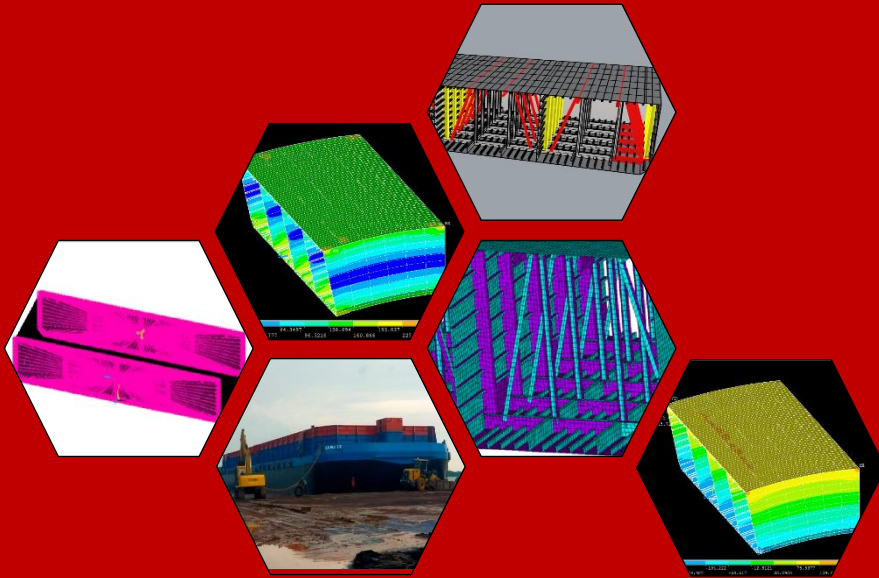


# ANALISIS KEKUATAN STRUKTUR *DECK BARGE* AKIBAT KANDAS



ANDI TAKESHI KOKOH SABIRUN MADDUKELLENG  
D031201043



PROGRAM STUDI TEKNIK PERKAPALAN  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS HASANUDDIN  
GOWA  
2024

**ANALISIS KEKUATAN STRUKTUR *DECK BARGE*  
AKIBAT KANDAS**

**ANDI TAKESHI KOKOH SABIRUN MADDUKELLENG  
D031201043**



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

**ANALISIS KEKUATAN STRUKTUR *DECK BARGE*  
AKIBAT KANDAS**

ANDI TAKESHI KOKOH SABIRUN MADDUKELLENG  
D031201043

Skripsi

Sebagai salah satu syarat untuk mencapai gelar sarjana

Program studi Teknik Perkapalan

pada

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

**SKRIPSI****ANALISIS KEKUATAN STRUKTUR *DECK BARGE*  
AKIBAT KANDAS****ANDI TAKESHI KOKOH SABIRUN MADDUKELLENG  
D031201043**

Skripsi,

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

pada

Program Studi Teknik Perkapalan  
Departemen Teknik Perkapalan  
Fakultas Teknik  
Universitas Hasanuddin  
GowaMengesahkan:  
Pembimbing Tugas Akhir,Dr. Eng. A. Ardianti, ST., MT.  
NIP. 19850526 201212 2 002Mengetahui:  
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 "Analisis Kekuatan Struktur *Deck Barge* Akibat Kandas" adalah benar karya saya dengan arahan dari pembimbing Dr. Eng. 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.

Gowa, Agustus 2024



ANDI TAKESHI KOKOH SABIRUN MADDUKELLENG

D031201043

## UCAPAN TERIMA KASIH

Assalamu'alaikum warahmatullahi wabarakatuh.

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 "*Analisis Kekuatan Struktur Deck Barge Akibat Kandas*". 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 yang setinggi-tingginya kepada:

1. Ibu **Dr. Eng. A. Ardianti, S.T, M.T**, selaku pembimbing 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 membimbing dan memberikan arahan kepada penulis, serta tak lupa juga kepada Bapak **Hamzah, S.T, M.T**, selaku penguji yang telah meluangkan waktunya demi keberlangsungan tugas akhir ini.
3. Bapak **Prof. Dr. Eng. Suandar Baso, S.T, M.T**, selaku Ketua Departemen Teknik Perkapalan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.
4. Orang tua dan saudari tercinta, ayahanda **Andi Samsul Bahri Maddukelleng** dan Ibunda **Wahyuni Rahimahallah**, serta adinda **Andi Nabilah Najjyyah Samsul Bahri** yang senantiasa memberikan do'a dan dukungan serta motivasi kepada penulis.
5. Bapak/Ibu Dosen Fakultas Teknik Departemen Teknik Perkapalan atas bimbingan, arahan, didikan, dan motivasi yang telah diberikan.
6. Saudara Muh. Zhafran Hanif Sultanadaku yang telah membantu saya selama berada di kampus Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.
7. Saudara seperjuangan di Teknik Perkapalan Angkatan 2020 (CHAZER'20) yang telah mendukung penulis selama masa perkuliahan.
8. Naval 2020 dan teman-teman Teknik Perkapalan 2020 yang telah memberikan semangat selama berkuliah di Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.

Penulis

ANDI TAKESHI KOKOH SABIRUN MADDUKELLLENG

## ABSTRAK

ANDI TAKESHI KOKOH SABIRUN MADDUKELLENG. **Analisis Kekuatan Struktur Deck Barge Akibat Kandas** (dibimbing oleh Andi Ardianti).

Tongkang geladak (*deck barge*) sering dimanfaatkan sebagai sarana pengangkutan muatan besar dan berat seperti batu bara, kayu, dan pasir. Kalimantan, sebagai salah satu wilayah penghasil batu bara terbesar di Indonesia, memiliki aktivitas pengangkutan batu bara yang intensif melalui perairannya. Namun, kondisi perairan dangkal di wilayah ini, terutama di sekitar muara sungai dan pesisir, meningkatkan risiko kecelakaan kapal kandas (*grounding*). Penelitian ini bertujuan menganalisis hubungan antara momen dan tegangan pada struktur *deck barge* saat kandas dengan kondisi air ketika surut menggunakan *software* Ansys APDL. Dari hasil penelitian diperoleh momen pada kondisi awal dengan sarat setinggi 4,885 m sebesar  $3,380E+11$  Nmm dan pada kondisi air surut maksimum 1,5 m dengan sarat yang tersisa setinggi 3,385 m sebesar  $5,700E+11$  Nmm. Momen yang diperoleh menunjukkan peningkatan signifikan sebesar 40,71% dari kondisi awal hingga surut maksimal. Tegangan yang diperoleh berdasarkan hasil analisis pada kondisi awal dengan sarat setinggi 4,885 m sebesar  $171,700$  N/mm<sup>2</sup> untuk tegangan *von mises*,  $36,212$  N/mm<sup>2</sup> untuk tegangan normal sumbu X, dan  $162,506$  N/mm<sup>2</sup> untuk tegangan normal sumbu Z dan pada kondisi air surut maksimum 1,5 m dengan sarat yang tersisa setinggi 3,385 m sebesar  $289,553$  N/mm<sup>2</sup> untuk tegangan *von mises*,  $61,068$  N/mm<sup>2</sup> untuk tegangan normal sumbu X, dan  $274,048$  N/mm<sup>2</sup> untuk tegangan normal sumbu Z. Seluruh tegangan yang diperoleh menunjukkan peningkatan signifikan sebesar 40,70% dari kondisi awal hingga surut maksimal. Hasil tegangan pada kondisi surut maksimum berada di bawah nilai tegangan izin BKI  $150$  N/mm<sup>2</sup> untuk tegangan normal sumbu X dan telah melewati batas *yielding stress*  $250$  N/mm<sup>2</sup> untuk tegangan *von mises* dan tegangan normal sumbu Z. Penurunan tinggi sarat akibat surutnya air laut sangat berdampak pada peningkatan momen dan tegangan yang dihasilkan yang memicu terjadinya kegagalan struktur.

