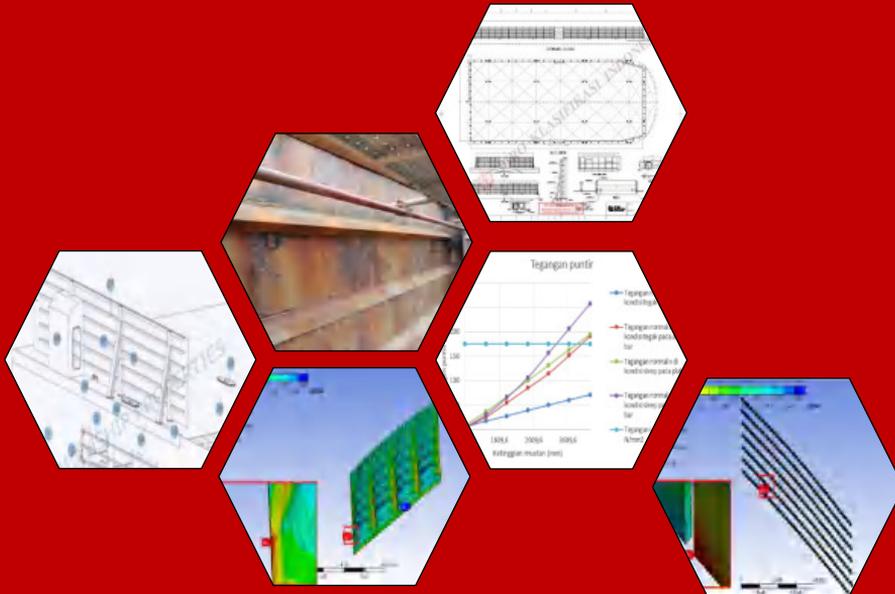


# ANALISIS PERUBAHAN POSISI PEMASANGAN *ANGLE BAR* PADA *SIDEBORD* KAPAL TONGKANG



MUHAMMAD ZAKIR RAHMAN WAHID  
D031201073



DEPARTEMEN TEKNIK PERKAPALAN  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS HASANUDDIN  
GOWA  
2024

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

**ANALISIS PERUBAHAN POSISI PEMASANGAN *ANGLE BAR* PADA  
*SIDEBOARD* KAPAL TONGKANG**

**MUHAMMAD ZAKIR RAHMAN WAHID  
D031201073**



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



# **ANALISIS PERUBAHAN POSISI PEMASANGAN *ANGLE BAR* PADA *SIDEBOARD* KAPAL TONGKANG**

MUHAMMAD ZAKIR RAHMAN WAHID  
D031201073

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

### ANALISIS PERUBAHAN POSISI PEMASANGAN *ANGLE BAR* PADA *SIDEBOARD* KAPAL TONGKANG

**MUHAMMAD ZAKIR RAHMAN WAHID**

**D031201073**

Skripsi,

telah dipertahankan di depan Panitia Ujian Sarjana Teknik Perkapalan pada  
tanggal 18 Juli 2024 dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

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

Mengesahkan:  
Pembimbing Tugas Akhir,



nti, S.T., M.T.  
212 2 002

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 “Pemodelan Kebutuhan Material *Coating* pada Kapal *Tugboat*” adalah benar karya saya dengan arahan dari pembimbing **Dr. Eng. Ir. A. Ardianti, 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.



MUHAMMAD ZAKIR RAHMAN WAHID  
D031201073



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

## UCAPAN TERIMAKASIH

*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 “**Studi Perubahan Posisi Pemasangan Angle bar Pada Sideboard Kapal Tongkang**”. 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 semangat dari beberapa pihak, sehingga pada kesempatan ini dengan segala kerendahan hati dan penuh rasa hormat penulis menghaturkan terima kasih dan memberikan penghargaan setinggi-tingginya kepada :

1. Ibu **Dr. Eng. Ir. A. Ardianti, 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 laboratoruim struktur yang senantiasa mrmberikan saran dan masukan ke penulis dalam proses pengerjaan tugas akhir ini sehingga dapat terselesaikan dengan baik.
3. Bapak **Hamzah, 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 saudari tercinta ayahanda (**Abdul Wahid S.Pd., M.Si.**) dan Ibunda (**Siti Harsila S.Pd.**), **Nurul Hidayah S.I.Kom**, **Zahrawani Roziq S.I.Kom** dan **Muhammad Al Chaidar Wahid** yang senantiasa memberikan do'a dan dukungan serta motivasi kepada penulis.
7. Teman – teman di PT. Citra Shipyard atas bimbingan dan saran tentang judul skripsi yang telah diberikan kepada penulis.



an keluarga besar pondok pesantren Abdurrahman Bin Auf dan bimbingan kepada penulis.

ayhan **Wiqra Ramadhan, Salwan Fadhar, Muhammad** telah memberikan banyak motivasi dan dukungan kepada berada di makassar.

10. Saudara/i **Muh. Khalid Haekal, Ria Melani, Salmi** dan **Aida Hanum** yang telah membantu penulis selama berada di kampus fakultas Teknik universitas hasanuddin.
11. Teman-teman Teknik Perkapalan 2020 yang telah memberikan semangat selama berkuliah di fakultas teknik universitas hasanuddin.

Gowa, Juni 2024  
Penulis

MUHAMMAD ZAKIR RAHMAN WAHID



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

## ABSTRAK

**W. Muhammad Zakir Rahman.** 2023 “*Analisis Perubahan Posisi Pemasangan Angle bar Pada Sideboard Kapal Tongkang*” (dibimbing oleh **Dr. Eng. Andi Ardianti, S.T., M.T.**)

*Sideboard* merupakan salah satu konstruksi pada kapal berfungsi untuk menahan muatan yang diangkut oleh tongkang. Untuk memperkuat konstruksi *sideboard*, dipasang penegar di pinggir *sideboard* secara horizontal yang umumnya berbentuk profil L/*Angle bar* dengan jarak antar penegar adalah 609,6 mm lalu diperkuat oleh *stancion*. Karena tubrukan antara *bucket crane* dengan *face* dari *angle bar* sering terjadi dalam proses bongkar-muat. Hal ini dapat mengakibatkan deformasi pada *angle bar*. Oleh karena itu, perlu dilakukan perubahan posisi *angle bar* dari posisi tegak ke posisi *sleep*. Pembebanan yang terjadi pada *sideboard* dapat disebabkan oleh beban muatan pada *sideboard* searah lateral dan juga muatan hanya terisi penuh di sebagian area *sideboard*. Selain itu, gelombang juga dapat memberikan momen lengkung pada kapal. Oleh karena itu, skripsi ini bertujuan untuk mengetahui hubungan kekuatan pada *sideboard* sebelum dan sesudah terjadi perubahan posisi pada *angle bar* yang disebabkan oleh beban muatan dan momen lengkung akibat gelombang. Dari hasil analisis hubungan kekuatan *sideboard* sebelum dan sesudah terjadi perubahan posisi pada *Angle bar*, didapatkan penambahan masing-masing tegangan normal  $x$  dari posisi tegak ke posisi *sleep* untuk plat dan *angle bar* adalah 74,08% dan 107,42%. Untuk penambahan masing-masing tegangan geser  $xz$  dari posisi tegak ke posisi *sleep* untuk plat dan *angle bar* adalah 57,03% dan 204,51%. Lalu, untuk penambahan masing-masing tegangan von-mises dari posisi tegak ke posisi *sleep* untuk plat dan *angle bar* ketika pembebanannya berbentuk asimetris adalah 174,48% dan 34,82%. Dari hasil hubungan kekuatan akibat momen lengkung pada *sideboard* sebelum dan sesudah terjadi perubahan posisi *Angle bar*, didapatkan penambahan tegangan sebesar 38,987%.

