

SKRIPSI

**STUDI PEMINDAHAN UNIT PRODUKSI DARI FPSO PTAP
ONE KE FSO SURYA PUTRA JAYA**

Disusun dan diajukan oleh :

**TANDI
D311 16 304**



**PROGRAM STUDI SARJANA TEKNIK PERKAPALAN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS HASANUDDIN
GOWA
2023**

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

**STUDI PEMINDAHAN UNIT PRODUKSI DARI “FPSO PTAP
ONE” KE “FSO SURYA PUTRA JAYA”**

Disusun dan diajukan oleh

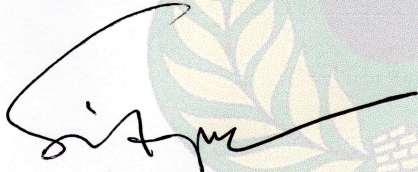
**Tandi
D31116304**


Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka
Penyelesaian
Studi Program Sarjana Program Studi Teknik Perkapalan
Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin
Pada tanggal 04 Agustus 2023
dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

Menyetujui,

Pembimbing Utama

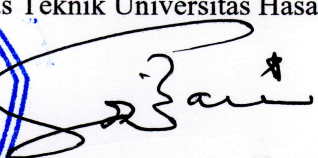
Pembimbing Pendamping


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


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



Ketua Departemen Teknik Perkapalan
Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin


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

PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan dibawah ini ;

Nama : Tandi
NIM : D311 16 304
Program Studi : Teknik Perkapalan
Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulisan saya berjudul

(Studi Pemindahan Unit Produksi dari FPSO PTAP ONE ke FSO Surya Putra Jaya)

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, 08 Agustus 2023

Yang Menyatakan


Tandi

KATA PENGANTAR

Bismillahirrahmanirrahim

Puji syukur kehadiran Allah *subhanahu wa ta'ala*, atas berkat rahmat-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini dengan judul “**Studi Pemindahan Unit Produksi Dari FPSO PTAP ONE ke FSO Surya Putra Jaya**”. Tugas Akhir ini disusun sebagai salah satu persyaratan kelulusan studi stasa satu (S1) di Departemen Teknik Perkapalan, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin. Serta shalawat dan salam selalu tercurahkan kepada *Rasulullah Muhammad Shallallahu 'alaihi wasallam*.

Dalam proses pengerjaan tugas akhir ini terdapat berbagai macam hambatan, namun semuanya dapat teratasi berkat bantuan, bimbingan, kritik dan saran dari berbagai pihak. Penulis menyadari bahwa tugas akhir ini jauh dari kata sempurna dan masih banyak kekurangan. Sehingga penulis sangat mengharapkan kritikan dan saran yang membangun demi kesempurnaan tulisan ini.

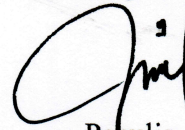
Penulis ingin menyampaikan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada orang tua penulis, Ibunda **Cia** yang senantiasa mendoakan, mendukung, dan memberikan kepercayaan atas setiap proses yang penulis jalani. Penulis juga ingin menyampaikan terima kasih kepada:

1. Bapak **Dr., Ir., Ganding Sitepu, Dipl-Ing.** selaku Ketua Laboratorium Struktur Kapal serta Pembimbing Utama dan Bapak **Hamzah, ST., MT.** selaku pembimbing pendamping serta dosen laboratorium struktur.
2. Ibu **Dr. Eng., Andi Ardianti, ST., MT.** selaku dosen laboratorium struktur serta penguji dan bapak **Fachrianto Fachruddin L. ST., MT.** selaku penguji.
3. Bapak **Prof. Dr. Eng., Suandar Baso, ST., MT.** selaku Ketua Departemen Teknik Perkapalan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin dan selaku penasehat akademik penulis.
4. Bapak Ibu dosen Departemen Teknik Perkapalan yang telah mengajar penulis.
5. Seluruh staff Departemen Teknik Perkapalan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin yang selalu membantu segala administrasi selama kuliah.
6. Kakak Tahik Tangki sekaligus pengganti orang tua yang telah banyak memberikan bantuan untuk penulis dalam menyelesaikan perkuliahan,

