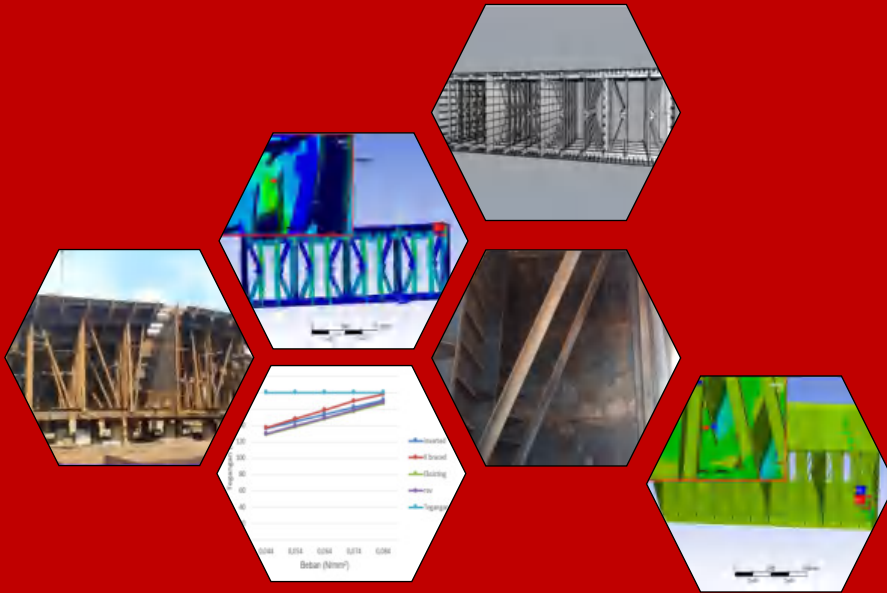


# PENGARUH VARIASI DIAGONAL STANCHION PADA KONSTRUKSI KAPAL TONGKANG TERHADAP TEGANGAN RACKING



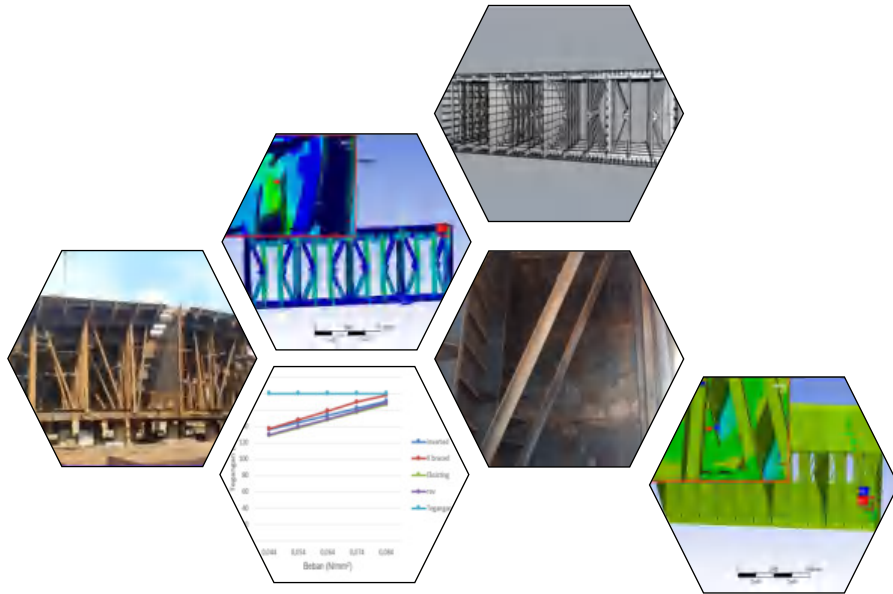
MUH ZHAFRAN HANIF SULTANADAKU  
D031201008



Optimized using  
trial version  
[www.balesio.com](http://www.balesio.com)

DEPARTEMEN TEKNIK PERKAPALAN  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS HASANUDDIN  
GOWA  
2024

# PENGARUH VARIASI DIAGONAL STANCHION PADA KONSTRUKSI KAPAL TONGKANG TERHADAP TEGANGAN RACKING



**MUH ZHAFRAN HANIF SULTANADAKU**  
**D031201008**



**DEPARTEMEN TEKNIK PERKAPALAN**  
**FAKULTAS TEKNIK**  
**UNIVERSITAS HASANUDDIN**  
**GOWA**  
**2024**

**PENGARUH VARIASI DIAGONAL STANCHION PADA KONSTRUKSI  
KAPAL TONGKANG TERHADAP TEGANGAN RACKING**

**MUH ZHAFRAN HANIF SULTANADAKU  
D031201008**



**PROGRAM STUDI TEKNIK PERKAPALAN  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS HASANUDDIN  
GOWA  
2024**



Optimized using  
trial version  
[www.balesio.com](http://www.balesio.com)

# **PENGARUH VARIASI DIAGONAL STANCHION PADA KONSTRUKSI KAPAL TONGKANG TERHADAP TEGANGAN RACKING**

MUH ZHAFRAN HANIF SULTANADAKU  
D031201008

Skripsi

Sebagai salah satu syarat untuk mencapai gelar sarjana

Program studi Teknik Perkapalan

pada



**ROGRAM STUDI TEKNIK PERKAPALAN  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS HASANUDDIN  
GOWA  
2024**

SKRIPSI

PENGARUH VARIASI DIAGONAL STANCHION PADA KONSTRUKSI KAPAL TONGKANG TERHADAP TEGANGAN RACKING

MUH ZHAFRAN HANIF SULTANADAKU

D031201008

Skripsi,

telah dipertahankan di depan Panitia Ujian Sarjana Teknik Perkapalan pada tanggal 6/8/24 dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

pada

Program Studi Sarjana Teknik Perkapalan  
Departemen Teknik Perkapalan  
Fakultas Teknik  
Universitas Hasanuddin  
Gowa

Mengesahkan:  
Pembimbing Tugas Akhir,


0501 1 004

Mengetahui:  
Ketua Program Studi,


Prof. Dr. Eng. Suandar Baso, ST., MT.

NIP. 19730206 200012 1 002

## PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI DAN PELIMPAHAN HAK CIPTA

Dengan ini saya menyatakan bahwa, skripsi berjudul "Pengaruh Variasi Diagonal Stanchion Pada Konstruksi Kapal Tongkang Terhadap Tegangan Racking" adalah benar karya saya dengan arahan dari pembimbing **Hamzah, S.T., M.T**, sebagai Pembimbing Utama. Karya ilmiah ini belum diajukan dan tidak sedang diajukan dalam bentuk apa pun kepada perguruan tinggi mana pun. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya yang diterbitkan maupun tidak diterbitkan dari penulis lain telah disebutkan dalam teks dan dicantumkan dalam Daftar Pustaka skripsi ini. Apabila di kemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan skripsi ini adalah karya orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut berdasarkan aturan yang berlaku.

Dengan ini saya melimpahkan hak cipta (hak ekonomis) dari karya tulis saya berupa skripsi ini kepada Universitas Hasanuddin.



