

SKRIPSI

ANALISIS MODIFIKASI KONSTRUKSI TONGKANG UNTUK MERESPON PERUBAHAN *DECK LOAD* TANPA PERUBAHAN DIMENSI UTAMA

Disusun dan diajukan oleh :

NURSYAMSI ANJALI. JR
D031 19 1053



PROGRAM STUDI TEKNIK PERKAPALAN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS HASANUDDIN
GOWA
2023



Optimized using
trial version
www.balesio.com

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

ANALISIS MODIFIKASI KONSTRUKSI TONGKANG UNTUK MERESPON PERUBAHAN *DECK LOAD* TANPA PERUBAHAN DIMENSI UTAMA

Disusun dan diajukan oleh

Nursyamsi Anjali. Jr
D031191053

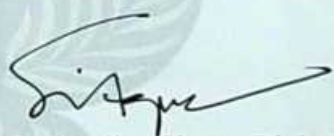
Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka Penyelesaian
Studi Program Sarjana Program Studi Teknik Perkapalan
Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin
Pada tanggal 27 November 2023
dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

Menyetujui,

Pembimbing Utama,

Pembimbing Pendamping,


Dr. Eng. A. Ardianti, S.T., M.T.
NIP. 19850526 201212 2 002


Dr. Ir. Ganding Sitepu, Dipl.-Ing
NIP. 19600425 198811 1 001

Ketua Program Studi,


Prof. Dr. Eng. Suandar Baso, S.T., M.T.
NIP. 19730206 200012 1 002



PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan dibawah ini ;
Nama : Nursyamsi Anjali. Jr
NIM : D031191053
Program Studi : Teknik Perkapalan
Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulisan saya berjudul :

{ Analisis Modifikasi Konstruksi Tongkang Untuk Merespon Perubahan *Deck Load* Tanpa Perubahan Dimensi Utama }

Adalah karya tulisan saya sendiri dan bukan merupakan pengambilan alihan tulisan orang lain dan bahwa skripsi yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri.

Semua informasi yang ditulis dalam skripsi yang berasal dari penulis lain telah diberi penghargaan, yakni dengan mengutip sumber dan tahun penerbitannya. Oleh karena itu semua tulisan dalam skripsi ini sepenuhnya menjadi tanggung jawab penulis. Apabila ada pihak manapun yang merasa ada kesamaan judul dan atau hasil temuan dalam skripsi ini, maka penulis siap untuk diklarifikasi dan mempertanggungjawabkan segala resiko.

Segala data dan informasi yang diperoleh selama proses pembuatan skripsi, yang akan dipublikasi oleh Penulis di masa depan harus mendapat persetujuan dari Dosen Pembimbing.

Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan isi skripsi ini hasil karya orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Gowa, 27 November 2023

Yang Menyatakan



Nursyamsi Anjali. Jr



ABSTRAK

Jr, Nursyamsi Anjali. 2023 “*Analisis Modifikasi Konstruksi Tongkang Untuk Merespon Perubahan Deck load Tanpa Perubahan Dimensi Utama*” (dibimbing oleh **Andi Ardianti** dan **Ganding Sitepu**).

Perubahan *deck load* dapat terjadi dalam berbagai situasi, seperti pengisian atau pengosongan muatan, perubahan posisi muatan selama pelayaran, atau perubahan jenis muatan yang diangkut. Namun, terlepas dari jenis perubahan tersebut, perlu dilakukan analisis yang teliti untuk memahami bagaimana perubahan *deck load* mempengaruhi konstruksi tongkang. Perubahan *deck load* pada suatu kapal pastinya akan berpengaruh pada kekuatan kapal tersebut sehingga perlu dilakukan penelitian terkait modifikasi yang bertujuan untuk menganalisis kekuatan konstruksi pada tongkang. Skripsi ini bertujuan untuk mengetahui kekuatan struktur dan modifikasi konstruksi paling efisien akibat perubahan *deck load* menggunakan *software ANSYS APDL*. Dari hasil penelitian didapatkan nilai tegangan maksimum dengan beban 8 ton/m² adalah 114,460 N/mm² dan tegangan maksimum dengan beban 10 ton/m² adalah 171,690 N/m². Tegangan maksimum dengan beban 10 ton/m² pada variasi jarak gading 406,400 mm adalah 113,020 N/mm² dengan berat konstruksi tambahan 4,178 ton, tegangan maksimum pada variasi penambahan 12 pilar adalah 109,960 N/mm² dengan berat konstruksi tambahan 2,724 ton, dan tegangan maksimum pada variasi penebalan *longitudinal web frame* dari 8 mm menjadi 12 mm adalah 113,585 N/mm² dengan berat konstruksi tambahan 1,042 ton. Ketiga variasi sudah mencapai kekuatan dengan tingkat keselamatan yang sama dengan *deck load* 8 ton/m². Berdasarkan kekuatan dan berat konstruksi tambahan yang paling ringan maka modifikasi yang paling efisien adalah variasi penebalan *longitudinal web frame* dari 8 mm menjadi 12 mm.

Kata kunci : Tongkang, muatan geladak, tegangan maksimum, berat konstruksi



ABSTRACT

Jr, Nursyamsi Anjali. 2023. *"Analysis of Barge Construction Modification to Respond to Changes in Deck load Without Altering Main Dimensions"* (supervised by **Andi Ardianti** and **Ganding Sitepu**).

