

**Analisis Pengaruh Pemasangan Collar Terhadap
Kekuatan Struktur *Barge***

SKRIPSI

*Diajukan Guna Memenuhi Persyaratan Untuk Meraih Gelar Strata 1 (S1)
Sarjana Departemen Teknik Perkapalan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin*

Disusun dan diajukan oleh:

RONALDO PAKADANG

NIM. D311 16 523



DEPARTEMEN TEKNIK PERKAPALAN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS HASANUDDIN
GOWA
2021



KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
UNIVERSITAS HASANUDDIN
FAKULTAS TEKNIK
DEPARTEMEN TEKNIK PERKAPALAN
Jalan Poros Malino KM. 6 Bontomarannu, Gowa, Sulawesi Selatan 92171

HALAMAN PENGESAHAN

Tugas akhir ini diajukan untuk memenuhi salah satu syarat mengikuti ujian akhir guna memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Perkapalan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin

JUDUL SKRIPSI :

“ANALISIS PENGARUH PEMASANGAN COLLAR TERHADAP KEKUATAN STRUKTUR BARGE”

Disusun Oleh :

RONALDO PAKADANG

D311 16 523

Gowa, Maret 2021

Telah diperiksa dan disetujui oleh :

Dosen Pembimbing 1

Dr. Eng. A. Ardianti, ST., MT
NIP. 19850526 201212 2 002

Dosen Pembimbing 2

Hamzah, ST., MT.
NIP. 19800618 200501 1 004

Mengetahui,

Dekan Departemen Teknik Perkapalan
Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin



Dr. Eng. Suandar Baso, ST., MT
NIP. 19730206 200012 1 002

PERNYATAAN KEASLIAN

Saya bertanda tangan di bawah ini :

NAMA : RONALDO PAKADANG
NIM : D311 16 523
PROGRAM STUDI : TEKNIK PERKAPALAN
JENJANG : S1

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulisan saya berjudul :

“ANALISIS PENGARUH PEMASANGAN COLLAR TERHADAP KEKUATAN STRUKTUR BARGE”

Adalah karya tulisan saya sendiri dan bukan merupakan pengambil alihan tulisan orang lain, bahwa skripsi yang saya tulis ini benar – benar merupakan hasil karya saya sendiri.

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

Makassar, 05 Maret 2021

Yang menyatakan,



(RONALDO PAKADANG)

KATA PENGANTAR

Puji syukur saya ucapkan kepada Tuhan Yang Maha Esa, karena atas segala berkat dan karunianya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir (Skripsi) dengan judul :

Analisis Pengaruh pemasangan Collar Terhadap Kekuatan Struktur *Barge*

Skripsi merupakan salah satu mata kuliah yang wajib untuk menyelesaikan studi di Departemen Teknik Perkapalan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin. Skripsi di Departemen Teknik Perkapalan Universitas Hasanuddin bertujuan untuk melakukan penelitian dan menambah pengetahuan khususnya tentang teknologi perkapalan dan mengaplikasikan semua hasil yang diperoleh.

Dalam penulisan Tugas Akhir ini terdapat berbagai macam hambatan dan tantangan, namun semuanya dapat teratasi dengan baik. Penulis juga menyadari bahwa Tugas Akhir ini masih banyak kekurangan baik dari segi kualitas maupun kuantitas materi penelitian yang dikerjakan. Saran dan kritik sangat diperlukan oleh penulis untuk mengevaluasi laporan penelitian ini secara positif dan membangun.

Didalam pengerjaan skripsi ini telah melibatkan banyak pihak yang turut membantu dalam penyelesaian penelitian ini. Olehnya itu, penulis ingin mengucapkan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. kedua orang tua tercinta, Ayahanda **Tian** dan Ibunda **Herlina Palinoan** atas kesabaran, pengorbanan, dan doa serta dukungan yang tiada hentinya diberikan kepada penulis. Semoga kedua orang tua tercinta senantiasa berada dalam lindungan Tuhan YME.
2. Ibu **Dr. A. Sitti Chairunnisa M., ST., MT**, selaku penasehat akademik penulis yang senantiasa memberi arahan serta motivasi selama berkuliah di Departemen Teknik Perkapalan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.

3. Ibu **Dr. Eng. A. Ardianti, ST., MT**, selaku pembimbing I dan Bapak **Hamzah, ST., MT**, selaku pembimbing II yang senantiasa membimbing dan mengarahkan penulis dengan penuh kesabaran dan keikhlasan sehingga tugas akhir ini dapat terselesaikan dengan baik.
4. Bapak **Andi Mursid Nugraha, ST., MT**, selaku pembimbing II sebelumnya yang juga senantiasa membimbing dan mengajarkan ilmu yang sangat berguna serta saran – saran yang sangat bermanfaat bagi penulis. Semoga bapak dapat menjadi teladan yang baik bagi mahasiswa dimana pun berada.
5. Bapak **Dr. Ir. Ganding Sitepu, Dipl-Ing**, selaku Ketua Laboratorium Struktur Kapal dan juga selaku penguji I, terima kasih yang sebesar – besarnya atas bantuan dan ilmu yang berguna utamanya mengenai struktur kapal sehingga banyak membantu dalam proses pengerjaan tugas akhir ini. Terima kasih juga atas saran, kritik dan masukan yang sangat membangun kepada penulis.
6. Ibu **Ir. Hj. Rosmani, MT**, selaku penguji II terima kasih atas ilmu yang berguna dan saran – saran yang berguna untuk membantu tugas akhir penulis.
7. Bapak **Dr. Eng. Suandar Baso, ST., MT**, selaku Ketua Departemen Teknik Perkapalan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin yang memberikan banyak bantuan, dukungan dan ilmu yang bermanfaat bagi penulis.
8. Seluruh staff Departemen Teknik Perkapalan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin yang membantu administrasi perkuliahan.
9. Teman seperjuangan Laboratorium Struktur : Indah, Nisa, Dillong, Melda, Afdi, Shandy, Ihza, Syahrul, Fadhil, Idhil, dan Tandi teman belajar, *sharing* dan cerita selama di laboratorium struktur.
10. Teman – teman Departemen Teknik Perkapalan 2016 dan juga Cruizer 2016 yang memberikan semangat selama berkuliah dari awal hingga akhir.
11. Kanda-kanda senior dan adik – adik junior utamanya laboratorium struktur terima kasih atas kebaikannya selama ini.

12. Yang terakhir penulis ucapkan terima kasih untuk semua pihak baik secara langsung maupun tidak langsung yang memiliki peranan dan kontribusi yang sangat penting dalam penyelesaian tugas akhir ini.

Semoga laporan yang penulis buat ini dapat bermanfaat untuk seluruh pembaca dan dapat menjadi sumbangsih terhadap ilmu pengetahuan yang berguna umumnya bagi ilmu dibidang Teknik Perkapalan. Akhir kata penulis mengucapkan mohon maaf sedalam – dalamnya atas kesalahan yang pernah dibuat dan terima kasih yang sebesar – besarnya atas kebaikan yang pernah diberikan kepada saya.

