasi katrol *ladder* pada Kapal Isap Produksi (KIP), akibat pengaruh model bracing yang dipasang pada konstruksi pondasi katrol *ladder*. Dalam metodologi studi tersebut dilaksanakan menggunakan *Finite Element Analysis* (FEA) dengan pemodelan menggunakan bantuan software Ansys.

Temuan Penelitian model *diagonal*

bracing memiliki tegangan lebih besar dibandingkan dengan model *x-bracing* dengan selisih perbandingan 55,27%. Berdasarkan hasil penelitian sebelumnya telah diteliti kekuatan *ladder* sebelum dan setelah diperpanjang dengan tegangan maksimum terjadi pada area katrol *ladder* dengan model pondasi aktual menggunakan *diagonal bracing* sebesar 56,88 N/mm². Studi tersebut sangat berkaitan terhadap penelitian ini dikarenakan memiliki kesamaan komponen yang akan dilakukan pengujian berupa komponen *ladder* dari kapal keruk / kapal isap juga meneliti pada tingkat kekuatan konstruksi *ladder* pada kapal keruk / kapal isap menggunakan metode FEA (*Finite Element Analysis*) berbasis pada software komputerisasi [2]. Analisis desain berbasis komputer telah menjadi integral dalam proses pengembangan produk, khususnya pada tahap desain teknik. Metode ini memungkinkan evaluasi rancangan secara komputasional, mengurangi kebutuhan prototipe fisik [3].

Menurut penelitian yang dilakukan oleh Pakpahan, Rohmat, dan , Giyanto (2022) boom silinder didesain serta disimulasikan menggunakan software inventor. Pemilihan jenis material yang digunakan ialah stell AISI 1045 untuk boom silinder Berdasarkan hasil simulasi von misses stress dengan beban 100 kg dan menggunakan 3 sudut variasi yaitu 30°,

45° dan 60°. menghasilkan nilai tegangan dengan sudut sebagai berikut: 65MPa, 64,23MPa, 44,04MPa. Dari hasil pengamatan data simulasi 3 variasi sudut di atas yang sudah dilakukan, sudut yang mengalami nilai kritis yaitu sudut 45° dengan nilai tegangan 64,23 Mpa. Nilai tegangan tersebut lebih besar dari 2 variasi sudut yang lain. Berdasarkan hasil simulasi Displacement dengan beban 100kg dan menggunakan 3 sudut variasi yaitu 30°: Tidak terjadi perubahan bentuk, 45°: 0,007 mm. dan 60°: 0,06 mm. Berdasarkan hasil simulasi Safety factor dengan beban 100kg dan menggunakan 3 sudut variasi yaitu 30°, 45° dan 60°, sudut 30° menghasilkan nilai safety factor sebesar 8,25. Sudut 45° menghasilkan nilai safety factor sebesar 5,09. Sudut 60° menghasilkan nilai safety factor sebesar 7,43. Menurut hasil pengamatan data 3 variasi sudut diatas yang sudah dilakukan pada simulasi safety factor, nilai safety factor dari 3 variasi telah melebihi nilai yang di persyaratkan. Sehingga untuk 3 variasi sudut ini sangat aman terhadap pembebahan 100 kg [4].

Menurut jurnal dari Yudaputranto, (2024). Kapal keruk adalah alat berat yang dirancang khusus untuk menggali dan memindahkan material dari dasar perairan. Terdapat beberapa jenis kapal keruk, masing-masing dengan alat dan metode kerja yang berbeda [5].