7. Bibi dan paman yang telah memberikan perhatian dan dorongan.
8. Sepupu-sepupu yang telah banyak memberi masukan dan membantu penulis.
9. Teman-teman seperjuangan Laboratorium Struktur 2016. Sandi, Nisafr, Dillong, Syahrul, Afdi, Melda, Idil, indah, fadil, Ical dan Ronal.
10. Teman-teman PULMAN 16 yang selalu memberikan semangat dan mengingatkan untuk kerja skripsi.
11. Geng kamar tengah sekret Tajrid yang selalu mendengarkan keluh kesah penulis serta memberikan masukan dan Kholis yang selalu mengingatkan penulis.
12. Teman-teman Naval Architecture 2016 yang menemani selama perkuliahan.
13. Senior junior yang telah bersedia berdiskusi dan berbagi ilmu.
14. Dan juga semua pihak baik secara langsung maupun tidak langsung yang memiliki peranan dan kontribusi yang sangat penting dalam penyelesaian tugas akhir ini.

Semoga Tugas Akhir ini bermanfaat bagi semua pihak.

Gowa, 08 Agustus 2023



Pehulis

ABSTRAK

Tandi. 2023 “Studi Pemindahan Unit Produksi dari FPSO PTAP ONE ke FSO Surya Putra Jaya” (dibimbing oleh **Ganding Sitepu** dan **Hamzah**).

Floating Production Storage and Offloading (FPSO) adalah bangunan lepas pantai yang berfungsi untuk mengolah atau memisahkan minyak mentah, gas, dan air dari sumber sumur produksi. FPSO PTAP ONE adalah bangunan lepas pantai yang sudah tidak beroperasi lagi dikarenakan sudah mengalami kelelahan struktur dan masih memiliki unit produksi yang masih baik dan direncanakan akan dipindahkan ke FSO Surya Putra Jaya. Topside module dipasang di atas dudukan (*seating module*). *Seating module* yang ada pada FSO Surya Putra Jaya tidak dirancang khusus untuk unit produksi yang ada pada kapal FPSO PTAP ONE sehingga pada saat peletakan unit produksi, beberapa tapakan tidak tepat pada balok besar atau pada tumpuan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui bagaimana respon kekuatan struktur *seating module* setelah peletakan unit produksi dari FPSO AP ONE ke FSO Surya Putra Jaya. Beban yang bekerja pada penelitian ini adalah beban statis dari topside module dan beban akibat percepatan. Dalam penelitian ini pemodelan dilakukan menggunakan *software Autodesk AutoCad 2021* dan simulasi numerik menggunakan metode elemen hingga dengan bantuan *software ANSYS Workbench 19.2*. Berdasarkan hasil dari penelitian ini ditemukan lokasi terjadinya tegan maksimum yang melewati tegangan ijin dan deformasi total maksimum disekitar pembebanan frame (66+1320).

Kata Kunci : FPSO, *Seating Module*, respon, struktur.

ABSTRACT

Tandi. 2023. *"Study of Production Unit Transfer from FPSO PTAP ONE to FSO Surya Putra Jaya"* (supervised by **Ganding Sitepu** and **Hamzah**).

Floating Production Storage and Offloading (FPSO) is an offshore facility designed to process and separate crude oil, gas, and water from production well sources. FPSO PTAP ONE is an offshore structure that has ceased operations due to structural fatigue but still possesses functional production units. It is planned to relocate these units to FSO Surya Putra Jaya. The topside modules are installed on a seating module. However, the seating module on FSO Surya Putra Jaya is not specifically designed to accommodate the production units from FPSO PTAP ONE, resulting in some load points not aligning with the main beams or supports during unit placement. This study aims to determine the structural strength response of the seating module after relocating the production unit from FPSO AP ONE to FSO Surya Putra Jaya. The applied loads for this study include static loads from the topside module and loads due to acceleration. The study employs Autodesk AutoCAD 2021 for modeling and numerical simulations utilizing the finite element method with the assistance of ANSYS Workbench 19.2 software. Based on the research findings, locations were identified where maximum stress exceeded permissible values, along with maximum total deformation around the loading frame (66+1320).

Keywords: FPSO, Seating Module, response, structure.