The changes in deck load can occur in various situations, such as loading or unloading cargo, shifts in cargo position during voyages, or changes in the type of cargo being transported. Regardless of the nature of these changes, a meticulous analysis is necessary to understand how alterations in deck load impact barge construction. Changes in cargo or deck load on a vessel will undoubtedly affect its strength, necessitating research on modifications aimed at analyzing the construction strength of the barge. This research aims to determine the structural strength and identify the most efficient construction modifications due to changes in deck load using ANSYS APDL software. From the research results, the maximum stress value under an 8 tons/m² load is 114,460 N/mm², increasing to 171,690 N/mm² under a 10 tons/m² load. The maximum stress under a 10 tons/m² load with a 406,400 mm frame distance variation is 113,020 N/mm², accompanied by an additional construction weight of 4,178 tons. In the scenario involving the addition of 12 pillars, the maximum stress is 109,960 N/mm², with an extra construction weight of 2,724 tons. Furthermore, in the variation entailing the thickening of the longitudinal web frame from 8 mm to 12 mm, the maximum stress reaches 113,585 N/mm², with an additional construction weight of 1,042 tons. All three variations achieve an equivalent safety level as the 8 tons/m² deck load. Considering strength and the lightest additional construction weight, the most efficient modification is the thickening of the longitudinal web frame from 8 mm to 12 mm.

Keywords: Barge, deck load, maximum stress, construction weight.



KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakaatuh

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 Modifikasi Konstruksi Tongkang Untuk Merespon Deck load Tanpa Perubahan Dimensi Utama”**. 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 I dan Bapak **Dr. Ir. Ganding Sitepu, Dipl-Ing**, selaku pembimbing II yang senantiasa membimbing dan mengarahkan penulis dalam proses pengerjaan tugas akhir ini sehingga dapat terselesaikan dengan baik.
2. Bapak **Hamzah, S.T., M.T** dan Bapak **Farianto Fachruddin, 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.
3. Bapak **Prof. Dr. Eng. Suandar Baso, S.T., M.T**, selaku Ketua Departemen Teknik Perkapalan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.
4. Bapak/Ibu Dosen Fakultas Teknik Departemen Teknik Perkapalan atas bimbingan, arahan, didikan, dan motivasi yang telah diberikan.



tua dan saudara saudari tercinta ayahanda (**Alm. Jarir Halim**) dan Ibunda (**Alm. Iani**), Nur Imran Jarir, Nurul Muttahida Jr, Asri Mutmainnah Jr, Ahmad Hajar Azwad Jr yang senantiasa memberikan do'a dan dukungan motivasi kepada penulis.

6. Teman-teman seperjuangan laboratorium fisika dasar FT-UH 2019 Asnul Fauzia, Annisa Safitri, Nurul Alifia Putri, Anastasia Angelie Santosa, Gita Angela Riyanti, Indrawansyah, Andi Aryawijaya Taufiq Mappelawa, Muhammad Adam Padanrangi, Muhammad Haekal Sutrisna, Musa Prayoga, Ahmad Alfian Faisal, Andi Muhammad Faiz, Muhammad Ridho, dan Faidel Afrian Kemong yang telah memberi dukungan dan teman berbagi.
7. Teman-teman seperjuangan laboratorium struktur Indrawansyah, Fuad Iriandi, Yusril Muhammad Rafly, Inayah Magfira Anwar, Amanda Putri Ayudha, Putri Dian Purnama, Musfaida, dan Irmawati yang telah memberi dukungan dan teman berbagi selama berada dilaboratorium struktur kapal.
8. Teman-teman kezayangan 2019 Rachel Archie Pangloli, Musfaida, Nadila, Putri Diana Nurfani Patiroid, Amanda Putri Ayudha, Inayah Magfira Anwar, Herlita Manoy, Andita Pasulu, Febby Frahmesti Cahyani, Nur Fatiah Hendrik, Inezka Anyelin Wibowo, Mangalik, Irmawati, Shealshy Domi' S, Syarifah Nor Azizah Alidrus, dan Andi Nurrahma Azzahra yang telah memberi dukungan dan teman berbagi selama berada di kampus fakultas Teknik universitas hasanuddin.
9. Teman-teman yang menjadi *moodboster* selama mengerjakan tugas akhir Muh. Arqam Saputra, Dwi Aprilianto, Fadhil Rahmat Ramadhan, Indra Setiawan dan Muh. Rafli Aldiansya.
10. Teman-teman Teknik Perkapalan 2019 yang telah memberikan semangat selama berkuliah dan dalam pengerjaan tugas akhir ini.

Semoga pihak yang membantu dalam penulisan tugas akhir mendapatkan pahala oleh Allah dan bermanfaat bagi semua pihak.

Gowa, November 2023

Penulis



DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI.....	i
PERNYATAAN KEASLIAN.....	ii
ABSTRAK	iii
ABSTRACT.....	iv
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR TABEL.....	x
DAFTAR NOTASI	xi
DAFTAR LAMPIRAN	xii
BAB 1.....	1
PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian.....	2
1.4 Manfaat Penelitian.....	2
1.5 Batasan masalah	3
1.6 Sistematika Penulisan.....	3
BAB II.....	4
TINJAUAN PUSTAKA.....	4
2.1 Gambaran Umum Tongkang	4
2.2 Sistem Konstruksi Kapal	5
2.2.1 Sistem Konstruksi Melintang.....	6
2.2.2 Sistem Konstruksi Memanjang.....	7
2.2.3 Sistem Konstruksi Campuran	8
2.3 Pembebanan.....	9
2.4 Konstruksi Tongkang	10
2.4.1 Konstruksi Geladak dan Bottom.....	10
2.4.2 Konstruksi Sisi	10
2.4.3 Konstruksi Midship.....	11
2.5 Jarak Gading Dan Pilar.....	11
2.6 Tegangan, Regangan, Elastisitas	12
2.6.1 Tegangan.....	12
2.6.2 Regangan	14
2.6.3 Elastisitas	14
2.6.4 Hubungan Tegangan – Regangan.....	15