Menurut penelitian yang dilakukan oleh

Fuadi, (2017) menunjukkan distribusi tegangan sepanjang *weld toe* untuk ketiga nilai parameter. Pada model dengan 10, 12, dan 15, tegangan maksimum terjadi pada sudut 45°. Penelitian ini juga meneliti pengaruh parameter τ (ratio ketebalan brace terhadap ketebalan chord) pada sambungan las. Tiga model diuji dengan nilai τ masing-masing 0,35; 0,45; dan 0,55. Parameter lain, yaitu β dan θ , dibuat sama untuk semua model. distribusi tegangan sepanjang *weld toe* untuk ketiga nilai τ . Sumbu horizontal menunjukkan sudut (derajat) sepanjang *weld toe* dari titik *crown 1*, dan sumbu vertikal menunjukkan tegangan (ksi) pada setiap posisi. Hasil penelitian mengungkapkan bahwa semakin besar nilai τ , semakin besar pula tegangan pada sambungan, terutama pada kondisi beban aksial. Pada ketiga model, tegangan maksimum terjadi pada titik *crown 1* (sudut 0°) [6].

Menurut studi yang lakukan oleh Dumyati & Nurhaji, (2023) FEA merupakan alat yang sangat berharga dalam analisis struktural. Dengan FEA, para insinyur dapat melakukan simulasi virtual untuk mengevaluasi berbagai desain, mengidentifikasi area yang rentan terhadap kegagalan, dan mengoptimalkan kinerja komponen [7].

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh variasi sudut sambungan (30°, 45°, dan 60°) yang

merupakan salah satu faktor mempengaruhi kekuatan dari suatu konstruksi atau komponen. Ketika dua bahan yang memiliki tingkat elastisitas yang sama dihubungkan, tegangan yang terjadi di sepanjang batas pertemuan kedua bahan tersebut akan merata [8]. serta pemilihan material (baja SS400 dan ASTM A36) terhadap kekuatan struktural ladder. Hasil penelitian menunjukkan bahwa semakin besar parameter, semakin besar pula tegangan pada sambungan, terutama pada beban aksial.

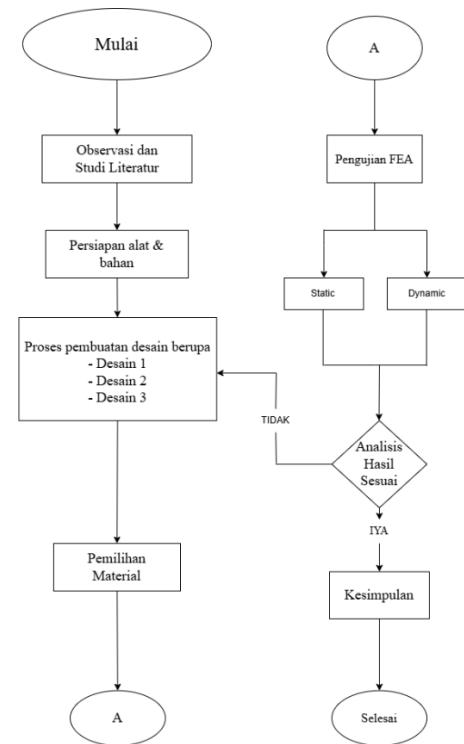
METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan desain penelitian, yaitu deskriptif kuantitatif. Penelitian yang dilakukan adalah merancang dan membuat desain komponen yang bisa digunakan untuk mengetahui suatu nilai kekuatan yang terdapat pada *ladder* kapal keruk yang kemudian akan dianalisis apakah *ladder* yang dirancang atau dibuat dapat menahan beban terhadap tekanan air dan bobot pada kapal. Pada penelitian ini juga dilakukan proses analisis kekuatan desain berdasarkan pada pemilihan jenis material. Tahapan atau langkah-langkah dari penelitian ini dapat dilihat berdasarkan Gambar 1 berikut.

Alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain :

1. Desain *Ladder* yaitu berupa variasi sudut sambungan sebagai bahan yang di uji dalam software analisis.

2. Software Solidworks sebagai alat pembuatan desain dari konstruksi *ladder* Kapal Keruk.
3. Software Ansys Sebagai alat pengukur kekuatan atau analisis tegangan dari desain *ladder*



Gambar 1. Flowchart Penelitian

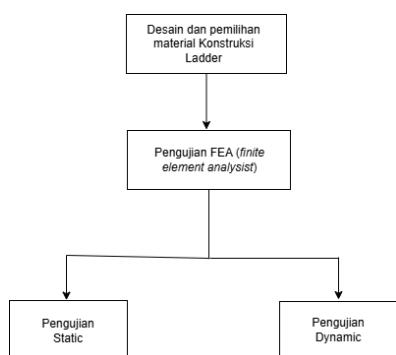
Variabel penelitian yaitu sebuah elemen atau atribut yang dapat bervariasi dan menjadi fokus pengamatan dalam sebuah penelitian. Sederhananya, variabel adalah sesuatu yang dapat diukur, diamati, dan diubah-ubah nilainya. Variabel penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

- a) Variabel Bebas meliputi Desain konstruksi komponen *ladder* kapal keruk berupa sudut sambungan pada

enguat dan Material yang digunakan *ladder* kapal keruk

- b) Variabel Terikat meliputi Kekuatan statis konstruksi *ladder* terhadap beban yang diterima dan Kekuatan dynamic konstruksi *ladder* terhadap beban yang diterima.

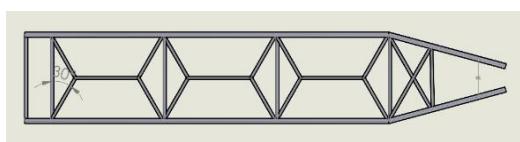
Kerangka konsep pada penelitian ini terdapat pada flowchart dibawah ini:



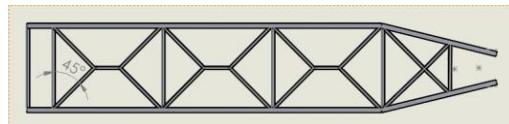
Gambar 2. Kerangka Konsep Penelitian

Desain Ladder dan Pemilihan Material.

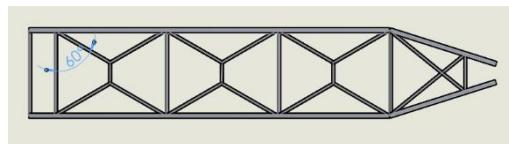
Pada penelitian ini ada tiga model atau desain *ladder* yang dibuat dengan variasi sudut sambungan (30° , 45° , dan 60°). Selain variasi sudut sambungan adapun pemilihan material sebagai variabel independent pada penelitian ini berupa baja SS400 dan ASTM A36. Desain ladder dapat dilihat seperti pada Gambar 3,4,dan 5 berikut.



Gambar 2. Ladder Sudut 30°



Gambar 3. Ladder Sudut 45°



Gambar 4. Ladder Sudut 60°

Sedangkan untuk pemilihan material yang digunakan pada penelitian ini menggunakan baja SS400 dan ASTM A36. Komposisi yang terdiri dari beberapa unsur, antara lain karbon (C), mangan (Mn), silikon (Si), belerang (S), dan fosfor (P), [9]. seperti pada tabel 1 berikut

Tabel 1. Unsur Baja SS400

Unsur	Kandungan %
Ferrum (Fe)	98,98
Karbon (C)	0,200
Silikon (Si)	0,09
Mangan (Mn)	0,53
Fosfor (P)	0,100
Sulfur (S)	0,040
Chromium (Cr)	0,030
Nickel (Ni)	0,030

Selain memiliki komposisi kimia baja SS400 juga memiliki komposisi mekanis seperti pada tabel 2 berikut.

Tabel 2. Komposisi Mekanik Baja SS400

Properti	Nilai
Yield Strength	245 MPa (minimum)
Tensile Strength	400-510 MPa
Kekerasan	160 HB (Brinell)

Modulus Elastisitas	190-210 GPa
Kepadatan	7.85 g/cm ³

Baja ASTM A36 adalah baja karbon rendah yang terkenal karena kemudahan pengelasannya. Hal ini membuatnya serbaguna dan banyak digunakan dalam berbagai industri, mulai dari otomotif hingga konstruksi dan transportasi [10]. Baja ASTM A36 memiliki komposisi berbagai unsur dapat dilihat pada Tabel 3 berikut

Tabel 3. Unsur Baja ASTM A36

Unsur	Kadar Persentase (%)
Karbon (C)	0,14
Silikon (Si)	0,244
Mangan (Mn)	0,64
Fosfor (P)	0,012
Sulfur (S)	0,0066
Tembaga (Cu)	0,01

Selain memiliki komposisi kimia baja ASTM A36 juga memiliki komposisi mekanis seperti pada tabel 4 berikut.