DAFTAR ISI

SKRIPSI	i
LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI.....	i
PERNYATAAN KEASLIAN	ii
KATA PENGANTAR.....	iii
ABSTRAK	v
ABSTRACT.....	vi
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR GAMBAR.....	x
BAB I	1
PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Rumusan Masalah.....	2
1.3. Batasan Masalah	2
1.4. Tujuan Penelitian.....	2
1.5. Manfaat Penelitian.....	2
1.6. Sistematika Penulisan	2
BAB II.....	4
TINJAUAN PUSTAKA.....	4
2.1 Floating Production Storage and Offloading (FPSO)	4
2.2 Pilar.....	5
2.3 Pembebanan	5
2.3.1 Beban Statis	5
2.3.2 Beban Akibat Pengaruh Percepatan.....	6
2.4 Tegangan Normal.....	8
2.5 Metode Elemen Hingga.....	9
2.6 Ansys	10
BAB III	12
METODE PENELITIAN	12
3.1 Waktu dan Lokasi Penelitian	12

3.2	Data Penelitian	12
3.3	Prosedur Penelitian	13
3.3.1	Studi Literatur	13
3.3.2	Pengumpulan Data Penelitian	13
3.3.3	Pengolahan Data.....	13
3.3.4	Pre Processing.....	13
3.4	Kerangka Alur Penelitian.....	18
BAB IV.....		19
HASIL DAN PEMBAHASAN		19
4.1	Pembebanan pada Struktur	19
4.1.1	Beban Statis	19
4.1.2	Beban Akibat Percepatan	19
4.2	Variasi Pembebanan	24
4.3	Analisis Kekuatan Struktur Seating Module	25
4.3.1	Pembebanan 1.....	25
4.3.2	Pembebanan 2.....	28
4.3.3	Pembebanan 3.....	31
4.3.4	Pembebanan 4.....	34
4.3.5	Pembebanan 5.....	38
4.4	Grafik Hubungan Pembebanan Terhadap tegangan dan Deformasi.....	41
Total		41
BAB V		44
PENUTUP		44
5.1	Kesimpulan	44
5.2	Saran	44
DAFTAR PUSTAKA		45

DAFTAR TABEL

Table 4. 1 Koefisien Percepatan Transversal	21
Table 4. 2 Koefisien Percepatan Vertikal	22
Table 4. 3 Beban Akibat Pengaruh Percepatan	24
Table 4. 4 Variasi Pembebanan pada Struktur <i>Seating Module</i>	24
Table 4. 5 Hasil Tegangan Normal X,Y,Z Dan Von Mises	41
Table 4. 6 Hasil Deformasi Total	43

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 FPSO PTAP ONE	4
Gambar 2. 2 <i>Normal Stress</i> (tegangan Tarik dan tekan).....	8
Gambar 3. 1 Sketsa seating module 2D	13
Gambar 3. 2 Struktur seating module 3D	14
Gambar 3. 3 Properti Material Model	15
Gambar 3. 4 Hasil meshing struktur seating module	16
Gambar 3. 5 Fixed Support pada model	16
Gambar 3. 6 Pembebanan pada seating module	17
Gambar 3. 7 Hasil Solving Yang Berhasil	17
Gambar 4. 1 Kontur Tegangan Von Mises <i>Seating Module</i>	26
Gambar 4. 2 Kontur Tegangan Normal Arah X.....	26
Gambar 4. 3 Kontur Tegangan Normal arah Y <i>Seating Module</i>	27
Gambar 4. 4 Kontur Tegangan Normal Arah Z	27
Gambar 4. 5 Kontur Deformasi Total	28
Gambar 4. 6 Kontur Tegangan Von Mises <i>Seating Module</i>	29
Gambar 4. 7 Kontur Tegangan Normal Arah X.....	29
Gambar 4. 8 Kontur Tegangan Normal Arah Y <i>Seating Module</i>	30
Gambar 4. 9 Kontur Tegangan Normal Arah Z <i>Seating Module</i>	30
Gambar 4. 10 Kontur Deformasi Total <i>Seating Module</i>	31
Gambar 4. 11 Kontur Tegangan Von Mises <i>Seating Module</i>	32
Gambar 4. 12 Kontur Tegangan Normal Arah X <i>Seating Module</i>	32
Gambar 4. 13 Kontur Tegangan Normal Arah Y Maksimum	33
Gambar 4. 14 Kontur Tegangan Normal Arah Z Maksimum.....	33
Gambar 4. 15 Kontur Deformasi Total Max	34
Gambar 4. 16 Kontur Tegangan Equivalent <i>Seating Module</i>	35
Gambar 4. 17 Kontur Tegangan Normal Arah X <i>Seating Module</i>	36
Gambar 4. 18 Kontur Tegangan Normal Arah Y <i>Seating Module</i>	36
Gambar 4. 19 Kontur Tegangan Normal Arah Z <i>Seating Module</i>	37
Gambar 4. 20 Kontur Deformasi Total	37
Gambar 4. 21 Kontur Tegangan Equivalent <i>Seating Module</i>	38
Gambar 4. 22 Kontur Tegangan Normal Arah X <i>Seating Module</i>	39
Gambar 4. 23 Kontur Tegangan Normal Arah Y <i>Seating Module</i>	39
Gambar 4. 24 Gambar Kontur Tegangan Normal Arah Z	40
Gambar 4. 25 Kontur Deformasi Total	41

