

Analisis Kekuatan *Sideboard* pada Kapal Tongkang dengan *Stanchion H Beam* Menggunakan Metode Elemen Hingga Berbasis Ansys Simulation

Muhammad Galih Akbar^{*1}, Adhe Arsywan, S.Pd., M.Si. 1^{*} and Tiwi Gustria Ningsih, S.Pd., M.Han. 2^{*}

* Politeknik Negeri Batam

Program Studi Teknologi Rekayasa Konstruksi Perkapalan

Jl. Ahmad Yani, Batam Centre, Batam 29461, Indonesia

¹E-mail: Muhammadgalihakbar1901@email.com

Abstrak

Kapal Tongkang merupakan jenis kapal non – propulsi yang digunakan sebagai untuk alat akomodasi yang membawa muatan curah seperti batubara, dengan adanya struktur *Sideboard* berfungsi sebagai penahan lateral agar muatan tidak jatuh ke dek. Dalam operasional pada kapal tongkang, *Sideboard* akan mengalami beban berulang (siklik) akibat tekanan lateral muatan yang menyebabkan kegagalan struktur. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kekuatan *Stanchion* variasi H – Beam serta mengetahui beban maksimum lateral dengan muatan batubara jenis *Bituminous coal* yang mampu ditahan oleh *Sideboard* dengan material ASTM A36 dan AH36 tanpa mengalami kegagalan. Metodologi dalam penelitian melalui studi literatur, pengumpulan data dimensi kapal dan material, serta melakukan perancangan model *Sideboard* menggunakan AutoCAD yang kemudian dianalisis menggunakan metode *Finite Element Method* (FEM) berbasis Ansys Simulation. Material yang digunakan adalah baja ASTM A36 dan AH36 dengan modulus elastisitas 200 MPa dan AH36 memiliki modulus elastisitas sebesar 200 MPa. Beban yang diterapkan berupa tekanan lateral sebesar 0.008829 MPa dengan tinggi tumpukan batubara setinggi 1.5 mm yang dihitung menggunakan metode Rankine. Simulasi dilakukan dengan pendekatan linier elastik dan kondisi batas *Fixed support* untuk memperoleh distribusi tegangan, Deformasi, serta faktor keamanan struktur. Hasil analisis menunjukkan bahwa model *sideboard* dengan material ASTM A36 memiliki Tegangan Maksimum 70.2 MPa, Faktor Keamanan sebesar 3.56 dan, nilai Deformasi sebesar 1.8253 mm sedangkan untuk AH36 memiliki Tegangan Maksimum sebesar 71.7 MPa, Faktor Keamanan sebesar 4.95 dan, Deformasi sebesar 1.4629 mm. Kedua material tersebut memiliki berat yang sama yaitu sebesar 8.0255 ton. Hasil analisis disimpulkan bahwa material AH36 lebih baik karena memiliki nilai faktor keamanan yang tinggi sehingga mengurangi resiko akibat beban lateral pada batubara serta memiliki nilai deformasi yang rendah karena material AH36 memiliki sifat kekakuan yang lebih baik sehingga mampu mempertahankan bentuk struktur saat menerima tekanan lateral pada batubara.

Kata kunci: Kapal Tongkang, *Sideboard*, FEM, Tekanan Lateral, *Faktor Keamanan*

Abstract

A barge is a type of non-propelled vessel used to transport bulk cargo such as coal; its sideboards serve as lateral supports to prevent the cargo from falling onto the deck. During barge operations, the sideboards are subjected to repeated (cyclic) loads due to lateral pressure from the cargo, which can lead to structural failure. This study aims to analyze the strength of stanchions with various H-beam configurations and to determine the maximum lateral load of bituminous coal that the sideboards—made of ASTM A36 and AH36 materials—can withstand without failing. The research methodology involved a literature review, the collection of vessel and material dimensional data, and the design of a sideboard model using AutoCAD, which was then analyzed using the Finite Element Method (FEM) based on Ansys Simulation. The materials used were ASTM A36 and AH36 steel, with an elastic modulus of 200 MPa for both. The applied load consists of a lateral pressure of 0.008829 N/mm² MPa MPa with

a coal pile height of 1.5 mm, calculated using the Rankine method. The simulation was performed using a linear elastic approach and fixed-support boundary conditions to determine the stress distribution, deformation, and safety factor of the structure. The analysis results show that the sideboard model made of ASTM A36 material has a maximum stress of 70.2 MPa, a safety factor of 3.56, and a deformation value of 1.8253 mm, while the AH36 model has a maximum stress of 71.7 MPa, a safety factor of 4.95, and a deformation value of 1.4629 mm. Both materials have the same weight, which is 8.0255 metric tons. The analysis concluded that the AH36 material is superior because it has a higher safety factor, thereby reducing the risk associated with lateral loads on the coal, and it has a lower deformation value due to its superior stiffness, which allows it to maintain the structure's shape when subjected to lateral pressure from the coal.

Keywords : Barge, Sideboard, FEM, Lateral Pressure, Safety Factor

1 Pendahuluan

Kapal Tongkang (*Barge*) merupakan salah satu jenis kapal yang tidak memiliki sistem penggerak atau non-propulsi yang digunakan sebagai alat transportasi dengan membawa muatan seperti batubara, pasir, kayu, dan material lainnya, kapal tongkang bergerak biasanya ditarik dengan kapal tunda (*tugboat*) untuk berpindah dari lokasi ke suatu lokasi lainnya. Struktur utama kapal tongkang terdiri dari badan kapal yang datar dengan memiliki dinding penahan samping (*Sideboard*) untuk mencegah terjadinya muatan terjatuh ke luar dek dalam proses operasi pengangkutan muatan [1]. Sideboard memiliki fungsi utama yaitu sebagai penahan lateral yang dimana dirancang untuk menahan beban horizontal, setiap kali muatan diisi dan dibongkar *Sideboard* mengalami beban siklik (berulang).