Kata kunci: tegangan; surut; momen; kecelakaan; sarat; kandas; Ansys

## ABSTRACT

ANDI TAKESHI KOKOH SABIRUN MADDUKELLENG. **Structural Strength Analysis of Deck Barges Due to Grounding** (supervised by Andi Ardianti).

Deck barge is often utilized as a means of transporting large and heavy cargo such as coal, timber, and sand. Kalimantan, one of the largest coal-producing regions in Indonesia, has intensive coal transportation activities through its waters. However, the shallow waters in this region, particularly around river mouths and coastal areas, increase the risk of grounding accidents. This study aims to analyze the relationship between the moment and stress on the deck barge structure during grounding under low tide conditions using Ansys APDL software. The study results showed that the moment at the initial condition with a draught height of 4,885 m was  $3,380\text{E}+11$  Nmm, and at the maximum low tide of 1.5 m with a remaining draught height of 3.385 m, the moment was  $5,700\text{E}+11$  Nmm. The moment obtained shows a significant increase of 40,71% from the initial condition to the maximum low tide. The stress obtained from the analysis at the initial condition with a draught height of 4.885 m was 171,700 N/mm<sup>2</sup> for von Mises stress, 36,212 N/mm<sup>2</sup> for normal stress in the X axis, and 162,506 N/mm<sup>2</sup> for normal stress in the Z axis. At the maximum low tide of 1.5 m with a remaining draught height of 3,385 m, the stress was 289,553 N/mm<sup>2</sup> for von Mises stress, 61,068 N/mm<sup>2</sup> for normal stress in the X axis, and 274,048 N/mm<sup>2</sup> for normal stress in the Z axis. All the stresses obtained showed a significant increase of 40,70% from the initial condition to the maximum low tide. The stress results at the maximum low tide were below the BKI permissible stress value of 150 N/mm<sup>2</sup> for normal stress in the X axis and had exceeded the yielding stress limit of 250 N/mm<sup>2</sup> for von Mises stress and normal stress in the Z axis. The reduction in draught height due to the low tide greatly impacts the increase in the moment and stress generated, which can lead to structural failure.

Keywords: stress; low tide; moment; accident; draught; grounding; Ansys



## DAFTAR ISI

Nomor Urut	Halaman
HALAMAN JUDUL .....	i
PERNYATAAN PENGAJUAN .....	ii
HALAMAN PENGESAHAN .....	iii
PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI .....	iv
UCAPAN TERIMA KASIH .....	v
ABSTRAK .....	vi
DAFTAR ISI .....	viii
DAFTAR TABEL .....	xi
DAFTAR GAMBAR .....	xii
DAFTAR LAMPIRAN .....	xiv
DAFTAR SINGKATAN DAN ARTI SIMBOL .....	xv
BAB I PENDAHULUAN .....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Teori .....	2
1.2.1 <i>Deck Barge</i> .....	2
1.2.2 Struktur <i>Deck Barge</i> .....	3
1.2.3 Beban Konstruksi .....	3
1.2.4 Kekuatan Membujur .....	4
1.2.5 Tegangan .....	6
1.2.6 Regangan .....	9
1.2.7 Elastisitas .....	9
1.2.8 Hubungan Tegangan-Regangan .....	10
1.2.9 Ansys .....	11
1.3 Rumusan Masalah .....	11

1.4 Tujuan Penelitian .....	12
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 Lokasi dan Waktu Penelitian.....	13
2.3 Teknik Pengumpulan Data.....	13
2.3.1 Sumber Data.....	13
2.3.2 Jenis Data .....	13
2.4 Pemodelan.....	14
2.4.1 Spesifikasi Material .....	14
2.5 Penentuan <i>Boundary Condition</i> dengan Metode <i>Multi Point Constrain (MPC)</i> ...	15
2.6 <i>Meshing</i> .....	15
2.7 Teknik Analisis .....	17
2.8 Diagram Alur Penelitian .....	17
<b>BAB III HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>19</b>
3.1 Pembebanan.....	19
3.1.1 Beban Berat Konstruksi .....	19
3.1.2 Beban Muatan.....	20
3.1.3 Beban Tekanan Air .....	21
3.1.4 Momen Akibat Kandas .....	23
3.2 Variasi Ketinggian Sarat.....	24
3.2.1 Kondisi Sarat 4,885 meter.....	25
3.2.2 Kondisi Sarat 4,385 meter.....	27
3.2.3 Kondisi Sarat 3,885 meter.....	29
3.2.4 Kondisi Sarat 3,335 meter.....	32
3.3 Evaluasi Hasil Tegangan pada Variasi Ketinggian Sarat .....	34

3.3.1 Tegangan <i>Von Mises</i> .....	35
3.3.2 Tegangan Normal Sumbu X.....	35
3.3.3 Tegangan Normal Sumbu Z .....	36
3.3.4 Tegangan Geser Sumbu YZ .....	38
BAB IV PENUTUP .....	39
4.1 Kesimpulan .....	39
4.2 Saran .....	39
DAFTAR PUSTAKA.....	40
LAMPIRAN .....	41

**DAFTAR TABEL**

Nomor Urut	Halaman
1. Spesifikasi material <i>deck barge</i> .....	14
2. Tegangan konvergen pada <i>mesh</i> model <i>midship deck barge</i> .....	16
3. Nilai distribusi beban berat konstruksi.....	19
4. Nilai distribusi beban berat muatan .....	20
5. Nilai distribusi beban tekanan air kondisi awal dan surut 0,5 m .....	22
6. Nilai distribusi beban tekanan air kondisi surut 1,0 m dan surut 1,5 m .....	22
7. Nilai momen maksimum pada variasi ketinggian sarat .....	24
8. Batas tegangan.....	34
9. Tegangan <i>von mises</i> pada variasi ketinggian sarat .....	35
10. Tegangan normal sumbu x pada variasi ketinggian sarat .....	36
11. Tegangan normal sumbu z pada variasi ketinggian sarat.....	37
12. Tegangan geser sumbu yz pada variasi ketinggian sarat .....	38

## DAFTAR GAMBAR

Nomor Urut	Halaman
1. <i>Deck Barge</i> .....	2
2. Konstruksi <i>deck barge</i> .....	3
3. Distribusi gaya berat dan gaya apung.....	5
4. Kurva <i>shearing force</i> dan <i>bending moment</i> .....	6
5. Balok mengalami tegangan geser.....	7
6. Deformasi akibat tegangan lentur .....	8
7. Hubungan momen lentur dan tanda kurvatur.....	8
8. Kurva batas tegangan.....	10
9. Model area tengah <i>deck barge</i> .....	14
10. <i>Multi Point Constrain</i> .....	15
11. Model <i>midship</i> yang telah di- <i>meshing</i> .....	16
12. Grafik konvergen model <i>midship deck barge</i> .....	16
13. Diagram kerangka alur berpikir .....	18
14. Nilai distribusi beban berat konstruksi.....	20
15. Nilai distribusi beban berat muatan.....	21
16. Nilai distribusi beban tekanan air .....	23
17. Momen tiap kondisi sarat .....	24
18. Tegangan <i>von mises</i> pada sarat 4,885 m.....	25
19. Tegangan normal sumbu x pada sarat 4,885 m.....	26
20. Tegangan normal sumbu z pada sarat 4,885 m.....	26
21. Tegangan geser sumbu yz pada sarat 4,885 m.....	27
22. Tegangan <i>von mises</i> pada sarat 4,385 m.....	28
23. Tegangan normal sumbu x pada sarat 4,385 m.....	28
24. Tegangan normal sumbu z pada sarat 4,385 m.....	29
25. Tegangan geser sumbu yz pada sarat 4,885 m.....	29
26. Tegangan <i>von mises</i> pada sarat 3,885 m.....	30
27. Tegangan normal sumbu x pada sarat 3,885 m.....	30
28. Tegangan normal sumbu z pada sarat 3,885 m.....	31
29. Tegangan geser sumbu yz pada sarat 4,885 m.....	32
30. Tegangan <i>von mises</i> pada sarat 3,885 m.....	33
31. Tegangan normal sumbu x pada sarat 3,385 m.....	33
32. Tegangan normal sumbu z pada sarat 3,385 m.....	34