Kata kunci : *Sleep*, beban muatan, momen lengkung, *sideboard*



## ABSTRACT

**W. Muhammad Zakir Rahman.** 2024 “Analysis of the Change in Angle bar Installation Position on the Sideboard of a Barge” (supervised by **Dr. Eng. Andi Ardianti, S.T., M.T**)

A sideboard is a structural component on ships designed to hold the cargo transported by barges. To reinforce the sideboard construction, horizontal stiffeners are installed along the edge of the sideboard, typically using L-shaped profiles or angle bars, spaced 609.6 mm apart and further supported by stanchions. Frequent collisions between the bucket crane and the face of the angle bar during loading and unloading can cause deformation of the angle bar. Therefore, repositioning the angle bar from a vertical to a horizontal position is necessary. The loads acting on the sideboard can result from lateral cargo load on the sideboard and partial cargo loading in specific areas. Additionally, waves can generate bending moments on the ship. This study aims to examine the relationship between the strength of the sideboard before and after the angle bar's position is altered due to cargo load and bending moments caused by waves. The analysis shows that changing the angle bar's position from vertical to horizontal increases the normal stress in the x-direction by 74.08% for the plate and 107.42% for the angle bar. The shear stress in the xz-direction increases by 57.03% for the plate and 204.51% for the angle bar. Additionally, von Mises stress increases asymmetrically by 174.48% for the plate and 34.82% for the angle bar. The analysis of the bending moment on the sideboard before and after repositioning the angle bar reveals a stress increase of 38.987%.

*Keywords* :Sleep, loads, bending moment, sideboard



## DAFTAR ISI

Halaman

<b>ANALISIS PERUBAHAN POSISI PEMASANGAN <i>ANGLE BAR</i> PADA <i>SIDEBOARD</i> KAPAL TONGKANG.....</b>	<b>i</b>
<b>ANALISIS PERUBAHAN POSISI PEMASANGAN <i>ANGLE BAR</i> PADA <i>SIDEBOARD</i> KAPAL TONGKANG.....</b>	<b>iii</b>
<b>SKRIPSI.....</b>	<b>iv</b>
<b>ANALISIS PERUBAHAN POSISI PEMASANGAN <i>ANGLE BAR</i> PADA <i>SIDEBOARD</i> KAPAL TONGKANG.....</b>	<b>iv</b>
<b>PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI DAN PELIMPAHAN HAK CIPTA.....</b>	<b>v</b>
<b>UCAPAN TERIMAKASIH.....</b>	<b>vi</b>
<b>ABSTRAK.....</b>	<b>viii</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>ix</b>
<b>DAFTAR ISI .....</b>	<b>x</b>
<b>DAFTAR TABEL.....</b>	<b>xii</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>xiii</b>
<b>DAFTAR SINGKATAN DAN ARTI SIMBOL.....</b>	<b>xv</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN .....</b>	<b>1</b>
1.1    Latar belakang .....	1
1.2    Teori .....	2
1.2.1 Kapal tongkang.....	2
1.2.2 Konstruksi <i>Sideboard</i> .....	3
1.2.3 Tekanan lateral tanah .....	3
1.2.4 <i>Angle of surcharge</i> dan <i>angle of internal friction</i> .....	4
1.2.5 Momen lengkung vertikal ( <i>vertical bending moment</i> ) .....	4
1.2.6 Tegangan normal.....	5
$\tau$ geser.....	6
$\tau$ puntir.....	7
$\sigma$ dan Modulus Elastis.....	9
$\sigma$ izin .....	10



1.2.11 Ansys.....	10
1.3 Rumusan masalah .....	11
1.4 Tujuan penelitian.....	11
1.5 Manfaat penelitian.....	12
1.6 Batasan masalah .....	12
<b>BAB II METODE PENELITIAN.....</b>	<b>13</b>
2.1 Jenis penelitian .....	13
2.2 Waktu dan lokasi penelitian .....	13
2.3 Teknik pengumpulan data .....	13
2.3.1 Pengambilan data.....	13
2.3.2 Jenis data dan sumber data .....	13
2.4 Pemodelan.....	14
2.5 <i>Meshing</i> .....	17
2.6 Pengekangan dan pembebanan.....	20
2.7 Teknik analisis .....	23
2.8 Kerangka alur berpikir .....	25
<b>BAB III HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>26</b>
3.1 Perhitungan beban.....	26
3.1.1 Beban lateral muatan.....	26
3.1.2 Beban momen lengkung vertikal .....	27
3.2 Analisis tegangan akibat beban lateral muatan simetris dan asimetris....	28
3.2.1 Tegangan normal x .....	28
3.2.2 Tegangan geser xz .....	31
3.2.3 Tegangan Von-Mises pada Pembebanan asimetris.....	35
3.3 Analisis tegangan akibat momen bending vertikal.....	38
<b>BAB IV PENUTUP .....</b>	<b>41</b>
4.4 Kesimpulan .....	41
A.....	42



## DAFTAR TABEL

Tabel 1. Komponen konstruksi sideboard .....	17
Tabel 2. Tegangan konvergen pada mesh model 1 .....	18
Tabel 3. Tegangan konvergen pada mesh model 3.....	19
Tabel 4 beban tiap ketinggian muatan .....	27
Tabel 5. Tegangan normal x di plat dan angle bar pada posisi tegak.....	28
Tabel 6. Tegangan normal x di plat dan angle bar pada posisi sleep .....	29
Tabel 7 tegangan geser xz di plat dan angle bar pada posisi tegak .....	31
Tabel 8. Tegangan geser xz di plat dan angle bar pada posisi sleep .....	33
Tabel 9. Tegangan von-mises maksimum pada plat di kondisi tegak.....	35
Tabel 10 tegangan von-mises maksimum pada plat di kondisi sleep .....	36





Gambar 34. Tegangan geser xz kondisi tegak pada angle bar di ketinggian muatan 4267,2 mm.....	32
Gambar 35. Tegangan geser xz kondisi sleep pada plat di ketinggian muatan 4267,2 mm .....	33
Gambar 36. Tegangan geser xz kondisi sleep pada angle bar di ketinggian muatan 4267,2 mm.....	34
Gambar 37. Tegangan normal x pada kedua kondisi angle bar .....	34
Gambar 38. Tegangan von – mises kondisi tegak pada plat di ketinggian muatan 4267,2 mm.....	35
Gambar 39. Tegangan von – mises kondisi tegak pada plat di ketinggian muatan 4267,2 mm.....	36
Gambar 40. Tegangan von-mises kondisi sleep pada plat di ketinggian muatan 4267,2 mm .....	37
Gambar 41. Tegangan von-mises kondisi sleep pada angle bar di ketinggian muatan 4267,2 mm.....	37
Gambar 42. Tegangan von-mises pada kedua kondisi angle bar .....	38
Gambar 43. Diagram tegangan searah x pada 2 kondisi angle bar akibat momen bending vertikal.....	39
Gambar 44. Area tegangan searah x pada sideboard dengan angle bar dalam posisi tegak akibat momen bending vertikal .....	39
Gambar 45. Area tegangan searah x pada sideboard dengan angle bar dalam posisi sleep akibat momen bending vertikal .....	40



## DAFTAR SINGKATAN DAN ARTI SIMBOL

Lambang/singkatan	Arti dan penjelasan
H	tinggi <i>sideboard</i>
$\gamma$	Massa Jenis Material
Ka	Koefisien aktif tanah
$\beta$	<i>Angle of surcharge</i>
$\gamma$	<i>Angle of internal friction</i>
$\sigma$	Tegangan
P	Gaya
A	Luasan Penampang
$\tau$	Tegangan geser
$M_s$	Momen statis penampang
Q	Gaya geser
I	Momen inersia penampang
t	tebal plat
k	Faktor Bahan
n	Navigation coefficient
C	Wave parameter
L	Panjang kapal
B	Lebar kapal
Cb	koefisien blok kapal
Fm	Faktor distribusi



## BAB I PENDAHULUAN

### 1.1 Latar belakang

Kapal tongkang merupakan salah satu kapal yang paling banyak diproduksi di Indonesia. iNews.id. mengklaim bahwa Tercatat pada periode Januari – Agustus 2022 ada 363 permohonan pembuatan kapal tongkang. Kebanyakan tongkang yang dibuat adalah tipe deck cargo yang muatannya seluruhnya diletakkan di atas deck. Agar muatannya tidak tumpah, maka dipasang dinding pembatas atau *sideboard*.

