



INNOVATIVE: Journal Of Social Science Research

Volume 5 Nomor 3 Tahun 2025 Page 4163-4176

E-ISSN 2807-4238 and P-ISSN 2807-4246

Website: <https://j-innovative.org/index.php/Innovative>

Analisa Kekuatan *Shackle* Pada Proses *Docking Undocking* di Galangan Kapal Menggunakan Metode FEM (*Finite Elemen Methode*)

Abdurrohimi^{1✉}, Igna Satria Prasetya², Rochmad Eko³, M. Abdul Wahid⁴,

Achdri Fauzi Nugraha Oloan⁵

Politeknik Negeri Banyuwangi

Email: rohimbabdur151000@gmail.com^{1✉}

Abstrak

Galangan kapal merupakan fasilitas industri maritim yang berfungsi untuk membangun, memperbaiki, dan merawat kapal serta kelengkapannya. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kekuatan *shackle* secara menyeluruh untuk mencegah kegagalan *structural* yang dapat menghambat keberhasilan proses *docking* dan keselamatan pekerja. Penelitian difokuskan untuk menganalisis dua jenis *shackle* yaitu *shackle bow* dan *dee*, yang keduanya memiliki WLL 85 ton. Metode simulasi yang digunakan adalah menggunakan *ANSYS static structural* dengan menggunakan material ASTM A322 untuk *shackle bow* dan ASTM A4145 untuk *shackle dee*, dengan berat kapal yang ditarik adalah 1269 ton, dengan kemiringan landasan *slipway* 2°, dengan menggunakan *pulley* sebanyak 10 lilitan, sehingga diperoleh beban aktual sebesar 43.462 N. Simulasi *shackle* dilakukan dengan variasi sudut tarik 90°, 70°, dan 50°. Dengan hasil menunjukkan bahwa tegangan maksimum dari kedua jenis *shackle* masih berada dalam batas aman material. Deformasi hasil simulasi meningkat saat variasi sudut semakin kecil. Seperti pada *shackle bow* dengan variasi tarik 50° dengan nilai deformasi 0.059948 mm. dan untuk *shackle dee* pada variasi penarikan 50°, memiliki nilai deformasi sebesar 0.024232 mm. jadi semakin kecil sudut yang digunakan maka meningkatkan tegangan dan mempengaruhi perubahan bentuk dari *shackle*.

Kata Kunci: *Docking, Shackle, ANSYS, ASTM A322, A576*

Abstract

Shipyards are maritime industrial facilities that function to build, repair, and maintain ships and their equipment. This study aims to analyze the shackle strength as a whole to prevent structural failure that can hinder the success of the docking process and worker safety. The study focuses on analyzing two types of shackles, namely bow and dee shackles, both of which have a WLL of 85 tons. The simulation method used is using ANSYS static structural using ASTM A322 material for shackle bow and ASTM A4145 for shackle dee, with the weight of the ship being pulled is 1269 tons, with a slope of the slipway runway of 2°, using 10 pulleys, so that the actual load is obtained as much as 43.462 N. Shackle simulation is carried out with variations in the pulling angle of 90°, 70°, and 50°. The results show that the maximum stress of both types of shackles is still within the safe limits of the material. The deformation of the simulation results increases as the variation in the angle decreases. As in the shackle bow with a pulling variation of 50° with a deformation value of 0.059948 mm. and for the shackle dee at a pulling variation of 50°, it has a deformation value of 0.024232 mm. so the smaller the angle used, the higher the stress and the change in shape of the shackle.

Keywords: *Docking, Shackle, ANSYS, ASTM A322, A576*

PENDAHULUAN

Galangan kapal adalah fasilitas industri yang terletak ditepi laut atau sungai yang digunakan untuk membangun, memperbaiki, dan merawat kapal serta struktur maritim lainnya. *Docking* dan *undocking* merupakan tahapan yang krusial dalam dunia galangan, karena melibatkan proses pemindahan kapal dari permukaan air keatas *slipway dock*. (Balubun, P. F., dkk 2023).

Proses *docking* kapal sangat krusial dikarenakan memerlukan peralatan penting seperti *winch, sling, excavator, crane, forklift*, dan *shackle*. Shackle berfungsi sebagai penghubung *sling* dari *winch* pada *pad eye* di kapal, serta menjadi fokus analisis struktural dikarenakan perannya dalam mendistribusikan beban tarik selama *docking* dan *undocking*. Kekuatan *shackle* harus mampu menahan beban dinamis, statis, arus, dan juga angin. Kegagalan *shackle* dapat menyebabkan gagalnya proses *docking* dan membahayakan keselamatan bagi pekerja. Analisis kekuatan *shackle* penting untuk meningkatkan keberhasilan *docking* dan keselamatan pekerja di galangan. (DWI, Y, W. 2024).