Tabel 4. Komposisi Mekanik Baja ASTM A36

Properti	Nilai
Yield Strength	250 Mpa

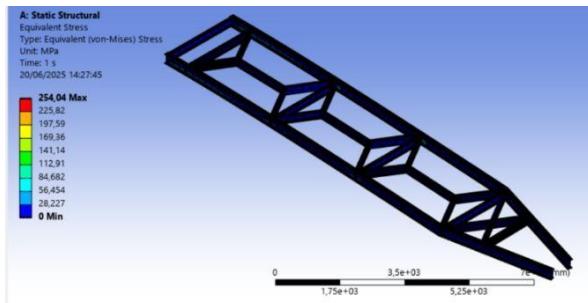
Tensile Strength	400-550 Mpa
Kekerasan	67-83 Rockwell B
Modulus Elastisitas	200 Gpa
Kepadatan	7.80 g/cm ³

Von Misses Stress Pada Software Von Mises Stress adalah kumpulan beberapa gaya pada suatu permukaan benda (rangka). Semakin sempit luasan permukaan namun gaya tetap, maka tegangan semakin besar. Tegangan pada rangka dengan material galvanis steel terbesar ditunjukan gradiasi warna paling merah [11].

Faktor keamanan (SF) adalah rasio antara kekuatan luluh material (yield strength) dan tegangan maksimum selama operasi. Parameter ini berfungsi sebagai design margin untuk mengantisipasi ketidakpastian beban, variasi material, atau kondisi operasional, sehingga menjamin keandalan dan umur pakai suatu komponen yang di analisis [12].

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil data diperoleh performa mekanik yang signifikan [13]. Analisis ini mengungkapkan beberapa temuan berupa tegangan *von mises* dan safety factor yang dapat dilihat pada Gambar 5 berikut.



Gambar 5. Hasil Analisis Struktur Ladder

Tabel 5. Hasil Analisis Statis SS400

Uji Statis

Desain	Material	Tegangan Von mises (M.Pa)	Safety Factor
<u>Sudut 30°</u>	SS400	254,04	1,4801
<u>Sudut 45°</u>	SS400	268,97	1,3979
<u>Sudut 60°</u>	SS400	256,64	1,4651

Tabel 6. Hasil Analisis Statis ASTM A36

Desain	Material	Tegangan Von mises (M.Pa)	Safety Factor
<u>Sudut 30°</u>	A36	229,34	1,0901
<u>Sudut 45°</u>	A36	271,21	0,92179
<u>Sudut 60°</u>	A36	255,22	0,97956

Dari hasil analisis beban statis tersebut didapatkan nilai tegangan von mises dan safety factor berikut. Pada sudut 30° dengan material baja SS400 menghasilkan tegangan von mises maksimum sebesar 254,04 MPa dan nilai safety factor sebesar 1,4801 sedangkan pada material ASTM A36 menghasilkan tegangan maksimum sebesar 229,34 MPa dan nilai safety factor 1,0901. Pada Sudut 45° dengan baja SS400 menghasilkan tegangan von mises maksimum sebesar 268,97 MPa dan nilai

safety factor sebesar 1,397 sedangkan pada material ASTM A36 sebesar 271,21 MPa dan nilai safety factor 0,92179. Pada sudut 60° dengan baja SS400 menghasilkan tegangan von mises maksimum sebesar 256,64 MPa dan nilai safety factor sebesar 1,4651 sedangkan 255,22MPa dan nilai safety factor sebesar 0,97956.