Puspa, F. & Aryanti (2019), menyatakan bahwa *Sideboard* berfungsi untuk menahan atau sebagai wadah muatan yang diangkut oleh tongkang. Untuk memperkuat konstruksi *sideboard*, maka dipasang penegar di pinggir *sideboard* secara horizontal yang umumnya berbentuk profil *L/Angle bar* dengan jarak antar penegar adalah 609,6 mm lalu diperkuat oleh *stanchion* agar kekuatan dari *sideboard* tersebut terjamin.

Dalam operasi bongkar – muat tongkang, penegar *sideboard* sering kali mengalami tubrukan dengan *bucket crane* sehingga mengakibatkan deformasi pada *Angle bar*. Oleh karena itu, *owner* kapal melakukan perubahan posisi *angle bar* menjadi posisi *sleep* seperti pada Gambar 1.



Gambar 1. *Angle bar* dalam posisi *sleep*

Perubahan posisi suatu konstruksi akan menyebabkan perubahan pada kekuatan tersebut. Dan salah satu kekuatan yang perlu diperhatikan adalah defleksi yang terjadi akibat dari beban muatan lateral dan juga dari momen. Dan juga, pembebanan akibat muatan dapat terjadi di bagian *sideboard* sehingga sebagian permukaan *sideboard* akan sebagiannya tidak terkena tekanan atau dapat disebut sebagai *struts*.

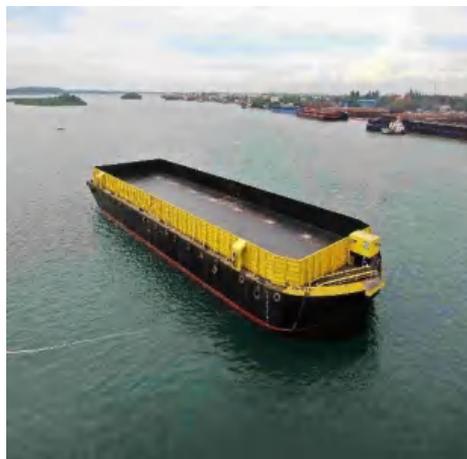


Berdasarkan permasalahan di atas, maka penulis tertarik untuk melakukan penelitian dalam bentuk skripsi dengan judul: “**Analisis Perubahan Posisi Pemasangan *Angle bar* Pada *Sideboard* Kapal Tongkang**”.

## 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 2. 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 2. Kapal tongkang

(Sumber : KTU Shipyard)

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

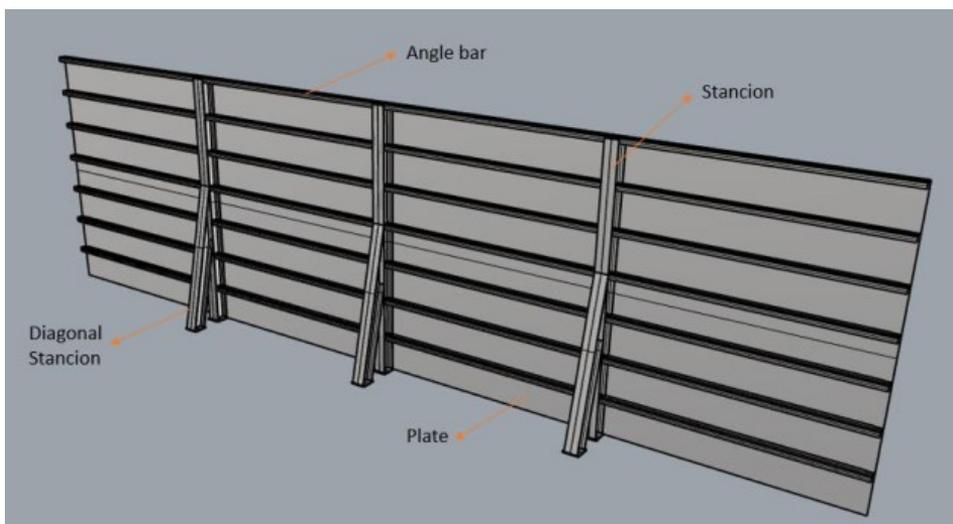


Salah satunya adalah houseboat, juga dikenal sebagai rumah perahu. Houseboats adalah jenis kapal yang umum di tempat-tempat seperti Kamboja, India Utara, Thailand, Australia dan Kanada. Seperti namanya, jenis tongkang ini digunakan untuk keperluan perumahan.

2. Dry Bulk Cargo Barges, tongkang jenis ini merupakan tongkang dengan muatan curah kering. Contohnya adalah batubara, baja, pasir, pupuk dan lainnya.
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 *Sideboard*

Pada saat tongkang terisi muatan, *sideboard* menjadi pembatas dari muatan tersebut dimana Puspa, F. & Aryanti (2019), menyatakan bahwa *Sideboard* berfungsi untuk menahan atau sebagai wadah muatan yang diangkut oleh tongkang. *Sideboard* harus memiliki konstruksi yang kuat untuk menahan muatan yang diangkutnya. Dimana ditambahkan tumpuan utama yaitu stanchion. Umumnya jarak antar stanchion sama dengan jarak satu transverse, yaitu 1830 mm. lalu di perkuat dengan penegar yang umumnya memiliki jarak 600 mm (Ardianto & Hanggar, C., 2022). Adapun Gambar konstruksi *sideboard* dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Konstruksi *sideboard*

### 1.2.3 Tekanan lateral tanah



lateral adalah gaya yang ditimbulkan oleh akibat dorongan struktur penahan tanah. Bagian bangunan yang menahan anakan untuk dapat menahan tekanan tanah sesuai dengan ida (Pratama, D, S, 2014).. Alamsyah, et al, (2022) rumus tekanan lateral tanah adalah sebagai berikut :

$$P_a = \gamma \times H \times K_A \quad (1)$$

Dimana :

H : tinggi *sideboard* (m)

$\gamma$  : Massa Jenis Material ( $\text{kg/m}^3$ )

$K_a$  : Koefisien aktif tanah

$$: \cos \beta^\circ \times \frac{\cos \beta^\circ - \sqrt{\cos^2 \beta^\circ - \cos^2 \gamma}}{\cos \beta^\circ + \sqrt{\cos^2 \beta^\circ - \cos^2 \gamma}} \quad (2)$$

$\beta$  : *Angle of surcharge*

$\gamma$  : *Angle of internal friction*

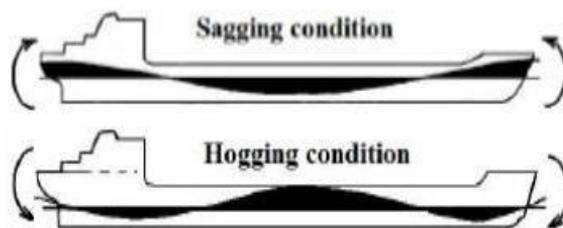
#### 1.2.4 *Angle of surcharge* dan *angle of internal friction*

Salah satu variable dalam menentukan beban lateral tanah adalah *angle of surcharge* dan *angle of internal friction* dimana dalam bidang ilmu Teknik Sipil tanah dianggap sebagai bahan struktur, karena dalam mendukung beban bangunan akan timbul tegangan-regangan didalamnya. Hitungan kapasitas dukung tanah didasarkan pada kuat geser tanah. Kuat geser tanah ditentukan oleh nilai kohesi ( $c$ ) dan sudut gesek internal tanah ( $\phi$ ), sehingga kedua parameter tersebut sering disebut parameter kuat geser tanah. (Sumiyanto, et al, 2005). Adapun *angle of surcharge* adalah sudut horizontal yang diasumsikan permukaan material saat material diam pada sabuk konveyor yang bergerak. Sudut ini biasanya 5 derajat hingga 15 derajat lebih kecil dari *angle of repose*. (Fianto, A, et al, 2022).

