

**APLIKASI METODE ELEMEN HINGGA
PADA ANALISIS STRUKTUR BANGUNAN
LEPAS PANTAI TIPE JACKET**

UU No 28 tahun 2014 tentang Hak Cipta

Fungsi dan sifat hak cipta Pasal 4

Hak Cipta sebagaimana dimaksud dalam Pasal 3 huruf a merupakan hak eksklusif yang terdiri atas hak moral dan hak ekonomi.

Pembatasan Pelindungan Pasal 26

Ketentuan sebagaimana dimaksud dalam Pasal 23, Pasal 24, dan Pasal 25 tidak berlaku terhadap:

- i. Penggunaan kutipan singkat Ciptaan dan/atau produk Hak Terkait untuk pelaporan peristiwa aktual yang ditujukan hanya untuk keperluan penyediaan informasi aktual;
- ii. Penggandaan Ciptaan dan/atau produk Hak Terkait hanya untuk kepentingan penelitian ilmu pengetahuan;
- iii. Penggandaan Ciptaan dan/atau produk Hak Terkait hanya untuk keperluan pengajaran, kecuali pertunjukan dan Fonogram yang telah dilakukan Pengumuman sebagai bahan ajar; dan
- iv. Penggunaan untuk kepentingan pendidikan dan pengembangan ilmu pengetahuan yang memungkinkan suatu Ciptaan dan/atau produk Hak Terkait dapat digunakan tanpa izin Pelaku Pertunjukan, Produser Fonogram, atau Lembaga Penyiaran.

Sanksi Pelanggaran Pasal 113

1. Setiap Orang yang dengan tanpa hak melakukan pelanggaran hak ekonomi sebagaimana dimaksud dalam Pasal 9 ayat (1) huruf i untuk Penggunaan Secara Komersial dipidana dengan pidana penjara paling lama 1 (satu) tahun dan/atau pidana denda paling banyak Rp100.000.000 (seratus juta rupiah).
2. Setiap Orang yang dengan tanpa hak dan/atau tanpa izin Pencipta atau pemegang Hak Cipta melakukan pelanggaran hak ekonomi Pencipta sebagaimana dimaksud dalam Pasal 9 ayat (1) huruf c, huruf d, huruf f, dan/atau huruf h untuk Penggunaan Secara Komersial dipidana dengan pidana penjara paling lama 3 (tiga) tahun dan/atau pidana denda paling banyak Rp500.000.000,00 (lima ratus juta rupiah).

Muhammad Zubair Muis Alie, Ph.D.
Indah Melati Suci, S.T.

**APLIKASI METODE ELEMEN HINGGA
PADA ANALISIS STRUKTUR BANGUNAN
LEPAS PANTAI TIPE JACKET**

Editor :
Muhammad Arpan Rachman

 **deepublish**
glorify and develop the intellectual of human's life

**APLIKASI METODE ELEMEN HINGGA PADA ANALISIS
STRUKTUR BANGUNAN LEPAS PANTAI TIPE JACKET**

Muhammad Zubair Muis Alie & Indah Melati Suci

Editor :
Muhammad Arpan Rachman

Desain Cover :
Dwi Novidiantoko

Sumber :
www.shutterstock.com

Tata Letak :
Gofur Dyah Ayu

Proofreader :
Mira Muarifah

Ukuran :
x, 46 hlm, Uk: 20x29 cm

ISBN :
978-623-02-3294-7

Cetakan Pertama :
Agustus 2021

Hak Cipta 2021, Pada Penulis

Isi diluar tanggung jawab percetakan

Copyright © 2021 by Deepublish Publisher
All Right Reserved

Hak cipta dilindungi undang-undang
Dilarang keras menerjemahkan, memfotokopi, atau
memperbanyak sebagian atau seluruh isi buku ini
tanpa izin tertulis dari Penerbit.

PENERBIT DEEPUBLISH
(Grup Penerbitan CV BUDI UTAMA)

Anggota IKAPI (076/DIY/2012)

Jl.Rajawali, G. Elang 6, No 3, Drono, Sardonoharjo, Ngaglik, Sleman

Jl.Kaliurang Km.9,3 – Yogyakarta 55581

Telp/Faks: (0274) 4533427

Website: www.deepublish.co.id

www.penerbitdeepublish.com

E-mail: cs@deepublish.co.id

PRAKATA

Puji syukur kepada Allah, *Rabb* semesta alam, karena atas rahmat dan hidayah yang diberikan kepada penulis sehingga buku ini dapat diselesaikan. *Shalawat* dan salam semoga tercurah kepada Nabi Muhammad *Shallallahu Alaihi Wasallam*, segenap keluarga, sahabat, dan para pengikutnya.

Dalam buku ini, penulis memaparkan aplikasi **Metode Elemen Hingga** untuk menganalisis struktur bangunan lepas pantai tipe *jacket*. Pendahuluan menjadi awal di mana dipaparkan studi-studi yang telah membahas analisis struktur bangunan lepas pantai. Selanjutnya dijelaskan konsep dasar Metode Elemen Hingga, data struktur, material, penampang, tumpuan serta beban, analisis struktur, diskusi, dan bagian akhir adalah kesimpulan. Aplikasi Metode Elemen Hingga pada analisis struktur khususnya pada struktur *jacket* memberi kontribusi yang sangat besar karena dapat memberi informasi yang lebih detail perilaku struktur sebelum dan sesudah mengalami pembebanan. Luaran dari hasil analisis dengan menggunakan Metode Elemen Hingga pada contoh struktur *jacket* ini adalah interaksi tegangan-tegangan yang bekerja berupa aksial dan lentur yang dibandingkan dengan tegangan aksial dan lentur yang diizinkan menurut salah satu regulasi yang menjadi acuan pada contoh dalam buku ini.

Akhir kata, penulis mengucapkan terima kasih kepada segala pihak yang tidak bisa disebutkan satu per satu atas bantuannya dalam penyusunan buku ini. Semoga buku ini bernilai ibadah bagi penulis dan memberi kontribusi serta manfaat khususnya analisis kekuatan struktur *jacket* berbasis Metode Elemen Hingga. *Aamiin*.

Makassar, Juni 2021

Penulis

DAFTAR ISI

PRAKATA	v
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR GAMBAR	vii
DAFTAR TABEL	ix
GLOSARIUM	x
BAB 1 PENDAHULUAN.....	1
1.1. Umum	1
1.2. Rumusan Masalah.....	3
BAB 2 KONSEP DASAR ELEMEN HINGGA.....	4
2.1. Pengertian	4
2.2. Rumus Dasar.....	4
2.3. Penjelasan Metode	6
BAB 3 DATA STRUKTUR JACKET	8
3.1. Data Karakteristik Lingkungan.....	8
3.2. Data Konstruksi Bangunan	8
3.3. Data Beban Lingkungan	10
BAB 4 PEMODELAN.....	17
4.1. Input Model	17
BAB 5 MATERIAL, PENAMPANG, DAN TUMPUAN.....	20
5.1. Menetapkan Material	20
5.2. Menetapkan Penampang.....	21
BAB 6 BEBAN.....	26
6.1. Beban Geladak.....	26
6.2. Beban Gelombang	27
6.3. Beban Arus	28
BAB 7 ANALISIS.....	30
BAB 8 DISKUSI.....	39
BAB 9 KESIMPULAN.....	41
REFERENSI.....	42
INDEKS	44
PROFIL PENULIS.....	46

DAFTAR GAMBAR

Gambar 4.1.	Desain Struktur AutoCAD.....	17
Gambar 4.2.	Save File dxf.....	18
Gambar 4.3.	Import File dxf.....	18
Gambar 4.4.	Import File dxf.....	19
Gambar 5.1.	Menambahkan Jenis Material.....	20
Gambar 5.2.	Memilih Jenis Material.....	21
Gambar 5.3.	Menu Section Properties.....	21
Gambar 5.4.	Menambahkan Tipe Penampang.....	22
Gambar 5.5.	Tipe Penampang.....	22
Gambar 5.6.	Ukuran Penampang.....	23
Gambar 5.7.	Posisi Joint.....	24
Gambar 5.8.	Tumpuan.....	25
Gambar 6.1.	Beban Geladak.....	26
Gambar 6.2.	Input Beban Geladak.....	27
Gambar 6.3.	Beban Gelombang.....	27
Gambar 6.4.	Input Beban Gelombang.....	28
Gambar 6.5.	Beban Arus.....	28
Gambar 6.6.	Input Beban Arus.....	29
Gambar 7.1.	Set Load Cases to Run.....	30
Gambar 7.2.	Bentuk Deformasi Struktur.....	31
Gambar 7.3.	Local Axes.....	31
Gambar 7.4.	Reaksi Tumpuan.....	32
Gambar 7.5.	Input dari Reaksi Tumpuan.....	32
Gambar 7.6.	Gaya Batang.....	33
Gambar 7.7.	Beban Axial.....	34
Gambar 7.8.	Display Load Assign.....	34
Gambar 7.9.	Beban Gelombang.....	35
Gambar 7.10.	Display Load Assign.....	35

Gambar 7.11. Beban Arus	36
Gambar 7.12. Chose Table for Display	36
Gambar 7.13. Ratio.....	37

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1.	Karakteristik Lingkungan	8
Tabel 3.2.	Rangka Tubular.....	9
Tabel 3.3.	Luas dan Berat Geladak.....	9
Tabel 3.4.	Beban Gelombang.....	11
Tabel 3.5.	Beban Arus.....	14
Tabel 3.6.	Beban Angin	16

GLOSARIUM

- AutoCAD : *Software* yang digunakan untuk pemodelan struktur.
- SAP 2000 : *Software* yang digunakan untuk pemodelan dan analisis struktur.
- FEM : Metode elemen hingga untuk menganalisis struktur yang berbasis numerik.
- Deformasi : Perubahan bentuk pada struktur yang disebabkan oleh beban yang bekerja.
- Modulus Elastisitas : Angka yang digunakan untuk mengukur objek atau ketahanan bahan yang mengalami deformasi elastis ketika gaya diterapkan pada benda itu.
- Torsional Stress : Tegangan torsi adalah tegangan yang disebabkan oleh gaya putar.
- Axial Stress : Tegangan aksial di mana gaya yang bekerja tegak lurus sumbu penampang di mana luas penampang konstan.
- Bending Stress : Tegangan lentur adalah tegangan yang bekerja pada arah membujur suatu benda.
- Local Buckling : Tekuk lokal merupakan peristiwa tertekuknya sebuah elemen yang disebabkan oleh rasio dimensi elemen yang terlalu besar.
- IR : *Interaction Ratio* adalah perbandingan tegangan yang bekerja dan tegangan ijin

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1. Umum

Saat ini Indonesia telah memasuki era *deepwater technology* dalam bidang industri lepas pantai yang dikembangkan untuk menunjang pertumbuhan industri gas dan minyak, khususnya di bidang eksplorasi dan eksploitasi gas dan minyak di lepas pantai. Di Indonesia sendiri diperkirakan terdapat lebih dari 50 cekungan potensial yang dapat menghasilkan minyak dan gas bumi (Fertl, 2010).

Deepwater biasanya didefinisikan untuk wilayah lepas pantai di mana kedalaman air, dari dasar laut (garis lumpur) ke permukaan laut, adalah antara 1000 kaki dan 5000 kaki, dan wilayah dengan kedalaman air di atas 5000 kaki biasanya disebut sebagai perairan ultra-laut dalam. Perbedaan antara perairan laut dalam dan perairan ultra-laut dalam, ditetapkan atas bidang lepas pantai dengan kedalaman air lebih dari 1000 kaki sebagai bidang perairan dalam (Wu, 2018).

Bidang teknologi meliputi keselamatan, lingkungan, survei dan pencitraan, pengeboran, operasi produksi, bawah laut, intervensi, jaringan pipa, dan platform (Garside, R. *et al.*, 2001). Sejak dimulainya industri minyak modern sekitar 150 tahun yang lalu, *deepwater technology* sudah tidak asing lagi bagi sebagian besar bisnis di sektor industri ini.

Untuk mengeksplorasi dan mengeksploitasi sumber daya tersebut dibutuhkan sarana yang memadai berupa struktur bangunan lepas pantai. Dalam perencanaan dan perancangan sistem perpipaan bawah laut yang kompleks selain mampu mengatasi kondisi dasar laut yang memiliki beban lingkungan, juga harus mampu lebih teliti dalam memilih dan menggunakan bahan material yang dianggap lebih efektif, sehingga penggunaan material lebih ekonomis (Boyer, 1997).

Bangunan lepas pantai dalam masa operasinya bisa mengalami suatu insiden yang dapat mengurangi integritas struktur bangunan tersebut. Insiden yang terjadi bisa bermacam-macam, bisa berupa tumbukan kapal, gempa bumi, ledakan, *settlement*, *subsidence*, dan lain sebagainya yang bisa membahayakan kelangsungan operasi dari bangunan lepas pantai tersebut. Salah satu kejadian yang banyak dialami oleh bangunan lepas pantai adalah *settlement* yang akan berujung pada penurunan *deck clearance* atau *air gap* yang telah ditentukan dalam perencanaan. Selain itu *settlement* juga bisa terjadi secara lokal yang artinya penurunan setiap titik pada permukaan tanah tidak sama dan tentu ini

akan berujung pada kemiringan bangunan lepas pantai atau *platform* tersebut (Chakrabarti, 2005).

Struktur *jacket* merupakan struktur rangka baja. Semakin tinggi atau banyak jumlah tingkat bangunan lepas pantai, maka kestabilan lateral ini semakin menurun walaupun desain kekuatan elemen struktur sudah memenuhi kriteria perancangan. Hal ini dapat dilihat dari besarnya perpindahan lateral maksimum yang meningkat yang dapat melebihi indeks simpangan lateral yang ditentukan (Chakrabarti, 2010).

Struktur anjungan lepas pantai memiliki perhitungan yang lebih rumit dibandingkan dengan struktur yang berada di daratan. Hal ini dikarenakan banyaknya beban yang menggambarkan kondisi perairan yang akan dikaji. Selain itu, dalam menganalisis struktur tersebut dibutuhkan desain struktur yang aman dan dapat memenuhi kebutuhan selama masa operasinya (Chandrasekaran, 2018).

Kecenderungan yang perlu diperhatikan dalam perencanaan Bangunan Lepas Pantai adalah proses perancangan struktur yang banyak diformulasikan dalam prosedur yang logis, yakni keputusan dalam penetapan variabel-variabel perancangan (material, konfigurasi, pengaturan tata ruang, susunan konstruksi) tetap dalam kontrol perancang. Sehubungan dengan itu, variasi target perancangan yang dicapai telah bertambah, yang bila di masa lalu berat struktur dan biaya awal merupakan faktor yang perlu dipikirkan, maka target baru telah mulai ditinjau yakni mengenai faktor ketepatan dalam hal fungsi struktur (*functionality*) sampai pada faktor kemudahan dalam pembongkaran kembali struktur (*disposability*), serta keseimbangan antara pemenuhan berbagai target seperti tujuan operasi, antara lain: nilai mutu struktur dalam memberikan kenyamanan (*habitability*), nilai keandalan struktur (*reliability*), nilai proporsional struktur untuk keseluruhan umur operasional (*availability*), kemampuan struktur untuk tetap selamat selama dalam proses pengoperasian (*safety*) dan kemampuan struktur untuk tetap selamat dari tingkat kerusakan yang ekstrem pada suatu periode tertentu (*damage tolerance*) (Maher, 1995).

Analisis kekuatan struktur *jacket* sudah banyak dilakukan oleh peneliti sebelumnya. Desain optimasi topologi untuk struktur *jacket platform* lepas pantai oleh Tian, X dan Wang, Q (2019). Performa keruntuhan seismik platform lepas pantai *jacket* dengan waktu-model korosi zona varian oleh Yang, Y dan Wu, Q (2019). Teknik estimasi *point* untuk keandalan analisis struktur kapal oleh Rajagopalan (1992). Varian waktu penilaian keandalan struktur kapal dengan cepat teknik integrasi oleh Zayed dan Garbatov (2013). Kekuatan sisa tekan aksial dari tabung melingkar setelah tumbukan lateral oleh Ruoxuan dan Yanagihara (2019). Desain pelat kaku berbasis keandalan pada struktur kapal yang bergantung pada roda pemuatan tambalan oleh Omidali dan Khedmati (2018).

Guede (2019) melakukan analisis tentang manajemen integritas struktural berbasis risiko untuk *jacket* lepas pantai platform. Dong dan Garbatov (2021) menganalisis penilaian keandalan kelelahan berbasis regangan pada sambungan las di struktur kapal. Muis Alie (2016) menganalisis pengaruh bentuk konfigurasi simetris dan asimetris terhadap analisis *buckling* dan *fatigue strength* pada *fixed offshore platform*. Muis Alie, *et al.* (2015) menganalisis pengaruh bentuk simetris dan asimetris terhadap kekuatan tekuk pada platform lepas pantai.

1.2. Rumusan Masalah

Untuk menganalisis struktur bangunan lepas pantai dengan tipe *jacket* dibutuhkan perhitungan yang lebih akurat. Oleh karena itu, dengan menggunakan Metode Elemen Hingga, maka permasalahan analisis struktur bangunan lepas pantai bisa diselesaikan dan memperoleh hasil yang lebih presisi. Keuntungan lain dengan menggunakan metode ini adalah perilaku struktur seperti tegangan dan deformasi dapat ditampilkan secara grafik dan gambar dalam bentuk tiga dimensi sehingga memudahkan untuk mengetahui secara detail elemen-elemen dari struktur yang mengalami perubahan bentuk akibat beban-beban internal maupun eksternal yang bekerja.

Analisis kekuatan struktur bangunan lepas pantai dilakukan dengan Metode Elemen Hingga atau FEM (*Finite Element Method*), adalah prosedur numerik yang dapat dipakai untuk menyelesaikan masalah-masalah dalam bidang rekayasa (*engineering*) baik dalam bidang teknik struktur, mesin, elektro, dan lain-lain. Elemen Hingga juga merupakan salah satu metode yang paling berguna untuk mengetahui deformasi atau perubahan bentuk struktur bangunan lepas pantai akibat beban. Selain itu, sangat berguna untuk mengetahui perbandingan tegangan kerja berbanding tegangan ijin pada setiap elemen struktur. Karena perkembangan kemampuan komputasi, metode FEM sudah banyak digunakan untuk menganalisis kekuatan struktur bangunan lepas pantai, kemudian dibandingkan dengan solusi analitis. Meskipun demikian, metode sederhana masih tetap diperlukan dan digunakan sebagai bahan komparasi.

BAB 2

KONSEP DASAR ELEMEN HINGGA

2.1. Pengertian

Konsep dasar yang melandasi Metode Elemen Hingga adalah prinsip diskretisasi, yaitu proses membagi atau menguraikan suatu sistem benda menjadi komponen atau elemen-elemen yang lebih kecil yang disebut elemen-elemen hingga. Tujuan diskretisasi adalah memudahkan pengelolaan suatu sistem dengan harus tetap menyadari bahwa sistem yang diurai tersebut merupakan suatu keseluruhan atau kekontinuan dari sistem. Diskretisasi secara tidak langsung berarti pendekatan dari suatu kenyataan atau kekontinuan sehingga hasil rakitan akhir yang divisualisasikan adalah suatu tiruan dari lingkungan kontinu yang nyata (Desai, 1988).