Gowa, 05 Maret 2021

Penulis

DAFTAR ISI

SAMPUL	
LEMBAR PENGESAHAN	
PERNYATAAN KEASLIAN	
KATA PENGANTAR	iv
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR TABEL.....	xi
DAFTAR LAMPIRAN.....	xii
DAFTAR NOTASI.....	xiii
<i>ABSTRACT</i>	xv
ABSTRAK	xvi
BAB I. PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah.....	2
1.4 Tujuan Penelitian	3
1.5 Manfaat Penelitian	3
1.6 Sistematika Penulisan	3
BAB II. LANDASAN TEORI	5
2.1. Konstruksi <i>Barge</i>	5
2.2. Konstruksi Pelintang Geladak.....	6
2.3. <i>Collar Plate</i>	7
2.4. Analisis Beban	10
2.5. Tegangan, Regangan dan Modulus Elastisitas.....	13
2.6. Jenis – Jenis Tegangan.....	15
2.7. Deformasi Total	18
2.8. Metode Elemen Hingga.....	19

2.9. ANSYS	21
BAB III. METODOLOGI PENELITIAN	22
3.1 Jenis Penelitian.....	22
3.2 Lokasi dan Waktu Penelitian	22
3.3 Jenis dan Metode Pengambilan Data	22
3.4 Prosedur Analisis	23
3.5 Diagram Alur Penelitian	32
BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	33
4.1 Pembebanan	33
4.2 Pemodelan	34
4.3 Hasil dan Analisis	37
4.3.1 Deformasi Total	38
4.3.2 Tegangan Normal Z	40
4.3.3 Tegangan Geser.....	43
4.3.4 Tegangan Von-Mises	50
4.3.5 Perhitungan <i>Stress Ratio</i>	53
BAB V. PENUTUP.....	55
5.1 Kesimpulan	55
5.2 Saran.....	56

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 : Struktur <i>Barge</i>	5
Gambar 2.2 : Konstruksi Melintang <i>Barge</i>	6
Gambar 2.3 : Konstruksi Pelintang Geladak.....	7
Gambar 2.4 : <i>Collar/lug</i> pada <i>Transverse Web</i> dan <i>Bottom Longitudinal</i>	8
Gambar 2.5 : Beban Pada <i>Barge</i>	11
Gambar 2.6 : Hubungan Antara Tegangan –Regangan Baja Struktural.....	14
Gambar 2.7 : Gaya Normal.....	15
Gambar 2.8 : Gaya Tarik dan Tekan.....	15
Gambar 2.9 : Konsep Dasar Tegangan Geser.....	16
Gambar 3.1 : Konstruksi Penampang Melintang <i>Barge</i>	24
Gambar 3.2 : Desain Model 3D AutoCAD.....	25
Gambar 3.3 : Hasil Model <i>Ansys Workbench</i>	26
Gambar 3.4 : Properti Material Model <i>Barge (Mild Steel)</i>	26
Gambar 3.5 : <i>Contact Bonded</i> Model.....	27
Gambar 3.6 : <i>Meshing</i> Model.....	28
Gambar 3.7 : Pengekangan Model.....	29
Gambar 3.8 : Pembebanan Model.....	30
Gambar 3.9 : Model Berhasil Di <i>Solving</i>	31
Gambar 3.10 : Diagram Alur Penelitian.....	32
Gambar 4.1 : Area Pembebanan.....	34
Gambar 4.2 : <i>Non Collar Plate</i>	35
Gambar 4.3 : <i>Existing Collar Plate</i>	35
Gambar 4.4 : <i>Full Collar Plate</i>	36
Gambar 4.5 : <i>Non Notches</i>	36
Gambar 4.6 : Penamaan dan Penomoran Lubang <i>Notches</i>	37
Gambar 4.7 : Hasil Simulasi Deformasi Total.....	39
Gambar 4.8 : Diagram Perubahan Deformasi Total.....	40
Gambar 4.9 : Hasil Simulasi Tegangan Normal Z.....	41
Gambar 4.10 : Diagram Perubahan Tegangan Normal Z.....	42

Gambar 4.11 : Hasil Simulasi Tegangan Geser XY	44
Gambar 4.12 : Hasil Simulasi Tegangan Geser YZ.....	46
Gambar 4.13 : Hasil Simulasi Tegangan Geser XZ.....	48
Gambar 4.14 : Diagram Perubahan Tegangan Geser.....	49
Gambar 4.15 : Hasil Simulasi Tegangan Von - Mises.....	51
Gambar 4.16 : Diagram Perubahan Tegangan Von - Mises	52

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 : Perbaikan Misalignment	9
Tabel 3.1 : Jumlah Node dan Elemen Tiap Variasi Pemasangan	28
Tabel 4.1 : Daftar Nama Konstruksi Beserta Tebalnya	36
Tabel 4.2 : Deformasi Total Tiap Perubahan Variasi Pemasangan	39
Tabel 4.3 : Tegangan Normal Z Tiap Perubahan Variasi Pemasangan	42
Tabel 4.4 : Tegangan Geser XY Tiap Perubahan Variasi Pemasangan.....	44
Tabel 4.5 : Tegangan Geser YZ Tiap Perubahan Variasi Pemasangan.....	46
Tabel 4.6 : Tegangan Geser XZ Tiap Perubahan Variasi Pemasangan	48
Tabel 4.7 : Tegangan Von-Mises Tiap Perubahan Variasi Pemasangan	51
Tabel 4.8 : Analisis <i>Stress Ratio</i> Tiap Perubahan Variasi Pemasangan	53

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Gambar Konstruksi Penampang Melintang *Barge* 17300 DWT.

Lampiran 2. Gambar *General Arrangement Barge* 17300 DWT.

DAFTAR NOTASI

P_{S1}	= Beban luar sisi kapal dibawah garis air muat (kN/m^2)
P_{S2}	= Beban luar sisi kapal diatas garis air muat (kN/m^2)
P_B	= Beban luar alas kapal (kN/m^2)
P_L	= Beban geladak muatan kapal (kN/m^2)
P_C	= Beban static kapal (kN/m^2)
P_0	= Beban luar dasar dinamis (kN/m^2)
C_f	= Faktor distribusi
a_v	= Faktor distribusi
m	= Faktor Tinjauan
V_o	= Kecepatan dinas (Knot)
L	= Panjang kapal (m)
T	= Sarat kapal (m)
Z	= Jarak vertikal dari pusat beban struktur (m)
a	= Jarak antar gading (m)
σ	= Tegangan (N/m^2)
F	= Gaya yang bekerja (N)
A	= Luas penampang (m^2)
ε	= Regangan

δ = Defleksi yang terjadi (mm)

L = Panjang mula-mula (mm)

E = Modulus elastisitas (GPa)

l = Panjang material (m)

P = Beban atau gaya yang bekerja pada material (kN/m²)

Δl = Defomasi material (m)

τ = Tegangan geser (N/m²)

G = Modulus kekakuan (GPa)

ν = Nilai rasio passion

τ_{mean} = Tegangan geser rata-rata (N/m²)

$\sigma_{maksimal}$ = Tegangan maksimal yang terjadi (MPa)

$\sigma_{ultimate}$ = Kemampuan kekuatan *ultimate* (MPa)

ABSTRACT

Pakadang, Ronaldo. 2020. "*Analysis of the Effect of Collar Installation on the Strength of Barge Structures*" (supervised by **Andi Ardianti** and **Hamzah**).