#### 1.2.5 Momen lengkung vertikal (*vertical bending moment*)

Salah satu sebab yang menjadi objek dalam penelitian ini adalah momen lengkung vertikal (*vertical bending moment*). Momen ini disebabkan oleh kondisi gelombang seperti kondisi *hogging* dan kondisi *sagging*. Pada kondisi *hogging*, kapal kapal mendapatkan gaya tarik pada bagian *deck* dan tekanan pada bagian *bottom* dengan kondisi *sagging*. Untuk lebih jelasnya, lihat Gambar 4.





Gambar 4. Kondisi *hogging* dan *sagging*

(sumber : Ardianti, A, et al, 2018.)

(Ardianti, A, et al, 2018)

Beban yang digunakan dalam penelitian dalam penelitian ini adalah beban geladak muatan dan *deck load* kapal. sehingga untuk menghitung beban akibat *hogging* dapat ditentukan berdasarkan Rules RINA Part B Vol.II Edisi tahun 2024 :

$$M_{WV,H} = 190 \times F_M \times n \times C \times L^2 \times B \times C_b \times 10^{-3} \quad (3)$$

### 1.2.6 Tegangan normal

Tegangan normal merupakan tegangan yang menjadi perhatian pada penelitian ini dimana tegangan tersebut disebabkan oleh beban atau gaya aksial. Tegangan normal merupakan tegangan pada benda yang tegak lurus dengan arah gayanya.

$$\sigma = \frac{P}{A} \quad (4)$$

Dimana :

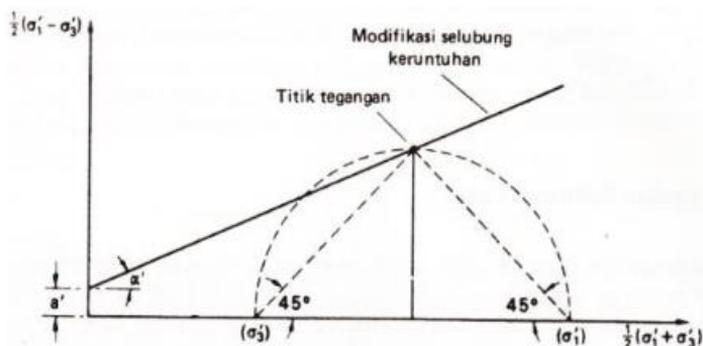
$\sigma$  = Tegangan (N/mm<sup>2</sup>)

P = Gaya (N)

A = Luasan Penampang (mm<sup>2</sup>)



Dimana pada rumus tersebut merupakan tegangan rata-rata di semua penampang A, bukan tegangan disuatu titik pada penampang A. Artinya tegangan di suatu titik tidak sama dengan tegangan rata-rata. Gambar 5 adalah alternatif yang diberikan untuk memperlihatkan setiap tegangan yang terlihat seperti Gambar 5.



Gambar 5. Alternatif yang menggambarkan kondisi tegangan

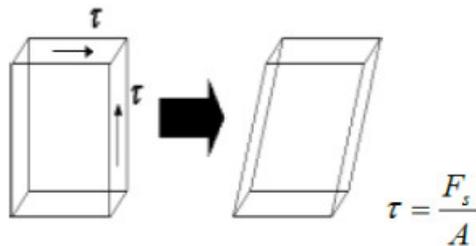
(Sumber : Nandasari, P.L., Dzulkipli & Madlazim, 2020)

Dengan memperhatikan sistematika pendahuluan, maka penelitian ini bertujuan Menghasilkan posisi dan arah tegangan normal  $\sigma_1$ ,  $\sigma_2$ , dan  $\sigma_3$ . Metode yang digunakan adalah metode diagram lingkaran Mohr dan Stress Joint Inversion. Hasil yang didapatkan berupa Gambar, yaitu Gambar diagram lingkaran Mohr, sumbu P/T, histogram, dan arah tegangan. (Nandasari, P.L., Dzulkipli & Madlazim, 2020)

### 1.2.7 Tegangan geser

Tegangan geser merupakan perihal yang perlu dilakukan analisa pada suatu konstruksi. Tegangan geser adalah intensitas gaya yang bekerja sejajar dengan bidang dari luas permukaan. Intensitas gaya menentukan kemampuan suatu material terutama dalam memikul beban (kekuatan). Dalam perencanaan struktur, semua elemen harus diberikan ukuran tertentu. ukuran harus diproporsikan cukup kuat untuk memikul beban yang mungkin terjadi. setiap elemen struktur juga harus cukup kaku sehingga tidak melengkung atau berubah bentuk (berdeformasi) berlebihan pada saat struktur dipakai. Perbedaan penerimaan beban yang dialami oleh suatu konstruksi dapat menimbulkan tegangan geser dan hal semacam ini bila secara kontinu dialami oleh suatu material akan menyebabkan fatigue dan ujungnya berakibat pada kerusakan dan kerugian bagi semua orang tentunya. Oleh karena itu, terutama pada kapal juga perlu dilakukan analisa tegangan geser guna menganalisa tegangan geser yang ditimbulkan secara jangkar panjang ataupun jangkar pendek pada Gambar 6. Menunjukkan tegangan geser yang sejajar dengan bidang.





Gambar 6. Batang mengalami tegangan geser  
(Sumber : Siagian, A. R. H. & Mulyatno, I. P., 2015)

Secara umum, *sheer stress* dapat didefinisikan :

$$\tau = Q \frac{M_s}{I n a \times t} \quad (5)$$

Dimana :

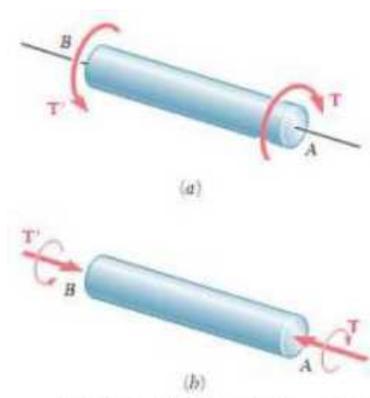
- $\tau$  = Tegangan geser (N/mm<sup>2</sup>)
- $M_s$  = Momen statis penampang (m<sup>3</sup>)
- $Q$  = Gaya geser (N)
- $I$  = Momen inersia penampang (m<sup>4</sup>)
- $t$  = tebal plat (m)

(Siagian, A. R. H. & Mulyatno, I. P., 2015)

### 1.2.8 Tegangan puntir

Torsion loading (beban puntir) banyak dijumpai pada benda – benda yang berbentuk lingkaran dan dikenai putaran. Dalam aplikasinya, beban torsi ini terdapat pada poros transmisi yang berfungsi untuk mentransmisikan daya. Dapat dilihat pada Gambar 7 beban puntir ini memberikan nilai yang sama pada ujungnya namun arahnya berlawanan.

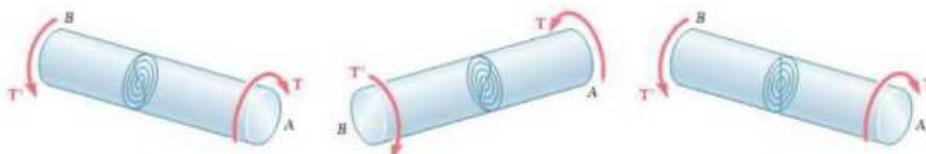




Gambar 7. Beban puntir pada poros

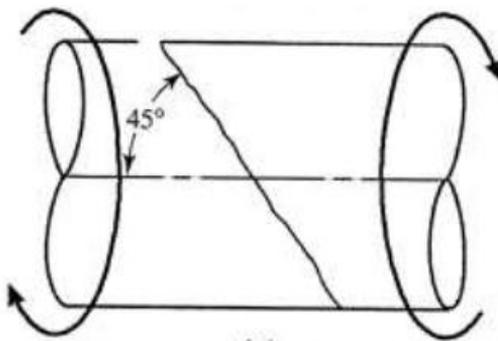
(Sumber : Kholiq, A. A, 2016)

Deformasi akan terbentuk dengan adanya beban torsi yang dikenai pada poros. Poros akan berputar pada lintasannya dan akan membentuk pola konsentrasi tegangan yang dapat dilihat pada Gambar 8. Apabila terdapat retakan pada material dengan beban puntir, maka retakan ideal yang terbentuk akan membentuk sudut  $45^\circ$  seperti pada Gambar 9.



