

20.330/H/04

20.349/H/04



BNLIK PERPUSTAKAAN
INSTITUT TEKNOLOGI
SEPULUH NOPEMBER

TUGAS AKHIR
KL 1702

**ANALISA KONFIGURASI BRACE STRUKTUR JACKET
AKIBAT BEBAN LINGKUNGAN**



Riske
627.98
Ham
a - 1
2004

Disusun Oleh :

HAMBALI

NRP : 4399 100 020

PERPUSTAKAAN ITS	
Tgl. Terima	10-3-2004
Terima Dari	H
No. Agenda Prp.	29910

**JURUSAN TEKNIK KELAUTAN
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2004**

LEMBAR PENGESAHAN
TUGAS AKHIR
(KL 1702)

JUDUL :

ANALISA KONFIGURASI BRACE STRUKTUR JACKET
AKIBAT BEBAN LINGKUNGAN

Disusun Oleh :

HAMBALI
NRP : 4399 100 020

Diajukan Guna Memenuhi Persyaratan
Memperoleh Gelar Sarjana S-1 Teknik Kelautan
pada

Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya

Mengetahui dan Menyetujui,

Dosen Pembimbing I

Dr. Ir. Paulus Indiyono, M.Sc
NIP. 131 453 680

Dosen Pembimbing II

Dr. Ir. Handayanu, M.Sc
NIP. 131 782 032



ABSTRAK

Tugas akhir ini berisi tentang analisa konfigurasi brace struktur jacket akibat beban lingkungan, dimana data diambil dari PT. Gunanusa Utama Fabrikator dengan nama platform Satellite wellhead Platform – G Phase – 3. Beban lingkungan yang menimpa struktur jacket adalah gelombang, arus, angin, dan gempa (*seismic*). Pemilihan konfigurasi brace struktur jacket akan mempengaruhi kekuatan, displacement, umur kelelahan, dan dimensi pondasi pile. Berdasarkan hasil *analisa static* tegangan maksimal struktur jacket terdapat pada member 5 – 30 C1A untuk jacket dengan konfigurasi brace tipe X, member 173 – 183 S42 untuk jacket dengan konfigurasi brace tipe K, member 67 – 30 MJ untuk jacket dengan konfigurasi brace tipe N. Dari hasil analisa perhitungan *fatigue life* dengan menggunakan metode Kuang dan API RP 2A dengan safety factor lebih dari 2 ($SF > 2$), didapat fatigue life selama 70,52 tahun untuk brace X berdasar formula API RP 2A dan 57,28 tahun berdasar formula Kuang, untuk brace K berdasar formula API RP 2A selama 64,39 tahun dan 56,44 tahun berdasar formula Kuang, untuk brace N berdasar formula API RP 2A selama 53,17 tahun dan 51,01 tahun berdasar formula Kuang. Dari hasil analisa seismic didapat tegangan maksimal pada member 5 – 30 C1A untuk jacket dengan konfigurasi brace tipe X, member 173 – 183 S42 untuk jacket dengan konfigurasi brace tipe K, member 61 – 109 MJ untuk jacket dengan konfigurasi brace tipe N. Pile penetration untuk struktur jacket dengan konfigurasi brace X, K, dan N adalah 41 m dan daya dukung izin pile adalah 9430,497 KN dengan dimensi Outside diameter pile = 1524,00 mm dan tebal dinding pile = 22,00 mm.

KATA PENGANTAR

Tiada kata yang patut penulis ucapkan selain memanjangkan puji syukur atas kehadirat Allah SWT. atas rahmat dan hidayah-Nya semata, Tugas Akhir di jurusan Teknik Kelautan ini dapat terselesaikan meskipun jauh dari kesempurnaan. Sholawat serta salam semoga selalu tercurahkan kepada teladan umat manusia, nabi besar Muhammad SAW.

Dalam kesempatan ini pula penyusun tidak lupa mengucapkan terima kasih kepada :

1. Bapak dan Ibu yang dengan segala perhatian dan dukungan materiil dan do'a dan saudara-saudara saya yang selalu memberikan dukungan sepenuhnya terhadap terselesaiannya Tugas Akhir ini.
2. Ir. Imam Rochani, M.Sc dan Dr. Ir. Handayani, M.Sc selaku Ketua dan Sekertaris Jurusan Teknik Kelautan, FTK – ITS.
3. Dr. Ir. Paulus Indiyono, M.Sc selaku Dosen Pembimbing I, yang selalu memberikan bimbingan dan pengarahan untuk kelancaran dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
4. Dr. Ir. Handayani, M.Sc selaku Dosen Pembimbing II, yang telah berkenan memberikan arahan dan bimbingannya dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
5. Ir. Ramli Simatupang, Ir. Olaf Pembudi, Ir. Mustofa serta senior ITS yang lain (Ir. Saefudino, Ir. Suparno, Ir. Handy Kurniawan, dll) di PT. Gunanusa Utama Fabrikator atas masukan data-data dari proyek PECKO

Phase – 3 yang diberikan kepada saudara Hadi Sutanto sebagai mahasiswa Kerja Praktek Teknik Kelautan yang sangat bermanfaat bagi saya dalam penggerjaan Tugas Akhir.

6. Hadi Sutanto (laut '99) atas dorongan semangatnya dan terima kasih atas pinjeman printernya, semoga kita selalu dalam pertalian persahabatan.
7. Rekan-rekan Benteng -17 (Bagas atas pinjeman motornya, Cahyoto, Sigit, Reza, Ivan, Andik, dll) dan rekan-rekan seperjuangan TA (Lukito, Hari DKP, Toma, Anas Mu'allif teman sekamar) yang telah susah payah membantu dalam proses penggerjaan Tugas Akhir ini.
8. Teman-teman angkatan 99 dan angkatan 98, Teguh Sugihartono (sesama analisa struktur Jacket) dan semuanya Thanks For All.

Penyusun menyadari akan segala keterbatasan dan kelemahan pada diri ini dan tentunya pada hasil karya Tugas Akhir ini. Karena itu kami mengharapkan masukan berupa saran dan kritikan yang membangun guna menambah kelengkapan dan kesempurnaan untuk masa selanjutnya.

Penyusun

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN

ABSTRAK i

KATA PENGANTAR ii

DAFTAR ISI iv

DAFTAR GAMBAR x

DAFTAR TABEL xi

DAFTAR NOTASI xii

BAB I PENDAHULUAN I-1

I.1 LATAR BELAKANG I-1

I.2 PERUMUSAN MASALAH I-3

I.3 TUJUAN I-3

I.4 MANFAAT I-4

I.5 BATASAN MASALAH I-4

BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI II-1

II.1 TINJAUAN PUSTAKA II-1

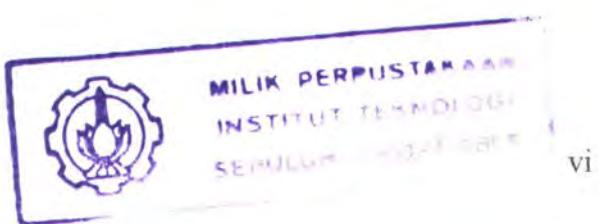
II.2 LANDASAN TEORI II-3

II.2.1 Lendutan Pada Struktur Jacket Dengan
Metode Elemen Hingga II-3

II.2.2 Tegangan Pada Elemen Frame dengan
Metode Analisa Statis II-6

II.2.3 Kelelahan Pada Struktur Jacket	II-9
II.2.3.1 Faktor Konsentrasi Tegangan	II-10
II.2.3.2 Tegangan Pada Sambungan Tubular	II-15
II.2.4 Gaya Yang Bekerja Pada Struktur Jacket	II-18
II.2.4.1 Beban Gelombang	II-18
II.2.4.1.1 Teori Gelombang	II-18
II.2.4.1.2 Pemakaian Teori Stoke Orde 5	II-20
II.2.4.1.3 Gaya Gelombang Pada Silinder Tegak	II-23
II.2.4.1.4 Gaya Gelombang Pada Silinder Miring	II-25
II.2.4.2 Beban Arus	II-27
II.2.4.3 Beban Angin	II-29
II.2.4.4 Beban Gempa (<i>Seismic</i>)	II-30
II.2.4.4.1 Analisa Response Spectra	II-36
II.2.5 KRITERIA TEGANGAN IZIN UNTUK TUBULAR	II-44
II.2.5.1 Tegangan Tarik Aksial (<i>Axial Tension</i>).....	II-44
II.2.5.2 Tegangan Tekan Aksial (<i>Axial Compression</i>)	II-44
II.2.5.3 Tegangan Tekuk (<i>bending</i>)	II-46
II.2.5.4 Tegangan Geser	II-46
II.2.5.6 Tegangan Geser Torsional	II-47
II.2.5.7 Unity Check Tegangan izin Tubular	II-47
II.2.5.8 Kekuatan Sambungan Tubular	II-48

II.2.6 DESAIN PONDASI STRUKTUR JACKET	II-50
II.2.6.1 Perhitungan Daya Dukung Tanah Untuk Satu Pile	II-53
II.2.6.2 Pile Penetration	II-55
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	III-1
III.1 UMUM	III-1
III.2 PENGUMPULAN DATA	III-2
III.2.1 Data Lingkungan (Kondisi Operasional)	III-2
III.2.2 Data Seismic	III-2
III.2.3 Data Tanah	III-3
III.2.4 Data Lokasi Anjungan	III-4
III.2.5 Data Material Properties Struktur Jacket	III-4
III.2.6 Data Material Properties Pile	III-5
III.3 PEMODELAN STRUKTUR JACKET	III-7
III.4 PEMBEBANAN PADA JACKET SWP – G PHASE – 3	III-12
III.4.1 Dead Weight (Jacket SWP – G Phase – 3)	III-12
III.4.2 Beban Deck Dan Equipment	III-13
III.4.3 Beban Hidup Deck	III-14
III.5 ANALISA BEBAN GELOMBANG, BEBAN ARUS, BEBAN ANGIN, DISPLACEMENT, DAN TEGANGAN	III-15
III.6 ANALISA KELEHAN DENGAN MENGGUNAKAN HOT SPOT STRESS	III-19
III.7 ANALISA SEISMIC	III-20
III.8 ANALISA PONDASI STRUKTUR JACKET	III-22



BAB IV HASIL ANALISA DAN PEMBAHASAN	IV-1
IV.1 UMUM	IV-1
IV.2 HASIL ANALISA	IV-2
IV.2.1 HASIL ANALISA STATIS	IV-2
IV.2.1.1 ANALISA TEGANGAN	IV-2
IV.2.1.2 ANALISA DISPLACEMENT PADA MODEL STRUKTUR JACKET DALAM KORDINAT GLOBAL	IV-3
IV.2.1.3 KRITERIA TEGANGAN IZIN TUBULAR BRACE X (API RP 2A – WSD, 1993)	IV-4
IV.2.1.4 UNITY CHECK TEGANGAN IZIN TUB. BRACE X (API RP 2A – WSD, 1993)	IV-5
IV.2.1.5 KUATAN SAMBUNGAN TUBULAR BRACE X (API RP 2A – WSD, 1993)	IV-6
IV.2.1.6 KRITERIA TEGANGAN IZIN TUBULAR BRACE K (API RP 2A – WSD, 1993)	IV-8
IV.2.1.7 UNITY CHECK TEGANGAN IZIN TUB. BRACE K (API RP 2A – WSD, 1993)	IV-9
IV.2.1.8 KEKUATAN SAMBUNGAN TUBULAR BRACE K (API RP 2A – WSD, 1993)	IV-10
IV.2.1.9 KRITERIA TEGANGAN IZIN TUBULAR BRACE N (API RP 2A – WSD, 1993)	IV-12

IV.2.1.10 UNITY CHECK TEGANGAN IZIN TUB. BRACE N (API RP 2A – WSD, 1993)	IV-13
IV.2.1.11 KEKUATAN SAMBUNGAN TUBULAR BRACE N (API RP 2A – WSD, 1993)	IV-14
IV.2.2 HASIL ANALISA FATIGUE	IV-16
IV.2.2.1 ANALISA STRESS CONCENTRATION FACTOR (SCF)	IV-16
IV.2.2.2 ANALISA TEGANGAN	IV-17
IV.2.2.3 ANALISA UMUR STRUKTUR JACKET SWP G – PHASE – 3	IV-18
IV.2.3 HASIL ANALISA SEISMIC	IV-18
IV.2.4 HASIL ANALISA PONDASI	IV-21
IV.2.4.1 ANALISA DAYA DUKUNG TANAH	IV-21
IV.2.4.2 ANALISA PILE PENETRATION	IV-22
IV.2.5 ANALISA BERAT MATERIAL STRUKTUR	IV-23
IV.3 PEMBAHASAN	IV-24
IV.3.1 PEMBAHASAN ANALISA STATIS	IV-24
IV.3.2 PEMBAHASAN ANALISA FATIGUE	IV-26
IV.3.3 PEMBAHASAN ANALISA SEISMIC	IV-27
IV.3.4 PEMBAHASAN ANALISA PILE	IV-28
IV.3.5 PEMBAHASAN KELEBIHAN DAN KEKURANGAN STRUKTUR JACKET DENGAN KONFIGURASI BRACE X	IV-29

IV.3.6 PEMBAHASAN KELEBIHAN DAN KEKURANGAN STRUKTUR JACKET DENGAN KONFIGURASI BRACE K	IV-30
IV.3.7 PEMBAHASAN KELEBIHAN DAN KEKURANGAN STRUKTUR JACKET DENGAN KONFIGURASI BRACE N	IV-31
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	V-1
V.1 KESIMPULAN	V-1
V.2 SARAN	V-2

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR GAMBAR

Gambar I.1 Tipe bracing	I-5
Gambar II.1 Pembebanan aksial pada batang tubular	II-6
Gambar II.2 Pembebanan momen pada batang turbular	II-7
Gambar II.3 Momen puntir pada batang tubular	II-8
Gambar II.4 Ilustrasi parameter pada tubular joint (API RP 2A WSD,1993)	II-14
Gambar II.5 Jenis beban yang bekerja pada tubular joint (T) (API RP-2AWSD, 1993)	II-17
Gambar II.6 Region of validity wave theory (API RP 2A WSD,1993)	II-19
Gambar II.7 Ilustrasi silinder miring	II-25
Gambar II.8 Response spectra	II-36
Gambar III.1 Model struktur jacket dengan konfigurasi brace tipe X	III-9
Gambar III.2 Model struktur jacket dengan konfigurasi brace tipe K	III-10
Gambar III.3 Model struktur jacket dengan konfigurasi brace tipe N	III-11
Gambar III.4 Lima (5) arah gerakan gelombang air laut	III-18

DAFTAR TABEL

Tabel II.1 SCF dalam API RP 2A WSD 1993	II-14
Tabel II.2 Koefisien C_S menurut API-RP2A	II-30
Tabel II.3 Faktor keamanan API RP 2A – WSD	II-55
Tabel III.1 Data tanah di daerah operasi Peciko	III-3
Tabel III.2 Data gelombang berdasarkan 5 arah selama 25 tahun	III-6
Tabel III.3 Dead Weight (Jacket SWP – G Phase – 3).....	III-12
Tabel III.4 Berat peralatan (Deck dan Equipment Load).....	III-13
Tabel III.5 Beban Hidup (Live Load)	III-14
Tabel IV.1 Tegangan maksimum analisa statis	IV-3
Tabel IV.2 Displacement maksimum analisis statis	IV-4
Tabel IV.3 Harga faktor konsentrasi tegangan (SCF).....	IV-16
Tabel IV.4 Tegangan maks. Pada member 173-183 S42 arah E 90^0 Brace K	IV-17
Tabel IV.5 Umur struktur jacket (fatigue life – years)	IV-18
Tabel IV.6 Respon siesmic pada struktur jacket brace X	IV-19
Tabel IV.7 Respon siesmic pada struktur jacket brace K.....	IV-19
Tabel IV.8 Respon siesmic pada struktur jacket brace N	IV-20
Tabel IV.9 Tegangan maksimum analisa seismic.....	IV-20
Tabel IV.10 Daya dukung ultimate	IV-21
Tabel IV.11 Daya dukung izin pile	IV-22
Tabel IV.12 Berat Material Struktur	IV-23

DAFTAR NOTASI

A. Notasi Teori Struktur dengan Metode Elemen Hingga

- K = Matriks kekakuan
q = Matriks vektor lendutan simpul
Q = Matriks vektor dari gaya simpul gabungan
 σ_{Axial} = Tegangan aksial
 P_{Axial} = Gaya aksial
A = Luasan penampang lintang
J = Momen inersia kutub
T = Momen torsi terkonsentrasi
R = Jari-jari penampang batang
M = Momen bending
I = Momen Inersia

B. Notasi Teori Fatigue (Hot Spot Stress)

- σ_{Nom} = Tegangan nominal yang bekerja pada tubular joint
 σ_{HS} = Tegangan Hot Spot
SCF = Stress Concentration Factor
 σ_{Ax} = Tegangan aksial yang bekerja pada tubular joint
 σ_{Bend} = Tegangan akibat bending moment yang bekerja pada tubular joint
D = Diameter terluar chord atau brace
d = Diameter dalam chord atau brace
t = Tebal brace

- T = Tebal Chord
- θ = Sudut antara brace dan chord
- n = Jumlah cycle kolom interval rentangan tegangan dari rentangan distribusi tegangan jangka panjang.
- N = Jumlah cycle untuk gagal pada perhitungan yang sama dan didapatkan dari S – N diagram.
- D = Rasio kerusakan kumulatif (metode Palmgren-Miner)

C. Notasi Teori Stoke Orde 5

- ϕ = Potensial kecepatan
- u = Kecepatan horizontal partikel air
- w = Kecepatan vertikal partikel air
- x = Jarak horizontal pergerakan partikel air
- z = Jarak vertikal pergerakan partikel air
- C = Kecepatan gelombang
- L = Panjang gelombang
- k = Wave number
- θ = Sudut bentukan gelombang
- ω = Frekuensi gelombang
- η = Profil gelombang permukaan
- λ = Panjang gelombang
- H = Ketinggian gelombang
- d = Kedalaman laut
- T,t = Periode gelombang

- A_{ij} = Koefficient Skjebrcia dan Hendrickson
 B_{ij} = Koefficient Skjebrcia dan Hendrickson
 C_{ij} = Koefficient Skjebrcia dan Hendrickson
 F_n = Parameter profil gelombang

D. Notasi Gaya Gelombang pada Silinder Tegak (Morisson)

- F = Gaya gelombang yang terjadi per satuan panjang (Morisson)
 F_I = Gaya inersia
 F_D = Gaya drag
 ρ = Massa jenis air laut
 C_D = Koeffisient drag
 C_I = Koeffisient inersia
 D = Diameter silinder tegak
 u = Kecepatan partikel air
 a_x = Percepatan air laut searah sumbu horizontal

E. Notasi Gaya Gelombang pada Silinder Miring

- ϕ = Koordinat polar
 θ = Koordinat polar
 v = Komponen kecepatan normal
 U = Kecepatan partikel air searah sumbu horizontal (X)
 V = Kecepatan partikel air searah sumbu vertikal (Y)
 C_x = Kecepatan gelombang searah sumbu X
 C_y = Kecepatan gelombang searah sumbu Y
 U_{Normal} = Komponen kecepatan normal searah sumbu X

V_{Normal} = Komponen kecepatan normal searah sumbu Y

W_{Normal} = Komponen kecepatan normal searah sumbu Z

$a_{Normal\ X}$ = Komponen percepatan normal searah sumbu X

$a_{Normal\ Y}$ = Komponen percepatan normal searah sumbu Y

$a_{Normal\ Z}$ = Komponen percepatan normal searah sumbu Z

a_x = Percepatan searah sumbu X

a_y = Percepatan searah sumbu Y

C_M = Koeffisient massa tambah

F_x = Gaya gelombang searah sumbu X

F_y = Gaya gelombang searah sumbu Y

F_z = Gaya gelombang searah sumbu Z

F_{Total} = Resultan gaya pada silinder miring

F. Notasi Beban Arus

V_x = Kecepatan arus pada jarak x diatas mudline

V_s = Kecepatan arus pada jarak x pada permukaan air laut

x = Jarak diatas mudline

D = Jarak dari permukaan laut ke mudline

C_L = Koeffisien lift

C_D = Koeffisien drag

A = Luas per unit panjang

ρ = Massa jenis air laut

G. Notasi Beban Angin

- V_y = Kecepatan angin pada ketinggian y meter
V₁₀ = Kecepatan angin pada ketinggian 10 meter
y = Ketinggian dimana kecepatan angin dihitung
x = Faktor eksponen (menurut API, 1/3 s/d 1/8)
F = Gaya angin
V = Kecepatan angin
A = Luas bidang proyeksi
C_s = Koeffisien bentuk menurut API-RP2A

H. Notasi Beban Gempa (Seismic)

- v(t) = Respon gempa
 γ = Faktor partisipasi gempa bumi
M* = Generalized mass
V_g = Percepatan ground motion
S_v = Spectral velocity
S_d = Spectral displacement
S_a = Spectral acceleration
 ξ = Damping ratio
 ω = Frekuensi natural
T = Periode natural

X_G(t) = Support acceleration sebagai fungsi waktu

$\ddot{X}(t)$ = Percepatan relatif nodal point pada tumpuan

$\ddot{X}_t(t)$ = Percepatan total

E = Vektor dari gerak bawah tanah untuk salah satu derajat kebebasan

\ddot{U}_i = Percepatan untuk setiap moda

\dot{U}_i = Kecepatan untuk setiap moda

U_i = Perpindahan untuk setiap moda

η_i = Damping ratio untuk setiap moda

$H_i(t) = -P_i X_G(t)$ untuk support acceleration

I. Notasi Kriteria Tegangan Izin untuk Tubular

F_t = Tegangan tarik aksial izin

F_y = Tegangan yield

D = Diameter luar tubular

t = Tebal tubular

F_a = Tegangan tekan aksial izin

E = Modulus elastisitas

K = Faktor panjang efektif

L = Panjang brace

r = Jari-jari girasi

C = Koeffisien tegangan kritis buckling

F_b = Tegangan bending izin

F_v = Tegangan geser izin

V = Tegangan geser transversal

A = Luasan melintang



- F_{vt} = Tegangan geser torsional izin
 V_{pa} = Tegangan punching shear izin
 Q_q = Faktor menyangkut pengaruh tipe beban dan geometri
 Q_f = Faktor keberadaan tegangan longitudinal pada chord

J. Notasi Pondasi Pile

- Q_D = Daya dukung tanah
 Q_F = Skin friction resistance
 Q_P = Total end bearing
 f = Unit skin friction capacity
 A_s = Side surface area
 q = Unit end bearing capacity
 A_p = Gross end area of pile
 α = Faktor tak berdimensi
 c = Undrained shear strength dititik yang dicari
 P_o' = Tekanan over burden efektif pada titik yang dicari
 z = Kedalaman yang ditinjau
 K = Koefisien tanpa dimensi dari tekanan tanah lateral
 δ = Sudut gesekan antara tanah dan dinding pile
 P_o = Effective overburden pressure pada ujung pile
 N_q = Faktor daya dukung tanpa dimensi
 SF = Safety factor (faktor keamanan)
 P_{Aksial} = Beban aksial yang bekerja pada pile

BAB I
PENDAHULUAN



BAB I

PENDAHULUAN

I.1 LATAR BELAKANG

Untuk keperluan exploitasi minyak bumi di lepas pantai, jenis *fixed offshore platform* merupakan salah satu jenis konstruksi bangunan lepas pantai. Sebagian besar anjungan lepas pantai di dunia sekarang berupa anjungan terpanjang. Anjungan tiang pancang mempunyai tiga struktur utama, yaitu : *Deck Structures*, *Jacket*, dan *Pile*. Komponen utama jacket terdiri dari kaki-kaki penyangga (*chord*) yang di dalamnya berisi tiang pancang (*pile*) yang menembus dasar laut, dan beberapa penguat (*brace*) yang memiliki diameter lebih kecil dari kaki jacket.

Pemilihan konfigurasi *chord* dan *brace* atau pola perangkaan pada struktur jacket karena akan mempengaruhi kekuatan,kekakuan, dan umur kelelahan struktur secara keseluruhan. Ada beberapa konfigurasi brace antara lain : konfigurasi diagonal tunggal N, rusuk diagonal K, rusuk diagonal rangkap X.

Besar kekuatan,kekakuan, dan umur kelelahan pada struktur jacket di akibatkan oleh beban lingkungan, beban operasional, beban mati, beban hidup. Dalam tugas akhir ini beban yang diambil adalah beban lingkungan, antara lain : beban gelombang, beban arus, beban angin, dan beban gempa. Sebagai salah satu faktor beban yang mempengaruhi tegangan,



displacement, umur kelelahan struktur jacket, dan sebagai masukan dalam desain pondasi pile struktur jacket.

Desain peletakan *brace* berdasar perhitungan akibat beban lingkungan yang akurat akan menambah keefesienan waktu dalam proses pembuatan dan operasi struktur jacket. Dengan pertimbangan terhadap lokasi perairan tempat struktur jacket beroperasi dan dimensi struktur jacket (data) maka dalam tugas akhir ini besar beban lingkungan (gaya gelombang) di hitung dengan persamaan Morison yang ditunjang teori gelombang yang sesuai dengan profil gelombang dilapangan.

Dalam tugas akhir ini penulis akan mencoba menggunakan perangkat lunak berupa paket program yang digunakan untuk analisa struktur yaitu “StruCAD*3D”. Analisa struktur yang dilakukan oleh StruCAD*3D ini didasari oleh metode elemen hingga yang salah satu hasil perhitungannya adalah besar displacement, gaya dan momen pada joint (sambungan) dan pada elemen-elemen penyusun struktur. Dengan StruCAD*3D di mungkinkan untuk mendapatkan besar tegangan, displacement, analisa seismic, analisa pondasi struktur jacket, dan umur kelelahan struktur jacket (3-Dimensi) yang terdiri dari banyak elemen batang-ruang (*Space frame*), sehingga hasil yang kita dapat tentunya akan lebih ideal.



I.2 PERUMUSAN MASALAH

Struktur yang ditinjau adalah sebuah struktur jacket yang dimodelkan sebagai struktur frame 3-D. Beban yang menimpa struktur jacket adalah beban lingkungan, antara lain : beban gelombang, beban arus, beban angin, dan beban gempa (*seismic*). Dari uraian diatas dirumuskan masalah sebagai berikut :

- ◆ Bagaimana desain konfigurasi *brace* dengan sudut kemiringan tertentu kaki struktur jacket akibat beban lingkungan yang mempunyai kekuatan , kekakuan, dan umur kelelahan paling baik.
- ◆ Bagaimana desain pile pondasi kaki struktur jacket akibat beban lingkungan.

I.3 TUJUAN

Tujuan penulisan tugas akhir ini berdasarkan permasalahan diatas adalah :

- ◆ Mendapatkan desain konfigurasi brace struktur jacket yang memenuhi syarat API RP 2A WSD, 1993 dengan konfigurasi *brace* dan sudut kemiringan kaki (*batter*) tertentu akibat beban lingkungan.
- ◆ Mendapatkan dimensi pile yang memenuhi syarat desain API RP 2A WSD, 1993 tipe struktur jacket dengan konfigurasi *brace*



dengan sudut kemiringan kaki (*batter*) tertentu akibat beban lingkungan.

I.4 MANFAAT

Manfaat yang diharapkan dalam penulisan tugas akhir ini adalah:

- Memberikan rancangan konfigurasi *brace* dengan sudut kemiringan kaki (*batter*) tertentu struktur jacket sehingga mempunyai kekuatan, kekakuan dan umur kelelahan paling baik akibat pengaruh beban lingkungan.
- Memberikan informasi konfigurasi brace yang effisien dan ekonomis berdasarkan volume material.
- Memberikan rancangan pondasi pile struktur jacket paling baik akibat pengaruh beban lingkungan.

I.5 BATASAN MASALAH

Beberapa batasan atau asumsi yang dilakukan untuk memudahkan dalam analisa pada tugas akhir ini adalah :

1. Kondisi lingkungan / pembebanan dianggap sama untuk setiap tipe struktur jacket dengan konfigurasi *brace* yang berbeda.
2. Sebagai studi kasus digunakan struktur jacket kaki empat yang ada di laut Makassar dengan konfigurasi *brace* gabungan, yaitu tipe TK dan X dengan tiga sisinya mempunyai sudut kemiringan kaki (*batter*) 1:10.



3. Konfigurasi *brace* yang ditinjau pada elevasi 2 dan 3 adalah : konfigurasi diagonal tunggal N, rusuk diagonal K, rusuk diagonal rangkap X. (Gambar I.1.)



TYPE - KX



TYPE - KN



TYPE - K

Gambar I.1 Tipe bracing

4. Beban yang dianalisa adalah beban lingkungan, antara lain : beban gelombang, beban arus, beban angin, dan beban gempa.
5. Metode analisa yang digunakan untuk mendapatkan besar respon tegangan pada struktur akibat beban lingkungan adalah metode statis.
6. Gaya gelombang dihitung dengan menggunakan rumus Morison sedang kecepatan dan percepatan yang ada dalam persamaan Morison tersebut dihitung dengan teori gelombang yang ada sesuai dengan profil gelombang lingkungan.
7. Struktur hanya ditinjau dari segi kekuatan, kekakuan, dan umur kelelahan dalam menerima beban lingkungan dan tidak ditinjau dari segi ekonomi.



8. Besar tegangan yang menyebabkan rusaknya suatu bahan (*ultimate stress*) dan tegangan yang diijinkan (*allowable stress*) dari elemen model struktur jacket berdasarkan API RP 2A WSD, 1993.
9. Perhitungan akibat beban gempa memakai metode CQC dalam analisa respon dari struktur.
10. Perancangan pondasi pile dianggap dalam kondisi Open- End (OE) yang mengacu pada API RP 2A – WSD, 1993.
11. Pada ujung bawah kaki jacket (*member*) dianggap tidak terjadi lendutan (tumpuan jepit) dan ujung bagian atas bebas.
12. Perancangan berdasarkan pada aturan yang ada dalam API RP 2A-WSD (1993).