Analisis *shackle* dilakukan dengan menggunakan *software ANSYS*, yaitu perangkat lunak berbasis *metode elemen hingga, (Finite Element Method)* yang umum digunakan untuk pemodelan dan analisis. Ansys mampu mensimulasikan berbagai analisis seperti fisika, baik statis maupun dinamis, seperti halnya analisis *structural*, perpindahan panas,

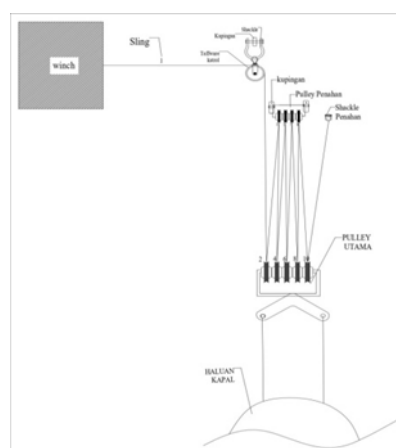
dinamika fluida, dan elektromagnetik, sehingga banyak digunakan oleh para *engineer*. (Harahap, A. 2020).

Metode Finite Element Methode (FEM) adalah prosedur numerik yang digunakan untuk menyelesaikan berbagai masalah teknik seperti analisis tegangan, perpindahan panas, elektromagnetisme, dan aliran fluida. FEM memungkinkan pemodelan *shackle* secara detail dengan mempertimbangkan faktor-faktor seperti *geometry*, *material*, dan distribusi beban. Metode ini sangat efektif untuk menganalisis kekuatan dan struktur komponen dalam kondisi yang kompleks. (Putra, J. A., & Misbah, M. N. 2022).

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kekuatan *shackle* digalangan xxx dengan menggunakan metode *Finite Element Methode (FEM)*. Hasil yang diharapkan meliputi peningkatan pemahaman terhadap *design* dan material *shackle*, serta memberikan informasi mengenai keselamatan dan efisiensi dalam proses *docking*, dengan meningkatkan keselamatan operasional dan mengurangi risiko kegagalan *structural*.

METODE PENELITIAN

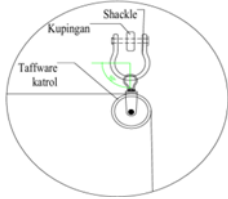
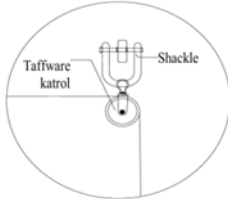
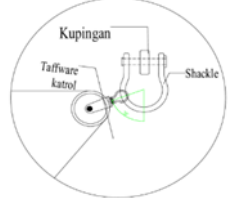
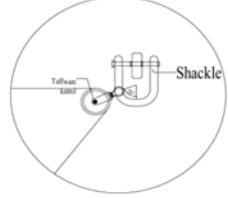
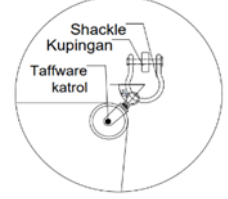
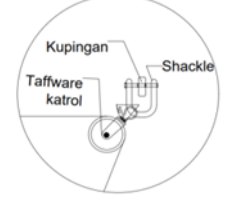
Penelitian ini menggunakan metode *Finite Element Method (FEM)* untuk menganalisis kekuatan *shackle* saat *docking* digalangan kapal. Dua tipe *shackle*, *bow* dan *dee* dimodelkan dengan *software AutoCAD 3D* berdasarkan katog *greenpin*, kedua WLL *shackle* yaitu 85 ton, dengan berat kapal 1269 ton, kemiringan landasan 2° , dengan 10 lilitan *pulley* diperoleh beban aktual 43.462 N. Gambar skematik kondisi lapangan ditunjukkan pada Gambar 1.



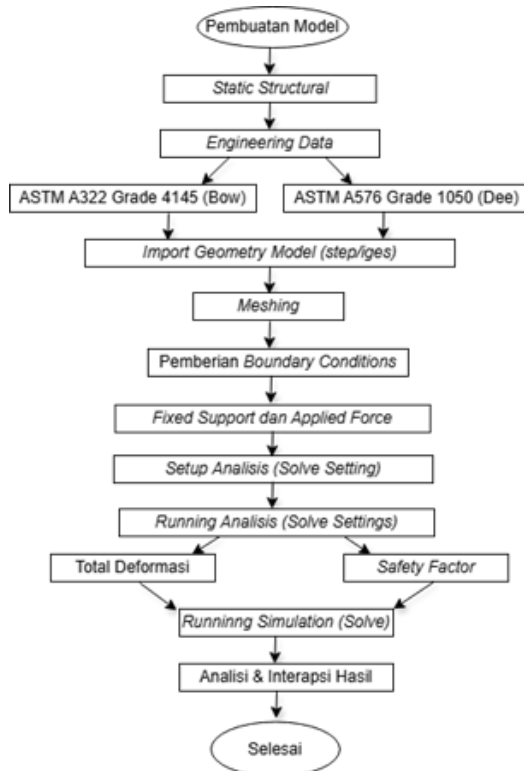
Gambar 1 Skematik Docking Slipway

Penelitian ini memvariasikan sudut penarikan 90° , 70° , dan 50° untuk menganalisis pengaruh arah gaya terhadap tegangan pada *shackle*, sesuai kondisi pemasangan di lapangan. Tujuannya adalah mengetahui perubahan distribusi beban akibat variasi penarikannya.