Gowa, Juni 2024

MUH ZHAERAN HANIF SULTANADAKU

D031201008



## UCAPAN TERIMA KASIH

*Assalamualaikum warahmatullahi wabarokatu*, Syukur alhamdulillah penulis ucapkan atas berkat rahmat dan karunia Allah *subhanahu wa ta'ala* serta salam dan shalawat kepada Rasulullah *shallallahu 'alaihi wasallam*. Dengan segala ikhtiar yang dilakukan dan dengan digerakkannya hati dan pikiran penulis oleh Allah subhanahu wa ta'ala sehingga mampu menyelesaikan tugas akhir ini dengan judul "**Pengaruh Variasi Diagonal Stanchion Pada Konstruksi Kapal Tongkang Terhadap Tegangan Racking**". Tugas akhir ini disusun sebagai salah satu persyaratan kelulusan pada jenjang strata satu Departemen Teknik Perkapalan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin. terselesaikannya tugas akhir ini tidak terlepas dari bantuan, dorongan dan dukungan moril berbagai pihak, sehingga pada kesempatan ini dengan segala kerendahan hati dan penuh rasa hormat penulis menghaturkan terima kasih dan memberikan penghargaan setinggi-tingginya kepada :

1. Bapak **Hamzah, S.T., M.T** selaku pembimbing utama yang senantiasa membimbing dan mengarahkan penulis dalam proses pengerjaan tugas akhir ini sehingga dapat terselesaikan dengan baik.
2. Bapak **Dr. Ir. Ganding Sitepu, Dipl-Ing**, selaku ketua laboratorium struktur yang senantiasa memberikan saran dan masukan ke penulis dalam proses pengerjaan tugas akhir ini sehingga dapat terselesaikan dengan baik.
3. Ibu **Dr. Eng. Ir. A. Ardianti, S.T., M.T**, selaku Penguji yang telah menghantarkan penulis memperoleh gelar akademik pada Departemen Teknik Perkapalan serta telah meluangkan waktu untuk berkonsultasi demi kesempurnaan tugas akhir ini.
4. Bapak **Prof. Dr. Eng. Suandar Baso, S.T., M.T**, selaku Ketua Departemen Teknik Perkapalan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.
5. Bapak/Ibu Dosen Fakultas Teknik Departemen Teknik Perkapalan atas bimbingan, arahan, didikan, dan motivasi yang telah diberikan.
6. Orang tua dan saudara tercinta, ayahanda (**Sultanadaku Rahimahullah**) dan Ibunda (**Dra. Nurmi**), Andri Amirah Zayyani yang senantiasa memberikan do'a dan dukungan serta motivasi kepada penulis.



sendiri, yang telah mampu menyelesaikan tugas akhir ini. arena selalu berpikir positif, tidak menyerah, dan selalu a akhir untuk menyelesaikan skripsi ini.

8. Teman – teman di PT. Bandar Victory Shipyard, Bapak Putu Patriastika, Bapak Muhammad Aswan, Bapak Bambang, dan Kakak Hendrawansah Saputra atas bimbingan dan kesempatan yang telah diberikan kepada penulis.

9. Teman – teman Sekala Inkotama, Bapak Achmad Julian Refisal dan Bapak Anugrah Pratama Ramadhan atas dukungan moril dan materil yang telah diberikan kepada penulis.

10. Teman – teman Hanif Pimpin Ini Grup yang telah memberikan dukungan dan bimbingan kepada penulis.

11. Teman-teman Teknik Perkapalan 2020 yang telah memberikan semangat selama berkuliah dan dalam pengerjaan tugas akhir ini

Gowa, Agustus 2024  
Penulis

MUH ZHAFRAN HANIF SULTANADAKU



Optimized using  
trial version  
[www.balesio.com](http://www.balesio.com)



## ABSTRAK

**S. Muh. Zhafran Hanif.** 2024 “*pengaruh variasi diagonal stanchion pada konstruksi kapal tongkang terhadap tegangan racking*” (dibimbing oleh Hamzah)

Beban sisi yang disebabkan oleh gelombang laut merupakan faktor signifikan yang mempengaruhi tegangan racking pada kapal, khususnya kapal tongkang. Gelombang yang menerpa sisi kapal menghasilkan gaya yang dapat menyebabkan deformasi struktur. Empat variasi yang diagonal yang dianalisis berhubungan dengan tegangan racking adalah model eksisting, model dengan kemiringan lebih besar, model inverted diagonal, dan model K braced system menggunakan simulasi numerik pada software *Ansys*<sup>TM</sup>.

Berdasarkan hasil penelitian ini, model K Braced adalah yang paling efisien. Model ini menunjukkan pengurangan tegangan normal tarik sumbu X maksimum sebesar 10,27% dan tegangan normal tarik sumbu Z maksimum sebesar 3,00% dibandingkan dengan model eksisting. Meskipun model K Braced mengalami peningkatan tegangan Von Mises sebesar 8,58%, penurunan signifikan pada tegangan normal tarik sumbu X dan Z menjadikannya lebih efektif secara keseluruhan dalam mengurangi tegangan dibandingkan dengan model Alternatif dan Inverted, yang cenderung menunjukkan peningkatan tegangan atau penurunan yang lebih kecil

Kata kunci : Tegangan, Racking, Diagonal stanchion, Beban Geladak, *inverted*, *K-Braced*, *Ansys*<sup>TM</sup>



## ABSTRACT

**S. Muh. Zhafran Hanif.** 2024 "The impact of diagonal stanchion variations on the racking stress of barge vessel construction." (supervised by **Hamzah**)

Side loads caused by sea waves are a significant factor affecting racking stress on ships, particularly barges. Waves hitting the side of the ship generate forces that can lead to structural deformation. Four diagonal variations related to racking stress were analyzed: the existing model, the model with a greater slope, the inverted diagonal model, and the K braced system model using numerical simulation with ANSYS™ software.

Based on the results of this study, the K Braced model is the most efficient. This model shows a reduction in maximum normal tensile stress in the X-axis by 10.27% and in the Z-axis by 3.00% compared to the existing model. Although the K Braced model experiences an 8.58% increase in Von Mises stress, the significant reduction in normal tensile stress in the X and Z axes makes it overall more effective in reducing stress compared to the Revised and Inverted models, which tend to show either an increase in stress or smaller reductions.

**Keywords :** Stress, Racking, Diagonal stanchion, Deck Load, inverted, K-Braced, Ansys™



## DAFTAR ISI

Nomor Urut	Halaman
PENGARUH VARIASI DIAGONAL STANCHION PADA KONSTRUKSI KAPAL TONGKANG TERHADAP TEGANGAN RACKING .....	i
PENGARUH VARIASI DIAGONAL STANCHION PADA KONSTRUKSI KAPAL TONGKANG TERHADAP TEGANGAN RACKING .....	ii
PENGARUH VARIASI DIAGONAL STANCHION PADA KONSTRUKSI KAPAL TONGKANG TERHADAP TEGANGAN RACKING .....	iii
PENGARUH VARIASI DIAGONAL STANCHION PADA KONSTRUKSI KAPAL TONGKANG TERHADAP TEGANGAN RACKING .....	iv
SKRIPSI .....	v
PENGARUH VARIASI DIAGONAL STANCHION PADA KONSTRUKSI KAPAL TONGKANG TERHADAP TEGANGAN RACKING .....	v
PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI DAN PELIMPAHAN HAK CIPTA .....	vi
UCAPAN TERIMAKASIH .....	vii
ABSTRAK .....	ix
ABSTRACT .....	x
DAFTAR ISI .....	xi
DAFTAR TABEL .....	xiv
DAFTAR GAMBAR .....	xv
DAFTAR SINGKATAN DAN ARTI SIMBOL .....	xvii
BAB I PENDAHULUAN .....	1
1.1 Latar belakang .....	1
1.2 Teori .....	2
1.2.1 Kapal tongkang .....	2
1.2.2 Konstruksi Pilar .....	3
1.2.2.1 Perencanaan .....	4
1.2.2.2 Analisis Racking .....	4
1.2.2.3 Analisis System .....	5
1.2.2.4 Analisis normal .....	6
1.2.2.5 Analisis .....	7