Gambar 8. Potensial konsentrasi tegangan yang terbentuk akibat beban puntir

(Sumber : Kholiq, A. A., 2016)



Gambar 9. Pola retak ideal akibat beban puntir

(Sumber : Kholiq, A. A, 2016)

Secara umum, tegangan puntir dapat dihitung berdasarkan persamaan berikut.

$$\tau_{max} = \frac{Tc}{J} \quad (6)$$

Dimana :

c = Radius poros

J = Momen inersia

T = Momen Torsi

(Kholiq, A. A., 2016)

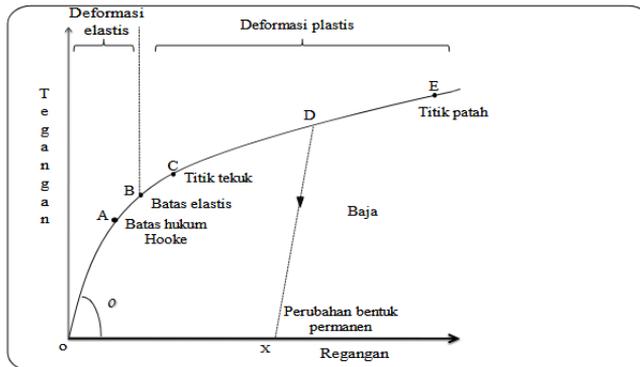
### 1.2.9. Regangan dan Modulus Elastis

Berdasarkan jurnal ilmiah yang berjudul “Modulus Elastisitas Berbagai Jenis Material” yang ditulis oleh Budiawan Sulaiman tahun 2018, Regangan (Strain), didefinisikan sebagai hasil bagi antara pertambahan panjang  $\Delta L$  dengan panjang awalnya L. Atau perbandingan perubahan panjang dengan panjang awal. Regangan dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$\text{Regangan} = \frac{\text{Pertambahan Panjang}}{\text{Panjang Awal}} \text{ atau } e = \frac{\Delta L}{L} \quad (7)$$

Lalu beliau melanjutkan, Kebanyakan benda adalah elastis sampai ke suatu besar gaya tertentu dinamakan batas elastis. Jika gaya yang dikerjakan pada benda lebih kecil daripada batas elastisnya, benda akan kembali ke bentuk semula jika gaya dihilangkan. Akan tetapi, jika gaya yang diberikan melampaui batas elastis, benda tidak kembali ke bentuk semula melainkan secara permanen berubah bentuk. Grafik pada Gambar 2, menunjukkan bagaimana variasi tegangan terhadap regangan ketika seutas kawat logam (baja) diberi gaya tarik sampai kawat itu patah.





Gambar 10. Grafik variasi tegangan dan regangan

(Sumber : Sulaeman, B., 2018)

Berdasarkan *rules* RINA Part B Vol.1 1.1.2024 batas *minimum* tegangan *yield* baja grade A, B, C dan D adalah 235 N/mm<sup>2</sup> dan tegangan *ultimate* adalah 400 – 520 N/mm<sup>2</sup>.

### 1.2.10 Tegangan izin

Ada beberapa aturan yang perlu diperhatikan menurut *rules* dari RINA, misalnya saja tentang tegangan ijin. Dalam hal ini tegangan ijin yang digunakan yang sesuai dengan ketentuan Part B Vol.2 1.1.2024. Dimana persamaannya tegangan normal adalah sebagai berikut :

$$\sigma = \frac{175}{k} \quad (8)$$

Untuk persamaan dari tegangan geser adalah sebagai berikut.

$$\sigma = \frac{110}{k} \quad (9)$$

Dimana :

k = Faktor Bahan Baja



akan salah satu *software* analisis dengan metode elemen  
 menganalisis berbagai macam struktur, aliran fluida, dan  
 dari *software* analisis yang lain yaitu CATIA, NASTRAN,  
 lainnya. (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 rumusan masalah pada penelitian ini yaitu :

1. Bagaimana hubungan kekuatan *sideboard* sebelum dan setelah terjadi perubahan posisi pada *Angle bar*?

2. Bagaimana hubungan kekuatan akibat *vertical bending moment* pada *sideboard* sebelum dan sesudah terjadi perubahan posisi *Angle bar*?

3. Bagaimana rumusan matematis *sideboard*?

4. Bagaimana rumusan matematis *sideboard* yang ingin dicapai pada penelitian ini yaitu :



1. Untuk mengetahui bagaimana hubungan kekuatan *sideboard* sebelum dan sesudah terjadi perubahan posisi pada *Angle bar*
2. Untuk mengetahui bagaimana hubungan *vertical bending moment* pada *sideboard* sebelum dan sesudah terjadi perubahan posisi pada *Angle bar*

### 1.5 Manfaat penelitian

Adapun manfaat penelitian ini yaitu :

1. Sebagai bahan pertimbangan bagi galangan kapal dalam melakukan perubahan posisi *Angle bar* pada *sideboard* 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. Analisa hanya dipusatkan pada struktur *Angle bar*/profil L pada *sideboard*.
2. Penelitian dilakukan dengan aplikasi *ansys*.
3. Beban yang digunakan adalah beban gelombang *hogging* dan beban muatan lateral.
4. Pemodelan *sideboard* hanya 5 stancion atau 16 frame



## 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 galangan PT. Citra 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 *sideboard*, dan data muatan tongkang.

#### 1. Dimensi utama kapal tongkang

LBP : 91440 mm

B : 24384 mm

T : 5486 mm

Cb : 0,89

#### 2. Data muatan tongkang

Jenis muatan : Batu bara

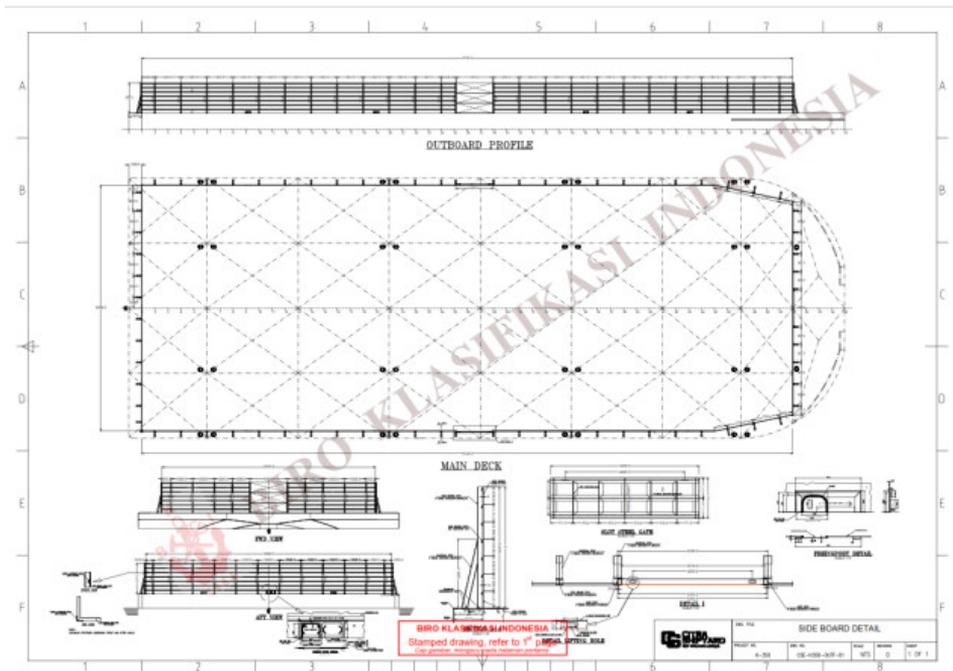


'arge : 25° (Alamsyah, et al, 2022)

al friction : 30° (Alamsyah, et al, 2022)

'uksi *sideboard*

Salah satu data yang diperlukan dalam melakukan analisis kekuatan yaitu Gambar konstruksi *sideboard*. Hal ini dibutuhkan untuk mempermudah dalam pemodelan *sideboard*. Adapun Gambar konstruksi *sideboard* dapat dilihat seperti Gambar 11.