Tabel 1. Variasi Sudut Penarikan *Shackle*

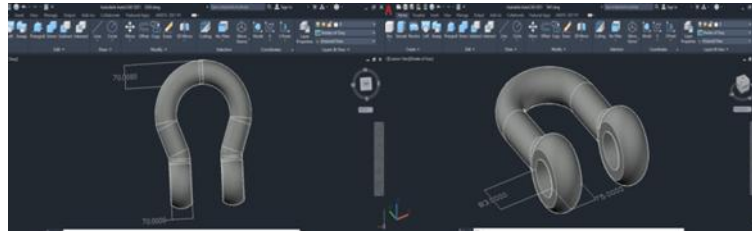
Variasi Sudut Tarik <i>Shackle Bow</i>	Variasi Sudut Tarik <i>Shackle Dee</i>
 <p>Gambar 2. Variasi Sudut 90°</p>	 <p>Gambar 3. Variasi Sudut 90°</p>
 <p>Gambar 4. Variasi Sudut 70°</p>	 <p>Gambar 5. Variasi Sudut 70°</p>
 <p>Gambar 6. Variasi Sudut 50°</p>	 <p>Gambar 7. Variasi Sudut 50°</p>

Proses simulasi shackle dengan menggunakan software ANSYS dapat digambarkan seperti pada diagram alir pada Gambar 8 berikut:



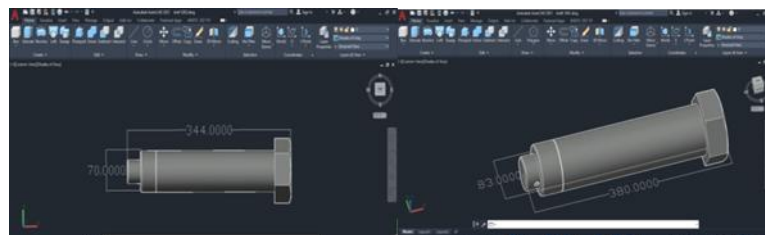
Gambar 8. Diagram Alir (Sumber : Penulis)

Pemodelan *shackle* dilakukan dengan *software AutoCAD 3D* dengan acuan katalog *greenpin shackle 85 ton*, dengan melalui dua tahapan yaitu pembuatan *part* dan *assembly*. Dengan langkah awal yaitu memodelkan *body shackle*, dengan diameter 70 mm untuk *bow* dan 75 mm untuk *shackle dee*.



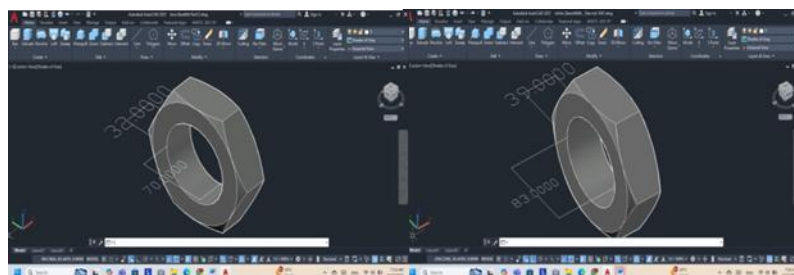
Gambar 9. *Body Shackle Bow* dan *Dee*

Selanjutnya membuat model pin untuk masing-masing *shackle*. *Shackle bow* memiliki pin berdiameter 70 mm dan panjangnya 344 mm, sedangkan *shackle bow* berdiameter 83 mm dan panjangnya 380 mm.



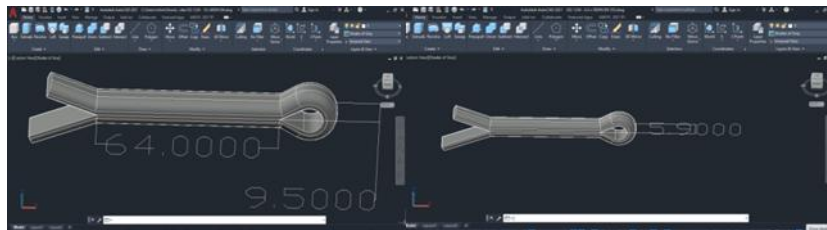
Gambar 10. *Pin Shackle Bow* dan *Dee*

Langkah ketiga, menggambar baut *pin* sebagai penguncinya. Dengan dimensi ukuran baut pada *shackle bow* berukuran diameter 70 mm dan lebar 32 mm, sedangkan untuk tipe *dee* berdiameter 83 mm dan lebarnya 39 mm.