Barges are generally used to transport very large volumes of cargo such as coal, sand, and other heavy equipment construction. Barge must be installed properly and effectively to avoid a reduction in strength and be able to withstand the load. One example is the installation of a collar in the longitudinal construction, barge precisely at the connection between the deck beam and the plate holes (notches) on the transverse web. The collars are placed in the plate holes (notches) intended to provide structural reinforcement on the transverse part of the web whose cross-sectional area is reduced due to plate cutting which functions as a continuous path of the longitudinal deck beam. Based on this, a numerical simulation was performed to analysis of the effect of collars installation on the strength of the barge structure. The data used is secondary data in the form of a cross-section construction barge 17300 DWT. The data collection method used in this research is the numerical analysis method. The simulation process uses the finite element method which is done by a computer with software supported structural analysis. The analysis results show that the installation of a collar plate can provide local reinforcement to the strength of the barge structure. The increase in the cross-sectional area of the deck due to the installation of the collar plate will reinforce the notches hole area. Installation of the collar plate is also able to reinforce the deck beam because the sides of the plate were attached directly. This can reduce the occurrence of shifts in the deck beams so that they can properly support the decked deck plates.

Keywords : Barge Construction, Collar Plate, Notches Hole.

ABSTRAK

Pakadang, Ronaldo. 2020. “Analisis Pengaruh Pemasangan Collar Terhadap Kekuatan Struktur Barge” (dibimbing oleh **Andi Ardianti** dan **Hamzah**).

Barge umumnya digunakan untuk mengangkut volume muatan yang sangat besar seperti batubara, pasir dan alat berat lainnya. Konstruksi *barge* harus dipasang secara tepat dan efektif guna menghindari terjadinya pengurangan kekuatan dan mampu menahan beban muatannya. Salah satu contoh adalah pemasangan collar pada konstruksi longitudinal *barge* tepatnya pada hubungan antara balok geladak dengan lubang pelat (notches) pada transversal web. Collar diletakkan pada lubang pelat (notches) dimaksudkan agar memberikan penguatan struktur pada bagian transversal web yang luas penampangnya berkurang akibat dari pemotongan pelat yang difungsikan sebagai jalur menerus balok geladak. Berdasarkan hal ini, dilakukan simulasi numerik untuk menganalisis pengaruh pemasangan collar terhadap kekuatan struktur *barge*. Data yang digunakan adalah data sekunder berupa konstruksi penampang *barge* 17300 DWT. Metode pengambilan data yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode analisis numerik. Proses simulasi menggunakan metode elemen hingga yang dikerjakan komputer dengan *software* analisis struktur yang mendukung. Hasil analisis menunjukkan bahwa pemasangan *collar plate* mampu memberikan penguatan lokal terhadap kekuatan struktur *barge*. Pertambahan luasan penampang pelintang geladak akibat pemasangan *collar plate* akan memberikan penguatan pada daerah lubang notches. Pemasangan *collar plate* juga mampu memberikan penguatan pada balok geladak karena bagian sisi pelatnya juga ikut melekat langsung. Hal ini dapat mengurangi terjadinya pergeseran pada balok geladak sehingga mampu dengan baik menumpu pelat geladak yang terbebani.

Kata kunci : Konstruksi *Barge*, *Collar Plate*, Lubang Notches.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pemenuhan kebutuhan akan sarana transportasi mengakibatkan besarnya permintaan pengerjaan pembangunan kapal di Indonesia. Hal terpenting dari pengerjaan pembangunan kapal adalah perencanaan awal untuk membuat sebuah kapal yang dapat bekerja dengan baik. Dengan meningkatnya sektor industri kemaritiman Indonesia membuat pengerjaan pembangunan kapal menjadi lebih besar dan efisien.

Galangan mendapatkan pekerjaan pembangunan kapal baru dengan berbagai jenis kapal. Salah satu yang mendapatkan banyak permintaan adalah pekerjaan pembangunan *barge*/tongkang. *Barge* sendiri umumnya digunakan untuk mengangkut volume muatan yang sangat besar seperti batubara, pasir dan alat berat lainnya. Volume muatan yang sangat besar akan mengakibatkan pembebanan yang sangat besar pula pada kekuatan struktur *barge*. Oleh karena besarnya pembebanan pada *barge* maka perlu diperhatikan secara khusus pekerjaan konstruksi *barge* dalam proses pembangunannya.

Konstruksi *barge* harus dipasang secara tepat dan efektif guna menghindari terjadinya pengurangan kekuatan dan mampu menahan volume beban muatan *barge* yang sangat besar. Salah satu contoh adalah pemasangan collar pada konstruksi longitudinal *barge* tepatnya pada hubungan antara balok geladak dengan lubang pelat (*notches*) pada transversal web. Collar diletakkan pada lubang pelat (*notches*) dimaksudkan agar memberikan penguatan struktur pada bagian transversal web yang luas penampangnya berkurang akibat dari pemotongan pelat yang difungsikan sebagai jalur menerus balok geladak. Namun, apabila pemasangan collar tidak sesuai akan mengakibatkan kegagalan pada struktur. Oleh karena itu, perlu dilakukan perhitungan analisis untuk mengetahui efektivitas keberadaan collar dalam memperkuat struktur *barge*.

Berdasarkan hal tersebut, pada penelitian ini penulis akan mencoba mengevaluasi besarnya tegangan pada *barge* dengan mempertimbangkan pemasangan collar pada konstruksi. Oleh karena itu, penulis akan melakukan penelitian berjudul “**Analisis Pengaruh Pemasangan Collar Terhadap Kekuatan Struktur *Barge***”.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas, maka dapat dibuat rumusan masalah sebagai berikut:

1. Apakah pemasangan collar pada struktur *barge* akan efektif membantu memperkuat struktur ?
2. Apakah terdapat pemasangan collar yang efektivitasnya lebih baik dalam menambah kekuatan struktur *barge* ?

1.3 Batasan Masalah

Untuk menyederhanakan pembahasan masalah yang terjadi dalam penelitian agar lebih terfokus dan terarah, maka dalam hal ini batasan masalah yang digunakan adalah :

1. Data yang digunakan adalah data *barge* 17300 DWT.
2. Struktur yang dimodelkan pada penelitian ini yaitu konstruksi geladak pada *section 32 (framing)*.
3. Pembuatan model akan dilakukan dengan variasi kondisi tanpa *collar plate*, *existing collar plate*, *full collar plate* dan tanpa lubang notches.
4. Perhitungan kekuatan bagian konstruksi *barge* didasarkan seluruhnya pada beban statis (lokal).
5. Hasil analisis berupa gambar simulasi hasil deformasi dan tegangan yang terjadi pada pemodelan konstruksi *barge*.