33. Tegangan geser sumbu yz pada sarat 4,885 m.....	34
34. Tegangan <i>von mises</i> pada tiap kondisi sarat.....	35
35. Tegangan normal sumbu x pada tiap kondisi sarat.....	36
36. Tegangan normal sumbu z pada tiap kondisi sarat.....	37
37. Tegangan geser sumbu yz pada tiap kondisi sarat.....	38

**DAFTAR LAMPIRAN**

Nomor Urut	Halaman
1. Konstruksi <i>midship</i> 2D .....	42
2. Konstruksi <i>longitudinal</i> 2D .....	43
3. <i>General arrangement</i> .....	44
4. Ukuran konstruksi profil <i>deck barge</i> DANNY 131 .....	45
5. Distribusi momen pada variasi ketinggian sarat.....	46

## DAFTAR SINGKATAN DAN ARTI SIMBOL

Lambang/singkatan	Arti dan penjelasan
$\rho$	Tekanan
F	Gaya
$\sigma_n$	Tegangan Normal
P	Gaya Normal
A	Luasan Penampang
$\tau$	Tegangan geser
$M_s$	Momen statis penampang
Q	Gaya geser
I	Momen inersia penampang
t	tebal plat
$\sigma_v$	Tegangan Von-Mises
$\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3$	Tegangan Utama
$\sigma_{xx}, \sigma_{yy}, \sigma_{zz}$	Tegangan Normal pada sumbu x, y, z
$\tau_{xy}, \tau_{yz}, \tau_{zx}$	Tegangan Geser pada sumbu x, y, z
$\sigma_y$	Tegangan Leleh Material
$\epsilon$	Regangan
$\Delta L$	Pertambahan panjang total
L	Panjang mula-mula
E	Modulus elastisitas bahan
k	Faktor bahan



## BAB I

### PENDAHULUAN

#### 1.1 Latar Belakang

Tongkang geladak (*deck barge*) biasanya dimanfaatkan sebagai sarana pengangkutan bagi muatan besar dan berat seperti batu bara (*coal*). Kalimantan terkenal sebagai salah satu daerah utama penghasil batu bara di Indonesia, dengan kekayaan alamnya yang melimpah menjadikannya sebagai pusat utama eksploitasi batu bara. Sebagai hasilnya, banyak tongkang yang beroperasi di perairan Kalimantan untuk mengangkut batu bara dari daerah tambang ke berbagai pelabuhan, contohnya perairan Delta Berau yang merupakan alur transportasi penting untuk kapal tongkang dalam distribusi batu bara dari daerah penampungan di hulu ke muara sungai (Tarya et al., 2022).

Akan tetapi, dengan kondisi perairan Kalimantan yang dikenal memiliki beberapa wilayah dangkal, terutama di sekitar muara sungai dan daerah pesisir, menyebabkan aktivitas pengangkutan batu bara dengan menggunakan tongkang menjadi sangat krusial. Kondisi ini menimbulkan risiko tinggi bagi tongkang yang beroperasi di wilayah tersebut untuk mengalami kecelakaan seperti kandas (*grounding*) (Habibi, 2019).

Kecelakaan transportasi laut akibat kandas merupakan salah satu masalah serius dalam dunia maritim yang dapat menyebabkan kerugian besar, baik dari segi materi maupun keselamatan jiwa. Berdasarkan data yang dirilis oleh Komite Nasional Keselamatan Transportasi Republik Indonesia, satu dari empat kecelakaan kapal per tahun disebabkan akibat kandas (KNKT RI, 2024). Kandasnya kapal dapat disebabkan oleh berbagai faktor, termasuk navigasi yang kurang tepat, kondisi cuaca yang buruk, serta kurangnya informasi mengenai kondisi dasar laut.

Tongkang yang kandas seringkali dipengaruhi dengan perubahan tinggi air laut akibat pasang surut yang kuat. Pada saat pasang surut naik atau turun, tinggi air laut di perairan dapat berubah secara signifikan dan memengaruhi tinggi sarai yang berdampak pada daya apung tongkang. Tongkang yang kandas akan mengalami dua situasi terpisah. Pertama, bagian yang kandas akan duduk di tumpuan elastis tanah sehingga air yang berada bagian tersebut tidak lagi mengapungkan tongkang, sementara bagian lainnya dari tongkang akan terapung bebas di perairan. Berdasarkan hal tersebut, kekhawatiran utama timbul ketika tongkang mengalami kandas saat air sedang pasang; akibatnya, ketika air surut, bagian tongkang yang masih terapung di air akan mengalami penurunan gaya apung sehingga menimbulkan *vertical bending moment* yang dapat menyebabkan kerusakan yang parah pada struktur membujur tongkang.

Oleh karena itu, penulis tertarik untuk melakukan penelitian yang tertuang dalam bentuk skripsi dengan judul “**Analisis Kekuatan Struktur *Deck Barge* Akibat Kandas**”

## 1.2 Teori

### 1.2.1 Deck Barge

*Barge* adalah kapal tidak berawak atau kapal berawak yang tidak memiliki tenaga penggerak sendiri, berlayar dalam unit tarik atau unit dorong. Perbandingan ukuran-ukuran utama barge berada dalam rentang yang umum digunakan untuk kapal laut; konstruksinya sesuai dengan konstruksi umum kapal laut; ruang muatnya cocok untuk mengangkut muatan kering atau cair (BKI, 2022).

*Deck barge* (tongkang geladak) adalah sebuah jenis kapal tongkang yang memiliki dek datar dan luas tanpa struktur tambahan di atasnya. *Deck barge* umumnya digunakan untuk mengangkut barang-barang yang berat, besar, dan berjumlah banyak, seperti mesin, peralatan konstruksi, dan berbagai hasil tambang dan alam. *Deck barge* biasanya ditarik oleh *tugboat* (kapal tunda) karena mereka tidak memiliki mesin penggerak sendiri. Fleksibilitas dan kapasitas angkut yang besar menjadikan deck barge pilihan utama dalam banyak proyek industri dan konstruksi di seluruh dunia.

Karakteristik utama dari deck barge mencakup beberapa hal penting. Pertama, desainnya yang datar memungkinkan penempatan dan pengaturan kargo dengan mudah. Geladak (*deck*) yang terbuka memberikan fleksibilitas dalam menata barang-barang berat tanpa hambatan. Kedua, deck barge dirancang untuk membawa beban yang sangat berat dan besar, dengan daya apung yang tinggi, sehingga mampu mengangkut muatan dalam jumlah besar sekaligus. Struktur *deck barge* yang sederhana tanpa dilengkapi dengan fasilitas atau kabin untuk awak kapal memungkinkan seluruh permukaan geladak dapat dimanfaatkan sepenuhnya, dapat dilihat pada Gambar 1.