Gambar 11. Baut pin *Shackle Bow* dan *Dee*

Langkah keempat, menggambar *split pin* shackle yang berfungsi sebagai pengaman tambahan untuk mencegah shackle terbuka secara tidak sengaja.



Gambar 12. *Split pin shackle*

Analisis *shackle* menggunakan *software* Ansys memerlukan penentuan material properties sebagai tahap krusial yang berdampak langsung pada hasil tegangan dan deformasi. Penelitian ini menggunakan material dengan spesifikasi sebagai berikut :

Table 2. *Material Properties ASTM A322 Grade 4145*

<i>Mechanical Properties Shackle Bow 85 Ton</i>		
No.	<i>Porperties</i>	<i>Metric</i>
1.	<i>Tensile Strength</i>	896-1068 Mpa
2.	<i>Yield Strength</i>	689-758 Mpa
3.	<i>Poisson's Ratio</i>	0.27-0.30
4.	<i>Density</i>	7.58 g/ cm^3
5.	<i>Bulk Modulus</i>	140 Gpa
6.	<i>Shear Modulus</i>	80.0 Gpa

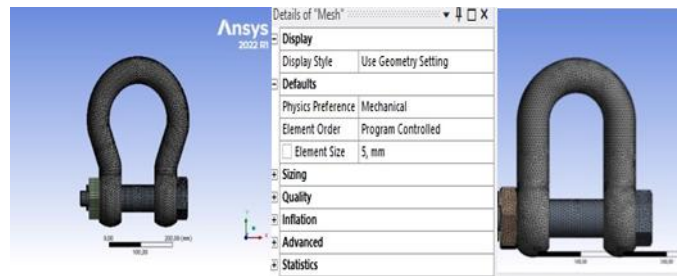
Table 3. *Material Properties ASTM A576 Grade 1050*

<i>Mechanical Properties Shackle Dee 85 Ton</i>		
No.	<i>Properties</i>	<i>Metric</i>
1.	<i>Tensile Strength</i>	690 Mpa
2.	<i>Yield Strength</i>	580 Mpa
3.	<i>Modulus Elasticity</i>	200 Gpa
4..	<i>Poisson's ratio</i>	0.27
5.	<i>Shear Modulus</i>	80.0 Gpa

Sebelum menganalisis *shackle* dengan Ansys, langkah penting yang dilakukan adalah memilih jenis analisi yang sesuai, yaitu *Static Structural Analysis*, dikarenakan subprogram ini digunakan untuk mensimulasikan dan menganalisis respons struktural terhadap beban statis.

3. Meshing

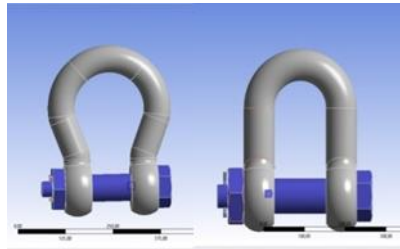
Tahapan *Meshing* ini dilakukan secara otomatis oleh *software*, namun ukurannya dapat disesuaikan untuk hasil yang lebih akurat, ukuran *mesh* dipengaruhi oleh jenis analisis, tingkat akurasi dan waktu komputasi. Semakin kecil ukuran *mesh*, semakin tinggi akuransinya. Pada simulasi *shackle* ini menggunakan ukuran *Meshing* 5 mm.



Gambar 16. Proses *Meshing*

4. Pemberian Kondisi Batas

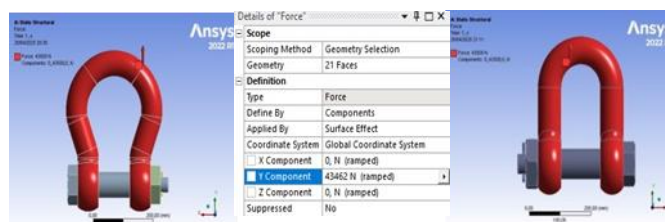
Penentuan kondisi batas diperlukan untuk merepresentasikan tumpuan model secara nyata. Simulasi ini, *fixed support* ditempatkan pada pin *shackle* karena berperan sebagai tumpuan saat *body shackle* menarik kapal menggunakan *slings*.



Gambar 17. Pemberian Kondisi Batas

5. Pembebanan

Beban yang diberikan disesuaikan dengan kondisi lapangan saat menarik kapal ke galangan. Pada simulasi ANSYS ini, beban yang diterapkan pada sumbu Y dengan berat kapal sebesar 1269 ton, kemudian dibagi 10 lilitan *pulley*, sehingga menghasilkan gaya sebesar 43.462 N.