Dalam setiap operasi, *Sideboard* mengalami tekanan berulang (siklik) dari muatan, terutama material *bulk* seperti batubara, yang menghasilkan tegangan pada struktur dinding *Sideboard* berubah-ubah seiring waktu. Tegangan berulang dapat menyebabkan kelelahan pada material yang merupakan salah satu kegagalan umum yang sering terjadi pada dunia industri terutama pada kapal dan struktur bangunan laut. Kelelahan material disebabkan oleh beban siklik (berulang) sehingga menyebabkan retak (*Crack*) yang terbentuk dan tumbuh meluas sampai akhirnya terjadi kegagalan pada struktur dan menyebabkan kecelakaan fatal [2].

Kelelahan merupakan proses kerusakan pada struktur konstruksi yang disebabkan oleh pembebanan berulang yang terjadi pada tegangan di bawah batas luluh material. Walaupun tegangan yang bekerja tidak melebihi kekuatan maksimum material, namun akibat siklus pembebanan yang terus menerus, dapat menimbulkan retakan mikro yang seiring waktu akan berkembang menjadi retakan makro hingga menyebabkan kegagalan struktur. Hal ini sangat berbahaya karena kegagalan akibat kelelahan terjadi secara tiba-tiba tanpa tanda-tanda kerusakan yang jelas sebelumnya [3].

Seiring dengan perkembangan zaman, metode *Finite Element Method* (FEM) telah banyak digunakan untuk kegunaan industri dalam simulasi komputer untuk memprediksi perilaku fisik pada komponen. Metode ini memungkinkan evaluasi distribusi tegangan dan deformasi secara detail, sehingga titik-titik kritis yang berpotensi mengalami kegagalan akibat beban statis maupun siklik dapat diidentifikasi secara akurat [4].

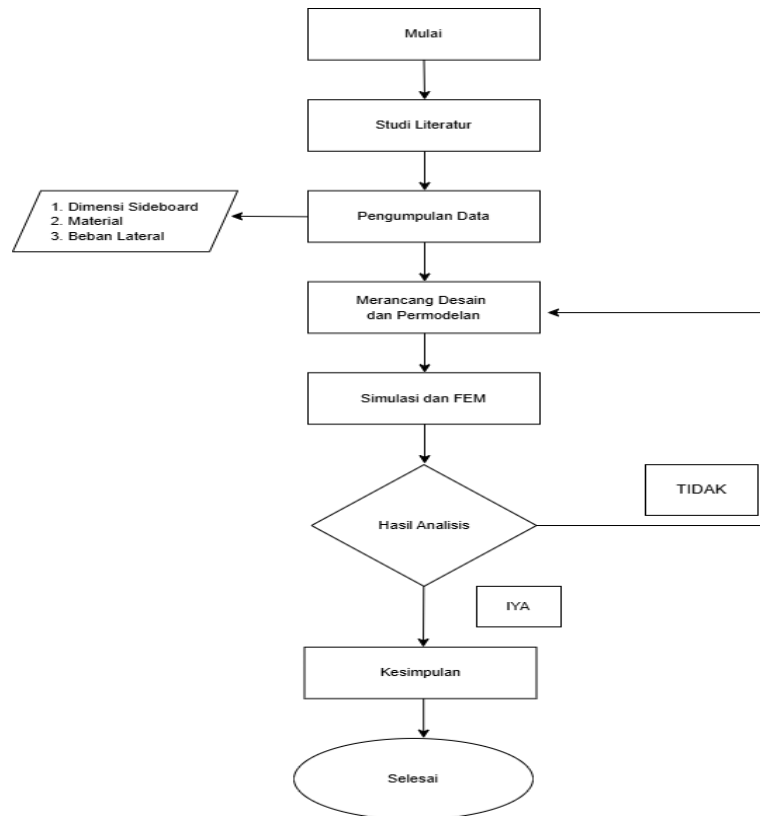
Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini bertujuan untuk mengetahui dan memastikan *Sideboard* dengan dua variasi material mampu menahan beban tekanan lateral dengan muatan batubara tanpa mengalami kegagalan struktur dan mengalami kecelakaan. Analisis ini dilakukan dengan pendekatan FEM yaitu menganalisis perilaku struktur yang mengalami pembebanan serta memprediksi kekuatan struktur. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan pemahaman dan wawasan yang secara menyeluruh tentang distribusi tegangan, deformasi, serta kelelahan struktur, sehingga dapat dijadikan sebagai dasar dalam perancangan dan optimasi struktur yang lebih aman, andal, dan efisien [5].

Rumusan masalah dalam penelitian ini adalah bagaimana distribusi tegangan pada struktur *sideboard* kapal tongkang akibat pembebanan muatan, berapa besar tegangan maksimum yang terjadi serta apakah masih berada dalam batas aman material, dan bagaimana kelelahan struktur (*fatigue*) serta faktor keamanan struktur sideboard berdasarkan analisis menggunakan metode elemen hingga (FEM) dengan bantuan software Ansys Simulation.

Agar penelitian ini lebih terarah, penelitian ini hanya fokus pada kelelahan *Sideboard* tongkang dengan material ASTM A36 yang dimana material ini memiliki kemampuan deformasi yang baik dan umum digunakan pada komponen kapal dengan muatan batubara *bituminous coal* dengan massa jenis 800- 1200 kg/m³ dengan menggunakan software Ansys Simulation yang berbasis FEM serta tidak menjelaskan secara struktur mengenai

komponen dan konstruksi lain. Perhitungan pada penelitian ini menggunakan metode Rankine sebagai perhitungan tekanan lateral dengan sifat material granular seperti batubara. Serta tidak membahas pengaruh kondisi, dinamis, korosi, dan pengaruh lainnya.