1.2.8 Elastisitas .....	7
1.2.9 Hubungan Tegangan-Regangan .....	8
1.2.10 Tegangan izin .....	9
1.2.11 Ansys .....	10
1.3 Rumusan masalah .....	10
1.4 Tujuan penelitian .....	11
1.5 Manfaat penelitian .....	11
1.6 Batasan masalah .....	11
<b>BAB II METODE PENELITIAN .....</b>	<b>12</b>
2.1 Jenis penelitian .....	12
2.2 Waktu dan lokasi penelitian .....	12
2.3 Teknik pengumpulan data .....	12
2.3.1 Pengambilan data .....	12
2.3.2 Jenis data dan sumber data .....	12
2.4 Pemodelan .....	13
2.5 <i>Meshing</i> .....	16
2.6 Pengekangan .....	18
2.7 Teknik analisis .....	19
2.8 Kerangka alur berpikir .....	21
<b>BAB III HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>22</b>
3.1 Perhitungan Beban .....	22
3.1.1 Beban Sisi .....	22
3.1.2 Beban Geladak .....	23
3.2 Variasi Modifikasi Diagonal Stanchion .....	24
3.2.1 Model Eksisting .....	24
3.2.2 Model Alternatif .....	28
3.2.3 Model Braced .....	31
3.2.4 Model Verted .....	33
3.2.5 Model dengan Variasi Diagonal .....	36
3.2.6 Model .....	43
3.2.7 Model .....	43



4.2	Saran.....	43
	DAFTAR PUSTAKA.....	44



Optimized using  
trial version  
[www.balesio.com](http://www.balesio.com)

## DAFTAR TABEL

Nomor Urut	Halaman
1. Komponen Konstruksi.....	16
2. tegangan konvergen pada mesh model 1 .....	17
3. Perbandingan Tegangan Von Mises.....	37
4. Perbandingan Tegangan Tarik Normal Sumbu X.....	38
5. Perbandingan Tegangan Tekan Normal Sumbu X.....	39
6. Perbandingan Tegangan Tarik Normal Sumbu Z.....	40
7. Perbandingan Tegangan Tekan Normal Sumbu Z.....	41



## DAFTAR GAMBAR

Nomor Urut	Halaman
1. Kapal tongkang .....	2
2. Konstruksi pilar.....	3
3. Sketsa Tegangan Racking.....	5
4. K Braced System .....	6
5. batang prismatis yang mengalami tarik (a) diagram benda bebas dari segmen batang, (b) segmen batang setelah dibebani, (c) tegangan normal pada batang .....	6
6. Kurva Tegangan dan Regangan.....	9
7. Transversal construction plan .....	13
8. Model 1 .....	14
9. Model 2 .....	14
10. Model 3 .....	15
11. Model 4 .....	15
12. Model meshing 1 .....	17
13. Grafik konvergen model 1 .....	18
14. Hasil Pengekangan .....	18
15. Detail Penginputan Pengekangan .....	19
16. Detail Kerangka alur berpikir.....	21
17. Detail Penginputan Beban Sisi .....	23
18. Hasil Penginputan Beban Sisi.....	23
19. Beban Geladak .....	24
20. Tegangan von mises x maksimum pada plat di kondisi tegak.....	25
21. Tegangan tarik maksimum sumbu x.....	26
22. Tegangan tekan maksimum sumbu x.....	26
23. Tegangan tarik maksimum sumbu Z .....	27
24. Tegangan tekan maksimum sumbu Z .....	27
25. Tegangan von mises x maksimum pada plat di kondisi tegak.....	28
26. Tegangan tarik maksimum sumbu x.....	29
27. Tegangan tekan maksimum sumbu x.....	29
28. Tegangan tarik maksimum sumbu Z .....	30
29. Tegangan tekan maksimum sumbu Z .....	30
30. Tegangan von mises x maksimum pada plat di kondisi tegak.....	31
31. Tegangan Tarik maksimum sumbu x .....	32
32. Tegangan Tarik maksimum sumbu x.....	32
33. Tegangan Tarik maksimum sumbu Z .....	33
34. Tegangan Tarik maksimum sumbu Z .....	33
35. Tegangan von mises x maksimum pada plat di kondisi tegak.....	34
36. Tegangan Tarik maksimum sumbu x .....	35
37. Tegangan Tarik maksimum sumbu x.....	35



38. Tegangan Tarik maksimum sumbu Z .....	36
39. Tegangan tekan maksimum sumbu Z .....	36
40. Perbandingan Tegangan Von Mises .....	37
41. Perbandingan Tegangan Tarik Normal Sumbu X .....	38
42. Perbandingan Tegangan Tekan Normal Sumbu X .....	39
43. Perbandingan Tegangan Tarik Normal Sumbu Z .....	40
44. Perbandingan Tegangan Tekan Normal Sumbu Z .....	41





**DAFTAR SINGKATAN DAN ARTI SIMBOL**

Lambang/singkatan	Arti dan penjelasan
P	Beban Merata
F	Gaya Berat atau Beban
g	Percepatan gravitasi
$\sigma$	Tegangan
P	Gaya
A	Luasan Penampang
I	Momen inersia penampang
t	tebal plat
k	Faktor Bahan
L	Panjang kapal
B	Lebar kapal
Cb	koefisien blok kapal



## BAB I PENDAHULUAN

### 1.1 Latar belakang

Kapal tongkang merupakan salah satu jenis kapal yang banyak digunakan untuk mengangkut barang-barang berat dalam jumlah besar seperti batu bara, pasir, hasil tambang, dan muatan lainnya. Mengingat kapal tongkang sering beroperasi di kondisi perairan yang dinamis, konstruksi kapal ini harus dirancang untuk menghadapi berbagai jenis tegangan dan beban. Salah satu komponen penting dalam konstruksi kapal tongkang adalah stanchion diagonal pada struktur transversal, yang berfungsi untuk meningkatkan kekuatan dan kekakuan kapal serta mengurangi risiko deformasi akibat beban lateral dan tegangan racking.

Tegangan racking adalah jenis tegangan yang terjadi ketika kapal mengalami deformasi lateral, yang dapat disebabkan oleh gelombang laut atau distribusi muatan yang tidak merata. Tegangan racking yang tidak dikelola dengan baik dapat menyebabkan kerusakan struktural yang serius pada kapal, sehingga menurunkan keselamatan dan umur pakai kapal. Oleh karena itu, penting untuk mengevaluasi bagaimana variasi kemiringan stanchion diagonal dapat mempengaruhi distribusi tegangan racking pada kapal tongkang.

Penelitian ini akan mengkaji empat variasi bentuk stanchion diagonal: model eksisting berdasarkan data lapangan, model dengan kemiringan lebih besar dari eksisting, model inverted diagonal, dan model K braced system. Setiap variasi diharapkan dapat memberikan informasi mengenai efektivitasnya dalam mengurangi tegangan racking dan meningkatkan stabilitas struktural kapal. Penelitian ini akan menggunakan metode analisis numerik dengan bantuan perangkat lunak simulasi untuk memodelkan berbagai skenario kemiringan stanchion diagonal. Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan panduan praktis bagi para insinyur dan desainer kapal dalam menentukan konfigurasi terbaik untuk stanchion diagonal, sehingga meningkatkan kinerja dan keamanan kapal tongkang.