2.6.5 Tegangan Izin	16
2.7 Metode Elemen Hingga.....	16
2.8 Ansys	19
BAB III.....	20
METODE PENELITIAN.....	20
3.1 Jenis Penelitian	20
3.2 Waktu dan Lokasi Penelitian.....	20
3.3 Teknik Pengumpulan Data	20
3.3.1 Teknik Pengumpulan Data.....	20
3.3.2 Jenis Data dan Sumber Data	20
3.4 Pemodelan	21
3.5 Pengekangan.....	22
3.6 <i>Meshing</i>	23
3.7 Prosedur Analisis.....	24
3.8 Alur Penelitian.....	26
BAB IV	27
HASIL PENELITIAN.....	27
4.1 Perhitungan Beban.....	27
4.2 Variasi Modifikasi Konstruksi	28
4.2.1 Variasi Perubahan jarak Gading	29
4.2.2 Variasi Penambahan Pilar	32
4.2.3 Variasi Penebalan <i>Web</i> dan <i>Face longitudinal web frame</i>	37
4.3 Variasi Berat Komstruksi Efektif	42
BAB V.....	44
KESIMPULAN	44
5.1 Kesimpulan.....	44
5.2 Saran.....	44
DAFTAR PUSTAKA	46
LAMPIRAN	48



DAFTAR GAMBAR

Gambar 1 Kapal Tongkang	4
Gambar 2 Konstruksi Geladak dan <i>Bottom</i>	10
Gambar 3 Konstruksi Sisi	11
Gambar 4 Konstruksi <i>Midship</i>	11
Gambar 5 Batang Prismatis yang mengalami tarik (a) diagram benda bebas dari segmen batang, (b) segmen batang setelah dibebani, (c) tegangan normal pada batang.	13
Gambar 6 Diagram Tegangan-Regangan.....	15
Gambar 7 Elemen 1 dimensi	18
Gambar 8 Elemen 2 Dimensi Segitiga dan Segiempat	18
Gambar 9 Elemen 3 dimensi tetrahedron dan balok	18
Gambar 10 Gambar konstruksi profil 1 dan 2.....	21
Gambar 11 Posisi pengeangan	23
Gambar 12 <i>Meshing</i>	24
Gambar 13 Grafik Pengujian konvergensi.....	24
Gambar 14 Tegangan maksimum akibat perubahan beban	29
Gambar 15 Tegangan maksimum pada jarak gading 487,680 mm dengan beban 10 ton/m ²	30
Gambar 16 Tegangan maksimum pada jarak gading 406,400 mm dengan beban 10 ton/m ²	31
Gambar 17 Hubungan Tegangan Maksimum dan Variasi Jarak Gading.....	32
Gambar 19 Tegangan maksimum 6 Pilar (Jarak 914.4 mm) dengan beban 10 ton/m ²	34
Gambar 20 Ilustrasi Variasi Posisi 12 Pilar Tambahan	35
Gambar 21 Tegangan maksimum 12 Pilar (Jarak 609,600 mm) dengan beban 10 ton/m ²	35
Gambar 22 Hubungan Tegangan Maksimum dan Variasi Penambahan Pilar	36
Gambar 23 Perubahan Ketebalan Pada <i>web</i> dan <i>face longitudinal web frame</i> dari 8 mm menjadi 9 mm, 10 mm, 11 mm, dan 12 mm	37
Gambar 24 Tegangan maksimum tebal profil 9 mm beban 10 ton/m ²	38
Gambar 25 Tegangan maksimum tebal profil 10 mm dengan beban 10 ton/m ² ...	39
Gambar 26 Tegangan maksimum tebal profil 11 mm dengan beban 10 ton/m ² ...	39
Gambar 28 Hubungan Tegangan Maksimum dan Penebalan Dimensi Profil	41



DAFTAR TABEL

Tabel 1 Ukuran Dimensi Konstruksi Kapal Tongkang.....	22
Tabel 2 Hasil Pengujian Konvergensi.....	24
Tabel 3 Nilai Tegangan Maksimum Variasi Jarak Gading	31
Tabel 4 Nilai Tegangan Maksimum Variasi Penambahan Pilar	36
Tabel 5 Nilai Tegangan Maksimum Variasi Perubahan Dimensi Profil.....	40
Tabel 6 Berat Konstruksi Tambahan.....	42



DAFTAR NOTASI

P	= Beban Merata (N/mm^2)
F	= Gaya Berat atau Beban (N)
A	= Luas Penampang <i>rampdoor</i> (mm^2)
g	= Percepatan gravitasi (m/s^2)
σ	= Tegangan (N/mm^2)
τ	= tegangan geser (N/mm^2)
V	= gaya sejajar bidang elemen (N)
St	= statis momen (mm^3)
I	= Inersia (mm^4)
b	= tebal (mm)
ε	= Regangan
Δ	= Pertambahan Panjang (mm)
L	= Panjang mula-mula (mm)
σ_Y	= <i>Yield Stress</i>
l	= Panjang Batang (m)



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Gambar konstruksi kapal 1	49
Lampiran 2 Gambar konstruksi kapal 2	50
Lampiran 3 Tabel data ukuran konstruksi.....	51



BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Dalam industri pelayaran, tongkang merupakan salah satu jenis kapal kargo yang sangat penting khususnya di negara yang masih berkembang seperti Indonesia. Tongkang digunakan untuk mengangkut muatan berat seperti batu bara, pasir, dan bahan konstruksi lainnya. Muatan ini ditempatkan di atas *deck* kapal, yang dikenal sebagai *deck load*. Perubahan *deck load*, baik dalam hal jumlah maupun distribusi beratnya, dapat memiliki dampak signifikan terhadap konstruksi kapal.

Perubahan *deck load* dapat terjadi dalam berbagai situasi, seperti pengisian atau pengosongan muatan, perubahan posisi muatan selama pelayaran, atau perubahan jenis muatan yang diangkut. Namun, terlepas dari jenis perubahan tersebut, perlu dilakukan analisis yang teliti untuk memahami bagaimana perubahan *deck load* mempengaruhi konstruksi tongkang.

Perubahan *deck load* pada suatu kapal pastinya akan berpengaruh pada kekuatan kapal tersebut sehingga perlu dilakukan penelitian yang bertujuan untuk menganalisis kekuatan konstruksi pada tongkang, hal tersebut merupakan langkah penting dalam memahami dampak dan konsekuensi dari perubahan muatan tersebut terhadap struktur kapal.