BAB II
TINJAUAN PUSTAKA DAN
LANDASAN TEORI



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI

II.1 TINJAUAN PUSTAKA

Di dunia saat ini dikenal beberapa macam struktur jacket ditinjau berdasar jumlah kakinya, yang paling sederhana adalah struktur jacket dengan empat kaki kemudian enam kaki dan yang terbesar adalah struktur jacket dengan delapan kaki. Metode pembangunan struktur jacket dengan cara dibangun di daratan dan ditempatkan pada lokasi di lepas pantai dengan menggunakan ponton (*barge*), setelah dilokasi struktur jacket diturunkan kedalam air dengan menggunakan crane dan dipancang ke dasar laut paku-paku baja melalui kaki-kaki jacket. Metode diatas memungkinkan untuk dilakukanya peletakan *brace* di bawah garis air. Pada tipe struktur pendukung anjungan yang terdahulu, hanya mempunyai *brace* di atas garis air sehingga mempunyai daya tahan lateral yang sangat terbatas terhadap beban lingkungan terutama beban gelombang, jadi desain struktur pendukung anjungan yang lama tersebut hanya layak untuk perairan yang sangat dangkal. Metode pemasangan *brace* yang baru ini memungkinkan pengoperasian struktur jacket pada perairan yang lebih dalam (William J., 1981).

Struktur jacket terdiri dari batang-batang tubular besar yaitu kaki-kaki jacket dan batang-batang tubular yang lebih kecil yaitu *brace jacket*.



Pada awalnya struktur jacket mempunyai banyak sekali *brace* (diagonal dan horisontal) dan kaki, sehingga mempunyai kesan tidak teratur dan tidak indah. Kaki-kaki jacket dihubungkan satu dengan yang lain sehingga mempunyai kekakuan yang memadahi, oleh tiga macam *brace*, yaitu : brace diagonal pada bidang vertikal, brace horisontal, brace diagonal pada bidang horisontal. Desain konfigurasi brace sangat bervariasi dan tidak mempunyai identifikasi khusus (nama tersendiri) untuk setiap desain. Tetapi desain-desain konfigurasi brace tersebut merupakan pengembangan dari tiga macam desain konfigurasi brace berikut : Desain konfigurasi brace tipe "X", desain konfigurasi brace tipe diagonal, desain konfigurasi brace tipe "K".
(Bramlette, 1986)

Perhitungan beban gelombang pada umumnya sebagai pre-processor pada analisa struktur. Analisa struktur memerlukan input beban gelombang yang bekerja pada titik tangkap gaya dan momen pada titik (*nodes*) dari struktur jacket. Gaya total pada sebuah member dapat dihitung dengan mengintegralkan gaya lokal pada elemen yang terletak pada member yang kemudian dapat ditransformasikan terhadap beban secara global (Indiyono P.,2000).



II.2 LANDASAN TEORI

II.2.1 Lendutan Pada Struktur Jacket Dengan Metode Elemen Hingga

Penyelesaian suatu permasalahan dalam bidang rekayasa umumnya menghasilkan ekspresi/model matematik yang melibatkan kondisi batas (*boundary condition*), sifat material, ketidaklinieran dan sebagainya, sehingga jarang sekali model matematis untuk masalah-masalah teknik yang bisa diselesaikan secara analitis. Keadaan inilah yang memaksa *engineer* menggunakan analisa numerik yang kendatipun hasilnya hanya bersifat pendekatan tetapi dianggap cukup dapat diterima. Perhitungan lendutan dan tegangan di sepanjang elemen *space-frame* adalah salah satu masalah teknik yang cukup populer dalam bidang rekayasa lepas pantai.

Pendekatan-pendekatan numerik ini, berdasarkan sifatnya selalu menggunakan informasi-informasi *pada joint*. Proses *penentuan joint* ini disebut *discretization*. Salah satu caranya adalah dengan membagi suatu sistem menjadi bagian-bagian atau elemen-elemen yang lebih kecil. Pemecahan masalah kemudian dilakukan pada elemen-elemen kecil ini, yang selanjutnya digabungkan kembali sehingga didapatkan pemecahan masalah secara keseluruhan. Metode ini dikenal dengan *finite element method* atau metode elemen hinnga. Pada prinsipnya metode elemen hingga memperlakukan suatu sistem sebagai gabungan dari elemen-elemen kecil yang digabungkan satu sama lain oleh titik-titik yang disebut *joint/node*.

Fungsi yang sederhana umumnya dipilih untuk mendekati distribusi atau variasi lendutan yang sesungguhnya pada tiap elemen tersebut. Fungsi



yang harus memenuhi syarat-syarat tertentu itu disebut dengan *displacement function* atau *displacement model*. Hasil yang diinginkan seperti besar lendutan, dihitung pada *joint*, sehingga hasil akhir yang diperoleh adalah harga pendekatan dari lendutan pada lokasi-lokasi diskret dari sistem yang diselidiki, yaitu pada *nodes-point-nya* tersebut.

Struktur *jacket* yang terdiri dari *chord* dan *brace* adalah suatu sistem yang terdiri dari banyak elemen *space-frame*. Elemen *space frame* sebenarnya adalah gabungan dari dua macam elemen, yaitu elemen *truss* dan *beam* dalam koordinat global tiga dimensi. Pengasumsian ini didasarkan pada pembebanan dan lendutan yang akan terjadi pada elemen *space frame* tersebut.

Elemen *truss* adalah elemen yang akan mengalami pembebanan dan lendutan pada arah aksial (pada arah sumbu elemen) sedang elemen *beam* akan mengalami pembebanan, lendutan dan momen ke arah lateral.

Elemen *chord* dan *brace* pada struktur *jacket* akan mengalami pembebanan dari segala arah (aksial dan lateral) dalam ruang sehingga elemen *chord* dan *brace* tersebut akan mengalami lendutan dan momen ke segala arah pula. Jadi pendekatan model elemen yang paling baik untuk elemen *chord* dan *brace* ini adalah gabungan antara elemen *truss* dan *beam* dalam koordinat global tiga dimensi atau *space frame*.



Penurunan Matriks Kekakuan Elemen

Kekakuan pada dasarnya menghubungkan *displacement* pada *joint* dengan gaya-gaya luar yang bekerja pada *joint* tersebut. Analisa struktur dengan metode energi mengharuskan struktur hanya menerima beban yang bekerja pada titik-titik simpul. Namun pada kondisi pembebanan yang sebenarnya, seperti beban gelombang pada struktur *jacket*, gaya umumnya terdistribusi secara merata sepanjang elemen. Agar syarat di atas terpenuhi, maka beban merata tersebut harus diubah bentuknya menjadi beban terpusat lain yang sebenarnya pada struktur, seperti berat anjungan/bangunan atas, maka akan didapat gaya simpul gabungan. Gaya simpul gabungan inilah yang digunakan dalam analisa pada struktur *jacket* dengan metode energi. Hubungan di atas dinyatakan dengan persamaan matriks keseimbangan statis, dalam bentuk sebagai berikut:

$$[K]\{q\} = \{Q\}$$

Dimana:

$[K]$ = matriks kekakuan

$\{q\}$ = matriks vektor lendutan simpul

$\{Q\}$ = matriks vektor dari gaya simpul gabungan

Lendutan yang diperoleh pada tiap elemen ini adalah lendutan yang ditinjau dari sumbu koordinat lokal atau koordinat elemen. Untuk masalah-masalah yang sederhana matriks kekakuan bisa ditentukan dengan menggunakan azas keseimbangan, namun hal tersebut sulit diterapkan pada masalah atau sistem yang sedikit kompleks. Penurunan matriks kekakuan





untuk analisa lendutan pada struktur *jacket* ini menggunakan metoda energi.

Matriks kekakuan dipengaruhi pada tiga hal yaitu model lendutan yang dipakai, geometri dari elemen-elemennya dan sifat material elemen.

Karena sifat material ini bisa berbeda-beda untuk setiap elemen, maka metode ini memungkinkan untuk dipakai pada sistem atau struktur yang terdiri dari bermacam-macam material yang berbeda sifatnya.

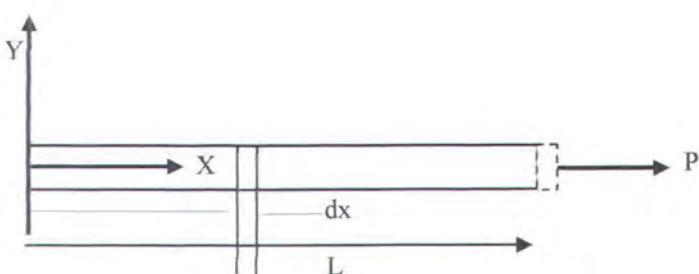
II.2.2 Tegangan Pada Elemen Frame dengan Metode Analisa Statis

Tegangan Normal/Aksial (Axial Stress)

Pada gambar II.1, batang mengalami pembebanan aksial akibat gaya tarik P . Akibat gaya ini, batang akan mengalami tegangan aksial sebesar: (Popov, 1993)

$$\sigma_{\text{Aksial}} = \frac{P}{A} \quad \dots \dots \dots \text{II.2}$$

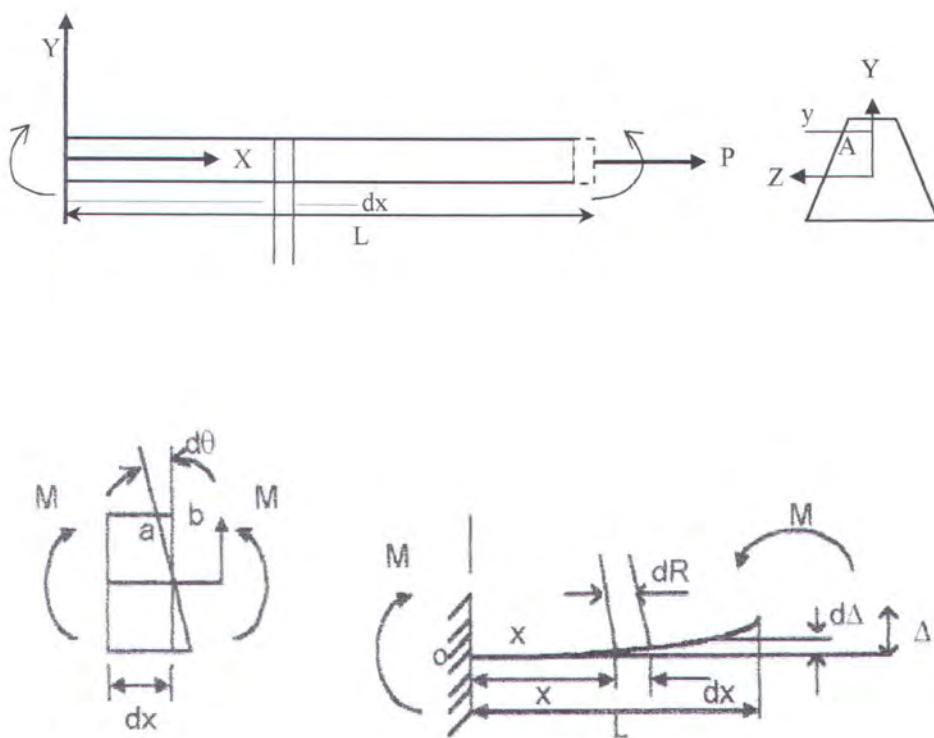
dengan A = Luas penampang lintang



Gambar II.1 Pembebanan aksial pada batang tubular



Selain akibat gaya aksial, tegangan aksial dapat diakibatkan juga oleh momen lentur murni akibat kopel M yang terjadi di setiap ujungnya (gambar II.2). Tegangan yang terjadi akibat momen ini dikenal sebagai *bending stress* atau tegangan lentur.



Gambar II.2 Pembebanan momen pada batang turbular

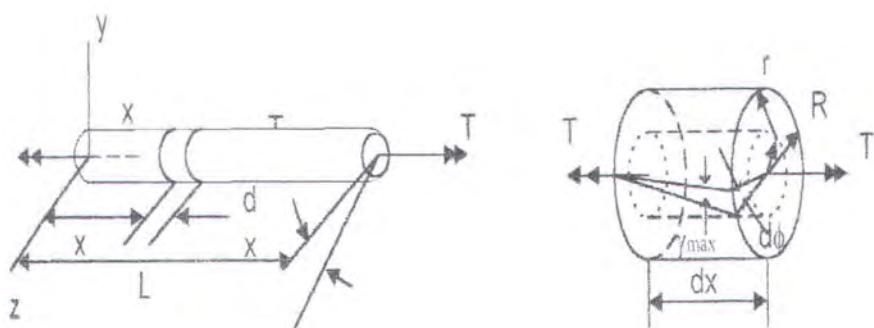
Dimana y adalah jarak dari sumbu netral ke sembarang titik A pada penampang (gambar II.2) dan I_z adalah momen inersia bidang penampang melintang terhadap sumbu z.



Interaksi antara kedua jenis tegangan aksial di atas dalam kaitannya dengan superposisi antara kedua jenis tegangan aksial tersebut, menghasilkan koreksi pada besar tegangan lentur. Pengurangan besar tegangan lentur akibat adanya akibat adanya tegangan tarik dapat diabaikan tetapi pertambahan besar tegangan lentur akibat terbentuknya tegangan *buckling* yang disebabkan oleh tegangan aksial tekan perlu diperhatikan.

Tegangan Geser

Batang penampang bulat juga akan mengalami tegangan geser walaupun besarnya tidak terlalu berarti. Penyebab paling besar terjadinya tegangan geser pada elemen penampang bulat seperti *leg* struktur *jacket*, adalah momen puntiran aksial. Pada gambar II.3, tampak batang mengalami pembebangan puntiran T pada kedua ujungnya.



Gambar II.3 Momen puntir pada batang tubular



Tegangan maksimum yang akan terjadi pada permukaan luar batang dapat dihitung dengan rumus, yaitu :

$$\sigma = \frac{T \cdot R}{J} \quad \dots \dots \dots \text{II.3}$$

dimana :

J = momen inersia kutub

T = momen torsi terkonsentrasi

R = jari-jari penampang batang

Nilai J (Rokach,1991):

$$J = \frac{\pi}{2} (R_0^4 - R_1^4) \quad \text{untuk } \textit{circular ring}$$

$$J = \frac{\pi}{2} (R^4) \quad \text{untuk } \textit{round bar}$$

Tegangan geser yang bekerja pada penampang melintang lingkaran selalu berarah tegak lurus jari-jari dan mempunyai arah yang sama dengan momen puntir (Houston,1984).

II.2.3 Kelelahan Pada Struktur Jacket

Pada struktur anjungan lepas pantai banyak yang mengalami pengurangan kekuatan karena disebabkan oleh terjadinya pembebanan yang yang berulang. Dimana kejadian diatas yang disebut dengan *fatigue* dan secara esensial ditandai dengan adanya proses keretakan (*crack*) dan selanjutnya akan terjadi proses penjalaran (*propagation*) dan kerusakan



(failure). Analisa fatigue penting dilakukan untuk memprediksikan besar relatif dari umur fatigue. Pada sambungan kritis. Kita perlu mempelajari fatigue dalam perancangan karena :

1. Bangunan lepas pantai sebagai subyek beban cyclic sepanjang beroperasi (diperkirakan 10^8 Cycles dalam 20 tahun)
2. Karena dibatasi kemampuan perawatan, sebuah derajad keandalan tertinggi yang dibutuhkan.
3. Konsekuensi kegagalan yang sangat besar.
4. Timbulnya crack sangat lambat dilepas pantai dan dapat dikontrol melalui appropriate inspeksi dan program perbaikan.
5. Jika tegangan lebih kecil daripada 0.5 pada yield stress maka tidak terjadi fatigue
6. Jika bangunan lepas pantai berada pada lingkungan yang korosif, maka tidak ada batas fatigue, kurva S-N tidak berlanjut.

II.2.3.1 Faktor Konsentrasi Tegangan

Salah satu faktor yang harus diperhatikan dalam menganalisa kelelahan (*fatigue*) suatu struktur jacket platform adalah Faktor Konsentrasi Tegangan (*Stress Concentration Factor*). Besarnya konsentrasi tegangan tersebut tergantung dari jenis atau tipe sambungan *tubular joint*. Secara umum Faktor Konsentrasi Tegangan digunakan untuk menggambarkan rasio tegangan diberbagai titik pada sambungan dengan tegangan brace nominal



didefinisikan sebagai perbandingan antara tegangan *Hot Spot* dengan tegangan *Nominal brace* seperti persamaan dibawah ini :

$$SCF = \frac{\sigma_{\text{HotSpot}}}{\sigma_{\text{No min al}}} \quad \dots \dots \dots \text{II.4}$$

SCF *Chord* dan *Brace* masing-masing merupakan fungsi dari tegangan nominal brace.

Tegangan *Hot Spot* adalah lokasi di sambungan tubular dimana terjadi tegangan tarik dan tegangan tekan maksimal. Ada tiga tipe tegangan dasar yang menyebabkan munculnya tegangan *Hot Spot* (Becker, et, al. 1970), yaitu :

1. Tipe A, disebabkan oleh gaya-gaya aksial dan momen-momen yang merupakan hasil dari kombinasi aksi *frame* dan *truss jacket*.
2. Tipe B, yang disebabkan detail-detail sambungan struktur seperti geometri sambungan yang kurang memadai dan fit-up yang kurang memadai (*poor*), variasi kekakuan yang bervariasi di sambungan.
3. Tipe C, disebabkan faktor metallurgi yang dihasilkan dari kesalahan pengelasan, seperti *undercut*, *porosity*, *incomplete penetration*, dll .

Berikut ini beberapa persamaan untuk menghitung *Stress Concentration Factor* (SCF) yang diberikan oleh Kuang, Potvin, dan Leick (1975) (Bramlette M dan Michael D.R, 1986). SCF ini untuk gaya *Axial* dan *In-Plane Bending* pada posisi brace sambungan tubular tipe T, Y, K, dan TK, yaitu :



Formulasi SCF untuk sambungan *brace* dengan geometri yang tidak sama maka digunakan *parameter non dimensional* ($\gamma, \tau, \beta, \theta$) yang disesuaikan dengan tipe joint yang diamati. Formulasi SCF yang digunakan pada analisa kali ini adalah berdasarkan API RP 2A WSD 1993 dan rumusan Kuang.

Formulasi SCF Kuang untuk tubular joint T, Y, dan TK Axial adalah sebagai berikut :

$$SCF_{T,Y,\text{chord}} = 1,777 \left[\frac{1}{(2\gamma)} \right]^{-0.808} e^{1.2A(\tau)} \left[\frac{1}{(2\alpha)} \right]^{0.057} \sin^{1.694} \theta$$

$$SCF_{T,Y,\text{brace}} = 2,784 \left[\frac{1}{(2\gamma)} \right]^{0.55} e^{1.35A(\tau)} \left[\frac{1}{(2\alpha)} \right]^{0.12} \sin^{1.94} \theta$$

Dimana $A = \beta^3$

$$SCF_{K,\text{chord}} = 0.949 \left[\frac{1}{(2\gamma)} \right]^{0.666} \beta^{-0.059} (\tau)^{1.104} \zeta^{0.057} \sin^{1.521} \theta$$

$$SCF_{K,\text{brace}} = 0.825 \left[\frac{1}{(2\gamma)} \right]^{0.157} \beta^{-0.441} (\tau)^{0.56} \zeta^{0.058} e^{1.448} \sin \theta$$

$$SCF_{TK,\text{chord}} = 1.26 \left[\frac{1}{(2\gamma)} \right]^{0.54} \beta^{0.12} (\tau)^{1.068} \sin \theta$$

$$SCF_{TK,\text{brace}} = 5,65 \left[\frac{1}{(2\gamma)} \right]^{0.1} \beta^{-0.36} (\tau)^{0.68} \zeta^{0.126} \sin^{0.5} \theta$$

(Untuk $0^\circ < \theta < 45^\circ$)

$$SCF_{TK,\text{brace}} = 12.88 \left[\frac{1}{(2\gamma)} \right]^{0.1} \beta^{-0.36} (\tau)^{0.68} \zeta^{0.126} \sin^{2.86} \theta$$

(Untuk $45^\circ < \theta < 90^\circ$)



Untuk TK brace dengan posisi vertical :

$$SCF_{TK,brace,v} = 4.491 \left[\frac{1}{(2\gamma)} \right]^{0.123} \beta^{-0.396} (\tau)^{0.672} \zeta^{0.159} \sin^{2.267} \theta$$

Untuk T, K, dan Y *in-plane bending* :

$$SCF_{T,Y,chord} = 0.463 \left[\frac{1}{(2\gamma)} \right]^{-0.6} \beta^{0.04} \left[\frac{1}{(2\alpha)} \right]^{-0.86} \sin^{0.57} \theta$$

$$SCF_{T,Y,brace} = 1.109 \left[\frac{1}{(2\gamma)} \right]^{-0.23} \beta^{0.38} (\tau)^{0.38} \sin^{0.21} \theta$$

$$SCF_{K,chord} = 1.4 \left[\frac{1}{(2\gamma)} \right]^{0.38} \beta^{0.06} (\tau)^{1.104} \zeta^{0.94} \sin^{0.9} \theta$$

$$SCF_{K,brace} = 2.827 \beta^{-0.35} (\tau)^{0.56} \zeta^{0.35} \sin^{0.5} \theta$$

Batas-batas berlakunya rumus Kuang adalah sebagai berikut :

$$0.50 \leq \frac{T}{D} \leq 0.06$$

$$0.50 \leq \frac{t}{D} \leq 0.08$$

$$0.50 \leq \frac{d}{D} \leq 0.80$$

$$0.50 \leq \frac{g}{D} \leq 1.00$$

$$0.50 \leq \frac{D}{L} \leq 0.30$$

$$0^{\circ} \leq \frac{T}{D} \leq 90^{\circ} \quad \dots \dots \dots \text{II.5}$$



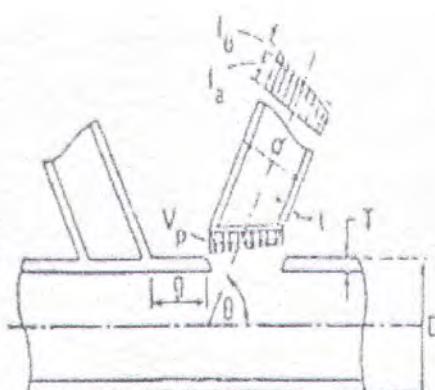
Tabel II.1 SCF dalam API RP 2A WSD 1993

Jenis Joint	Axial	In-plane bending	Out-plane bending
T _{chord}	$1,7 \times 1,8 \sqrt{\gamma} \tau \sin \theta$	$\frac{2}{3} \times 1,8 \sqrt{\gamma} \tau \sin \theta$	$\frac{3}{2} \times 1,8 \sqrt{\gamma} \tau \sin \theta$
Y _{chord}	$1,7 \times 1,8 \sqrt{\gamma} \tau \sin \theta$	$\frac{2}{3} \times 1,8 \sqrt{\gamma} \tau \sin \theta$	$\frac{3}{2} \times 1,8 \sqrt{\gamma} \tau \sin \theta$
K _{chord}	$1,8 \sqrt{\gamma} \tau \sin \theta$	$\frac{2}{3} \times 1,8 \sqrt{\gamma} \tau \sin \theta$	$\frac{3}{2} \times 1,8 \sqrt{\gamma} \tau \sin \theta$
X _{chord}	$2,4 \times 1,8 \sqrt{\gamma} \tau \sin \theta$ untuk $\beta < 0,98$	$\frac{2}{3} \times 1,8 \sqrt{\gamma} \tau \sin \theta$	$\frac{3}{2} \times 1,8 \sqrt{\gamma} \tau \sin \theta$
X _{chord}	$1,7 \times 1,8 \sqrt{\gamma} \tau \sin \theta$ untuk $\beta > 0,98$	$\frac{2}{3} \times 1,8 \sqrt{\gamma} \tau \sin \theta$	$\frac{3}{2} \times 1,8 \sqrt{\gamma} \tau \sin \theta$
SCF _{brace}	$1,0 + 0,375(1 + \sqrt{\frac{\gamma}{\beta}}) \quad \text{SCF}_{\text{chord}} \geq 1,8$		

Berikut ini adalah formula SCF yang digunakan oleh API RP 2A.

Pada bagian *Chord* diambil dari modifikasi Kellogg untuk joint K,T,X, sedangkan pada *brace* diambil dari modifikasi formula Marshall dengan faktor reduksi sebesar 0.625.

- θ : Sudut brace (brace angle)
- p : Celah (gap)
- t : Tebal brace (brace thickness)
- T : Tebal chord (chord thickness)
- d : Diameter brace (brace diameter)
- D : Diameter chord (chord diameter)
- r : \sqrt{t}
- β : d/D
- γ : $D/(2T)$



Gambar II.4 Ilustrasi parameter pada tubular joint (API RP 2A WSD, 1993)



II.2.3.2 Tegangan Pada Sambungan Tubular

Keretakan pada sambungan tubular umumnya berasal dan menjalar di daerah kaki lasan. Oleh karena itu tegangan di daerah ini merupakan focus perhatian dalam analisa umur sambungan tubular. Tegangan-tegangan di daerah ini boleh dikatakan merupakan kombinasi *efek global* dan *lokal*.

Efek global adalah efek dari tegangan yang timbul akibat pengaruh deformasi pada *chord* dan *brace* ketika kedua bagian ini berusaha mempertahankan kekompakkan geometri akibat beban yang dialami. Tegangan ini sering disebut sebagai *tegangan geometric*.

Efek local adalah efek dari tegangan yang timbul akibat hadirnya takik (*notch*) pada kaki lasan. Tegangan ini sering disebut *tegangan takik* (*notch stress*). Tegangan takik ini sangat ditentukan oleh *geometric* lasan. *Geometric* lasan itu sendiri memiliki variasi, yaitu perbedaan antara satu sambungan dengan sambungan yang lainnya. Variasi geometri ini menyebabkan tegangan takik ini sulit untuk di modelkan. Untungnya tegangan lokal ini tidak mempengaruhi pertumbuhan retak yang menembus ketebalan. Dengan demikian tegangan lokal hanya penting dari segi retak awal (*initial crack*) dan penjalaran dini (*early crack growth*). Oleh karena itu dalam analisa umur kelelahan sambungan *tubular*, tegangan takik umumnya diabaikan.

Daerah sekitar las-lasan, mulai dari kaki las-lasan itu sendiri, merupakan daerah gabungan antara tegangan takik dan tegangan geometric. Daerah yang jauh dari kaki las-lasan adalah merupakan daerah *tegangan*



nominal predominan. Tegangan nominal ini merupakan tegangan yang muncul dari sifat-sifat tubular sebagai *beam* atau *coloum*.

Analisa dilakukan terhadap struktur jacket secara *global*, sehingga diperoleh beban yang bekerja pada tiap-tiap sambungan dari struktur jacket. Dari sambungan –sambungan tersebut dipilih sambungan tubular yang rentan terhadap kelelahan. Hasil perhitungannya berupa gaya dan momen yang bekerja pada sambungan itu yang kemudian ditransfer menjadi tegangan. Untuk komponen tegangan *Axial* diturunkan dari persamaan dibawah ini :

$$\sigma_{\text{Axial}} = \frac{F_{\text{Axial}}}{A} \quad \dots \dots \dots \text{II.6}$$

Sedangkan untuk komponen tegangan bending dapat diturunkan dari persamaan dibawah ini :

$$\sigma_{\text{Bending}} = \frac{M \cdot y}{I} \quad \dots \dots \dots \text{II.7}$$

dimana : A = luasan bidang penampang yang dikenai beban

$$= \frac{1}{4} \pi (D^2 - d^2)$$

D = diameter luar chord / brace

d = diameter dalam chord / brace

M = Momen bending

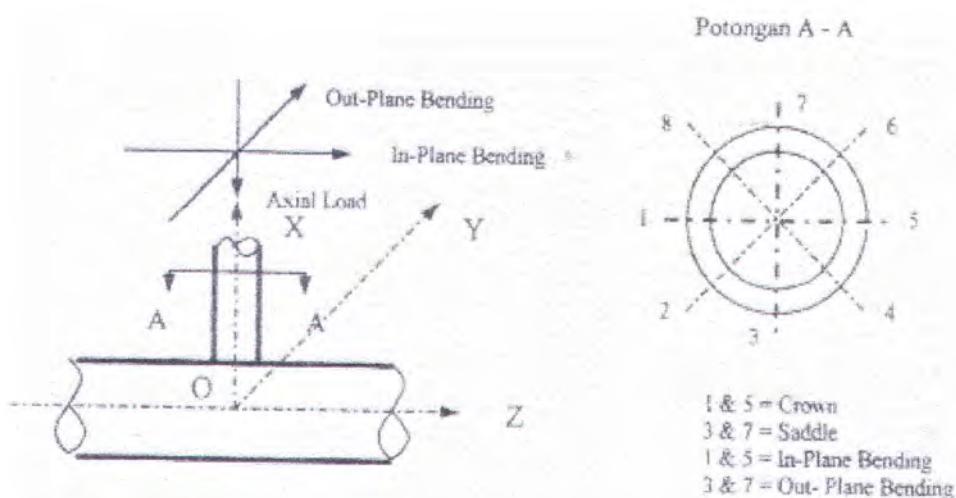
I = Momen Inersia

y = jarak dari sumbu netral ke serat terjauh pada tubular.



Dari persamaan diatas maka didapat besarnya harga total dari komponen tegangan *axial* dan tegangan *bending* (*tegangan nominal* σ_N). Selanjutnya harga tegangan tersebut dikalikan dengan SCF komponen masing-masing hingga didapat nilai tegangan *Hot Spot* (σ_{hs}).