Gambar 11. *Sideboard* plan

(Sumber : Hak cipta Citra Shipyard)

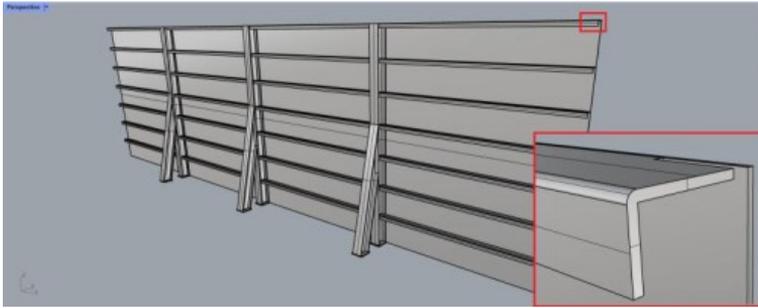
## 2.4 Pemodelan

*Sideboard* dimodelkan sepanjang 8 frame atau 14630,4 mm dengan memperhatikan sumbu simetris. Penelitian ini menggunakan 4 model yang berbeda. Adapun ke-4 model tersebut adalah sebagai berikut.

1. Model 1 (*sideboard* dengan *angle bar* dalam posisi tegak)

Model 1 berupa *sideboard* dengan *angle bar* yang dipasang dalam posisi tegak seperti Gambar 12.

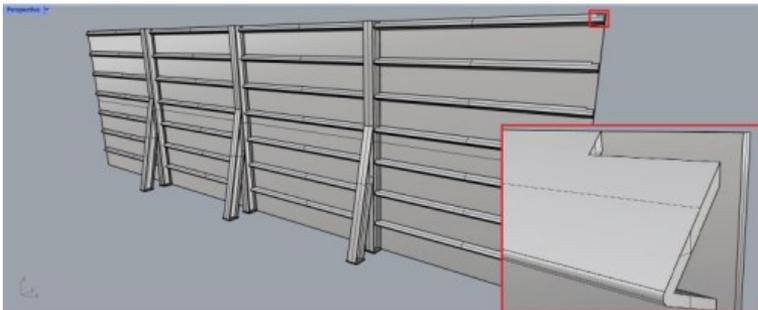




Gambar 12. Model 1 (*sideboard* dengan *angle bar* dalam posisi tegak)

2. Model 2 (*sideboard* dengan *angle bar* dalam posisi *sleep*)

Model 2 berupa *sideboard* dengan *angle bar* yang dipasang dalam posisi *sleep* yang terlihat seperti Gambar 13.

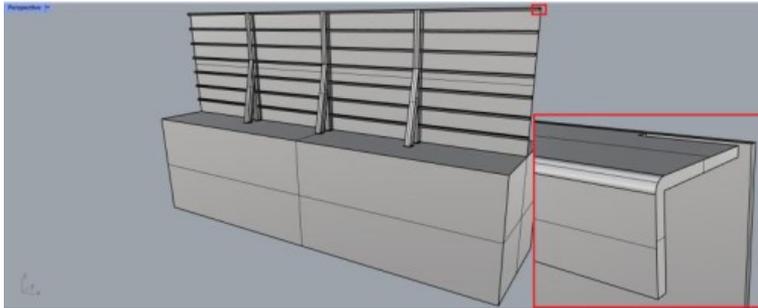


Gambar 13. Model 2 (*sideboard* dengan *angle bar* dalam posisi *sleep*)

3. Model 3 (*sideboard* dengan *angle bar* dalam posisi tegak yang terletak di atas balok)

Model 3 berupa *sideboard* dengan *angle bar* yang dipasang dalam posisi tegak yang diletakkan di atas balok sepanjang *sideboard* sebagai interpretasi dari lambung tongkang. Adapun model 3 dapat dilihat seperti Gambar 14.

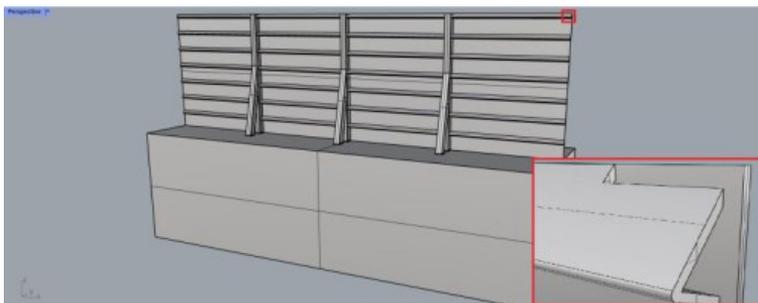




Gambar 14. Model 3 (*sideboard* dengan *angle bar* dalam posisi tegak yang terletak di atas balok)

4. Model 4 (*sideboard* dengan *angle bar* dalam posisi *sleep* yang terletak di atas balok)

Model 4 berupa *sideboard* dengan *angle bar* yang dipasang dalam posisi *sleep* yang diletakkan di atas balok sepanjang *sideboard* sebagai interpretasi dari lambung tongkang. Adapun model 4 dapat dilihat seperti Gambar 15.



Gambar 15. Model 4 (*sideboard* dengan *angle bar* dalam posisi *sleep* yang terletak di atas balok)

Adapun dimensi dari bagian-bagian konstruksi pada Gambar 3 dapat dilihat pada Tabel 1.



Tabel 1. Komponen konstruksi *sideboard*

Konstruksi	Item	Dimensi	Satuan	Material
<i>Sideboard</i>	Tebal plat	12	mm	Plat
	<i>Sideboard</i> stay	200 x 200 x 8	mm	H - Beam
	Diagonal stay	200 x 200 x 8	mm	H - Beam
	<i>Sideboard</i> stiffener	125 x 75 x 9	mm	<i>Angle bar</i>
	Doubler	250 x 250 x 12	mm	Plat

## 2.5 Meshing

*Meshing* merupakan salah satu tahapan yang penting dalam pemodelan elemen hingga. Proses *meshing* ini sangat menentukan akurat atau tidaknya hasil perhitungan. Semakin besar ukuran *meshing* maka semakin kurang akurat hasilnya dan sebaliknya, 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 2 model penelitian seperti pada Gambar 16 dan 18 dengan beberapa ukuran *mesh*. Adapun Tabel *trial and error* pada masing-masing model adalah sebagai berikut.



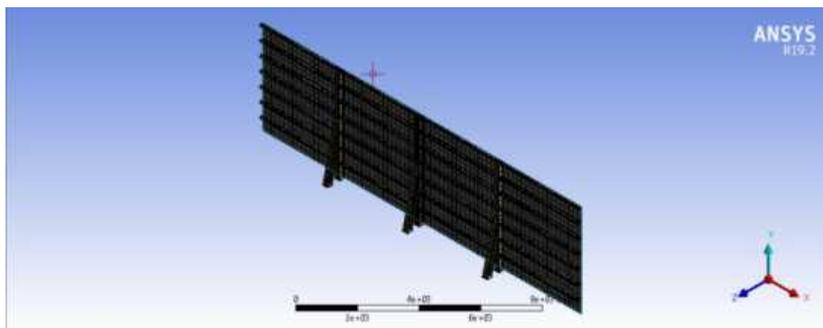
1. *Meshing* model 1 dan model 2

Pada model 1 dan model 2, dilakukan pengujian mesh dengan ukuran 110, 115, 120, 125 dan 130 seperti yang terlihat pada Tabel 3.