Gambar 4. 26 Diagram Tegangan Arah X,Y,Z Dan Tegangan Von Mises Terhadap Tegangan Ijin	42
Gambar 4. 27 diagram Deformasi Total	43

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Struktur merupakan bagian vital yang berfungsi menopang beban sebuah bangunan. Setiap bangun struktur akan mengalami kelelahan seiring berjalannya waktu, yang membuat kekuatan struktur semakin melemah sehingga membuat struktur tersebut tidak lagi mampu menopang beban yang ada dan harus diistirahatkan. Sama halnya yang terjadi pada kapal *Floating Production Storage and Offloading (FPSO) AP ONE*.

Kapal *Floating Production Storage and Offloading (FPSO) AP ONE* yang sudah mengalami kelemahan struktur yang diakibatkan umur yang panjang, namun memiliki production unit yang masih layak untuk digunakan. Untuk memanfaatkan production unit tersebut, maka direncanakan dipindahkan dan dipasang ke *Floating Storage Offloading (FSO) Surya Putra Jaya*. Namun supporting unit atau seating module yang ada di kapal FSO Surya Putra Jaya ini awalnya bukan di rancang untuk unit produksi yang ada pada kapal FPSO AP ONE sehingga pada saat peletakan unit produksi ini beberapa tapakan pada supporting unit tidak tepat pada gading besar.

Dalam pemindahan unit produksi ini dari FPSO AP ONE ke FSO Surya Putra Jaya tentu saja akan memberikan beban struktur kepada struktur penumpu unit (*seating module*) yang ada pada FSO Surya Jaya. Berdasarkan permasalahan tersebut, maka akan dilakukan studi berjudul “Studi Pemindahan Unit Produksi dari “FPSO AP ONE” ke “FSO Surya Putra Jaya” untuk mengetahui apakah struktur penumpu unit (*seating module*) yang ada pada FSO Surya Putra Jaya mampu menahan beban dari unit produksi (*topside module*).

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan sebelumnya, maka rumusan masalah dalam penelitian ini yaitu :

- a. Bagaimana respon struktur (tegangan normal, tegangan Von Mises dan deformasi total) *seating module* setelah pembebanan
- b. Apakah perlu dilakukan penambahan struktur

1.3. Batasan Masalah

Karena cakupan masalah yang luas pada penelitian ini maka penulis membatasi ruang lingkup permasalahan yaitu :

1. Analisa dilakukan hanya pada *support production unit*.
2. Pengujian dilakukan dengan Software ANSYS
3. *Topside module* tidak dimodelkan tapi dikonversi menjadi beban.

1.4. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah “ untuk mengetahui respon struktur pada platform setelah unit production dipindahkan dari FPSO AP ONE ke FSO SURYA PUTRA JAYA”

1.5. Manfaat Penelitian

Diharapkan penelitian ini dapat dijadikan sebagai referensi dalam pembelajaran struktur khususnya kapal dan bangunan lepas pantai.