Gambar 18. Pembebanan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Sebelum melakukan simulasi di Ansys, dilakukan perhitungan manual untuk mendapatkan tegangan tarik pada kedua tipe *shackle* berdasarkan beban aktual di lapangan, yaitu kapal seberat 1269 ton. Berikut penjelasannya :

$$w = m \cdot g$$

Pembahasan :

- Massa kapal (m) = 1269 ton
 - Konversi ton ke kg :
1 ton = 1000 kg ke Massa= 1269 x 1000 kg= 1.269.000 kg
- Kemudian = 1.269.000 kg x 9.81 (m/s²)
= 12.452.490 N

Setelah itu, melakukan perhitungan gaya tarik total Perhitungan gaya tarik ini dilakukan untuk mengetahui nilai yang dapat ditahan oleh *shackle* pada saat proses penarikan kapal keatas *dock*, dimana untuk kemiringan ladasan *slipway* adalah 2°. Dengan menggunakan persamaan rumus :

$$F = W \cdot \sin(\theta)$$

W= 12.452.490 N x 2° (kemiringan landasan) = 0,0349
F= 12.452.490 N x 0,0349
F= 434.620 N.

Jadi hasilnya adalah F = 434.620 N

Setelah mendapatkan nilai gaya tarik total, kemudian nilai tersebut dibagi menjadi 10 lilitan *pulley*. Seperti berikut :

$$F_{\text{Shackle}} = \frac{F_{\text{gaya Tarik}}}{10 \text{ lilitan}}$$

Dimana :

$$F_{\text{Shackle}} = \frac{434.620 \text{ N (Gaya Tarik Total)}}{10 \text{ Lilitan}}$$

Maka hasilnya adalah = 43.462 N

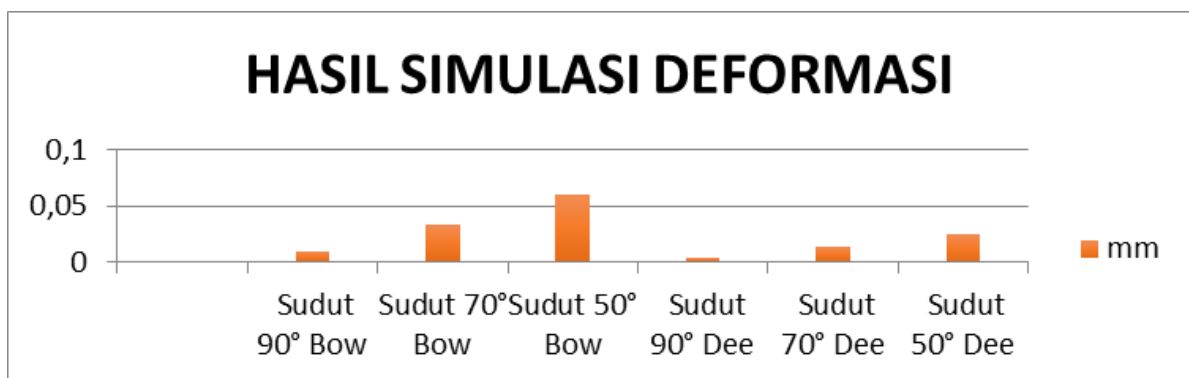
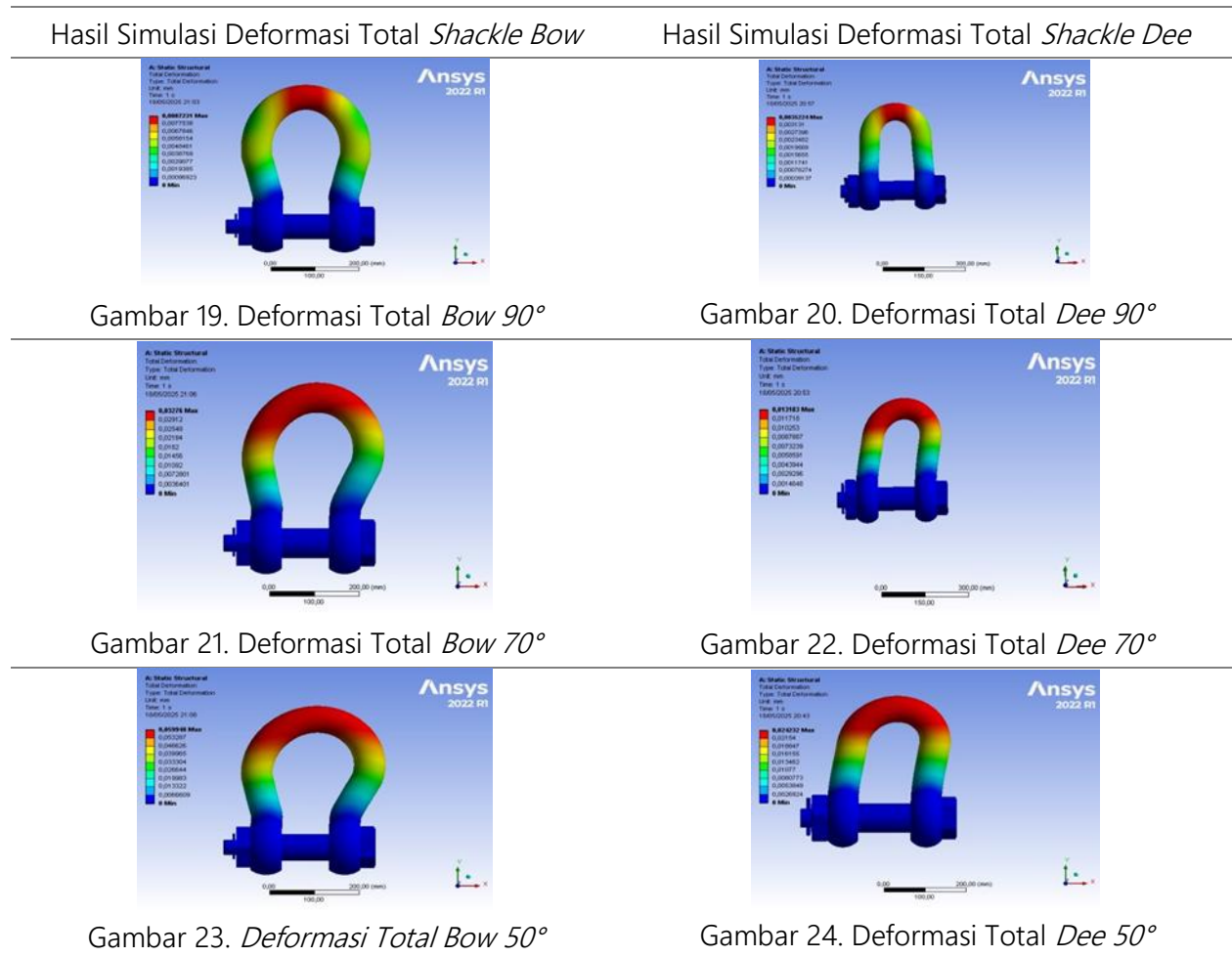
Jadi untuk memasukan beban pada simulasi menggunakan *software* ANSYS menggunakan nilai 43.462 N.