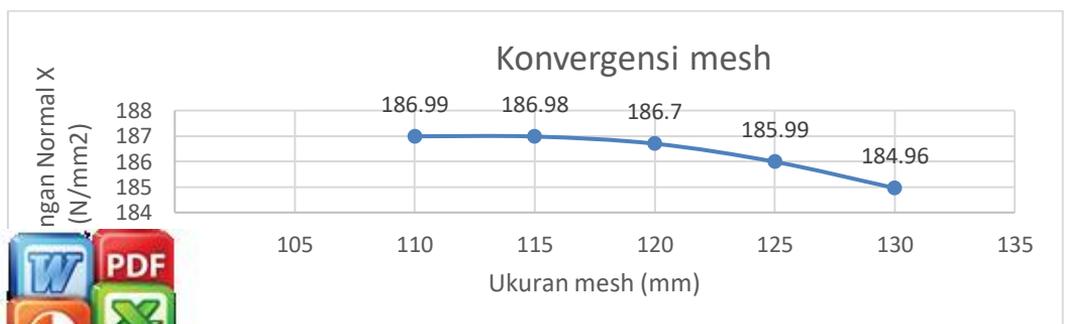
Tabel 2. Tegangan konvergen pada mesh model 1

Ukuran mesh (mm)	Tegangan Normal X (N/mm <sup>2</sup> )
110	186,99
115	186,98
120	186,7
125	185,99
130	184,96

Berdasarkan hasil pengujian pada Tabel 3, jika dilihat pada Gambar 17, grafik tersebut menunjukkan bahwa ukuran *meshing* 110 – 120 mm sudah konvergen sehingga ukuran *meshing* yang akan digunakan adalah 120 mm seperti yang terlihat pada Gambar 16.



Gambar 16. Mesh pada model 1



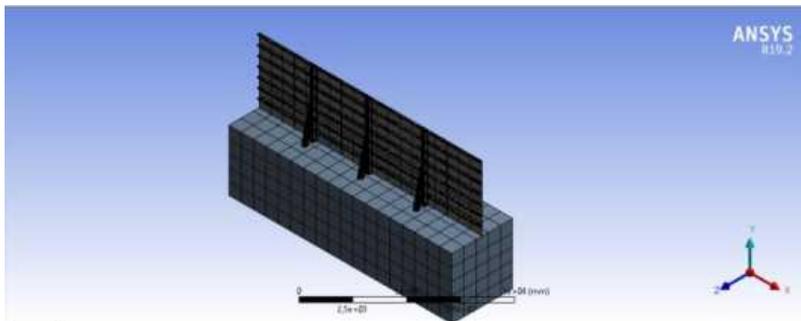
Gambar 17. Grafik konvergen model 1

Pada model 3 dan model 4, dilakukan pengujian mesh dengan ukuran 150, 200, 250, 300 dan 350 seperti yang terlihat pada Tabel 3.

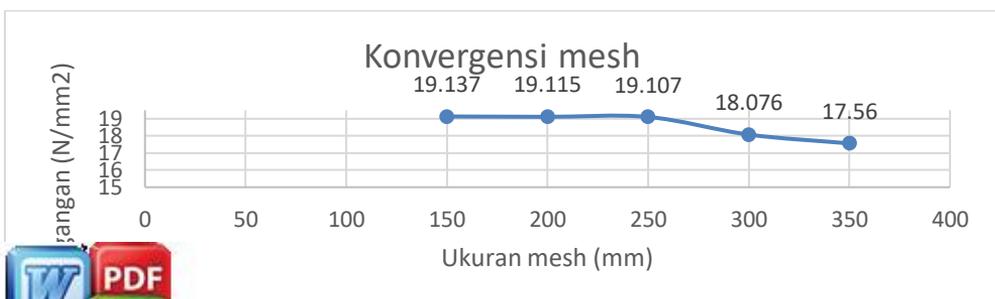
Tabel 3. Tegangan konvergen pada mesh model 3

Ukuran mesh (mm)	Tegangan (N/mm <sup>2</sup> )
150	19,137
200	19,115
250	19,107
300	18,076
350	17,56

Berdasarkan hasil pengujian pada Tabel 4, jika dilihat pada Gambar 19, grafik tersebut menunjukkan bahwa ukuran *meshing* 150 – 250 mm sudah konvergen sehingga ukuran *meshing* yang akan digunakan adalah 250 mm seperti yang terlihat pada Gambar 18.



Gambar 18. Model meshing 3



Gambar 19. Grafik konvergen model 3

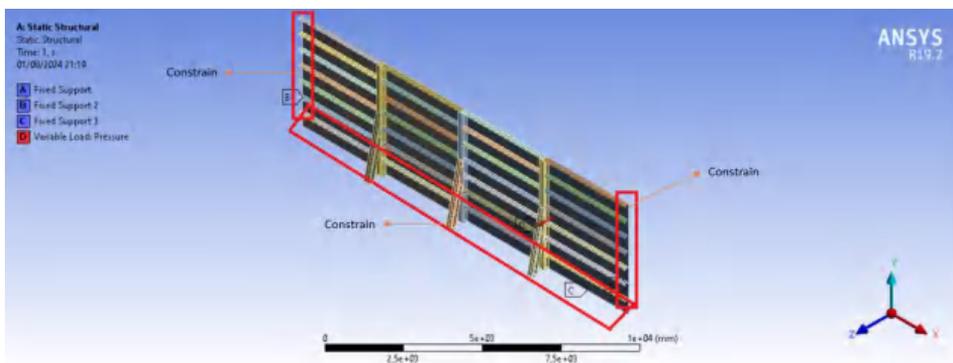


## 2.6 Pengekangan dan pembebanan

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 dikekakkan atau tidak sesuai dengan kondisi struktur yang sebenarnya. Setelah dilakukan pengekangan, dilanjutkan dengan menginput pembebanan. Adapun pengekangan dan pembebanan pada model 1, 2, 3 dan 4 adalah sebagai berikut.

### 1. Pengekangan dan pembebanan pada model 1

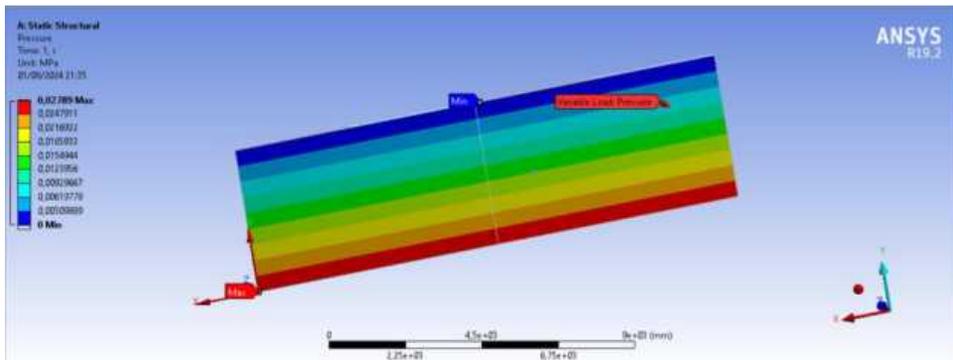
Pada model 1, dilakukan pembebanan pada area sisi dalam sideboard dan diberikan pengekangan *fixed* pada area depan dan belakang sideboard sebagai interpretasi dari *stancion* yang tidak dimodelkan lalu di berikan pengekangan fixed pada area bawah dari doubler sebagai interpretasi bahwa double tersebut berada di atas plat deck. Adapun Gambar pengekangan dapat dilihat pada Gambar 20.



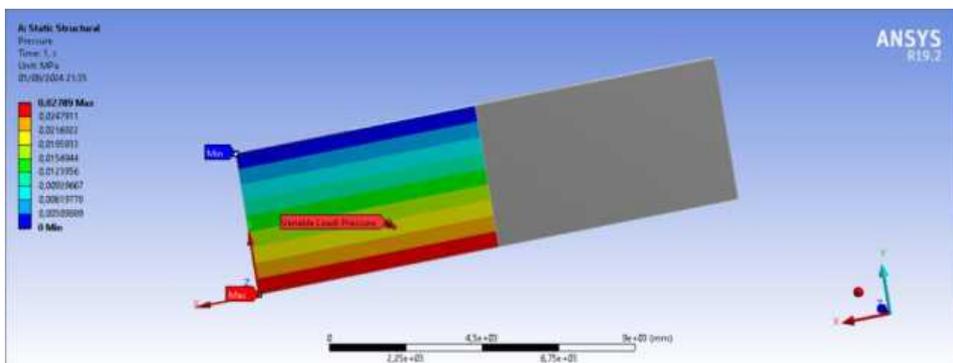
Gambar 20. Pengekangan pada model 1

Setelah dilakukan pengekangan, selanjutnya melakukan input beban dimana pada model 1 memiliki 2 model pembebanan yaitu pembebanan simetris pada area sideboard yang terlihat pada Gambar 21 dan pembebanan Asimetris pada area sideboard yang terlihat pada Gambar 22.