Dalam analisa kelelahan yang dilakukan dalam tugas akhir ini, tegangan yang diasumsikan bekerja pada struktur adalah tegangan *axial*, *in-plane bending* dan *out-plane bending*. Tegangan *axial* adalah tegangan yang diakibatkan oleh beban yang bekerja searah dengan sumbu OX, *in-plane bending* adalah tegangan yang diakibatkan oleh momen yang bekerja pada bidang X-Z, dan *out-plane bending* adalah tegangan yang diakibatkan oleh momen yang bekerja pada bidang X-Y.



Gambar II.5 Jenis beban yang bekerja pada tubular joint (T) (API RP-2A WSD, 1993)



Pada suatu *tubular joint*, pada umumnya konsentrasi tegangan terjadi pada posisi *saddle* untuk beban *axial* dan *out-plane bending* dan pada posisi *crown* untuk beban *in-plane bending*.

II.2.4 Gaya Yang Bekerja Pada Struktur Jacket

Dalam perancangan bangunan lepas pantai, untuk menentukan kemampuan kerja suatu struktur akan dipengaruhi oleh beban-beban yang bekerja pada bangunan lepas pantai tersebut. Penentuan beban yang bekerja pada struktur harus memperhatikan aspek ekonomi dan keselamatan. Dimana beban yang bekerja tidak terlalu besar melebihi kondisi sebenarnya, sehingga struktur yang dibangun ekonomis dan cukup kuat.

Jenis-jenis beban yang bekerja pada jacket dapat digolongkan menjadi gaya beban mati (*dead load*) dan beban hidup (*life load*) serta gaya yang ditimbulkan karena beban lingkungan (gelombang, arus dan angin).

II.2.4.1 Beban Gelombang

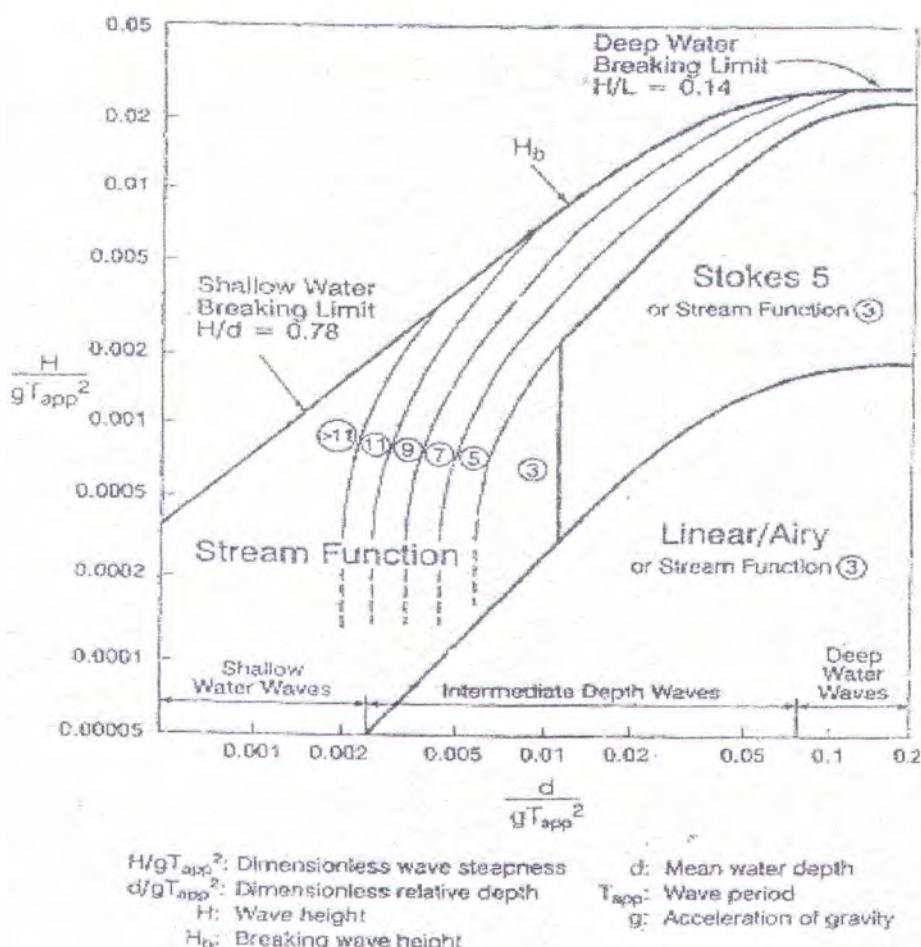
II.2.4.1.1 Teori Gelombang

Dalam perhitungan beban gelombang, ada beberapa teori gelombang yang dapat digunakan misalnya teori gelombang Airy , Stokes 2nd orde. Dari ketentuan yang berlaku pada teori gelombang tersebut, kemudian dilakukan analisa terhadap kondisi perairan dari struktur yang akan dibangun untuk memperoleh kecepatan dan percepatan secara vertikal maupun horisontal partikel fluida untuk setiap kedalaman. Kecepatan dan percepatan



merupakan fungsi dari tinggi gelombang (H), periode gelombang (T), kedalaman perairan (d), jarak partikel dari dasar laut (z), dan waktu (t). Penentuan teori gelombang disesuaikan dengan *Region Of Validity* gelombang dengan berdasarkan parameter H/gT^2 dan d/gT^2 (Chakrabarti, 1987).

Dalam tugas akhir ini, teori yang digunakan adalah teori gelombang *Stoke Orde 5*. Teori ini didapat dari tinjauan yang disesuaikan dengan *Region Of Validity* teori gelombang dan aturan pada API RP 2A.



Gambar II.6 Region of validity wave theory (API RP 2A WSD, 1993)



II.2.4.1.2 Pemakaian Teori Stoke Orde 5

Teori Stoke Orde 5 ini ditemukan oleh Skjelbreia (1959) dan Wiegel (1964) yang digunakan dalam analisa keakuratan pada kecuraman gelombang H/λ . Teori ini dikembangkan oleh Skjelbreia dan Hendrickson (1961). Persamaan kecepatan partikel air berawal dari persamaan berikut :

$$u = \frac{\partial \phi}{\partial x}$$

$$w = \frac{\partial \phi}{\partial z} = \frac{\partial \phi}{\partial s} \quad \dots \dots \dots \text{II.8}$$

Dari persamaan diatas, didapat persamaan kecepatan partikel air seperti dibawah ini :

$$u = C \sum_{n=1}^5 n F_n \cos n\theta \cosh nks$$

$$w = C \sum_{n=1}^5 n F_n \sin n\theta \sinh nks \quad \dots \dots \dots \text{II.9}$$

Dari persamaan kecepatan diatas didapat diferensial berupa percepatan partikel air laut yaitu sebagai berikut :

$$\frac{\partial u}{\partial t} = kc^2 \sum_{n=1}^5 n^2 F_n \sin n\theta \cosh nks \quad \dots \dots \dots \text{II.10}$$

$$\frac{\partial w}{\partial t} = -kc^2 \sum_{n=1}^5 n^2 F_n \cos n\theta \sinh nks \quad \dots \dots \dots \text{II.11}$$

Persamaan profil gelombang (η) pada *Still Water Level (SWL)* adalah :

$$\eta = \frac{1}{k} \sum_{n=1}^5 n F_n \cos(kx - \omega t) \quad \dots \dots \dots \text{II.12}$$



Untuk mendapatkan harga F_n diperlukan perhitungan sebagai berikut :

$$S = \sinh kd \quad \theta = kx - \omega t$$

$$C = \cosh kd \quad k = 2\pi / L$$

$$C = \frac{gT}{2\pi} \tanh kd = \text{kecepatan gelombang (celerity)}$$

dimana :

$$A_{11} = \frac{1}{s}$$

$$A_{13} = \frac{-c^2(5c^2 + 1)}{8s^2}$$

$$ac = 18 - 249 c^2$$

$$A_{15} = \frac{-(1.184c^{10} - 1.44c^8 - 1.99c^6 + 2.64c^4 + ac)}{1.536s^{11}}$$

$$A_{22} = \frac{3}{8s^4}$$

$$A_{24} = \frac{192c^8 - 424c^6 - 312c^4 + 480c^2 - 17}{768s^{10}}$$

$$A_{33} = \frac{13 - 4c^2}{64s^7}$$

$$ac = 512c^{12} + 4.224c^{10}$$

$$A_{35} = \frac{ac - 6.800c^8 - 12.808c^6 + 16.704c^4 - 3.154c^2 + 107}{4.096s^{13}(6c^2 - 1)}$$

$$A_{44} = \frac{80c^6 - 816c^4 + 1.338c^2 - 197}{1.536s^{10}(6c^2 - 1)}$$

$$ac5 = 163.470c^2 - 16.245$$



$$A_{55} = \frac{-(2.880c^{10} - 72.480c^8 + 324.000c^6 - 432.000c^4 + ac^5)}{61.440s^{11}(6c^2 - 1)(8c^4 - 11c^2 + 3)}$$

$$B_{22} = \frac{(2c^2 + 1)c}{4s^3}$$

$$B_{24} = \frac{c(272c^8 - 504c^6 - 192c^4 + 322c^2 + 21)}{384s^9}$$

$$B_{33} = \frac{3(8c^6 + 1)}{64s^6}$$

$$bc = 88.128c^{14} - 208.224c^{12} + 70.848c^{10}$$

$$B_{35} = \frac{bc + 54.000c^8 - 21.816c^6 + 6.264c^4 - 54c^2 - 81}{12.288s^{12}(6c^2 - 1)}$$

$$B_{44} = \frac{c(768c^{10} - 448c^8 - 48c^6 + 48c^4 + 106c^2 - 21)}{384s^9(6c^2 - 1)}$$

$$bc5 = 192.000c^{16} - 262.720c^{14} + 83.680c^{12} + 20.160c^{10}$$

$$B_{55} = \frac{bc5 - 7.280c^8 + 7.160c^6 - 1.800c^4 - 1.050c^2 + 225}{12.288s^{10}(6c^2 - 1)(8c^4 - 11c^2 + 3)}$$

$$C_1 = \frac{8c^4 - 8c^2 + 9}{8s^4}$$

$$cc = 3.840c^{12} - 4.096c^{10}$$

$$C_2 = \frac{cc + 2.592c^8 - 1.008c^6 + 5.944c^4 - 1.830c^2 + 147}{512s^{10}(6c^2 - 1)}$$

$$C_3 = \frac{-1}{4sc}$$

$$C_4 = \frac{12c^8 + 36c^6 - 162c^4 + 141c^2 - 27}{192cs^9}$$



dari perhitungan diatas didapat harga λ dengan menggunakan iterasi, yaitu:

$$\begin{aligned} KC^2 &= g \tanh \frac{kd}{\lambda} \left(1 + \lambda^2 C_1 + \lambda^4 C_2 \right) \\ KH &= 2 \left(\lambda + \lambda^3 B_{33} + \lambda^5 (B_{35} + B_{55}) \right) \end{aligned} \quad \dots \dots \dots \text{II.13}$$

Setelah nilai λ didapat, maka perhitungan dapat dihitung nilai F_n , yaitu :

$$\begin{aligned} F_1 &= \lambda A_{11} + \lambda^3 A_{13} + \lambda^5 A_{15} \\ F_1 &= \lambda^2 A_{22} + \lambda^4 A_{24} \\ F_1 &= \lambda^3 A_{33} + \lambda^5 A_{35} \\ F_1 &= \lambda^4 A_{44} \\ F_1 &= \lambda^5 A_{55} \end{aligned} \quad \dots \dots \dots \text{II.14}$$

Setelah nilai dari F_n didapat, maka perhitungan kecepatan dan percepatan air laut dapat dilakukan.

II.2.4.1.3 Gaya Gelombang Pada Silinder Tegak

Gaya gelombang yang bekerja pada silinder tegak adalah merupakan penjumlahan langsung dari gaya *inersia* dan gaya *drag*. Sedangkan gaya *inersia* merupakan penjumlahan antara gaya *Froude-Krylov* dengan gaya yang disebabkan massa tambah. Dalam perhitungan gaya gelombang pada suatu bangunan lepas pantai maka persamaan *morrison* sering dipakai, yaitu : (Indiyono P., 2000)



$$F = F_D + F_I$$

..... II.15

$$F = \frac{1}{2} \rho C_D u |u| + \frac{1}{2} \rho C_I \frac{\pi d^2}{4} a_x \quad \text{per satuan panjang.}$$

Dimana :

F = gaya gelombang yang bekerja pada struktur.

C_D = coefisien Drag (0.6 – 1.0 API RP 2A)

C_I = coefisien Inersia

C_M = coefisien masa tambah (1.5 – 2.0 API RP 2A)

D = diameter silinder

u = kecepatan gelombang

ρ = massa jenis air laut

a_x = percepatan gelombang

Asumsi yang digunakan dalam persamaan

1. *Refleksi dan defraksi gelombang incident diabaikan, untuk validitas ditentukan dengan perhitungan gaya gelombang. Sehingga diperlukan persyaratan $D < 0.2$, dimana D adalah dimensi struktur pada sudut arah gelombang, dan λ adalah panjang gelombang*
2. *Interferensi diantara struktur member diabaikan, seperti gaya yang terjadi pada seluruh struktur dihitung dengan secara jelas ditambahkan pada gaya yang terjadi di setiap elemen struktur .*
3. *Pengaruh terpisah gaya froude-krylov, gaya inersia dan gaya drag, sekalipun dua gaya pertama adalah linear sedangkan gaya drag tidak.*

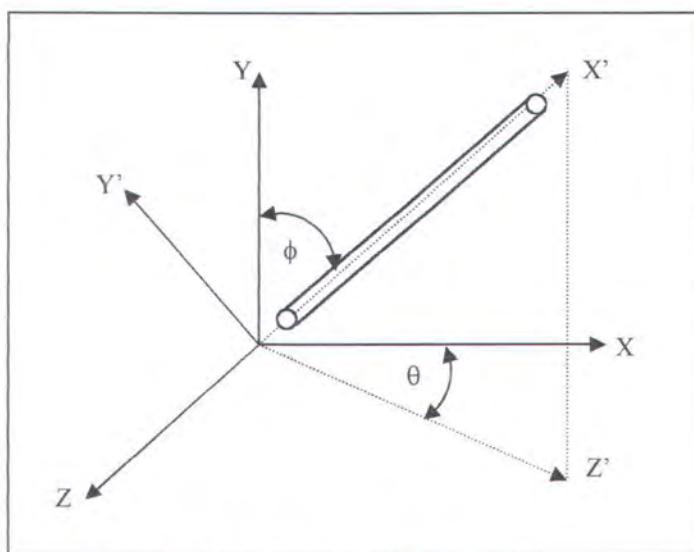
Untuk menentukan besarnya C_D dan C_M dari suatu struktur akan sangat tergantung dari angka Reynold (Re), angka Keulegan-Carpenter



(KC), bentuk struktur, mode gerakan dan kekasaran struktur (*marine growth*).

II.2.4.1.4 Gaya Gelombang Pada Silinder Miring

Penerapan dari teori Morisson, untuk silinder miring merupakan hal penting dalam kaitan penentuan gaya gelombang pada *bracing* melintang dan pada kemiringan (*battered*) kaki bangunan lepas pantai. Sejumlah metoda yang bervariasi untuk menerapkan persamaan Morisson dalam kasus tersebut telah didiskusikan oleh Wade dan Dwyer (1976). Banyak generalisasi yang bersesuaian diberikan oleh Chakrabarti,et,al (1975). Hal ini meliputi penyelesaian kecepatan dan percepatan air dalam komponen normal dan tangensial pada sumbu axis silinder dan hanya menggunakan komponen normal dalam persamaan Morisson untuk menghitung gaya gelombang per unit panjang dari silinder. Bila hanya komponen normal saja yang dimasukkan disini, maka persamaan diatas dianggap benar.



Gambar II.7 Ilustrasi silinder miring



Sebagai ilustrasi kecepatan dan percepatan air, silinder miring tetap dengan sumbu x, y, z dengan sumbu vertikal y. Diasumsikan gelombang merambat searah sumbu x positif, resultan gerakan gelombang akan mempunyai kecepatan horizontal dan vertikal, masing-masing u dan v, serta percepatan vertikal dan horizontal a_y dan a_x . Dengan koordinat polar θ dan ϕ menegaskan orientasi dari sumbu silinder dimana harga komponen kecepatan normal (∇) terhadap sumbu silinder adalah :

$$v = \left(u^2 + v^2 - (c_x u + c_y v)^2 \right)^{1/2} \quad \dots \dots \dots \text{II.16}$$

Komponen kecepatan normal (v) yang searah sumbu x, y, dan z berturut-turut adalah sebagai berikut :

$$u_{\text{normal}} = u - c_x (c_x u + c_y v)$$

$$v_{\text{normal}} = v - c_x (c_x u + c_y v)$$

$$w_{\text{normal}} = -c_z (c_x u + c_y v) \quad \dots \dots \dots \text{II.17}$$

dimana :

$$c_x = \sin \phi \cos \theta$$

$$c_y = \sin \phi \sin \theta$$

$$c_z = \cos \phi \quad \dots \dots \dots \text{II.18}$$

Komponen percepatan normal dalam arah x, y, dan z adalah sebagai berikut:

$$a_{\text{normalx}} = a_x - c_x (c_x a_x + c_y a_y)$$

$$a_{\text{normaly}} = a_y - c_x (c_x a_x + c_y a_y)$$

$$a_{\text{normalz}} = -c_z (c_x a_x + c_y a_y) \quad \dots \dots \dots \text{II.19}$$



Hubungan antara persamaan Morisson per satuan panjang pada silinder miring adalah sebagai berikut :

$$f_x = 0.5\rho C_d D v_{u_n} + 0.25 \rho \pi D^2 C_I a_{normalx}$$

$$f_y = 0.5\rho C_d D v_{v_n} + 0.25 \rho \pi D^2 C_I a_{normaly}$$

$$f_z = 0.5\rho C_d D v_{w_n} + 0.25 \rho \pi D^2 C_I a_{normalz} \quad \dots \dots \dots \text{II.20}$$

Dari persamaan diatas, untuk mendapatkan besarnya gaya dimasing-masing sumbu,maka persamaan diatas diintegralkan seperti persamaan dibawah ini:

$$F_x = \int f_x ds$$

$$F_y = \int f_y ds$$

$$F_z = \int f_z ds \quad \dots \dots \dots \text{II.21}$$

Sehingga didapat gaya total dengan cara meresultankan masing-masing gaya pada tiap sumbunya, yaitu :

$$F_{Total} = (F_x + F_y + F_z)^{1/2} \quad \dots \dots \dots \text{II.22}$$

II.2.4.2 Beban Arus

Arus yang terjadi di dalam air laut dihasilkan oleh pengaruh beberapa hal sebagai berikut :

1. Kecepatan arus harus ditambahkan secara vektorial ke kecepatan horizontal partikel air, sebelum menghitung gaya *drag* karena gaya *drag* tergantung pada kecepatan horizontal partikel kwadrat dan menyebabkan kecepatan arus menurun perlahan sesuai dengan



kedalaman laut. Sebuah perbandingan arus kecil dapat meningkatkan gaya *drag* secara signifikan.

2. Struktur dengan sendirinya menghasilkan gelombang yang mana dalam pengembaliannya akan menciptakan gaya *difraksi*. Karena itu gaya *difraksi* dapat diabaikan untuk nilai-nilai realistik pada arus yang terjadi pada struktur yang berdimensi besar.

Besarnya kecepatan arus dapat ditentukan sebagai berikut:

$$V_x = V_s \left(\frac{x}{d} \right)^{\frac{1}{2}} \quad \dots \dots \dots \text{II.23}$$

Dimana :

V_x = kecepatan arus (m/det) pada jarak x (m) diatas mudline.

V_s = kecepatan arus (m/det) pada jarak x (m) pada permukaan air laut.

X = jarak diatas mudline.

D = jarak dari permukaan laut ke mudline.

Untuk menentukan besarnya gaya angkat dan gaya drag per unit panjang, dapat dicari dengan rumus : (Murdjito, 2000)

- gaya angkat

$$F_L = 0.5 C_L \rho V^2 A \quad (\text{N/m}) \quad \dots \dots \dots \text{II.24}$$

- gaya drag

$$F_D = 0.5 C_D \rho V^2 A \quad (\text{N/m}) \quad \dots \dots \dots \text{II.25}$$

Dimana :

C_L = koefisien lift

C_D = koefisien drag

ρ = massa jenis



- V = kecepatan arus
A = luasan per unit panjang

II.2.4.3 Beban Angin

Untuk menentukan besarnya kecepatan angin pada ketinggian yang berbeda maka dipakai rumusan sederhana sebagai berikut:(Murdjito,2000)

$$V_y = V_{10} (y/10)^x \quad \dots \dots \dots \text{II.26}$$

Dimana :

V_y = kecepatan angin pada ketinggian y meter

V_{10} = kecepatan angin pada ketinggian 10 m

Y = ketinggian dimana kecepatan angin dihitung

X = faktor eksponen (menurut API, 1/3 s/d 1/8)

Dengan mengambil analisa yang sama seperti diatas, *American Petroleum Institut* memberikan persamaan gaya angin dalam satuan metrik sebagai berikut:

$$F = 0,047 C_s A V^2 \quad \dots \dots \dots \text{II.27}$$

Dimana :

F = Gaya angin (N)

V = Kecepatan angin (km/jam)

A = Luas bidang proyeksi (m^2)

C_s = Koefisien bentuk menurut API-RP2A



Tabel II.2 Koefisien C_s menurut API-RP2A

Jenis struktur	C_s
Balok	1,5
Sisi bangunan	1,5
Komponen silinder	0,5
Proyeksi seluruh struktur	1,0

II.2.4.4 Beban Gempa (*Seismic*)

Pada jacket platform yang telah dibangun di beberapa fabricator struktur lepas pantai dan dari jacket tersebut harus dihitung besarnya respon dinamis akibat adanya gelombang serta beban lain yang juga bersifat dinamis, termasuk didalamnya beban gempa. Eksperimen yang dilakukan oleh Youchi Hattori (Hattori et. Al., 1981) menyebutkan bahwa penting kiranya untuk melakukan investigasi karakteristik getaran (vibrasi) dari jacket untuk menjamin keberhasilan dalam desain. Finite Element adalah sangat cocok untuk untuk perhitungan frekuensi natural, tetapi ada beberapa aspek yang belum diketahui yang perlu dipelajari yaitu seperti : massa semua kaki dalam air, dan kondisi tumpuan dari tanah dasar laut.

Walaupun beban dinamis yang bekerja pada sistem struktur bisa diabaikan oleh salah satu dari mekanisme sumber yang berbeda, termasuk angin atau ombak dan gerak kendaraan, tipe masukan dinamis yang paling penting bagi ahli struktur yang tidak dapat diragukan lagi adalah yang ditimbulkan oleh gempa bumi. Ahli struktur terutama memperhatikan efek



local gempa terbesar dimana gerak tanah cukup kuat untuk menyebabkan kerusakan struktur (Clough, Ray and Penzien, J, 1998).

Tujuan dari analisa dinamis terhadap suatu struktur adalah untuk mengetahui besarnya respon dinamis struktur terhadap pembebanan yang merupakan fungsi waktu seperti displacement, atau perilaku dinamis struktur seperti frekuensi natural struktur atau periode natural struktur. Analisa dinamis secara umum memiliki tahapan sebagai berikut ini (Craight, Roy, 1981) :

1. Desain, yang meliputi bentuk, ukuran, dan properti struktur
2. Analisa, terdiri atas :
 - a. Penentuan model analitis
 - b. Penentuan model matematis
 - c. Penentuan respon
3. Pengujian

Merupakan pengujian secara laboratorium dari model yang full scaled atau dengan skala tertentu yang diperkecil. Namun, pengujian tidak selalu dilakukan apabila dengan menggunakan analisa terhadap model saja sudah bisa mendapatkan hasil yang diinginkan.

Beban gempa merupakan beban dinamis sehingga untuk mendapatkan respon yang diinginkan harus mengacu pada prosedur langkah-langkah diatas. Respon gempa untuk struktur *single degree of freedom* (SDOF) dilakukan dengan pemakain duhamel integral, dimana penting kiranya untuk pembebanan gempa efektif oleh produk massa dan



ground acceleration (Clough, Ray, 1970). Duhamel Integral untuk respon yang teredam dituliskan terhadap gempa dinyatakan sebagai berikut ini :

$$v(t) = \frac{1}{\omega} \int v(\tau) e^{-\xi(t-\tau)} \sin \omega(t-\tau) d\tau \quad \dots \dots \dots \text{II.28}$$

Jika,

$$v(t) = \int_0^t v(\tau) e^{-\xi(t-\tau)} \sin \omega(t-\tau) d\tau \quad \dots \dots \dots \text{II.29}$$

Maka didapat respon untuk system lumped mass :

$$v(t) = \frac{1}{\omega} V(t) \quad \dots \dots \dots \text{II.30}$$

Untuk generalized coordinates system, maka persamaan respon gempa yang terjadi dinyatakan dalam bentuk :

$$v(x, t) = \psi(x) Y(t) = \psi(x) \frac{\gamma}{M^* \omega} V(t) \quad \dots \dots \dots \text{II.31}$$

$$\gamma = \int_0^L \mu(x) \psi(x) dx$$

$$M^* = \int_0^L p(x) \{\psi(x)\}^2 dx$$

Dimana :

γ = factor partisipasi gempa bumi

M^* = generalized mass

Secara umum, persamaan diatas juga dapat diturunkan untuk menyatakan gaya inersia efektif yang tergantung pada percepatan ground efektif, yaitu :

$$v_g(t) = \omega^2 v(t)$$



Gaya gempa efektif sebagai produk dari massa dari percepatan efektif dinyatakan:

$$Q(t) = Mv_g(t) = M\omega^2 v(t) = M\omega V(t) \quad \dots \dots \dots \text{II.32}$$

Sedangkan gaya inersia per unit panjang struktur diperoleh dari persamaan berikut ini :

$$q(x, t) = \mu(x)\psi(x)Y(t) = \mu(x)\psi(x)\frac{\gamma}{M^*}\omega V(t) \quad \dots \dots \dots \text{II.33}$$

Gaya gempa efektif yang dirumuskan diatas digunakan secara eksak sebagai beban statis terpakai untuk menghitung komponen gaya internal dalam struktur, seperti : bending moment dan shear force. Hanya gaya efektif yang dipertimbangkan dalam operasi analisa tegangan. Base Shear dari struktur juga mewakili gaya gempa total yang bekerja pada struktur, dengan persamaan dibawah ini :

$$Q(t) = \int_0^L q(x, t)dx = \frac{\gamma}{M^*}\omega V(t) \quad \dots \dots \dots \text{II.34}$$

Pada sebagian besar kasus, permasalahan gempa ditentukan oleh besarnya nilai respon maksimum. Nilai maksimum ini disebut "Spectral Velocity", atau lebih akurat dinamakan "Pseudo-Velocity" karena tidak benar-benar sama dengan kecepatan maksimum pada suatu sistem teredam.

Adapun persamaan untuk spectral velocity dinyatakan sebagai berikut :

$$Sv = V_{max} = \left[\int_0^L V_g(\tau) e^{-\xi\omega(t-\tau)} \sin \omega(t-\tau) d\tau \right]_{max} \quad \dots \dots \dots \text{II.35}$$



Dari persamaan spectral velocity diatas, didapat pula persamaan spectral displacement S_d dan spectral acceleration S_a yaitu sebagai berikut :

$$S_d = \frac{Sv}{\omega}$$

$$Sa = \omega \cdot Sv$$

Sehingga untuk displacement maksimum dinyatakan :

$$V_{\max} = Sd, \text{ atau} \quad \dots \dots \dots \text{II.36}$$

$$V(x)_{\max} = \psi(x)Y_{\max} = \frac{\gamma}{M^*} \psi(x) Sd$$

Dengan cara yang sama, maka persamaan untuk gaya gempa efektif maksimum adalah :

$$Q_{\max} = Msa, \text{ atau}$$

$$q_{\max}(x) = \mu(x)\psi(x) \frac{\gamma}{M^*} Sa \quad \dots \dots \dots \text{II.37}$$

Sedangkan untuk maksimum base shear force-nya dirumuskan sebagai berikut ini :

$$Q_{\max} = \frac{\gamma^2}{M^*} Sa \quad \dots \dots \dots \text{II.38}$$

Dari persamaan spectral velocity diatas, maka ada 3 faktor yang mempengaruhi besarnya spectral tersebut, yaitu:

1. Karakteristik dari ground motion V_g
2. Damping ratio ξ dari struktur
3. Frekuensi sirkular ω dari struktur.





Kemudian untuk beberapa masukan gempa dan damping ratio, maka memungkinkan untuk menentukan spectral velocity sebagai fungsi frekuensi struktur atau periode struktur $T = 2\pi/\omega$.

Beban gempa dengan spectrum respon rancangan untuk desain pada bangunan lepas pantai terpanjang, mengacu kepada criteria yang diberikan oleh *American Petroleum Institut* (API RP 2A, 1993), yang dipengaruhi oleh beberapa aspek berikut ini :

1. Harga gravitasi bumi dilokasi studi
2. Damping kritis diambil 5% (untuk struktur baja)
3. Jenis tanah dasar laut (soil Type) dilokasi studi : Tipe A,B dan C
4. Effektive Ground Motion (G).