1. Hasil Deformasi Total

Deformasi Total merupakan parameter yang menunjukkan seberapa besar perubahan bentuk pada komponen *shackle* yang diakibatkan oleh beban tarik yang diterimanya. Nilai

deformasi ini diukur dari titik awal sebelum komponen *shackle* diberi beban sampai *shackle* menerima beban.

Tabel 4. Hasil Simulasi Deformasi Total

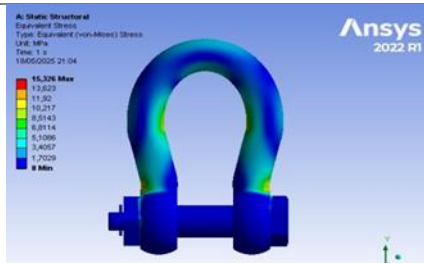


Gambar 25. Diagram Batang Hasil Simulasi Deformasi

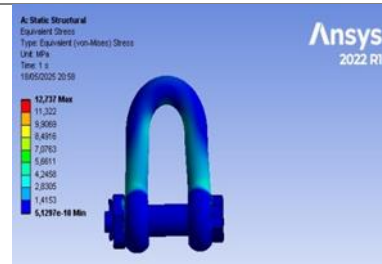
Tabel 5. Hasil Simulasi (*Von Misses*) Stress Bow dan Dee

Hasil Simulasi (*Von Misses*) Stress Bow

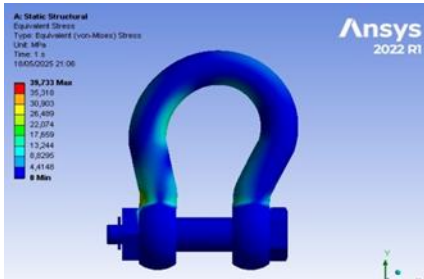
Hasil Simulasi (*Von Misses*) Stress Dee



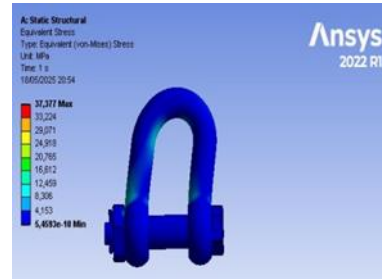
Gambar 26. (*Von Misses*) Stress bow 90°