Tabel 7. Hasil Analisis Dinamis SS400

Uji Dinamis

Desain	Material	Tegangan Von Mises (M.Pa)	Safety Factor
<u>Sudut 30°</u>	SS400	3,3118	1,46104
<u>Sudut 45°</u>	SS400	10,749	1,34421
<u>Sudut 60°</u>	SS400	3,3685	1,44611

Tabel 8. Hasil Analisis Dinamis ASTM

Uji Dinamis

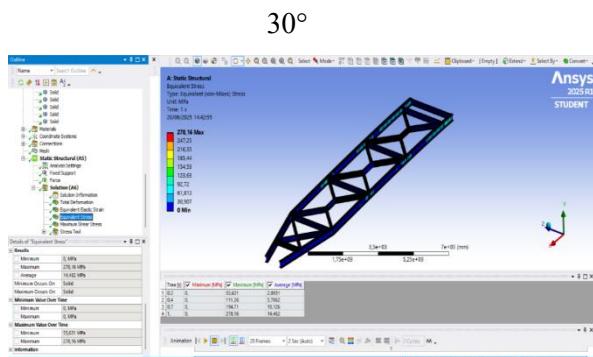
Desain	Material	Tegangan Von Mises (M.Pa)	Safety Factor
<u>Sudut 30°</u>	A36	0,45986	1,0879
<u>Sudut 45°</u>	A36	0,63258	0,91965
<u>Sudut 60°</u>	A36	0,59519	0,97727

Dari hasil analisis beban dinamis tersebut didapatkan nilai tegangan von mises berikut. Pada sudut 30° dengan material baja SS400 menghasilkan tegangan von mises maksimum sebesar 3,3118 MPa sedangkan pada material ASTM A36 menghasilkan tegangan maksimum sebesar 0,45986 MPa. Pada Sudut 45° dengan baja SS400 menghasilkan tegangan von mises maksimum sebesar 10,749 MPa sedangkan pada material

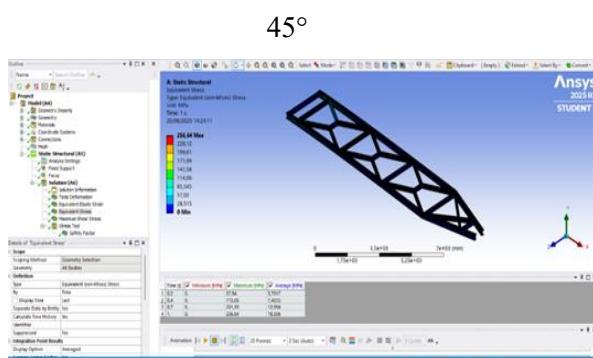
ASTM A36 sebesar 0,63258 MPa. Pada sudut 60° dengan baja SS400 menghasilkan tegangan von mises maksimum sebesar 3,3685 MPa sedangkan pada material ASTM A36 sebesar 0,59519 MPa. Berikut Gambar dari hasil - hasil dari analisis statis ladder.



Gambar 6. Hasil Analisis Statis ladder Sudut



Gambar 7. Hasil Analisis Statis ladder Sudut



Gambar 8. Hasil Analisis Statis ladder Sudut

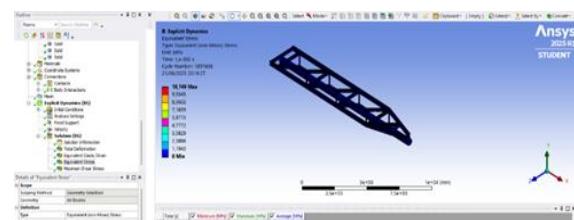
60°

Berikut Gambar dari hasil - hasil analisis Dinamis. Pada penelitian ini, simulasi Finite Element Analysis (FEA) dan pengujian numerik dilakukan untuk menganalisis pengaruh variasi sudut