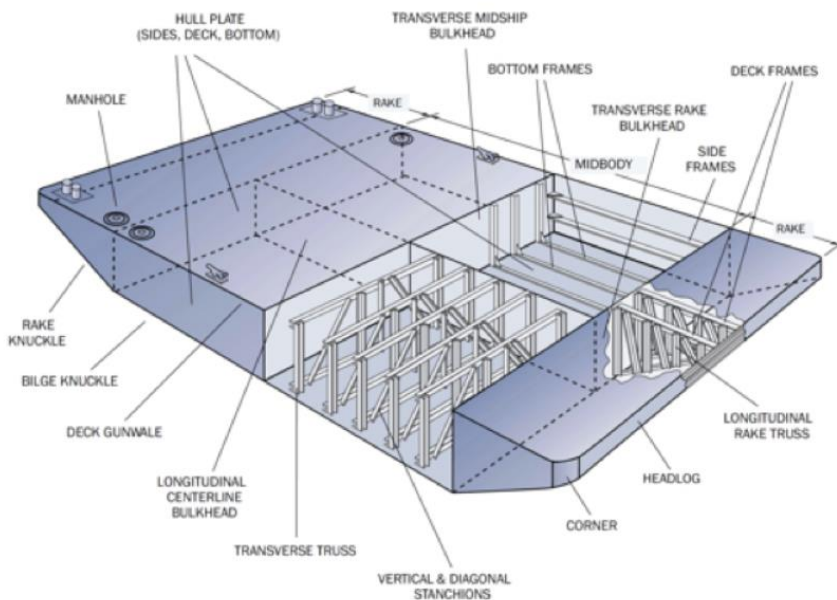
**Gambar 1.** *Deck Barge*

Sumber: PT. Bandar Victory Shipyard

### 1.2.2 Struktur *Deck Barge*

Struktur *deck barge* pada umumnya menggunakan system konstruksi kombinasi. Haluan dan buritan kapal menggunakan konstruksi melintang sedangkan bagian midship kapal menggunakan sistem konstruksi memanjang. Barge memiliki daerah billga biasanya berbentuk chine. Konstruksi chine merupakan konstruksi plate yang dipasang miring tanpa radius pada sisi bawah kapal.

Pada *barge* umumnya geladak memiliki fungsi sebagai tempat muatan, sehingga untuk mengatasi muatan tidak jatuh lewat samping maka kapal barge memiliki sideboard plate yang berfungsi sebagai penahannya yang terpasang pada sisi atas deck mengelilingi sepanjang kapal. Dengan adanya ruang kosong (*cofferdam/void tank*) pada bagian lambung sepanjang kapal dapat menambah daya apung kapal. Adapun bagian-bagian konstruksi pada *barge* dapat dilihat pada Gambar 2.



**Gambar 2.** Konstruksi *deck barge*

Sumber: Pilebuck.com

### 1.2.3 Beban Konstruksi

Pembebanan yang terjadi pada konstruksi *deck barge* yakni beban global yang terdiri dari beban statis, beban dinamis frekuensi rendah, beban dinamis frekuensi tinggi, dan beban tumbuk (Rosyid, 2000).

#### 1. Beban Statis

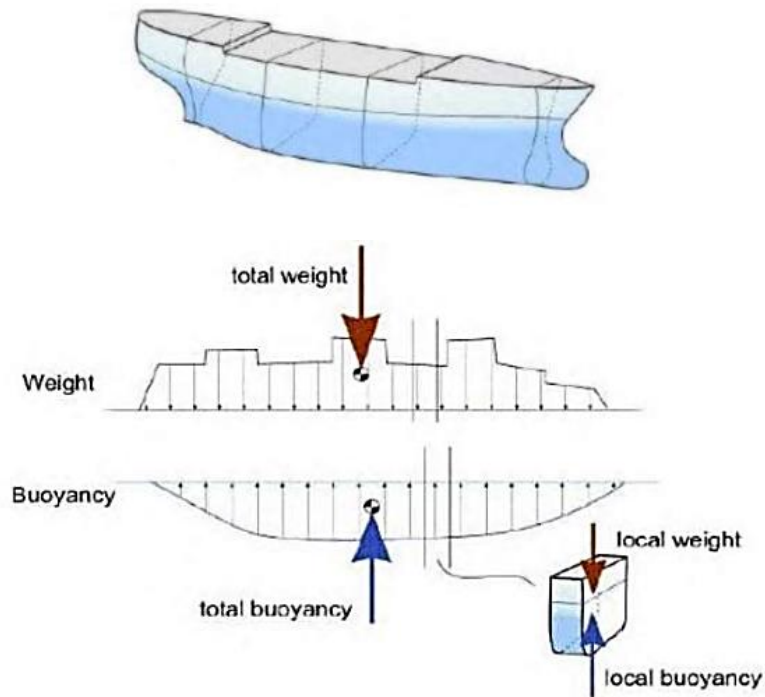
Beban statis merupakan beban-beban yang berubah hanya apabila berat total kapal berubah, sebagai akibat kegiatan bongkar muat, pemakaian bahan bakar atau perubahan pada kapalnya sendiri beban tersebut meliputi:

- a. Berat kapal beserta seluruh isinya
  - b. Gaya tekan ke atas statis saat diam atau bergerak
  - c. Beban-beban suhu (*thermal*) akibat perbedaan suhu nonlinear dalam lambung kapal
  - d. Beban-beban terpusat akibat *drydocking* dan kandas
2. Beban Dinamis Berfrekuensi Rendah
- Beban dinamis berfrekuensi rendah, yaitu beban-beban yang berubah besarnya dalam waktu dengan periode merentang dari beberapa detik sampai beberapa menit, oleh karena itu terjadi pada frekuensi-frekuensi yang cukup rendah yang bila dibandingkan dengan frekuensi-frekuensi respons getaran lambung dan bagian-bagiannya tidak menyebabkan pembesaran resonansi yang berarti pada tegangan-tegangan yang terjadi pada struktur kapal, Beban-beban ini terutama disebabkan oleh gelombang selama kapal bergerak, Beban-beban ini terdiri dari:
- a. Variasi tekanan pada lambung akibat gelombang
  - b. Variasi tekanan pada lambung akibat gerakan olisatoris kapal
  - c. Reaksi-reaksi inersia akibat percepatan masa kapal beserta isinya
3. Beban Dinamis Berfrekuensi Tinggi
- Beban-beban dinamis berfrekuensi tinggi, yaitu beban-beban yang berubah dalam waktu dengan frekuensi yang cukup tinggi untuk menimbulkan respon getaran pada struktur kapal. Beberapa beban jenis ini mungkin kecil, namun karena pembesaran resonansi, beban-beban ini dapat mengakibatkan tegangan-tegangan dan lendutan-lendutan yang berlebihan. Beban-beban jenis ini terdiri dari:
- a. Beban-beban hidrodinamis pada lambung akibat propeller kapal
  - b. Beban-beban pada lambung kapal akibat permesinan di dalam kapal
  - c. Beban-beban hidroelastis akibat adanya interaksi komponen-komponen tonjolan kapal (kemudi, dsb) dengan aliran fluida di sekeliling kapal
  - d. Beban-beban akibat gelombang pendek yang frekuensi pertemuannya sama dengan frekuensi alami moda kecil dari lambung sehingga menimbulkan respons resonansi yang cukup besar disebut *springing*,
4. Beban-beban Tumbuk
- Beban-beban tumbuk yaitu beban-beban akibat *slaming* atau pukulan gelombang pada lunas dan lambung haluan, termasuk pengaruh siraman air di atas geladak, Beban tumbuk ini dapat menimbulkan getaran transient pada lambung yang disebut *whipping*.

#### 1.2.4 Kekuatan Membujur

Pada dasarnya kekuatan memanjang kapal diakibatkan oleh gaya vertikal yang dialami oleh badan kapal yakni gaya berat dan gaya *buoyancy* atau gaya tekan air. Jumlah total besar gaya berat dan gaya *buoyancy* memiliki nilai yang sama walaupun distribusi gaya pada tiap daerah terkadang berbeda-beda. Gaya berat dipengaruhi oleh gabungan berat

kapal dan berat muatan sedangkan gaya *bouyancy* dipengaruhi oleh bentuk badan kapal yang tercelup dalam air. Kondisi tersebut dapat dilihat pada Gambar 3.