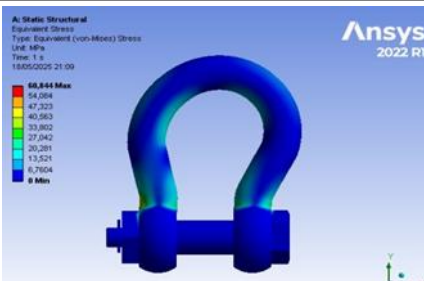
Gambar 27. (*Von Misses*) Stress Dee 90°



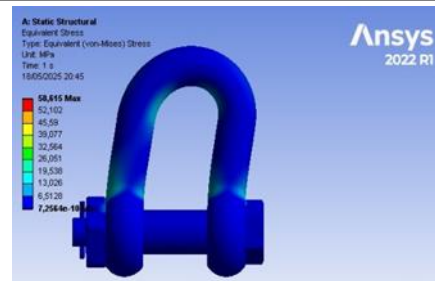
Gambar 28. (*Von Misses*) Stress bow 70°



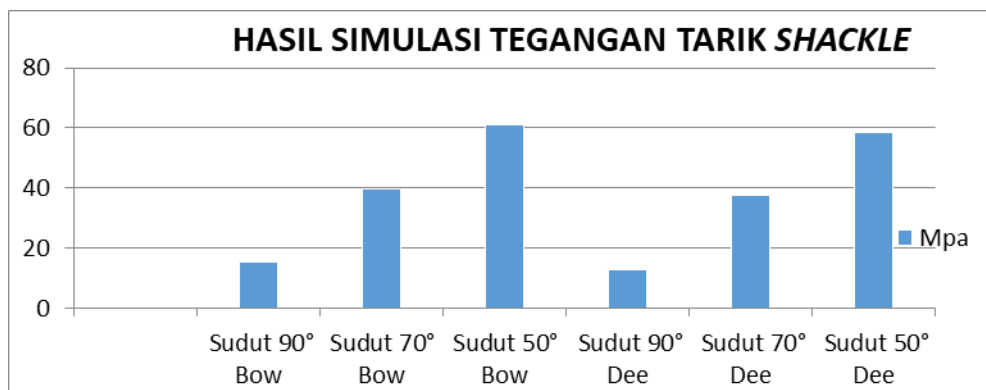
Gambar 29. (*Von Misses*) Stress bow 70°



Gambar 30. (*Von Misses*) Stress Bow 50°



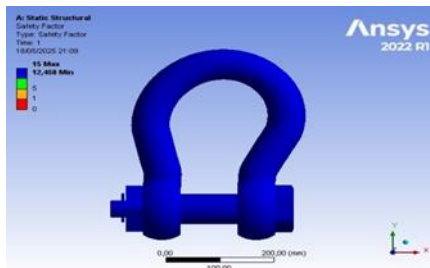
Gambar 31. (*Von Misses*) Stress Dee 50°



Gambar 32. Diagram Batang

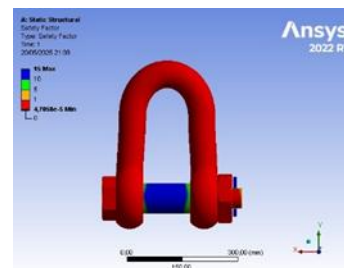
Tabel 6. Hasil *Safety Factor* Dari Simulasi ANSYS

Hasil *Safety Factor Shackle Bow*

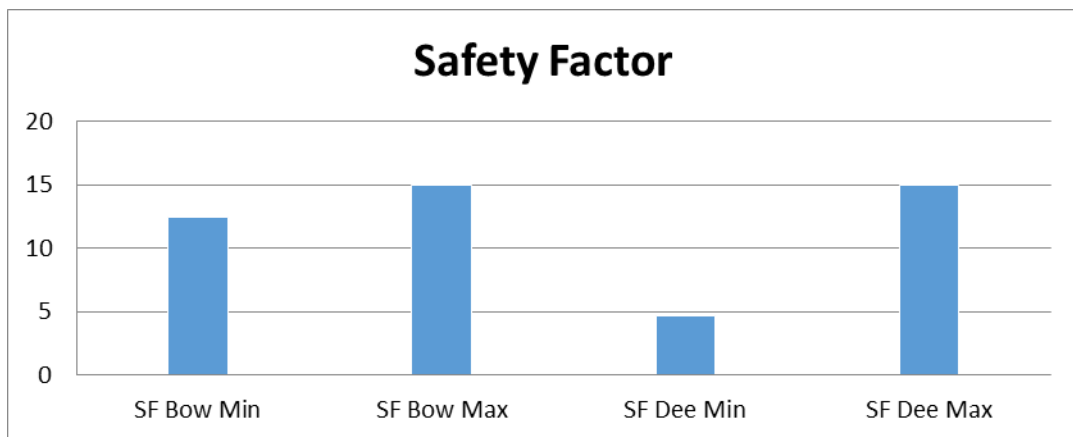


Gambar 33. *Safety Factor Shackle Bow*

Hasil *Safety Factor Shackle Dee*



Gambar 34. *Safety Factor Shackle Dee*



Gambar 35. Diagram Batang *Safety Factor*.