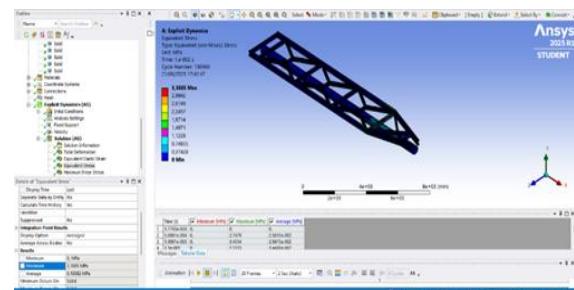
sambungan (30° , 45° , dan 60°) serta pemilihan material (baja SS400 dan ASTM A36) terhadap kinerja struktural ladder kapal keruk.



Gambar 9. Hasil Analisis Dinamis Sudut 30°



Gambar 10. Hasil Analisis Dinamis Sudut 45°



Gambar 11. Hasil Analisis Dinamis Sudut 60°

Hasil simulasi menunjukkan bahwa sudut sambungan memberikan pengaruh signifikan terhadap distribusi tegangan pada struktur. Sudut 45° mencatat nilai tegangan tertinggi, yaitu 278,16 MPa untuk baja SS400 dan 271,21 MPa untuk ASTM A36. Sedangkan pada Sudut 30° mencatat nilai tegangan terendah, yaitu 254,04 MPa untuk baja SS400 dan 229,34 MPa untuk ASTM A36.

Hasil ini mengindikasikan bahwa sudut 45° merupakan konfigurasi yang paling kritis karena menghasilkan konsentrasi tegangan yang lebih tinggi dibandingkan sudut 30° dan 60° [3]. Material SS400 lebih unggul terhadap kinerja struktural ladder kapal keruk hal tersebut ditunjukkan pada nilai safety factor sebesar 1,4801 untuk analisis statis dan analisis dinamis memiliki nilai safety factor sebesar 1,46104. Dari penelitian yang dilakukan oleh Suherman, (2009.) Kondisi ini terjadi ketika kemiringan ladder berada pada sudut 12° . Nilai-nilai ini masih dalam batas aman karena safety factor yang diizinkan adalah 1,29 [14]. Maka nilai safety factor 1,4801 dan 1,4610 termasuk aman untuk di aplikasikan.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian ini berhasil menganalisis pengaruh sudut sambungan dan proses pemilihan bahan berkinerja tinggi, yang melibatkan pemahaman mendalam tentang hubungan antara unsur kimia suatu bahan dengan sifat mekanik [15]. merupakan langkah penting dalam pengembangan berbagai teknologi struktural ladder kapal keruk menggunakan simulasi Finite Element Analysis (FEA) dalam ANSYS. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sudut sambungan 45° menghasilkan tegangan von Mises tertinggi, namun rentan terhadap konsentrasi tegangan, sehingga sudut 30° lebih direkomendasikan untuk desain

optimal. Material SS400 memiliki faktor keamanan lebih tinggi dibandingkan ASTM A36, meskipun ASTM A36 menunjukkan ketahanan dinamis yang lebih baik. Beban dinamis menghasilkan tegangan lebih rendah dibandingkan beban statis, tetapi tetap kritis pada sudut 45° . Rekomendasi desain terbaik adalah kombinasi sudut 30° dengan material SS400, dengan pertimbangan biaya dan ketersediaan material.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Juris, M. (2023). Jurnal CSD dan Jenis Material. *Jurnal Konstruksi*, 31–43.
- [2] Hariyono, H. (2023). Analisis Kegagalan Struktur Ladder Pada Kapal Isap Produksi. *Wave: Jurnal Ilmiah Teknologi Maritim*, 16(2), 59–68. <https://doi.org/10.29122/jurnalwav.e.v16i2.5545>.
- [3] Motte, D., Eriksson, M., Håkan, P., & Bjärnemo, R. (2014). Integration Of The Computer-Based Design Analysis Activity In The Engineering Design Process – A Literature Survey. *Tmce*, 1181–1194
- [4] Pakpahan, A. C., Rohmat, N., & Giyanto, G. (2022). Desain Boom Silinder Sebagai Jangkauan Pengangkat Beban Dengan Variasi Sudut Angkat Pada Excavator Prototype. *Jurnal Inovasi Ilmu Pengetahuan Dan Teknologi*, 4(1), 57. [Https://Doi.Org/10.32493/Jiptek.V4i1](https://Doi.Org/10.32493/Jiptek.V4i1)