1.6. Sistematika Penulisan

Untuk membantu materi yang dibahas dalam penelitian ini maka uraian singkat bab adalah sebagai berikut :

BAB I PENDAHULUAN

Berisi latar belakang, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan yang akan dicapai dan manfaat untuk penulis dan pembaca serta sistematika penulisan skripsi.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab ini dipaparkan sumber kajian pustaka yang dapat mendukung permasalahan dalam penelitian.

BAB III METODE PENELITIAN

Dalam bab ini berisi lokasi dan waktu penelitian, jenis dan sumber data penelitian, metode penelitian, metode pengumpulan data, teknik analisis data, serta kerangka pemikiran untuk memperoleh kesimpulan.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Berisi pembahasan dan hasil analisis data yang telah didapatkan

BAB V PENUTUP

Berisikan kesimpulan yang diperoleh dari penelitian dan saran-saran.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Floating Production Storage and Offloading (FPSO)

FPSO (Floating Production Storage and Offloading) adalah bangunan terapung paling produktif dibidang industry lepas pantai yang dikembangkan pada tahun 1970 untuk menghasilkan minyak dan gas dengan menggunakan jaringan pipa atau struktur tetap. FPSO merupakan bangunan pengeboran dan penyimpanan minyak lepas pantai yang bersifat portable, dalam artian dapat berpindah-pindah. Adapun hasil pemisahan dari produk pengeboran adalah crude oil, air dan gas. Sebuah kapal yang hanya digunakan untuk menyimpan minyak disebut sebagai Floating Storage and Offloading (FSO). FPSO memiliki karakteristik berbeda dengan FSO yaitu terletak pada production unit (*proses module*) sedangkan FSO tidak memiliki system produksi olah minyak. Walaupun demikian FPSO dapat dibangun dengan konversi FSO.



Gambar 2. 1 FPSO PTAP ONE
(sumber :PT. Tristar Marine,2020)

2.2 Pilar

Pengertian dari 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 (Nasution,2020).

Berdasarkan peraturan Biro Klasifikasi 2021, luasan penampang minimum pilar yaitu:

$$A_{req} = 10 \times (P_s/\sigma_p) \quad (2.1)$$

Dimana :

A_{req} = Luasan penampang minimum pilar

P_s = Beban yang diterima oleh pilar

σ_p = tegangan izin maksimum yang dialami oleh pilar

2.3 Pembebanan

2.3.1 Beban Statis

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

$$F = m \times g \quad (2.2)$$

Di mana:

F = beban statis (N)

m = berat konstruksi (kg)

g = percepatan gravitasi (m/s^2)

2.3.2 Beban Akibat Pengaruh Percepatan

Pada saat kapal bergerak, maka akan ada faktor percepatan akibat gerakan kapal. Adapun perhitungan koefisien pengaruh percepatan akibat gerakan kapal dihitung berdasarkan BKI *Rules for Hull* 2021. Berikut perhitungan koefisien pengaruh percepatan:

- a. Percepatan transversal (a_y), disebabkan oleh gerakan sway, yaw, dan roll termasuk komponen gravitasi roll. Berikut perhitungan percepatan arah transversal:

$$a_y = \pm a_0 \sqrt{0,6 + 2,5 \left[\frac{x}{L} + 0,45 \right]^2 + k \left[1 + 0,6 k \frac{z-T}{B} \right]} \quad (2.3)$$

Di mana:

a_y = koefisien percepatan transversal

L = panjang kapal (m)

x = posisi pembebanan terhadap panjang kapal (m)

k = $\frac{13 GM}{B}$

k_{min} = 1

z = posisi beban terhadap baseline (m)

T = sarat kapal (m)

B = lebar kapal (m)

a_0 = percepatan dasar, didefinisikan sebagai:

$$= \left[0,2 \frac{v_0}{\sqrt{L_0}} + \frac{3 - c_0 - c_L}{L_0} \right] \quad (2.4)$$

Di mana :

v_0 = kecepatan kapal (knot)