Dalam Metode Elemen Hingga, perhatian utama adalah pada sebab dan akibat dari fungsi pemaksa (beban) pada sistem-sistem teknik. Proses diskretisasi pada Metode Elemen Hingga memungkinkan dipecahkannya persoalan-persoalan rumit dalam bidang teknik dan fisika matematis seperti geometri-geometri yang tidak teratur, ketidakhomogenan, sifat tidak linear, dan kondisi pembebanan yang sembarang yang sangat sulit atau tidak bisa dilakukan dengan metode sederhana.

Metode *Non-Linear Finite Element Analysis* (NLFEA) adalah salah satu metode analisis struktur yang diterima dan digunakan secara luas oleh praktisi dan akademisi untuk menghitung dan menganalisis bangunan laut.

2.2. Rumus Dasar

Metode Elemen Hingga (FEM) telah berkembang pesat dalam analisis struktur mulai dari yang sederhana sampai yang lebih kompleks. Analisis kekuatan bangunan lepas pantai dengan Metode Elemen Hingga memberi kontribusi yang sangat besar karena dapat memberi informasi yang lebih detail perihal struktur bangunan laut sebelum dan sesudah mengalami pembebanan. Respons struktur ini berupa distribusi tegangan, deformasi, dan sebagainya yang ditampilkan dalam bentuk tiga dimensi sehingga memberi informasi apakah perilaku tersebut sesuai dengan kondisi nyata.

Metode Elemen Hingga menggunakan analisis dengan memakai persamaan API RP 2A untuk menentukan nilai *Interaction Ratio* (IR). Lebih lanjut, sebuah pendekatan fungsi menerus diasumsikan untuk menggambarkan solusi untuk setiap elemen. Solusi lengkap ini kemudian diturunkan dengan menghubungkan atau membentuk solusi individu, kemudian diteruskan untuk menghasilkan kontinuitas dengan syarat *incremental*.

Adapun langkah-langkah menentukan nilai *Interaction Ratio* (IR) dengan Metode Elemen Hingga:

Analisis dengan menggunakan persamaan (API RP2A 1989)

1. Torsional Stress/Tegangan Torsi/Puntir

Gaya Tarik yang diizinkan, F_t , untuk silinder pada saat adanya beban tarik ditentukan, sebagai berikut:

$$F_t = 0,6F_y \dots\dots\dots(1)$$

2. Axial Stress

Tegangan Aksial yang diizinkan, F_a , harus ditentukan dari rumus IACS dengan rasio D/t sama dengan atau kurang dari 60:

$$F_a = \frac{\left[1 - \frac{(kl/r)^2}{2C_c^2}\right] F_y}{\frac{5}{3} + \frac{3(kl/r)}{8C_c} - \frac{(kl/r)^3}{8C_c^2}} \text{ for } \frac{kl}{r} < C_c$$

$$F_a = \frac{12\pi^2 E}{23\left(\frac{kl}{r}\right)^2} \text{ for } \frac{kl}{r} \geq C_c \dots\dots\dots(2)$$

Di mana:

$$C_c = \left(\frac{2\pi^2 E}{F_y}\right)^{1/2}$$

- E = Young's Modulus of elasticity, ksi (MPa)
- K = effective length factors
- l = unbraced length, in (m)
- r = radius of gyration in (m)

Untuk rasio D/t yang lebih besar dari 60, tegangan *buckling* lokal kritis F_{xe} atau F_{xc} , yang mana yang lebih kecil. Untuk F_y dalam menentukan C_c dan F_a . Persamaan dalam spesifikasi IACS boleh digunakan untuk desain *bracing primer* di struktur lepas pantai.

3. Bending Stress/Tegangan Lentur

Tegangan lentur yang diizinkan, F_b , dapat ditentukan dari:

$$F_b = 0,75F_y \text{ for } \frac{D}{t} \leq \frac{1500}{F_x} \dots\dots\dots(3)$$

4. Tegangan Lentur Mayor

$$ffb_{mayor} = \frac{1}{2} \sqrt{(F_a + F_b)^2 + F_t^2} \dots\dots\dots (4)$$

5. Tegangan Lentur Minor

$$ffb_{minor} = \sqrt{(F_a - F_b)^2 + F_t^2} \dots\dots\dots (5)$$

6. Interaction Ratio (IR)

$$IR = \frac{f_a}{F_a} + \frac{ffb_{mayor}}{F_b} + \frac{ffb_{minor}}{F_b} \leq 1 \dots\dots\dots (6)$$

2.3. Penjelasan Metode

Secara umum, masalah teknik adalah model matematis dari situasi fisik. Model matematis adalah persamaan diferensial yang terhubung dengan kondisi awal dan syarat batas.

Persamaan diferensial diturunkan dengan menerapkan hukum dasar dan prinsip alamiah terhadap sebuah sistem atau volume kontrol. Persamaan ini menggambarkan keseimbangan massa, gaya, atau energi. Jika mungkin, solusi eksak dari persamaan ini memberikan perilaku yang detail dari sebuah sistem yang diberikan dalam suatu kondisi.

Solusi analitis terdiri dari dua bagian, yaitu: (1) bagian yang homogen; dan (2) bagian khusus. Dalam masalah keteknikan apa saja, ada dua parameter yang mempengaruhi kedua solusi tersebut dalam sebuah perilaku sistem. Pertama, ada parameter yang menyediakan informasi berkenaan dengan perilaku alamiah dari sebuah sistem yang diberikan. Parameter ini termasuk properti seperti modulus elastisitas, konduktivitas termal, dan viskositas. Di sisi lain, ada parameter yang menghasilkan gangguan di dalam sistem. Contoh dari parameter ini termasuk gaya eksternal, momen, perbedaan temperatur yang melewati medium, dan perbedaan tekanan di dalam aliran fluida.

Banyak masalah keteknikan yang mana tidak diperoleh solusi yang pasti. Ketidakmampuan untuk memperoleh solusi pasti mungkin disebabkan pada kesulitan dalam membentuk persamaan diferensial atau kesulitan yang muncul dari kesesuaian kondisi awal dan syarat batas. Untuk menyelesaikan masalah tersebut, digunakan pendekatan metode numerik.

Berbeda dengan solusi analitis, yang menunjukkan perilaku eksak dari sebuah sistem pada titik mana pun dari sebuah sistem, solusi numerik mendekati penyelesaian eksak hanya pada titik diskret yang disebut "node". Langkah pertama dari prosedur numerik adalah diskretisasi. Proses ini membagi medium/objek ke dalam sebuah jumlah subregion yang kecil dan node. Ada dua klasifikasi dari metode numerik: (1) Metode Beda Hingga; dan (2) Metode Elemen Hingga.

Metode Beda Hingga, persamaan diferensial ditulis untuk setiap titik, dan turunannya diganti dengan persamaan pembeda. Pendekatan ini menghasilkan suatu bentuk persamaan

linear simultan. Meskipun Metode Beda Hingga mudah untuk dipahami dan diterapkan di dalam masalah sederhana, namun akan menjadi sulit untuk diterapkan ke dalam masalah dengan bentuk yang kompleks atau kondisi batas yang kompleks. Situasi tersebut juga sulit untuk diterapkan pada masalah material non-isotropik.

deepublish / publisHer

BAB 3 DATA STRUKTUR JACKET

3.1. Data Karakteristik Lingkungan

Data karakteristik lingkungan yang dimaksudkan adalah *oil production rate*, kedalaman air, panjang gelombang, tinggi gelombang, periode gelombang, PAT, pasang badai, kecepatan angin, koefisien drag, koefisien inersia, dan *batter* (kemiringan) yang mendukung kekuatan struktur bangunan lepas pantai tipe *jacket*. Data struktur yang diberikan berdasarkan tabel 3.1, sebagai berikut:

Tabel 3.1. Karakteristik Lingkungan

No	Parameter	Value	Unit		SI
1	Daerah Pengeboran	Laut Jawa			
2	Oil Production Rate	62.500	BOPD		
3	Kedalaman Air	105,1	ft	32,03448	m
4	Panjang Gelombang	480,9	ft	146,5783	m
5	Tinggi Gelombang	33,5	ft	10,2108	m
6	Periode Gelombang	10	s		
7	Pasang Astronomi Tertinggi	4,6	ft	1,40208	m
8	Pasang Badai	0,5	ft	0,1524	m
9	Kecepatan Angin 10m	95	Mph	42,4688	m/s
10	Koefisien Drag (C_D)	1			
11	Koefisien Inersia (C_M)	2			
12	Batter	1/10			

3.2. Data Konstruksi Bangunan

Jenis konstruksi yang akan digunakan pada perancangan struktur lepas pantai ini adalah jenis struktur terpancang '*Jacket Steel Platform*' dengan konstruksi yang permanen dan difungsikan sebagai anjungan produksi dan anjungan pengeboran (*self-contained drilling and production platform*). Sebagai penunjangnya, konstruksi lepas pantai ini direncanakan menopang empat geladak yaitu: geladak pengeboran, geladak instalasi, geladak produksi, geladak *helideck*.

Untuk kaki struktur, *brace*, kaki geladak, dan kaki *jacket* digunakan baja *group I* kelas C spesifikasi ASTM A500 *grade C* dengan kekuatan luluh 35 ksi (240 MPa). Sedangkan untuk sambungan tubular (sambungan *chord*, sambungan *brace*, *joint N*, dan *joint K*), digunakan baja *group II* kelas B spesifikasi API 5L *grade N52* dengan kekuatan luluh 52 ksi (360 MPa). Adapun pemilihan pelat untuk balok geladak dan pelat geladak

digunakan baja *group* I kelas C spesifikasi ASTM mutu A36 dengan kekuatan luluh 36 ksi (*planning and design of fixed offshore platform*).

Dalam perancangan konstruksi lepas pantai ini ditetapkan jumlah kaki struktur sebanyak 6 buah yang melayani sumur dengan besar kapasitas aksial yang dapat didukung tiap *pile* adalah 1.963,67 ton/ft. Jarak antara kaki dalam arah melintang (*range*: 11-13,7 m) direncanakan sebesar 12 m dan arah memanjangnya (*range*: 12-18,3 m) direncanakan jarak yang bervariasi yaitu 18 m. Sedangkan kemiringan kaki struktur baik arah melintang maupun memanjang direncanakan sebesar 1/10 yang berguna untuk memperbesar ketahanan struktur terhadap momen guling. Perangkaan struktur menggunakan sistem rangka yang bervariasi, yaitu sistem rangka horizontal dan kombinasi pola perangkaan K dan N. Struktur lepas pantai ini direncanakan rangka horizontal sebanyak tiga tingkat yang tinggi, masing-masing tingkatnya adalah sebesar 12,01 m. Berdasarkan tabel 3.2:

Tabel 3.2. Rangka Tubular

No	Rangka Tubular	Diameter (m)	Ketebalan (m)
1	Pile	1,07	0,017
2	Kaki <i>Jacket</i>	1,17	0,03
3	Pengikat kaki <i>jacket brace</i> horizontal	0,0762	0,0218
	Pengikat kaki <i>jacket brace</i> K dan N	0,0762	0,0218
4	Sambungan kaki <i>jacket</i>	1,23	0.033

Untuk menunjang fungsi sebagai anjungan produksi dan pengeboran, struktur lepas pantai ini direncanakan memiliki empat geladak, yaitu: geladak produksi, geladak pengeboran, geladak instalasi, geladak akomodasi, dan geladak *heliport* yang secara berurut disusun dari bawah hingga *helideck* sebagai *top deck*-nya.

Luasan geladak yang diperoleh berdasarkan tabel 3.1 sebesar 33.000 ft² atau sama dengan 3,066 m². Sehingga luasan yang akan dibagi dalam empat tingkatan geladak yang direncanakan; demikian pula dengan beban total geladak (11.902 ton). Seperti pada tabel 3.3, sebagai berikut:

Tabel 3.3. Luas dan Berat Geladak

Luasan & Berat Deck							
No	Nama Deck	P	L	Rasio Luas	Luas (m ²)	Rasio Berat	Berat Deck (ton)
1	Total Luas Deck Produksi	27	40	35%	1.074,15	36%	4.285
2	Total Luas Deck Pengeboran	27	40	35%	1.074,15	25%	2.975
3	Total Luas Deck Instalasi					25%	2.975
4	Total Luas Deck Akomodasi			24%	1.411,74		
	Luas Deck Akomodasi A	27	26		705,87		
	Luas Deck Akomodasi B	27	26		705,87	10%	1.190
5	Luas Deck Helikopter	13	14	6%	184,44	4%	476
	Total			100%	3.744,48	100%	11.902

Tinggi tiang kaki geladak direncanakan **7,0 m** untuk menghindari akibat pecahan dan percikan gelombang yang menerpa struktur. Diameter kaki geladak 1,17 m dengan ketebalan 0,03 m. Diameter pengikat kaki geladak 1,12 m dengan ketebalan 0,26 m.

3.3. Data Beban Lingkungan

Beban lingkungan terdiri dari beban gelombang, beban arus, dan beban angin, datanya disajikan, sebagai berikut:

1. Beban Gelombang

Penentuan teori gelombang yang digunakan dalam analisis struktur bangunan lepas pantai didasari berbagai parameter yang telah diketahui.

Parameter tersebut antara lain grafik hubungan h/λ dengan H/λ . Dengan h menyatakan kedalaman perairan, H menyatakan tinggi gelombang, dan λ menyatakan panjang gelombang. Dari grafik hubungan panjang gelombang, tinggi gelombang, dan kedalaman, maka teori gelombang yang digunakan adalah teori gelombang *Stokes Orde 3*. Berdasarkan tabel 3.4, sebagai berikut:

Tabel 3.4. Beban Gelombang

No	Type	D	L	Posisi		Kecepatan Horizontal		Kecepatan Vertikal		Kecepatan Partikel Air	
				Y	x	Cos n	m/s	Sin n	m/s	Vertikal (ax)	Horizontal (ay)
1	Kaki Jacket	2.235298	13.32125	0.6595	6.595	9.55924E-01	0.7578997	0.293614	0.00695	0.218495903	-0.00681972
2	Kaki Jacket	2.235298	13.32125	1.9785	19.785	0.955923974	0.760541823	0.293614	0.020829	0.219243117	-0.020365371
3	Kaki Jacket	2.235298	13.32125	3.2975	32.975	0.955923974	0.76593719	0.293614	0.034797	0.22073951	-0.033982082
4	Kaki Jacket	2.235298	7	3.957	43.07	0.955923974	0.769653913	0.293614	0.041825	0.221769801	-0.040831914
5	Kaki Jacket	2.235298	13.25579	0.6595	6.595	0.955923974	0.757848924	0.293614	0.006935	0.218495903	-0.00681972
6	Kaki Jacket	2.235298	13.25579	1.9785	19.785	0.955923974	0.760541823	0.293614	0.020829	0.219243117	-0.020365371
7	Kaki Jacket	2.235298	13.25579	3.2975	32.975	0.955923974	0.76593719	0.293614	0.034797	0.22073951	-0.033982082
8	Kaki Jacket	2.235298	7	3.957	43.07	0.955923974	0.769653913	0.293614	0.041825	0.221769801	-0.040831914
9	Kaki Jacket	2.235298	13.32125	0.6595	6.595	0.955923974	0.757848924	0.293614	0.006935	0.218495903	-0.00681972
10	Kaki Jacket	2.235298	13.32125	1.9785	19.785	0.955923974	0.760541823	0.293614	0.020829	0.219243117	-0.020365371
11	Kaki Jacket	2.235298	13.32125	3.2975	32.975	0.955923974	0.76593719	0.293614	0.034797	0.22073951	-0.033982082
12	Kaki Jacket	2.235298	7	3.957	43.07	0.955923974	0.769653913	0.293614	0.041825	0.221769801	-0.040831914
13	Kaki Jacket	2.235298	13.32125	19.2545	6.595	0.955923974	1.062771746	0.293614	0.228959	0.30165653	-0.222763815
14	Kaki Jacket	2.235298	13.32125	17.9355	19.785	0.955923974	1.020205466	0.293614	0.209899	0.290222975	-0.20429144
15	Kaki Jacket	2.235298	13.32125	16.6165	32.975	0.955923974	0.981264328	0.293614	0.191584	0.279713302	-0.18652738
16	Kaki Jacket	2.235298	7	15.957	43.07	0.955923974	0.963109457	0.293614	0.182686	0.274797272	-0.177891831
17	Kaki Jacket	2.235298	13.25579	19.2545	6.595	0.955923974	1.062771746	0.293614	0.228959	0.30165653	-0.222763815
18	Kaki Jacket	2.235298	13.25579	17.9355	19.785	0.955923974	1.020205466	0.293614	0.209899	0.290222975	-0.20429144
19	Kaki Jacket	2.235298	13.25579	16.6165	32.975	0.955923974	0.981264328	0.293614	0.191584	0.279713302	-0.18652738
20	Kaki Jacket	2.235298	7	15.957	43.07	0.955923974	0.963109457	0.293614	0.182686	0.274797272	-0.177891831
21	Kaki Jacket	2.235298	13.32125	19.2545	6.595	0.955923974	1.062771746	0.293614	0.228959	0.30165653	-0.222763815
22	Kaki Jacket	2.235298	13.32125	17.9355	19.785	0.955923974	1.020205466	0.293614	0.209899	0.290222975	-0.20429144
23	Kaki Jacket	2.235298	13.32125	16.6165	32.975	0.955923974	0.981264328	0.293614	0.191584	0.279713302	-0.18652738
24	Kaki Jacket	2.235298	7	15.957	43.07	0.955923974	0.963109457	0.293614	0.182686	0.274797272	-0.177891831
25	Brace Horizontal	1.0668	16.957	0	0	0.955923974	0.757512536	0.293614	0	0.218402545	-5.87675E-05
26	Brace Horizontal	1.0668	15.638	1.319	13.19	0.955923974	0.758858388	0.293614	0.013876	0.218776032	-0.013586621
27	Brace Horizontal	1.0668	14.319	2.638	26.38	0.955923974	0.762900726	0.293614	0.027801	0.219897466	-0.027161883
28	Brace Horizontal	1.0668	13	3.957	39.57	0.955923974	0.769653913	0.293614	0.041825	0.221769801	-0.040831914
29	Brace Horizontal	1.0668	13	3.957	46.57	0.955923974	0.769653913	0.293614	0.041825	0.221769801	-0.040831914
30	Brace Horizontal	1.0668	16.957	0	0	0.955923974	0.757512536	0.293614	0	0.218402545	-5.87675E-05
31	Brace Horizontal	1.0668	15.638	1.319	13.19	0.955923974	0.758858388	0.293614	0.013876	0.218776032	-0.013586621
32	Brace Horizontal	1.0668	14.319	2.638	26.38	0.955923974	0.762900726	0.293614	0.027801	0.219897466	-0.027161883
33	Brace Horizontal	1.0668	13	3.957	39.57	0.955923974	0.769653913	0.293614	0.041825	0.221769801	-0.040831914
34	Brace Horizontal	1.0668	13	3.957	46.57	0.955923974	0.769653913	0.293614	0.041825	0.221769801	-0.040831914

Lanjutan Tabel 3.4.