6. Pengerjaan kekuatan struktur menggunakan pendekatan metode elemen hingga yang dikerjakan dengan *software* bidang struktural yang terintegrasi.

1.4 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Menganalisis pengaruh dari pemasangan collar terhadap kekuatan struktur *barge*.
2. Menentukan posisi pemasangan collar yang efektivitasnya lebih baik dalam menambah kekuatan struktur *barge*.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah:

1. Mengetahui bagaimana pemasangan collar yang efektif untuk membantu memperkuat struktur *barge*.
2. Memberikan sumbangan pemikiran ilmiah dalam ilmu pendidikan teknologi, yaitu menganalisis pengaruh pemasangan collar pada kekuatan struktur *barge*.
3. Sebagai referensi pada penelitian-penelitian selanjutnya yang berhubungan dengan kekuatan struktur *barge*.

1.6 Sistematika Penulisan

Untuk memudahkan penulisan dan pembaca memahami uraian secara sistematis, adapun sistematika penulisan sebagai berikut:

Bab I Pendahuluan, pada bab ini diuraikan latar belakang permasalahan, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian, dan manfaat penelitian serta sistematika penulisan.

Bab II Landasan Teori, pada bab ini dipaparkan teori-teori yang mendukung penelitian ini. Terdiri dari konstruksi *barge*, konstruksi pelintang geladak, collar *plate*, analisis beban, tegangan, regangan dan modulus elastisitas, jenis-jenis tegangan, deformasi material, metode elemen hingga dan ansys.

Bab III Metodologi Penelitian, pada bab ini dijelaskan jenis penelitian, lokasi dan waktu penelitian, jenis dan metode pengambilan data, prosedur analisis, diagram alur penelitian, diagram alur penyelesaian elemen hingga.

Bab IV Hasil dan Pembahasan, pada bab ini dijelaskan hasil dari analisis pengaruh pemasangan collar terhadap kekuatan struktur *barge* 17300 DWT.

Bab V Penutup, pada bab ini dijelaskan kesimpulan dari hasil penelitian yang telah dilakukan. Bab ini juga berisikan saran sebagai bahan pertimbangan dalam penyempurnaan analisis lebih lanjut.

Daftar Pustaka, berisikan referensi-referensi yang digunakan pada penelitian ini.

BAB II

LANDASAN TEORI

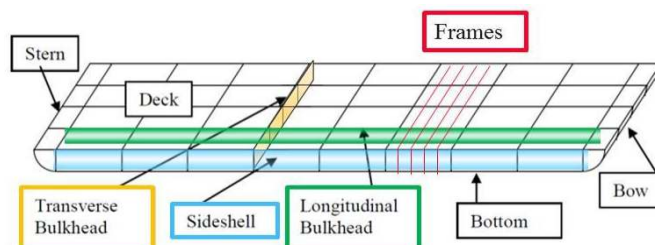
2.1 Konstruksi *Barge*

Barge atau tongkang adalah salah satu jenis moda transportasi laut yang digunakan untuk mengangkut muatan yang besar. *Barge* memiliki ciri yang khas yaitu bentuk lambungnya yang hampir menyerupai kotak.

Umumnya *barge* tidak memiliki alat penggerak sendiri/*propulsi* dan tidak berawak (*unmanned*). Untuk *barge* yang memiliki alat penggerak sendiri disebut dengan *self propeller barge (SPB)*. *Barge* yang tidak memiliki alat penggerak/*propulsi*, pada saat pengoperasiannya akan ditarik atau *towing* oleh kapal jenis Tug Boat. (T. Smith, 2015)

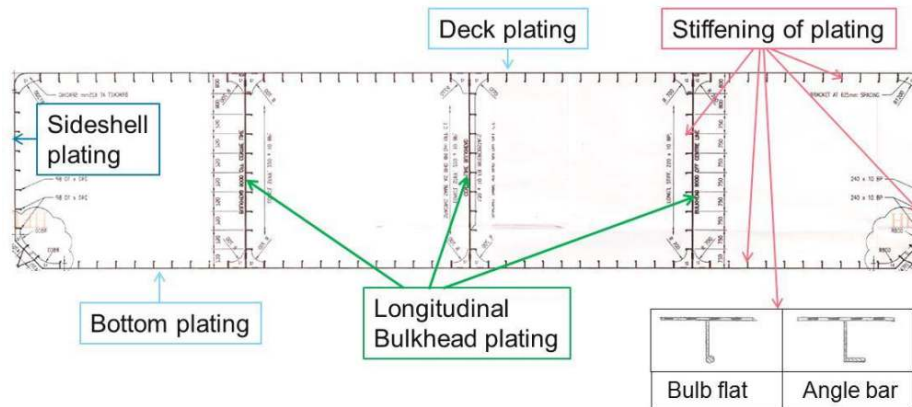
Jenis konstruksi yang dipakai pada *barge* adalah sistem konstruksi membujur, tetapi ada juga yang memakai sistem variasi konstruksi kombinasi (membujur dan melintang) dimana konstruksi melintang dipakai pada daerah *After Peak*/ceruk buritan dan *force Peak*/ceruk haluan.

Barge terbuat dari beberapa bidang pelat yang memisahkannya menjadi beberapa kompartemen/tangki (Gambar 2.1). Bidang pelat transversal diberi nama sekat melintang (*transverse bulkhead*) dan bidang pelat longitudinal disebut sekat longitudinal (*longitudinal bulkhead*). Semua sekat dibuat kedap air untuk menghindari terjadi kebocoran pada tangki. Untuk memperoleh kekuatan struktur *barge*, *frames* dipasang secara transversal yang diposisikan berulang dengan jarak yang sama di sepanjang *barge*. Fungsi dari pemasangan *frames* untuk mengantarkan beban-beban menuju ke sekat.



Gambar 2.1 Struktur *Barge*
(Sumber : Renè Smit, 2015)

Pada Gambar 2.2 beberapa bagian konstruksi melintang *barge* diperlihatkan untuk memahami bagaimana sebuah *barge* dibangun. Pada gambar ini ditunjukkan bagian - bagian melintang *barge*, meliputi: *deck plating*, *bottom plating*, *side shell plating*, *longitudinal bulkhead plating*, dan *stiffening of plating*.