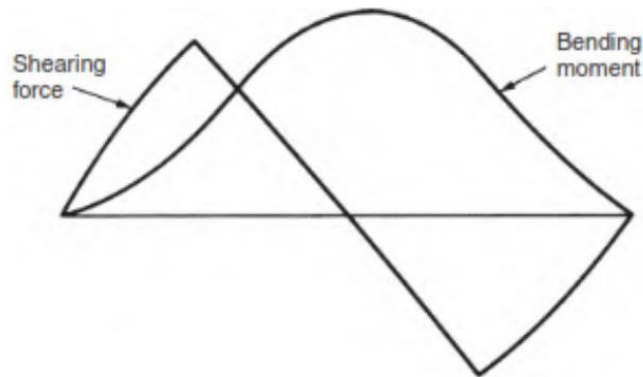
**Gambar 3.** Distribusi gaya berat dan gaya apung  
Sumber: Zulwaqor, 2016

Akibat adanya gaya berat dan gaya *bouyancy* dapat menimbulkan momen pada kapal yang dapat mempengaruhi kekuatan memanjang kapal, Jika  $A$  merupakan cross-sectional pada suatu titik, beban per satuan Panjang pada suatu titik adalah  $\rho g A - mg$ , *shearing force* ( $F$ ) dan *bending moment* ( $M$ ) dirumuskan sebagai berikut:

$$F = \int (\rho g A - mg) dx \quad (1)$$

$$M = \int F dx = \iint (\rho g A - mg) dx \cdot dx \quad (2)$$

Kurva *shearing force* dan *bending moment* ditunjukkan pada Gambar 4.



**Gambar 4.** Kurva *shearing force* dan *bending moment*

Sumber: Zulwaqor, 2016

Kekuatan memanjang pada barge dalam BKI ditetapkan dengan tegangan izin sesuai dengan Persamaan 3 dan Persamaan 4

$$\text{Tegangan lengkung} : \sigma_b = 150/k \text{ [N/mm}^2\text{]} \quad (3)$$

$$\text{Tegangan geser} : \tau = 100/k \text{ [N/mm}^2\text{]} \quad (4)$$

Dimana:

k = faktor bahan; 1,0 (untuk baja konstruksi lambung kekuatan normal)

k = 235/ReH (jika konstruksi khusus baja dengan kuat luluh kurang dari 235 (N/mm<sup>2</sup>))

### 1.2.5 Tegangan

#### 1. Tegangan Normal

Tegangan normal merupakan tegangan pada bidang yang tegak lurus dengan arah gayanya,

$$\sigma_n = \frac{P}{A} \quad (5)$$

Dimana:

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

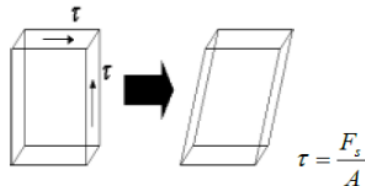
P = Gaya normal (N)

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

Pengertian pada rumus tersebut merupakan tegangan rata-rata di semua titik-titik pada penampang A, bukan tegangan disuatu titik pada penampang A,. Dimana pada umumnya tegangan di suatu titik tidak sama dengan tegangan rata-rata. Berikut adalah alternatif yang diberikan untuk memperlihatkan setiap kondisi tegangan.

## 2. Tegangan Geser

Tegangan geser adalah intensitas gaya yang bekerja sejajar dengan bidang dari luas permukaan. Intensitas gaya menentukan kemampuan suatu material terutama dalam memikul beban (kekuatan). 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, dapat dilihat pada Gambar 5.



**Gambar 5.** Balok mengalami tegangan geser

Sumber: Siagian & Mulyatno, 2015

Secara matematis tegangan geser dirumuskan sebagai berikut,

$$\tau = \frac{v}{A} \quad (6)$$

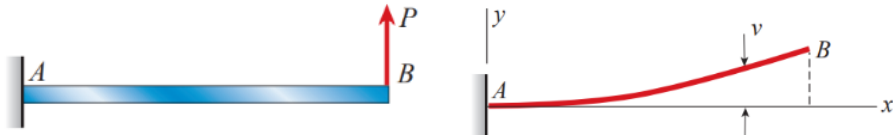
$$\tau = \frac{v, St}{l, b} \quad (7)$$

Dimana:

- $\tau$  = Tegangan geser (N/mm<sup>2</sup>)
- V = Gaya sejajar bidang elemen (N)
- A = Luas penampang (mm<sup>2</sup>)
- St = Statis momen (mm<sup>3</sup>)
- l = Inersia penampang (mm<sup>4</sup>)
- B = Tebal (mm)

## 3. Tegangan Lentur

Beban yang bekerja pada sebuah balok (beam) menyebabkan beam melentur/bending, hal tersebut menyebabkan deformasi sumbu beam hingga membentuk kurva. Sebagai contoh, asumsikan sebuah balok kantilever AB dikenai beban P pada ujung bebas sumbu yang awalnya lurus membengkok hingga membentuk kurva dapat dilihat pada Gambar 6. (Gere & Goodno, 2009)



**Gambar 6.** Deformasi akibat tegangan lentur

Sumber: Gere & Goodno, 2009

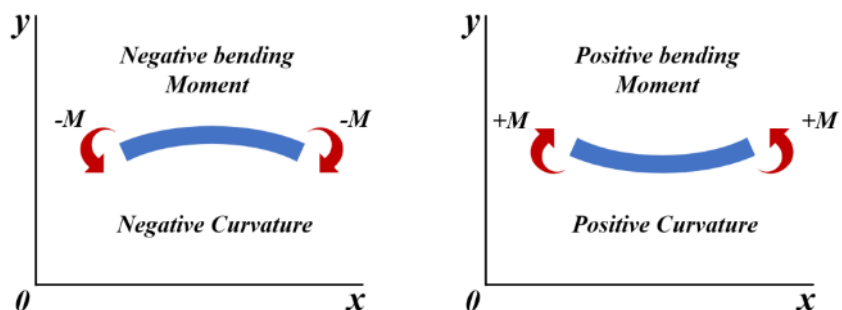
Tegangan lentur diakibatkan oleh momen lentur sehingga secara matematis persamaan tegangan lentur dapat dirumuskan sebagai berikut,

$$\sigma = \frac{M y}{A} \quad \text{atau} \quad \sigma = \frac{M}{W} \quad (8)$$

Dimana:

- $\tau$  = Tegangan geser (N/mm<sup>2</sup>)
- M = Momen (Nmm)
- I = Inersia penampang (mm<sup>4</sup>)
- y = Jarak dari sumbu netral terluar benda
- W = Modulus penampang

Jika momen lentur dari balok adalah positif, maka tegangan lentur akan positif (tensil) pada bagian penampang balok dimana y negatif, yaitu dibagian bawah balok. Tegangan pada bagian atas balok akan negatif (kompresi), Jika momen lentur negatif, maka tegangan lentur kebalikannya. Hubungan ini ditunjukkan pada Gambar 7. (Gere & Goodno, 2009)



**Gambar 7.** Hubungan momen lentur dan tanda kurvatur

Sumber: Gere & Goodno, 2009

#### 4. Tegangan *Equivalent* (*von mises*)

Tegangan equivalent, sering juga dikenal sebagai tegangan *von mises* dalam konteks material isotropik, adalah konsep yang digunakan untuk mengukur sejauh mana suatu material mengalami deformasi atau tegangan yang kompleks. Tegangan equivalent memungkinkan penyederhanaan kondisi



tegangan multiaxial menjadi satu nilai skalar yang dapat dibandingkan dengan tegangan leleh material untuk menentukan apakah material tersebut akan mengalami deformasi plastis atau tidak.