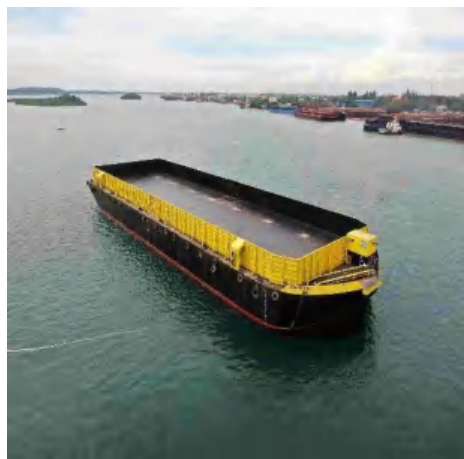
Dengan adanya penelitian ini, diharapkan dapat memberikan kontribusi signifikan terhadap pengembangan teknologi desain kapal, khususnya dalam konteks pengendalian tegangan racking melalui variasi kemiringan stanchion diagonal. Penelitian ini juga diharapkan dapat menjadi dasar untuk studi lebih lanjut mengenai teknik maritim dan konstruksi kapal.



## 1.2 Teori

### 1.2.1 Kapal tongkang

Tongkang atau Ponton adalah suatu jenis kapal yang dengan lambung datar atau suatu kotak besar yang mengapung yang terlihat seperti Gambar 1. digunakan untuk mengangkut barang dan ditarik dengan kapal tunda atau digunakan untuk mengakomodasi pasang-surut seperti pada dermaga apung. Tongkang sendiri ada yang memiliki sistem pendorong (propulsi) seperti kapal pada umumnya dan biasanya di sebut dengan self propeller barge (SPB). Pembuatan kapal tongkang juga berbeda karena hanya konstruksi saja, tanpa sistem seperti kapal pada umumnya. Tongkang sendiri umum digunakan untuk mengangkut muatan dalam jumlah besar seperti kayu, batubara, pasir dan lain-lain. (Papalangi, Mulyanto, dan Manik, 2019).



**Gambar 1.** Kapal tongkang

(Sumber : KTU Shipyard)

Diwakarra, K. (2018), menjelaskan bahwa berdasarkan kegunaan dan muatannya, tongkang/*barge* dapat dibedakan menjadi beberapa jenis, yaitu :

1. Barrack Barge, juga dikenal sebagai rumah perahu. Houseboats adalah situs yang sangat umum di tempat-tempat seperti Kamboja, India Utara, Australia dan Kanada. Seperti namanya, jenis tongkang digunakan untuk keperluan perumahan.



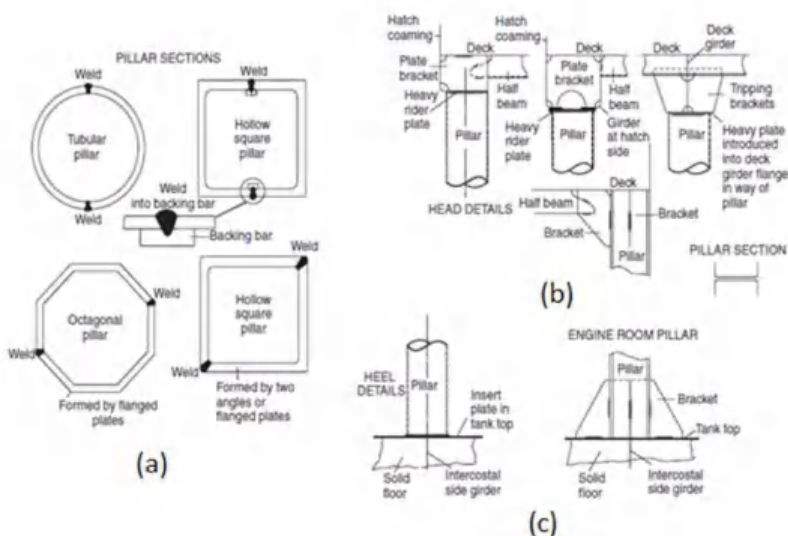
2. Dry Barges, tongkang jenis ini merupakan tongkang dengan kering. Contohnya adalah batubara, baja, pasir, pupuk dan

3. Barges Carrying Liquid Cargo, berbeda dengan tongkang bermuatan curah, tongkang ini memiliki muatan curah cair. Contohnya adalah zat kimia cair dan minyak mentah.

### 1.2.2 Konstruksi Pilar

Pilar adalah vertical support member pada sebuah struktur bangunan dan dapat dibuat sepotong kayu, beton atau baja, atau dibangun dari batu bata, balok dan sebagainya. Pilar memiliki fungsi sebagai pemikul beban atau penyalur beban tekan dari struktur yang dipikulnya menuju ke struktur yang ada di bawah pilar itu sendiri (Reza, 2020).

Bentuk penampang yang ideal untuk menopang kompresif adalah bentuk tubular dan ini juga biasanya diadopsi untuk pilar palka, bentuk pilar juga digunakan bentuk segi empat dan oktagon (Eyres, 2001)



**Gambar 2.** Konstruksi pilar

Pada gambar 2.2-a, merupakan bentuk penampang pilar seperti octagonal, square, dan tubular. Gambar 2.2-b merupakan pilar bagian atas (di bawah deck), terdapat pilar yang langsung tersambung dengan deck dan diberi bracket pada tiap sisi, terdapat juga pilar yang tersambung dengan plate bracket dan sebagai penumpu pilar. Gambar 2.3-c merupakan pilar bagian bawah (di bawah tank top), pada tumpuan pilar diberi insert plate atau bracket



Integrasi Biro Klasifikasi, luasan penampang minimum pilar yaitu:

$$A_{req} = 10 \times (P_s / \sigma_p) \quad (1)$$

Dimana :

$P_s$  = Beban yang diterima oleh pilar

$\sigma_p$  = tegangan izin maksimum yang dialami oleh pila

### 1.2.3 Pembebanan

#### 1.2.3.1 Beban Geladak

Beban statis adalah beban yang diterima oleh berat konstruksi yang ada di atas, seperti berat dari struktur dan peralatan. Beban statis dapat dihitung dengan persamaan berikut:

$$F = m \times g \quad (2)$$

Di mana:

F = beban statis (N)

m = berat konstruksi (kg)

g = percepatan gravitasi (m/s<sup>2</sup>)

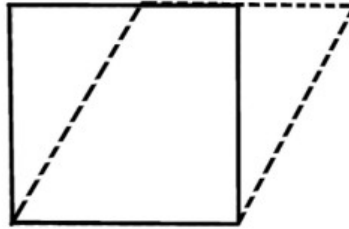
#### 1.2.3.2 Beban geladak

Beban statis adalah beban yang diterima oleh berat konstruksi yang ada di atas, seperti berat dari struktur dan peralatan. Beban statis dapat dihitung dengan persamaan berikut:

#### 1.2.4 Tegangan *Racking*

Kekuatan melintang pada kapal mengacu pada kemampuan struktur kapal untuk menahan beban yang cenderung menyebabkan distorsi pada penampang melintang. Ketika mengalami distorsi menjadi bentuk paralelogram, efek ini disebut racking. Analisis kekuatan lentur utama dan torsi didasarkan pada asumsi bahwa tidak ada distorsi pada penampang melintang. Dengan demikian, terdapat hubungan yang melekat antara kekuatan melintang dengan kekuatan memanjang dan torsi. Semua tipe kapal yang mengalami efek racking dikarenakan Gerakan asimetris dari roll, sway dan yaw. (Mansour dan Liu, 2008).