2 Metodologi Penelitian



Gambar 1. Diagram alir penelitian tugas akhir

2.1 Studi Literatur

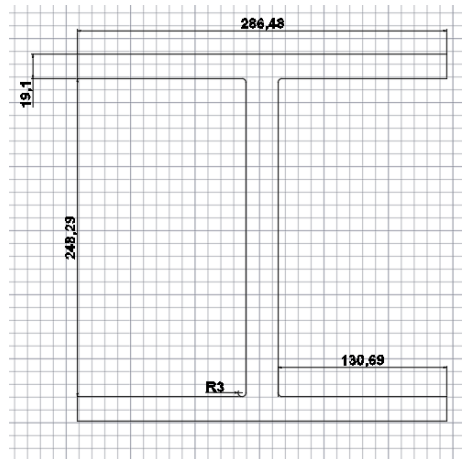
Pada tahap ini Studi Literatur dilakukan guna untuk mengumpulkan data dari beragam sumber melalui data *General Arrangement* dari Kapal Tongkang dengan ukuran *LOA* (panjang) 180 feet atau 54.8 m dan *Depth* (Tinggi) 12 feet atau 3.6 m, *Breadth* (lebar) 64 feet atau 19.5 m dan Referensi penelitian sebelumnya sebagai acuan penelitian ini, serta penelitian ini memahami teori dan konsep yang relevan yang akan digunakan sebagai dasar dalam penelitian ini. Data yang dikumpulkan dari berbagai referensi seperti jurnal ilmiah, serta penelitian terdahulu, Setelah itu dilakukan pengumpulan berupa data teknis mengenai spesifikasi material terutama H-Beam, serta dimensi dan ukuran material yang akan digunakan sebagai referensi dalam proses analisis.

2.2 Pengumpulan Data

Pada tahap ini, dilakukan pengumpulan data. Pengumpulan data yaitu Dimensi kapal yang mencakup tinggi, panjang, dan tebal plat pada *Sideboard* kapal tongkang. Setelah itu penelitian ini menggunakan material baja ASTM A36 yang merupakan baja karbon rendah (*Low carbon steel*) yang memiliki tegangan luluh sekitar 250 MPa serta material ini umum digunakan dalam konstruksi kapal serta struktur kapal, Baja ASTM A36 yang memiliki kemampuan deformasi yang cukup baik dan juga ketika sebelum material ini mengalami kegagalan maka material ASTM A36 ini memiliki daya tahan terhadap beban kejut pada muatan curah seperti batu bara sehingga cocok digunakan pada struktur yang mengalami pembebanan dinamis. Selain itu informasi mengenai data pembebanan merupakan input utama dalam analisis penelitian ini. Pada penelitian ini menggunakan metode FEM yang dimana untuk menganalisis suatu struktur terhadap pembebanan. Objek analisis pada penelitian ini adalah Stanchion pada kapal tongkang yang akan dilakukan pengujian untuk mengetahui dan mencakup *Stress Distribution* (Distribusi Tegangan) bagian dan struktur mana yang mengalami tegangan paling besar, *Deformation* (Deformasi) Perubahan bentuk pada material yang disebabkan oleh tekanan lateral.

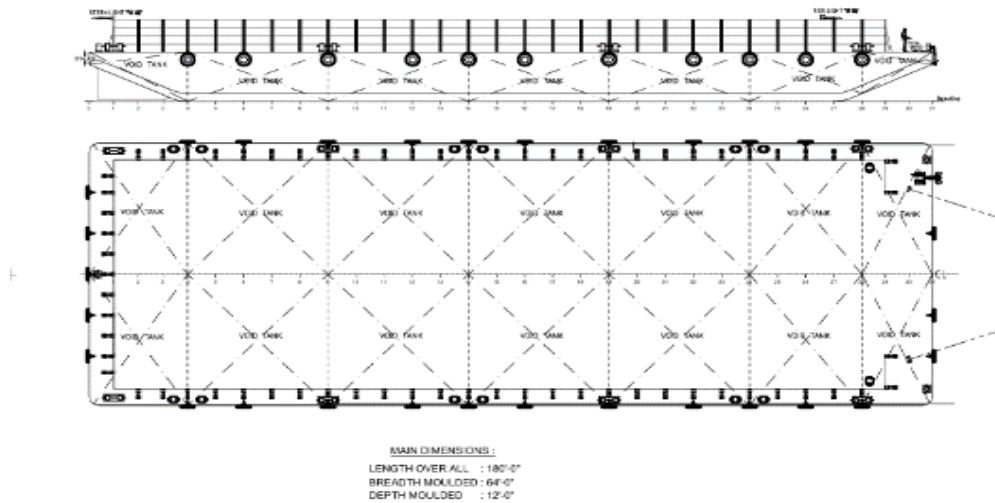
2.3 Merancang Desain dan Permodelan

1. Pada Gambar 2 pertama terdapat lampiran objek penelitian yaitu H-Beam dengan tinggi dengan spesifikasi ukuran yang tertera pada gambar.



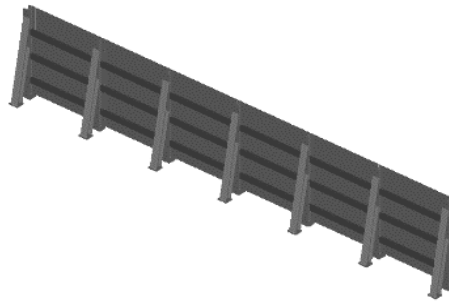
Gambar 2. Ukuran dimensi H- Beam

2. Pada Gambar 3. terdapat lampiran *General Arrangement* pada kapal tongkang dengan panjang 180 ft atau 54.8 m , lebar 64 ft atau 19.5 m dan tinggi 12 ft atau 3.6 m.