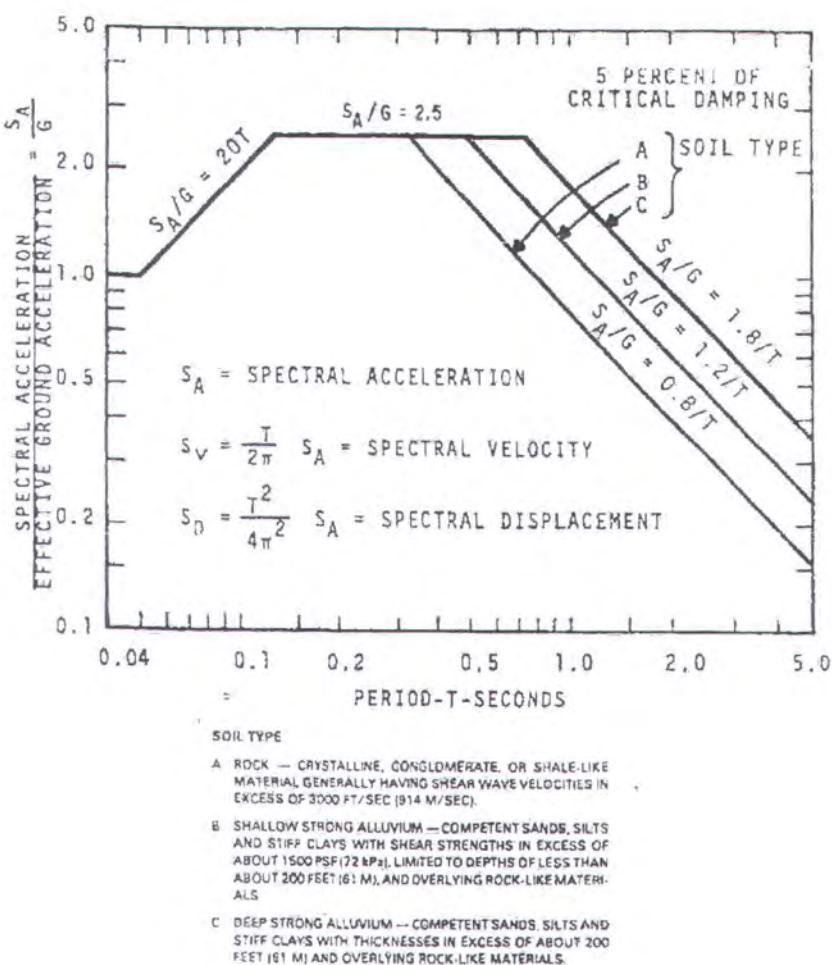


FIG. C2.3.6-2
RESPONSE SPECTRA
SPECTRA NORMALIZED TO 1.0 GRAVITY

Gambar II.8. Response spectra

Spectra normalized to 1.0 gravity

II.2.4.4.1 Analisa Response Spectra

Analisa Response Spectrum dalam cara yang paling sering dipakai pada pusat perancangan untuk mendefinisikan respon maksimum struktur karena pembebanan sementara. Usaha secara perhitungan komputer dibutuhkan dalam teknik-teknik integrasi langsung yang sering menjadi penghalang karena respon pada setiap titik waktu yang dipilih harus



dihitung dan dicatat untuk mendapatkan respon maksimum. Akibatnya, analisa pendekatan sebagai analisa response spectrum menjadi alternatif penyelesaian yang menarik.

Analisa response spectrum adalah sebuah metode pendekatan untuk analisa dinamis dimana digunakan untuk mengetahui respon dari sistem Single Degree of Freedom (SDOF) pada frequensi natural yang sama. Persentase dari critical damping sebagai moda dari getaran struktur akan dianalisa pada saat pembebahan sementara yang sama. Secara singkat formulasi dari metode ini akan dijelaskan sebagai berikut:

Persamaan gerak untuk struktur pada pembebahan dinamis akan dijelaskan sebelumnya.

$$[M]\{\ddot{X}\} + [C]\{\dot{X}\} + [K]\{X\} = \{F(t)\}$$

untuk aplikasi support acceleration, dapat ditulis:

$$\{F(t)\} = -[M]\{E\} \ddot{X}_G(t) \quad \dots \dots \dots \text{II.39}$$

$$\{\ddot{X}_t(t)\} = \{\ddot{X}(t)\} + \{E\} \ddot{X}_G(t)$$

dimana,

$\ddot{X}_G(t)$: support acceleration sebagai fungsi waktu

$[\ddot{X}(t)]$: percepatan relatif nodal point pada tumpuan

$\{\ddot{X}_t(t)\}$: percepatan total

$\{E\}$: vektor dari gerak bawah tanah untuk salah satu derajat kebebasan



Maka, persamaan gerak dalam bentuk respon total, dapat ditulis sebagai berikut:

$$[M]\{\ddot{X}_t\} + [C]\{\dot{X}_t\} + [K]\{X_t\} = -[M]\{E\}\ddot{X}_G$$

dan total respon akan dapat dihitung.

Untuk metode analisa moda, persamaan gerak harus dipisah dan dirubah pada koordinat normal untuk respon dari setiap moda yang akan dihitung. Hasil dari pengubahan persamaan moda pada koordinat normal adalah:

$$\ddot{U}_i + 2\eta_i\omega_i\dot{U}_i + \omega_i^2 U_i = H_i(t) \quad \dots\dots\dots II.40$$

dimana,

$\ddot{U}_i, \dot{U}_i, U_i$: percepatan, kecepatan, dan perpindahan untuk setiap moda

ω_i : modal frequency untuk setiap moda (rad/s)

η_i : damping ratio untuk setiap moda

$H_i(t)$: $-P_i X_G(t)$ untuk support acceleration

Pengikut sertaan faktor-faktor untuk beban-beban support acceleration didefinisikan sebagai,

$$\{P\} = -[\Phi]^T [M]\{E\}$$

Pemecahan dari persamaan II.40 diberikan oleh integral Duhamel, sebagai berikut:



$$U_i = \frac{1}{\omega_i} \int_0^t H_i(\tau) e^{-h} i^{\omega} i^{(t-\tau)} \sin \omega_i (t-\tau) d\tau \quad \dots \dots \dots \text{II.41}$$

Persamaan ini harus dipenuhi bahwa kondisi awal diabaikan dan damped frequencies didekati dengan undamped frequencies. Maka persamaan II.41 menjadi:

$$U_i = \frac{P_i}{\omega_i} \int_0^t \ddot{X}_G(\tau) e^{-h} i^{\omega} i^{(t-\tau)} \sin \omega_i (t-\tau) d\tau \quad \dots \dots \dots \text{II.42}$$

Pada moda analisa dengan time history, persamaan II.42 akan diselesaikan untuk mengevaluasi respon pada setiap langkah waktu. Walaupun pada analisa response spectrum, persamaan tersebut diamsusikan bahwa kita mengetahui nilai maksimum dari integral dari perhitungan sebelumnya atau hasil percobaan.

Nilai maksimum dari persamaan II.42, tidak termasuk $\left(\frac{P_i}{\omega_i}\right)$,

disebut spectral velocity, S_V . Respon Maksimum U_i dijelaskan sebagai,

$$U_i = \frac{P_i}{\omega_i} S_{V_i}$$

Karena gerak harmonik di asumsikan, spectral displacement (S_D), spectral velocity (S_V), dan spectral acceleration (S_A) dihubungkan sebagai berikut:

$$S_{D_i} = \frac{S_{V_i}}{\omega_i} \quad \dots \dots \dots \text{II.43}$$

$$S_{A_i} = \omega_i - S_{V_i} = \omega_i^2 S_{D_i}$$



Respon spectra telah dikembangkan untuk beberapa macam pembebangan dinamis yang umum dan posisi – posisi respon spectra (S_D , S_V , S_A) terhadap fungsi damping ratio, frekuensi atau periode natural. Respons - respon maksimum yang diasumsikan ditunjukkan pada koordinat - koordinat fisik untuk beberapa model persamaan, yaitu :

$$\{X\}_i = \{\phi\}_i u_i \quad \dots \dots \dots \text{II.44}$$

$$\{X\}_i = \{\phi\}_i u_i \omega_i$$

$$\{X\}_i = \{\phi\}_i u_i \omega_i$$

Dimana,

$$u_i = P_i S_{Di}$$

dan didefinisikan menjadi coefficient model.

Setelah salah satu respon maksimum untuk beberapa model telah diperoleh, maka respon – respon maksimum yang lain harus diperhitungkan. Respon maksimum total tidak dapat diperoleh dengan menambahkan respon maksimum yang berupa model, karena model – model yang berbeda pada umumnya akan mempunyai nilai maksimum sendiri pada waktu – waktu yang berbeda, karena itu superposisi dari model – model yang memiliki nilai maksimum akan menjadi *upper bound* pada keseluruhan respon yang sebenarnya dan memiliki nilai – nilai signifikan yang tinggi pada beberapa kasus respon.



1. RMS (*Root Mean Square atau Square Root of Sum of Squares*)

$$R = \left[\sum_{i=1}^N R_i^2 \right]^{1/2} \quad \dots \dots \dots \text{II.45}$$

2. ABS SUM (ABSolute SUM)

$$R = \sum_{i=1}^N |R_i| \quad \dots \dots \dots \text{II.46}$$

3. PRMS (*Peak Root Mean Square*) - nilai mutlak dari kontribusi model yang terbesar ditambah RMS pada kontribusi – kontribusi modal sisa.

$$R_j = |\text{MAXR}_j| \quad \dots \dots \dots \text{II.47}$$

$$R = \left[\sum_{i=1}^N R_i^2 \right]^{1/2} + R_j \quad i \neq j$$

4. CQC (*Complete Quadratic Combination*) - Korelasi – korelasi yang bersebrangan antara semua model diambil untuk perhitungan.

$$R = \left[\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N R_i \rho_{ij} R_j \right]^{1/2} \quad \dots \dots \dots \text{II.48}$$

dimana,

$$r = \frac{\omega_j}{\omega_i}$$

ω_i = Frekuensi natural ke I

n_i = Model damping ratio ke I



$$\rho_{ij} = \frac{8\sqrt{n_i n_j} (n_i + n_j) r^{3/2}}{(1 - r^2) + 4n_i n_j r(1 + r^2) + 4(n_i^2 + n_j^2)r^2}$$

catatan : jika $|\rho|$ merupakan matrik identitas (yaitu tidak terdapat korelasi antara model – model) maka matrik tersebut akan digenerate hingga metode RMS.

5. NRC GRP (*Nuclear Regulatory Commision Grouping Method*) - sama dengan RMS dengan penambahan perhitungan untuk sekelompok model – model yang memiliki frekuensi 10 persent.

$$R = \left[\sum_{i=1}^N R_i^2 + \sum_{g=1}^G \sum_{n=s}^e \sum_{m=s}^e |R_n^9 R_m^9| \right]^{1/2} \quad n \neq m \quad \dots \dots \dots \text{II.49}$$

G = jumlah kelompok

s = Jumlah model pada no awal kelompok

e = Jumlah model pada no akhir kelompok

R_i^9 = Kontribusi model ke I pada kelompok ke g

6. NRC TPM (*Nuclear Regulatory Commission Ten Percent Method*) - sama dengan RMS dengan penambahan perhitungan untuk semua model yang memiliki frekuensi 10 persent.

$$R = \left[\sum_{i=1}^N R_i^2 + 2 \sum |R_n R_m| \right]^{1/2} \quad \dots \dots \dots \text{II.50}$$

persamaan diatas harus memenuhi persyaratan :

$$\frac{\omega_n - \omega_m}{\omega_m} \leq 1 \quad \text{dimana } 1 \leq m < n \leq N$$



7 NRC DSM (*Nuclear Regulatory Commission Double Sum Method*)

sama dengan CQC dengan matrik yang memiliki korelasi koefisien yang berseberangan digunakan.

$$R = \left[\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N |R_i R_j| \varepsilon_{ij} \right]^{1/2} \quad \dots \dots \dots \text{II.51}$$

dimana ;

$$\varepsilon_{ij} = \left[1 + \left\{ \frac{\omega_i - \omega_j}{\eta_i \omega_i + n_j \omega_j} \right\}^2 \right]^{-1}$$

$$\omega_i = \omega_i [1 - \eta_i^2]^{1/2}$$

$$\eta_i = \eta_i + 2 / t_d \omega_i$$

t_d = durasi pergerakan support, pada umumnya diasumsikan 10 detik.

Masing – masing metode dari ke tujuh kombinasi tersebut dikerjakan untuk tiap – tiap kondisi pembeban pada respon spectra. Pada kenyataannya, metode RMS digunakan untuk mengkombinasikan dua atau lebih pada pembebahan respon spectra, contohnya pada komponen – komponen gempa bumi yang independent yang ditampilkan dalam bentuk statistik.

Ketika terjadi penduplikatan mode pada struktur, dibuat modifikasi pada kombinasi model dan proses penyimpanan. Kontribusi untuk semua model pada sekelompok frekuensi yang diduplikat akan



dijumlah secara aljabar dan disimpan pada lokasi – lokasi model frekuensi awal yang diduplikat. Contohnya pada kombinasi RMS,

$$X_i = \left[(\phi_{1i} u_1)^2 + \dots + (\phi_{ji} u_j)^2 + (\phi_{ki} u_k)^2 + \dots + (\phi_{ni} u_n)^2 \right]^{1/2}$$

dimana frekuensi natural pada model j dan k adalah sama. Modifikasi perhitungannya adalah sebagai berikut :

$$X_i = \left[(\phi_{1i} u_1)^2 + \dots + (\phi_{ji} u_j)^2 + (\phi_{ki} u_k)^2 + (0) + \dots + (\phi_{ni} u_n)^2 \right]^{1/2}$$

modifikasi ini untuk mengatasi permasalahan pada eigenvectors dari model – model yang simetris, yang mana merupakan kesalahan awal dari hasil – hasil respon spectra yang salah.

II.2.5 KRITERIA TEGANGAN IZIN UNTUK TUBULAR

Bagian struktur yang menerima beban kompresi dan beban tekuk harus memenuhi kriteria kekuatan dan stabilitas. Apabila total tegangan pada setiap bagian konstruksi melebihi tegangan izin maka kegagalan pada struktur akan terjadi. (API RP-2A WSD,1993)

II.2.5.1 Tegangan Tarik Aksial (*Axial Tension*)

Tegangan tarik ijin F_t , dirumuskan :

$$F_t = 0.6 F_y \quad \dots \dots \dots \text{II.52}$$

Dimana, F_y adalah tegangan yield, ksi(Mpa)

II.2.5.2 Tegangan Tekan Aksial (*Axial Compression*)

Tegangan tekan yang dijinkan adalah , F_a ,

Untuk $D/t \leq 60$,



$$F_a = \frac{\left[1 - \frac{(Kl/r)^2}{2C_c^2} \right] F_y}{\frac{5/3 + \frac{3(Kl/r)}{8C_c} - \frac{(Kl/r)}{8C_c^3}}{8C_c}} \quad \text{untuk } Kl/r < C_c \quad \dots \dots \dots \text{ II.53}$$

$$F_a = \frac{12\pi^2 E}{23(Kl/r)^2} \quad \text{untuk } Kl/r \geq C_c \quad \dots \dots \dots \text{ II.54}$$

dimana :

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

E = modulus elastisitas, ksi (Mpa)

K = faktor panjang efektif

L = panjang inbraced, in (m)

R = jari-jari girasi, in (m)

Untuk member dengan D/t > 60 dengan menggunakan lokal buckling.

1. lokal buckling elastis

$$F_{xe} = 2CEt/D \quad \dots \dots \dots \text{ II.55}$$

dimana :

C = koefisien tegangan kritis buckling

D = diameter luar

t = ketebalan pipa

secara teoritis harga C adalah 0.6,

2. local buckling inelastis

$$F_{xc} = F_y [1.64 - 0.23(D/t)^{1/4}] \leq F_{xe} \quad \dots \dots \dots \text{ II.56}$$



$$F_{xc} = F_y, \text{ untuk } (D/t) \leq 60$$

II.2.5.3 Tegangan Tekuk (*bending*)

Tegangan bending ijin, F_b dinyatakan :

$$F_b = 0.75F_y, \text{ untuk } \frac{D}{t} \leq \frac{1500}{F_y} \quad \dots \dots \dots \text{ II.57}$$

$$\left(\frac{D}{t} \leq \frac{10340}{F_y}, \text{ dalam satuan SI} \right)$$

$$F_b = \left[0.84 - 1.74 \frac{F_y D}{E t} \right] F_y, \text{ untuk } \frac{1500}{F_y} < \frac{D}{t} \leq \frac{3000}{F_y}$$

$$\left(\frac{10340}{F_y} < \frac{D}{t} \leq \frac{20680}{F_y}, \text{ dalam satuan SI} \right)$$

$$F_b = \left[0.72 - 0.58 \frac{F_y D}{E t} \right] F_y, \text{ untuk } \frac{3000}{F_y} < \frac{D}{t} \leq 300$$

$$\left(\frac{20680}{F_y} < \frac{D}{t} \leq 300, \text{ dalam satuan SI} \right)$$

II.2.5.4 Tegangan Geser

Tegangan geser maksimum pada batang tubular adalah :

$$f_v = \frac{V}{0.5A} \quad \dots \dots \dots \text{ II.58}$$

dimana,

$$f_v = \text{tegangan geser maksimum, ksi (MPa)}$$

$$V = \text{tegangan geser transversal, kips(MN)}$$

$$A = \text{luasan melintang, in}^2(\text{m}^2)$$



Sedangkan tegangan geser pada beam yang dijinkan adalah :

$$f_v = 0.4F_y \quad \dots \dots \dots \text{II.59}$$

II.2.5.6 Tegangan Geser Torsional

Tegangan geser torsional maksimum pada tubular adalah :

$$f_{vt} = \frac{M(D/2)}{I_p} \quad \dots \dots \dots \text{II.60}$$

dimana :

f_{vt} = tegangan geser torsional maksimum, ksi (MPa)

M_t = moment puntir, kips-in((MN.m))

I_p = moment inersia polar in⁴ (m⁴)

Sedangkan tegangan geser torsional yang dijinkan adalah :

$$f_v = 0.4F_y \quad \dots \dots \dots \text{II.61}$$

II.2.5.7 Unity Check Tegangan Izin Tubular

A.) Tegangan Majemuk Tekan Aksial Dan Bending

Tegangan majemuk tekan aksial dan bending pada member tubular adalah :

$$\frac{f_a}{0.6F_y} + \frac{\sqrt{fbx^2 + fby^2}}{F_b} \leq 1.0 \quad \dots \dots \dots \text{II.62}$$

Apabila $\frac{f_a}{F_a} \leq 0.15$, maka digunakan :

$$\frac{f_a}{F_a} + \frac{\sqrt{fbx^2 + fby^2}}{F_b} \leq 1.0 \quad \dots \dots \dots \text{II.63}$$



B.) Tegangan Majemuk Tarik Axial Dan Bending

Tension and Bending :

$$\frac{f_a}{0.6F_y} + \frac{f_b}{F_b} = \text{unity check} \quad \dots \dots \dots \text{II.64}$$

compressive bending :

$$\frac{f_b}{F_b} = \text{unity check} \quad \dots \dots \dots \text{II.65}$$

C.) Shear Unity Check

$$\frac{f_v}{F_v} = \text{Unity check} \quad \dots \dots \dots \text{II.66}$$

II.2.5.8 Kekuatan Sambungan Tubular

A.) Punching Shear

$$V_{pa} = Qq \cdot Q_f \cdot \frac{F_{yc}}{0,6\gamma} \quad \dots \dots \dots \text{II.67}$$

1.) V_{pa} untuk beban tarik dan tekan aksial :

$$Qq = \left(1,1 + \frac{0,2}{\beta} \right) \quad \dots \dots \dots \text{II.68}$$

$$Q_f = 1,0 - \lambda \cdot \gamma \cdot A^2 \quad \text{dimana :}$$

$$\lambda = 0,030$$

$$A = \frac{\sqrt{\sigma_{AX}^2 + \sigma_{IPB}^2 + \sigma_{OPB}^2}}{0,6 F_{yc}}$$

2.) V_{pa} untuk beban IPB :

$$Qq = \left(3,72 + \frac{0,67}{\beta} \right) \quad \dots \dots \dots \text{II.69}$$



$$Q_f = 1,0 - \lambda \cdot \gamma \cdot A^2 \quad \text{dimana : } \lambda = 0,045$$

$$A = \frac{\sqrt{\sigma_{AX}^2 + \sigma_{IPB}^2 + \sigma_{OPB}^2}}{0,6 \cdot Fyc}$$

3.) Vpa untuk beban OPB :

$$Qq = \left(1,37 + \frac{0,67}{\beta} \right) Q_\beta ; \quad Q_\beta = 1,0 \text{ jika } \beta \leq 0,6$$

$$Q_f = 1,0 - \lambda \cdot \gamma \cdot A^2 \quad \text{dimana } \lambda = 0,021$$

$$A = \frac{\sqrt{\sigma_{AX}^2 + \sigma_{IPB}^2 + \sigma_{OPB}^2}}{0,6 \cdot Fyc}$$

B.) Kombinasi Tegangan Aksial Dan Bending :

$$\left(\frac{Vp}{Vpa} \right)_{IPB}^2 + \left(\frac{Vp}{Vpa} \right)_{OPB}^2 \leq 1,0 \quad \dots \dots \dots \text{II.70}$$

$$Vp = \tau \cdot \sigma \cdot \sin \theta$$



II.2.6 DESAIN PONDASI STRUKTUR JACKET

Untuk struktur jacket pondasi merupakan satu faktor perancangan yang sangat penting. Faktor-faktor yang perlu diperhatikan untuk kriteria pondasi dari struktur jacket adalah :

1. Karakteristik tanah di dasar laut.
2. Perilaku siklis dasar laut.
3. Alternatif tumpuan kaki monopod structure.
4. Erosi dasar laut.
5. Blow outs di dasar laut.

Pengetahuan dan data-data tentang struktur tanah di dasar laut dan tingkah lakunya pada tempat lokasi kerja dari suatu struktur jacket mutlak diperlukan untuk mendapatkan rancangan pondasi struktur jacket yang sesuai untuk lokasi kerja.

Pondasi tiang pancang adalah suatu konstruksi pondasi yang mampu menahan gaya orthogonal ke sumbu tiang dengan jalan menyerap lenturan. Pondasi tiang dibuat menjadi satu kesatuan yang monolit dengan menyatukan pangkal tiang pancang yang terdapat dibawah konstruksi, dengan tumpuan pondasi.

Tiang Pancang merupakan bagian dari struktur yang digunakan untuk menyalurkan beban permukaan ke lapisan tanah. Tiang pancang tersebut bisa single atau groups dan bisa tertanam penuh (*retaining struktur*) atau tertanam sebagian (*dolphin*).



Alasan Penggunaan Pondasi Tiang-Pancang:

1. Adanya lapisan tanah lunak yang cukup dalam sehingga letak pondasi jauh dibawah permukaan tanah.
2. Karena gaya horisontal yang ditahan pondasi cukup besar (Gaya gelombang, Gempa).
3. Bila pondasi tersebut berada pada tanah lunak dan kembang susut (Expansive Soil).
4. Apabila pondasi tersebut menahan gaya Uplift/gaya angkat/Heave.
5. Apabila pondasi tersebut mudah terkena bahaya erosi/scouring.

Bahan pondasi tiang pancang yang sering digunakan antara lain :

1. Beton: Precast, Prestress, Precast + Prestress max: 60 Cm (ϕ).
2. Baja: Profile I, WF, Pipa, dengan diameter (ϕ)> 60 Cm.
3. Kayu.
4. Kombinasi dari ketiga bahan tersebut.

Penggunaan dari masing-masing bahan tiang pancang akan memberikan kerugian dan keuntungan sendiri, seperti kekuatan terhadap kompresi, kekuatan terhadap tarik,ketahanan dilingkungan yang korosif dan abrasif, dll.

Tiang pancang harus rencanakan dan di design agar mampu menahan beban axial, beban moment dan beban lateral. Secara lebih spesifik beban yang bekerja pada pondasi tiang pancang pada struktur jacket antara lain : beban fungsional, beban gempa, beban gelombang, beban arus,



beban es dan beban ship impact. Permasalahan pada perhitungan pondasi tiang pancang antara lain :

1. Masalah kekuatan/ketahanan material tiang

- * Penentuan besarnya beban yang disalurkan ke tiang dari struktur atas.
- * Penentuan besarnya beban maksimum yang didukung oleh sebuah tiang pada section tiang yang diijinkan.
- * Kasus tiang pra-retak, pada saat dipasang dilokasi.

2. Masalah mekanika tanah

- * Menghitung daya dukung pondasi vertikal maupun miring.
- * Daya dukung group pondasi tiang.
- * Skin friction negatif.
- * Evaluasi penurunan group tiang pancang.

3. Masalah lainnya

- * Masalah korosi.
- * Masalah metode pelaksanaan eksekusi.
- * Masalah up lift di daerah berair.

Daya dukung ultimate pondasi tiang pancang ditentukan oleh hal-hal berikut:

1. Properties mekanika tanah setempat.
2. Kondisi Pembebanan.
3. Dimensi dan material propertis dari tanah.
4. Metode pemasangan.



II.2.6.1 Perhitungan Daya Dukung Tanah Untuk Satu Pile

Perhitungan daya dukung dari pile dapat ditentukan dengan persamaan sebagai berikut :

$$Q_D = Q_f + Q_p = fA_s + qA_p \quad \dots \dots \dots \text{II.71}$$

dimana:

Q_f = skin friction resistance

Q_p = total end bearing

f = unit skin friction capacity

A_s = side surface area

q = unit end bearing capacity

A_p = gross end area of pile

➤ Skin friction dan end bearing di tanah kohesif

Untuk pipe pile di tanah kohesif, skin friction dapat ditentukan dengan persamaan :

$$f = \alpha c \quad \text{dimana :} \quad \dots \dots \dots \text{II.72}$$

α = faktor tak berdimensi

c = undrained shear strength dititik yang dicari

Faktor α dapat dihitung dengan persamaan :

$$\alpha = 0,5\psi^{-0,5} \quad \text{untuk } \psi \leq 1,0$$

$$\alpha = 0,5\psi^{-0,5} \quad \text{untuk } \psi > 1,0$$

dengan batasan bahwa $\alpha \leq 1,0$

dimana:

$$\psi = \frac{c}{p_o} \quad \text{untuk titik yang dicari}$$

p_o = tekanan overburden efektif pada titik yang dicari

$$= \gamma' z \rightarrow \gamma' = \gamma_{\text{sat}} - \gamma_w$$

z = kadalaman yang ditinjau



Sedangkan, untuk pile end bearing pada tanah kohesif unit end bearing (q) dapat dihitung dengan persamaan:

$$q = 9c \quad \dots \dots \dots \text{II.73}$$

- Skin friction dan end bearing untuk tanah tidak berkohesi (cohesionless soil)

Untuk pipe pile di tanah yang tak berkohesi, skin friction dihitung dengan persamaan:

$$f = Kp_o \tan \delta \quad \dots \dots \dots \text{II.74}$$

dimana:

K = koefisien tanpa dimensi dari tekanan tanah lateral

perbandingan tegangan efektif normal horisontal terhadap vertikal

p_o' = effective overburden pressure pada titik yang ditinjau

δ = sudut gesekan antara tanah dan dinding pile

Untuk harga K :

$K = 0,8$ → untuk *open ended pipe pile* baik pembebatan tarik atau tekan

$K = 1,0$ → untuk full displacement pile (plugged atau *close ended pipe pile*)

Untuk unit end bearing pada tanah yang tidak berkohesi dapat ditentukan dengan persamaan:

$$q = p_o N_q \quad \dots \dots \dots \text{II.75}$$

dimana:

p_o = effective overburden pressure pada ujung pile

N_q = faktor daya dukung tanpa dimensi



II.2.6.2 Pile Penetration

Dalam perencanaan pile penetration, harus cukup untuk memberikan daya dukung yang sesuai untuk menahan beban dukung aksial maksimum dan beban pullout dengan faktor keamanan yang sesuai. Daya dukung ijin pile ditentukan dengan membagi daya dukung ultimate pile dengan faktor keamanan yang sesuai .

Tabel II.3 Faktor keamanan API RP 2A - WSD

Kondisi Pembebaan	Faktor Keamanan
1. Kondisi lingkungan yang direncanakan dengan beban pengeboran (drilling load) yang sesuai	1,5
2. Kondisi lingkungan operasional selama operasi pengeboran	2,0
3. Kondisi lingkungan perencanaan dengan producing load yang sesuai	1,5
4. Kondisi lingkungan operasional selama operasi produksi	2,0
5. Kondisi lingkungan perencanaan dengan beban minimum (untuk pullout)	2,0

Secara matematis dapat dinyatakan :

$$Q_{ijn} = \frac{Q_D}{SF} \quad \dots \dots \dots \text{II.76}$$

Dalam penentuan pile penetration, dilakukan dengan menentukan pada kedalaman berapa beban aksial yang bekerja pada pile lebih kecil atau sama dengan daya dukung ijin pile.

$$P_{aksia} \leq Q_{ijn} \quad \dots \dots \dots \text{II.78}$$

$$P_{aksial} \leq \frac{Q_D}{SF}$$



dimana:

P_{aksial} = beban aksial yang bekerja pada pile

Q_{ijin} = daya dukung ijin pile

Q_D = daya dukung ultimate pile

SF = faktor keamanan

Dalam perencanaan pondasi untuk struktur jacket, dipilih faktor keamanan (SF = 2,0) yaitu faktor keamanan untuk kondisi lingkungan operasional selama operasi produksi.

Sehingga :

$$Q_{ijin} = \frac{Q_D}{2}$$

BAB III
METODOLOGI PENELITIAN



BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

III.1 UMUM

Pada penulisan tugas akhir ini penulis melakukan analisa desain konfigurasi *brace* pada struktur jacket yang berbeda akibat beban lingkungan sehingga didapatkan tegangan, displacement, umur kelelahan, seismic analysis, dan dimensi pile. Analisa pembebahan dilakukan dengan bantuan software StruCADC versi 3.40. Beban horizontal yang bekerja adalah beban gelombang dari 5 arah gerak gelombang di perairan selat Makasar, beban arus, dan beban angin.