**Gambar 3.** Sketsa Tegangan Racking

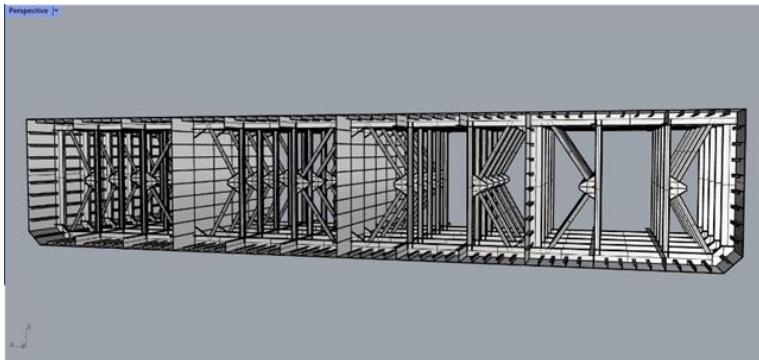
Ketika sebuah kapal bergerak *roll* di laut, ada kecenderungan untuk lambung kapal menjadi terdeformasi. Deformasi ini terjadi ketika geladak bergerak secara lateral relatif terhadap struktur bagian bawah kapal. Hal ini menyebabkan dinding samping kapal bergerak secara vertikal relatif satu sama lain. Deformasi semacam ini disebut sebagai tegangan racking. (Metta, 2022).

Tegangan racking umumnya disebabkan oleh Gerakan roll dan sway pada kapal, serta gaya inersia dan gravitasi yang terkait. Untuk pemantauan tegangan racking Metode yang diusulkan melibatkan pengukuran gerakan kapal secara real-time dan penskalaan respons struktural yang telah dihitung sebelumnya dari analisis elemen hingga (finite element analysis).. (Johan Söder et.al, 2011).

### 1.2.5 K Braced System

Tegangan racking umumnya disebabkan oleh Gerakan roll dan sway pada kapal, serta gaya inersia dan gravitasi yang terkait. Untuk pemantauan tegangan racking Metode yang diusulkan melibatkan pengukuran gerakan kapal secara real-time dan penskalaan respons struktural yang telah dihitung sebelumnya dari analisis elemen hingga (finite element analysis).. (Johan Söder et.al, 2011).

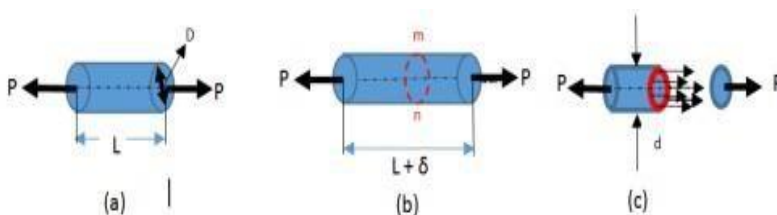




**Gambar 4.** K Braced System

### 1.2.6 Tegangan normal

Setiap material adalah elastis pada keadaan alaminya. Karena itu jika gaya luar bekerja pada benda, maka benda tersebut akan mengalami deformasi. Ketika benda tersebut mengalami deformasi, molekulnya akan membentuk tahanan terhadap deformasi. Tahanan ini persatuan luas dikenal dengan istilah tegangan. Secara matematik tegangan bisa didefinisikan sebagai gaya persatuan luas. Konsep dasar dalam mekanika bahan adalah tegangan dan regangan. Dapat ditinjau pada sebuah benda berbentuk batang prismatik seperti pada Gambar 8



**Gambar 5.** batang prismatis yang mengalami tarik (a) diagram benda bebas dari segmen batang, (b) segmen batang setelah dibebani, (c) tegangan normal pada batang



sumber : Gere & Temoshenco, 2000)

sumsi bahwa tegangan terbagi merata pada setiap s.c) Maka dapat diturunkan rumus untuk menghitung

$$\sigma = \frac{P}{A} \quad (3)$$

Dimana :

$\sigma$  = Tegangan  
(N/mm<sup>2</sup>)  
P = Gaya (N)  
A = Luasan Penampang (mm<sup>2</sup>)

Persamaan ini memberikan intensitas tegangan merata pada batang prismatis yang dibebani secara aksial dengan penampang sembarang. Apabila batang ini ditarik dengan gaya P, maka tegangannya adalah tegangan tarik (*tensile stress*), apabila gayanya mempunyai arah sebaliknya, sehingga menyebabkan batang tersebut mengalami tekan, maka terjadi tegangan tekan (*compressive stress*). Karena tegangan ini mempunyai arah yang tegak lurus permukaan potongan, maka tegangan ini disebut tegangan normal (*normal stress*). Jadi tegangan normal dapat berupa tarik atau tekan. Apabila konvensi tanda untuk tegangan normal dibutuhkan, biasanya tegangan tarik didefinisikan bertanda positif dan tegangan tekan bertanda negatif. (Gere & Temoshenco, 2000 ).

### 1.2.7 Regangan

Regangan dinyatakan sebagai pertambahan panjang persatuan panjang. Hukum Hooke menyatakan bahwa dalam batas-batas tertentu, tegangan pada suatu bahan adalah berbanding lurus dengan regangan. Regangan dapat ditulis sebagai :

$$\epsilon = \Delta L/L \quad (4)$$

dimana :

$\epsilon$  = regangan

$\Delta L$  = pertambahan panjang total (m)

L = panjang mula – mula (m)

### 1.2.8 Elastisitas



sifat benda yang setelah diberi gaya dan kemudian gaya dapat kembali ke bentuk semula. Apabila batas elastisitas instanta *Young* atau Modulus *Young*, maka benda akan kembali ke bentuk semula. Apabila batas elastisitas benda kemudian dinyatakan dalam tegangan,



regangan, dan menjadi dasar fenomena benda yang disebut pegas sebagaimana Hukum *Hooke*.

Selama gaya  $F$  yang bekerja pada benda elastis tidak melampaui batas elastisitasnya, maka perbandingan antara tegangan ( $\sigma$ ) dengan regangan ( $\epsilon$ ) adalah konstan. Bilangan (konstanta) tersebut dinamakan modulus elastis atau modulus *young* ( $E$ ). Jadi, modulus elastis atau modulus *young* merupakan perbandingan antara tegangan dengan regangan yang dialami oleh suatu benda. Secara matematis ditulis seperti berikut : (Zainuri, 2008)

$$E = \frac{P \times \Delta L}{A \times L} \quad (5)$$

Dimana :

$\Delta L$  = pertambahan panjang total (m)

$A$  = luas penampang batang ( m<sup>2</sup> )

$E$  = modulus elastisitas bahan ( ton/m<sup>2</sup> )

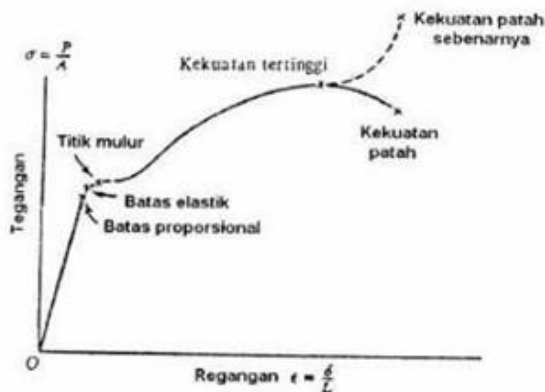
$L$  = panjang mula – mula (m)

$P$  = Gaya (N)

### 1.2.9 Hubungan Tegangan-Regangan

Jika suatu benda ditarik maka akan mulur (*estension*), terdapat hubungan antara pertambahan panjang dengan gaya yang diberikan. Jika gaya persatuan luasan disebut tegangan dan pertambahan panjang disebut regangan maka hubungan ini dinyatakan dengan grafik tegangan dan regangan (*stress-strain graph*) seperti pada Gambar 9. (Zainuri, 2008).





**Gambar 6.** Kurva Tegangan dan Regangan

Batas proporsional (*proportional limit*). Dari titik asal O ke suatu titik yang disebut batas proporsional masih merupakan garis lurus (lihat Gambar 6). Pada daerah ini berlaku hukum *Hooke*, bahwa tegangan sebanding dengan regangan. Kesebandingan ini tidak berlaku di seluruh diagram. Kesebandingan ini berakhir pada batas proporsional.