No	Type	D	L	Posisi		Kecepatan Horizontal			Kecepatan Vertikal			Kecepatan Partikel Air	
				Y	x	Cos n	m/s	Sin n	m/s	Vertikal (ax)	Horizontal (ay)		
35	Brace Horizontal	1.0668	16.957	19.914	0	0.955923974	1.085461064	0.293614	0.23879	0.30772776	-0.23228529		
36	Brace Horizontal	1.0668	15.638	18.595	13.19	0.955923974	1.041026318	0.293614	0.219331	0.295822691	-0.213435191		
37	Brace Horizontal	1.0668	14.319	17.276	26.38	0.955923974	1.000290699	0.293614	0.200652	0.284854207	-0.195324732		
38	Brace Horizontal	1.0668	13	15.957	39.57	0.955923974	0.963109457	0.293614	0.182686	0.274797272	-0.177891831		
39	Brace Horizontal	1.0668	13	15.957	46.57	0.955923974	0.963109457	0.293614	0.182686	0.274797272	-0.177891831		
40	Brace Horizontal	1.0668	16.957	19.914	0	0.955923974	1.085461064	0.293614	0.23879	0.30772776	-0.23228529		
41	Brace Horizontal	1.0668	15.638	18.595	13.19	0.955923974	1.041026318	0.293614	0.219331	0.295822691	-0.213435191		
42	Brace Horizontal	1.0668	14.319	17.276	26.38	0.955923974	1.000290699	0.293614	0.200652	0.284854207	-0.195324732		
43	Brace Horizontal	1.0668	13	15.957	39.57	0.955923974	0.963109457	0.293614	0.182686	0.274797272	-0.177891831		
44	Brace Horizontal	1.0668	13	15.957	46.57	0.955923974	0.963109457	0.293614	0.182686	0.274797272	-0.177891831		
45	Brace Horizontal	1.0668	19.914	9.957	0	0.955923974	0.835486567	0.293614	0.108252	0.239946948	-0.1055384		
46	Brace Horizontal	1.0668	17.276	9.957	13.19	0.955923974	0.835486567	0.293614	0.108252	0.239946948	-0.1055384		
47	Brace Horizontal	1.0668	14.638	9.957	26.38	0.955923974	0.835486567	0.293614	0.108252	0.239946948	-0.1055384		
48	Brace Horizontal	1.0668	12	9.957	39.57	0.955923974	0.835486567	0.293614	0.108252	0.239946948	-0.1055384		
49	Brace Horizontal	1.0668	12	9.957	46.57	0.955923974	0.835486567	0.293614	0.108252	0.239946948	-0.1055384		
50	Brace Horizontal	1.0668	19.914	9.957	0	0.955923974	0.835486567	0.293614	0.108252	0.239946948	-0.1055384		
51	Brace Horizontal	1.0668	17.276	9.957	13.19	0.955923974	0.835486567	0.293614	0.108252	0.239946948	-0.1055384		
52	Brace Horizontal	1.0668	14.638	9.957	26.38	0.955923974	0.835486567	0.293614	0.108252	0.239946948	-0.1055384		
53	Brace Horizontal	1.0668	12	9.957	39.57	0.955923974	0.835486567	0.293614	0.108252	0.239946948	-0.1055384		
54	Brace Horizontal	1.0668	12	9.957	46.57	0.955923974	0.835486567	0.293614	0.108252	0.239946948	-0.1055384		
55	Brace Horizontal	1.0668	19.914	9.957	0	0.955923974	0.835486567	0.293614	0.108252	0.239946948	-0.1055384		
56	Brace Horizontal	1.0668	17.276	9.957	13.19	0.955923974	0.835486567	0.293614	0.108252	0.239946948	-0.1055384		
57	Brace Horizontal	1.0668	14.638	9.957	26.38	0.955923974	0.835486567	0.293614	0.108252	0.239946948	-0.1055384		
58	Brace Horizontal	1.0668	12	9.957	39.57	0.955923974	0.835486567	0.293614	0.108252	0.239946948	-0.1055384		
59	Brace Horizontal	1.0668	12	9.957	46.57	0.955923974	0.835486567	0.293614	0.108252	0.239946948	-0.1055384		
60	Brace N	1.0668	21.52338	6.595	6.595	0.955923974	0.757848924	0.293614	0.006935	0.218495903	-0.00681972		
61	Brace N	1.0668	19.51281	1.9785	19.785	0.955923974	0.760541823	0.293614	0.020829	0.219243117	-0.020365371		
62	Brace N	1.0668	19.51281	3.2975	32.975	0.955923974	0.76593719	0.293614	0.034797	0.22073951	-0.033982082		
63	Brace N	1.0668	14.76482	3.957	43.07	0.955923974	0.769653913	0.293614	0.041825	0.221769801	-0.040831914		
64	Brace N	1.0668	20.50031	0.6595	6.595	0.955923974	0.757848924	0.293614	0.006935	0.218495903	-0.00681972		
65	Brace N	1.0668	20.50031	1.9785	19.785	0.955923974	0.760541823	0.293614	0.020829	0.219243117	-0.020365371		
66	Brace N	1.0668	18.56653	3.2975	32.975	0.955923974	0.76593719	0.293614	0.034797	0.22073951	-0.033982082		
67	Brace N	1.0668	14.76482	3.957	43.07	0.955923974	0.769653913	0.293614	0.041825	0.221769801	-0.040831914		
68	Brace N	1.0668	21.52338	19.2545	6.595	0.955923974	1.062771746	0.293614	0.228959	0.30165653	-0.222763815		
69	Brace N	1.0668	19.51281	17.9355	19.785	0.955923974	1.020205466	0.293614	0.209899	0.290222975	-0.20429144		
70	Brace N	1.0668	19.51281	16.6165	32.975	0.955923974	0.981264328	0.293614	0.191584	0.279713302	-0.18652738		

Lanjutan Tabel 3.4.

No	Type	D	L	Posisi		Kecepatan Horizontal		Kecepatan Vertikal		Kecepatan Partikel Air	
				Y	x	Cos n	m/s	Sin n	m/s	Vertikal (ax)	Horizontal (ay)
71	Brace N	1.0668	14.76482	15.957	43.07	0.955923974	0.963109457	0.293614	0.182686	0.274797272	-0.177891831
72	Brace N	1.0668	20.50031	19.2545	6.595	0.955923974	1.062771746	0.293614	0.228959	0.30165653	-0.222763815
73	Brace N	1.0668	20.50031	17.9355	19.785	0.955923974	1.020205466	0.293614	0.209899	0.290222975	-0.204291444
74	Brace N	1.0668	18.56653	16.6165	32.975	0.955923974	0.981264328	0.293614	0.191584	0.279713302	-0.18652738
75	Brace N	1.0668	14.76482	15.957	43.07	0.955923974	0.963109457	0.293614	0.182686	0.274797272	-0.177891831
76	Brace K	1.0668	16.57883	4.9785	6.595	0.955923974	0.776761479	0.293614	0.052785	0.223738838	-0.05151407
77	Brace K	1.0668	16.57883	14.9355	6.595	0.955923974	0.936672293	0.293614	0.169221	0.267620022	-0.164818331
78	Brace K	1.0668	15.82185	5.638	19.785	0.955923974	0.782228463	0.293614	0.059919	0.22522299	-0.058466506
79	Brace K	1.0668	15.82185	14.276	19.785	0.955923974	0.920667629	0.293614	0.160721	0.263264353	-0.156561921
80	Brace K	1.0668	15.14211	6.2975	32.975	0.955923974	0.788390174	0.293614	0.067107	0.226956959	-0.065469905
81	Brace K	1.0668	15.14211	13.6165	32.975	0.955923974	0.905480646	0.293614	0.152364	0.259123776	-0.148441523
82	Brace K	1.0668	9.219544	6.957	43.07	0.955923974	0.795252086	0.293614	0.074354	0.228853928	-0.072530364
83	Brace K	1.0668	9.219544	12.957	43.07	0.955923974	0.891097856	0.293614	0.144143	0.255195773	-0.140450129
84	Brace K	1.0668	16.52628	4.9785	6.595	0.955923974	0.776761479	0.293614	0.052785	0.223738838	-0.05151407
85	Brace K	1.0668	16.52628	14.9355	6.595	0.955923974	0.936672293	0.293614	0.169221	0.267620022	-0.164818331
86	Brace K	1.0668	15.76677	5.638	19.785	0.955923974	0.782228463	0.293614	0.059919	0.22522299	-0.058466506
87	Brace K	1.0668	15.76677	14.276	19.785	0.955923974	0.920667629	0.293614	0.160721	0.263264353	-0.156561921
88	Brace K	1.0668	15.08456	6.2975	32.975	0.955923974	0.788390174	0.293614	0.067107	0.226956959	-0.065469905
89	Brace K	1.0668	15.08456	13.6165	32.975	0.955923974	0.905480646	0.293614	0.152364	0.259123776	-0.148441523
90	Brace K	1.0668	9.219544	6.957	43.07	0.955923974	0.795252086	0.293614	0.074354	0.228853928	-0.072530364
91	Brace K	1.0668	9.219544	12.957	43.07	0.955923974	0.891097856	0.293614	0.144143	0.255195773	-0.140450129
92	Brace K	1.0668	16.57883	4.9785	6.595	0.955923974	0.776761479	0.293614	0.052785	0.223738838	-0.05151407
93	Brace K	1.0668	16.57883	14.9355	6.595	0.955923974	0.936672293	0.293614	0.169221	0.267620022	-0.164818331
94	Brace K	1.0668	15.82185	5.638	19.785	0.955923974	0.782228463	0.293614	0.059919	0.22522299	-0.058466506
95	Brace K	1.0668	15.82185	14.276	19.785	0.955923974	0.920667629	0.293614	0.160721	0.263264353	-0.156561921
96	Brace K	1.0668	15.14211	6.2975	32.975	0.955923974	0.788390174	0.293614	0.067107	0.226956959	-0.065469905
97	Brace K	1.0668	15.14211	13.6165	32.975	0.955923974	0.905480646	0.293614	0.152364	0.259123776	-0.148441523
98	Brace K	1.0668	9.219544	6.957	43.07	0.955923974	0.795252086	0.293614	0.074354	0.228853928	-0.072530364
99	Brace K	1.0668	9.219544	12.957	43.07	0.955923974	0.891097856	0.293614	0.144143	0.255195773	-0.140450129

2. Beban Arus

Untuk menyederhanakan perhitungan, arus diasumsikan bergerak horizontal dengan arah searah sumbu global-X (nol derajat). Gaya arus dihitung pada elemen dengan pusat beban berada di pertengahan elemen (untuk elemen yang berada di bawah air) dan pusat beban berada di permukaan air (untuk elemen yang sebagian berada di atas permukaan air). Berikut adalah penyajian data untuk penentuan gaya arus untuk struktur *jacket* pada tabel 3.5:

Tabel 3.5. Beban Arus

No	Elemen	Posisi		Kec UT	Frame	D	kN/m		
		y	x				fL	fD	Ftot
1	1	0.6595	6.595	0.001311	Kaki Jacket	2.235298	6.56418E-07	1.96925E-06	2.62567E-06
2	2	1.9785	19.785	0.003933	Kaki Jacket	2.235298	5.90776E-06	1.77233E-05	2.3631E-05
3	3	3.2975	32.975	0.006556	Kaki Jacket	2.235298	1.64104E-05	4.92313E-05	6.56418E-05
4	4	3.957	43.07	0.007867	Kaki Jacket	2.235298	2.3631E-05	7.08931E-05	9.45241E-05
5	5	0.6595	6.595	0.001311	Kaki Jacket	2.235298	6.56418E-07	1.96925E-06	2.62567E-06
6	6	1.9785	19.785	0.003933	Kaki Jacket	2.235298	5.90776E-06	1.77233E-05	2.3631E-05
7	7	3.2975	32.975	0.006556	Kaki Jacket	2.235298	1.64104E-05	4.92313E-05	6.56418E-05
8	8	3.957	43.07	0.007867	Kaki Jacket	2.235298	2.3631E-05	7.08931E-05	9.45241E-05
9	9	0.6595	6.595	0.001311	Kaki Jacket	2.235298	6.56418E-07	1.96925E-06	2.62567E-06
10	10	1.9785	19.785	0.003933	Kaki Jacket	2.235298	5.90776E-06	1.77233E-05	2.3631E-05
11	11	3.2975	32.975	0.006556	Kaki Jacket	2.235298	1.64104E-05	4.92313E-05	6.56418E-05
12	12	3.957	43.07	0.007867	Kaki Jacket	2.235298	2.3631E-05	7.08931E-05	9.45241E-05
13	13	19.2545	6.595	0.038278	Kaki Jacket	2.235298	0.000559519	0.001678558	0.002238077
14	14	17.9355	19.785	0.035656	Kaki Jacket	2.235298	0.000485487	0.001456461	0.001941948
15	15	16.6165	32.975	0.033034	Kaki Jacket	2.235298	0.000416706	0.001250118	0.001666824
16	16	15.957	43.07	0.031723	Kaki Jacket	2.235298	0.000384285	0.001152854	0.001537139
17	17	19.2545	6.595	0.038278	Kaki Jacket	2.235298	0.000559519	0.001678558	0.002238077
18	18	17.9355	19.785	0.035656	Kaki Jacket	2.235298	0.000485487	0.001456461	0.001941948
19	19	16.6165	32.975	0.033034	Kaki Jacket	2.235298	0.000416706	0.001250118	0.001666824
20	20	15.957	43.07	0.031723	Kaki Jacket	2.235298	0.000384285	0.001152854	0.001537139
21	21	19.2545	6.595	0.038278	Kaki Jacket	2.235298	0.000559519	0.001678558	0.002238077
22	22	17.9355	19.785	0.035656	Kaki Jacket	2.235298	0.000485487	0.001456461	0.001941948
23	23	16.6165	32.975	0.033034	Kaki Jacket	2.235298	0.000416706	0.001250118	0.001666824
24	24	15.957	43.07	0.031723	Kaki Jacket	2.235298	0.000384285	0.001152854	0.001537139
25	25	0	0	0	Brace Horizontal	1.0668	0	0	0
26	26	1.319	13.19	0.002622	Brace Horizontal	1.0668	1.25311E-06	3.75932E-06	5.01242E-06
27	27	2.638	26.38	0.005244	Brace Horizontal	1.0668	5.01242E-06	1.50373E-05	2.00497E-05
28	28	3.957	39.57	0.007867	Brace Horizontal	1.0668	1.1278E-05	3.38339E-05	4.51118E-05
29	29	3.957	46.57	0.007867	Brace Horizontal	1.0668	1.1278E-05	3.38339E-05	4.51118E-05
30	30	0	0	0	Brace Horizontal	1.0668	0	0	0
31	31	1.319	13.19	0.002622	Brace Horizontal	1.0668	1.25311E-06	3.75932E-06	5.01242E-06
32	32	2.638	26.38	0.005244	Brace Horizontal	1.0668	5.01242E-06	1.50373E-05	2.00497E-05
33	33	3.957	39.57	0.007867	Brace Horizontal	1.0668	1.1278E-05	3.38339E-05	4.51118E-05
34	34	3.957	46.57	0.007867	Brace Horizontal	1.0668	1.1278E-05	3.38339E-05	4.51118E-05
35	35	19.914	0	0.039589	Brace Horizontal	1.0668	0.000285638	0.000856913	0.00114255
36	36	18.595	13.19	0.036967	Brace Horizontal	1.0668	0.000249052	0.000747157	0.000996209
37	37	17.276	26.38	0.034345	Brace Horizontal	1.0668	0.000214973	0.00064492	0.000859894
38	38	15.957	39.57	0.031723	Brace Horizontal	1.0668	0.000183401	0.000550202	0.000733602
39	39	15.957	46.57	0.031723	Brace Horizontal	1.0668	0.000183401	0.000550202	0.000733602
40	40	19.914	0	0.039589	Brace Horizontal	1.0668	0.000285638	0.000856913	0.00114255
41	41	18.595	13.19	0.036967	Brace Horizontal	1.0668	0.000249052	0.000747157	0.000996209
42	42	17.276	26.38	0.034345	Brace Horizontal	1.0668	0.000214973	0.00064492	0.000859894
43	43	15.957	39.57	0.031723	Brace Horizontal	1.0668	0.000183401	0.000550202	0.000733602
44	44	15.957	46.57	0.031723	Brace Horizontal	1.0668	0.000183401	0.000550202	0.000733602
45	45	9.957	0	0.019795	Brace Horizontal	1.0668	7.14094E-05	0.000214228	0.000285638
46	46	9.957	13.19	0.019795	Brace Horizontal	1.0668	7.14094E-05	0.000214228	0.000285638
47	47	9.957	26.38	0.019795	Brace Horizontal	1.0668	7.14094E-05	0.000214228	0.000285638

Lanjutan Tabel 3.5.