Data-data yang diambil dari PT. Gunanusa Utama Fabrikator yang merupakan rekan bisnis TotalFinaElf Indonesia berupa data gelombang berdasarkan arah gerakannya, data arus, data angin, data seismic, data tanah, design kaki jacket, data lokasi, dan data material yang digunakan.



III.2 PENGUMPULAN DATA

III.2.1 Data Lingkungan (Kondisi Operasional)

Dari hasil observasi yang dilakukan di daerah operasi Peciko didapatkan data-data lingkungan seperti dibawah ini :

- | | |
|---|---------|
| 1. Ketinggian Gelombang (H,meter) | = 4.3 |
| 2. Periode Gelombang (T,detik) | = 8.0 |
| 3. Panjang Gelombang (λ ,meter) | = 100.0 |
| 4. Periode Rata-rata ($T_{average}$,detik) | = 6.0 |
| 5. Periode Puncak Energi (S,detik) | = 8.0 |
| 6. Kedalaman Lautan (d,meter) | = 47.1 |
| 7. Kecepatan Arus (m/detik) | |
| Surface (m/s) | = 1.3 |
| Bottom (m/s) | = 0.8 |
| 8. Kecepatan Angin dari segala arah (m/detik) | = 18 |

III.2.2 Data Seismic

Pada pelaksanaan analisa seismik data yang dibutuhkan adalah sebagai berikut yang didapat dari observasi di daerah operasi Peciko :

- | | |
|--|---------|
| 1. Tipe tanah | : B |
| 2. Effektif ground acceleration terhadap g | : 0,15 |
| 3. Damping ratio | : 3,5 % |



4. CQC dynamic loading

x : 1
y : 1
z : 0.6

III.2.3 Data Tanah

Dari hasil observasi yang dilakukan di daerah operasi Peciko didapatkan data tanah seperti dibawah ini :

Tabel III.1 Data tanah di daerah operasi Peciko

Tipe Tanah	Depth (m)		ϕ (°)	Cu (kPa)		γ' (kN/m³)	Nq
	Top	Bottom		Top	Bottom		
Clay	0	12		2	14	4	
Clay	12	19		14	25	5.5	
Clay	19	25		25	35	5.5	
Clay	25	35		35	50	6.8	
Clay	35	38		50	55	6.8	
Clay	38	41		55	125	9	
Sand	41	48.5	30			9.5	10.9
Clay	48.5	58		100	114	6.6	
Clay	58	62		114	120	8	
Clay	62	66		120	120	10	
Clay	66	83		170	220	8	
Sand/Clay	83	87.2		180	180	8	
Clay	87.2	102		200	255	8.2	
Clay	102	108.6		255	280	7.5	
Clay	108.6	111		280	280	9.5	
Clay	111	121		250	290	7.7	
Clay	121	123.6		280	280	9	
Clay	123.6	140.8		280	340	8.2	

Kondisi pile : Opend End (OE) yang mengacu pada API RP 2A WSD



III.2.4 Data Lokasi Anjungan

1. Nama Platform = Satellite Wellhead Platform – G PHASE – 3
(SWP – G Phase – 3)
2. Blok = Peciko
3. Letak Geografis = Selat Makasar
4. Posisi Lintang = $05^{\circ} - 41' - 74.8''$ S
5. Posisi bujur = $98^{\circ} - 80' - 80.8''$ S
6. Fungsi Utama = Produksi Minyak dan Gas Bumi
7. Tanggal Instalasi = April – Mei 2002
8. Usia Design = 25 tahun
9. Pemilik = TotalFinaElf
10. Kontraktor Design = B O I & Sofresid Engineering Design
11. Jumlah Kaki = 4

III.2.5 Data Material Properties Struktur Jacket

1. Material
Rule's : A. SP STR 211 (TotalFinaElf) = S355JO KT 0,-20
B. API STANDART = API 5 GRADE X52
2. Steel Density (ρ , T/m³) = 7.85
3. Poisson Ratio (ν) = 0.3
4. Elastisitas Modulus (E, MPa) = 205
5. Coef. Of Thermal Expansion (K⁻¹/m) = 12×10^{-6}
6. Thickness Chord (T, mm) = 19.05

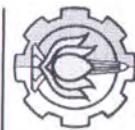


-
- | | |
|--------------------------------------|-------------------------|
| 7. Thickness Diagonal Brace (t,mm) | = 12.7 |
| 8. Thickness Horizontal Brace (t,mm) | = 12.7 |
| 9. Yield Strength (F_y , MPa) | = 355 |
| 10. Material Constant (C) | = 6.9×10^{-12} |
| 11. Material Constant (m) | = 3 |

Dari data diatas didapatkan bahwa baja tipe API 5 GRADE X52 termasuk dalam baja high strength steel tahan karat termasuk dalam campuran Pearlitic – Ferritic. Contoh logam yang termasuk dalam logam ini adalah ASTM36, ASTM 572, ASTM 588 (Z.D. Jastrzebski, 1987).

II.2.6 Data Material Properties Pile

- | | |
|----------------------------------|----------|
| 1. Outside diameter (OD, mm) | = 1524 |
| 2. Thickness (t, mm) | = 22 |
| 3. Weight (kg/m) | = 815 |
| 4. Elastic Modulus (E, Mpa) | = 490,5 |
| 5. Yield Strength (F_y , Mpa) | = 353,16 |



Tabel III.2 Data gelombang berdasarkan 5 arah selama 25 tahun

Paciko - Makassar Strait
(01°05' S - 117°20' E)

Wave Height-Direction Distribution

Frequency of Occurrence of Individual Wave Heights from Given Directions
In Parts Per Thousand

Height H (m)	Period T (s)		Direction (from which)								Total
	Mean	90% Range	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	
0.0-0.5	3.6	2.5-7.3		78.0	110.6	241.3	172.4	110.6			713.7
0.5-1.0	4.8	3.0-8.0		21.2	33.9	83.2	59.4	33.9			231.6
1.0-1.5	5.4	3.5-8.0		3.3	8.2	17.2	12.3	8.2			46.2
1.5-2.0	5.8	4.0-8.5		0.5	1.0	3.2	2.3	1.0			7.0
2.0-2.5	6.2	4.5-8.3		0.1	0.2	0.5	0.4	0.2			1.3
2.5-3.0	6.5	5.0-9.0		0.0	0.0	0.1	0.1	0.0			0.2
3.0-3.5	6.7	5.5-9.0		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0			0.0
3.5-4.0	6.9	5.5-9.0		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0			0.0
4.0-4.5	7.1	5.5-9.0		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0			0.0
4.5-5.0	7.3	6.0-9.5			0.0	0.0	0.0	0.0			0.0
Total				104.0	151.0	345.5	240.8	151.0			1000.0

Number of Occurrence of Individual Wave Heights from Given Directions
For 25 Years

Height H (m)	Period T (s)		Direction (from which)								Total
	Mean	90% Range	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	
0.0-0.5	3.6	2.5-7.5	16 423 575	23 120 793	50 472 128	38 049 083	23 120 791				140 274 370
0.5-1.0	4.8	3.0-8.0	4 434 890	7 095 707	17 369 600	12 422 884	7 095 767				48 442 878
1.0-1.5	5.4	3.5-8.0	700 537	1 203 808	3 587 813	2 589 328	1 293 809				8 455 028
1.5-2.0	5.8	4.0-8.5	97 873	200 015	880 845	471 885	200 015				1 648 213
2.0-2.5	6.2	4.5-8.5	12 853	31 685	114 020	61 341	31 085				271 590
2.5-3.0	6.5	5.0-9.0	1 629	4 508	18 875	13 443	4 500				43 139
3.0-3.5	6.7	5.5-9.0	202	841	3 018	2 143	671				8 045
3.5-4.0	6.9	5.5-9.0	25	85	488	320	85				890
4.0-4.5	7.1	5.5-9.0	3	11	89	48	11				142
4.5-5.0	7.3	6.0-9.5		1	10	7	1				10
Total			21 741 587	31 785 403	72 209 500	51 810 261	31 765 403				209 143 182

PEC KO. ITS Summary



III.3 PEMODELAN STRUKTUR JACKET

Pemodelan struktur jacket Satellite Wellhead Platform – G Phase – 3 dilakukan menggunakan bantuan software StruCAD versi 3.40. Software ini dapat memodelkan struktur dan sekaligus menganalisa struktur yang diinginkan. Dalam analisa statis dapat dilakukan dalam dua modul utama, yaitu :

1. Modul Alpha

Modul Alpha digunakan untuk memasukkan data struktur dan pembebanan secara grafis. Di dalam modul ini pemodelan struktur dapat dilakukan melalui perintah (menu) yang ada dilayar. Langkah awal yang harus dilakukan adalah penetuan joint koordinat sambungan. Setelah itu dalam menentukan joint koordinat sambungan pilih menggunakan kursor atau keyboard. Dengan menggunakan kursor, joint awal dapat dicopy sepanjang jarak dan jumlah tertentu, sedangkan menggunakan keyboard, koordinat yang kita inginkan dapat dimasukkan satu persatu.

Setelah joint-joint yang kita inginkan telah ada, langkah selanjutnya memberikan element atau member antara dua joint. Member ini diberi identitas untuk membedakan posisi member berada.

2. Modul Beta

Modul Beta digunakan untuk memasukkan data struktur dengan menggunakan teks editor. Pada modul Beta ini, pemberian beban yang tidak dapat dilakukan Modul Alpha pada struktur dapat

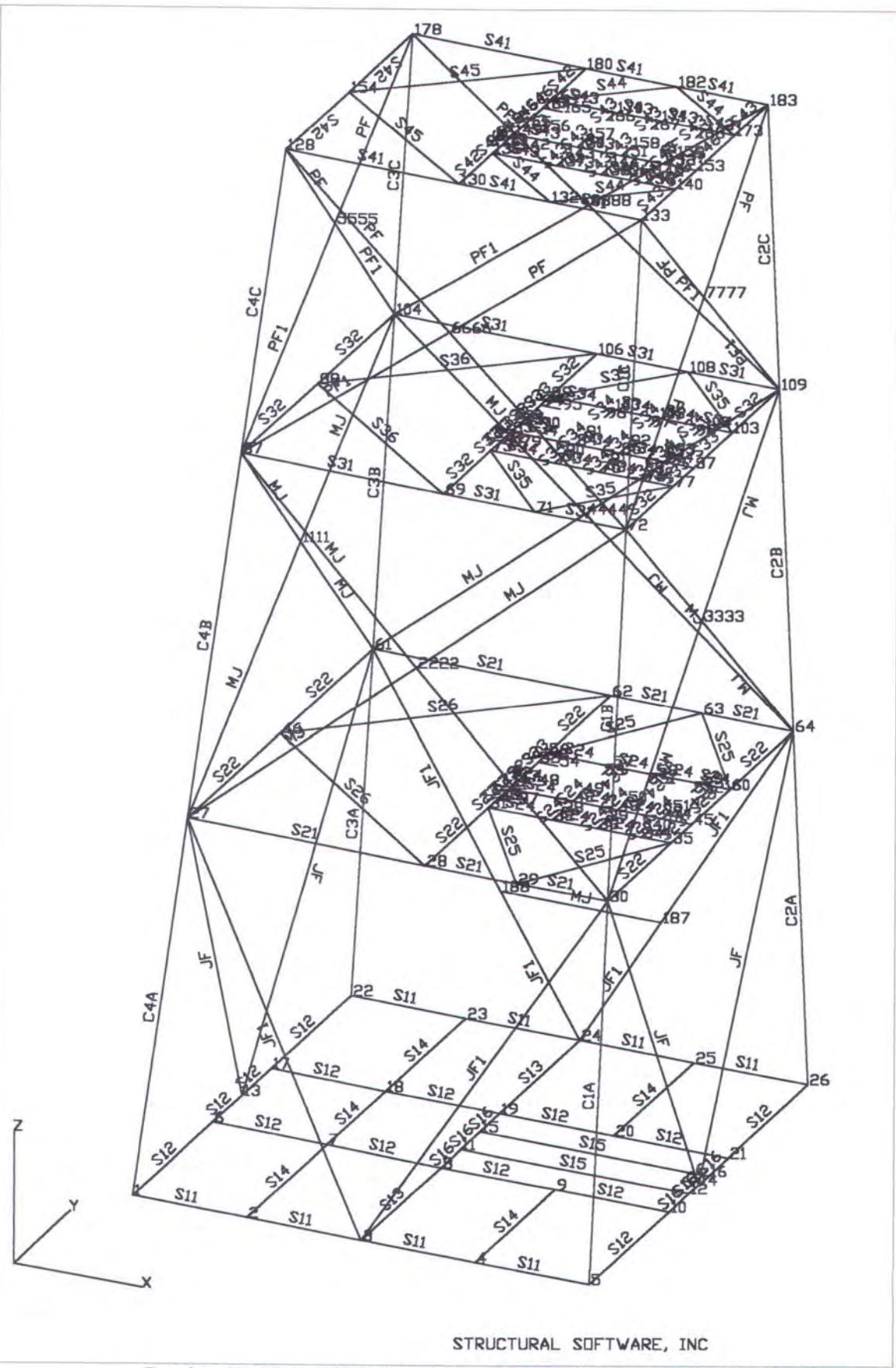


dilakukan. Pemberian material properties sesuai jenis baja yang diinginkan seperti, Modulus Elastisitas (E), Yield Strength (σ_y), ketebalan (t), dan yang lain dapat dilakukan. Kemudian beban yang diterima struktur seperti beban mati (*Dead Weight*), beban hidup (*Live Load*), beban lingkungan (*Environmental Load*) dimasukkan. Selain itu perubahan coefficient tahanan dan inersia serta perubahan akibat efek *marine growth* dapat dimasukkan. Setelah semua inputan dalam modul ini lengkap, running program dapat segera dilakukan.

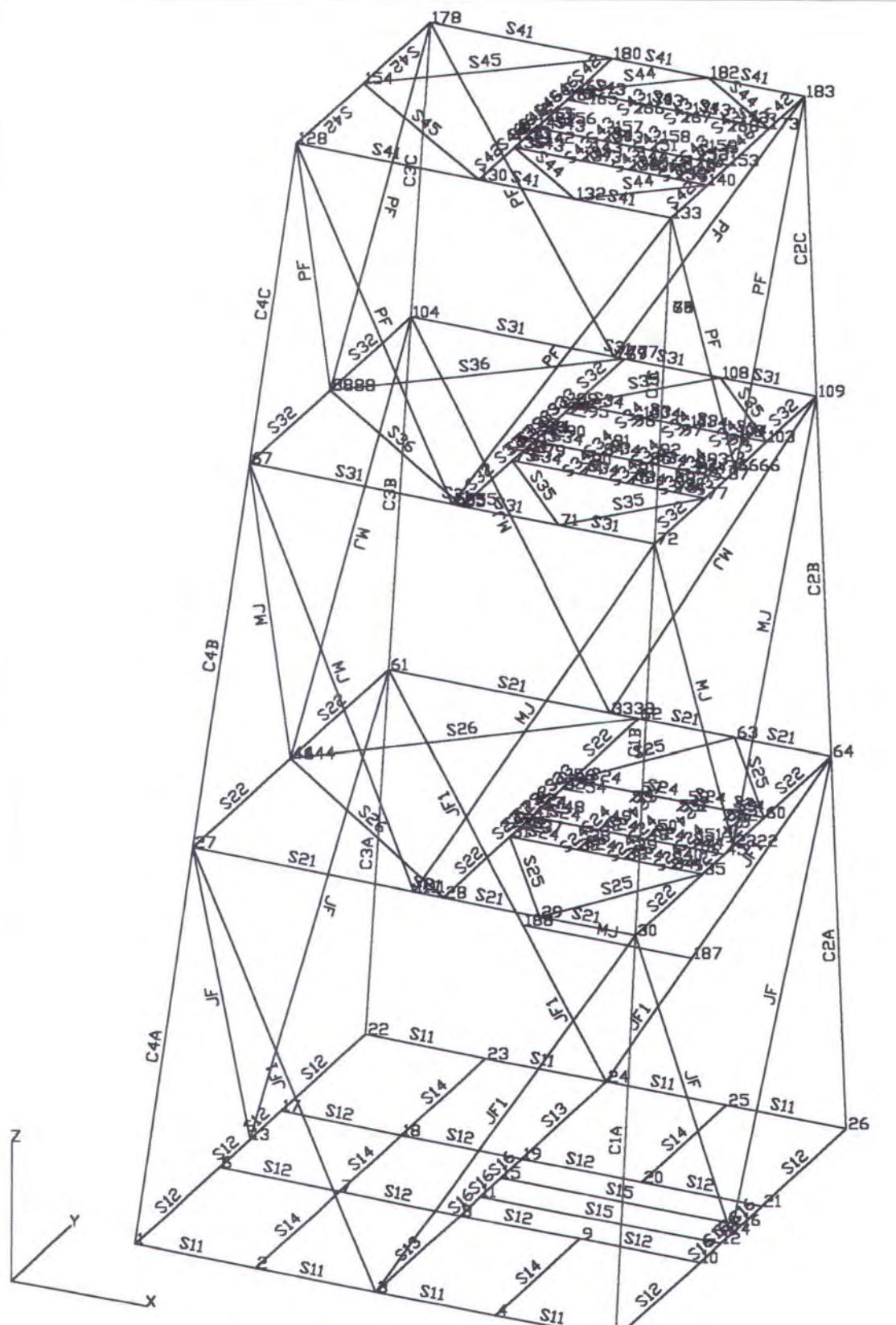
3. Modul Noah (Modul Analisa)

Modul Noah adalah modul yang digunakan untuk mengeksekusi analisa statis, dinamis, ataupun soil interaction dapat dilakukan pada modul ini. Card yang termasuk dalam program ini adalah *PREP, LOAD, SOLVE*, dan *STRESS* yang mana mengecek kesesuaian data, beban yang bekerja, member force, model defleksi, mode shape, stress check steel dan/atau concrete terhadap code perancangan yang digunakan.

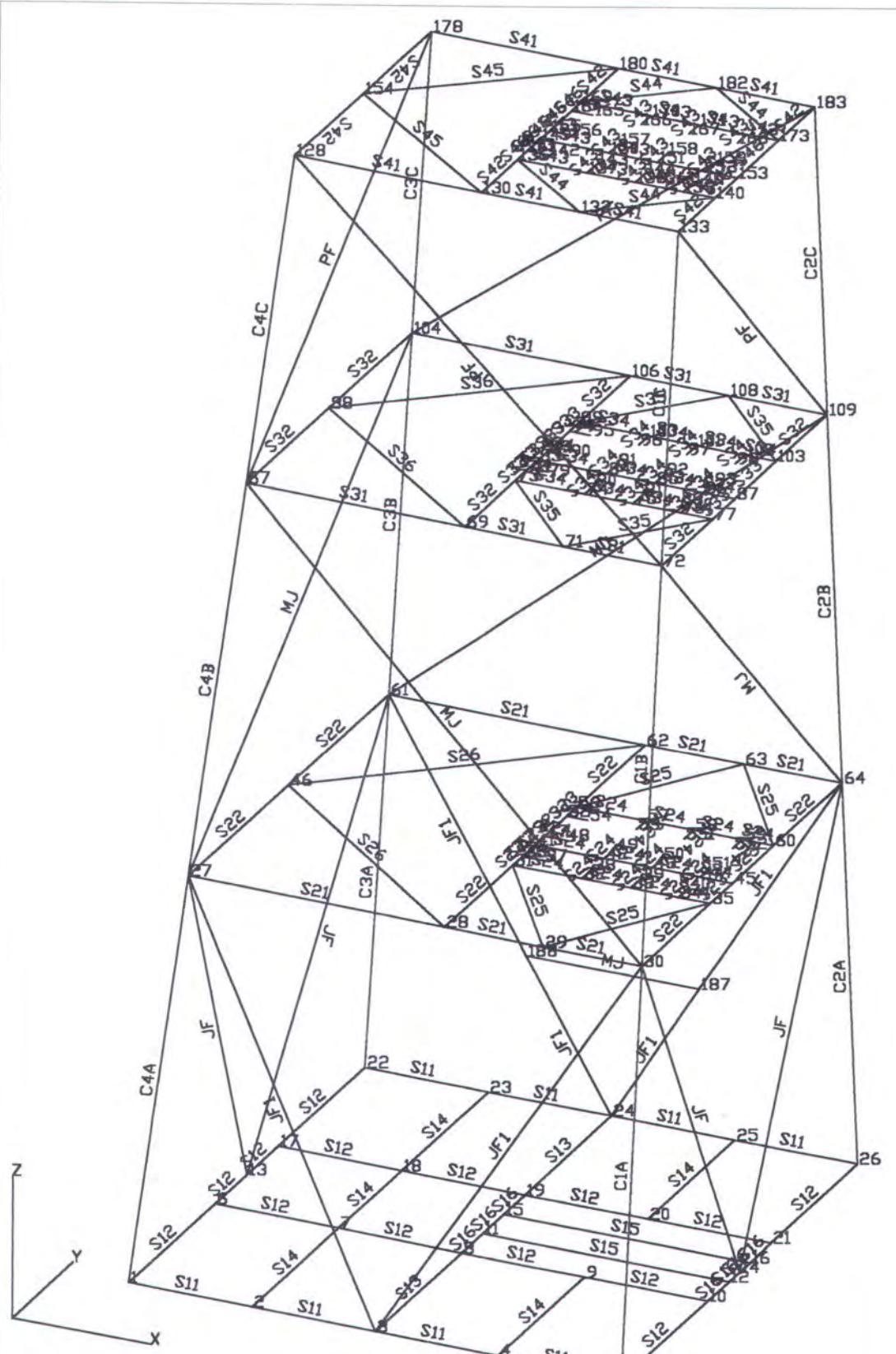
Seperti dari hasil running program (analisa statis) yang telah dilakukan dengan bantuan software ini, maka didapat output yang diinginkan seperti gaya, moment, tegangan axial, in-plane bending, out-plane bending, periode natural. Out put inilah yang kemudian digunakan dalam analisa fatigue, analisa seismic, dan penentuan dimensi pile jacket.



Gambar III.1 Model struktur jacket dengan konfigurasi brace tipe X.



Gambar III.2 Model struktur jacket dengan konfigurasi brace tipe K.



Gambar III.3 Model struktur jacket dengan konfigurasi brace tipe N.



III.4 PEMBEBANAN PADA JACKET SWP – G PHASE – 3

III.4.1 Dead Weight (Jacket SWP – G Phase – 3)

Dalam perhitungan berat jacket SWP – G Phase – 3, pendekatannya berdasarkan pada perhitungan yang ada di “Structural Design Brief”. Hasil perhitungan tersebut digunakan sebagai dasar perencanaan beban mati (dead weight) pada struktur jacket yang dihasilkan dari perhitungan komputer hasil dari perhitungan berat jenis baja. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada tabel dibawah ini :

Tabel III.3 Dead Weight (Jacket SWP – G Phase – 3)

No.	Description	Weight in Tonnes
1	Dead Weight Modelled with Anodes	647.7
2	Levelling & Vertical Lifting Eyes	4
3	Diaphgrams	2
4	Grating Level A	8.964
5	Grating Boat Landing Support	2
6	Hor Lifting eyes (4 x 1 Ton)	4
7	Spacers	3.487
8	Ring Stiffeners	0.88
9	Mut – Mats	42.7
10	CP Cones	3.609
11	Existing Riser Clamp	1.14
12	Telescopic Fender PAULSTRA (3.75 x 1.44)	5.19
13	Woorking Table	15
14	Sling of Vertical Plate	4
15	Top Closure Plate	2.176
16	Trasport Riser Clamp	0.38
TOTAL		747.226



III.4.2 Beban Deck Dan Equipment

Perhitungan beban deck dan equipment berdasarkan dari data perancangan struktur Deck SEAREX (1604 Ton) yang terbagi menjadi 5 bagian, yaitu seperti tabel dibawah ini :

Tabel III.4 Berat peralatan (Deck dan Equipment Load)

BERAT DECK DAN PERALATAN SWP – G PHASE – 3 (Metric Ton)							
No	Nama Deck	Parameter	Equipment	Piping	Structure	Electrical	TOTAL
1.	Top of Jacket Walkway Elevasi (+) 4.754 TOS	Dry	14.55	0	0	0.85	15.4
		Operation	18.35	0	0	0.85	19.2
		Test	41.15	0	0	0.85	42
2.	Sump/SDV Deck Elevasi (+) 8.10 TOS	Dry	0	289	57	0	346
		Operation	0	343	57	0	400
		Test	0	349	57	0	406
3.	Lower Deck Elevasi (+) 11.7 TOS	Dry	60.84	140	473	1.98	675.82
		Operation	94.31	146	473	1.98	715.29
		Test	154.58	175	473	1.98	804.56
4.	Mezzanine Deck Elevasi (+) 14.7 TOS	Dry	4.5	94	77	2.7	178.2
		Operation	15.8	97.5	77	2.7	193
		Test	17.5	107	77	2.7	204.2
5.	Upper Deck Elevasi (+) 19.158 TOS Elevasi (+) 19.200 TOS (SKID BEAM)	Dry	34.7	42	240	318.7	635.4
		Operation	50.8	45.1	240	337.9	673.8
		Test	56.6	77.3	240	375.9	749.8

Dari perhitungan didalam “Structural Design Basic – pedoman pada deck SEAREX” didapat total beban deck dan equipment untuk jacket SWP – G Phase – 3 adalah : 1663.9 Ton



III.4.3 Beban Hidup Deck

Perhitungan beban hidup deck berdasarkan dari data perancangan struktur Deck SEAREX (1604 Ton) yang terbagi menjadi 5 bagian, yaitu seperti tabel dibawah ini :

Tabel III.5 Beban Hidup (Live Load)

LIVE LOAD DECK SWP – G PHASE – 3 (Metric Ton)					
No.	Spec. Deck	Elevation	Luasan (m ²)	Legend	Total (Ton)
1.	Upper Deck	19.2 (TOS)	472.4619	1	47.2462
		19.158 (TOS)	3.75	2	0.1125
			173.6069	3	17.3607
				Total	64.7194
2.	Mezzanine Deck	14.7 (TOS)	323.394	1	16.1697
			16	2	0.48
				Total	16.6497
3.	Lower Deck	11.7 (TOS)	587.8656	1	58.7856
			8	2	0.4
			4	3	0.12
				Total	59.3065
4.	SUMP / SDV Deck	8.1 (TOS)	328.7817	1	32.8782
			4	2	0.2
			4	3	0.12
				Total	33.1982
5.	Top of jacket Walkway	4.754 (TOS)	82.5691	1	8.2569
6.	Berat Crane (Upper deck – 19.2 TOS)				29.6
				Berat Total	211.7307

Dari data diatas didapat beban vertikal (beban mati (deck + peralatan) + beban hidup) dengan jumlah total :

1. Beban mati (deck + peralatan) + Beban hidup (SEAREX) = 1812.7 Ton
2. Beban mati (deck + peralatan) + beban hidup (Data) = 1875.6 Ton

Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada lampiran gambar.



III.5 ANALISA BEBAN GELOMBANG, BEBAN ARUS, BEBAN ANGIN, DISPLACEMENT, DAN TEGANGAN

1. Perhitungan Beban Gelombang

1. Penentuan teori gelombang yang sesuai dengan kondisi perairan dimana struktur jacket tersebut akan dioperasikan dengan menggunakan *Region Of Validity*.

Data perairan untuk daerah operasi Peciko, perairan Selat Makasar dapat diketahui :

$$\frac{H}{gT^2} = \frac{4.3}{9.81 \times 8^2} = 6.84 \times 10^{-3}$$

$$\frac{d}{gT^2} = \frac{47.1}{9.81 \times 8^2} = 7.5 \times 10^{-2}$$

Berdasarkan diagram *Region Of Validity* (gambar II.6) maka teori yang digunakan adalah teori Stoke Orde 5.

2. Gelombang bergerak dari 5 arah menuju ke struktur Jacket SWP –G Phase – 3 diperairan Selat Makasar. (Gambar III.4)
3. Perhitungan beban gelombang (gaya per satuan panjang) pada permukaan air laut berdasarkan teori Morisson baik pada silinder tegak maupun pada silinder miring.



2. Perhitungan Beban Arus

Perhitungan beban arus tergantung pada kecepatan horizontal partikel kwadrat dan menyebabkan kecepatan arus menurun perlahan sesuai dengan kedalaman laut dimana kecepatan arus harus ditambahkan secara vektorial ke kecepatan horizontal partikel air. Perhitungan beban arus dengan cara memasukkan besar kecepatan arus yang terjadi pada kondisi *bottom* dan *surface* berdasarkan arah dari kecepatan arus yang menimpa struktur jacket yang dieksekusi dengan program StruCAD versi 3.40 melalui modul Beta.

3. Perhitungan Beban Angin

Beban angin merupakan beban yang menimpa struktur deck yang tergantung pada besar kecepatan angin pada ketinggian tertentu dan luasan deck (lihat lampiran). Untuk menentukan besarnya kecepatan angin pada ketinggian yang berbeda dipakai persamaan II.26 dan gaya angin dipakai persamaan II.27 yang dieksekusi dengan program StruCAD versi 3.40 melalui modul Beta.

4. Perhitungan Displacement

Setelah mendapat beban gelombang berdasarkan teori Morison, beban arus, beban angin, dan beban gempa (*seismic*) kemudian memasukkan beban lingkungan tersebut pada elemen struktur yang telah dieksekusi dengan program StruCAD versi 3.40 untuk mendapatkan *displacement*.