Gambar 21. Pembebanan simetris model 1

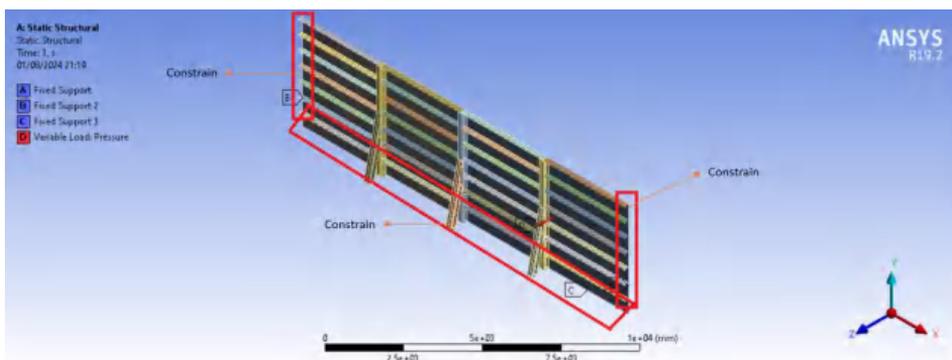


Gambar 22. Pembebanan asimetris model 1

## 2. Pengekangan dan pembebanan pada model 2

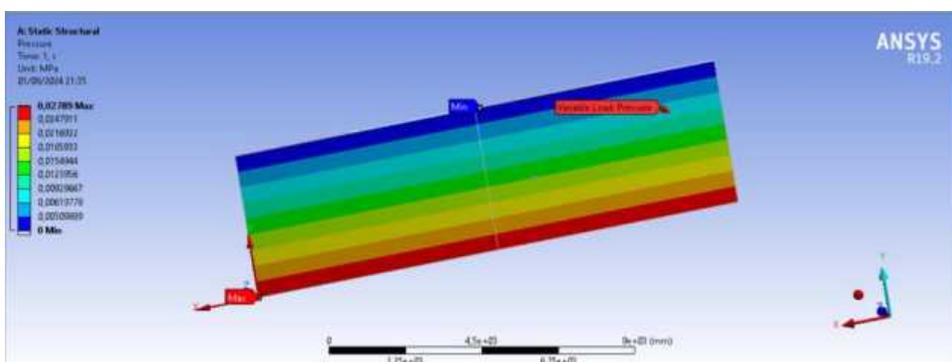
Pada model 2, dilakukan pembebanan pada area sisi dalam sideboard dan diberikan pengekangan *fixed* pada area depan dan belakang sideboard sebagai interpretasi dari *stancion* yang tidak dimodelkan lalu di berikan pengekangan *fixed* pada area bawah dari doubler sebagai interpretasi bahwa double tersebut berada di atas plat deck. Adapun Gambar pengekangan dapat dilihat pada Gambar 23.



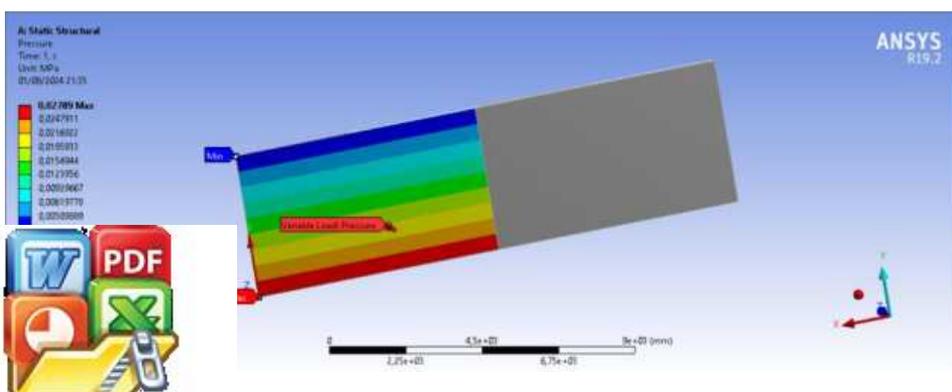


Gambar 23. Pengekangan pada model 2

Setelah dilakukan pengekangan, selanjutnya melakukan input beban dimana pada model 2 memiliki 2 model pembebanan yaitu pembebanan penuh pada area sideboard yang terlihat pada Gambar 24 dan pembebanan Asimetris pada area sideboard yang terlihat pada Gambar 25.



Gambar 24. Pembebanan simetris model 2

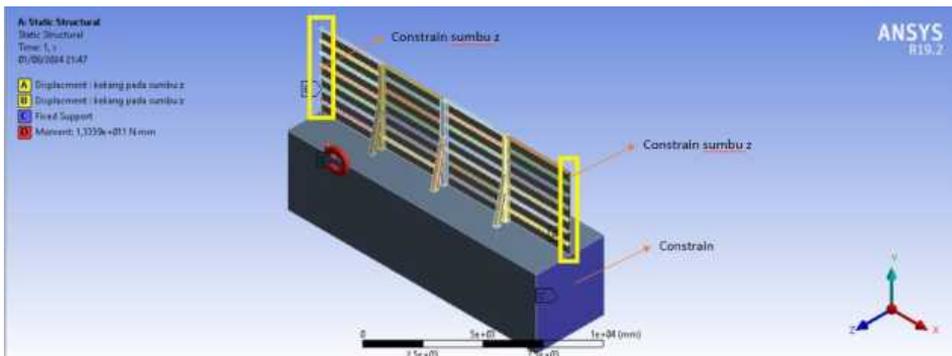


Gambar 25. Pembebanan asimetris model 2



### 3. Pengekangan dan pembebanan pada model 3

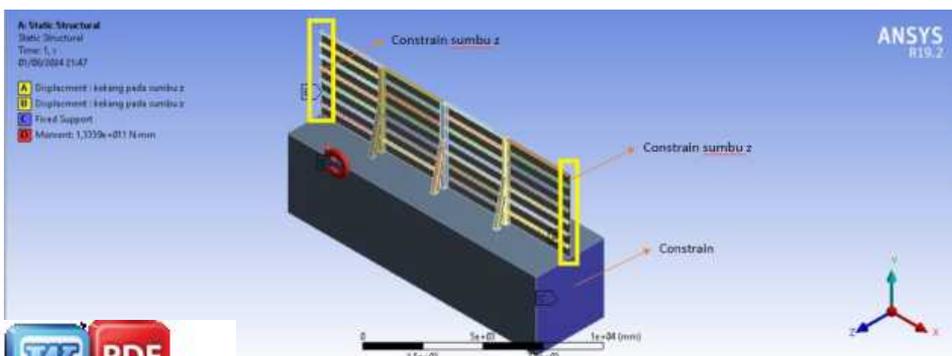
Pada model 3, dilakukan pengekangan fixed pada bagian depan balok dan diberikan pengekangan searah sumbu z pada bagian depan dan belakang sideboard untuk menginterpretasikan stancion yang tidak dimodelkan. Lalu diberikan momen pada bagian belakang balok. Adapun Gambar pengekangan dan pembebanan dapat dilihat pada Gambar 26.



Gambar 26. Pengekangan dan pembebanan pada model 3

### 4. Pengekangan dan pembebanan pada model 4

Pada model 4, dilakukan pengekangan fixed pada bagian depan balok dan diberikan pengekangan searah sumbu z pada bagian depan dan belakang sideboard untuk menginterpretasikan stancion yang tidak dimodelkan. Lalu diberikan momen pada bagian belakang balok. Adapun Gambar pengekangan dan pembebanan dapat dilihat pada Gambar 27.



27. Pembebanan dan pengekangan pada model 4



dan 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
- c. Mendefinisikan *Mesh* pada model.

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

Tahap solution merupakan penentuan beban (titik atau tekanan), mengaplikasikan beban, dan kemudian *running, solving*. Beban pada penelitian ini 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