Untuk dimensi utama yang sama dengan rencana beban (*deck load*) yang bertambah maka scantling atau dimensi komponen struktur harus diubah agar kekuatan struktur terjamin. Oleh karena itu perlu dilakukan penelitian untuk mengetahui modifikasi agar kekuatan kapal tidak berkurang. Berdasarkan uraian diatas, maka penulis tertarik untuk melakukan penelitian dalam bentuk skripsi dengan judul :



“Modifikasi Konstruksi Tongkang Untuk Merespon Perubahan *Deck* pada Perubahan Dimensi Utama”

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian dari latar belakang penelitian yang telah disebutkan diatas, maka permasalahan pada penelitian ini sebagai berikut:

1. Bagaimana tegangan maksimum akibat perubahan jarak gading dan akibat perubahan *deck load* dengan dimensi utama yang sama.
2. Bagaimana tegangan maksimum akibat penambahan pilar dan akibat perubahan *deck load* dengan dimensi utama yang sama.
3. Bagaimana tegangan maksimum akibat perubahan tebal profil dan akibat perubahan *deck load* dengan dimensi utama yang sama.

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan penelitian ini adalah :

1. Untuk mengetahui tegangan maksimum akibat perubahan jarak gading dan akibat perubahan *deck load* dengan dimensi utama yang sama.
2. Untuk mengetahui tegangan maksimum akibat penambahan pilar dan akibat perubahan *deck load* dengan dimensi utama yang sama.
3. Untuk mengetahui tegangan maksimum akibat perubahan tebal profil dan akibat perubahan *deck load* dengan dimensi utama yang sama.

1.4 Manfaat Penelitian

Adapun tujuan penelitian ini adalah :

1. Sebagai bahan ajar dan referensi dalam dunia pendidikan terkhusus pada bidang ilmu perkapalan.
2. Sebagai salah satu bahan pertimbangan pengambilan keputusan perusahaan terkait perubahan konstruksi yang lebih efisien apabila terjadi perubahan muatan pada tongkang dengan dimensi utama yang sama.



1.5 Batasan masalah

Karena luasnya permasalahan terkait perubahan muatan, maka penulis membatasi masalah agar lebih efektif dan memudahkan dalam penelitian. Adapun Batasan masalah tersebut sebagai berikut :

1. Penelitian dibatasi pada permasalahan perubahan konstruksi tongkang tepatnya pada perubahan jarak gading, jumlah pillar yang ditambahkan, an penebalan profil.
2. Beban yang digunakan adalah beban 8 ton/m² dan 10 ton/m²
3. Area yang dianalisis adalah frame 26 - 31 dan selebar kapal.
4. Stabilitas dan perubahan sarat termasuk lambung timbul tidak dibahas.

1.6 Sistematika Penulisan

BAB I PENDAHULUAN

Mencakup latar belakang masalah, rumusan masalah, batasan masalah yang terfokus pada kekuatan akibat misalignment, tujuan masalah, serta sistematika penulisan.

BAB II LANDASAN TEORI

Berisi penjelasan teori-teori yang berkaitan dengan topik yang menjadi objek penelitian dalam menyelesaikan dan membahas penelitian.

BAB III METODE PENELITIAN

Menjelaskan jenis metode yang digunakan untuk memperoleh data yang dibutuhkan dan teknik analisis data.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Menyajikan hasil yang diperoleh dari penelitian serta membahas hasil penelitian tersebut.

BAB V PENUTUP

Berisi kesimpulan dan saran terkait penelitian.

DAFTAR PUSTAKA



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Gambaran Umum Tongkang

Tongkang atau Ponton adalah suatu jenis kapal yang dengan lambung datar atau suatu kotak besar yang mengapung, 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 : Papalangi, Mulyanto, dan Manik, 2019)

Berdasarkan jenis muatannya, tongkang/*barge* dapat dibedakan menjadi beberapa jenis, yaitu :

a. Tongkang pengangkut batubara atau hasil tambang.



i Indonesia tambang batubara paling banyak berada di Kalimantan, pun di pulau besar yang lain juga ada tambang batubara, seperti Sumatra nya, namun tetap Kalimantan adalah tempat yang paling banyak terdapat

industri pertambangan batubara. Untuk menyuplai pasokan batubara keseluruhan Indonesia diperlukan sarana pengangkut batubara yang memadai dan dapat menjangkau ke seluruh Indonesia, oleh sebab itu diperlukan tongkang sebagai pengangkut batubara.

b. Tongkang pengangkut kayu.

Seiring dengan meningkatnya proses produksi pengolahan kayu, maka kebutuhan jumlah bahan baku dasar juga semakin meningkat. Pulau Kalimantan merupakan tempat penghasil kayu terbesar di Indonesia. Sedangkan kayu ini sendiri sangat dibutuhkan pabrik-pabrik pengolahan kayu di Pulau Jawa untuk proses produksi. Yang menjadi permasalahan adalah proses pengiriman bahan baku pengolahan kayu dari Pulau Kalimantan ke Pulau Jawa yang dipisahkan oleh Laut Jawa. Untuk memenuhi kebutuhan kayu ini maka perencanaan transportasi pendukung pengiriman perlu diperhatikan. Perencanaan transportasi yang dilakukan ini merupakan perencanaan dalam penentuan kapasitas pengiriman kayu dan jumlah armada yang diperlukan dalam usaha pemenuhan kebutuhan.

c. Tongkang pengangkut limbah.

Limbah adalah buangan yang dihasilkan dari suatu proses produksi baik industri maupun domestik (rumah tangga). Dalam beberapa kasus (limbah batubara), limbah tidak dapat dibuang menggunakan sarana transportasi darat, oleh karena itu salah satu alternative yang digunakan untuk mengangkut limbah adalah tongkang yang mempunyai kapasitas angkut yang cukup memadai.