- L_0 = panjang kapal (m)
 c_0 = koefisien gelombang
 c_L = koefisien panjang

- b. Percepatan vertikal (a_z), disebabkan oleh gerakan heave dan pitch. Berikut perhitungan percepatan arah vertikal:

$$a_z = \pm a_0 \sqrt{1 + \left[5,3 - \frac{4,5}{L}\right]^2 \left[\frac{x}{L} - 0,45\right]^2 \left[\frac{0,6}{Cb}\right]^{1,5}} \quad (2.5)$$

Dimana:

- a_z = koefisien percepatan vertikal
 Cb = koefisien blok

- c. Percepatan longitudinal (a_x), disebabkan oleh gerakan surge dan pitch termasuk komponen gravitasi pitch.

$$a_x = \pm a_0 \sqrt{0,06 + A^2 - 0,25 \cdot A} \quad (2.6)$$

Dimana:

- a_x = koefisien percepatan longitudinal
 A = koefisien

$$= \left[0,7 - \frac{L}{1200} + 5 \cdot \frac{z-T}{L}\right] \frac{0,6}{Cb} \quad (2.7)$$

Setelah mendapat besarnya nilai koefisien percepatan untuk setiap arah gerakan, maka besar gaya akibat percepatan dapat dihitung menggunakan persamaan berikut:

$$W = m \cdot g (1 + a) \quad (2.8)$$

Dimana:

- W = beban akibat percepatan (N)

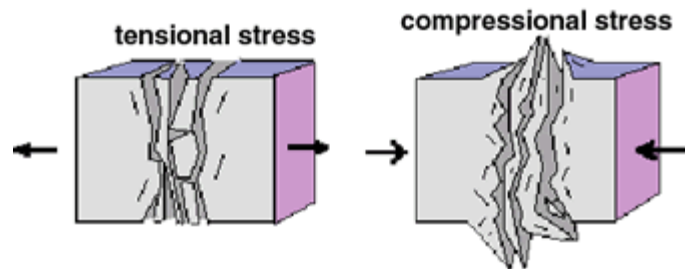
m	=	massa (kg)
g	=	percepatan gravitasi (m/s^2)
a	=	koefisien percepatan

2.4 Tegangan Normal

Tegangan adalah besaran yang menunjukkan gaya internal antar partikel dari suatu bahan terhadap partikel lainnya. Dengan mengasumsikan bahwa tegangan terbagi rata di seluruh potongan penampang, dapat melihat bahwa resultannya harus sama dengan intensitas s dikalikan dengan luas penampang A dari batang tersebut. Dengan demikian, besarnya tegangan dapat dinyatakan dengan rumus:

$$\sigma = \frac{P}{A} \quad (2.9)$$

Dimana:	σ	=	tegangan normal (N/mm^2)
	P	=	gaya (N)
	A	=	luas penampang (mm^2)



Gambar 2. 2 *Normal Stress* (tegangan Tarik dan tekan)

Persamaan di atas memberikan intensitas tegangan merata pada bidang prismatic yang dibebani secara aksial dengan penampang sembarang. Apabila batang ini ditarik dengan gaya P , maka tegangannya adalah tegangan tarik (tensional stress) dan apabila gayanya mempunyai arah sebaliknya sehingga menyebabkan batang tersebut mengalami tekan, maka terjadi tegangan tekan (compressive stress). Karena tegangan ini mempunyai arah tegak lurus permukaan

potongan, maka tegangan ini disebut tegangan normal (normal stress). Jadi tegangan normal dapat berupa tarik atau tekan (Gere dan Timoshenko, 2000).

2.5 Metode Elemen Hingga

Metode elemen hingga adalah metode numerik yang digunakan untuk menyelesaikan permasalahan teknik dan problem matematis. Tipe permasalahan teknik dan matematis yang dapat diselesaikan dengan metode elemen hingga terbagi dalam dua kelompok, yaitu kelompok analisa struktur dan kelompok non struktur. (Susatio, 2004).

Tipe-tipe permasalahan struktur yang dapat diselesaikan dengan metode elemen hingga dalam Susatio (2004) meliputi :

1. Analisa tegangan, meliputi analisa Truss dan frame serta masalah-masalah yang berhubungan dengan tegangan-tegangan yang terkonsentrasi.
2. Buckling.
3. Analisa getaran

Adapun problem non struktur yang dapat diselesaikan dengan metode elemen hingga dalam Susatio (2004) meliputi :

1. Perpindahan panas dan massa.
2. Mekanika fluida, termasuk aliran fluida yang melewati poros.
3. Distribusi dan potensial listrik dan potensi magnet.