Gambar 2.2 Konstruksi Melintang *Barge*

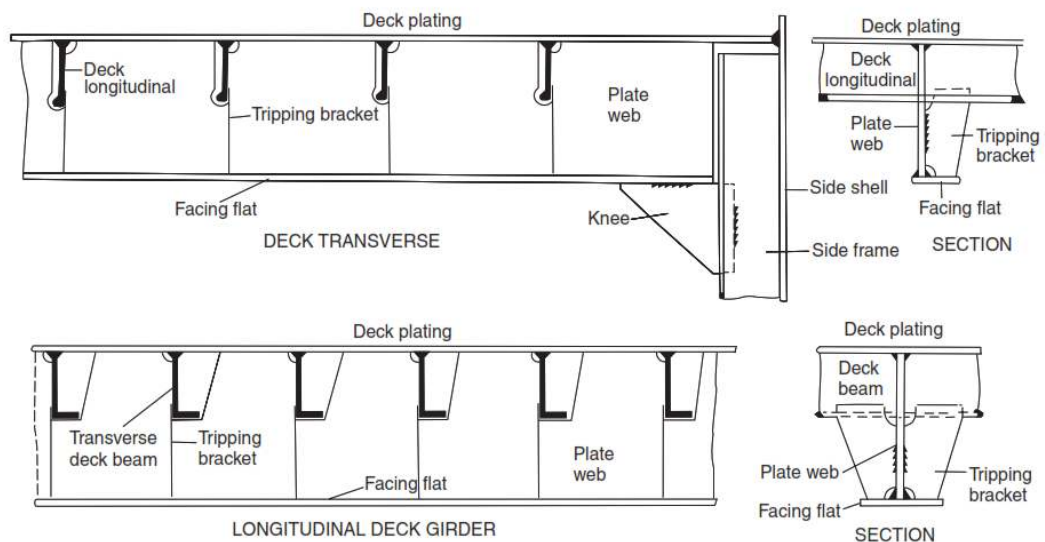
(Sumber : Renè Smit, 2015)

Pada bagian *deck plating* akan diberikan penguatan dengan mengambil beban geladak muatan, *side shell plating* akan mengambil beban sisi dan *bottom plating* akan mengambil beban alas *barge*. *Longitudinal bulkhead plating* berfungsi untuk membagi *barge* menjadi beberapa kompartemen serta sebagai titik penguatan struktur. Pada setiap bidang pelat dilengkapi dengan *longitudinal stiffeners* kecuali pada sekat melintang. Fungsi *stiffeners* untuk meningkatkan kekuatan tekuk dan juga berkontribusi terhadap kekuatan global *barge*.

2.2 Konstruksi Pelintang Geladak

Konstruksi pelintang geladak memiliki variasi dalam hal detail konstruksi, yang sesuai dengan ukuran dan jenisnya. Bagian geladak bias berfungsi sebagai geladak kedap air dan geladak kekuatan. Geladak kedap air dipasang untuk menjaga integritas lambung kedap air yang terdapat *deck freeboard* sebagai dek paling atas untuk menutup semua bukaan di geladak. Meskipun semua dek berkontribusi sampai batas tertentu untuk kekuatan kapal, hal yang paling penting adalah membentuk flens atas gelagar lambung utama, yang disebut kekuatan dek. Dek

disusun dalam panel pelat dengan kekakuan transversal atau longitudinal dan kekakuan local di setiap bukaan. Balok memanjang dapat mendukung frame melintang, dan menembus transversal. Lihat Gambar 2.3. (Eyres, 2001)



Gambar 2.3 Konstruksi Pelintang Geladak

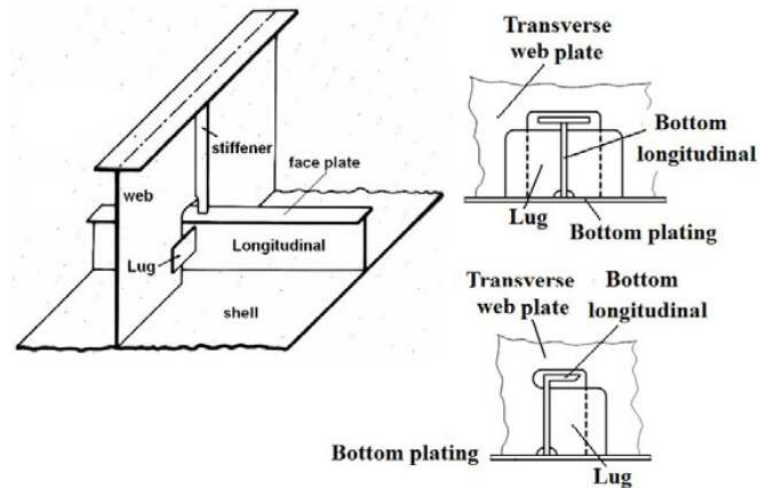
(Sumber : Eyres, 2001)

2.3 Collar Plate

Collar plate adalah bagian yang sangat efektif untuk meningkatkan kekuatan kelelahan beban. *Collar plate* akan menghilangkan tegangan geser pada transversal web dari kedua sisi *longitudinal stiffener*, dan tidak akan menyebabkan tekanan tambahan pada *longitudinal stiffener*. Selain itu, *collar plate* juga menyokong sebagian dari beban yang ditransmisikan dan akan mengurangi tekanan pada *longitudinal stiffener*. Apabila transversal web dirancang dengan menggunakan baja tarik yang lebih tinggi dan tekanan variabel gelombang besar, maka tegangan tinggi diberikan pada hubungan antara *collar plate* dan transversal web, dimana bagian dekat ujung transversal web akan mendapatkan tegangan geser yang besar. (Yasuhisa Okumoto, dkk. 2009)

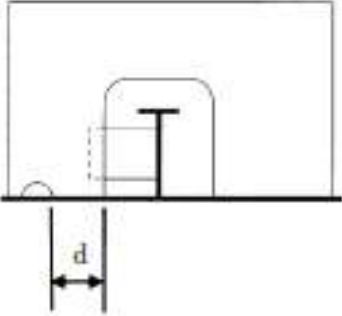
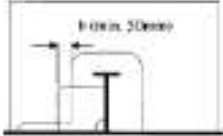

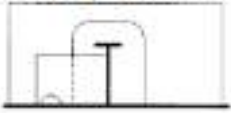
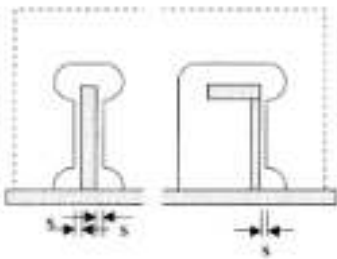
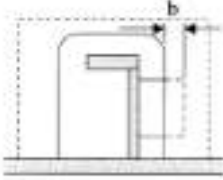
Sebuah hubungan tipikal antara *transverse web plate*, *bottom longitudinal*, *collar/lug* dan *vertical stiffener* ditunjukkan pada Gambar 2.4. *Bottom longitudinal*

dipasang secara longitudinal melalui lubang pelat (*notches*) pada *transverse web plate* dan dihubungkan bersama dengan *collar/lug*. Digunakan *sebuah vertical stiffener/bracket* di sisi lain pelat web untuk meningkatkan distribusi tegangan dan secara signifikan akan mengurangi konsentrasi tegangan.