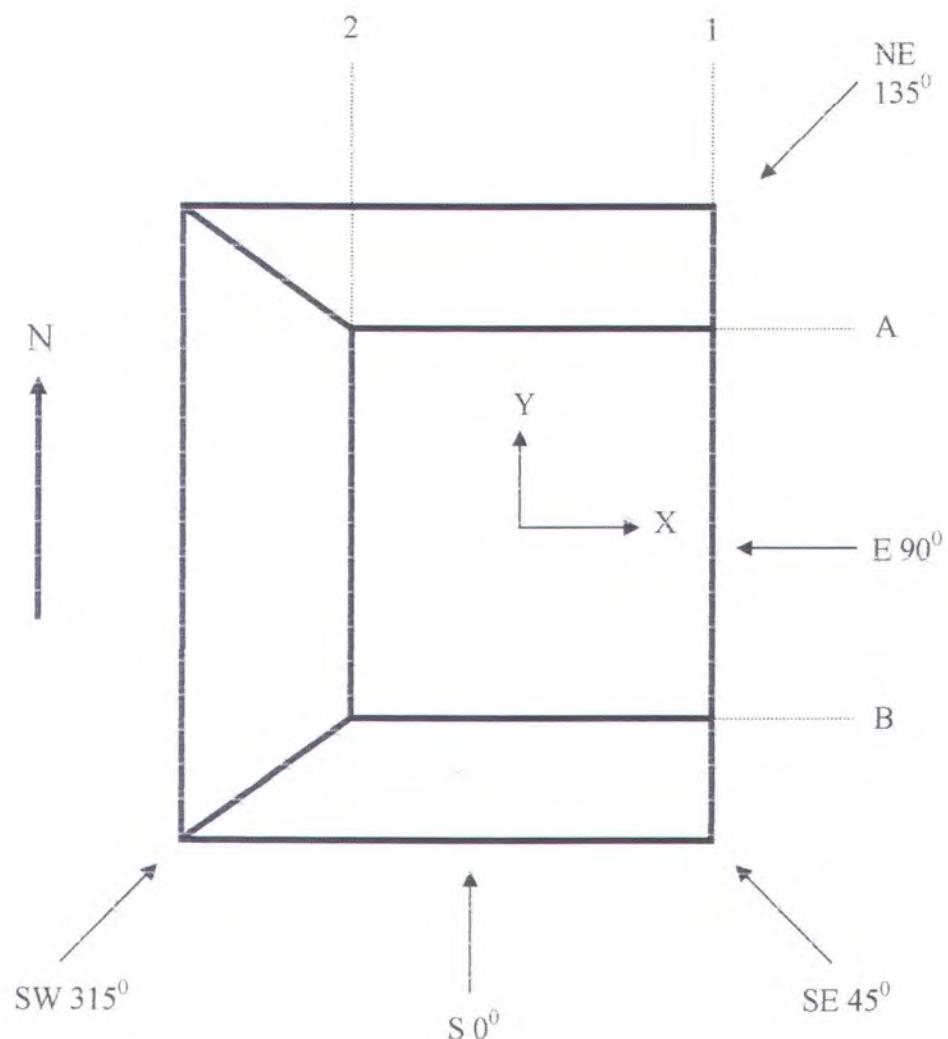


5. Perhitungan Tegangan

Perhitungan tegangan pada joint kritis pada suatu member yang memiliki tegangan maksimum, meliputi :

1. Tegangan Nominal (*Nominal Stress*)
2. Tegangan akibat Beban Aksial (*Axial Stress*)
3. Tegangan akibat beban In-Plane Bending (*In-Plane Bending Stress*)
4. Tegangan akibat beban Out-Plane Bending (*Out-Plane Bending Stress*)
5. Tegangan Hot Spot (*Hot Spot Stress*)

Perhitungan tegangan (nominal, aksial, in-plane bending, dan out-plane bending) yang bekerja pada struktur jacket telah dieksekusi dengan menggunakan perangkat lunak (software StruCAD versi 3.40). Sedangkan untuk perhitungan tegangan Hot Spot menggunakan software Excel.



Gambar III.4 Lima (5) arah gerakan gelombang air laut



III.6 ANALISA KELEHAN DENGAN MENGGUNAKAN HOT SPOT STRESS

Setelah tegangan didapatkan dari hasil analisa tegangan, maka langkah selanjutnya adalah menghitung umur kelelahan dari struktur jacket. Adapun langkah-langkah yang perlu dilakukan adalah sebagai berikut :

1. Perhitungan *Stress Concentration Factor* (SCF) yang dibedakan menurut : konfigurasi joint (T,K,TK,Y,X), posisi chord dan brace, dan pembebangan : axial, IPB (*In Plane Bending*), OPB (*Out Of Plane Bending*)
2. Perhitungan Hot Spot Stress (HSS) = (Nominal Stress). (SCF)
3. Perhitungan umur kelelahan struktur dengan persamaan berikut :

$$\text{Fatigue Life} = \frac{1}{D}$$

$$D = \sum_i^k n_i/N_I$$

Dimana :

n_I = jumlah cycle kolom interval rentangan tegangan I dari rentangan distribusi tegangan jangka panjang

N_I = jumlah cycle untuk gagal pada perhitungan tegangan yang sama, didapatkan dari S – N diagram.

S-N untuk tubular joint dengan material yang umum dipakai untuk offshore structure.

$$\log S = 2,571 - 0,242 (\log N - 4)$$

K = total dari interval-interval rentangan tegangan

D = Rasio kerusakan kumulatif (metode Palmgren-Miner)



III.7 ANALISA SEISMIC

Dalam analisa dinamis akibat pengaruh gempa ini tergantung pada faktor-faktor :

- Natural frekuensi dari struktur
- Redaman kritis dari struktur
- Tipe dan lapisan tanah

Pada pembebanan tahapan pertama yaitu berat deck dan berat struktur jacket itu sendiri dijadikan satu kesatuan beban.

1. Menentukan tipe tanah :

1. Tipe A

Rock artinya memiliki gaya geser sekitar 3000 ft/sc atau 914 m/sc

2. Tipe B

Shallow strong aluvium, Compliant sand, Sillis, clay dengan gaya geser 1500 Psi.

3. Deep Strong aluvium

Pasir, sillis, clay yang mempunyai ketebalan sekitar 200 ft atau 61 m.

2. Setelah mengetahui tipe tanah yang dipakai maka dapat dihitung spectral velocity, spectral displacement, spectral acceleration dengan melihat gambar respon spectra yaitu perbandingan antara efektif ground acceleration (G) dan periode dimana :

$S_A = \text{Spectral Acceleration}$

$S_V = T / 2\pi = \text{Spectral Velocity}$

$S_D = T^2 / 4\pi^2 = \text{Spectral Displacement}$



Dengan mengetahui respon spektrum maka dapat diketahui gerakan tanah untuk memperoleh respon dari konstruksi. Respon ini kemudian dianalisa dengan modal analisis.

3. Modal analisis membutuhkan dinamik property, dinamik property itu terdiri dari:
 1. Massa konstruksi termasuk struktur deck dan berat struktur itu sendiri.
 2. Damping Ratio untuk tipe tanah
 3. Damping struktur
 4. Shape function, dengan adanya shape function kita dapat menghitung eigen value.
 5. CQC (Complete Quadratic Combination), dengan adanya CQC kita dapat mengetahui respon analisis dari modal respon untuk menghitung desain respon.
 6. Kemudian akan diketahui besarnya frekuensi natural yang digunakan untuk menghitung besarnya defleksi.
 7. Kemudian akan dihitung besarnya gaya-gaya pada batang.
 8. Akan diketahui tegangan/stress pada batang
 9. Kemudian ketemu unity check yang digunakan mengecek apakah struktur tersebut kuat apa tidak.

Dimana unity check = stress nominal / stress ijin ≤ 1 .



III.8 ANALISA PONDASI STRUKTUR JACKET

Jenis pondasi yang digunakan pada struktur jacket ini adalah pondasi tiang pancang dan dalam kondisi *Open-End* (OE). Tiang pancang harus direncanakan dan didesain agar mampu menahan beban axial, beban moment dan beban lateral. Untuk menentukan pondasi tiang pancang yang akan digunakan dalam menopang struktur jacket beserta decknya, maka akan ditentukan daya dukung tanahnya berdasarkan data tanah. Diasumsikan diameter pile yang dipakai lebih kecil diameter dalam kaki jacket. Yang kemudian dihitung pile penetration, dalam perencanaan pile penetration, harus cukup untuk memberikan daya dukung yang sesuai untuk menahan beban dukung aksial maksimum dan beban pullout dengan faktor keamanan yang mengacu pada API RP 2A WSD, 1993.

BAB IV
HASIL ANALISA DAN PEMBAHASAN



BAB IV

HASIL ANALISA DAN PEMBAHASAN

IV.1 UMUM

Dalam bab ini akan dilakukan analisa terhadap besar respon displacement dan tegangan yang paling maksimal pada sebagian joint dan element dari setiap model struktur jacket yang berada di lokasi kedalaman yang sama, sehingga dapat disimpulkan disain peletakan *brace* yang memiliki kekuatan dan kekakuan yang baik terhadap pengaruh gaya gelombang, gaya arus, gaya angin , dan gaya gempa.

Dari hasil beban, tegangan dan defleksi kemudian ditentukan joint yang memiliki tegangan paling maksimal yang kemudian dilakukan analisa kelelahan terhadap struktur jacket dengan menggunakan teori *Hot Spot Stress*. Dalam penulisan tugas akhir ini, analisa yang dilakukan pada struktur jacket terfokus pada sambungan TK pada struktur jacket dengan konfigurasi brace tipe X dan sambungan TY pada struktur jacket dengan konfigurasi brace tipe N dan K adalah dengan menggunakan analisa rangka (*frame analysis*) yang menghasilkan beban tegangan yang terjadi pada tiap-tiap sambungan tubular joint.

Dari hasil beban axial, beban moment, beban lateral yang terjadi pada struktur jacket dengan konfigurasi brace tipe X, K, dan N maka akan



direncanakan dan di desain pondasi jenis tiang pancang yang perhitungan analisa pondasi dengan menggunakan metode API RP 2A.

IV.2 HASIL ANALISA

Dalam pemodelan struktur, analisa statis, dan analisa seismik dilakukan dengan menggunakan bantuan software StruCAD versi 3.40 sehingga dapat ditentukan joint kritis pada member yang memiliki tegangan dan displacement maksimal. Perhitungan umur kelelahan, dan desain pile jacket dilakukan dengan menggunakan bantuan software Excel. Untuk lebih jelasnya, mengenai perhitungan yang lebih detail dapat dilihat pada lampiran.

IV.2.1 HASIL ANALISA STATIS

IV.2.1.1 ANALISA TEGANGAN

Dari hasil analisa tegangan yang didapat dari running program StruCAD versi 3.40 berupa tegangan axial, in-plane bending dan out-plane bending, geser dan tegangan kombinasi. Tegangan tersebut berupa tegangan nominal maksimal yang terdapat pada member 5 – 30 C1A untuk jacket dengan konfigurasi brace tipe X, member 173 – 183 S42 untuk jacket dengan konfigurasi brace tipe K, member 67 – 30 MJ untuk jacket dengan konfigurasi brace tipe N.



Tabel IV.1 Tegangan maksimum analisa statis

TIPE BRACE	MEMBER	AXIAL STRESS (N/MM ²)	BENDING STRESS (N/MM ²)		SHEAR STRESS (N/MM ²)	ARAH GEL.
			Y	Z		
X	5 – 30 C1A	-78.31	-4.07	-12.48	1.42	SW 315 ⁰
K	173 – 183 S42	-25.93	144.73	11.95	16.94	E 90 ⁰
N	67 – 30 MJ	-24.10	27.53	-1.38	1.47	S 0 ⁰

IV.2.1.2 ANALISA DISPLACEMENT PADA MODEL STRUKTUR JACKET DALAM KORDINAT GLOBAL

Dari hasil analisa displacement yang didapat dari running program StruCAD versi 3.40 berupa defleksi dan rotasi yang terjadi pada joint dari struktur jacket. Dari hasil perhitungan program StruCAD terlihat bahwa pada elemen-elemen *chord* model struktur jacket dalam arah sumbu Z, mempunyai harga yang negatif, hasil ini sesuai dengan arah percepatan gravitasi bumi (gaya berat) yang menyebabkan displacement tersebut.

Seperti yang dapat diamati juga dari ringkasan hasil perhitungan StruCAD, displacement yang terjadi pada elemen chord model struktur jacket dalam arah sumbu Y koordinat global, jauh lebih besar dibanding displacement model struktur pada arah X dan Z. Displacement struktur dalam arah sumbu Y koordinat global ini sesuai dengan arah rambat gelombang.



Tabel IV.2 Displacement maksimum analisis statis

TIPE BRACE	DEFLECTION (CM)			ROTATION (RAD)		
	X	Y	Z	X	Y	Z
BRACE X	1.837	1.323	-6.259	-0,0036	-0,0039	0,000336
BRACE K	11.85	12.874	-5.290	-0,0050	-0,0058	-0,00283
BRACE N	2.678	1.391	-6.292	-0,0037	-0,0039	-0,00113

IV.2.1.3 KRITERIA TEGANGAN IZIN TUBULAR BRACE X (API RP 2A – WSD, 1993)

A. Tegangan Tarik Aksial (*Axial Tension*)

Tegangan tarik ijin F_t , dirumuskan :

$$F_t = 0.6 F_y$$

$$= 213 \text{ Mpa}$$

B. Tegangan Tekan Aksial (*Axial Compression*)

Tegangan tekan yang diijinkan adalah , F_a ,

Untuk $D/t \leq 60$, dimana $D = 1676,4 \text{ mm}$; $t = 19,05 \text{ mm}$

$$F_a = \frac{12\pi^2 E}{23(Kl/r)^2} \text{ untuk } Kl/r \geq C_c$$

$$C_c = \left[\frac{2\pi^2 E}{F_y} \right]^{1/2}, \text{ dimana } C_c = 3,3745 \text{ dan } Kl/r = 31,9$$

$$F_a = 1,0363 \text{ Mpa}$$



C. Tegangan Tekuk (*bending*)

Tegangan bending ijin, F_b dinyatakan :

$$F_b = \left[0.72 - 0.58 \frac{F_y D}{E t} \right] F_y, \text{ untuk } \frac{3000}{F_y} < \frac{D}{t} \leq 300$$

$$F_b = -31121,5512 \text{ Mpa}$$

D. Tegangan Geser

Sedangkan tegangan geser pada beam yang dijinkan adalah :

$$f_v = 0.4 F_y$$

$$f_v = 142 \text{ Mpa}$$

E. Tegangan Geser Torsional

Sedangkan tegangan geser torsional yang dijinkan adalah :

$$f_v = 0.4 F_y$$

$$f_v = 142 \text{ Mpa}$$

IV.2.1.4 UNITY CHECK TEGANGAN IZIN TUBULAR BRACE X

(API RP 2A – WSD, 1993)

A. Tegangan Majemuk Tekan Aksial dan Bending

$$\frac{f_a}{0.6 F_y} + \frac{\sqrt{f_{bx}^2 + f_{by}^2}}{F_b} \leq 1.0$$

$$0,4237 \leq 1.0$$



B. Tegangan Majemuk Tarik Axial dan Bending

Tension and Bending :

$$\frac{f_a}{0.6F_y} + \frac{f_b}{F_b} = \text{unity check}$$

$$0,4237 = \text{unity check}$$

compressive bending :

$$\frac{f_b}{F_b} = \text{unity check}$$

$$0,0560 = \text{unity check}$$

C. Shear Unity Check

$$\frac{f_v}{F_v} = \text{Unity check}$$

$$0,0100 = \text{unity check}$$

IV.2.1.5 KEKUATAN SAMBUNGAN TUBULAR BRACE X (API RP

2A – WSD, 1993)

A. Punching Shear

$$V_{pa} = Qq \cdot Qf \cdot \frac{F_{yc}}{0,6\gamma}$$

1.) V_{pa} untuk beban tarik dan tekan aksial :

$$Qq = \left(1,1 + \frac{0,2}{\beta} \right)$$

$$= 1,76$$



$$Q_f = 1,0 - \lambda \cdot \gamma \cdot A^2 \quad \text{dimana } \lambda = 0,030$$

$$A = \frac{\sqrt{\sigma_{AX}^2 + \sigma_{IPB}^2 + \sigma_{OPB}^2}}{0,6 \cdot Fyc}$$

$$A = 0,3728$$

$$Qf = 0,8166$$

$$Vpa = 19,3254 \text{ Mpa}$$

2.) Vpa untuk beban IPB :

$$Qq = \left(3,72 + \frac{0,67}{\beta} \right)$$

$$= 5,93$$

$$Q_f = 1,0 - \lambda \cdot \gamma \cdot A^2 \quad \text{dimana } \lambda = 0,045$$

$$A = \frac{\sqrt{\sigma_{AX}^2 + \sigma_{IPB}^2 + \sigma_{OPB}^2}}{0,6 \cdot Fyc}$$

$$Qf = 0,7248$$

$$Vpa = 57,8094 \text{ Mpa}$$

3.) Vpa untuk beban OPB :

$$Qq = \left(1,37 + \frac{0,67}{\beta} \right) Q_\beta ; \quad Q_\beta = 1,0 \text{ jika } \beta \leq 0,6$$

$$= 3,58$$

$$Q_f = 1,0 - \lambda \cdot \gamma \cdot A^2 \quad \text{dimana } \lambda = 0,021$$

$$A = \frac{\sqrt{\sigma_{AX}^2 + \sigma_{IPB}^2 + \sigma_{OPB}^2}}{0,6 \cdot Fyc}$$



$$Q_f = 0,8716$$

$$V_{pa} = 41,9704 \text{ Mpa}$$

B. Kombinasi Tegangan Aksial dan Bending :

$$\left(\frac{V_p}{V_{pa}} \right)_{IPB}^2 + \left(\frac{V_p}{V_{pa}} \right)_{OPB}^2 \leq 1,0$$

$$V_p = \tau \cdot \sigma \cdot \sin \theta$$

$$= 2,6985 \text{ untuk IPB}$$

$$= 8,2744 \text{ untuk OPB}$$

$$0,0410 \leq 1,0$$

IV.2.1.6 KRITERIA TEGANGAN IZIN TUBULAR BRACE K (API RP 2A – WSD, 1993)

A. Tegangan Tarik Aksial (*Axial Tension*)

Tegangan tarik ijin F_t , dirumuskan :

$$F_t = 0.6 F_y$$

$$= 213 \text{ Mpa}$$

B. Tegangan Tekan Aksial (*Axial Compression*)

Tegangan tekan yang diijinkan adalah , F_a ,

Untuk $D/t \leq 60$, dimana $D = 508 \text{ mm}$; $t = 12,7 \text{ mm}$

$$F_a = \frac{12\pi^2 E}{23(KI/r)^2} \text{ untuk } Kl/r \geq C_c$$



$$Cc = \left[\frac{2\pi^2 E}{F_y} \right]^{1/2}, \text{ dimana } Cc = 3,3745 \text{ dan } Kl/r = 21,6$$

$$Fa = 2,2603 \text{ Mpa}$$

C. Tegangan Tekuk (*bending*)

Tegangan bending ijin, F_b dinyatakan :

$$F_b = \left[0.72 - 0.58 \frac{F_y D}{E t} \right] F_y, \text{ untuk } \frac{3000}{F_y} < \frac{D}{t} \leq 300$$

$$Fb = -14006,7415 \text{ Mpa}$$

D. Tegangan Geser

Sedangkan tegangan geser pada beam yang dijinkan adalah :

$$f_v = 0.4F_y$$

$$fv = 142 \text{ Mpa}$$

E. Tegangan Geser Torsional

Sedangkan tegangan geser torsional yang dijinkan adalah :

$$f_v = 0.4F_y$$

$$fv = 142 \text{ Mpa}$$

IV.2.1.7 UNITY CHECK TEGANGAN IZIN TUBULAR BRACE K

(API RP 2A – WSD, 1993)

A. Tegangan Majemuk Tekan Aksial dan Bending

$$\frac{fa}{0.6F_y} + \frac{\sqrt{fbx^2 + fby^2}}{Fb} \leq 1.0$$

$$0,7416 \leq 1.0$$



B. Tegangan Majemuk Tarik Axial dan Bending

Tension and Bending :

$$\frac{f_a}{0,6F_y} + \frac{f_b}{F_b} = \text{unity check}$$

$$0,7416 = \text{unity check}$$

compressive bending :

$$\frac{f_b}{F_b} = \text{unity check}$$

$$0,6198 = \text{unity check}$$

C. Shear Unity Check

$$\frac{f_v}{F_v} = \text{Unity check}$$

$$0,1193 = \text{unity check}$$

IV.2.1.8 KEKUATAN SAMBUNGAN TUBULAR BRACE K (API RP

2A – WSD, 1993)

A. Punching Shear

$$V_{pa} = Qq \cdot Q_f \cdot \frac{F_{yc}}{0,6\gamma}$$

1.) V_{pa} untuk beban tarik dan tekan aksial :

$$Qq = \left(1,1 + \frac{0,2}{\beta} \right)$$

$$= 1,76$$

$$Q_f = 1,0 - \lambda \cdot \gamma \cdot A^2$$



dimana $\lambda = 0,030$

$$A = \frac{\sqrt{\sigma_{AX}^2 + \sigma_{IPB}^2 + \sigma_{OPB}^2}}{0,6 \text{ Fyc}}$$

$$A = 0,3476$$

$$Q_f = 0,8405$$

$$Vpa = 19,8919 \text{ Mpa}$$

2.) Vpa untuk beban IPB :

$$Qq = \left(3,72 + \frac{0,67}{\beta} \right)$$

$$= 5,93$$

$$Q_f = 1,0 - \lambda \cdot \gamma \cdot A^2 \quad \text{dimana } \lambda = 0,045$$

$$A = \frac{\sqrt{\sigma_{AX}^2 + \sigma_{IPB}^2 + \sigma_{OPB}^2}}{0,6 \text{ Fyc}}$$

$$Qf = 0,7608$$

$$Vpa = 60,6732 \text{ Mpa}$$

3.) Vpa untuk beban OPB :

$$Qq = \left(1,37 + \frac{0,67}{\beta} \right) Q_\beta ; \quad Q_\beta = 1,0 \text{ jika } \beta \leq 0,6$$

$$= 3,58$$

$$Q_f = 1,0 - \lambda \cdot \gamma \cdot A^2 \quad \text{dimana } \lambda = 0,021$$

$$A = \frac{\sqrt{\sigma_{AX}^2 + \sigma_{IPB}^2 + \sigma_{OPB}^2}}{0,6 \text{ Fyc}}$$



$$Qf = 0,8884$$

$$Vpa = 42,7774 \text{ Mpa}$$

B. Kombinasi Tegangan Aksial dan Bending :

$$\left(\frac{Vp}{Vpa} \right)_{IPB}^2 + \left(\frac{Vp}{Vpa} \right)_{OPB}^2 \leq 1,0$$

$$Vp = \tau \cdot \sigma \cdot \sin \theta$$

$$= 10,8668 \text{ untuk IPB}$$

$$= 28,4765 \text{ untuk OPB}$$

$$0,4752 \leq 1,0$$

IV.2.1.9 KRITERIA TEGANGAN IZIN TUBULAR BRACE N (API RP 2A – WSD, 1993)

A. Tegangan Tarik Aksial (*Axial Tension*)

Tegangan tarik ijin F_t , dirumuskan :

$$F_t = 0.6 F_y$$

$$= 213 \text{ Mpa}$$

B. Tegangan Tekan Aksial (*Axial Compression*)

Tegangan tekan yang dijinkan adalah , F_a ,

Untuk $D/t \leq 60$, dimana $D = 508 \text{ mm}$; $t = 25,4 \text{ mm}$

$$F_a = \frac{12\pi^2 E}{23(Kl/r)^2} \text{ untuk } Kl/r \geq C_c$$



$$Cc = \left[\frac{2\pi^2 E}{F_y} \right]^{1/2}, \text{ dimana } Cc = 3,3745 \text{ dan } Kl/r = 156,6$$

$$Fa = 0,0430 \text{ Mpa}$$

C. Tegangan Tekuk (*bending*)

Tegangan bending ijin, F_b dinyatakan :

$$F_b = \left[0.72 - 0.58 \frac{F_y D}{E t} \right] F_y, \text{ untuk } \frac{3000}{F_y} < \frac{D}{t} \leq 300$$

$$F_b = -6875,5707 \text{ Mpa}$$

D. Tegangan Geser

Sedangkan tegangan geser pada beam yang dijinkan adalah :

$$f_v = 0.4 F_y$$

$$f_v = 142 \text{ Mpa}$$

E. Tegangan Geser Torsional

Sedangkan tegangan geser torsional yang dijinkan adalah :

$$f_v = 0.4 F_y$$

$$f_v = 142 \text{ Mpa}$$

**IV.2.1.10 UNITY CHECK TEGANGAN IZIN TUBULAR BRACE N
(API RP 2A – WSD, 1993)**

A. Tegangan Majemuk Tekan Aksial dan Bending

$$\frac{fa}{0.6F_y} + \frac{\sqrt{fbx^2 + fby^2}}{F_b} \leq 1.0$$

$$0,2308 \leq 1.0$$



B. Tegangan Majemuk Tarik Axial dan Bending

Tension and Bending :

$$\frac{f_a}{0,6F_y} + \frac{f_b}{F_b} = \text{unity check}$$

$$0,2308 = \text{unity check}$$

compressive bending :

$$\frac{f_b}{F_b} = \text{unity check}$$

$$0,1176 = \text{unity check}$$

C. Shear Unity Check

$$\frac{f_v}{F_v} = \text{Unity check}$$

$$0,0104 = \text{unity check}$$

IV.2.1.11 KEKUATAN SAMBUNGAN TUBULAR BRACE N (API RP 2A – WSD, 1993)

A. Punching Shear

$$V_{pa} = Qq \cdot Qf \cdot \frac{Fyc}{0,6\gamma}$$

1.) V_{pa} untuk beban tarik dan tekan aksial :

$$Qq = \left(1,1 + \frac{0,2}{\beta} \right)$$

$$= 1,76$$

$$Q_f = 1,0 - \lambda \cdot \gamma \cdot A^2 \quad \text{dimana } \lambda = 0,030$$

$$A = \frac{\sqrt{\sigma_{AX}^2 + \sigma_{IPB}^2 + \sigma_{OPB}^2}}{0,6 Fyc}$$



$$A = 0,2843$$

$$Q_f = 0,8933$$

$$V_{pa} = 21,1418 \text{ Mpa}$$

2.) V_{pa} untuk beban IPB :

$$Q_q = \left(3,72 + \frac{0,67}{\beta} \right)$$

$$= 5,93$$

$$Q_f = 1,0 - \lambda \cdot \gamma \cdot A^2 \quad \text{dimana } \lambda = 0,045$$

$$A = \frac{\sqrt{\sigma_{AX}^2 + \sigma_{IPB}^2 + \sigma_{OPB}^2}}{0,6 Fyc}$$

$$Q_f = 0,8400$$

$$V_{pa} = 66,9911 \text{ Mpa}$$

3.) V_{pa} untuk beban OPB :

$$Q_q = \left(1,37 + \frac{0,67}{\beta} \right) Q_\beta ; \quad Q_\beta = 1,0 \text{ jika } \beta \leq 0,6$$

$$= 3,58$$

$$Q_f = 1,0 - \lambda \cdot \gamma \cdot A^2 \quad \text{dimana } \lambda = 0,021$$

$$A = \frac{\sqrt{\sigma_{AX}^2 + \sigma_{IPB}^2 + \sigma_{OPB}^2}}{0,6 Fyc}$$

$$Q_f = 0,9253$$

$$V_{pa} = 44,5575 \text{ Mpa}$$



B. Kombinasi Tegangan Aksial dan Bending :

$$\left(\frac{V_p}{V_{pa}} \right)_{IPB}^2 + \left(\frac{V_p}{V_{pa}} \right)_{OPB}^2 \leq 1,0$$

$$V_p = \tau \cdot \sigma \cdot \sin \theta$$

$$= 9,6011 \text{ untuk IPB}$$

$$= 3,1663 \text{ untuk OPB}$$

$$0,02559 \leq 1,0$$

IV.2.2 HASIL ANALISA FATIQUE

IV.2.2.1 ANALISA STRESS CONCENTRATION FACTOR (SCF)

Dari hasil perhitungan dengan menggunakan formula Kuang, dan API RP 2A didapat harga SCF pada struktur jacket dengan konfigurasi X pada member 5-30 C1A, struktur jacket dengan konfigurasi K pada member 173-183 S42, struktur jacket dengan konfigurasi N pada member 67-30 MJ yang hasilnya dapat dilihat pada tabel IV.3 dibawah ini :

Tabel IV.3 Harga faktor konsentrasi tegangan (SCF)

TIPE BRACE	MEMBER	ARAH GEL.	SCF	
			KUANG	API RP 2A
BRACE X	5-30 C1A	SW 315 ⁰	13,5885 (axial)	13,4577 (axial)
			5,2775 (IPB)	5,0143 (IPB)
			12,8346 (OPB)	12,7344 (OPB)
BRACE K	173-183 S42	E 90 ⁰	13,5592 (axial)	13,4577 (axial)
			4,3104 (IPB)	4,1815 (IPB)
			11,8744 (OPB)	11,6608 (OPB)
BRACE N	67-30 MJ	S 0 ⁰	17,7829 (axial)	17,6829 (axial)
			7,8703 (IPB)	7,7703 (IPB)
			15,8937 (OPB)	15,7643 (OPB)



IV.2.2.2 ANALISA TEGANGAN

Dari hasil analisa tegangan yang didapat dari running program StruCAD versi 3.40 berupa tegangan axial, in-plane bending dan out-plane bending, geser dan tegangan kombinasi. Tegangan tersebut berupa tegangan nominal maksimal yang terdapat pada member 5 – 30 C1A untuk jacket dengan konfigurasi brace tipe X yang memiliki jenis sambungan tubular TK, member 173 – 183 S42 untuk jacket dengan konfigurasi brace tipe K yang memiliki jenis sambungan tubular TY, member 67 – 30 MJ untuk jacket dengan konfigurasi brace tipe N yang memiliki jenis sambungan tubular TY.