No	Elemen	Posisi		Kec UT	Frame	D	kN/m		
		y	x				fL	fD	Ftot
48	48	9.957	39.57	0.019795	Brace Horizontal	1.0668	7.14094E-05	0.000214228	0.000285638
49	49	9.957	46.57	0.019795	Brace Horizontal	1.0668	7.14094E-05	0.000214228	0.000285638
50	50	9.957	0	0.019795	Brace Horizontal	1.0668	7.14094E-05	0.000214228	0.000285638
51	51	9.957	13.19	0.019795	Brace Horizontal	1.0668	7.14094E-05	0.000214228	0.000285638
52	52	9.957	26.38	0.019795	Brace Horizontal	1.0668	7.14094E-05	0.000214228	0.000285638
53	53	9.957	39.57	0.019795	Brace Horizontal	1.0668	7.14094E-05	0.000214228	0.000285638
54	54	9.957	46.57	0.019795	Brace Horizontal	1.0668	7.14094E-05	0.000214228	0.000285638
55	55	9.957	0	0.019795	Brace Horizontal	1.0668	7.14094E-05	0.000214228	0.000285638
56	56	9.957	13.19	0.019795	Brace Horizontal	1.0668	7.14094E-05	0.000214228	0.000285638
57	57	9.957	26.38	0.019795	Brace Horizontal	1.0668	7.14094E-05	0.000214228	0.000285638
58	58	9.957	39.57	0.019795	Brace Horizontal	1.0668	7.14094E-05	0.000214228	0.000285638
59	59	9.957	46.57	0.019795	Brace Horizontal	1.0668	7.14094E-05	0.000214228	0.000285638
60	60	0.6595	6.595	0.001311	Brace N	1.0668	3.13277E-07	9.3983E-07	1.25311E-06
61	61	1.9785	19.785	0.003933	Brace N	1.0668	2.81949E-06	8.45847E-06	1.1278E-05
62	62	3.2975	32.975	0.006556	Brace N	1.0668	7.83191E-06	2.34957E-05	3.13277E-05
63	63	3.957	43.07	0.007867	Brace N	1.0668	1.1278E-05	3.38339E-05	4.51118E-05
64	64	0.6595	6.595	0.001311	Brace N	1.0668	3.13277E-07	9.3983E-07	1.25311E-06
65	65	1.9785	19.785	0.003933	Brace N	1.0668	2.81949E-06	8.45847E-06	1.1278E-05
66	66	3.2975	32.975	0.006556	Brace N	1.0668	7.83191E-06	2.34957E-05	3.13277E-05
67	67	3.957	43.07	0.007867	Brace N	1.0668	1.1278E-05	3.38339E-05	4.51118E-05
68	68	19.2545	6.595	0.038278	Brace N	1.0668	0.000267032	0.000801095	0.001068127
69	69	17.9355	19.785	0.035656	Brace N	1.0668	0.0002317	0.000695099	0.000926798
70	70	16.6165	32.975	0.033034	Brace N	1.0668	0.000198874	0.000596621	0.000795495
71	71	15.957	43.07	0.031723	Brace N	1.0668	0.000183401	0.000550202	0.000733602
72	72	19.2545	6.595	0.038278	Brace N	1.0668	0.000267032	0.000801095	0.001068127
73	73	17.9355	19.785	0.035656	Brace N	1.0668	0.0002317	0.000695099	0.000926798
74	74	16.6165	32.975	0.033034	Brace N	1.0668	0.000198874	0.000596621	0.000795495
75	75	15.957	43.07	0.031723	Brace N	1.0668	0.000183401	0.000550202	0.000733602
76	76	4.9785	6.595	0.009897	Brace K	1.0668	1.78523E-05	5.3557E-05	7.14094E-05
77	77	14.9355	6.595	0.029692	Brace K	1.0668	0.000160671	0.000482013	0.000642685
78	78	5.638	19.785	0.011208	Brace K	1.0668	2.28954E-05	6.86862E-05	9.15816E-05
79	79	14.276	19.785	0.028381	Brace K	1.0668	0.000146795	0.000440385	0.00058718
80	80	6.2975	32.975	0.01252	Brace K	1.0668	2.8565E-05	8.56951E-05	0.00011426
81	81	13.6165	32.975	0.02707	Brace K	1.0668	0.000133546	0.000400637	0.000534182
82	82	6.957	43.07	0.013831	Brace K	1.0668	3.48612E-05	0.000104584	0.000139445
83	83	12.957	43.07	0.025759	Brace K	1.0668	0.000120923	0.000362768	0.00048369
84	84	4.9785	6.595	0.009897	Brace K	1.0668	1.78523E-05	5.3557E-05	7.14094E-05
85	85	14.9355	6.595	0.029692	Brace K	1.0668	0.000160671	0.000482013	0.000642685
86	86	5.638	19.785	0.011208	Brace K	1.0668	2.28954E-05	6.86862E-05	9.15816E-05
87	87	14.276	19.785	0.028381	Brace K	1.0668	0.000146795	0.000440385	0.00058718
88	88	6.2975	32.975	0.01252	Brace K	1.0668	2.8565E-05	8.56951E-05	0.00011426
89	89	13.6165	32.975	0.02707	Brace K	1.0668	0.000133546	0.000400637	0.000534182
90	90	6.957	43.07	0.013831	Brace K	1.0668	3.48612E-05	0.000104584	0.000139445
91	91	12.957	43.07	0.025759	Brace K	1.0668	0.000120923	0.000362768	0.00048369
92	92	4.9785	6.595	0.009897	Brace K	1.0668	1.78523E-05	5.3557E-05	7.14094E-05
93	93	14.9355	6.595	0.029692	Brace K	1.0668	0.000160671	0.000482013	0.000642685
94	94	5.638	19.785	0.011208	Brace K	1.0668	2.28954E-05	6.86862E-05	9.15816E-05
95	95	14.276	19.785	0.028381	Brace K	1.0668	0.000146795	0.000440385	0.00058718
96	96	6.2975	32.975	0.01252	Brace K	1.0668	2.8565E-05	8.56951E-05	0.00011426
97	97	13.6165	32.975	0.02707	Brace K	1.0668	0.000133546	0.000400637	0.000534182
98	98	6.957	43.07	0.013831	Brace K	1.0668	3.48612E-05	0.000104584	0.000139445
99	99	12.957	43.07	0.025759	Brace K	1.0668	0.000120923	0.000362768	0.00048369

3. Beban Angin

Beban angin dipengaruhi oleh bidang tangkap angin. Berikut adalah penentuan beban angin seperti pada tabel 3.6.

Tabel 3.6. Beban Angin

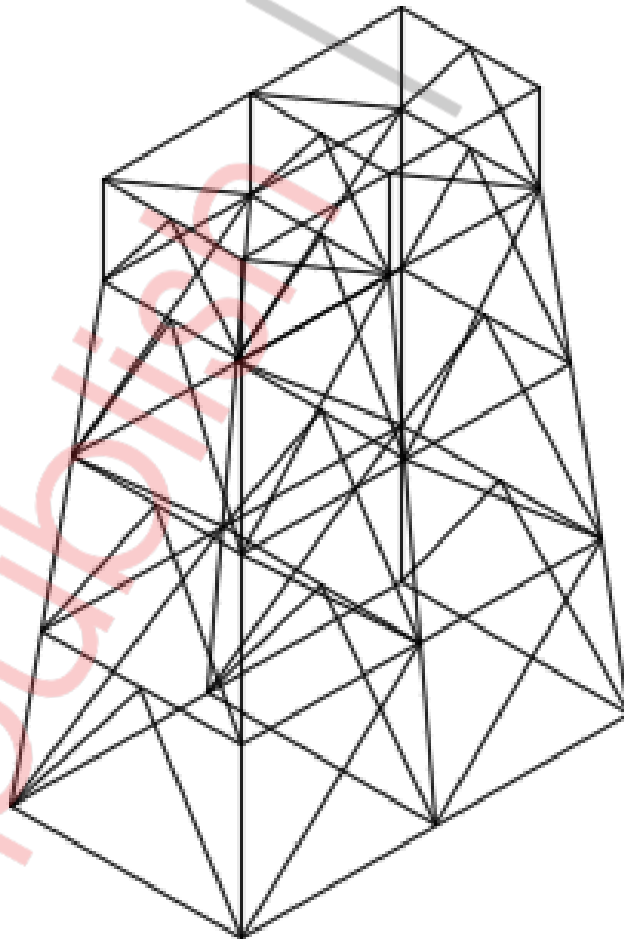
No	Geladak	C	A (m ²)	V ²	r	A total	F
1	Produksi	1,5	361,1	1.618,7	1,29	722,1	1.130.905,0
2	Pengeboran	1,5	361,1	1.618,7	1,29	722,1	1.130.905,0
3	Akomodasi A	1,5	217,2	1.618,7	1,29	434,4	680.328,4
4	Akomodasi B	1,5	217,2	1.618,7	1,29	434,4	680.328,4
5	Helidek	1,5	60,6	1.618,7	1,29	121,2	189.815,4
Total (N)							3.812.282,0
(kN)							3.812,3
6	Kaki Geladak	0,5	146,8	1.691,2	1,29	146,8	80.080,3
7	Tower	0,5	42,4	1.691,2	1,29	84,9	46.294,1
Total (N)							126.374,5
(kN)							126,4
F total (kN)							3.938,7

Dalam analisis struktur *jacket*, pemodelannya dilakukan di *software* **AutoCAD** dan kemudian dianalisis dengan menggunakan *software* SAP 2000.

BAB 4 PEMODELAN

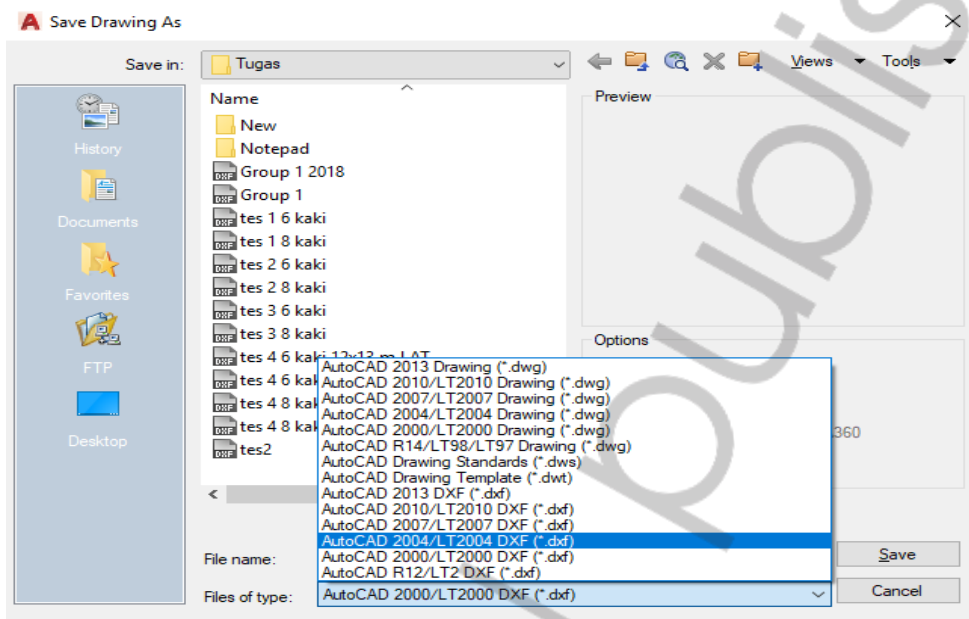
4.1. Input Model

Desain gambar yang dibuat di AutoCAD. Data struktur yang digunakan berupa kedalaman air, pasang astronomi tertinggi, tinggi geladak yang telah dianalisis, *batter*/kemiringan. Adapun contoh data yang telah dianalisis adalah data struktur *jacket* dengan kedalaman air 32,03 m, pasang astronomi tertinggi 4,6 m, tinggi geladak 7 m, dan *batter*/kemiringan 1/10. Struktur yang telah didesain di AutoCAD seperti pada Gambar 4.1:



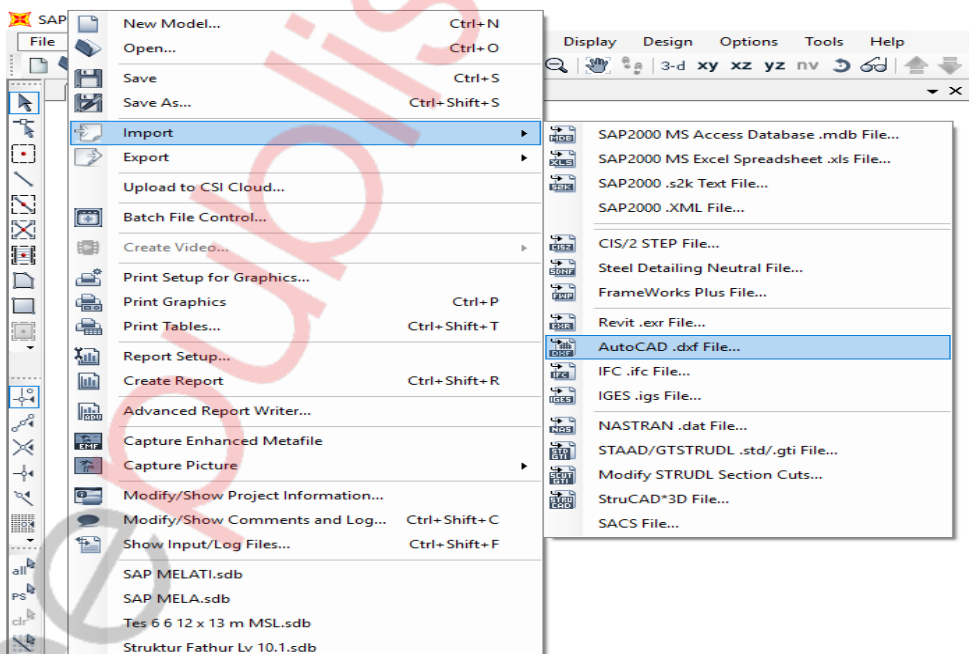
Gambar 4.1. Desain Struktur AutoCAD

Untuk menganalisis struktur di SAP 2000, terlebih dahulu ubah desain di AutoCAD ke dalam bentuk *file* *.dxf (Gambar 4.2) dengan cara **save as > files of type: *.dxf**. Setelah itu, cek Kembali apakah *file* tersebut benar sudah dalam bentuk *.dxf sebelum di-*input* ke dalam *software* SAP 2000.



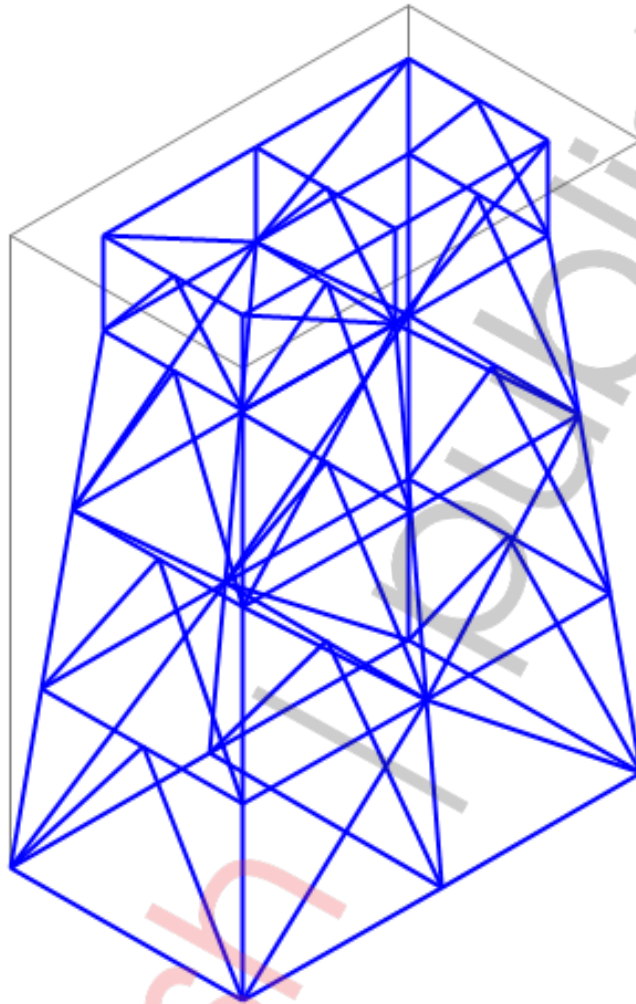
Gambar 4.2. Save File dxf

Apabila *file* tersebut sudah dalam bentuk *.dxf, jalankan program SAP 2000. Langkah selanjutnya adalah meng-*input* model tersebut dengan cara pilih **file > import > autoCAD .dxf file** (Gambar 4.3). Pilih *file* yang telah diubah ke bentuk *file* *.dxf tadi.



Gambar 4.3. Import File dxf

Setelah tahapan di atas, pada *layer* SAP 2000 akan muncul tampilan seperti Gambar 4.4.

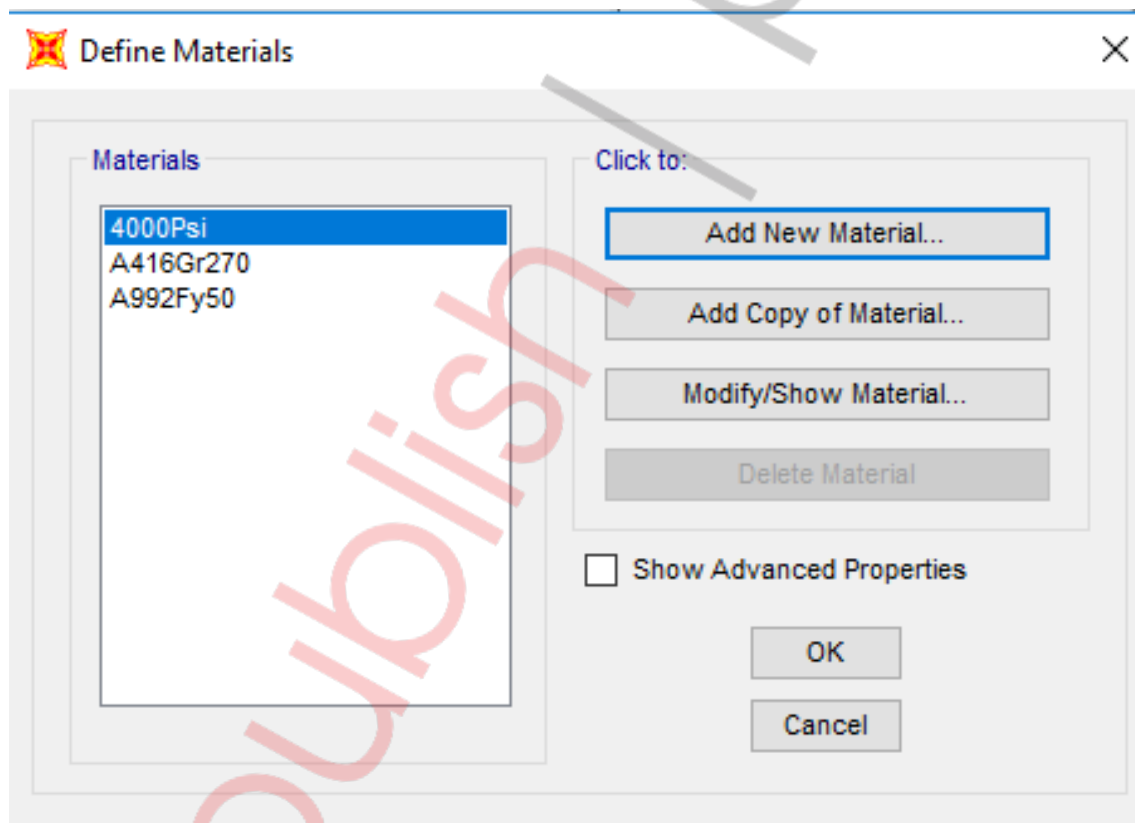


Gambar 4.4. Import File dxf

BAB 5 MATERIAL, PENAMPANG, DAN TUMPUAN

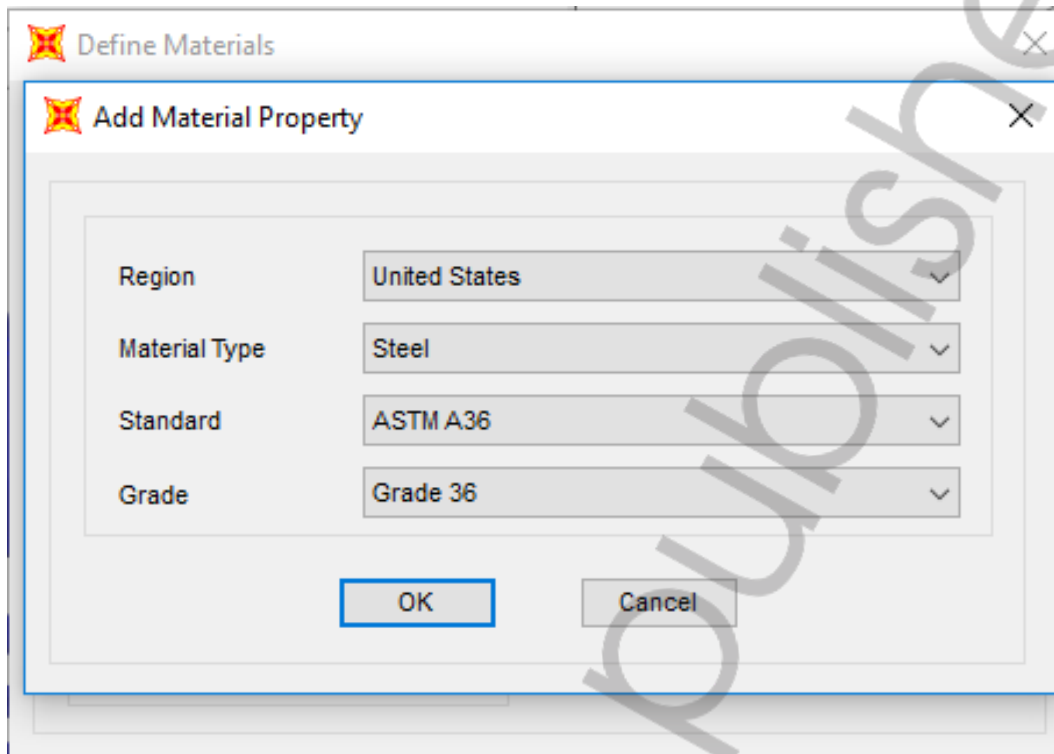
5.1. Menetapkan Material

Objek yang dianalisis diberikan sebagai berikut: Pilih menu **define > material** (muncul kotak dialog *Define Materials*) dalam Gambar 5.1. Pemilihan jenis tipe elemen yang digunakan adalah dengan cara pilih **add new material** (untuk menambahkan tipe bahan yang baru).