Batas elastis (*elastic limit*). Batas elastis merupakan batas tegangan di mana bahan tidak kembali lagi ke bentuk semula apabila beban dilepas tetapi akan terjadi deformasi tetap yang disebut *permanent set*. Untuk banyak material, nilai batas proporsional dan batas elastic hampir sama. Untuk membedakannya, batas elastik selalu hampir lebih besar daripada batas proporsional.

Titik mulur (*yield point*). Titik mulur adalah titik di mana bahan membujur mulur tanpa pertambahan beban. Gejala mulur khususnya terjadi pada baja struktur (*medium-carbon structural steel*), paduan baja atau bahan lain tidak memilikinya. (Zainuri, 2008)

### 1.2.10 Tegangan izin

Ada beberapa aturan yang perlu diperhatikan menurut rules dari BKI, misalnya saja tentang tegangan ijin. Dalam hal ini tegangan ijin yang digunakan yang sesuai dengan ketentuan BKI 2022 Vol. II. Dimana tegangan ijin adalah sebagai berikut :

$$\sigma_{\max} \leq \frac{180}{k} \quad (6)$$

dimana :

$\sigma$  bahan



### 1.2.11 Ansys

ANSYS™ merupakan salah satu *software* analisis dengan metode elemen hingga untuk menganalisis berbagai macam struktur, aliran fluida, dan perpindahan panas dari *software* analisis yang lain yaitu *CATIA*, *NASTRAN*, *Fluent*, dan lain sebagainya. (Pinem, 2013)

Secara umum penyelesaian metode elemen hingga menggunakan ANSYS™ dapat dibagi menjadi empat tahapan, yaitu :

#### 1. *Preferences*

Tahapan menentukan tipe analisis model yang akan digunakan. Pada penelitian ini menggunakan tipe analisis *static structural*.

#### 2. *Pre-processing* (Pendefinisian Masalah)

Tahap *Preprocessing* terdiri dari langkah umum yaitu: [1] mendefinisikan *keypoint/lines/areas/volume*, [2] mendefinisikan tipe elemen dan bahan yang digunakan/sifat geometri, dan [3] *mesh lines/areas/volumes* yang dibutuhkan.

Jumlah detail yang diperlukan tergantung pada dimensi daerah analisis.

#### 3. *Solution* (*Assigning Loads, Constraints, dan Solving*)

Tahap *solution* merupakan penentuan beban (titik atau tekanan), *constraint* (translasi dan rotasi), dan kemudian menyelesaikan hasil persamaan yang telah di set.

#### 4. *Postprocessing* (*Futher Processing dan Viewing of the Results*)

Tahap *Postprocessing* digunakan untuk menampilkan hasil-hasil dari diagram kontur tegangan (*stress*), regangan (*strain*), dan perpindahan titik simpul (*displacement*).

### 1.3 Rumusan masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah disebutkan sebelumnya, maka pada penelitian ini yaitu :



1. Bagaimana pengaruh variasi konfigurasi stanchion transversal terhadap perubahan momen pada stanchion?

2. Bagaimana pengaruh variasi diagonal stanchion yang paling efisien untuk menahan beban racking?

3. Apakah Struktur Penguatan K (Braced K) dan inverted lebih kokoh daripada menggunakan struktur diagonal?

#### 1.4 Tujuan penelitian

Adapun tujuan yang ingin dicapai pada penelitian ini yaitu :

1. Untuk mengetahui respons struktur konstruksi transversal pada setiap kemiringan diagonal stanchion.
2. Untuk mengetahui variasi diagonal yang paling efisien untuk menahan beban racking.

#### 1.5 Manfaat penelitian

Adapun manfaat penelitian ini yaitu :

1. Sebagai bahan pertimbangan dalam menentukan variasi diagonal stanchion yang efisien untuk kapal tongkang.
2. bahan bacaan dalam pembelajaran struktur, khususnya kapal tongkang

#### 1.6 Batasan masalah

Agar penelitian ini terarah, maka penulis membatasi masalah pada :

1. Penelitian dibatasi pada permasalahan perubahan konstruksi tongkang tepatnya pada perubahan bentuk diagonal stanchion.
2. Pengujian dilakukan sepanjang 1 blok *parallel Middle body* kapal tongkang
3. Pengujian dilakukan dengan *software* ANSYS™.
4. Beban yang digunakan adalah beban geladak dan beban sisi
5. Stabilitas dan perubahan sarat termasuk lambung timbul tidak dibahas.



## BAB II METODE PENELITIAN

### 2.1 Jenis penelitian

Penelitian ini termasuk penelitian yang bersifat kuantitatif, dengan melakukan simulasi numerik pada model struktur kantilever menggunakan metode elemen hingga dengan bantuan *software ANSYS™*.

### 2.2 Waktu dan lokasi penelitian

Penelitian dilakukan sejak bulan Februari 2024 – Maret 2024 bertempat di Departemen Teknik Perkapalan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin (Labotaorium Struktur Kapal).

### 2.3 Teknik pengumpulan data

#### 2.3.1 Pengambilan data

Data diperoleh dari PT. Bandar Victory Shipyard berupa data konstruksi tongkang.

#### 2.3.2 Jenis data dan sumber data

Jenis data pada penelitian ini berupa data sekunder yang tersusun dalam Ukuran utama Tongkang, Gambar konstruksi profil, konstruksi *Transversal Section* dan *General Arrangement*.

#### 1. Dimensi utama kapal tongkang

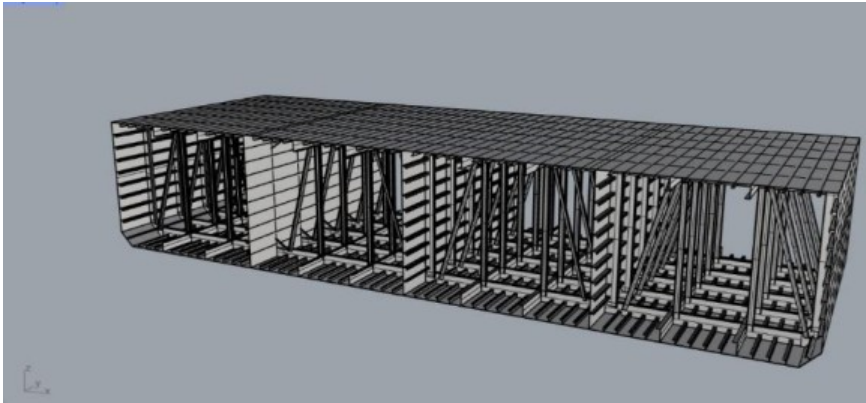
LBP	: 91450 mm
B	: 30480 mm
T	: 4850 mm
Cb	: 0,89
Deck Loading Design	: 8,4 Ton/Sqm

#### 2. Gambar konstruksi Transversal

Salah satu data yang diperlukan dalam melakukan analisis kekuatan yaitu Gambar konstruksi transversal. Hal ini dibutuhkan untuk mempermudah dalam pemodelan Transversal. Adapun konstruksi transversal apat dilihat seperti Gambar 7.