Pada persoalan geometri yang rumit seperti pembebanan pada struktur yang kompleks, umumnya sulit diselesaikan dengan matematika analisis karena memerlukan besaran atau harga yang harus diketahui pada setiap titik pada struktur yang dikaji. Permasalahan geometri yang kompleks dan pembebanan yang rumit dapat diatasi dengan formulasi elemen hingga.

Dikritisasi adalah proses pemodelan dari struktur atau objek dengan membagi elemen-elemen kecil (elemen hingga) yang terhubung oleh titik-titik (nodes) yang digunakan oleh elemen-elemen tersebut dan sebagai batas dari struktur. Dalam metode elemen hingga persamaan dari seluruh sistem dibentuk dari penggabungan persamaan elemen-elemennya. Untuk masalah struktur, penyelesaian yang di dapat adalah deformasi pada setiap titik (nodes) yang

selanjutnya digunakan untuk mendapatkan besaran regangan (strain) dan tegangan (stress).

Penyelesaian dari metode elemen hingga umumnya menggunakan metode matriks serta memerlukan perhitungan yang sangat banyak dan berulang-ulang dari persamaan yang sama, sehingga memerlukan sarana komputer dan pemrogramannya. Penyelesaian dari seluruh sistem umumnya merupakan penyelesaian persamaan serentak yang dinyatakan dalam bentuk matriks dan diselesaikan dengan menggunakan persamaan serentak (Adityo dkk, 2015).

Dalam Pujo (2011) jenis analisa yang biasa digunakan dalam metode elemen hingga yaitu:

1. Analisa Linear Statis (Linear Static Analysys)

Analisa linear statis merupakan analisa yang digunakan untuk mengetahui kondisi struktur pada pembebanan linear. Jenis pembebanan yang dilakukan pada analisis ini antara lain pembebanan berupa gaya, tekanan, dan steady state temperature.

2. Analisa Non Liniar Statis (Non Linear Static Analysis)

Apabila struktur mengalami pembebanan di atas titik luluhnya (yield point), maka hubungan tegangan dan regangan sudah tidak linear. Dengan kondisi ini Modulus Young dari material cenderung berubah selama analisa, yang mengakibatkan deformasi permanen (plastis) pada struktur.

3. Analisa Dinamik

Analisis dinamik merupakan analisis yang digunakan pada struktur dengan pembebanan yang berubah terhadap waktu ataupun frekuensi. Jenis pembebanan yang dapat diterapkan dalam analisa dinamik ini adalah gaya dinamik, frekuensi atau getaran paksa terhadap model.

2.6 Ansys

Ansys merupakan software bantu untuk melakukan analisis pada metode elemen hingga. Ansys memiliki beberapa program yaitu fluid dynamics, structural mechanics, electromagnetics, systems dan multihysics. Untuk menyelesaikan

analisa struktur digunakan program Structural mechanics (Mechanical APDL) (Wira, 2017).

Secara umum penyelesaian metode elemen hingga menggunakan ANSYS dapat dibagi menjadi beberapa tahap yaitu (Moaveni, 1999):

1. Preprocessing phase
 - a. Membuat Mengasumsikan bentuk fungsi untuk menggambarkan perilaku fisik suatu elemen, yang merupakan pendekatan fungsi kontinu yang menggambarkan solusi suatu elemen
 - b. Mengembangkan persamaan elemen
 - c. Menggabungkan elemen untuk mewakili seluruh permasalahan. Membuat matriks kekakuan global
 - d. Menetapkan kondisi batas, kondisi awal, dan pembebanan
 - e. solusi persamaan elemen hingga dengan membagi masalah menjadi node dan elemen
2. Solution Phase

Selesaikan satu set persamaan aljabar linier atau non linier secara simultan untuk mendapatkan hasil nodal seperti nilai perpindahan pada node yang berbeda.
3. Postprocessing Phase

Pada tahap ini diperoleh banyak informasi seperti nilai tegangan utama, fluks panas, dan sebagainya.