Gambar 5.1. Menambahkan Jenis Material

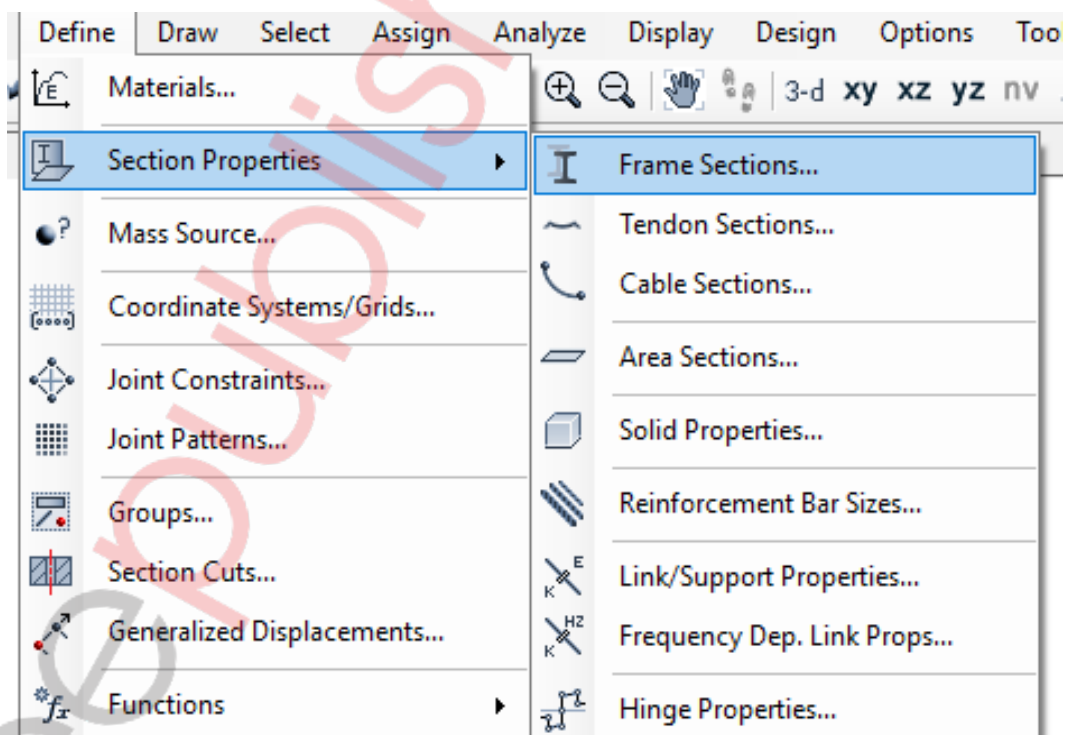
Pilih **add new material** pada *main menu*, kemudian akan muncul beberapa pilihan *sub menu*. Pilih **standar** untuk menentukan jenis material yang digunakan struktur. Setelah itu akan muncul beberapa pilihan menu. Pilih sesuai dengan analisis data, maka tipe material yang di-*input* adalah **Steel ASTM36** (Gambar 5.2).



Gambar 5.2. Memilih Jenis Material

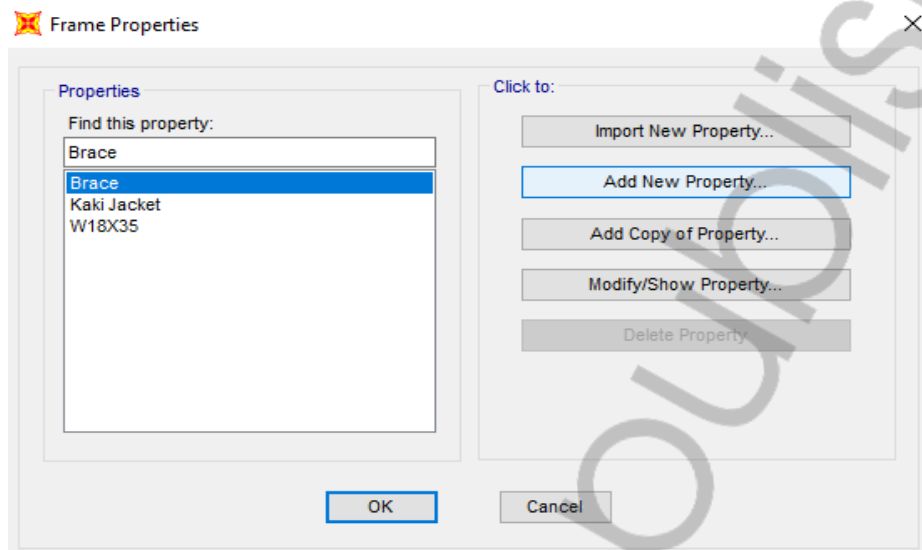
5.2. Menetapkan Penampang

Untuk menentukan penampang, berikut langkah yang digunakan, sebagai berikut: pilih **menu > section properties > frame section** (ditunjukkan seperti pada Gambar 5.3).



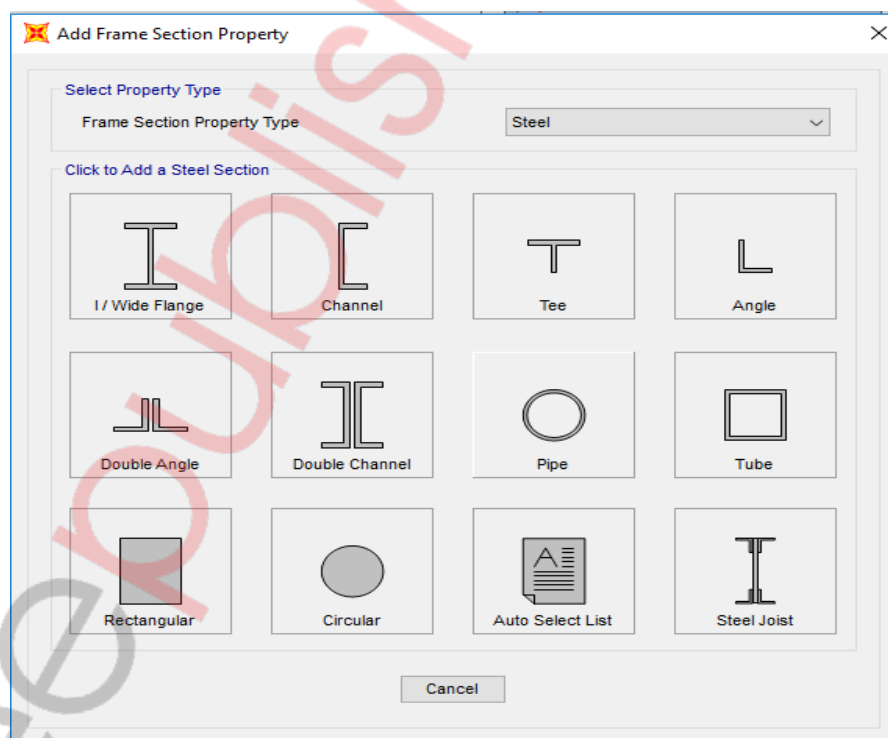
Gambar 5.3. Menu Section Properties

Pilih **Frame Section** pada *main menu*, kemudian akan muncul kotak **dialog frame properties**. Setelah itu akan muncul beberapa pilihan menu. Pilih **add new property** untuk menambahkan jenis tipe penampang yang baru (Gambar 5.4).



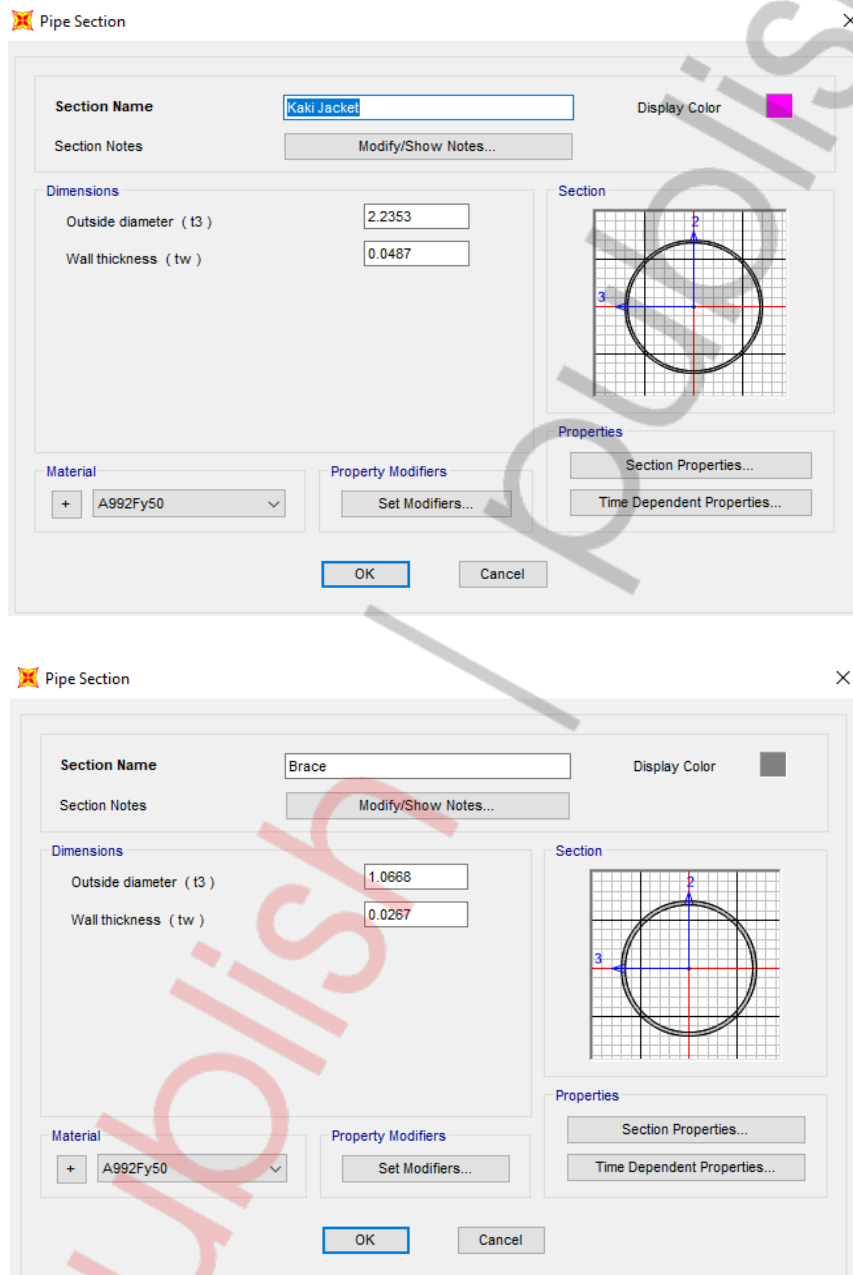
Gambar 5.4. Menambahkan Tipe Penampang

Pada struktur ini tipe penampang (Gambar 5.5) yang digunakan adalah pipa, karena struktur yang akan dirancang adalah jenis struktur terpancang “*Jacket Steel Platform*” dengan konstruksi yang permanen dan difungsikan sebagai anjungan produksi dan anjungan pengeboran.



Gambar 5.5. Tipe Penampang

Untuk mendefinisikan penampang pipa pilih menu **Pipe** (Gambar 5.6). Setelah itu akan muncul kotak dialog **pipe section**. Masukkan data untuk pipa seperti yang dijelaskan berikut:

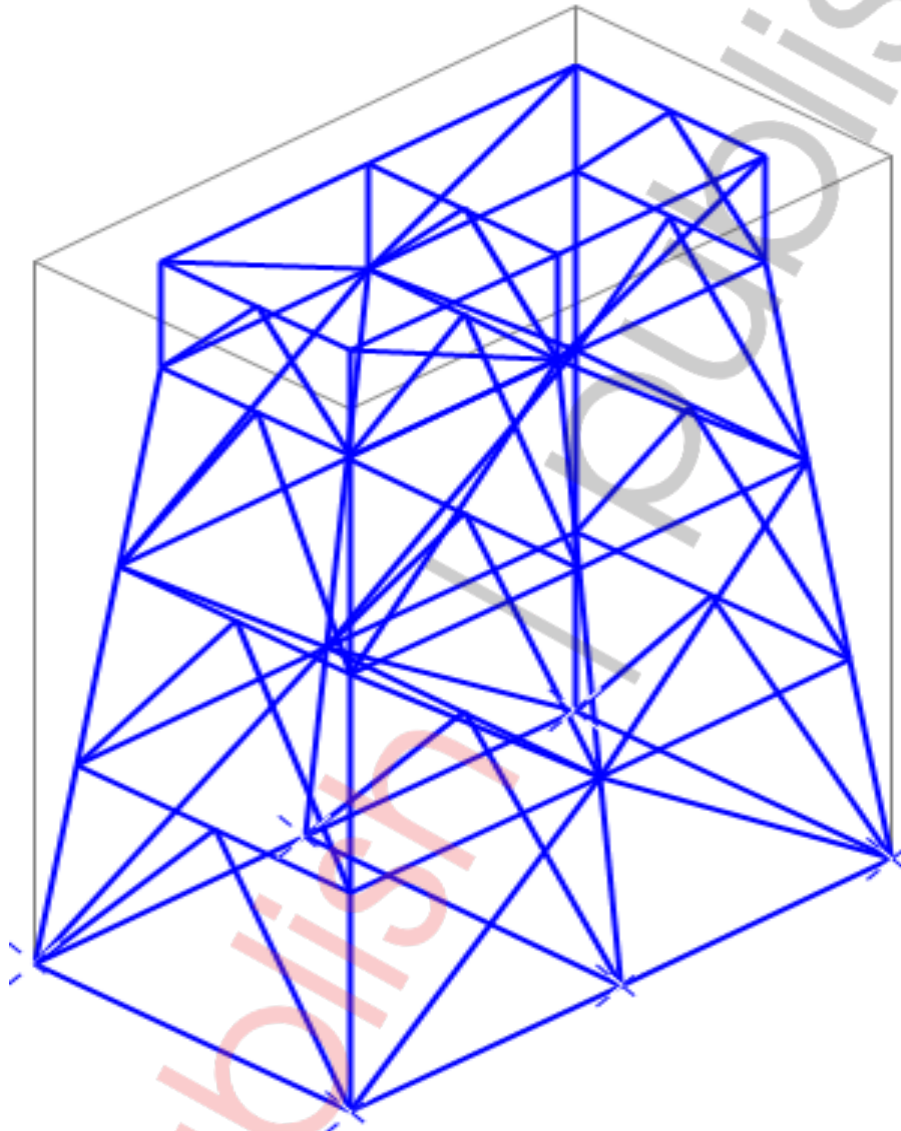


Gambar 5.6. Ukuran Penampang

1. Pada **section name**, isikan nama *frame*-nya, seperti: **Kaki Jacket** dan **Brace**
2. Pilih material **A36** untuk material **baja** yang akan digunakan pada pilihan **material**
3. Pada isian **dimension**, isikan:
 - Pada **brace**: *outside diameter* (t_3) = 1.0668, *wall thickness* (tw) = 0.0267
 - Pada **kaki jacket**: *outside diameter* (t_3) = 2.2353, *wall thickness* (tw) = 0.0487

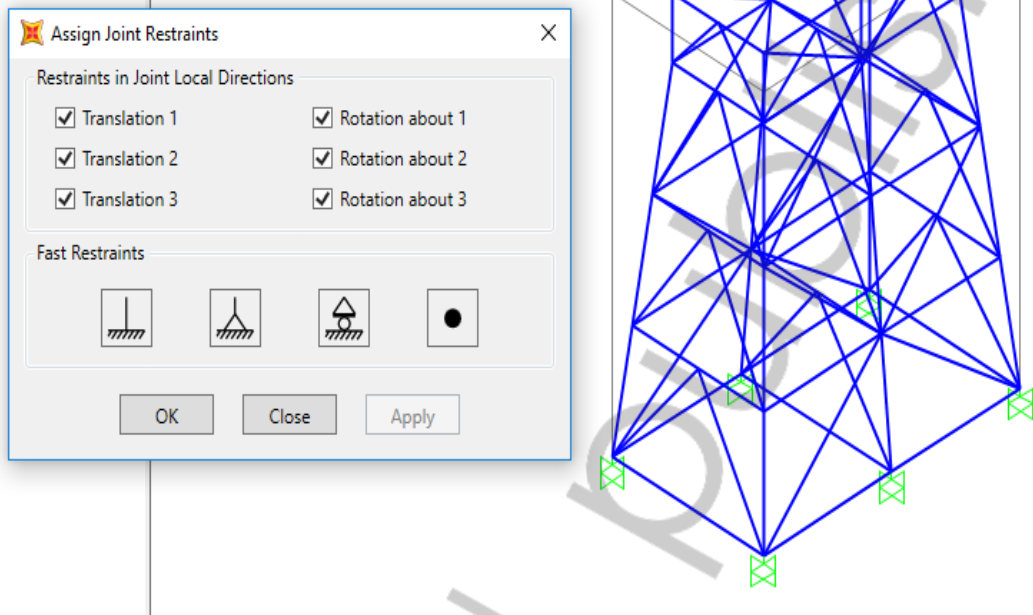
Mengganti Tipe Tumpuan

Perlu diingat untuk mengganti tumpuan pada model (Gambar 5.7), terlebih dahulu klik atau pilih di setiap ujung bagian bawah model agar tumpuan berada di setiap kaki struktur/model.



Gambar 5.7. Posisi Joint

Setelah seluruh ujung model di-klik atau diberi tanda, langkah selanjutnya adalah memilih jenis tumpuan yang akan digunakan dengan cara: **assign > joint > restrain** dan tumpuan yang digunakan adalah tumpuan jepit (Gambar 5.8).