2.2 Sistem Konstruksi Kapal

Pada dasarnya badan kapal terdiri dari komponen - komponen konstruksi yang letaknya arah melintang dan memanjang. Dalam penyusunan komponen - komponen tersebut menjadi konstruksi badan kapal secara keseluruhan dikenal

cara yang sering dipakai dalam praktek, antara lain : (Prakoso, nto, dan Amiruddin, 2015)

konstruksi melintang



2. Sistem konstruksi memanjang
3. Sistem konstruksi kombinasi

2.2.1 Sistem Konstruksi Melintang

Dalam sistem ini gading-gading (*frame*) dipasang vertikal (mengikuti bentuk *body plan*) dengan jarak antara (*spacing*), ke arah memanjang kapal, satu sama lain yang rapat (sekitar antara 500 mm-1000 mm, tergantung panjang kapal). (Nurhasanah, 2020)

Kapal yang terbuat dari material baja mempunyai pelat alas (*bottom plate*) umumnya dipasang memanjang. Setiap lajur pelat dinamakan lajur. Pada bahagian tengah ada pelat yang disebut lunas pelat (*flat plate keel*) yang memanjang kapal atau ada juga lunas batang (*bar keel*) yaitu sebuah batang yang memanjang. Tepat di bagian tengah kapal dan tegak lurus pelat lunas rata ada lunas dalam tengah (*centre keelson*).

Pelat alas diperkuat oleh wrang (*floor*) yang dibuat melintang kapal. Setiap sisi kapal yang sejajar lunas dalam tengah terdapat lunas dalam samping (*side keelson*). Lunas dalam tengah, lunas samping dan wrang terdiri dari pelat bilah (*face plate*) yang tegak lurus pelat dasar dan pelat hadap (*web plate*) yang menumpang datar di atasnya, sehingga masing-masing membentuk huruf T. Konstruksi demikian disebut konstruksi alas tunggal (*single bottom*). Jika semua pelat hadap diganti dengan sebidang pelat yang menutup seluruh dasar, maka diperoleh konstruksi dasar yang rangkap dua. Konstruksi ini disebut alas dalam (*tank top*).

Pelat alas dan pelat lambung atau pelat sisi saling dihubungkan oleh pelat melengkung yang disebut pelat bilga (*bilge plate*). Pada pelat bilga dipasang lunas bilga (*bilge keel*) yang memanjang. Pelat sisi diperkuat oleh gading-gading (*frame*) yakni baja siku yang dipasang tegak melintang. Gading dan g terletak sebidang dan saling dihubungkan dengan lutut bilga (*bilge ket, tank side bracket*). Gading-gading ini dipasang pada jarak tertentu



sepanjang kapal dan jarak ini disebut jarak gading (*frame spacing*). Sebagian dari gading digantikan oleh gading besar (*web frame*) yang dihubungkan dengan wrang alas penuh.

Daerah memanjang pelat sisi kadang-kadang dipasang satu atau lebih senta sisi atau senta lambung (*side stringer*). Gading besar dan senta sisi di atas pelat balik dan pelat hadap. Pelat sisi yang bertemu dengan geladak kekuatan (*strength deck*) dan disebut pelat lajur atas (*sheer strake*) dan biasanya lebih tebal dari pelat sisi lainnya. Geladak terdiri dari pelat geladak (*deck plate*) dan pelat geladak kekuatan yang bertemu dengan pelat sisi (*deck stringer, stringer plate*). Dengan demikian sistem konstruksi di atas, dapat dikatakan bahwa kekuatan melintang kapal terdapat pada pelat yang melintang kapal. Jadi kekuatan ada pada pelat yang melintang kapal; maka sistem konstruksi ini disebut konstruksi melintang. (Mairuhu, 2011)

2.2.2 Sistem Konstruksi Memanjang

Sistem rangka konstruksi memanjang ialah konstruksi dimana padanya bekerja beban yang diterima oleh rangka konstruksi dan diuraikan pada hubungan – hubungan kaku melintang kapal dengan pertolongan balok memanjang. Dalam hal konstruksi, walaupun ada balok – balok melintang, tetapi bila balok tersebut merupakan kekakuan yang kecil dalam hubungan konstruksi tidak menahan (memegang) balok – balok memanjang, maka sistem konstruksi tetap disebut sistem konstruksi memanjang. (Prakoso, Chrismianto, dan Amiruddin, 2015).

Dalam sistem ini gading-gading utama tidak dipasang vertikal, tetapi dipasang membujur pada sisi kapal dengan jarak antara, diukur ke arah vertikal, sekitar 700 mm1000 mm. (Nurhasanah, 2020)



Sistem konstruksi memanjang, alas tunggal dibuat sebagai berikut : pelat serta semua lunas dibuat seperti pada konstruksi melintang, yaitu baja siku dipasang pada jarak tertentu selebar kapal. Jarak ini dinamakan jarak

pembujur (*longitudinal spacing*). Pembujur ini ditumpu pelintang atas (*bottom transversal*) yang terdiri dari pelat bilah dan pelat hadap. Sistem konstruksi kerangka memanjang alas ganda dibuat sebagai berikut : pelat alas dalam dan semua penumpu alas dibuat sama seperti sistem kerangka melintang.

Pelat alas diperkuat oleh pembujur alas, sedangkan pelat alas dalam diperkuat oleh pembujur alas dalam. Kedua pembujur ini ditumpu oleh pelintang alas yang dipasang tiap beberapa jarak gading melintang. Pelat sisi diperkuat oleh pembujur sisi (*side longitudinal*) yang memanjang kapal dan pembujur ini ditumpu oleh pelintang sisi (*side transverse*) yang berupa pelat bilah dan pelat hadap. Sistem konstruksi kerangka memanjang pelat geladak diperkuat oleh pembujur geladak (*deck longitudinal*) yang ditumpu oleh pelintang geladak (*deck girder*) yang terletak melintang.

Pelintang alas dan sisi dan pelintang geladak diletakan pada satu bidang sehingga membentuk satu cincin yang kokoh. Daerah sekeliling palkah tetap dipasang penumpu sisi palka dan balok anjungan palka. Sistem konstruksi kerangka 8 memanjang, penguat berada pada pelat memanjang kapal, semua pembujur yang dipasang memanjang kapal. Sistem konstruksi kerangka memanjang kapal biasanya digunakan untuk kapal-kapal yang panjang di atas 50 meter. (Mairuhu, 2011).