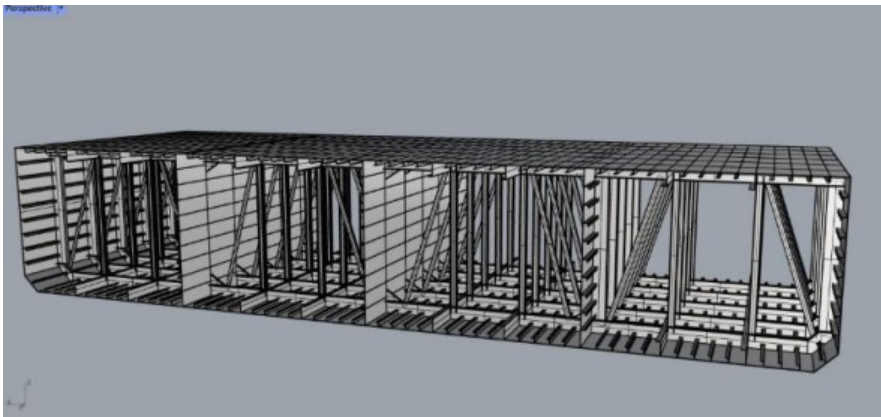




**Gambar 8.** model 1

2. Model 2 (alternatif)

Model 2 berupa model yang sedikit dirubah kemiringan dari diagonal dari yang ada di lapangan dan gambar acuan dari galangan yang terlihat seperti Gambar 9

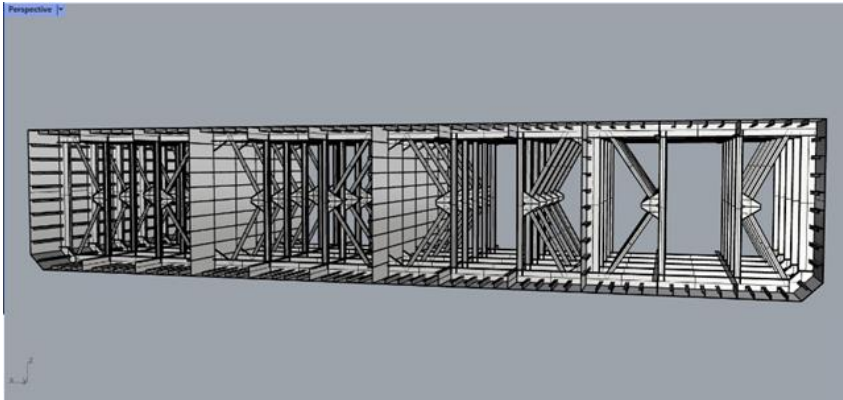


**Gambar 9.** model 2

3. Model 3 (*K Braced System*)

Model 3 berupa model yang berupa sistem penunpu K Gambar 10.

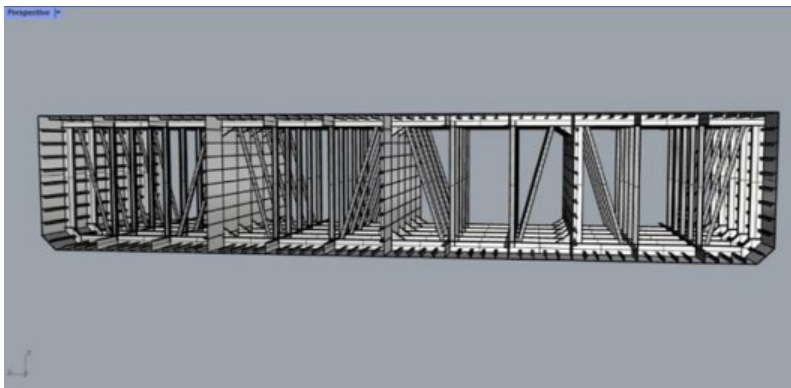




**Gambar 10.** model 3

4. Model 4 (*inverted*)

Model 4 berupa model yang hampir mirip dengan model eksisting akan tetapi bentuk diagonalnya dibalik dari atas ke bawah seperti Gambar 11.



**Gambar 11.** model 4



Optimized using  
trial version  
[www.balesio.com](http://www.balesio.com)



Adapun dimensi dari bagian bagian konstruksi pada model adalah yang terlihat seperti pada Tabel 1.

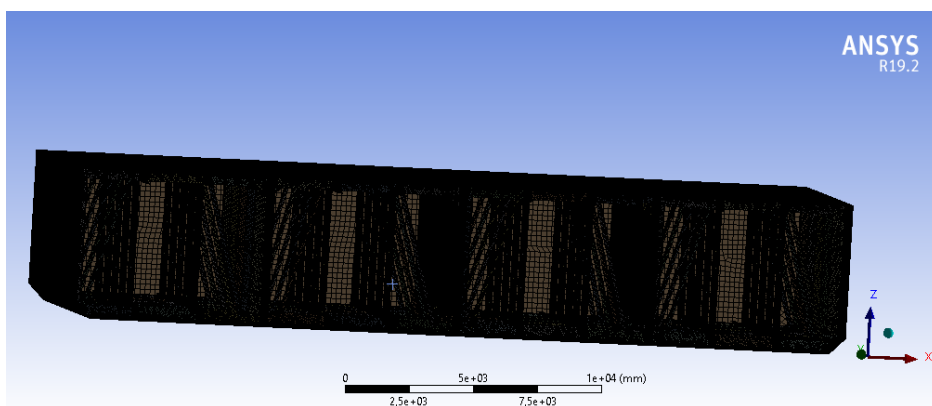
**Tabel 1.** Komponen Konstruksi

Item	Konstruksi	Dimensi	Satuan
Tebal Plat	Deck	14	mm
	Bottom	12	mm
	Side	12	mm
	Longitudinal bulkhead	12	mm
	Transversal bulkhead	8	mm
	Sideboard	12	mm
Tranversaldan Longitudinal Web	Deck	457 x 152 x FLG8	mm
	Bottom	457 x 152 x FLG8	mm
	Side	457 x 152 x FLG8	mm
	Longitudinal bulkhead	457 x 152 x FLG8	mm
	Transversal bulkhead	457 x 152 x FLG8	mm
Stiffener	Deck	150 x 90 x 10	mm
	Bottom	150 x 90 x 9	mm
	Side	150 x 90 x 9	mm
	Longitudinal bulkhead	150 x 90 x 9	mm
	Transversal bulkhead	150 x 90 x 9	mm
Stanchion	Hull Sideboard	200 x 200 x 8	mm
		200 x 200 x 8	mm
Diagonal	Hull Sideboard	175 x 175 x 12 200 x 200 x 8	mm mm
Jarak gading		1829	mm



akan salah satu tahapan yang penting dalam pemodelan proses meshing ini sangat menentukan akurat atau tidaknya semakin besar ukuran *meshing* maka semakin kurang akurat hasilnya, semakin kecil ukuran *meshing* maka hasil semakin

akurat. Namun ukuran *meshing* yang semakin kecil membutuhkan spesifikasi komputer yang tinggi karena jumlah nodalnya semakin banyak. Oleh sebab itu pemilihan ukuran *meshing* dilakukan dengan menggunakan metode *trial and error*. Metode trial and error yaitu metode dengan melakukan uji coba tegangan ke model penelitian seperti pada Gambar 12, dengan beberapa ukuran *mesh*. Adapun tabel *trial and error* mesh pada masing-masing model adalah sebagai berikut