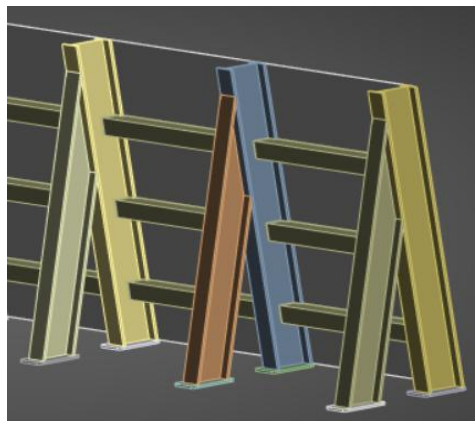
Gambar 3. *General Arrangement* Kapal Tongkang

3. Pada Gambar 4. terdapat lampiran hasil perancangan desain 3D pada sideboard menggunakan software Autocad 3D.



Gambar 4. Visual 3D pada Software AutoCAD

4. Pada Gambar 5. Dilakukan export model design 3D sideboard dari software Autocad ke software Ansys Simulation.



Gambar 5. Visual 3D pada Software Ansys

2.4 Desain Permodelan

Proses perancangan dan design model sideboard melalui 3 tahapan yaitu;

1. Perancangan 2D menggunakan software *AutoCAD* untuk melakukan perancangan dan sketsa awal.
2. Pembuatan model menggunakan software *AutoCAD 3D* dan memvisualkan bentuk Stanchion H-Beam.
3. Import model 3D ke *Ansys Simulation* untuk dilakukan analisis FEM.

2.5 Simulasi dan Analisa FEM (Finite Element Method)

Pada Tahap ini dilakukan analisis struktur *sideboard* dengan menggunakan metode *Finite Element Method* (FEM) menggunakan software Ansys Simulation analisis berbasis FEM. Pada proses ini, pembebanan yang diterapkan diasumsikan sebagai beban statik yang bekerja secara merata melalui pembebanan lateral yaitu tekanan yang bekerja secara horizontal pada sideboard tongkang, beban ini muncul adanya tekanan dari muatan dalam seperti batubara, beban tersebut menunjukkan tekanan akibat muatan batu bara jenis *Thermal coal* atau disebut juga *Bituminous coal* yang memiliki rentang massa jenis sebesar 800–1200 kg/m³. Material yang digunakan dalam pemodelan struktur sideboard adalah baja karbon ASTM A36, yang umum digunakan pada konstruksi kapal. Material ini memiliki nilai

modulus elastisitas (*Young's Modulus*) sebesar 200.000 MPa dan tegangan luluh (*yield strength*) sebesar 250 MPa dan Material AH36 modulus elastisitas (*Young's Modulus*) sebesar 200.000 MPa dan tegangan luluh (*yield strength*) sebesar 355 MPa. Dalam simulasi, beberapa bagian struktur seperti sisi bawah serta tepi sideboard yang terhubung dengan lambung kapal diasumsikan sebagai tumpuan tetap (*fixed support*). Kondisi ini menunjukkan bahwa bagian tersebut tidak mengalami perpindahan dan berfungsi sebagai penahan utama struktur, analisis dilakukan dengan pendekatan linier elastik, yaitu hanya mempertimbangkan respons struktur dalam batas elastis tanpa memperhitungkan terjadinya deformasi permanen. Selain itu, pengaruh beban dinamis, getaran, serta fenomena kelelahan material tidak dimasukkan dalam simulasi, sehingga analisis dapat difokuskan pada respons statik secara lebih efisien.

Untuk menilai desain pada *sideboard* tersebut, diterapkan dua kriteria utama sebagai acuan dalam *BKI Rules for hull part I volume II*, yang dimana membahas tentang ketentuan pembebanan dan keamanan menurut klasifikasi ;

1. Tegangan izin (*Allowable Stress*) yaitu Tegangan maksimum yang masih dalam toleransi pada suatu material agar tetap aman digunakan , tanpa mengalami kegagalan.

$$\sigma_{izin} = \frac{\sigma_{yield}}{s_f} \quad (1)$$

σ_{yield} = Tegangan luluh (batas asli material mulai mengalami perubahan bentuk atau deformasi)

s_f = Angka pengaman untuk mengurangi resiko

σ_{izin} = Batas aman yang aman digunakan dalam desain

2. *Safety Factor* (Faktor keamanan)

$$SF = \frac{\sigma_{yield}}{\sigma_{max}} \quad (2)$$

SF = Safety Factor

σ_{yield} = Tegangan luluh material (Nilai Tegangan material mulai mengalami deformasi)

σ_{max} = Tegangan maksimum yang terjadi pada struktur

3. Interpretasi

Jika $SF > 1.5$ berarti aman yang berarti Tegangan terjadi lebih kecil dari batas material dan tidak akan mengalami kegagalan dan kelelahan namun, jika $SF < 1.5$ Tegangan di titik batas kekuatan material dan akan mengalami kegagalan.

Dengan ketiga kriteria tersebut dikatakan bahwa analisa sideboard ini bertujuan untuk memastikan analisis *H-beam* pada *sideboard* mampu menahan tekanan beban pada batu bara tanpa mengalami kegagalan dan deformasi.

3 Analisa Data dan Pembahasan

Analisis ini dilakukan untuk mengetahui perbandingan *Sideboard Stanchion H – Beam* dengan melakukan analisis antara material ASTM A36 dan AH36, dengan fokus analisis perbedaan distribusi Tegangan, Deformasi, Faktor keamanan serta melihat efisiensi berat konstruksi pada perbandingan kedua material tersebut. Dengan adanya perbandingan antara material ASTM A36 dan AH36 pada analisis kekuatan pada *Sideboard* menggunakan Ansys Simulation, diperoleh material yang mampu memenuhi kriteria kekuatan struktur dan faktor keselamatan yang diizinkan. Perbandingan ini dilakukan berdasarkan nilai tegangan maksimum dan deformasi, umur kelelahan serta faktor keselamatan yang dihasilkan dari simulasi. Hasil analisis menunjukkan bahwa pemilihan material yang tepat dapat meningkatkan ketahanan struktur *Sideboard* terhadap beban kerja dan siklus pembebanan, sehingga konstruksi tetap aman, efektif, dan sesuai dengan kebutuhan operasional.