2.2.3 Sistem Konstruksi Campuran

Karena adanya kekurangan dari sistem konstruksi melintang maupun konstruksi memanjang, maka akan timbul pemakaian sistem konstruksi kombinasi / campuran. Dalam sistem campuran ini, sistem rangka konstruksi memanjang dipakai pada geladak utama dan dasar kapal, dimana letak konstruksi ini jauh dari sumbu netral penampang melintang kapal. Sehingga menerima beban lengkung yang besar. (Prakoso, Chrismianto, dan Amiruddin,).



Sistem konstruksi campuran adalah sistem konstruksi yang terdiri dari sistem kerangka melintang dan memanjang kapal. Konstruksi alas kapal, baik alas tunggal maupun alas ganda dibuat menurut sistem kerangka memanjang kapal. Jadi pelat alas diperkuat oleh pembujur-pembujur alas. Konstruksi sisi kapal dibuat menurut sistem kerangka melintang kapal, ini berarti pelat sisi diperkuat oleh gading-gading melintangnya.

Konstruksi geladak dibuat menurut sistem kerangka memanjang kapal, maka pelat geladak diperkuat oleh pembujur geladak. Jadi dengan demikian daerah yang mendapat pembebanan tarik dan tekan yang paling besar, yakni di alas dan di geladak sistem kerangka memanjang kapal, sedangkan untuk daerah yang terutama mendapat pembebanan geser yaitu pelat sisi dan sekat digunakan sistem kerangka melintang kapal. Dilihat dari karakteristik beban yang bekerja pada kapal, dapat dilakukan pengelompokan sebagai berikut :

- a. Beban statis yaitu, beban yang bersifat tetap; misalnya beban dari berat kapal dan beban dari gaya tekan ke atas.
- b. Beban dinamis dengan frekuensi rendah yaitu beban yang timbul dalam tenggang waktu beberapa saat dengan frekuensi getaran yang cukup rendah dibandingkan dengan frekuensi getaran lambung kapal.
- c. Beban dinamis berfrekuensi tinggi yaitu, beban yang berubah-ubah dengan frekuensi yang cukup tinggi dan dapat menimbulkan tegangan pada konstruksi kapal; misalnya beban hidrodinamis yang disebabkan oleh putaran propeller di kapal dan adanya putaran motor penggerak kapal. (Mairuhu, 2011)

2.3 Pembebanan

Beban yang digunakan dalam penelitian dalam penelitian ini adalah beban geladak muatan dan *deck load* kapal. sehingga untuk menghitung beban geladak muatan ditentukan berdasarkan Rules BKI Vol.II Edisi tahun 2022 :

$$P_L = P_c \times (1 + A_v) \quad [\text{kN/m}^2] \quad (2.2)$$

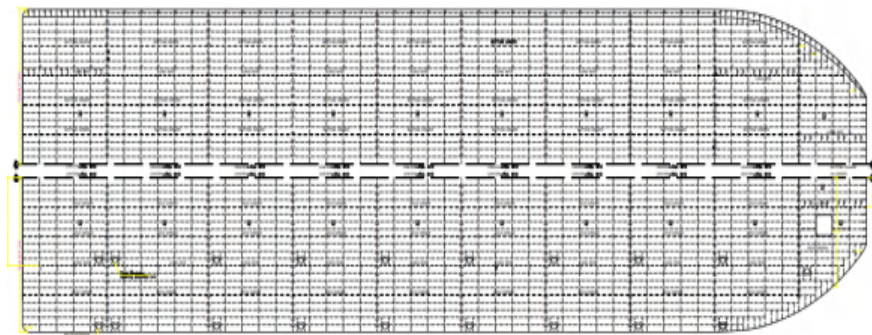


2.4 Konstruksi Tongkang

Sistem konstruksi yang digunakan pada kapal tongkang adalah sistem konstruksi membujur dimana konstruksi yang terpasang paling banyak searah membujur kapal dengan *transversal web* terpasang secara *intercostal* atau terputus-putus oleh *longitudinal girder*.

2.4.1 Konstruksi Geladak dan Bottom

Konstruksi geladak selain berfungsi untuk kedap kapal, juga untuk melindungi barang-barang muatan. Geladak berfungsi menambah kekuatan memanjang dan kekuatan melintang kapal. Pada konstruksi geladak terdapat kumpulan komponen-komponen konstruksi mendatar yang terdiri dari pelat geladak (*deck plate*), penumpu geladak (*deck girder*), balok geladak (*deck beam*) dan pembujur geladak (*deck longitudinal*). (Lallo, 2020)



Gambar 2 Konstruksi Geladak dan *Bottom*

(Sumber :PT. Bahtera Bahari Shipyard)

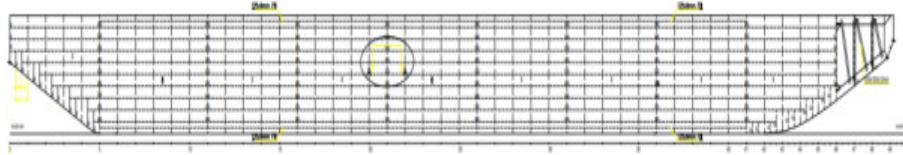
Susunan konstruksi alas/*bottom* adalah susunan konstruksi yang terdiri atas kerangka membujur ataupun melintang yang terletak pada bagian dasar kapal. (Lallo, 2020)

2.4.2 Konstruksi Sisi



Konstruksi lambung sebagai bagian dari sistem rangka konstruksi kapal secara keseluruhan, selain berfungsi sebagai dinding sisi kapal yang menahan tekanan air dari samping, juga berfungsi sebagai penerus gaya-gaya yang

diterima geladak untuk disalurkan ke konstruksi kerangka dasar, terutama pada sistem rangka konstruksi melintang. Untuk ini pelat lambung (*side plate*) termasuk juga lajur atas (*sheer strake*) diperkuat dengan penegar-penegar vertikal yang disebut gading (*frame*), juga pembujur sisi (*side longitudinal*) dan senta sisi (*side stringer*). (Lallo,2020)