Tabel IV.4 Tegangan maks. pada member 173-183 S42 arah E 90⁰ Brace K

Force Fx (KN)	Bending Moment (KN-mm)		Axial σ Max (Mpa)	Bending σ Max (Mpa)	
	My	Mz		Y (IPB)	Z (OPB)
-510,54	-152776,0	1134,1	-25,84	63,99	0,48
-512,03	-156276,3	987,5	-25,91	65,46	0,41
-512,11	-179248,9	960,8	-25,91	75,08	0,40
-512,56	-199593,2	923,8	-25,94	83,60	0,39
-513,08	-219555,5	884,1	-25,96	91,97	0,37
-513,82	-238667,8	849,4	-26,00	99,97	0,36
-514,78	-257625,9	813,0	-26,05	107,91	0,34
-515,87	-277877,0	783,8	-26,10	116,39	0,33
-517,02	-298282,2	742,1	-26,16	124,94	0,31
-518,21	-318592,3	704,4	-26,22	133,45	0,30

Dari hasil analisa tegangan yang telah dilakukan oleh software StruCAD ver. 3.40 seperti contoh diatas, didapatkan tegangan maksimal yang bekerja pada member struktur jacket berupa *Hot Spot Stress* (HSS) dan nilai *damage ratio* (Dr) yang dapat dilihat pada halaman lampiran.



IV.2.2.3 ANALISA UMUR STRUKTUR JACKET SWP – G PHASE -3

Setelah analisa tegangan maksimal pada member struktur jacket yang kemudian didapatkan harga *Hot Spot Stress* (HSS) dan damage ratio (Dr) maka analisa selanjutnya adalah menganalisa umur kelelahan (fatigue life). Berdasarkan 5 arah gelombang yang menghantam struktur jacket didapatkan umur jacket pada member 5 – 30 C1A untuk jacket dengan konfigurasi brace tipe X yang memiliki jenis sambungan tubular TK, member 173 – 183 S42 untuk jacket dengan konfigurasi brace tipe K yang memiliki jenis sambungan tubular TY, member 67 – 30 MJ untuk jacket dengan konfigurasi brace tipe N yang memiliki jenis sambungan tubular TY seperti pada tabel IV.5 dibawah ini :

Tabel IV.5 Umur struktur jacket (fatigue life – years)

TIPE BRACE	MEMBER	ARAH GEL.	FATIGUE LIFE (YEARS)	
			KUANG	API RP 2A
BRACE X	5 -30 C1A	SW 315 ⁰	57,28	70,52
BRACE K	173-183 S42	E 90 ⁰	56,44	64,39
BRACE N	67-30 MJ	S 0 ⁰	51,01	53,17

IV.2.3 HASIL ANALISA SEISMIC

Setelah melakukan analisa static dan analisa fatigue terhadap struktur jacket maka perlu dilakukan analisa seismic sebab dalam



perencanaan struktur jacket harus memperhatikan efek lokal gempa terbesar dimana gerak tanah cukup kuat untuk menyebabkan kerusakan struktur.

Dengan memasukkan data seismic maka dapat dihitung spectral velocity (SV), spectral displacement (SD), spectral acceleration (SA) dengan melihat gambar respon spectra yaitu perbandingan antara efektif ground acceleration (G) dan periode natural (T).

Tabel IV.6 Respon siesmic pada struktur jacket brace X

T (det)	SA	SV	SD
1.0048	1.79E-01	2.87E-02	4.59E-03
0.9550	1.88E-01	2.87E-02	4.36E-03
0.6641	2.71E-01	2.87E-02	3.03E-03
0.5855	3.07E-01	2.87E-02	2.67E-03
0.4569	3.75E-01	2.73E-02	1.99E-03
0.4565	3.75E-01	2.73E-02	1.98E-03
0.4185	3.75E-01	2.50E-02	1.66E-03
0.4115	3.75E-01	2.46E-02	1.61E-03
0.4080	3.75E-01	2.44E-02	1.58E-03
0.3872	3.75E-01	2.31E-02	1.43E-03

Tabel IV.7 Respon seismic pada struktur jacket brace K

T (det)	SA	SV	SD
5.2283	3.44E-02	2.87E-02	2.39E-02
1.8084	9.95E-02	2.87E-02	8.25E-03
1.7934	1.00E-01	2.87E-02	8.19E-03
1.6681	1.08E-01	2.87E-02	7.61E-03
1.1774	1.53E-01	2.87E-02	5.37E-03
1.0892	1.65E-01	2.87E-02	4.97E-03
1.0731	1.68E-01	2.87E-02	4.90E-03
0.5318	3.38E-01	2.87E-02	2.43E-03
0.4662	3.75E-01	2.78E-02	2.07E-03
0.4643	3.75E-01	2.77E-02	2.05E-03



Tabel IV.8 Respon seismic pada struktur jacket brace N

T (det)	SA	SV	SD
1.1234	1.60E-01	2.87E-02	5.13E-03
1.0772	1.67E-01	2.87E-02	4.92E-03
0.8412	2.14E-01	2.87E-02	3.84E-03
0.5855	3.07E-01	2.87E-02	2.67E-03
0.4313	3.75E-01	2.58E-02	1.77E-03
0.3873	3.75E-01	2.31E-02	1.43E-03
0.3792	3.75E-01	2.26E-02	1.37E-03
0.3519	3.75E-01	2.10E-02	1.18E-03
0.3317	3.75E-01	1.98E-02	1.05E-03
0.3281	3.75E-01	1.96E-02	1.02E-03

Dari hasil analisa seismic dengan memasukkan CQC dynamic loading didapat running program StruCAD versi 3.40 berupa tegangan axial, in-plane bending dan out-plane bending, geser dan tegangan kombinasi. Tegangan tersebut berupa tegangan nominal maksimal yang terdapat pada member 5 – 30 C1A untuk jacket dengan konfigurasi brace tipe X, member 173 – 183 S42 untuk jacket dengan konfigurasi brace tipe K, member 61 – 109 MJ untuk jacket dengan konfigurasi brace tipe N.

Tabel IV.9 Tegangan maksimum analisa seismic

TIPE BRACE	MEMBER	AXIAL STRESS (N/MM ²)	BENDING STRESS (N/MM ²)		SHEAR STRESS (N/MM ²)	MAX. COMB. UNITY CHECK
			Y	Z		
X	5 – 30 C1A	-78,25	-4,03	-12,47	1,42	0,489
K	173 – 183 S42	-30,02	180,71	-26,37	20,06	0,856
N	61 – 109 MJ	-21,99	-38,67	0,63	1,95	0,822



IV.2.4 HASIL ANALISA PONDASI

Untuk menentukan pondasi tiang pancang yang akan digunakan dalam menopang struktur jacket dan decknya, maka akan ditentukan daya dukung tanahnya berdasarkan data tanah di daerah operasi Peciko. Tiang pancang yang akan digunakan adalah tiang pancang tunggal (single pile). Data dari tiang pancang berdasarkan Nippon Steel Corporation adalah sebagai berikut :

Outside diameter = 1524 mm

Tebal dinding pile = 22 mm

Semua struktur jacket dengan konfigurasi brace tipe X, K, dan N menggunakan dimensi pile seperti diatas.

IV.2.4.1 ANALISA DAYA DUKUNG TANAH

Perhitungan daya dukung dari pile dapat ditentukan dengan persamaan yang mengacu pada API RP 2A WSD. Adapun hasil dari perhitungan daya dukung ultimate dapat dilihat pada halaman lampiran.

Tabel IV.10 Daya dukung ultimate

Tipe Tanah	Depth (m)		z (m)	Q _D (kN)
	Top	Bottom		
<i>Clay</i>	0	12	12	974.0275
<i>Clay</i>	12	19	7	2524.275
<i>Clay</i>	19	25	6	4442.808
<i>Clay</i>	25	35	10	8928.8986
<i>Clay</i>	35	38	3	10624.958
<i>Clay</i>	38	41	3	18860.995
<i>Sand</i>	41	48.5	7.5	27904.247
<i>Clay</i>	48.5	58	9.5	30327.657



<i>Clay</i>	58	62	4	34504.585
<i>Clay</i>	62	66	4	38290.625
<i>Clay</i>	66	83	17	74356.524
Sand/Clay	83	87.2	4.2	72114.766
<i>Clay</i>	87.2	102	14.8	109611.78
<i>Clay</i>	102	108.6	6.6	126130.52
<i>Clay</i>	108.6	111	2.4	130615.88
<i>Clay</i>	111	121	10	151105.63
<i>Clay</i>	121	123.6	2.6	153423.88
<i>Clay</i>	123.6	140.8	17.2	206441.62

IV.2.4.2 ANALISA PILE PENETRATION

Dalam penetuan pile penetration, dilakukan dengan menentukan pada kedalaman berapa beban aksial yang bekerja pada pile lebih kecil sama dengan daya dukung ijin pile. Dalam perencanaan pondasi struktur jacket SWP - G PHASE - 3 , dipilih faktor keamanan (SF = 2,0) yaitu faktor keamanan untuk kondisi lingkungan operasional selama operasi produksi.

Tabel IV.11 Daya dukung izin pile

Tipe Tanah	Depth (m)		z (m)	Q _D (kN)	Q _{ijin} (kN)
	Top	Bottom			
<i>Clay</i>	0	12	12	974.0275	487.014
<i>Clay</i>	12	19	7	2524.275	1262.137
<i>Clay</i>	19	25	6	4442.808	2221.404
<i>Clay</i>	25	35	10	8928.8986	4464.449
<i>Clay</i>	35	38	3	10624.958	5312.479
<i>Clay</i>	38	41	3	18860.995	9430.497
Sand	41	48.5	7.5	27904.247	13952.124
<i>Clay</i>	48.5	58	9.5	30327.657	15163.828
<i>Clay</i>	58	62	4	34504.585	17252.293
<i>Clay</i>	62	66	4	38290.625	19145.312
<i>Clay</i>	66	83	17	74356.524	37178.262
Sand/Clay	83	87.2	4.2	72114.766	36057.383
<i>Clay</i>	87.2	102	14.8	109611.78	54805.889
<i>Clay</i>	102	108.6	6.6	126130.52	63065.262
<i>Clay</i>	108.6	111	2.4	130615.88	65307.939
<i>Clay</i>	111	121	10	151105.63	75552.815
<i>Clay</i>	121	123.6	2.6	153423.88	76711.942
<i>Clay</i>	123.6	140.8	17.2	206441.62	103220.809



Dari pemodelan statis dengan software StruCAD ver. 3.40 diperoleh gaya maksimum yaitu $F_z = 7841,473$ KN untuk jacket dengan konfigurasi brace X, dan $F_z = 8160,411$ KN untuk jacket dengan konfigurasi brace K, dan $F_z = 7759,057$ KN untuk jacket dengan konfigurasi brace N. Sehingga didapatkan pile penetration untuk ketiga jenis struktur jacket tersebut adalah 41 m dan daya dukung izin pile adalah 9430,497 KN.

IV.2.5 ANALISA BERAT MATERIAL STRUKTUR

Dari hasil analisa program StruCAD didapatkan struktur jacket dengan konfigurasi brace tipe X, tipe K, dan tipe N yang memenuhi tegangan yang diijinkan (*allowable stress*) dari elemen model struktur jacket berdasarkan AISC-ASD dan API RP-2A WSD yang kemudian dari analisa program StruCAD tersebut didapatkan berat material struktur jacket secara keseluruhan sehingga memberikan informasi konfigurasi brace yang effisiensi dan ekonomis berdasarkan volume material.

Tabel IV.12 Berat Material Struktur

Tipe Brace Struktur Jacket	Berat Material (Ton)
Brace Jacket Tipe – X	473,5663
Brace Jacket Tipe – K	458,0530
Brace Jacket Tipe – N	454,2849



IV.3 PEMBAHASAN

IV.3.1 PEMBAHASAN ANALISA STATIS

Dari hasil analisa tegangan yang telah dilakukan dengan menggunakan bantuan software StruCAD versi 3.40 didapat member yang mengalami beban paling maksimal adalah member 5 – 30 C1A untuk jacket dengan konfigurasi brace tipe X, member 173 – 183 S42 untuk jacket dengan konfigurasi brace tipe K, dan member 67 – 30 MJ untuk jacket dengan konfigurasi brace tipe N. Member 5 – 30 C1A untuk jacket dengan konfigurasi brace tipe X terletak pada storey ke-2 dari bawah struktur Jacket Satellit Wellhead Platform – G Phase – 3 pada elevasi (-) 28,500 meter (TOS), member 173 – 183 S42 untuk jacket dengan konfigurasi brace tipe K terletak pada storey ke-4 dari bawah struktur jacket pada elevasi (+) 4,500 meter, dan member 67 – 30 MJ untuk jacket dengan konfigurasi brace tipe N terletak pada storey ke-3 dari bawah struktur jacket pada elevasi (-) 10,500 meter (TOS).

Tegangan *axial* rata-rata terbesar terdapat pada struktur jacket dengan konfigurasi brace X dengan arah gerak gelombang 315^0 , sedangkan untuk tegangan *in-plane bending maksimal* rata-rata terbesar terdapat pada struktur jacket dengan konfigurasi brace K dengan arah gerak gelombang 90^0 , sedangkan untuk tegangan *out of plane bending maksimal* rata-rata terbesar terdapat pada struktur jacket dengan konfigurasi brace X dengan arah gerak gelombang 315^0 .



Besar tegangan aksial akan bertambah besar dengan semakin bertambahnya berat struktur jacket. Hal ini dapat dilihat pada besar tegangan aksial yang terjadi pada model struktur jacket dengan konfigurasi N yang rata-rata relatif lebih kecil dibanding model struktur jacket dengan brace X dan K.

Dari hasil perhitungan tegangan aksial ini, diketahui pula bahwa member brace struktur jacket yang berada di row belakang struktur jacket (dari arah datang rambatan gelombang), mempunyai harga tegangan aksial negatif, ini berarti bahwa member brace tersebut menerima beban tekan. Dan untuk member brace yang berada di row depan (dari arah datang rambatan gelombang) mempunyai harga tegangan aksial positif, ini berarti bahwa member brace struktur jacket menerima beban tarik.

Dari hasil perhitungan tegangan geser pada member brace yang diakibatkan oleh momen puntir, terlihat bahwa besar tegangan ini berhubungan dengan besar rotasi yang dialami oleh member brace struktur jacket tersebut.

Dari hasil analisa tegangan yang telah dilakukan dengan menggunakan bantuan software StruCAD versi 3.40 didapat bahwa defleksi atau lendutan pada member brace struktur jacket dalam arah sumbu Z, mempunyai harga yang negatif, hasil ini sesuai dengan arah percepatan gravitasi bumi (gaya berat) yang menyebabkan defleksi tersebut. Dari kenyataan ini akan terjadi kecenderungan bahwa semakin berat struktur akan semakin besar defleksi dalam arah Z pada member brace model



struktur jacket. Hal ini dapat dilihat pada besar defleksi dalam arah sumbu Z pada member brace model struktur jacket dengan konfigurasi brace N yang relatif lebih kecil dibanding besar defleksi dalam arah sumbu Z pada member brace model struktur jacket yang lain. Model struktur jacket dengan konfigurasi brace N ini mempunyai berat struktur yang relatif lebih ringan dibanding model struktur jacket yang lain.

IV.3.2 PEMBAHASAN ANALISA FATIGUE

Stress Concentration Factor (SCF) yang digunakan berdasarkan perancangan tegangan maksimal pada struktur adalah formula SCF dari API RP 2A (WSD). Hal ini dilakukan berdasarkan panduan yang digunakan oleh pihak perancang (*BOI dan Softresid Engineering*) struktur jacket Satellite Wellhead Platform – G Phase – 3. SCF dengan formula yang diberikan oleh Kuang dalam analisa tegangan ini digunakan sebagai pembanding bagi SCF API RP 2A (WSD). Dari hasil perhitungan SCF ini, SCF yang menggunakan formula yang diberikan oleh Kuang memberikan nilai yang lebih besar jika dibandingkan oleh SCF dengan menggunakan formula dalam API RP 2A (WSD).

Berdasarkan 5 arah gelombang yang menghantam struktur jacket didapatkan umur jacket pada member 5 – 30 C1A dengan arah gelombang 315^0 untuk jacket dengan konfigurasi brace tipe X yang memiliki jenis sambungan tubular TK, member 173 – 183 S42 dengan arah gelombang 90^0 untuk jacket dengan konfigurasi brace tipe K yang memiliki jenis



sambungan tubular TY, member 67 – 30 MJ dengan arah gelombang 0^0 untuk jacket dengan konfigurasi brace tipe N yang memiliki jenis sambungan tubular TY.

Pengaruh tegangan axial, in plane bending, dan out of plane bending maksimal mempengaruhi nilai dari *Hot Spot Stress* (HSS). Semakin besar nilai dari tegangan gabungan maksimal yang terbentuk maka semakin besar HSS yang terjadi pada sambungan *tubular joint*. Hal ini tidak dapat lepas dari pengaruh adanya *Stress Concentration Factor* (SCF) pada tiap jenis sambungan *tubular joint*. Semakin kecil nilai damage ratio (Dr) yang terjadi maka semakin besar nilai dari umur kelelahan struktur. Hal ini dapat dilihat pada nilai damage ratio pada member brace model struktur jacket dengan konfigurasi brace X yang relatif lebih kecil dibanding nilai damage ratio pada member brace model struktur jacket yang lain, sehingga umur kelelahan struktur jacket dengan konfigurasi brace X lebih besar dibanding umur kelelahan struktur jacket dengan konfigurasi brace K dan N.

IV.3.3 PEMBAHASAN ANALISA SEISMIC

Dari hasil analisa seismic yang telah dilakukan dengan menggunakan bantuan software StruCAD versi 3.40 didapat member yang mengalami beban paling maksimal adalah member 5 – 30 C1A untuk jacket dengan konfigurasi brace tipe X, member 173 – 183 S42 untuk jacket dengan konfigurasi brace tipe K, dan member 61 – 109 MJ untuk jacket dengan konfigurasi brace tipe N. Member 5 – 30 C1A untuk jacket dengan



konfigurasi brace tipe X terletak pada storey ke-2 dari bawah struktur Jacket Satellit Wellhead Platform – G Phase – 3 pada elevasi (-) 28,500 meter (TOS), member 173 – 183 S42 untuk jacket dengan konfigurasi brace tipe K terletak pada storey ke-4 dari bawah struktur jacket pada elevasi (+) 4,500 meter, dan member 61 – 109 MJ untuk jacket dengan konfigurasi brace tipe N terletak pada storey ke-3 dari bawah struktur jacket pada elevasi (-) 10,500 meter (TOS).

Dalam analisa dinamis akibat pengaruh gempa ini tergantung pada faktor-faktor : natural frekuensi dari struktur, redaman kritis dari struktur, dan tipe lapisan tanah. Semakin besar nilai periode natural dari struktur maka semakin kecil nilai frekuensi natural struktur tersebut. Besar nilai dari periode natural atau frekuensi natural akan berpengaruh terhadap nilai tegangan maksimal dan besarnya defleksi dari struktur jacket. Hal ini dapat dilihat pada struktur jacket dengan konfigurasi N yang mempunyai nilai periode natural yang kecil dibanding model struktur jacket brace K dan X, dimana tegangan axial pada struktur jacket dengan konfigurasi brace N mempunyai nilai tegangan axial yang kecil.

IV.3.4 PEMBAHASAN ANALISA PILE

Jenis pondasi yang digunakan pada struktur jacket dengan konfigurasi brace X, K, dan N adalah pondasi tiang pancang dengan material properties dan dimensi yang sama. Pondasi tiang pancang merupakan suatu konstruksi pondasi yang mampu menahan gaya orthogonal



ke sumbu tiang dengan jalan menyerap lenturan. Pondasi tiang dibuat menjadi satu kesatuan yang monolit dengan menyatukan pangkal tiang pancang yang terdapat dibawah konstruksi dengan tumpuan pondasi.

Yang membedakan pondasi yang digunakan antara model struktur jacket adalah terletak pada nilai besarnya pile penetration. Dimana nilai pile penetration dipengaruhi oleh nilai beban axial maksimum struktur jacket dan nilai ini tidak sama antara struktur jacket dengan konfigurasi brace tipe X, K, dan N. Karena dalam penetuan pile penetration, dilakukan dengan menentukan pada kedalaman berapa beban aksial yang bekerja pada pile lebih kecil sama dengan daya dukung ijin pile. Dalam perencanaan pondasi struktur jacket SWP - G PHASE - 3 , dipilih faktor keamanan ($SF = 2,0$) yaitu faktor keamanan untuk kondisi lingkungan operasional selama operasi produksi. Sehingga didapatkan pile penetration untuk ketiga jenis struktur jacket tersebut adalah 41 m dan daya dukung izin pile adalah 9430,497 KN dengan dimensi Outside diameter = 1524 mm dan tebal dinding pile = 22 mm.

IV.3.5 PEMBAHASAN KELEBIHAN DAN KEKURANGAN

STRUKTUR JACKET DENGAN KONFIGURASI BRACE X

Dari hasil analisa data-data yang telah dilakukan terhadap struktur jaket SWP - G PHASE - 3 dengan konfigurasi brace X, dari analisa statis, analisa fatigue, analisa seismic, dan analisa penentuan dimensi pile, maka



terdapat kelebihan dan kekurangan berdasarkan analisa tersebut, diantara kelebihan struktur jacket dengan konfigurasi brace X, yaitu :

1. Memiliki umur kelelahan yang panjang dikarenakan damage ratio yang terjadi pada tubular joint nilainya kecil.

Diantara kekurangan struktur jacket dengan konfigurasi brace X, yaitu :

1. Semakin banyak elemen yang digunakan dalam desain peletakan brace akan menambah besar harga tegangan axial, tegangan geser dan rotasi yang terjadi.
2. Membutuhkan banyak material dalam fabrikasinya dikarenakan banyak member brace atau elemen yang digunakan dalam desain.
3. Waktu proses pembangunan yang lama akan banyak berpengaruh pada aspek-aspek yang lain dalam proses produksi.
4. Peletakan brace tipe X ini mempunyai pengaruh momen lentur murni cukup besar terhadap besar tegangan aksial yang terjadi pada elemen-elemen leg struktur jacket yang berpengaruh terhadap kekuatan struktur.

IV.3.6 PEMBAHASAN KELEBIHAN DAN KEKURANGAN

STRUKTUR JACKET DENGAN KONFIGURASI BRACE K

Dari hasil analisa data-data yang telah dilakukan terhadap struktur jaket SWP - G PHASE - 3 dengan konfigurasi brace K, dari analisa statis, analisa fatigue, analisa seismic, dan analisa penentuan dimensi pile, maka



terdapat kelebihan dan kekurangan berdasarkan analisa tersebut, diantara kelebihan struktur jacket dengan konfigurasi brace K, yaitu :

1. Memiliki umur kelelahan yang cukup panjang dibanding struktur jacket dengan konfigurasi brace N dikarenakan damage ratio yang terjadi pada tubular joint nilainya cukup kecil.
2. Peletakan brace tipe K ini mempunyai pengaruh momen lentur murni kecil terhadap besar tegangan aksial yang terjadi pada elemen-elemen leg struktur jacket yang berpengaruh terhadap kekuatan struktur.

Diantara kekurangan struktur jacket dengan konfigurasi brace K, yaitu :

1. Semakin banyak elemen yang digunakan dalam desain peletakan brace akan menambah besar harga tegangan geser dan rotasi yang terjadi.
2. Membutuhkan cukup banyak material dalam fabrikasinya dikarenakan cukup banyak member brace atau elemen yang digunakan dalam desain.
3. Waktu proses pembangunan yang cukup lama akan banyak berpengaruh pada aspek-aspek yang lain dalam proses produksi.

IV.3.7 PEMBAHASAN KELEBIHAN DAN KEKURANGAN STRUKTUR JACKET DENGAN KONFIGURASI BRACE N

Dari hasil analisa data-data yang telah dilakukan terhadap struktur jaket SWP - G PHASE - 3 dengan konfigurasi brace N, dari analisa statis,



analisa fatigue, analisa seismic, dan analisa penentuan dimensi pile, maka terdapat kelebihan dan kekurangan berdasarkan analisa tersebut, diantara kelebihan struktur jacket dengan konfigurasi brace N, yaitu :

1. Semakin sedikit elemen yang digunakan dalam desain peletakan brace akan memperkecil besar tegangan, tegangan axial, tegangan geser dan rotasi yang terjadi.
2. Membutuhkan sedikit material dalam fabrikasinya dikarenakan sedikit member brace atau elemen yang digunakan dalam desain.
3. Waktu proses pembangunan yang cukup singkat akan banyak berpengaruh pada aspek-aspek keuntungan dalam proses produksi.

Diantara kekurangan struktur jacket dengan konfigurasi brace N, yaitu :

1. Memiliki umur kelelahan struktur yang pendek dibanding dengan struktur jacket dengan konfigurasi brace X dan K dikarenakan damage ratio yang terjadi pada tubular joint nilainya besar..

BAB V
KESIMPULAN DAN SARAN



BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

V.1 KESIMPULAN

Dari hasil pembahasan atas analisa data-data yang telah dilakukan terhadap struktur Jacket Satellit Wellhead Platform (SWP – G) Phase – 3, maka dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Pengaruh momen lentur murni terhadap besar tegangan aksial yang terjadi pada member struktur jacket, dipengaruhi oleh tipe disain peletakan brace pada struktur jacket tersebut. Semakin rapat atau semakin banyak member brace yang digunakan dalam disain konfigurasi brace akan menambah besar pengaruh momen lentur murni yang bekerja pada struktur jacket tersebut, dengan kata lain tegangan aksial yang terjadi semakin besar.
2. Semakin rapat atau semakin banyak member brace yang digunakan dalam disain konfigurasi brace tidak menjamin kekuatan, kekakuan atau ketegaran struktur jacket secara keseluruhan. Bahkan jumlah elemen brace yang banyak akan mengakibatkan bertambah besarnya respon tegangan aksial pada elemen leg struktur jacket. Hal ini disebabkan karena semakin bertambahnya gaya berat struktur yang harus dipikul oleh elemen-elemen leg struktur.



3. Seperti halnya besar tegangan aksial, besar tegangan geser dan rotasi pada elemen-elemen leg model struktur jacket juga dipengaruhi oleh banyaknya member yang digunakan dalam disain konfigurasi brace, semakin banyak member yang digunakan dalam disain konfigurasi brace akan menambah besar harga tegangan geser dan rotasi yang terjadi.
4. Berdasarkan berat material, struktur jacket dengan konfigurasi brace N lebih sedikit dibanding dengan struktur jacket dengan konfigurasi brace X dan K. Dimana perencanaan desain pondasi pile kaki jacket dipengaruhi oleh beban aksial yang disebabkan gaya berat struktur.

V.2 SARAN

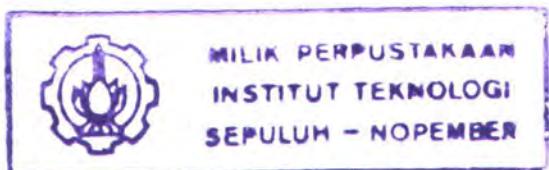
Dalam proses analisa struktur Jacket Satellite Wellhead Platform – G Phase – 3 yang telah dilakukan tersebut dirasakan memiliki beberapa kesulitan dan kekurangan, baik dari segi teknis maupun non teknis. Untuk mencapai hasil yang lebih sempurna, perlu diperhatikan beberapa saran sebagai berikut :

1. Perlu adanya pengujian material yang digunakan sesuai dengan keadaan dilapangan (temperatur air, dan tegangan yang terjadi).
2. Perlu adanya analisa kelelahan akibat pengaruh adanya kemiringan (*batter*) dan joint can pada sambungan tubular.
3. Perlu adanya unity check pada pile dengan menggunakan non-linier analysis (P- Δ).

DAFTAR PUSTAKA

DAFTAR PUSTAKA

- American Petroleum Institute, 1993, "**Recommended Practice For Planning, Design and Construction Fixed Offshore Platform – Working Stress Design**", API Publishing Dept., Washington DC.
- BOI dan Sofresid Engineering Design, 2001, "**Peciko Data Field**", Paris, Perancis.
- Bramlette M dan Michael D.R, 1986, "**Planning and Design of Fixed Offshore Platform**", Van Nostrand Reinhold Company, New York.
- Chakrabarty,S.K, 1987, "**Hydrodynamics of Offshore Structure**", Computation Mechanics Publication, Southhampton, Boston, USA.
- Chellis, R.D, 1961, "**Pile Foundation**", McGraw – Hill Book Company Inc., New York.
- Cook, R.D, Malkus, D.S dan Plesha, M.E, 1989, "**Concept and Applications of Finite Element Analysis**", 3rd ed., Wiley, New York.
- Dawson, T.H, 1983, "**Offshore Structural Engineering**", Prentice Hall Inc. Engelwood Cliftfs, New Jersey, USA.
- Indiyono, P., 2000, "**Diktat Hodrodinamika I**", Jurusan Teknik Kelautan, ITS, Surabaya.
- James, F. Wilson, 1984, "**Dynamic of Offshore Structure**", John Wiley & Sons, USA.
- Kuang, J.G, Potvin, A.B dan Leick, R.D, 1975, "**Stress Concentration in Tubular Joint**", Proc 7th, Offshore Technology Conference, Dallas, Texas, USA.