3.1 Perancangan Model 3D Sideboard

Permodelan ini menggunakan *Software* Autocad 3D karena mampu menghasilkan model tiga dimensi dengan tingkat ketelitian dimensi yang tinggi sehingga bentuk dan ukuran *Sideboard* dapat dibuat sesuai kondisi sebenarnya. Penggunaan AutoCAD 3D juga mempermudah proses visualisasi struktur sideboard dari berbagai sudut pandang sehingga detail konstruksi, ketebalan pelat, dan bentuk geometri dapat terlihat dengan jelas. Pada tahap ini Sideboard dilakukan permodelan 3D dengan bentuk Stanchion H – Beam. Model kemudian diekspor ke format IGES untuk diimport ke *software* Ansys Simulation untuk dilakukan analisis menggunakan *Finite Element Method (FEM)*.



Gambar 6. Perancangan model Sideboard dengan Stanchion H – Beam

3.2 Menambahkan Material pada Software

Pada tahap ini dilakukan penambahan material pada Engineering Data yaitu sebagai langkah awal untuk mendefinisikan sifat mekanik material ASTM A36 dan AH36 yang akan digunakan untuk proses analisis. Data material yang dimasukkan meliputi Massa jenis (*Density*), Modulus Elastisitas (*Young Modulus*), Rasio Poisson (*Poisson's Ratio*), dan Kekuatan luluh (*Yield Strength*) sehingga simulasi dapat menghasilkan perhitungan dan analisis yang sesuai dengan karakteristik material yang sebenarnya. Adapun kriteria dan sifat material tersebut yaitu;

Tabel 1. Spesifikasi Material ASTM A36

Massa Jenis	7850 kg/ m^3
Modulus Elastisitas	200 GPa
Rasio Poisson	0.26
Modulus Bulk	139 GPa
Modulus Geser	79.3 GPa
Tegangan Luluh	250 MPa
Kekuatan Tarik Maksimum	400 – 500 MPa

Tabel 2. Spesifikasi Material AH36

Massa Jenis	7850 kg/ m^3
Modulus Elastisitas	200 GPa
Rasio Poisson	0.3
Modulus Bulk	166 GPa
Modulus Geser	76.9 GPa
Tegangan Luluh	355 MPa
Kekuatan Tarik Maksimum	490 – 620 MPa

3.3 Beban yang digunakan

Beban yang digunakan dalam analisis ini adalah batubara dengan jenis *Bituminous coal* dengan massa jenis 1200 kg/ m^3 ketika dikonversikan menjadi tekanan lateral (*lateral pressure*), menghasilkan nilai tekanan maksimum sebesar 0.008829 MPa pada dasar *Sideboard*. Tekanan lateral ini berbentuk distribusi segitiga dengan tekanan bernilai kecil atau mendekati nol pada permukaan muatan dan mencapai nilai maksimum pada bagian dasar *Sideboard*. Hasil lateral ini diperoleh dari perhitungan dengan mempertimbangkan tinggi tumpukan batubara 1.5 m

dengan nilai koefisien 0.5. Nilai tekanan tersebut digunakan sebagai beban input pada simulasi *FEM* untuk analisis kekuatan Sideboard pada kapal tongkang.

$$p_{\max} = k \cdot p \cdot g \cdot h \quad (3)$$

Keterangan

$p_{\max}$ = Tekanan lateral maksimum (*Pa* atau N / m^2)

k = Koefisien tekanan lateral

p = Massa jenis batubara (kg / m^3)

g = Percepatan Gravitasi (m / s^2)

h = Tinggi tumpukan batubara (m)

3.4 Simulasi FEM di Ansys Simulation

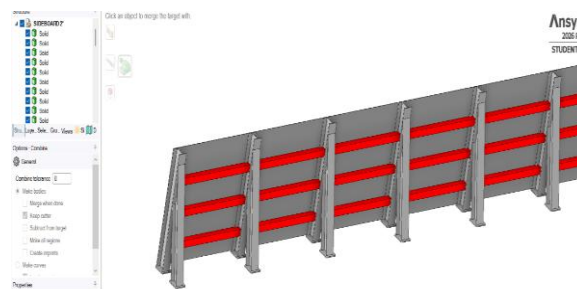
Untuk mendapatkan hasil yang sesuai dengan kondisi struktur sebenarnya dilakukan pengaturan parameter simulasi pada *Sideboard* dengan *Stanchion H- Beam* dengan dua variabel material yaitu Baja ASTM A36 dan Baja AH36, menggabungkan antar komponen (*Combine* dan *Merge*) , penentuan geometri, pembebanan, dan pengaturan mesh untuk membagi model geometri menjadi elemen kecil, dan hasil analisis.

1. Material

Material Baja ASTM A36 dan Baja AH36

2. Menggabungkan antar komponen (Combine dan Merge)

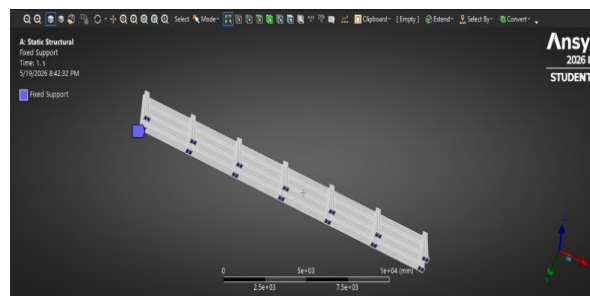
Stanchion H – Beam dilakukan *Merge* dan *Combine* ke *plate Sideboard* yang berfungsi untuk menyatukan beberapa bagian geometri menjadi satu kesatuan sehingga kontak antar komponen dapat terhubung dengan baik serta tidak ada celah dan saling bersentuhan antar setiap komponen. Fungsi lain juga yaitu mempermudah pada proses pembentukan dan pembagian mesh pada *Sideboard*.