Gambar 2.4 Collar/lug pada Transverse Web dan Bottom Longitudinal
(Sumber : M. Shama, 2013)

Tabel 2.1 Perbaikan Misalignment

Detail	Standar Perbaikan
<p data-bbox="408 501 628 533">Posisi dari scallop</p> 	<p data-bbox="831 481 1235 562">Ketika $d < 75$ mm Web plate akan dipotong diantara scallop dan slot, dan collar plate akan dipasang.</p>  <p data-bbox="858 770 1209 824">Atau pemasangan collar kecil diatas scallop.</p>  <p data-bbox="831 987 1182 1019">Atau pemasangan collar plate diatas</p> 
<p data-bbox="400 1200 699 1232">Gap sekitar stiffener dipotong.</p> 	<p data-bbox="831 1200 1257 1326">Ketika $3 \text{ mm} < s \leq 5 \text{ mm}$ Panjang kaki las harus ditambah jumlah yang sama dengan penambahan celah yang melebihi 2 mm.</p> <p data-bbox="831 1397 1198 1487">Ketika $5 \text{ mm} < s \leq 10 \text{ mm}$ nib akan dipotong dan disambung dengan las.</p> <p data-bbox="831 1532 1222 1612">Ketika $s > 10 \text{ mm}$ Potong nib dan pasang collar plate yang tingginya sama dengan nib.</p>  <p data-bbox="943 1839 1158 1870">$20 \text{ mm} \leq b \leq 50 \text{ mm}$</p>

(Sumber: IACS No. 047)

2.4 Analisis Beban

2.4.1 Beban Pada kapal

Menurut Budie Santoso (2013), beban-beban penting yang bekerja pada kapal dikelompokkan menjadi 3 berdasarkan karakteristik bebannya sebagai berikut:

1. Beban statis
 - Gaya tekan air keatas.
 - Berat bagian konstruksi kapal.
 - Berat muatan dan barang - barang lain di kapal.
 - Reaksi tumpuan pada waktu kapal kandas atau di dok.
2. Beban *quasi* statis
 - Gaya tekan ombak.
 - Gaya-gaya tekan dinamis karena gerakan kapal.
 - Gaya inersia = massa kapal dan muatannya x percepatan.
 - Gaya tarik tali tunda, gaya dorong baling-baling.
 - Gaya akibat gerakan muatan cair dalam tangki-tangki.
3. Beban dinamis
 - Beban sesaat karena "*slamming*".
 - Damparan ombak pada dinding-dinding bangunan atas atau haluan yang melebar.
 - Beban berat air yang naik ke geladak.
 - Benturan dengan kapal lain, kapal tunda atau dermaga.

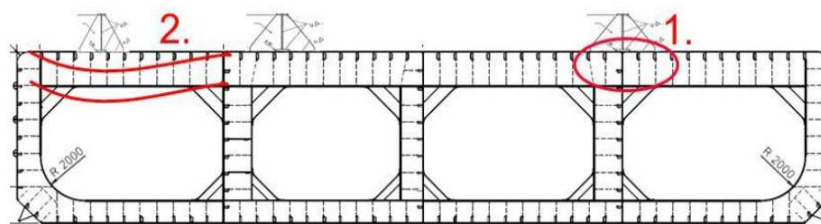
2.4.2 Beban Pada *barge*

Sebuah *barge* akan memperoleh beberapa jenis pembebanan baik secara lokal maupun global. Hal ini membuat kapasitas dari beberapa titik pada *barge* perlu diperhitungkan. Titik penting *barge* terjadi pada daerah dimana nilai tegangan geser dan tegangan tekuk adalah maksimum yang bila titik ini bertemu memerlukan kapasitas kekuatan (Renè Smit, 2015). Secara umum, penentuan kapasitas *barge* dapat dihitung berdasarkan:

1. Kapasitas beban lokal.

2. Kapasitas *web frame*.
3. Kapasitas pergeseran *bulkhead*.
4. Kapasitas *side shell*.
5. Kapasitas beban global.

Pada Gambar 2.5 diperlihatkan bahwa beban pada *barge* akan mengakibatkan pergeseran pada bagian *bulkhead* (1). Pemasangan *bracket* disekitar *bulkhead* dimaksudkan untuk menahan agar konstruksi tidak bergeser dengan cara menyalurkan tegangan ke sisi *bulkhead* sehingga terjadi penguatan di area tersebut. Beban lokal pada *barge* juga mengakibatkan tegangan tekuk pada transversal web (2). Beban akan disalurkan ke setiap ujung tumpuan sehingga penguatan secara signifikan akan dipasang pada bagian tersebut.



Gambar 2.5 Beban Pada *Barge*
(Sumber: Renè Smit, 2015)

2.4.3 Perhitungan Beban Kapal

2.4.3.1 Beban Luar Sisi Kapal

Beban luar sisi kapal merupakan beban yang timbul karena adanya gelombang air laut yang menghempas sisi luar kapal (BKI Vol. II, 2019). Beban luar sisi kapal dibagi atas dua beban yaitu:

1. Beban luar sisi kapal dibawah garis air muat (P_{s1}).
2. Beban luar sisi kapal diatas garis air muat (P_{s2}).

Adapun beban luar sisi kapal tersebut dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

$$P_{s1} = 10 (T - z) + P_0 \times C_f \left(1 + \frac{z}{T}\right) a \quad (2.1)$$

$$P_{S_2} = P_0 \times C_f \times \frac{20}{10+z-T} \quad (2.2)$$

Dimana :

- P_{S_1} = Beban luar sisi kapal dibawah garis air muat (kN/m^2)
- P_{S_2} = Beban luar sisi kapal diatas garis air muat (kN/m^2)
- P_0 = Beban luar dasar dinamis (kN/m^2)
- C_f = Faktor distribusi
- T = Sarat kapal (m)
- Z = Jarak vertikal dari pusat beban struktur (m)
- a = Jarak antar gading (m)

2.4.3.2 Beban Luar Alas Kapal

Beban luar alas kapal merupakan beban yang terjadi atau timbul karena adanya tekanan dari pemindahan volume air oleh kapal (BKI Vol. II, 2019). Beban luar alas kapal dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

$$P_B = 10 \times T + P_0 \times C_f \quad (2.3)$$

Dimana :

- P_B = Beban luar alas kapal (kN/m^2)
- P_0 = Beban luar dasar dinamis (kN/m^2)
- T = sarat kapal (m)
- C_f = Faktor distribusi

2.4.3.3 Beban Geladak Muatan Kapal

Beban geladak muatan merupakan beban yang timbul karena adanya muatan pada geladak (BKI Vol. II, 2019). Beban geladak muatan ini dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

$$P_L = P_C (1 + a_v) \quad (2.4)$$

Dimana :