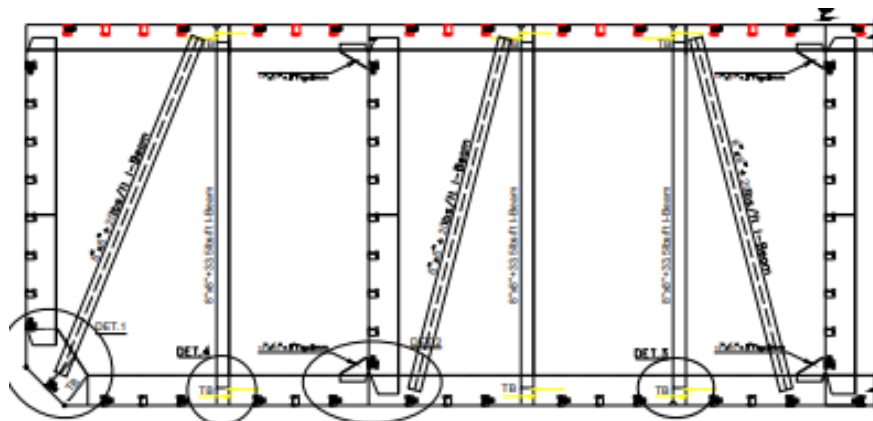


Gambar 3 Konstruksi Sisi

(Sumber :PT. Bahtera Bahari Shipyard)

2.4.3 Konstruksi Midship

Konstruksi *Midship* adalah konstruksi penampang melintang bagian tengah kapal dimana didalamnya menunjukkan beberapa komponen konstruksi yang terpasang pada kapal.



Gambar 4 Konstruksi Midship

(Sumber :PT. Bahtera Bahari Shipyard)

2.5 Jarak Gading Dan Pilar



konstruksi yang kuat dan kokoh merupakan suatu konstruksi yang tidak mudah tidak dapat berubah bentuk saat menerima beban. Kapal akan mengalami beban antara lain beban internal yang disebabkan oleh pembebanan yang

ada dikapal dan beban external seperti gelombang laut serta posisi kapal terhadap gelombang itu sendiri dan angin. Salah satu faktor yang mempengaruhi kekuatan kapal adalah jarak gading. Para perancang kapal merencanakan jarak gading yang optimal dengan batasan tegangan maksimum pada pelat menurut aturan klasifikasi. (Wulandari, Alamsyah, dan Dewi, 2020)

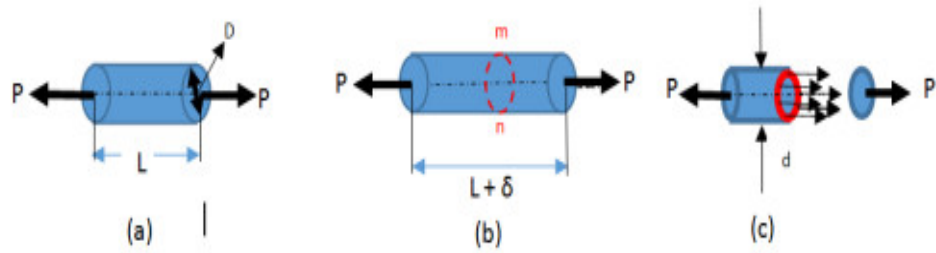
Pilar adalah vertical support member pada sebuah struktur bangunan dan dapat dibuat sebagai sepotong kayu, beton atau baja, atau dibangun dari batu bata, balok dan sebagainya. Pilar memiliki fungsi sebagai pemikul beban atau penyalur beban tekan dari struktur yang dipikulnya menuju ke struktur yang ada di bawah pilar itu sendiri. Pilar pada kapal diaplikasikan sebagai pemikul beban geladak yang ada di atasnya. Pada umumnya, pilar pada kapal baja berbentuk silindris dengan diameter dan ketebalan tertentu. Beban yang dialami oleh pilar didominasi oleh beban vertikal. (Caesario dan Setyawan, 2019)

2.6 Tegangan, Regangan, Elastisitas

2.6.1 Tegangan

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 prismatic seperti pada Gambar 5.





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)

Dengan asumsi bahwa tegangan terbagi merata pada setiap batang (Gambar 5.c) Maka dapat diturunkan rumus untuk menghitung tegangan adalah :

$$\sigma = \frac{P}{A} \quad (2.2)$$

Dimana :

σ = tegangan normal (N/mm²)

P = besar gaya yang bekerja (N)

A = luas penampang (mm²)

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, tegangan tarik didefinisikan bertanda positif dan tegangan tekan bertanda negatif (Gere & Temoshenco, 2000).



2.6.2 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 :

$$\varepsilon = \frac{\Delta L}{L} \quad (2.3)$$

dimana :

ε = regangan

ΔL = pertambahan panjang total (m)

L = panjang mula – mula (m)

2.6.3 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 (σ) dengan regangan (ε) 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)

$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon} = \frac{\frac{F}{A}}{\frac{\Delta L}{L}} \quad (2.4)$$

Dimana :

Δ = perubahan bentuk aksial total (m)

F = beban aksial total (ton)



X = panjang batang (m)

A = luas penampang batang (m²)

E = modulus elastisitas bahan (ton/m²)

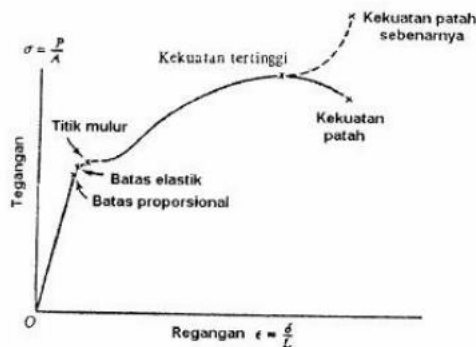
ε = regangan

σ = tegangan (N/mm²)