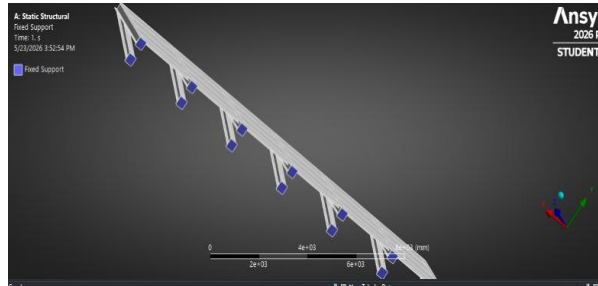
Gambar 7. Melakukan *Merge* atau *Combine* pada *Sideboard Stanchion H – Beam*

3. Penentuan Geometri

Menentukan batasan (*Fixed Geometry*) yang berada di bagian *plate Stanchion H – Beam Sideboard* yang digunakan sebagai kondisi batasan (*Boundary condition*) untuk menahan struktur akibat tekanan lateral agar tidak mengalami perpindahan maupun pergerakan saat melakukan proses analisis.



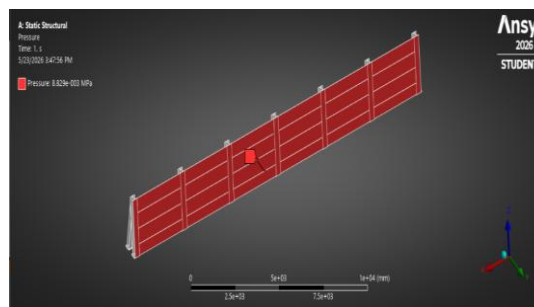
Gambar 8. Fixed Geometry pada Sideboard material ASTM A36



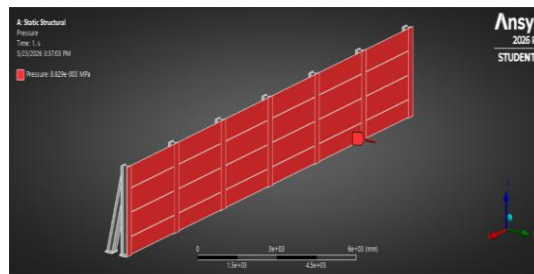
Gambar 9. Fixed Geometry pada Sideboard material AH36

4. Pembebanan

Beban yang akan diberikan dengan muatan batubara dengan massa jenis 1200 kg/m^3 , tinggi tumpukan 1.5 m, nilai koefisien tekanan lateral sebesar 0.5. Tekanan maksimum yang berada pada dasar *Sideboard* tersebut dikonversikan menjadi tekanan sebesar 0.008829 MPa .



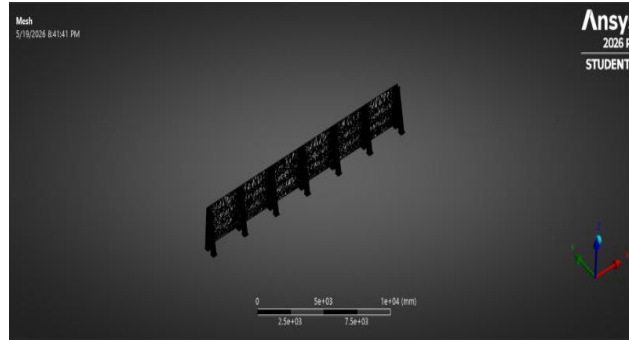
Gambar 10. Pemberian beban pada Sideboard dengan material baja ASTM A36



Gambar 11. Pemberian beban pada Sideboard dengan material baja AH36

5. Meshing

Untuk mendapatkan distribusi yang optimal, mesh quality dilakukan pengaturan secara otomatis karena mampu membagikan elemen secara cepat dan efisien pada geometri sideboard yang memiliki bentuk kompleks, seperti *plate*, *stiffener*, *stanchion* *H - Beam*. Mesh otomatis juga menghindari kesalahan dan mempermudah proses analisis untuk simulasi struktur dan analisis kelelahan. Pemilihan mesh sizing menggunakan fine sehingga distribusi tegangan dan deformasi pada struktur sideboard dapat ditampilkan dengan lebih detail dan akurat. Ukuran mesh yang lebih halus sangat penting terutama pada daerah sambungan, sudut, dan area yang mengalami konsentrasi tegangan tinggi.

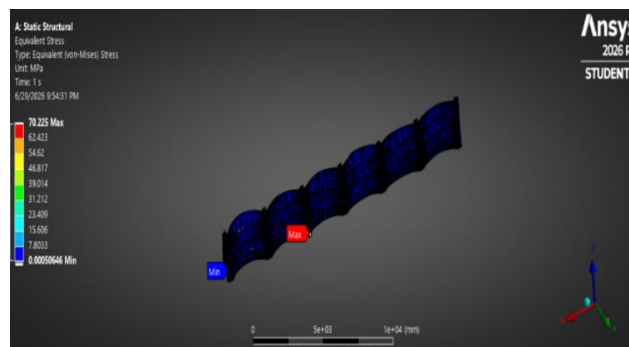


Gambar 12. Pengaturan mesh pada Sideboard

6. Hasil analisis

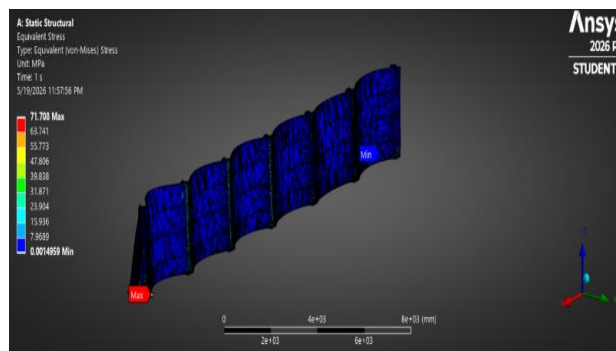
Setelah melalui tahapan simulasi dilakukan analisis kekuatan pada *sideboard* dengan stanchion *H – Beam* menggunakan metode FEM dengan metode *FEM* di *Ansys Simulation*. Hasil analisis meliputi;