- P_L = Beban geladak muatan kapal (kN/m^2)
- P_C = Beban static kapal (kN/m^2)
- a_v = Faktor distribusi

$$= F \cdot m$$

$$F = 0.11 \frac{V_0}{\sqrt{L}}$$

$$V_0 = \text{Kecepatan dinas (Knot)}$$

$$L = \text{Panjang kapal (m)}$$

$$m = \text{Faktor Tinjauan (Midship = 1)}$$

2.5 Tegangan, Regangan dan Modulus Elastisitas

Untuk menganalisis suatu struktur harus memperhatikan besarnya nilai tegangan, regangan dan modulus elastisitas. Tegangan didefinisikan sebagai perbandingan antara gaya yang bekerja pada benda dengan luas penampang benda. Tegangan menunjukkan kekuatan gaya yang menyebabkan perubahan bentuk benda. Tegangan dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

$$\sigma = \frac{F}{A} \quad (2.5)$$

Dimana :

$$\sigma = \text{Tegangan (N/m}^2\text{)}$$

$$F = \text{Gaya yang bekerja (N)}$$

$$A = \text{Luas penampang (m}^2\text{)}$$

Regangan adalah perbandingan deformasi total terhadap Panjang mula-mula suatu struktur. Regangan dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

$$\varepsilon = \frac{\delta}{L} \quad (2.6)$$

Dimana :

$$\varepsilon = \text{Regangan}$$

$$\delta = \text{Defleksi yang terjadi (mm)}$$

$$L = \text{Panjang mula-mula (mm)}$$

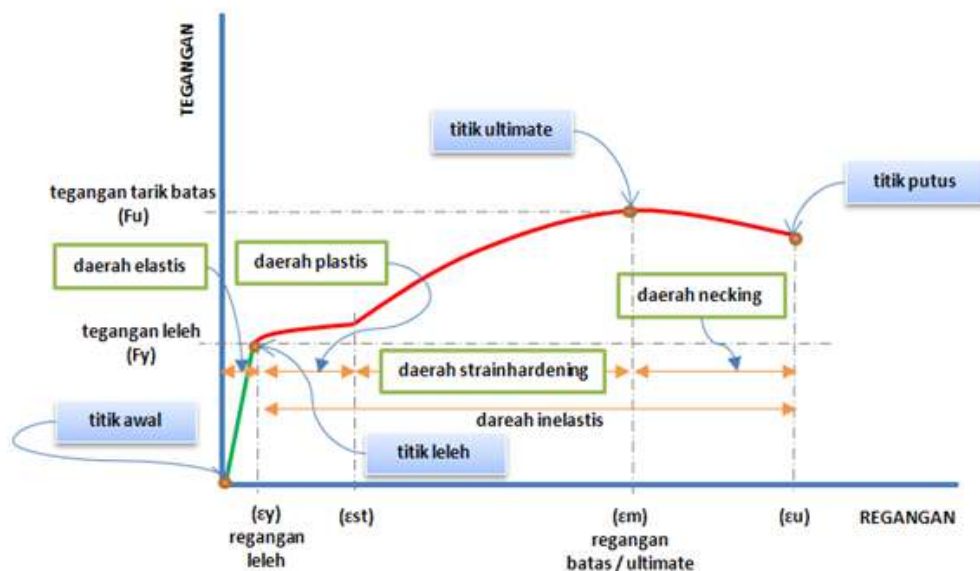
Modulus elastisitas disebut juga sebagai hukum hooke's. Sesuai dengan bunyi hukum hooke's bahwa tegangan berbanding lurus regangannya, jika benda yang

dibebani berada dalam batas elastisnya. Secara matematis dapat dituliskan persamaan sebagai berikut:

$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon} \quad (2.7)$$

Dimana : E = Modulus elastisitas (GPa)
 σ = Tegangan (N/m²)
 ε = Regangan

Hasil-hasil pengujian biasanya tergantung pada benda uji. Karena sangat kecil kemungkinannya menggunakan struktur yang ukurannya sama dengan ukuran benda uji. Oleh karena itu, diperlukan hasil pengujian dalam bentuk yang dapat diterapkan pada elemen struktur yang berukuran apapun. Cara sederhana untuk mencapai tujuan ini adalah dengan mengkonversikan hasil pengujian tersebut ke tegangan dan regangan, kemudian akan dihasilkan diagram tegangan dan regangan. Diagram tegangan-regangan merupakan karakteristik dari bahan yang diuji dan memberikan informasi penting tentang besaran mekanis dan jenis perilaku bahan.



Gambar 2.6 Hubungan Antara Tegangan –Regangan Baja Struktural

2.6 Jenis - Jenis Tegangan

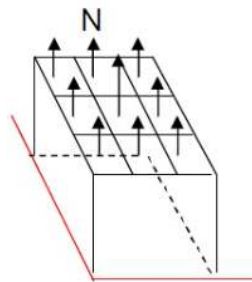
Tegangan pada umumnya terbagi atas tiga kelompok, yaitu:

1. Tegangan Normal

Tegangan yang arah kerjanya tegak lurus terhadap permukaan batang.

Tegangan normal dapat disebabkan oleh beberapa faktor, yaitu:

a) Gaya Normal



Gambar 2.7 Gaya Normal

Tegangan normal terjadi akibat adanya reaksi yang diberikan pada benda. Jika gaya dalam diukur dalam N, sedangkan luas penampang dalam m^2 , maka persamaannya:

$$\sigma_n = \frac{F_n}{A} \quad (2.8)$$

Dimana : σ_n = Tegangan normal (N/m^2)

F_n = Gaya Normal (N)

A = Luas penampang (m^2)

b) Beban Tarik dan Tekan



Gambar 2.8 Gaya Tarik dan Tekan

Apabila batang ditarik oleh gaya F dengan arah yang berlawanan dan terletak dalam satu garis gaya maka akan terjadi tegangan tarik. Tegangan Tarik dapat ditulis dengan persamaan:

$$\sigma_t = \frac{F_t}{A} \quad (2.9)$$

Dimana : σ_t = Tegangan tarik (N/m^2)
 F_t = Gaya tarik (N)
 A = Luas penampang (m^2)

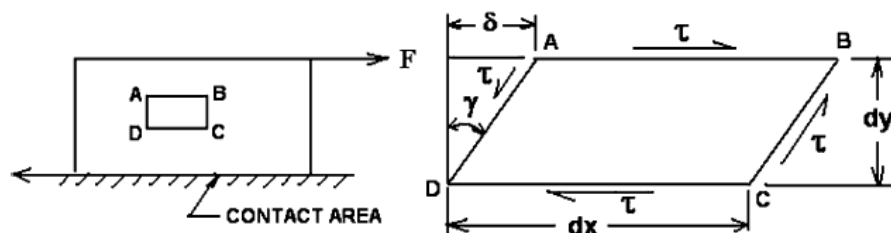
Sedangkan tegangan tekan terjadi bila batang ditekan gaya F yang saling berlawanan dan terletak dalam satu garis gaya. Tegangan tekan dapat ditulis dengan persamaan:

$$\sigma_D = \frac{F_D}{A} \quad (2.10)$$

Dimana : σ_D = Tegangan tekan (N/m^2)
 F_D = Gaya tekan (N)
 A = Luas penampang (m^2)

2. Tegangan Geser

Tegangan geser terjadi jika suatu benda bekerja dengan dua gaya yang berlawanan arah dan sejajar sumbu batang. Tegangan geser memiliki dua arah pergeseran, arah horizontal dan arah vertikal. Tegangan geser dapat disebabkan oleh adanya gaya geser, momen lentur, dan beban puntir/torsi.