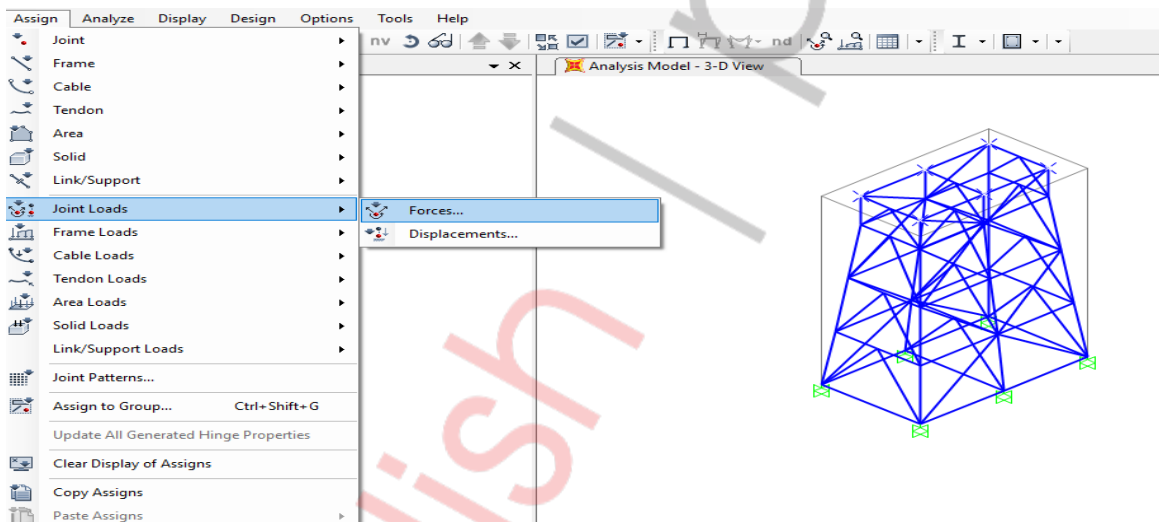
Gambar 5.8. Tumpuan

Dipilih tumpuan jepit karena ini merupakan bangunan *fixed* atau terpancang di mana tidak akan terjadi pergerakan pada struktur bangunan tersebut.

BAB 6 BEBAN

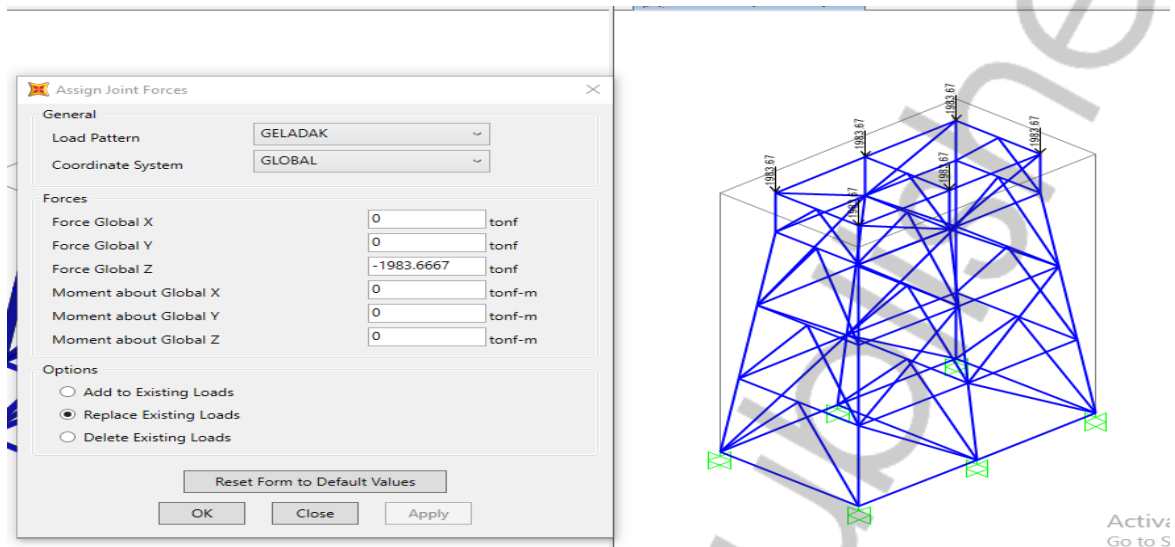
6.1. Beban Geladak

Beban geladak merupakan beban yang bekerja di bagian *deck*/geladak pada bangunan lepas pantai. Adapun langkah untuk menentukan/meng-*input* beban gelombang dengan cara, pilih menu **assign > joint loads > forces** (Gambar 6.1).



Gambar 6.1. Beban Geladak

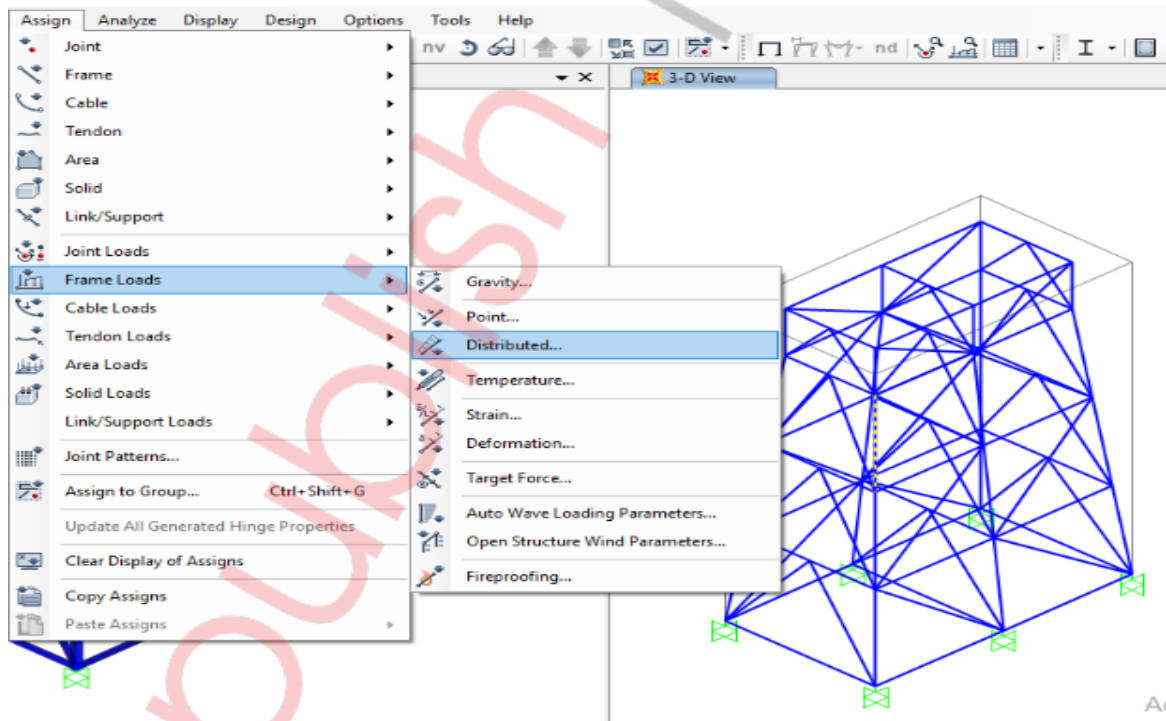
Input beban geladak dengan mengisi **load pattern (deck) > momen absolut global Z** (Gambar 6.2), dengan meng-*input* beban di geladak sebesar **1983.667 ton/kaki** > **apply** > **ok**.



Gambar 6.2. Input Beban Geladak

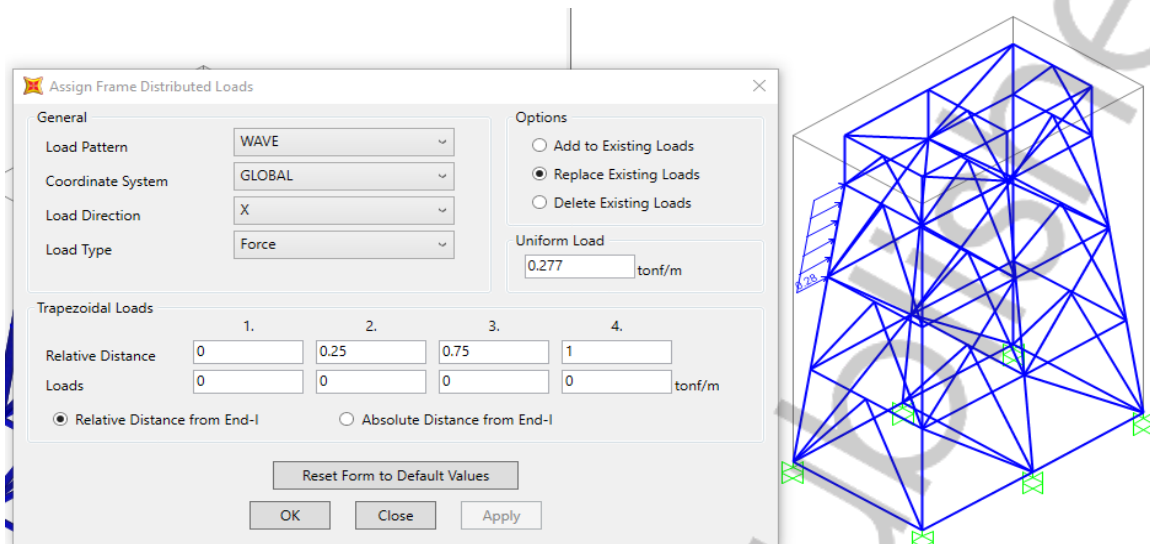
6.2. Beban Gelombang

Adapun langkah dalam penentuan atau penginputan beban gelombang dengan cara: Klik **frame** yang akan di-input beban gelombangnya (Gambar 6.3). Pilih menu **assign > frame loads > distributed**



Gambar 6.3. Beban Gelombang

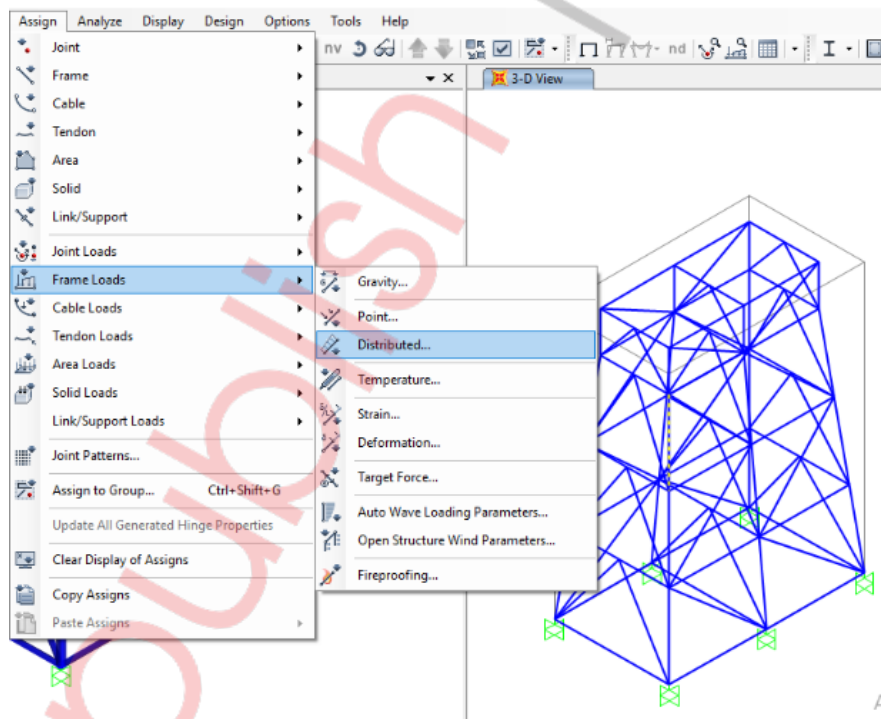
Input beban gelombang dengan mengisi **load pattern (wave) > load direction >** memasukkan data beban gelombang (Gambar 6.4) ke **uniform load** sesuai dengan beban gelombang tiap elemen > **apply > ok**.



Gambar 6.4. Input Beban Gelombang

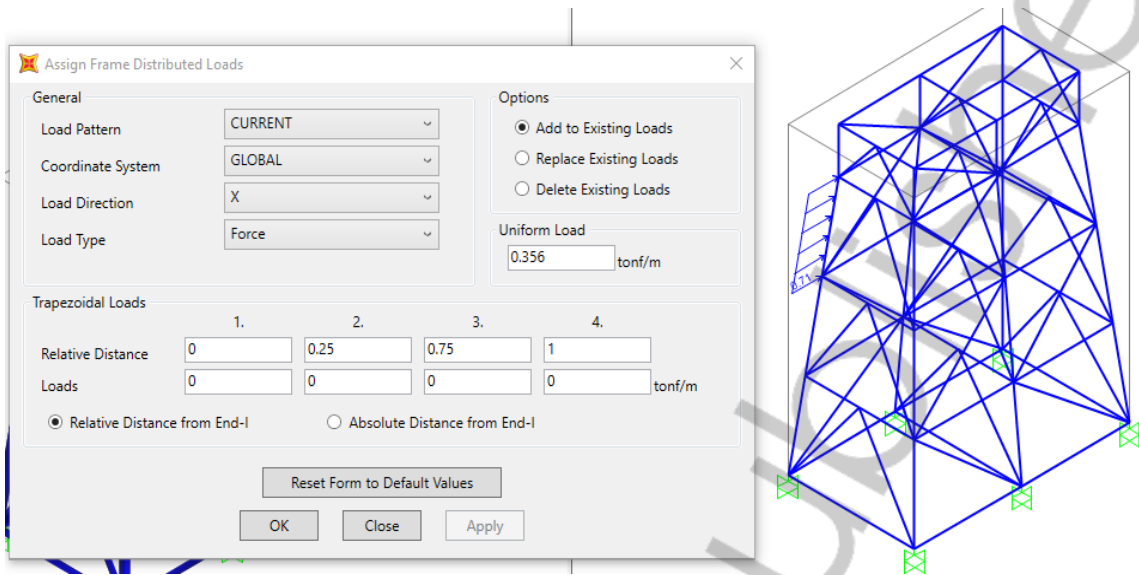
6.3. Beban Arus

Adapun langkah dalam penentuan atau penginputan beban arus dengan cara: Klik **frame** yang akan di-input beban arus. Pilih menu **assign > frame loads > distributed** (Gambar 6.5).



Gambar 6.5. Beban Arus

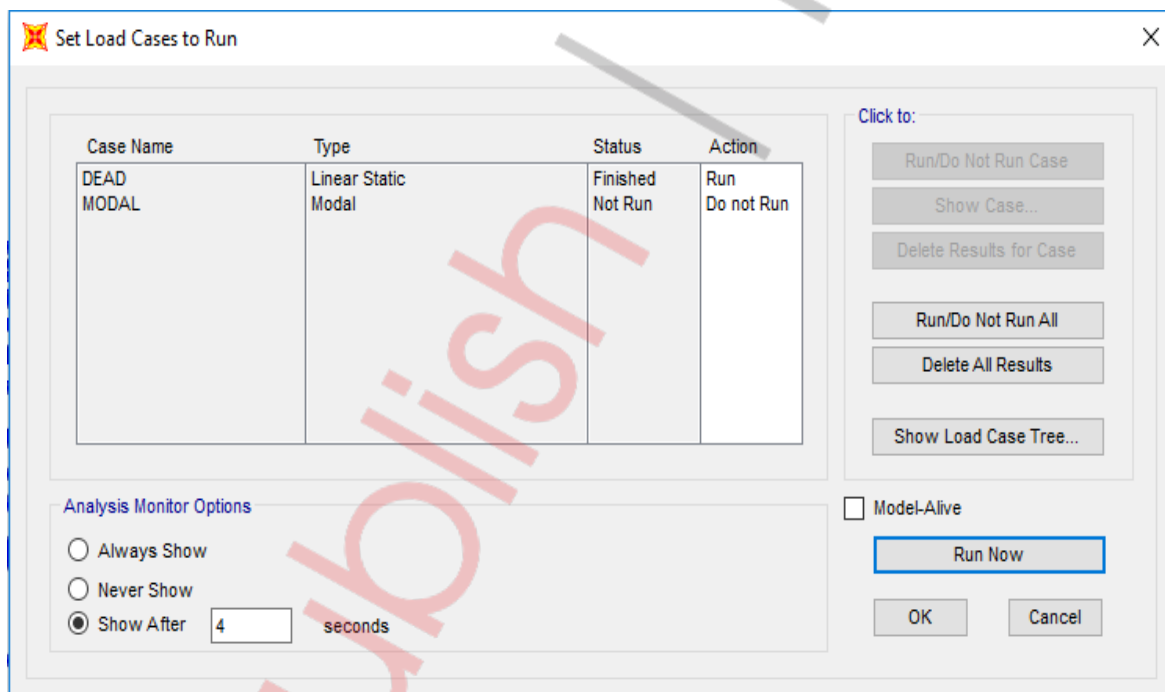
Input beban arus dengan mengisi **load pattern (current) > load direction >** memasukkan data beban arus ke **uniform load** sesuai dengan beban arus tiap elemen **> apply > ok** (Gambar 6.6).



Gambar 6.6. Input Beban Arus

BAB 7 ANALISIS

Langkah dalam menganalisis, terlebih dahulu pilih menu **analyze > run analyze**. Pada kotak dialog **set load cases to run** (Gambar 7.1), perhatikan kolom *status* dan *action*. Itu menyatakan status dari tipe beban, apakah sudah dianalisis (*run*) atau belum (*not run*). Sedangkan pada kolom *action* merupakan langkah yang akan diambil dalam analisis yang sedang akan dilakukan, apakah akan dihitung (*run*) atau tidak (*do not run*). Untuk itu yang dianalisis hanya analisis statik, sehingga pada analisis MODAL (yang berguna untuk analisis dinamis) akan dinonaktifkan dahulu.