Tegangan von-Mises ( $\sigma_v$ ) dihitung menggunakan tegangan utama ( $\sigma_1$ ,  $\sigma_2$ ,  $\sigma_3$ ), Rumus yang digunakan adalah:

$$\sigma_v = \sqrt{\frac{1}{2}[(\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_{yy} - \sigma_{zz})^2 + (\sigma_{zz} - \sigma_{xx})^2 + 6(\tau^2_{xy} + \tau^2_{yz} + \tau^2_{xz})^2]} \quad (9)$$

Dimana:

$\sigma_{xx}$ ,  $\sigma_{yy}$ ,  $\sigma_{zz}$  adalah tegangan normal pada sumbu x, y, dan z,

$\tau_{xy}$ ,  $\tau_{yz}$ ,  $\tau_{zx}$  adalah tegangan geser, Pada sumbu x, y, dan z,

Kriteria von-Mises menyatakan bahwa deformasi plastis pada material terjadi ketika tegangan von-Mises ( $\sigma_v$ ) mencapai atau melebihi tegangan leleh (*yield stress*) material tersebut, Batas tegangan von-Mises ditentukan oleh:

$$\sigma_v \leq \sigma_y$$

Dimana:

$\sigma_y$  adalah tegangan leleh material,

Material dianggap aman jika tegangan von-Mises lebih kecil dari tegangan leleh material. Jika tegangan von-Mises melebihi tegangan leleh, material akan mulai mengalami deformasi plastis dan kemungkinan kegagalan.

### 1.2.6 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:

$$\varepsilon = \Delta L/L \quad (10)$$

Dimana:

$\varepsilon$  = regangan

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

$L$  = panjang mula – mula (m)

### 1.2.7 Elastisitas

Elastisitas adalah sifat benda yang setelah diberi gaya dan kemudian gaya dihilangkan tetap dapat kembali ke bentuk semula. Apabila batas elastisitas tercapai dalam konstanta *Young* atau Modulus *Young*, maka benda akan mencapai batas deformasi yang berarti tidak dapat kembali ke bentuk semula (disebut plastis). 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 pada persamaan 11. (Zainuri, 2008).

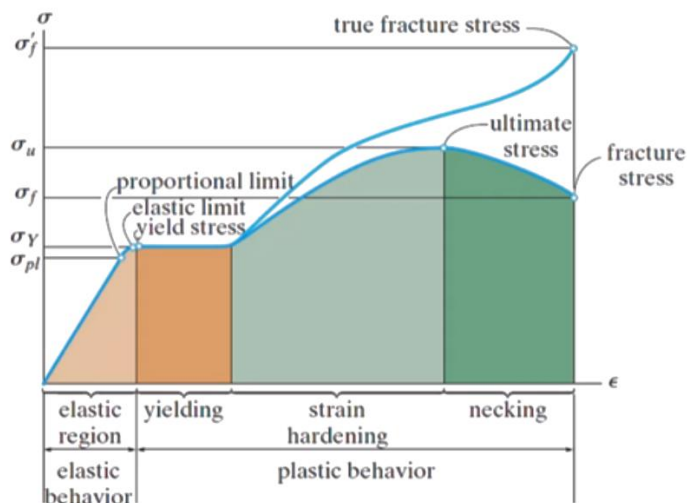
$$E = \frac{\sigma}{\epsilon} = \frac{F/A}{\Delta L/L} \quad (11)$$

Dimana:

- $\Delta L$  = pertambahan panjang total (m)
- $A$  = luas penampang batang ( $m^2$ )
- $E$  = modulus elastisitas bahan ( $\text{ton}/ m^2$ )
- $L$  = Panjang mula-mula (m)
- $F$  = Gaya (N)

### 1.2.8 Hubungan Tegangan-Regangan

Jika suatu benda ditarik maka akan mulur (*extension*), 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 8. (Hibbeler, 2018)



**Gambar 8.** Kurva batas tegangan

Sumber: Hibbeler, 2018

Batas proporsional (*proportional limit*). Dari titik asal O ke suatu titik yang disebut batas proporsional masih merupakan garis lurus (lihat Gambar 9). 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 elastis hampir sama. Untuk membedakannya, batas elastik selalu hampir lebih besar daripada batas proporsional.

Titik luluh (*yield point*). Titik luluh adalah titik di mana bahan membujur mulur tanpa penambahan beban. Gejala luluh khususnya terjadi pada baja struktur (*medium-carbon structural steel*), paduan baja atau bahan lain tidak memilikinya (Hibbeler, 2016).

### 1.2.9 Ansys

Ansys adalah salah satu *software* yang digunakan untuk menganalisis berbagai macam struktur, aliran fluida, dan perpindahan panas. Adapun contoh software analisis yang lain yaitu NASTRAN, CATIA, Fluent dan yang lainnya (Pinem, 2013).

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui perilaku batang baja akibat mendapat beban terpusat, Pada penggunaannya, secara umum program ANSYS memiliki tahapan utama yaitu (Kusbiantoro et al., 2016):

1. *Pre-Pocessing* adalah langkah awal dalam permodelan elemen hingga, Pada *pre-pocessing* terdapat beberapa fungsi dimana kita harus mendefinisikan fungsi-fungsi tersebut akan menghasilkan perhitungan yang spesifik pada benda yang akan dianalisa. Fungsi-fungsi yang terdapat *pre-pocessing* adalah: permodelan, penentuan tipe elemen, penentuan material, *meshing*.
2. *Solution*, pada tahapan ini FEM telah mendekati proses perhitungan dan analisa. Ada beberapa langkah dalam proses perhitungan yang harus dilalui terlebih dahulu, Langkah-langkah tersebut adalah: pembebanan dan analisa.
3. *General Post-Processing*, setelah proses permodelan dan analisis selesai langkah selanjutnya adalah proses *post processing*. Proses ini digunakan untuk melihat hasil analisis, dalam hal ini hasil yang dilihat adalah momen, gaya geser, dan gaya normal yang terjadi.

### 1.3 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dijelaskan di atas, maka rumusan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Bagaimana hubungan antara *vertical bending moment* pada kekuatan struktur *deck barge* saat kandas dengan kondisi air laut ketika surut?
2. Bagaimana hubungan antara tegangan pada kekuatan struktur *deck barge* saat kandas dengan kondisi air laut ketika surut?

#### 1.4 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah tersebut, tujuan penelitian ini adalah:

1. Untuk mengetahui hubungan antara *vertical bending moment* pada kekuatan struktur *deck barge* saat kandas dengan kondisi air ketika surut.
2. Untuk mengetahui hubungan antara tegangan pada kekuatan struktur *deck barge* saat kandas dengan kondisi air laut ketika surut.

#### 1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat yang diharapkan dari penelitian ini adalah:

1. Sebagai acuan dalam memprediksi kekuatan kapal saat kapal kandas.
2. Sebagai salah satu bahan pertimbangan pengambilan keputusan perusahaan/nahkhoda dalam kasus terjadinya kapal kandas atau menabrak karang.
3. Memahami dampak kandas pada kekuatan struktur kapal sehingga mengoptimalkan jadwal dan metode pemeliharaan berdasarkan potensi kerusakan khususnya akibat kandas.

#### 1.6 Batasan Masalah

Untuk menyederhanakan pembahasan masalah dalam penelitian ini dan agar lebih terfokus, maka batasan masalah yang ditetapkan adalah:

1. Data yang digunakan adalah data konstruksi *deck barge* di PT. Bandar Victory Shipyard.
2. Simulasi kondisi ketika kandas dengan meninjau arah membujur *deck barge* dimana dari AP hingga  $\phi$  mengapung di perairan dan  $\phi$  hingga FP duduk di atas daratan/tanah (kandas).
3. Pembebanan pada konstruksi *deck barge* divariasikan berdasarkan tinggi sarat akibat kondisi air laut yang surut.
4. Hanya menghitung *vertical bending moment*.
5. Kondisi *deck barge* yang kandas diasumsikan tidak mempengaruhi stabilitas.
6. Kondisi muatan bersifat merata dan statis.
7. Pengaruh momen puntir tidak diperhitungkan.
8. Analisis dan pengolahan data menggunakan *software Ansys*.