- [5] Christofel Jarot Yudaputran. (2024). Analisa Kinerja Pompa Sentrifugal Kapal Keruk. *Jurnal Teknik Dan Science*, 3(2), 77–83. <Https://Doi.Org/10.56127/Jts.V3i2.1533>
- [6] Ibnu Fasyin Fuadi. (2017). Sambungan Tubular Multiplanar Double Kt Formulation Of Stress Concentration Factors For Multiplanar Tubular Dkt-Joints Using Finite. Institut Teknologi Sepuluh November.
- [7] Dumyati, I., & Nurmaji, S. (2023). Modeling Dan Simulasi Finite Element Analysis Pada Segitiga T Sepeda Motor Menggunakan Sofware Ansys 2023. Quantum Teknika : Jurnal Teknik Mesin Terapan, 5(1), 26–30. <Https://Doi.Org/10.18196/Jqt.V5i1.19012>.
- [8] Arezoodar, A. F., & Ali, B. (2012). The Effects Of Materials Properties & Angle Junction On Stress Concentration At Interface Of Dissimilar Materials. *Advanced Materials Research*, 383–390(July 2011), 887–892. <Https://Doi.Org/10.4028/Www.Scienfic.Net/Amr.383-390.887>.
- [9] Oktaviandy, N. R., Kardiman, K., & Hanifi, R. (2023). Effect of Preheat Temperature Variation with Cooling Media on Mechanical Properties in Welding SS400 Steel. *SINTEK JURNAL: Jurnal Ilmiah Teknik Mesin*, 17(2), 130. <https://doi.org/10.24853/sintek.17.2.130-142>.
- [10] Nurudin, N., Salim, A. T. A., Yuwono, I., Rahmatika, A., & Suparman, S. (2022). Analisis Sambungan Las Gmaw Baja Astm a36 Yang Terpapar Panas Tinggi Dan Pendinginan Cepat. *JTT (Jurnal Teknologi Terapan)*, 8(2), 166. <https://doi.org/10.31884/jtt.v8i2.436>.
- [11] Suryady, S., & Sapto, A. D. (2024). Pembebanan Statis Terhadap Rangka Mesin Alat Pengaduk Untuk Adonan Donat Menggunakan Sofware FEA. *Jurnal Teknik Mesin*, 13(1), 22. <Https://Doi.Org/10.22441/Jtm.V13i1.17689>.
- [12] Budiman, F. A., Septiyanto, A., Sudiyono, Musyono, A. D. N. I., & Setiadi, R. (2021). Analisis Tegangan Von Mises Dan Safety Factor Pada Chassis Kendaraan Listrik Febrian Arif Budiman Dkk / *Jurnal Rekayasa Mesin*. *Rekayasa Mesin*, 16(1), 100–108.
- [13] ANSYS. (2011). *ANSYS Mechanical Apdl* 中級セミナー. © Ansys, Inc., 3304(August), <Www.Ansys.Com>.
- [14] Hendra Bagja Suherman. (2009). *Analisis Struktur Ladder Mofifikasi Pada Kapal Keruk Merapin* (Vol. 29).
- [15] Nazir, A., Gokcekaya, O., Md Masum Billah, K., Ertugrul, O., Jiang, J., Sun,

J., & Hussain, S. (2023). Multi-Material Additive Manufacturing: A Systematic Review Of Design, Properties, Applications, Challenges, And 3d Printing Of Materials And Cellular Metamaterials. *Materials And Design*, 226, 111661.
[Https://Doi.Org/10.1016/J.Matdes.2023.111661](https://doi.org/10.1016/j.matdes.2023.111661)