Gambar 2.9 Konsep Dasar Tegangan Geser
(Sumber: M. Shama, 2010)

Pertimbangkan sebuah elemen ABCD yang mendapatkan gaya geser F. Gaya F menghasilkan tegangan geser pada AB dan CD. Untuk keseimbangan elemen ABCD, tegangan geser komplementer dihasilkan pada AD dan BC. Rata-rata nilai tegangan geser sebesar :

$$\tau_S = \frac{Fs}{A} \quad (2.11)$$

$$\tau_{mean} = \frac{Fs}{A} \quad (2.12)$$

Dimana: τ_S = Tegangan geser/*shear stress* (N/m²)
 τ_{mean} = Tegangan geser rata-rata (N/m²)
 Fs = gaya geser (N)
 A = area luasan gaya geser (m²)

Sedangkan nilai regangan geser sebesar :

$$\gamma = \frac{\delta}{ay} = \frac{\tau}{G} \quad (2.13)$$

Dimana: γ = Regangan geser
 δ = Jarak pergeseran/deformasi (m)
 τ = Tegangan geser (N/m²)
 G = Modulus kekakuan (GPa)
 $= \frac{E}{2(1+\nu)}$
 ν = Nilai rasio poisson

2.7 Deformasi Total

Deformasi material merupakan perubahan bentuk atau ukuran material karena adanya sebuah gaya kerja yang diterima. Deformasi material timbul akibat gaya kerja berupa kekuatan Tarik, kekuatan geser, kekuatan puntir atau *torsi*.

Ketika deformasi terjadi gaya internal antar-molekul muncul melawan beban atau gaya kerja yang diberikan, jika gaya yang diberikan tidak melebihi kekuatan internal antar-molekul material maka memungkinkan material tersebut dapat mencapai keadaan setimbang baru dan kembali ke kondisi semula ketika beban atau gaya kerja yang diberikan melebihi kemampuan gaya internal antar-molekul material maka dapat menyebabkan deformasi permanen dari material (kegagalan struktur).

Deformasi material yang timbul dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

$$\Delta l = \varepsilon \times l = \frac{\sigma \times l}{E} = \frac{P \times l}{A \times E} \quad (2.14)$$

Dimana:	Δl	= Defomasi material (m)
	ε	= Regangan pada material
	l	= Panjang material (m)
	σ	= Tegangan pada material (N/m ²)
	E	= Modulus elastisitas material (GPa)
	P	= Beban atau gaya yang bekerja pada material (kN/m ²)
	A	= Luas penampang material (m ²)

2.8 Metode Elemen Hingga

Metode elemen hingga atau *Finite Element Method* adalah metode yang digunakan untuk memecahkan permasalahan berupa persamaan dengan menggunakan rumus integral dalam sistem aljabar linear dan non linear dengan ketelitian yang cukup akurat, keunggulan dari penggunaan metode elemen hingga adalah elemen-elemen yang terbentuk akan mendekati nilai elemen sebenarnya sehingga metode numerik ini yang paling banyak dipakai di dunia *engineering*. Metode ini dikenal cukup ampuh dalam memecahkan struktur-struktur yang kompleks dalam analisis mekanika.

Saat ini, banyak sekali *software FEM* bisa ditemukan dengan berbagai mutu dan kemudahan. *Software* ini biasanya sangat memudahkan penggunaannya dalam mengaplikasikan model yang diinginkan. Contoh dari *software* ini diantaranya adalah MSC.NASTRAN, ABAQUS, ANSYS, LSDYNA, dan lainnya. Pengguna *software FEM* kemudian terbiasa melihat *GUI (Graphic User Interface)* yang mana suatu benda didiskritisasi menjadi sekian puluh ribu elemen. Kemudian istilah baru mulai muncul yaitu *Finite Element Modeling*, karena pengguna hanya memodelkan fisik suatu benda dengan elemen-elemen kecil, mendefinisikan sifat-sifat material, memberikan kondisi batas dan pembebanan, kemudian menjalankan *software*, ini dinamakan sebagai *pre-processing*. Kemudian terdapat fase *post-processing*, ini biasanya lebih sulit karena pengguna diharapkan mampu menginterpretasikan hasil, menganalisis nilai dan bentuk fisik yang dihasilkan.

Pada prinsipnya penerapan Metode Elemen Hingga terdiri dari langkah-langkah sebagai berikut:

1. Diskritisasi Domain

Pada tahap ini dilakukan penentuan jenis elemen yang akan digunakan. Elemen-elemen ini bisa berupa elemen linear ataupun non-linear. Elemen-elemen yang berukuran kecil dapat digunakan pada daerah dengan gradasi nilai yang besar.

2. Penentuan Bentuk Fungsi

Pada tahap ini bentuk dari fungsi interpolasi ditentukan. Fungsi yang umum digunakan adalah fungsi polynomial. Tingkat polynomial ini ditentukan oleh jumlah node pada setiap elemen dan syarat kontinuitas yang diperlukan pada batas elemen.

3. Perhitungan Properti Elemen

Fungsi interpolasi yang telah ditentukan pada tahap 2 kemudian disubstitusikan kembali pada persamaan-persamaan diferensial dan diproses untuk mendapatkan system persamaan linear atau sistem matriks yang merupakan properti dari elemen yang terkait.

4. Pembentukan Sistem Persamaan Linear

Matriks-matriks elemen yang terbentuk kemudian digabung menjadi matriks global. Ukuran matriks elemen adalah jumlah node parlemen dikalikan jumlah derajat kebebasan (*degree of freedom*) setiap node. Jadi untuk elemen segitiga dengan 3 node dan 1 *dof*, maka ukuran dari matriks elemennya adalah 3x3. Seandainya setiap node mempunyai 2 *dof* maka ukuran matriks elemennya adalah 6x6.

5. Pemecahan Sistem Persamaan Linear

Sistem global yang terbentuk pada tahap 4 dapat berupa sistem persamaan linear atau sistem persamaan non-linear. Jika sistem yang terbentuk berupa sistem persamaan linear, teknik-teknik umum untuk memecahkan sistem dapat digunakan.

6. *Post-Processing*

Setelah solusi pada tahap 5, hasil dapat ditampilkan berupa grafik kountour atau plot. Jika ada parameter lain yang bergantung pada hasil maka parameter ini dihitung setelah hasil diperoleh.

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). Secara umum penyelesaian elemen hingga menggunakan *ANSYS* dapat dibagi menjadi tiga tahap, yaitu:

1. *Preprocessing* (Pendefinisian Masalah)

Langkah umum dalam *Preprocessing* terdiri dari: (i) mendefinisikan keypoint/lines/areas/volumes, (ii) mendefinisikan tipe elemendan bahan yang digunakan/sifat geometric, dan (iii) meshing lines/areas/volumes sebagaimana diperlukan. Jumlah detail yang dibutuhkan tergantung pada dimensi daerah analisis, ie, ID, 2D, axisymmetric dan 3D.

2. *Solution (Assignment Loads, Constraints, and Solving)*

Pada tahap *Solution* akan diberikan pembebanan (*force* atau *pressure*), *constraints* (translasi dan rotasi) dan kemudian menyelesaikan hasil persamaan model yang telah ditentukan.

3. *Postprocessing (Futher Processing and Viewing of the Results)*

Pengolahan lebih lanjut untuk menampilkan hasil-hasil dari diagram kontur tegangan (*stress*), regangan (*strain*) dan perpindahan titik simpul (*displacement*).