## BAB II

### METODE PENELITIAN

#### 2.1 Jenis Penelitian

Penelitian ini merupakan simulasi numerik menggunakan metode elemen hingga dengan bantuan *software* Ansys.

#### 2.2 Lokasi dan Waktu Penelitian

Adapun lokasi dan waktu penelitian dilakukan adalah sebagai berikut:

1. Lokasi Penelitian,  
Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Struktur Kapal, Departemen Teknik Perkapalan FT-UH.
2. Waktu Penelitian  
Jadwal pelaksanaan penelitian dilaksanakan pada bulan Maret 2024 – Juli 2024.

#### 2.3 Teknik Pengumpulan Data

##### 2.3.1 Sumber Data

Sumber data yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

1. Data dimensi ukuran utama, konstruksi profil, dan gambar *lines plan Deck Barge* DANNY 131 PT. Bandar Victory Shipyard, Sekupang.
2. Studi literatur yang berhubungan dengan masalah yang dibahas.

##### 2.3.2 Jenis Data

Jenis data yang diperoleh dapat digolongkan dalam dua jenis, yaitu:

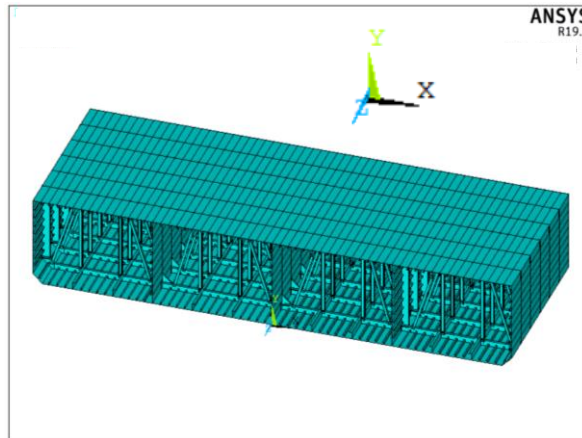
1. Data Primer  
Merupakan data-data pokok yang diperoleh langsung dari lapangan melalui observasi atau pengamatan langsung pada objek dan lokasi penelitian, yaitu:
  - a. Dimensi ukuran utama *deck barge* PT. Bandar Victory Shipyard
 

L (Panjang)	: 91,450	m
B (Lebar)	: 30,480	m
H (Tinggi)	: 5,800	m
T (Sarat)	: 4,885	m

 Untuk kelengkapan gambar dapat dilihat di Lampiran 1 dan Lampiran 2,
2. Data Sekunder  
Berupa data yang diperoleh dari bahan-bahan tertulis serta infoemasi lain yang erat kaitannya dengan objek penelitian, antara lain:
  - a. Materi tentang kekuatan struktur
  - b. Referensi dari internet

## 2.4 Pemodelan

Pemodelan dilakukan langsung menggunakan *software* Ansys Mechanical APDL dengan merujuk pada gambar konstruksi profil dan dimensi utama. Model yang dibuat hanya mencakup area tengah *deck barge* dengan panjang 10,974 meter (searah sumbu Z) yang terletak pada jarak antar sekat. Sistem sumbu koordinat dalam pemodelan ini diatur dengan arah panjang (L) disimbolkan sebagai Z, lebar disimbolkan sebagai X, dan tinggi (H) disimbolkan sebagai, Model barge dapat dilihat pada Gambar 9.



**Gambar 9.** Model area tengah *deck barge*

Sumber: Hasil olah data

### 2.4.1 Spesifikasi Material

Pemilihan material yang tepat sangat penting untuk memastikan kekuatan dan ketahanan struktur tongkang, terutama dalam kondisi kritis seperti kandas. Material yang digunakan harus memiliki sifat mekanis yang memadai, termasuk kekuatan tarik, kekuatan luluh, dan ketangguhan yang cukup untuk menahan beban dan tegangan yang terjadi selama operasional. Pada penelitian ini, jenis material yang digunakan yaitu material baja standar BKI dengan notasi KI-A36 dengan spesifikasi material yang ditunjukkan pada Tabel 1.

**Tabel 1.** Spesifikasi material *deck barge*

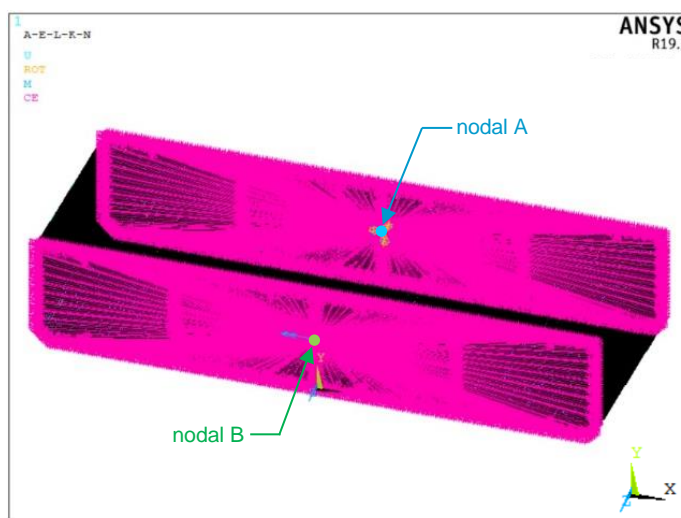
<i>Material Specification</i>	<i>Material Type</i>
	KI-A36
<i>Density (kg/m<sup>3</sup>)</i>	7850
<i>Modulus Elasticity (N/mm<sup>2</sup>)</i>	200000
<i>Shear Modulus</i>	79300
<i>Poisson Ratio</i>	0,3
<i>Yielding Stress (N/mm<sup>2</sup>)</i>	250
<i>Ultimate Stress (N/mm<sup>2</sup>)</i>	400

Sumber: Hasil olah data

## 2.5 Penentuan *Boundary Condition* dengan Metode *Multi Point Constrain (MPC)*

Penentuan *boundary condition* (kondisi batas) dilakukan menggunakan metode *multi point constraint (MPC)*. Metode *MPC* menyatukan semua nodal yang berada di ujung model menjadi satu nodal yang berfungsi sebagai sumbu netral pada setiap ujung model. Nodal tambahan ini kemudian diberi tumpuan atau beban (momen dan/atau gaya).

Setelah menentukan posisi sumbu netral, peletakan kondisi tumpuan diatur sesuai dengan jenis pembebanan yang akan diberikan. Untuk menggambarkan kondisi ketika kandas, tumpuan ditempatkan pada salah satu nodal (nodal A) sementara nodal lainnya (nodal B) diberi pembebanan seperti yang terlihat pada Gambar 10. Dalam penelitian ini, beban yang diterapkan adalah beban lentur.



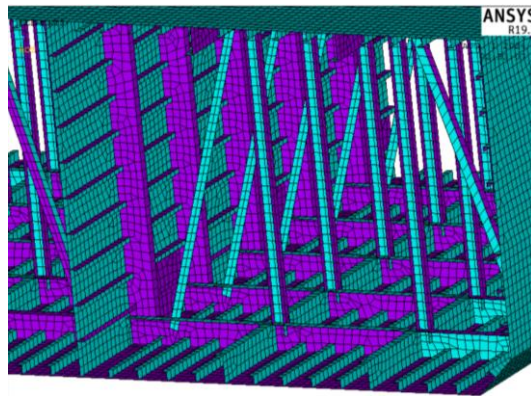
**Gambar 10.** *Multi Point Constrain*

Sumber: Hasil olah data

## 2.6 Meshing

Proses *meshing* sangat menentukan tingkat keakuratan hasil perhitungan, Semakin besar ukuran *meshing*, hasilnya cenderung kurang akurat sebaliknya, semakin kecil ukuran *meshing*, hasilnya lebih akurat. Namun, ukuran *meshing* yang lebih kecil memerlukan spesifikasi komputer yang lebih tinggi karena jumlah nodalnya lebih banyak. Karena itu, pemilihan ukuran *meshing* biasanya dilakukan dengan metode *trial and error*, yang dimaksud dengan metode *trial and error* dalam model ini yaitu dengan memperhatikan tegangan yang dihasilkan pada masing-masing ukuran *meshing*,

Setelah dilakukan pemodelan selanjutnya akan dilakukan *mesh* pada model *midship deck barge* yang dapat dilihat pada Gambar 11, dengan melakukan metode *trial and error* dari ukuran *meshing* 80-150 mm, didapatkan tegangan konvergen di *meshing* 100-120 mm yang nilai tegangannya dapat dilihat pada Tabel 2.