1. Tegangan *Von Mises*, untuk mengetahui apakah tegangan yang di analisis masih berada dalam batas tegangan izin.



Gambar 13. Von Mises material ASTM A36

Hasil simulasi pada Gambar 13 menunjukkan bahwa tegangan maksimum yang terjadi sebesar 70,225 MPa pada area berwarna merah, sedangkan tegangan minimum sebesar 0,0005046 MPa berada pada area berwarna biru. Distribusi tegangan menunjukkan bahwa konsentrasi tegangan terbesar terjadi pada bagian tengah struktur, sementara sebagian besar area lainnya mengalami tegangan yang relatif rendah. Karena nilai tegangan maksimum masih lebih kecil dari tegangan luluh material ASTM A36 sebesar 250 MPa, maka struktur masih berada dalam batas aman dan belum mengalami kegagalan akibat pembebanan yang diberikan.

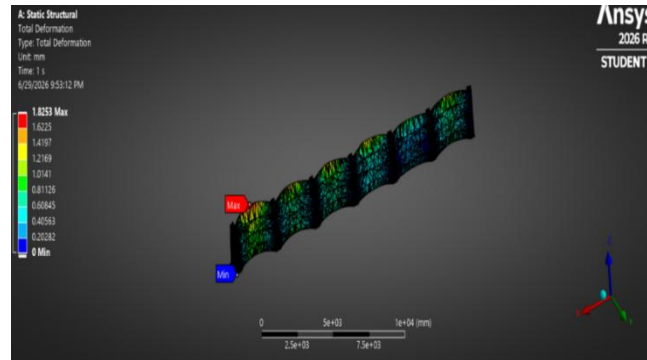


Gambar 14. Von Mises material AH36

Hasil simulasi pada Gambar 14 menunjukkan tegangan maksimum sebesar 71,708 MPa pada area berwarna merah, sedangkan tegangan minimum sebesar 0,0014969 MPa berada pada area berwarna biru. Nilai tegangan maksimum

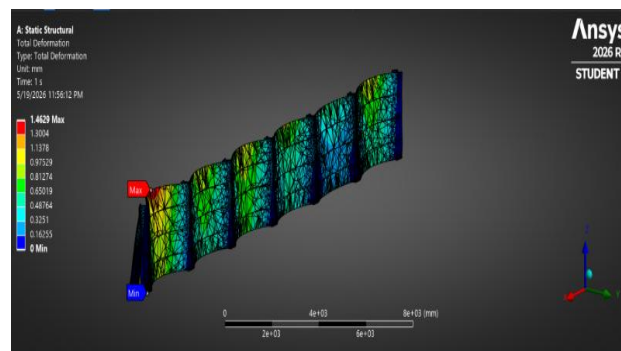
tersebut masih berada di bawah tegangan luluh material AH36 sebesar 355 MPa, sehingga struktur masih dalam kondisi aman dan belum mengalami kegagalan akibat pembebanan yang diberikan.

2. *Total Deformation* , mengetahui perubahan pada *sideboard* akibat pembebanan.



Gambar 16. Deformasi pada material ASTM A36

Hasil analisis pada Gambar 16 Total Deformation pada struktur *sideboard* menunjukkan deformasi maksimum sebesar 1,8253 mm yang ditunjukkan dengan warna merah, sedangkan deformasi minimum sebesar 0 mm ditunjukkan dengan warna biru pada bagian yang diberi tumpuan (*fixed support*). Hal ini menunjukkan bahwa bagian yang jauh dari tumpuan mengalami perpindahan lebih besar. Namun, nilai deformasi yang terjadi masih tergolong kecil, sehingga struktur *sideboard* masih mampu menahan beban dengan baik tanpa mengalami perubahan bentuk yang berlebihan.



Gambar 17. Deformasi pada material AH36

Hasil analisis pada Gambar 17 menunjukkan Total Deformation pada struktur *sideboard* menggunakan Ansys Simulation menunjukkan bahwa deformasi maksimum sebesar 1,4429 mm terjadi pada area berwarna merah, sedangkan deformasi minimum sebesar 0 mm berada pada area berwarna biru yang merupakan bagian dengan tumpuan (*fixed support*). Hal ini menunjukkan bahwa bagian yang menerima beban mengalami perpindahan paling besar, sedangkan bagian yang ditumpu tidak mengalami perpindahan. Nilai deformasi yang relatif kecil menunjukkan bahwa struktur *sideboard* masih mampu menahan beban dengan baik tanpa mengalami perubahan bentuk yang berlebihan.

3. *Safety Factor* (Faktor Keamanan) dihitung melalui dari hasil analisis tegangan luluh dan tegangan maksimum.

$$SF = \frac{\sigma_{yield}}{\sigma_{max}} \quad (4)$$

1. Material ASTM A36
Yield Strength = 250 MPa
Von Mises = 70.225 MPa
$$\text{Perhitungan} = SF = \frac{250}{70.225} = 3,56$$
2. Material AH36
Yield Strength = 355 MPa
Von Mises = 71.708 MPa
$$\text{Perhitungan} = SF = \frac{355}{71.708} = 4,95$$

Visualisasi hasil analisis berupa distribusi tegangan, deformasi, dan faktor keamanan ditampilkan pada lampiran. Perbandingan hasil antara material ASTM A36 dan AH36 juga disajikan dalam bentuk tabel agar dapat memudahkan pemilihan material Sideboard yang paling efisien.