SIMPULAN

Berdasarkan tabel hasil simulasi pada *shackle bow* dan *dee* dengan variasi sudut tarik 90°, 70°, dan 50°, memiliki beberapa kesimpulan seperti berikut ini :

1. Tegangan tarik tertinggi pada *shackle bow* terjadi pada sudut penarikan 50°, yaitu sebesar 60.844 MPa. Sedangkan pada *shackle dee*, tegangan yang terjadi sebesar 58,615 Mpa. Dari ini tersebut menunjukkan bahwa semakin kecil sudut penarikan, maka semakin besar beban yang tertumpu pada *shackle*.
2. Nilai *safety factor* tertinggi pada *shackle bow* memiliki nilai 9.91 pada variasi sudut 90°, dan terendah adalah 2.50 pada sudut 50°. Sementara pada *shackle dee*, nilai *safety factor* tertinggi sebesar 9.10 pada variasi tarik 90°. Dan terendahnya adalah 1.97 pada variasi sudut 50°. Jadi pada variasi sudut tarik 90° merupakan posisi paling aman.
3. Deformasi hasil simulasi meningkat saat variasi sudut semakin kecil. Seperti pada *shackle bow* dengan variasi penarikan 50° dengan nilai deformasi 0.059948 mm. dan untuk *shackle dee* pada variasi penarikan 50°, memiliki nilai deformasi sebesar

0.024232 mm. jadi semakin kecil sudut yang digunakan maka meningkatkan tegangan dan mempengaruhi bentuk dari *shackle*.

Dari perbandingan antara *shackle dee* dan *bow*, hasil dari simulasi diatas menunjukkan bahwa tegangan tarik pada *shackle dee* lebih besar dari pada *shackle bow*, untuk beban dan sudut yang sama, akan tetapi nilai deformasi *shackle bow*, memiliki nilai yang lebih tinggi, yang menandakan perbedaan distribusi tegangan dan karakteristik *geometri* antara kedua jenis *shackle* tersebut.

DAFTAR PUSTAKA

- Alfadjri, M. F., & WP, I. T. (2014). Analisis Teknis dan Ekonomis Pengembangan Galangan Repair Kapal Khusus LNG Ship.
- Arini, R. N., & Pradana, R. (2021). Analisa Tegangan Regangan pada Balok dengan Menggunakan Software Abaqus Cae V6. 14. Jurnal Artesis, 1(2), 193-198.
- Balubun, P. F., De Fretes, E. R., & Soumokil, R. P. Analisis Penambahan Kapasitas Slipway Pada Pt. Dok Dan Perkapalan Waiame (Persero) Ambon.
- DWI, Y. W. (2024) Analisa Kekuatan Pad Eye Pada Penarikan Winch Terhadap Proses Docking Menggunakan Metode Fem (Finite Elemen Methode).
- Ghofur, A. A., Zakki, A. F., & Yudo, H. (2022). Analisa Respon Tegangan Lokal Rantai Jangkar pada Kapal Perintis 1200 GT di Perairan Kepulauan Seribu. Jurnal Teknik Perkapalan, 10(3), 21-30.
- Harahap, A. (2020). Simulasi Pembebanan Pada Shackle Menggunakan Perangkat Lunak Ansys APDL 15.0. Journal of Mechanical Engineering Manufactures Materials and Energy, 4(1), 74-84.
- Harahap, A. A. A. M. (2020). Analisis Numerik 2D Shackle Menggunakan Perangkat Lunak Ansys APDL 15.0 (Doctoral dissertation, Universitas Medan Area).
- Irianto, P. T., Yudo, H., & Amiruddin, W. (2020). Analisa Kekuatan Struktur End Shackle Rantai Jangkar Akibat Adanya Beban Lingkungan pada Kapal Perintis 1200 GT. Jurnal Teknik Perkapalan, 8(4), 509-519.
- Safirahaidi, R., Asmara, I. P. S., & Sidi, P. (2021). Perhitungan Daya Winch yang digunakan pada Dok Tarik (Launching Way) PT. ASSI. In Proceedings Conference on Design Manufacture Engineering and its Application (Vol. 5, No. 1, pp. 60-63).
- Tribuana, I. P., Hadiwidodo, Y. S., & Handayanu, H. (2023). Analisis Tegangan pada Variasi Shackle Saat Proses Upending Struktur Jacket Empat Kaki Pada Tahap Instalasi. Jurnal Teknik ITS, 12(2), G113-G118.

Yansah, A. R. (2016). Analisis Konfigurasi Rigging dan Padeye Pada Saat Proses Installation Deck Struktore ULA Platform Dengan Cara Lifting. Surabaya: Tugas Akhir Jurusan Teknik Kelautan ITS.