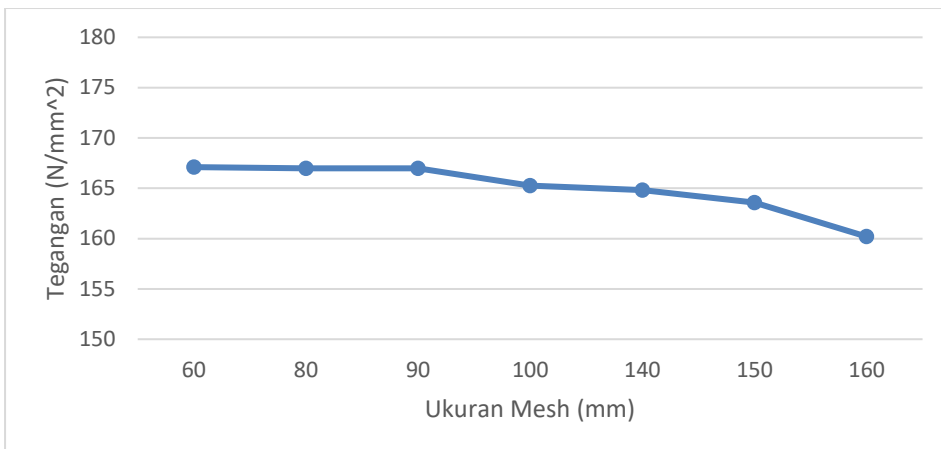


**Gambar 12.** model *meshing* 1

Tabel 2 tegangan konvergen pada mesh model 1

Konvergensi mesh	Tegangan (N/mm <sup>2</sup> )
60	167,1
80	166,99
90	166,97
100	165,25
140	164,82
150	163,58



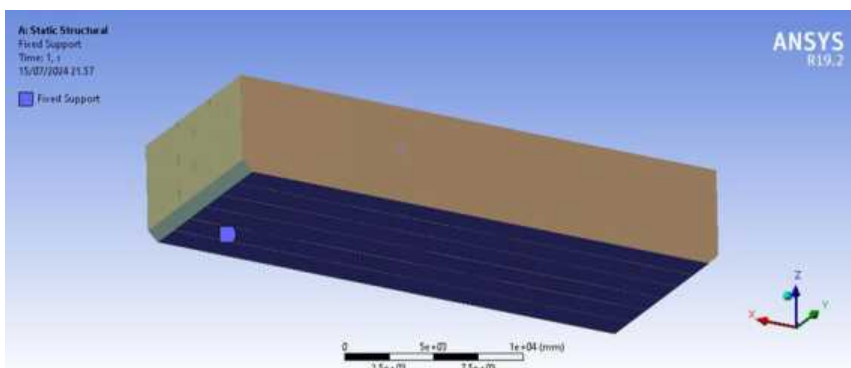


**Gambar 13.** grafik konvergen model 1

Berdasarkan hasil pengujian pada Tabel 2 dan grafik pada Gambar 13 di atas, ukuran *meshing* 60 - 160 mm sudah konvergen sehingga ukuran *meshing* yang akan digunakan adalah 90 mm

## 2.6 Pengekangan

Terdapat 6 derajat kebebasan (DOF) (translasi x,y,z dan rotasi x,y,z) pada model FEM. Masing-masing DOF ini harus diberi kondisi apakah dikekang atau tidak sesuai dengan kondisi struktur yang sebenarnya.

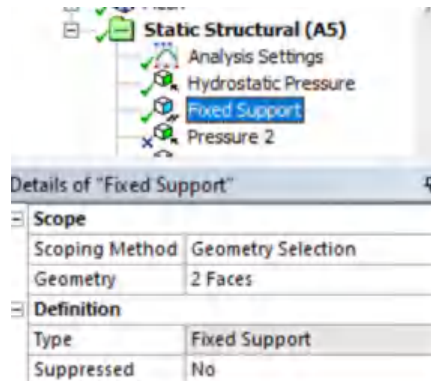


**Gambar 14.** Hasil Pengekangan



Jarkan nilai tegangan racking, bagian dasar kapal dikekang perhitungan menggunakan perangkat lunak ANSYS™ dapat in *racking*.

Untuk menginput fixed support di ANSYS™ Static Structural, akseslah bagian Environment di tree view, kemudian klik kanan dan pilih "Insert" > "Fixed Support". Di jendela grafis, pilih permukaan, garis, atau titik pada model yang akan diberi kondisi fixed support, kemudian klik "Apply" di jendela "Details of Fixed Support" untuk mengonfirmasi. Simbol fixed support akan muncul pada area yang dipilih. Verifikasi bahwa kondisi fixed support telah ditambahkan dengan benar dengan memeriksa tree view dan visualisasi pada jendela grafis.



**Gambar 15.** Detail Penginputan Pengekangan

## 2.7 Teknik analisis

Adapun tahapan dalam analisis data adalah sebagai berikut :

### 1. Preferences

Tahapan menentukan tipe analisis model yang akan digunakan. Pada penelitian ini menggunakan tipe analisis *static structural*.

### 2. Pre-processing (Pendefinisian Masalah)

Tahap *Preprocessing* terdiri dari langkah umum yaitu:

- a. mendefinisikan material
- b. Membuat model



*Mesh* pada model.

*Applying Loads, Constraints, dan Solving*)

on merupakan penentuan beban (titik atau ikasikan beban, dan kemudian *running, solving*. Beban menggunakan 2 jenis beban yaitu beban muatan untuk

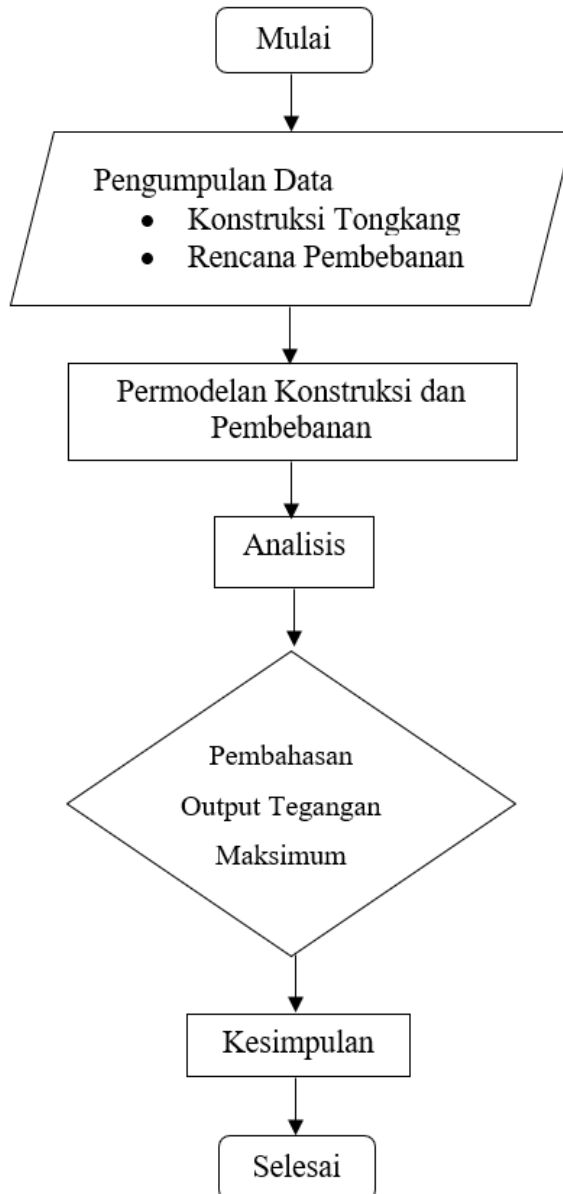
menghitung kekuatan *sideboard* dan beban geladak cuaca untuk menghitung *longitudinal bending moment*.

#### 4. *Postprocessing (Futher Processing dan Viewing of the Results)*

Tahap *Postprocessing* digunakan untuk menampilkan hasil-hasil dari diagram kontur tegangan (*stress*). Untuk mendapatkan hasil perubahan dimensi *angle bar* dengan tegangan yang sama dan juga untuk memperoleh perubahan tegangan pada *longitudinal bending moment*.



## 2.8 Kerangka alur berpikir



Gambar 16. Detail Kerangka alur berpikir