Tabel 3. Perbandingan Analisis

Material	Hasil Tegangan (MPa)	Tegangan Izin (MPa)	Safety Factor	Standard	Deformasi	Berat Total (Ton)	Status
ASTM A36	70.2	166.7	3.56	>1.5	1.8253	8.0255	Memenuhi
AH36	71.7	236.6	4.95	>1.5	1.4629	8.0255	Memenuhi

Pada analisis ini didapatkan nilai Von Mises material ASTM A36 sebesar 70.2 dengan faktor keamanan 3.56 serta nilai deformasi 1.8253 mm. Sedangkan nilai Von Mises material AH36 sebesar 71.7 dengan faktor keamanan 4.95 serta nilai deformasi sebesar 1.4629 mm, dengan berat total material tersebut 8.0255 ton.

4 Kesimpulan

Berdasarkan hasil simulasi, *Sideboard* dengan material AH36 direkomendasikan sebagai material yang paling optimal dan aman. Desain ini memiliki berat yang sama dengan ASTM A36 yaitu sebesar 8.0255 ton. Namun *Sideboard* dengan material ASTM A36 memiliki Faktor Keamanan (*Safety Factor*) sebesar 3.56 (>1.5) dan total deformasi sebesar 1.8 mm sedangkan AH36 memiliki Faktor Keamanan (*Safety Factor*) sebesar 4.95 (>1.5) dan total deformasi sebesar 1.4 mm. Dapat disimpulkan bahwa material AH36 menunjukkan performa yang lebih baik dibandingkan ASTM A36 karena memiliki nilai faktor keamanan yang lebih tinggi sehingga mengurangi resiko kegagalan struktur. Selain itu, nilai deformasi yang lebih rendah menunjukkan bahwa AH36 memiliki kekakuan yang lebih baik dan mampu mempertahankan bentuk struktur akibat tekanan lateral pada batubara.

5 Daftar Pustaka

- [1] Nadhila Shabrina Riyanto, Hartono Yudo, Andi Trimulyono, and Laboratorium Konstruksi, “Analisa Kekuatan Deck Akibat Perubahan Muatan Pada Tongkang TK. NELLY – 34,” vol. Vol. 8, No. 3 Juli 2020, Jul. 2020, [Online]. Available: <https://ejournal3.undip.ac.id/index.php/naval/article/view/27890>
- [2] Imam Pujo Mulyatno, Berlian Arswendo A, and Muhammad Alan, “ANALISA KEKUATAN KONSTRUKSI BRACKET TOWING HOOK PADA TB. BONTANG DENGAN METODE ELEMEN HINGGA DAN RULES BKI,” vol. Vol.9, No.1, Feb. 2012, [Online]. Available: <https://ejournal.undip.ac.id/index.php/kapal/article/view/3814>
- [3] Achmad Hanif Prastiawan and Kharis Abdullah, “Strength Analysis of 230 Feet Coal Barge Deck Using Finite Element Method,” vol. Vol. 19 No. 02, p. page: 47-53, Dec. 2025.
- [4] Khairul Fajri, Imam Pujo Mulyanto, and Kiryanto Kiryanto, *ANALISA KEKUATAN DECK PADA KAPAL LANDING CRAFT TANK (LCT) 1100 DWT AKIBAT PERUBAHAN MUATAN MENGGUNAKAN METODE*

ELEMENHINGGA, vol. Vol.11, No.2.2023. [Online]. Available: <https://ejournal3.undip.ac.id/index.php/naval/article/view/37884>

[5] Alamsyah Alam, Amalia Ika Wulandari, M Uswah Pawara, and Muhammad Riyadi, "The Fatigue Life Assessment of Sideboard on Deck Barge Using Finite Element Methods," vol. Vol. 16, No.1 April 2022 –(1-10), Jul. 2022, [Online]. Available: <https://doi.org/10.29122/mipi.v16i1.5201>

[6] Imam Pujo Mulyatno, Berlian Arswendo A, and Rachmat Alif Maulana, "STRENGTH ANALYSIS OF CONTAINER DECK CONSTRUCTION MV. SINAR DEMAK EFFECT OF CHARGES CONTAINER USING FINITE ELEMENT METHOD"

[7] "B. K. Indonesia. 2018. Rules For Hull. Vol.," Apr. 2018, [Online]. Available: https://ogs.bki.co.id/Upload/TI-130-2018_en.pdf

[8] Berlian Arswendo A and Burhan Arifin, "ANALISA KEKUATAN DECK PADA PONTON BATUBARA PRAWIRAMAS PURI PRIMA II 1036 DWT DENGAN SOFTWARE BERBASIS METODE ELEMEN HINGGA," vol.KAPAL-Vol.8,No.1, Feb.2011, [Online]. Available:

<https://ejournal.undip.ac.id/index.php/kapal/article/view/1693>

[9] Alamsyah, Irvan Setiawan, Amalia Ika Wulandari, Rodlian Jamal Ikhwan, and Suardi, "FATIGUE LIFE ASSESSMENT OF DECK BARGE CONSTRUCTION USING NUMERICAL SIMULATION METHODS," p. ZONA LAUT, Vol. 4, No. 2., Jul. 2023.

[10] Achmad Masykurozi, Adi Wirawan Husodo, and Benedicta Dian Alfanda, "Analisis Kekuatan dan Umur Kelelahan (Fatigue Life) Terhadap Pondasi Crane SWL 3,6 Ton pada Kapal LCT 31 Meter dengan Metode FEM