Gambar 7.1. Set Load Cases to Run

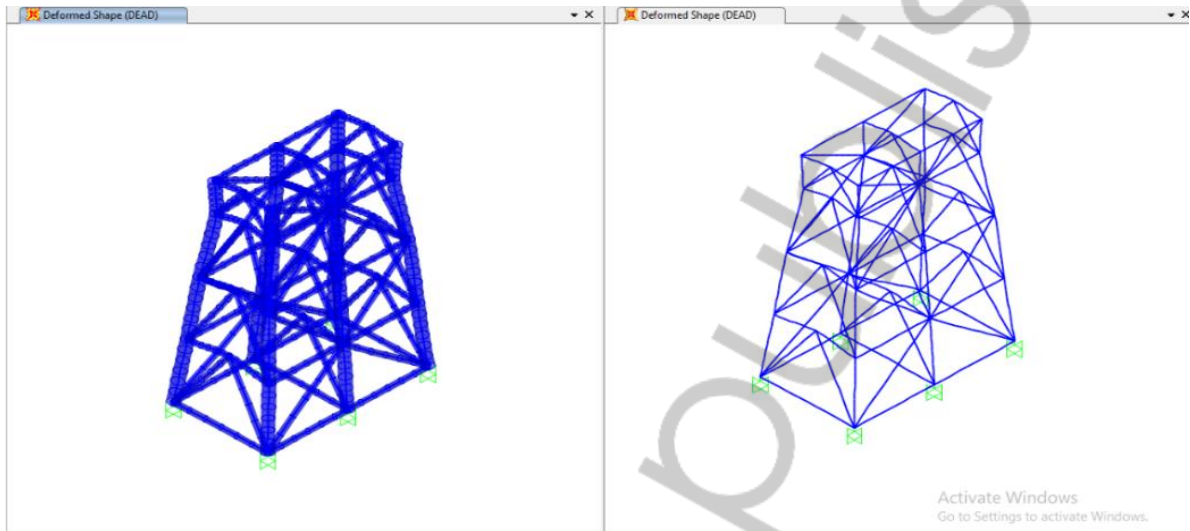
Sebelum melakukan proses *running*, perlu mengatur (*setting*) proses analisis yang akan dilakukan. Adapun caranya, yaitu:

1. Pilih MODAL pada *case name*
2. Klik **run/do not run case > run now**

Hasil Keluaran/Output

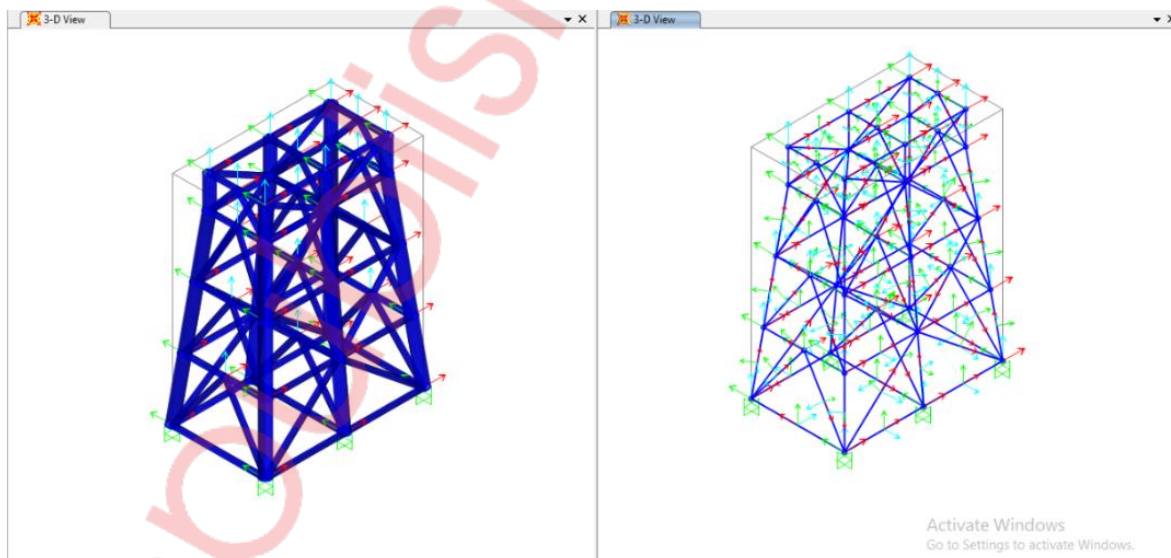
1. Menampilkan bentuk deformasi struktur

- Pilih menu **display > show deformed shape (F6)**.
- Pada **drop down menu case/combo name > klik Apply > ok** (Gambar 7.2).



Gambar 7.2. Bentuk Deformasi Struktur

- Untuk menampilkan animasi pergerakan deformasi struktur, klik **star animation**, dan untuk menghentikan animasi, klik **stop animation**.
- Untuk menampilkan **local axes**, pilih **set display options > object options > beri centang pada local axes** baik di **joint** maupun di **frame** (Gambar 7.3).



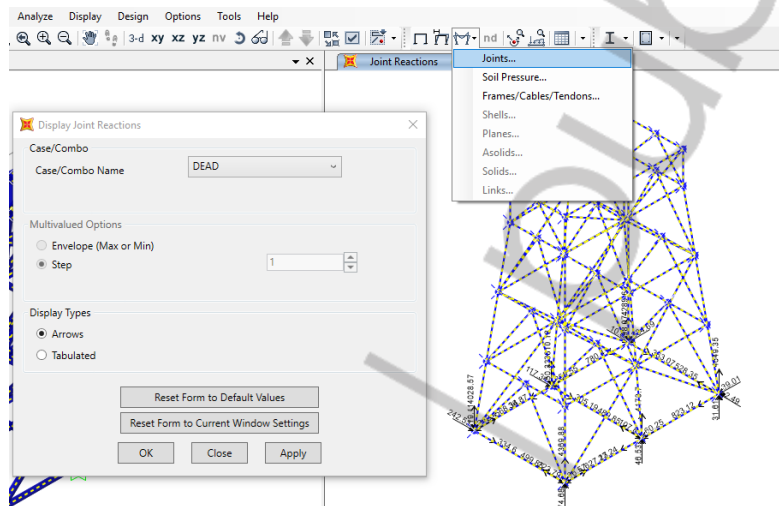
Gambar 7.3. Local Axes

2. Menampilkan bentuk awal struktur (tak berdeformasi)

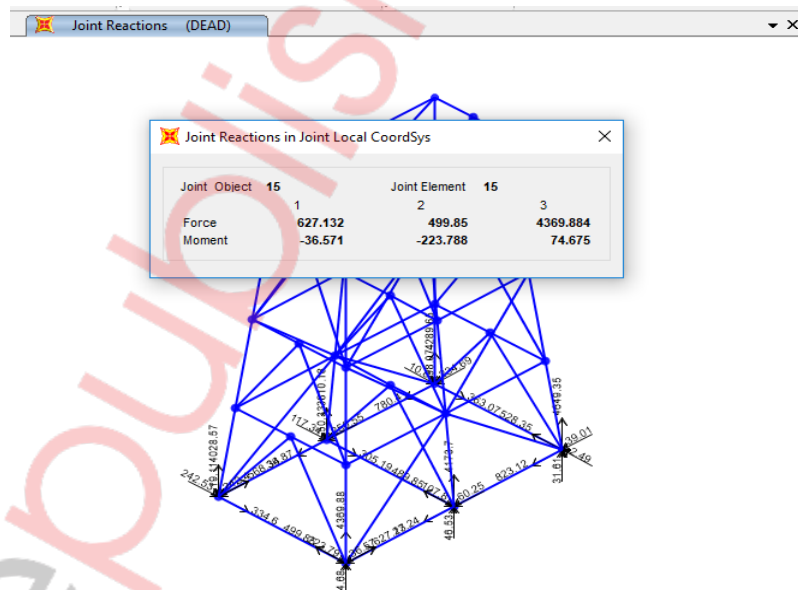
Untuk menampilkan bentuk struktur yang belum terdeformasi (atau juga dapat untuk membersihkan informasi pada *layer*, beban, dan lain-lain), dengan klik menu **show undeformed shape (F4)**.

3. Menampilkan reaksi tumpuan.

- Pilih menu **show forces/stress > joint (F7) > apply > ok** (Gambar 7.4).
- Setelah tampak aksi reaksi tumpuan, klik kanan pada **joint** untuk mengetahui besar reaksi gaya tumpuan dan momen pada tumpuan tersebut (Gambar 7.5).



Gambar 7.4. Reaksi Tumpuan

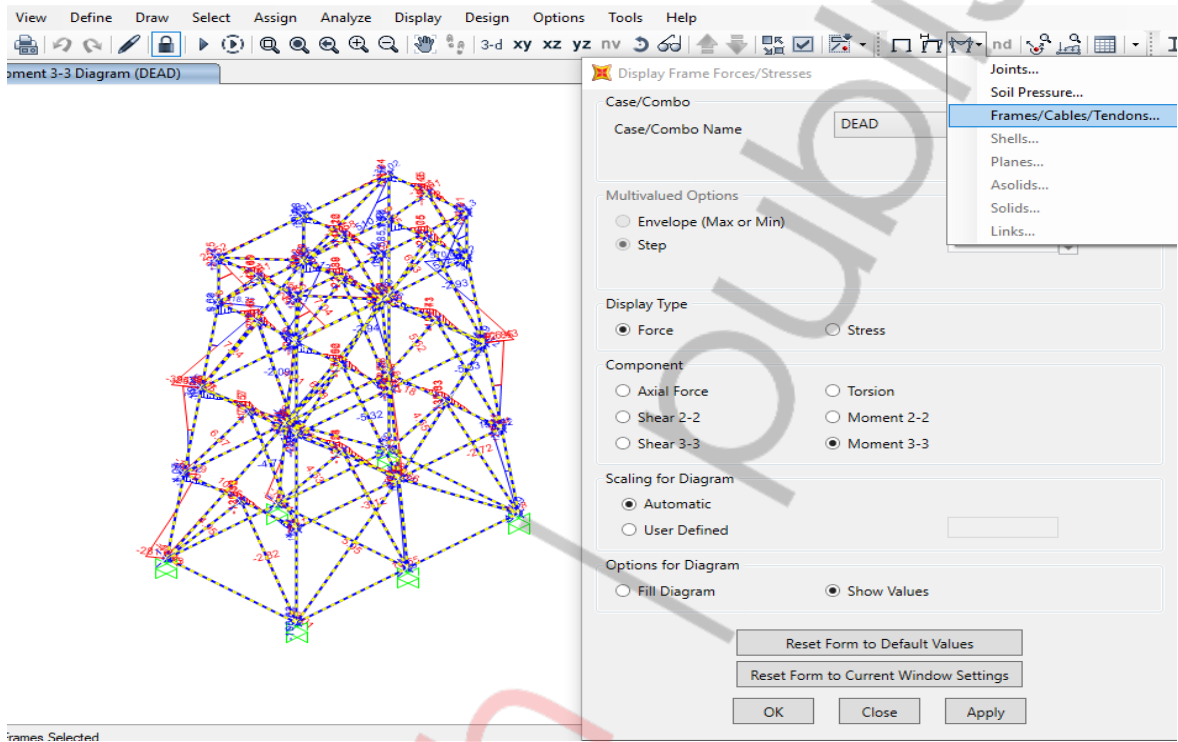


Gambar 7.5. Input dari Reaksi Tumpuan

Sebagai contoh pada gambar, nilai reaksi tumpuan akibat kombinasi beban.

4. Menampilkan gaya-gaya batang

- a. Pilih menu **display > show force/stress > frame/cable.... (F8)**.
- b. Pada komponen pilih tipe gaya yang akan dilihat
 - 1) *Axial force*: gaya axial.
 - 2) *Shear 2-2*: gaya geser arah sumbu 2 (sb kuat).



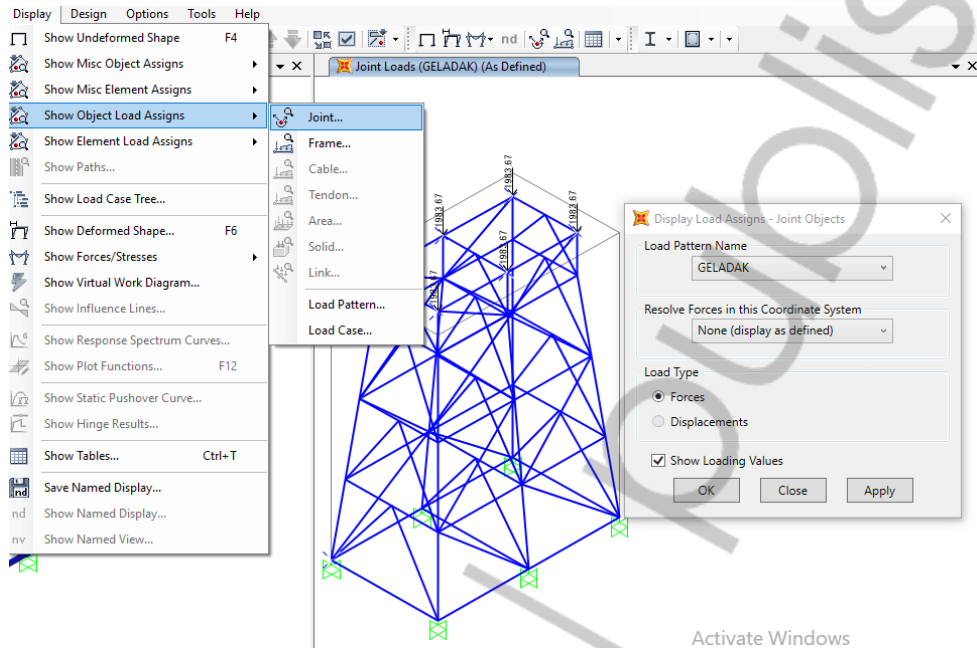
Gambar 7.6. Gaya Batang

- 3) *Shear 3-3*: gaya geser arah sumbu 3 (sb lemah).
 - 4) *Torsion*: momen torsi.
 - 5) *Moment 2-2*: momen memutar sumbu 2 (sb lemah).
 - 6) *Moment 3-3*: momen memutar sumbu 3 (sb kuat).
- c. Pada **options** pilih **fill diagram** untuk menampilkan diagram dalam bentuk blok warna atau **show values** untuk menampilkan nilainya > **apply** > **ok** (Gambar 7.6).

5. Menampilkan beban *axial*, beban gelombang, dan beban arus

a. Beban *axial*

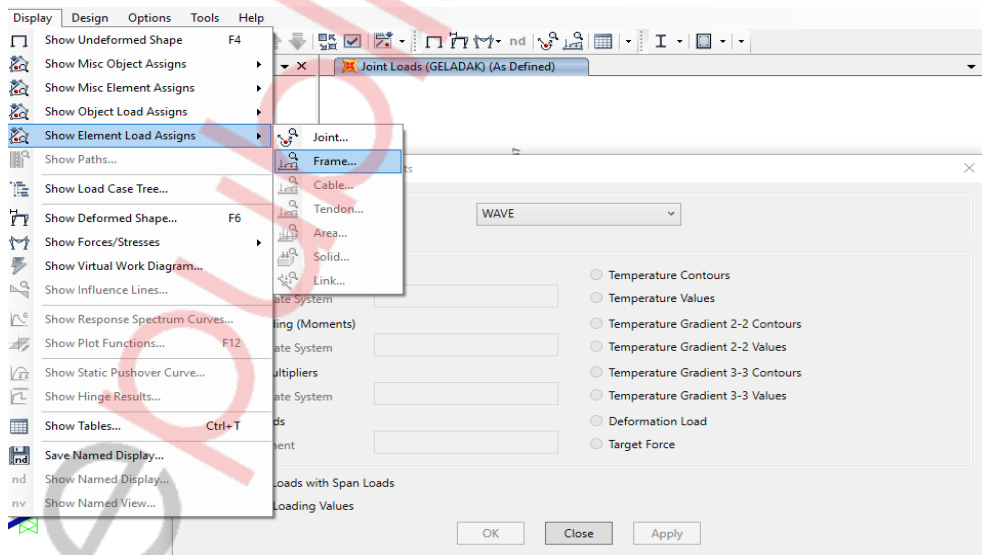
Pilih menu **display > show object load analysis > joint**, selanjutnya akan muncul tabel **display load assign**, ganti **load pattern name** dengan **geladak** (Gambar 7.7).



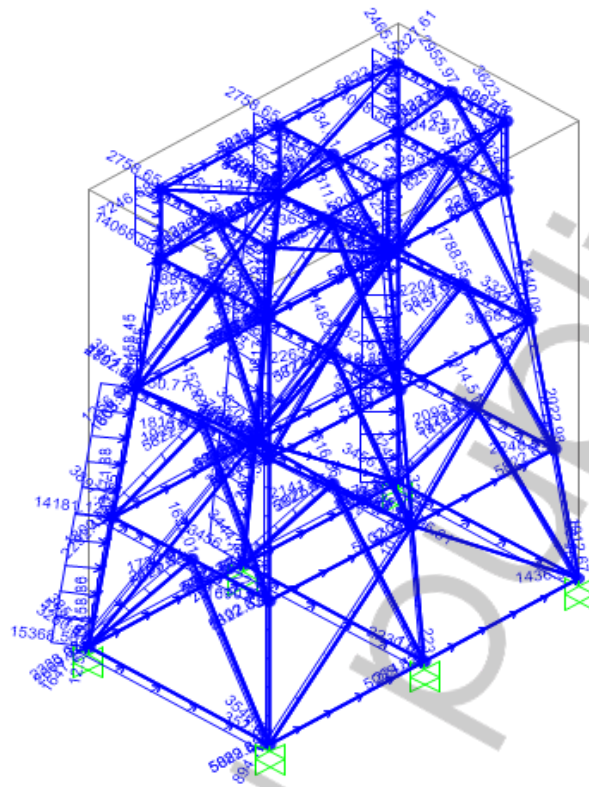
Gambar 7.7. Beban Axial

b. Beban gelombang

Pilih menu **display > show element load analysis > frame** (Gambar 7.8), selanjutnya akan muncul tabel **display load assign**, ganti **load pattern name** dengan **wave** (Gambar 7.9).



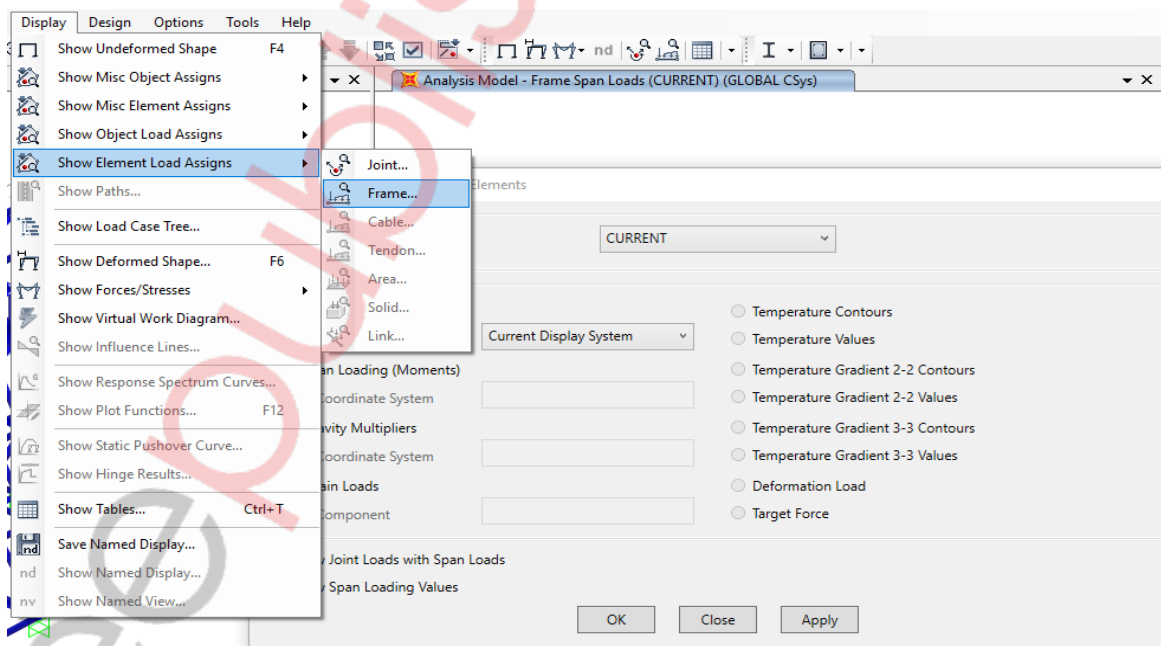
Gambar 7.8. Display Load Assign



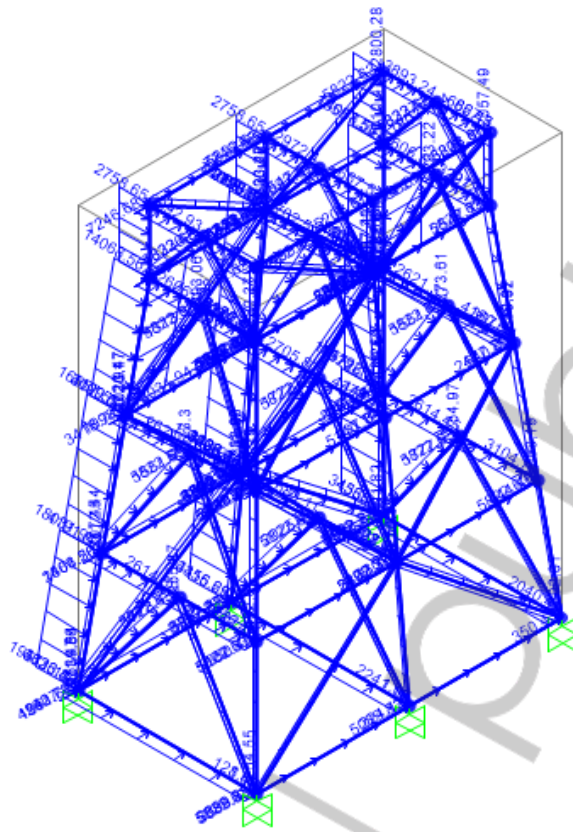
Gambar 7.9. Beban Gelombang

c. Beban arus

Pilih menu **display > show element load analysis > frame**, selanjutnya akan muncul tabel **display load assign** (Gambar 7.10), ganti **load pattern name** dengan **current** (Gambar 7.11).