L = Panjang (m)

2.6.4 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*). (Zainuri, 2008)



Gambar 6 Diagram Tegangan-Regangan

(Sumber : Zainuri, 2008)

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 terjadi deformasi tetap yang disebut permanent set. Untuk banyak

material, nilai batas proporsional dan batas elastik 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 penambahan beban. Gejala mulur khususnya terjadi pada baja struktur (*medium-carbon structural steel*), paduan baja atau bahan lain tidak memilikinya. (Zainuri, 2008)

2.6.5 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 persamaannya adalah sebagai berikut :

$$\sigma_{\max} \leq \frac{180}{k} \quad (2.5)$$

Dimana :

k = Faktor bahan

2.7 Metode Elemen Hingga

Metode Elemen Hingga (*Finite Elemen Method*) adalah metode numerik yang digunakan untuk menyelesaikan permasalahan teknik dan problem matematis dari suatu gejala phisis. Tipe masalah teknik dan matematis phisis yang dapat diselesaikan dengan metode elemen hingga yaitu analisis struktur dan non struktur. Tipe permasalahan analisis struktur meliputi analisis tegangan, buckling dan getaran sedangkan non struktur meliputi perpindahan panas dan massa, mekanika fluida, dan distribusi potensial listrik dan magnet. Tipe-tipe permasalahan struktur meliputi : (Susatio, 2004)

1. Analisa tegangan/*stress*, meliputi analisa *Truss* dan *frame* serta masalah-masalah yang berhubungan dengan tegangan-tegangan yang terkonsentrasi
2. Analisa buckling
3. Analisa Getaran



Dalam persoalan-persoalan yang menyangkut geometris yang rumit, seperti persoalan pembebanan terhadap struktur yang kompleks, pada umumnya sulit dipecahkan melalui matematika analisis. Hal ini disebabkan karena matematika analisis memerlukan besaran atau harga yang harus diketahui pada setiap titik pada struktur yang dikaji.

Penyelesaian analisis dari suatu Persamaan diferensial suatu geometri yang kompleks, pembebanan yang rumit, tidak mudah diperoleh, formulasi dari metode elemen hingga dapat digunakan untuk mengatasi permasalahan ini (Susatio, 2004). Selain metode ini merupakan metode konvensional yang digunakan untuk memecahkan masalah tegangan dan deformasi yaitu menggunakan teori balok, teori kolom, pelat dan lain-lain. Sehingga penerapannya dibatasi untuk sebagian struktur dan beban sederhana. Disisi lain metode elemen hingga menerapkan:

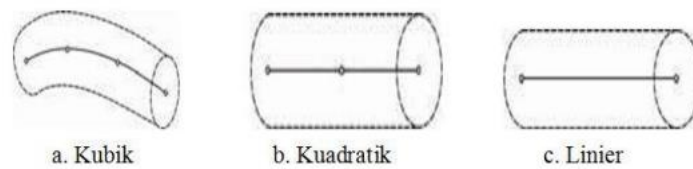
- a) Membagi sebuah struktur menjadi elemen-elemen kecil
- b) Mengubah setiap elemen menjadi model matematika
- c) Menggabungkan elemen-elemen kemudian memecahkannya secara keseluruhan

Terdapat berbagai bentuk tipe elemen dalam metode elemen hingga yang dapat digunakan untuk memodelkan kasus yang akan dianalisis. Macam dari bentuk elemen tersebut yaitu :

1. Elemen satu dimensi

Elemen satu dimensi terdiri dari garis (*line*). Tipe elemen ini yang paling sederhana, yakni memiliki dua titik nodal, masing-masing pada ujungnya, disebut elemen garis linier. Dua elemen lainnya dengan orde yang lebih tinggi, yang umum digunakan adalah elemen garis kuadratik dengan tiga titik nodal dan elemen garis kubik dengan empat buah titik nodal seperti pada Gambar 7 berikut :



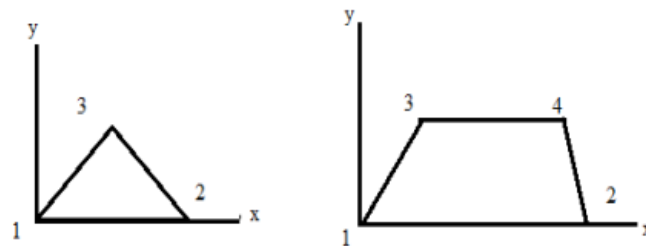


Gambar 7 Elemen 1 dimensi

(Sumber : Susatio, 2004)

2. Elemen dua dimensi

Elemen dua dimensi terdiri dari elemen segitiga (*triangle*) dan elemen segiempat (*quadrilateral*). Elemen orde linier pada masing-masing tipe ini memiliki sisi berupa garis lurus, sedangkan untuk elemen dengan orde yang lebih tinggi dapat memiliki sisi berupa garis lurus, sisi yang berbentuk kurva ataupun dapat pula berupa kedua-keduanya seperti pada Gambar 8.

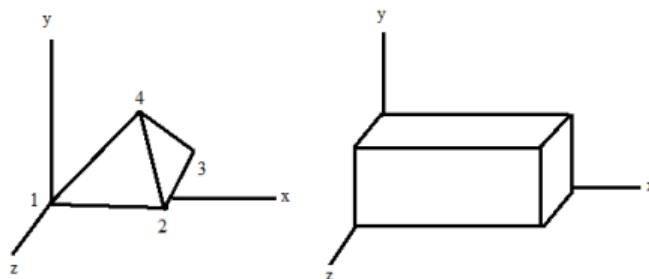


Gambar 8 Elemen 2 Dimensi Segitiga dan Segiempat

(Sumber : Susatio, 2004)

3. Elemen tiga dimensi

Elemen tiga dimensi terdiri dari elemen tetrahedron, dan elemen balok.



Gambar 9 Elemen 3 dimensi tetrahedron dan balok.

(Sumber: Susatio, 2004)



2.8 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*).