**Gambar 11.** Model *midship* yang telah di-*meshing*

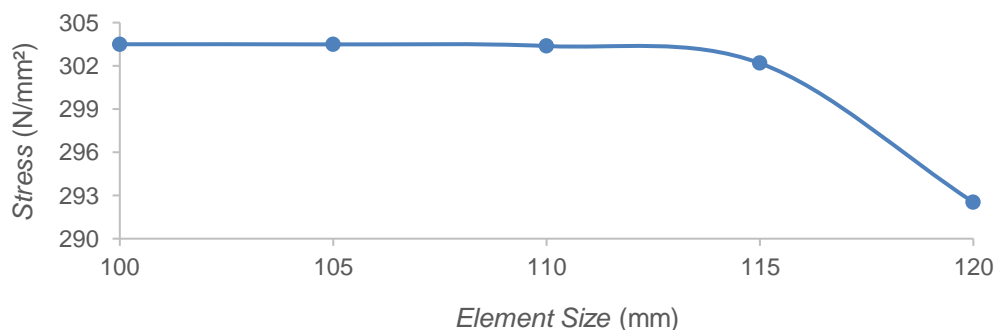
Sumber: Hasil olah data

**Tabel 2.** Tegangan konvergen pada *mesh* model *midship deck barge*

<i>Element Size</i> (mm)	<i>Stress</i> (N/mm <sup>2</sup> )
100	303,496
105	303,488
110	303,375
115	302,178
120	292,530

Sumber: Hasil olah data

Berdasarkan data diatas dapat dilihat bahwa pada *meshing* 100-120 menghasilkan tegangan yang konstan dan tegangan mulai turun pada *meshing* 115, sehingga ukuran *meshing* yang akan digunakan adalah 110 mm. Untuk penurunan tegangan dapat dilihat pada Gambar 12.



**Gambar 12.** Grafik konvergen model *midship deck barge*

Sumber: Hasil olah data



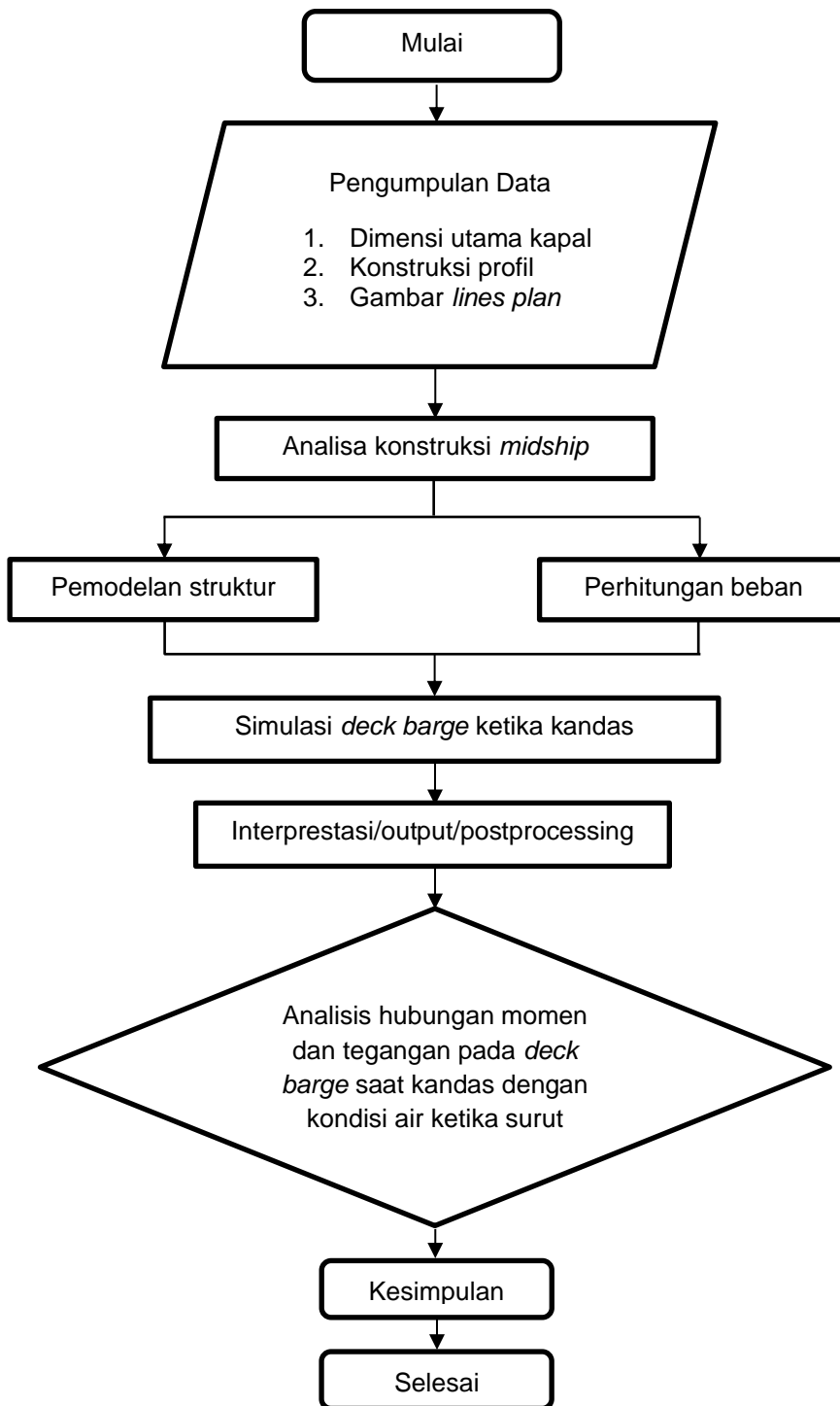
## 2.7 Teknik Analisis

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
  - c. Mendefinisikan *mesh* pada model.
3. *Solution* (*Assigning Loads, Constraints, dan Solving*)  
Tahap *solution* merupakan penentuan beban (titik atau tekanan), mengaplikasikan beban, kemudian *running*, dan *solving*, Beban pada penelitian ini menggunakan 3 jenis beban yaitu beban konstruksi, beban muatan, dan beban tekanan air yang kemudian dikalkulasikan dalam bentuk momen lentur untuk menghitung kekuatan *deck barge* pada kondisi kandas.
4. *Postprocessing* (*Futher Processing dan Viewing of the Results*)  
Tahap *Postprocessing* digunakan untuk menampilkan hasil-hasil dari diagram kontur tegangan (*stress*).

## 2.8 Diagram Alur Penelitian

Untuk lebih memudahkan proses penyelesaian penelitian ini, maka akan dibuat suatu kerangka analisis yang menggambarkan prosedur atau tahap-tahap pengerjaan dalam penulisan ini. Kerangka penelitian tersebut dapat digambarkan dengan menggunakan diagram alur (*Flowchart*) yang dapat dilihat pada Gambar 13.



**Gambar 13.** Diagram kerangka alur berpikir