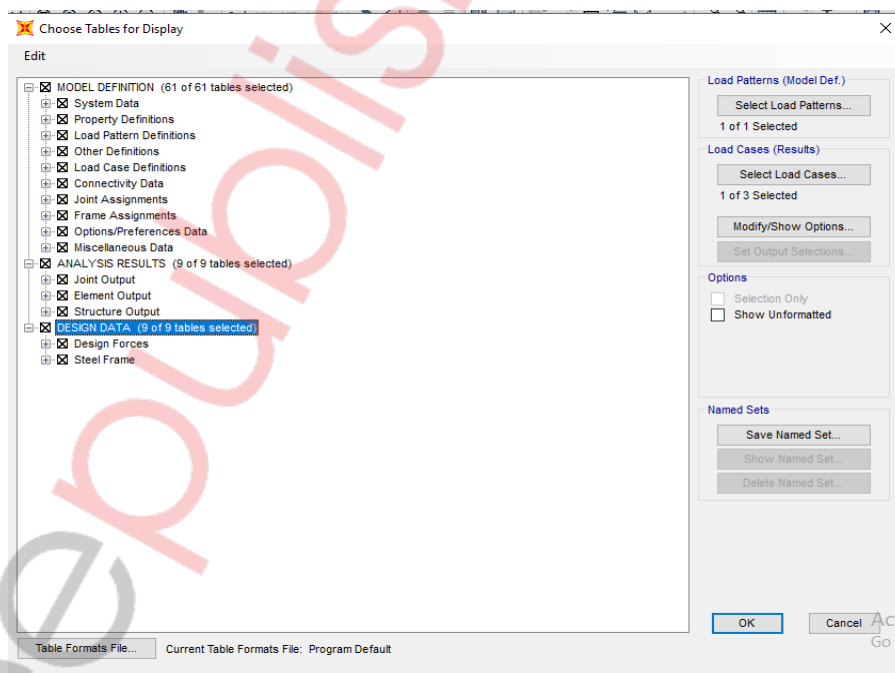
Gambar 7.10. Display Load Assign



Gambar 7.11. Beban Arus

6. Menampilkan tabel output

- a. Pilih menu **display > show table (CTRL + T)** (Gambar 7.12).



Gambar 7.12. Chose Table for Display

- b. Pilih *item* yang ingin ditampilkan, seperti jika ingin menampilkan nilai dari *Interaction Ratio* (IR), klik **ok** > **steel design 1 – summary data – AISC 360-10**, selanjutnya akan muncul tabel yang berisikan nilai *ratio* pada setiap elemen (Gambar 7.13).

Frame Text	DesignSect Text	DesignType Text	Status Text	Ra Unit
1	Brace	Beam	No Messages	
2	Brace	Beam	No Messages	
3	Brace	Beam	No Messages	
4	Brace	Beam	No Messages	
7	Brace	Brace	No Messages	
8	Brace	Brace	No Messages	
9	Brace	Brace	No Messages	
10	Brace	Brace	No Messages	
11	Brace	Brace	No Messages	
12	Brace	Brace	No Messages	
19	Brace	Beam	No Messages	
20	Brace	Beam	No Messages	
21	Brace	Beam	No Messages	
22	Brace	Beam	No Messages	
23	Kaki Jacket	Column	No Messages	

Gambar 7.13. Ratio

Dari hasil di atas nilai *Interaction Ratio* (IR) terbesar berada pada elemen 26, di mana nilai IR-nya sebesar 0,657.

Nilai *Interaction Ratio* (IR) pada elemen 26:

$$IR = \frac{f_a}{F_a} + \frac{ffb_{mayor}}{F_b} + \frac{ffb_{minor}}{F_b} \leq 1$$

Dengan:

1) Torsional Stress

$$F_t = 0,6F_y$$

$$F_t = 0,6 \times 25.310,507ksi$$

$$F_t = 15.186,30ksi$$

2) Axial Stress

$$C_c = \left(\frac{2\pi^2 E}{F_y} \right)^{1/2}$$

$$C_c = \left(\frac{2 \times 3,14^2 \times 20.389.019}{25.310,507} \right)^{1/2}$$

$$C_c = 125,035 > \frac{kl}{r}$$

$$F_a = \frac{\left[1 - \frac{(kl/r)^2}{2C_c^2} \right] F_y}{\frac{5}{3} + \frac{3(kl/r)}{8C_c} - \frac{(kl/r)^3}{8C_c^2}} \text{ for } \frac{kl}{r} < C_c$$

$$F_a = \frac{\left[1 - \frac{(70)^2}{2125,035^2} \right] 25.310,507}{\frac{5}{3} + \frac{3(70)}{8 \times 125,035} - \frac{(70)^3}{8 \times 125,035^2}}$$

$$F_a = -297,508 \text{ ksi}$$

Bending Stress

$$F_b = 0,75 F_y$$

$$F_b = 0,75 \times 523.310,35 \text{ ksi}$$

$$F_b = 17.717,35 \text{ ksi}$$

3) Tegangan Lentur Mayor

$$ffb_{mayor} = \frac{1}{2} \sqrt{(F_a + F_b)^2 + F_t^2}$$

$$ffb_{mayor} = \frac{1}{2} \sqrt{(-297,508 + 17.717,35)^2 + 15.186,30^2}$$

$$ffb_{mayor} = 5.439,2 \text{ ksi}$$

4) Tegangan Lentur Minor

$$ffb_{minor} = \sqrt{(F_a + F_b)^2 + F_t^2}$$

$$ffb_{minor} = \sqrt{(-297,508 + 17.717,35)^2 + 15.186,30^2}$$

$$ffb_{minor} = 3.561,2 \text{ ksi}$$

Jadi nilai *Interaction Ratio* (IR) pada elemen 26:

$$IR = \frac{f_a}{F_a} + \frac{ffb_{mayor}}{F_b} + \frac{ffb_{minor}}{F_b} \leq 1$$

$$IR = 0,15 + \frac{5.439,2 \text{ ksi}}{17.717,35 \text{ ksi}} + \frac{3.561,2 \text{ ksi}}{17.717,35 \text{ ksi}}$$

$$IR = 0,658 \leq 1$$

Sehingga didapatkan $IR \leq 1$ (perancangan aman dan memenuhi)

BAB 8 DISKUSI

Analisis kekuatan *jacket* merupakan kriteria yang sangat penting dalam desain struktur bangunan lepas pantai. Beberapa penelitian yang terkait dengan analisis kekuatan struktur bangunan lepas pantai telah diuraikan dengan menggunakan cara atau metode untuk memperoleh hasil yang berupa respons elemen-elemen dari struktur *jacket* sebelum dan setelah adanya pembebanan.

Berbagai masalah yang dihadapi serta tujuan yang ingin dicapai dengan mempertimbangkan berbagai aspek menjadi tolok ukur dalam menganalisis kekuatan *jacket* dengan variabel yang sangat kompleks. Oleh karena itu, dibutuhkan metode penyelesaian untuk mendapatkan informasi yang lebih detail dari perilaku struktur *jacket* secara global.

Kajian analisis dan sintesis telah diuraikan dengan menyajikan prosedur analisis yang menggunakan formula matematis berdasarkan aturan/regulasi yang diadopsi dan menerapkan Metode Elemen Hingga sebagai penyelesaian secara numerik. Hubungannya diuraikan dalam bentuk persamaan interaksi tegangan atau *Interaction Ratio* (IR) di mana luaran dalam bentuk respons tegangan aksial dan lentur yang bekerja untuk setiap elemen struktur dibandingkan dengan tegangan aksial dan lentur yang diizinkan.

Material, pemodelan, tumpuan, pembebanan, kondisi batas (syarat batas), proses (*running*) model disajikan dengan mengadopsi metode numerik dalam bentuk *software*. Respons perilaku struktur yang dihasilkan oleh *software* berupa reaksi tumpuan, gaya-gaya elemen, translasi dan rotasi titik, lendutan elemen, diagram gaya geser dan momen, lendutan elemen, deformasi struktur, dan interaksi tegangan (IR).

Pemodelan struktur dilakukan dengan menggambar model struktur di *software* AutoCAD secara lengkap. Dalam buku ini, objek struktur bangunan lepas pantai yang diambil sebagai contoh adalah yang terpancang, yaitu tipe *jacket* yang diasumsikan terletak di Laut Jawa dengan parameter *oil product rate* (BOPD), kedalaman air, panjang gelombang, tinggi gelombang, dan *batter* atau kemiringan yang telah ditentukan.

Selanjutnya, material yang digunakan pada contoh ini adalah baja **ASTM A36** berpenampang pipa dengan asumsi tumpuan jepit. Struktur *jacket* ini adalah struktur yang terpancang di dasar laut sehingga tumpuan diasumsikan jepit.

Seluruh beban baik beban struktur maupun beban lingkungan seperti gelombang, arus dan angin dimasukkan ke dalam perhitungan untuk mengetahui efeknya terhadap elemen-elemen struktur lokal maupun global.

Dalam buku ini, untuk mengetahui besarnya interaksi tegangan yang bekerja dengan tegangan yang diizinkan, maka diambil salah satu contoh elemen yang memiliki interaksi tegangan yang terbesar.

BAB 9 KESIMPULAN

Elemen Hingga merupakan salah satu metode untuk menyelesaikan analisis struktur secara kompleks dan detail serta penggunaannya sudah berkembang. Di sisi lain, penggunaan Metode Elemen Hingga dalam menganalisis kekuatan struktur *jacket* masih sangat terbatas, terlebih yang bersifat referensi atau buku. Oleh karena itu, pengenalan Metode Elemen Hingga untuk menganalisis struktur bangunan laut dengan tipe *jacket* ini melalui referensi atau buku sangat dibutuhkan.

Analisis kekuatan bangunan lepas pantai tipe *jacket* dengan Metode Elemen Hingga memberi kontribusi yang sangat besar karena dapat memberi informasi yang lebih detail perihal perilaku struktur *jacket* sebelum dan sesudah mengalami pembebanan. Informasi detail struktur berupa reaksi tumpuan, gaya-gaya elemen, perpindahan titik, distribusi tegangan, deformasi, dan sebagainya ditampilkan dalam bentuk tiga dimensi sehingga memberi gambaran kepada *user* apakah perilaku tersebut sesuai kondisi yang sebenarnya.

REFERENSI

- American Petroleum Institute Recommended Practice 2A. 1989
- Boyer, S. 1997. *Seismic Surveying and Well Logging*. Editions Technip
- Chakrabarti, S.K. 2005. *Handbook of Offshore Engineering Volume 1 dan 2*. Elsevier
- Chandrakant, S.D. 1988. *Dasar-Dasar Metode Elemen Hingga*. Diterjemahkan oleh Sri Jatno Wirjosoedirdjo, Ph.D. Edisi ke-2. Jakarta: Erlangga
- Chandrasekaran, S. 2018. *Dynamic Analysis and Design of Offshore Structures*. Second Edition. Springer
- Dong, Y dan Garbatov, Y. 2021. *Strain-Based Fatigue Reliability Assessment of Welded Joints in Ship Structures*. Elsevier
- Fertl, W.H. 2010. *Abnormal Formation Pressure*. Elsevier
- Garside, R.; Snell, R.O.; Cook, H. 2001. *Deepwater Technology and Deepwater Developments*. International Offshore and Polar Engineering Conference. Stavanger, Norway
- Guede, F. 2019. *Risk-Based Structural Integrity Management for Offshore Jacket Platform*. Elsevier
- Maher, A. 1995. *Offshore Engineering*. Witherby
- Muis Alie, M.Z. 2016. The effect of symmetrical and assymetrical configuration shapes on buckling and fatigue strength analyst of fixed offshore platform. *International Journal of Technology*.
- Muis Alie, M.Z., Juswan, Daud, S., Sriadi, W.T. dan Ratnawati. 2015. *The effect of Symmetrical and Asymmetrical Shape in Buckling Strength on Fixed Offshore Platform*. International Society of Offshore and Polar Engineering.
- Omidali, Mahdi dan Khedmati, M.R. 2018. *Reliability-Based Design of Stiffened Plates in Ship Structures Subject to Wheel Patch Loading*. Elsevier
- Rajagopalan, K.1992. *Point Estimation Technique for the Reliability Analysis of Ship Structures*. Printed in Great Britain
- Ruoxuan, L. dan Yanagihara, D. 2019. Axial compressive residual ultimate strength of circular tube after lateral collision. *International Journal of Naval Architecture and Ocean Engineering*.

Subrata K. Chakrabarti. 2010. *Offshore Structure Modeling*. Word Scientific.

Tian, X. dan Wang, Q. 2019. *Topology Optimazion Design for Offshore Platform Jacket Structure*. Elsevier

Wu, Xingru. 2018. *A Special Focus on Formation Damage in Offshore and Deepwater Reservoirs dalam Formation Damage During Improved Oil Recovery*. Gulf Professional Publishing. Elsevier

Yang, Y. dan Wu, Q. 2019. *Seismic Collapse Performance of Jacket Offshore Plarform with Time-Variant Zonal Corrosion Model*. Elsevier

Zayed, A. dan Garbatov, Y. 2013. *Time Variant Reliability Assessment of Ship Structures with Fast Integration Techniques*. Elsevier

A

AISC, 37
 Analisis, v, x, 2, 3, 4, 5, 10, 16, 20, 30, 39, 41
 Analyze, 30
 API RP 2A, 4
 Asimetris, 2
 ASTM A, 8, 39
 ASTM A500, 8
 AutoCAD, vii, x, 16, 17, 18, 39
 Axial Force, 33
 Axial Stress, x, 5, 38

B

Bending Stress, x, 5, 38
 Brace, 8, 9, 14, 15, 23
 Buckling, x, 2, 5, 42

D

Deformasi, vii, x, 3, 4, 31, 39, 41
 Desain, vii, 2, 5, 17, 18, 39
 Diferensial, 6
 Dimension, 23
 Display, vii, viii, 31, 33, 34, 35, 36
 Distributed, 27, 28

E

Effective Length Factors, 5

F

Fatigue, 2, 42
 FEM, x, 3, 4
Fixed, 2, 9, 25, 42
 Frame, 14, 15, 21, 22, 23, 27, 28, 31, 33, 34, 35
 Frame Loads, 27, 28

G

Gaya Eksternal, 6

H

Homogen, 6

I

IACS, 5
Interaction Ratio, x, 4, 5, 6, 37, 38, 39

J

Jacket, v, 2, 3, 8, 9, 14, 16, 17, 22, 23, 39, 41, 42, 43
Jacket Steel Platform, 8, 22

K

Keandalan, 2
 Konduktivitas Termal, 6
 Konfigurasi, 2

L

Local Buckling, x

M

Matematis, 4, 6, 39
 Material Non-Isotropik, 7
 Metode Numerik, 6, 39
 Modulus Elastisitas, x, 6

N

NLFEA, 4

O

Offshore, 2, 9, 42, 43

P

Pantai, v, 1, 2, 3, 4, 5, 8, 9, 10, 26, 39, 41
Pelat, 2, 8

R

Radius of Gyration, 5
Regangan, 2
Run Analyze, 30

S

SAP 2000, v, x, 16, 18, 19, 39
Save As, 18
Simetris, 2
Struktur, v, vii, x, 1, 2, 3, 4, 5, 8, 9, 10, 14,
16, 17, 18, 20, 22, 24, 25, 31, 32, 39, 41

T

Tegangan Lentur Mayor, 6, 38
Tegangan Lentur Minor, 6, 38
Teknik, 2, 3, 4, 6
Torsional Stress, x, 5, 37

U

Unbraced Length, 5
Uniform Load, 27, 28

V

Variabel, 2, 39
Viskositas, 6

Y

Young's Modulus of Elasticity, 5

PROFIL PENULIS



Muhammad Zubair Muis Alie, S.T., M.T., Ph.D., dilahirkan di Ujung Pandang, Sulawesi Selatan, Juni 1975. Penulis menyelesaikan S1 dan S2 di Universitas Hasanuddin dan menyelesaikan program Doktor (S3) di Ship and Offshore Structural Integrity Subarea Laboratory, Osaka University, Japan dengan bidang keahlian Ship and Offshore Structures. Sebelumnya penulis adalah Staf Pengajar di Program Magister Teknik Perkapalan dan mengajar mata kuliah Struktur dan Kekuatan Kapal. Saat ini penulis bertugas sebagai Dosen S1 Teknik Kelautan dan Kepala Laboratorium Struktur Ocean Structure Analysis Research Laboratory (OSAREL) Departemen Teknik Kelautan, Universitas Hasanuddin. Mata Kuliah yang diajarkan adalah Fisika Dasar, Mekanika Teknik 1 & 2, Analisa Struktur, Konstruksi Baja, Dinamika Struktur, Metode Elemen Hingga, Mekanika Kelelahan, Analisa Keandalan Struktur, Perencanaan Bangunan Lepas Pantai, Konstruksi Bangunan Lepas Pantai, serta Kekuatan dan Struktur Kapal
Email: zubair.m@eng.unhas.ac.id



Indah Melati Suci. Dilahirkan di Enrekang Sulawesi Selatan, Agustus 1998. Penulis menyelesaikan S1 Teknik Kelautan, Ocean Structure Analysis Research Laboratory (OSAREL) di Universitas Hasanuddin dengan judul skripsi Pengaruh Tinggi Dasar Ganda Terhadap Kekuatan Kapal Double Hull Tanker.
Email : indahmelati27011@gmail.com