- Popov, E.P, 1995, "***Mekanika Teknik***", Penerbit Erlangga.
- Reddy, D.V. dan Aroockiasamy, M., 1991, "***Offshore Structure, Volume I***", Center for Marine Structures ang Geotechnique Department of Ocean Engineering, Florida Atlantic University, Boca Raton, Florida Krieger Publishing Company, Malabar, Florida.
- Sarpkaya, T. dan Isaacson, M., 1981, "***Mechanics of Wave Force on Offshore Structures***", Van Nostrand Reinhold Company, New York.
- TotalFinaElf, 2001, "***SP – STR 211 Material for Steel Structure***", TotalFinaElf Exploration Production.
- Tomlinson, M.J, 1977, "***Pile Design and Construction Practice***", The Garden City Press Limited, London.
- Tarigan, H. dan Rudi W.P, 2000, "***Diktat Metode Elemen Hingga***", Jurusan Teknik Kelautan, ITS, Surabaya.
- Zentech, Inc., 1992, "***Computer Software for Structural Analysis and Design StruCAD*3D***", Houston, Texas.

LAMPIRAN

LAMPIRAN
Input Inplace Analysis, Fatigue dan Seismic
JACKET BRACE X

INPUT INPLACE ANALYSIS, FATIGUE DAN SEISMIC STRUKTUR JACKET BRACE TIPE X

* * * * * * * * * * *
* STRUCAD*3D *
* STRUCTURAL SOFTWARE INC. *
* HOUSTON TEXAS *
* VERSION 3.40 MAY 1993 *
* * * * * * * * * * *

Wednesday 11/19/** 12:45:49

* * Program Options * *

Static Analysis

AISC-ASD 9th Edition + API-WSD 19th Edition Pipe Code Check
No. Of Segments For Prismatic Members 1
No. Of Segments/Section For Non-Prismatic Memmbers 1

Load

No. Of Basic Load Cases 7
No. Of Comb. Load Cases 5

Print Options

Interpretive Input
Input Echo
Joint Deflections
Unity Check Range
Member Stress At Maximum Unity Check
Element Stress At Maximum Unity Check
Element Detail
Member Max/Min Internal Loads
Joint Reactions

Joint Equilibrium Check Edit Values:

Forces (KN) 450.000
Moments (KN-MM) 100.000

Solution Technique:

Normal

Member Force File Type:

Long (Normal)

* * * Units Definition * * *

* Description * * Input Units * * Output Units *

A. Joint Information

1. Joint Coordinates	M	M
2. Joint Settlements	CM	CM
Joint Translations		

B. Structure Description

3. All Lengths, Heights & Depths ..	M	M
Joint Thickness, Area Centroids		
4. Projected Areas	M^2	M^2
5. Volumes	M^3	M^3

C. Element Properties

6. Element Offsets	CM	CM
7. Element Dimensions	MM	MM
Rebar Area and Spacing		
Marine Growth Thickness		
8. Element Cross Section Areas	MM^2	MM^2
9. Element Moment of Inertia	MM^4	MM^4

D. Material Properties & Stresses

10. Steel E & G Modulus	KN/MM^2	KN/MM^2
11. All Stresses	N/MM^2	N/MM^2
Steel And Concrete Strength		
12. Material Density	KN/M^3	KN/M^3

E. Spring Constants

13. Rotational Spring Constant	N-MM/Rad	N-MM/Rad
14. Translational Spring Constant	N/MM	N/MM

F. Load Data

15. Concentrated Loads & Weights ...	KN	KN
16. Uniform Loads & Weights	KN/M	KN/M
17. Concentrated Moments	KN-MM	KN-MM
18. Uniform Moments	KN-MM/M	KN-MM/M
19. Weight Moment of Inertia	KN-M^2	KN-M^2
20. Load Distances	M	M
21. Pressures	N/M^2	N/M^2
22. Wind & Current Velocity	M/Sec	M/Sec
23. Wave Velocity	M/Sec	M/Sec
24. Wave Acceleration	M/Sec^2	M/Sec^2
25. Kinematic Viscosity	M^2/Sec	M^2/Sec
26. Response Curve Acceleration	G's	G's
27. Response Curve Velocities	CM/Sec	CM/Sec
28. Response Curve Displacements	CM	CM

G. Soil Data And Pile Forces

29. Soil Friction, Soil Force	KN/MM	KN/MM
30. Soil Moments	KN-MM/MM	KN-MM/MM
31. Undrained Shear Strength	KN/M^2	KN/M^2

INPUT PROGRAM INPLACE ANALYSIS STRUKTUR JACKET BRACE TIPE X

* * * Echo Of Input Data - PREP * * *

Line 1...5....0....5....0....5....0....5....0....5....0....5....0....5....0

```

1      KONFIGURASI BRACE STRUKTUR JACKET TIPE X
2  OPTIONS          PA19          LLDPPTPTPTPT    PTPT   PT      7
3  LDOPT      FL    10.080    78.5     -50.     47.1
4  UNITI S
5  UNITO S
6  UCPART      0.  0.1 0.25 0.5  1.
7  GRUP S44      304.8 9.525A 205.     355.D2
8  GRUP S45      355.6 12.7A 205.     355.D2
9  GRUP S43      508.  25.4A 205.     355.D1
10 GRUP S12      762. 19.05A 205.     355.D1
11 GRUP S13      762. 25.4A 205.     355.D1
12 GRUP S14      508. 19.05A 205.     355.D2
13 GRUP S15      508. 12.7A 205.     355.D2
14 GRUP S21      508. 12.7A 205.     355.D1
15 GRUP S22      508. 12.7A 205.     355.D1
16 GRUP S24      508. 19.05A 205.     355.D2
17 GRUP S25      323.85 9.525A 205.     355.D2
18 GRUP S26      508. 12.7A 205.     355.D2
19 GRUP S31      609.6 19.05A 205.     355.D1
20 GRUP S32      508. 12.7A 205.     355.D1
21 GRUP S34      508. 19.05A 205.     355.D2
22 GRUP S35      304.8 9.525A 205.     355.D2
23 GRUP S36      406.4 12.7A 205.     355.D2
24 GRUP C1A      1676.4 19.05A 205.     355.D2
25 GRUP C1B      1676.4 19.05A 205.     355.D2
26 GRUP C1C      1676.4 19.05A 205.     355.D2
27 GRUP C2A      1676.4 19.05A 205.     355.D2
28 GRUP C2B      1676.4 19.05A 205.     355.D2
29 GRUP C2C      1676.4 19.05A 205.     355.D2
30 GRUP C3A      1676.4 19.05A 205.     355.D2
31 GRUP C3B      1676.4 19.05A 205.     355.D2
32 GRUP C3C      1676.4 19.05A 205.     355.D2
33 GRUP C4A      1676.4 19.05A 205.     355.D2
34 GRUP C4B      1676.4 19.05A 205.     355.D2
35 GRUP C4C      1676.4 19.05A 205.     355.D2
36 GRUP JF      609.615.875A 205.     355.D1
37 GRUP MJ      508. 12.7A 205.     355.D1
38 GRUP PF      457.2 25.4A 205.     355.D1
39 GRUP S41      609.6 19.05A 205.     355.D1
40 GRUP S42      508. 12.7A 205.     355.D1
41 GRUP S33      508. 25.4A 205.     355.D1
42 GRUP S23      508. 25.4A 205.     355.D1
43 GRUP S11      762. 19.05A 205.     355.D1
44 GRUP PFI      457.2 19.05A 205.     355.D1
45 GRUP S46      508. 31.75A 205.     355.D1
46 GRUP S16      762. 25.4A 205.     355.D1
47 GRUP JF1      609.6 25.4A 205.     355.D1
48 MEMBER 136 132 S44
49 MEMBER 132 140 S44
50 MEMBER 169 182 S44
51 MEMBER 182 173 S44
52 MEMBER 154 130 S45
53 MEMBER 154 180 S45
54 MEMBER 137 143 S43
55 MEMBER 138 144 S43
56 MEMBER 139 145 S43
57 MEMBER 141 142 S43
58 MEMBER 155 156 S43
59 MEMBER 150 157 S43
60 MEMBER 151 158 S43
61 MEMBER 152 159 S43
62 MEMBER 164 165 S43
63 MEMBER 166 170 S43
64 MEMBER 167 171 S43
65 MEMBER 168 172 S43
66 MEMBER 1 6 S12
67 MEMBER 17 22 S12

```

68	MEMBER	5	10	S12
69	MEMBER	21	26	S12
70	MEMBER	3	8	S13
71	MEMBER	19	24	S13
72	MEMBER	6	7	S12
73	MEMBER	7	8	S12
74	MEMBER	17	18	S12
75	MEMBER	18	19	S12
76	MEMBER	2	7	S14
77	MEMBER	7	18	S14
78	MEMBER	18	23	S14
79	MEMBER	4	9	S14
80	MEMBER	20	25	S14
81	MEMBER	11	12	S15
82	MEMBER	15	16	S15
83	MEMBER	27	28	S21
84	MEMBER	61	62	S21
85	MEMBER	27	46	S22
86	MEMBER	46	61	S22
87	MEMBER	30	35	S22
88	MEMBER	60	64	S22
89	MEMBER	56	62	S22
90	MEMBER	52	54	S24
91	MEMBER	57	53	S24
92	MEMBER	58	551	S24
93	MEMBER	59	552	S24
94	MEMBER	42	49	S24
95	MEMBER	44	51	S24
96	MEMBER	43	50	S24
97	MEMBER	47	48	S24
98	MEMBER	32	38	S24
99	MEMBER	34	40	S24
100	MEMBER	33	39	S24
101	MEMBER	36	37	S24
102	MEMBER	31	29	S25
103	MEMBER	29	35	S25
104	MEMBER	56	63	S25
105	MEMBER	63	60	S25
106	MEMBER	46	28	S26
107	MEMBER	46	62	S26
108	MEMBER	67	69	S31
109	MEMBER	104	106	S31
110	MEMBER	67	88	S32
111	MEMBER	88	104	S32
112	MEMBER	72	77	S32
113	MEMBER	103	109	S32
114	MEMBER	69	73	S32
115	MEMBER	99	106	S32
116	MEMBER	74	80	S34
117	MEMBER	76	82	S34
118	MEMBER	75	81	S34
119	MEMBER	84	91	S34
120	MEMBER	86	93	S34
121	MEMBER	85	92	S34
122	MEMBER	96	100	S34
123	MEMBER	98	102	S34
124	MEMBER	97	101	S34
125	MEMBER	78	79	S34
126	MEMBER	89	90	S34
127	MEMBER	94	95	S34
128	MEMBER	73	71	S35
129	MEMBER	71	77	S35
130	MEMBER	99	108	S35
131	MEMBER	108	103	S35
132	MEMBER	88	69	S36
133	MEMBER	88	106	S36
134	MEMBER	5	30	C1A
135	MEMBER	30	72	C1B
136	MEMBER	72	133	C1C
137	MEMBER	26	64	C2A
138	MEMBER	64	109	C2B
139	MEMBER	109	183	C2C
140	MEMBER	22	61	C3A
141	MEMBER	61	104	C3B
142	MEMBER	104	178	C3C

143	MEMBER	1	27	C4A
144	MEMBER	27	67	C4B
145	MEMBER	67	128	C4C
146	MEMBER	3	30	JF1
147	MEMBER	30	14	JF
148	MEMBER	14	64	JF
149	MEMBER	61	13	JF
150	MEMBER	13	27	JF
151	MEMBER	643333	MJ	
152	MEMBER	3333	72	MJ
153	MEMBER	1093333	MJ	
154	MEMBER	3333	30	MJ
155	MEMBER	1097777	PF1	
156	MEMBER	7777	133	PF
157	MEMBER	1837777	PF	
158	MEMBER	7777	72	PF1
159	MEMBER	675555	PF1	
160	MEMBER	5555	178	PF
161	MEMBER	1285555	PF	
162	MEMBER	5555	104	PF1
163	MEMBER	271111	MJ	
164	MEMBER	1111	104	MJ
165	MEMBER	671111	MJ	
166	MEMBER	1111	61	MJ
167	MEMBER	272222	MJ	
168	MEMBER	2222	72	MJ
169	MEMBER	672222	MJ	
170	MEMBER	2222	30	MJ
171	MEMBER	676666	PF1	
172	MEMBER	6666	133	PF
173	MEMBER	1286666	PF	
174	MEMBER	6666	72	PF1
175	MEMBER	1048888	PF1	
176	MEMBER	8888	183	PF
177	MEMBER	1788888	PF	
178	MEMBER	8888	109	PF1
179	MEMBER	614444	MJ	
180	MEMBER	4444	109	MJ
181	MEMBER	1044444	MJ	
182	MEMBER	4444	64	MJ
183	MEMBER	132	133	S41
184	MEMBER	182	183	S41
185	MEMBER	130	136	S42
186	MEMBER	136	141	S46
187	MEMBER	141	149	S46
188	MEMBER	149	155	S46
189	MEMBER	155	164	S46
190	MEMBER	164	169	S46
191	MEMBER	169	180	S42
192	MEMBER	133	140	S43
193	MEMBER	140	153	S46
194	MEMBER	173	183	S43
195	MEMBER	136	137	S43
196	MEMBER	137	138	S43
197	MEMBER	138	139	S43
198	MEMBER	139	140	S43
199	MEMBER	149	150	S43
200	MEMBER	150	151	S43
201	MEMBER	152	153	S43
202	MEMBER	169	170	S43
203	MEMBER	170	171	S43
204	MEMBER	171	172	S43
205	MEMBER	172	173	S43
206	MEMBER	106	108	S31
207	MEMBER	108	109	S31
208	MEMBER	69	71	S31
209	MEMBER	71	72	S31
210	MEMBER	73	78	S33
211	MEMBER	78	83	S33
212	MEMBER	83	89	S33
213	MEMBER	89	94	S33
214	MEMBER	94	99	S33
215	MEMBER	77	87	S33
216	MEMBER	87	103	S33
217	MEMBER	99	100	S34

218	MEMBER	100	101	S34	
219	MEMBER	101	102	S34	
220	MEMBER	102	103	S34	
221	MEMBER	83	84	S34	
222	MEMBER	84	85	S34	
223	MEMBER	85	86	S34	
224	MEMBER	86	87	S34	
225	MEMBER	73	74	S34	
226	MEMBER	74	75	S34	
227	MEMBER	75	76	S34	
228	MEMBER	76	77	S34	
229	MEMBER	28	29	S21	
230	MEMBER	29	30	S21	
231	MEMBER	62	63	S21	
232	MEMBER	63	64	S21	
233	MEMBER	31	36	S23	
234	MEMBER	36	41	S23	
235	MEMBER	41	47	S23	
236	MEMBER	47	52	S23	
237	MEMBER	52	56	S23	
238	MEMBER	35	45	S23	
239	MEMBER	45	60	S23	
240	MEMBER	31	32	S24	
241	MEMBER	32	33	S24	
242	MEMBER	33	34	S24	
243	MEMBER	34	35	S24	
244	MEMBER	41	42	S24	
245	MEMBER	42	43	S24	
246	MEMBER	43	44	S24	
247	MEMBER	44	45	S24	
248	MEMBER	56	57	S24	
249	MEMBER	57	58	S24	
250	MEMBER	58	59	S24	
251	MEMBER	59	60	S24	
252	MEMBER	1	2	S11	
253	MEMBER	2	3	S11	
254	MEMBER	3	4	S11	
255	MEMBER	4	5	S11	
256	MEMBER	22	23	S11	
257	MEMBER	23	24	S11	
258	MEMBER	24	25	S11	
259	MEMBER	25	26	S11	
260	MEMBER	6	13	S12	
261	MEMBER	13	17	S12	
262	MEMBER	10	12	S16	
263	MEMBER	12	14	S16	
264	MEMBER	14	16	S16	
265	MEMBER	16	21	S16	
266	MEMBER	8	11	S16	
267	MEMBER	11	15	S16	
268	MEMBER	15	19	S16	
269	MEMBER	19	20	S12	
270	MEMBER	20	21	S12	
271	MEMBER	8	9	S12	
272	MEMBER	9	10	S12	
273	MEMBER	152	151	S43	
274	MEMBER	3	27	JF1	
275	MEMBER	24	187	JF1	
276	MEMBER	187	64	JF1	
277	MEMBER	24	188	JF1	
278	MEMBER	188	61	JF1	
279	MEMBER	188	187	MJ	
280	MEMBER	153	173	S46	
281	MEMBER	178	154	S42	
282	MEMBER	154	128	S42	
283	MEMBER	178	180	S41	
284	MEMBER	180	182	S41	
285	MEMBER	128	130	S41	
286	MEMBER	130	132	S41	
287	MEMBER	28	31	S22	
288	JOINT	133	.000	.000	4.500
289	JOINT	140	.000	3.792	4.500
290	JOINT	153	.000	6.078	4.500
291	JOINT	173	.000	10.364	4.500
292	JOINT	183	.000	14.156	4.500

293	JOINT	128	-18.220	.000	4.500	
294	JOINT	178	-18.220	14.156	4.500	
295	JOINT	132	-4.679	.000	4.500	
296	JOINT	130	-9.358	.000	4.500	
297	JOINT	139	-1.500	3.792	4.500	
298	JOINT	152	-1.500	6.078	4.500	
299	JOINT	172	-1.500	10.364	4.500	
300	JOINT	138	-3.786	3.792	4.500	
301	JOINT	151	-3.786	6.078	4.500	
302	JOINT	171	-3.786	10.364	4.500	
303	JOINT	137	-6.072	3.792	4.500	
304	JOINT	150	-6.072	6.078	4.500	
305	JOINT	170	-6.072	10.364	4.500	
306	JOINT	136	-9.358	3.792	4.500	
307	JOINT	149	-9.358	6.078	4.500	
308	JOINT	169	-9.358	10.364	4.500	
309	JOINT	182	-4.679	14.156	4.500	
310	JOINT	180	-9.358	14.156	4.500	
311	JOINT	141	-9.358	4.792	4.500	
312	JOINT	155	-9.358	7.078	4.500	
313	JOINT	164	-9.358	9.364	4.500	
314	JOINT	154	-18.220	7.078	4.500	
315	JOINT	145	-1.500	4.792	4.500	
316	JOINT	144	-3.786	4.792	4.500	
317	JOINT	143	-6.072	4.792	4.500	
318	JOINT	159	-1.500	7.078	4.500	
319	JOINT	158	-3.786	7.078	4.500	
320	JOINT	157	-6.072	7.078	4.500	
321	JOINT	168	-1.500	9.364	4.500	
322	JOINT	167	-3.786	9.364	4.500	
323	JOINT	166	-6.072	9.364	4.500	
324	JOINT	156	-8.358	7.078	4.500	
325	JOINT	165	-8.358	9.364	4.500	
326	JOINT	142	-8.358	4.792	4.500	
327	JOINT	5	.000	-5.160-47.100		111111
328	JOINT	26	.000	19.316-47.100		111111
329	JOINT	10	.000	3.792-47.100		
330	JOINT	21	.000	10.364-47.100		
331	JOINT	12	.000	5.982-47.100		
332	JOINT	16	.000	8.174-47.100		
333	JOINT	3	-11.690	-5.160-47.100		
334	JOINT	24	-11.690	19.316-47.100		
335	JOINT	8	-11.690	3.792-47.100		
336	JOINT	19	-11.690	10.364-47.100		
337	JOINT	11	-11.690	5.982-47.100		
338	JOINT	15	-11.690	8.174-47.100		
339	JOINT	25	-5.845	19.316-47.100		
340	JOINT	4	-5.845	-5.160-47.100		
341	JOINT	9	-5.845	3.792-47.100		
342	JOINT	20	-5.845	10.364-47.100		
343	JOINT	2	-17.535	-5.160-47.100		
344	JOINT	1	-23.380	-5.160-47.100		111111
345	JOINT	7	-17.535	3.792-47.100		
346	JOINT	6	-23.380	3.792-47.100		
347	JOINT	18	-17.535	10.364-47.100		
348	JOINT	17	-23.380	10.364-47.100		
349	JOINT	23	-17.535	19.316-47.100		
350	JOINT	22	-23.380	19.316-47.100		111111
351	JOINT	30	.000	-3.300-28.500		
352	JOINT	72	.000	-1.500-10.500		
353	JOINT	64	.000	17.456-28.500		
354	JOINT	109	.000	15.656-10.500		
355	JOINT	27	-21.520	-3.300-28.500		
356	JOINT	67	-19.720	-1.500-10.500		
357	JOINT	61	-21.520	17.456-28.500		
358	JOINT	104	-19.720	15.656-10.500		
359	JOINT	29	-4.679	-3.300-28.500		
360	JOINT	28	-9.358	-3.300-28.500		
361	JOINT	31	-9.358	3.792-28.500		
362	JOINT	35	.000	3.792-28.500		
363	JOINT	34	-1.500	3.792-28.500		
364	JOINT	33	-3.785	3.792-28.500		
365	JOINT	32	-6.071	3.792-28.500		
366	JOINT	41	-9.358	6.078-28.500		
367	JOINT	45	.000	6.078-28.500		

368	JOINT	44	-1.500	6.078-28.500
369	JOINT	43	-3.785	6.078-28.500
370	JOINT	42	-6.071	6.078-28.500
371	JOINT	56	-9.358	10.364-28.500
372	JOINT	60	.000	10.364-28.500
373	JOINT	59	-1.500	10.364-28.500
374	JOINT	58	-3.785	10.364-28.500
375	JOINT	57	-6.071	10.364-28.500
376	JOINT	63	-4.679	17.456-28.500
377	JOINT	62	-9.358	17.456-28.500
378	JOINT	46	-21.520	7.078-28.500
379	JOINT	40	-1.500	4.792-28.500
380	JOINT	39	-3.785	4.792-28.500
381	JOINT	38	-6.071	4.792-28.500
382	JOINT	36	-9.358	4.792-28.500
383	JOINT	37	-8.358	4.792-28.500
384	JOINT	51	-1.500	7.078-28.500
385	JOINT	50	-3.785	7.078-28.500
386	JOINT	49	-6.071	7.078-28.500
387	JOINT	47	-9.358	7.078-28.500
388	JOINT	48	-8.358	7.078-28.500
389	JOINT	552	-1.500	9.364-28.500
390	JOINT	551	-3.785	9.364-28.500
391	JOINT	53	-6.071	9.364-28.500
392	JOINT	52	-9.358	9.364-28.500
393	JOINT	54	-8.358	9.364-28.500
394	JOINT	71	-4.679	-1.500-10.500
395	JOINT	69	-9.358	-1.500-10.500
396	JOINT	108	-4.679	15.656-10.500
397	JOINT	106	-9.358	15.656-10.500
398	JOINT	77	.000	3.792-10.500
399	JOINT	76	-1.500	3.792-10.500
400	JOINT	75	-3.786	3.792-10.500
401	JOINT	74	-6.072	3.792-10.500
402	JOINT	73	-9.358	3.792-10.500
403	JOINT	87	.000	6.078-10.500
404	JOINT	86	-1.500	6.078-10.500
405	JOINT	85	-3.786	6.078-10.500
406	JOINT	84	-6.072	6.078-10.500
407	JOINT	83	-9.358	6.078-10.500
408	JOINT	103	.000	10.364-10.500
409	JOINT	102	-1.500	10.364-10.500
410	JOINT	101	-3.786	10.364-10.500
411	JOINT	100	-6.072	10.364-10.500
412	JOINT	99	-9.358	10.364-10.500
413	JOINT	78	-9.358	4.792-10.500
414	JOINT	89	-9.358	7.078-10.500
415	JOINT	94	-9.358	9.364-10.500
416	JOINT	88	-19.720	7.078-10.500
417	JOINT	82	-1.500	4.792-10.500
418	JOINT	81	-3.786	4.792-10.500
419	JOINT	80	-6.072	4.792-10.500
420	JOINT	93	-1.500	7.078-10.500
421	JOINT	92	-3.786	7.078-10.500
422	JOINT	91	-6.072	7.078-10.500
423	JOINT	98	-1.500	9.364-10.500
424	JOINT	97	-3.786	9.364-10.500
425	JOINT	96	-6.072	9.364-10.500
426	JOINT	79	-8.358	4.792-10.500
427	JOINT	90	-8.358	7.078-10.500
428	JOINT	95	-8.358	9.364-10.500
429	JOINT	14	.000	7.078-47.100
430	JOINT	13	-23.380	7.078-47.100
431	JOINT	3333	.000	7.078-18.645
432	JOINT	7777	.000	7.078 -2.281
433	JOINT	1111	-20.535	7.078-18.645
434	JOINT	5555	-18.898	7.078 -2.281
435	JOINT	2222	-10.290	-2.361-19.107
436	JOINT	6666	-9.470	-.720 -2.703
437	JOINT	4444	-10.290	16.517-19.107
438	JOINT	8888	-9.470	14.876 -2.703
439	JOINT	187	-7.228	18.606-40.000
440	JOINT	188	-15.442	18.606-40.000
441	CDM	1676.4	0.8	0.0 2.0 0.0
442	CDM	762.	0.8	0.0 2.0 0.0

443	CDM	609.6	0.8	0.0	2.0	0.0				
444	CDM	508.	0.8	0.0	2.0	0.0				
445	CDM	457.2	0.8	0.0	2.0	0.0				
446	CDM	406.4	0.8	0.0	2.0	0.0				
447	CDM	323.85	0.8	0.0	2.0	0.0				
448	CDM	304.8	0.8	0.0	2.0	0.0				
449	LOADCN	1								
450	DEAD	-Z								
451	LOADCN	2								
452	LOAD	133				-4689.1				
453	LOAD	183				-4689.1				
454	LOAD	128				-4689.1				
455	LOAD	128				-25.950				
456	LOAD	178				-4689.1				
457	LOAD	178				-25.950				
458	LOADCN	3								
459	CURR		0.0	1.3		0.				
460	CURR		50.	0.8		0.				
461	WAVE	STOK	4.3	47.1	8.0		0.	D	0.	10. 36MM 5 1
462	LOAD	133			25.220	57.010				GLOB JOIN WIND
463	LOAD	183			25.220	-57.010				GLOB JOIN WIND
464	LOAD	128			25.220	57.010				GLOB JOIN WIND
465	LOAD	178			25.220	-57.010				GLOB JOIN WIND
466	LOADCN	4								
467	CURR		0.0	1.3		45.				
468	CURR		50.	0.8		45.				
469	WAVE	STOK	4.3	47.1	8.0		45.	D	0.	10. 36MM 5 1
470	LOAD	133		-22.240		62.930				GLOB JOIN WIND
471	LOAD	183		-22.240		62.930				GLOB JOIN WIND
472	LOAD	128		-22.240		-62.930				GLOB JOIN WIND
473	LOAD	178		-22.240		-62.930				GLOB JOIN WIND
474	LOADCN	5								
475	CURR		0.0	1.3		90.				
476	CURR		50.	0.8		90.				
477	WAVE	STOK	4.3	47.1	8.0		90.	D	0.	10. 36MM 5 1
478	LOAD	133		-31.450		88.990				GLOB JOIN WIND
479	LOAD	183		-31.450		88.990				GLOB JOIN WIND
480	LOAD	128		-31.450		-88.990				GLOB JOIN WIND
481	LOAD	178		-31.450		-88.990				GLOB JOIN WIND
482	LOADCN	6								
483	CURR		0.0	1.3		135.				
484	CURR		50.	0.8		135.				
485	WAVE	STOK	4.3	47.1	8.0		135.	D	0.	10. 36MM 5 1
486	LOAD	133		-22.240		62.930				GLOB JOIN WIND
487	LOAD	183		-22.240		62.930				GLOB JOIN WIND
488	LOAD	128		-22.240		-62.930				GLOB JOIN WIND
489	LOAD	178		-22.240		-62.930				GLOB JOIN WIND
490	LOADCN	7								
491	CURR		0.0	1.3		315.				
492	CURR		50.	0.8		315.				
493	WAVE	STOK	4.3	47.1	8.0		315.	D	0.	10. 36MM 5 1
494	LOAD	133		22.240		-62.930				GLOB JOIN WIND
495	LOAD	183		22.240		-62.930				GLOB JOIN WIND
496	LOAD	128		22.240		62.930				GLOB JOIN WIND
497	LOAD	178		22.240		62.930				GLOB JOIN WIND
498	LDCOMB	8	110.	1	100.	2	100.	3		
499	LDCOMB	9	110.	1	100.	2	100.	4		
500	LDCOMB	10	110.	1	100.	2	100.	5		
501	LDCOMB	11	110.	1	100.	2	100.	6		
502	LDCOMB	12	110.	1	100.	2	100.	7		
503	END									

INPUT PROGRAM FATIGUE ANALYSIS STRUKTUR JACKET BRACE TIPE X

* * * Echo Of Input Data - PREP * * *

Line		1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	6	6	7	7	8
	1....5....0....5....0....5....0....5....0....5....0....5....0....5....0....5....0															
451	LOADCN	1														
452	DEAD	-Z														
453	LOADCN	2														
454	LOAD	133														
455	LOAD	183														
456	LOAD	128														
457	LOAD	128														
458	LOAD	178														
459	LOAD	178														
460	LOADCN	3														
461	WAVE	STOK	0.5	47.1	3.8			315.		D	0.	10.	36MM	5	1	
462	LOADCN	4														
463	WAVE	STOK	1.	47.1	4.8			315.		D	0.	10.	36MM	5	1	
464	LOADCN	5														
465	WAVE	STOK	1.5	47.1	5.4			315.		D	0.	10.	36MM	5	1	
466	LOADCN	6														
467	WAVE	STOK	2.	47.1	5.8			315.		D	0.	10.	36MM	5	1	
468	LOADCN	7														
469	WAVE	STOK	2.5	47.1	6.2			315.		D	0.	10.	36MM	5	1	
470	LOADCN	8														
471	WAVE	STOK	3.	47.1	6.5			315.		D	0.	10.	36MM	5	1	
472	LOADCN	9														
473	WAVE	STOK	3.5	47.1	6.7			315.		D	0.	10.	36MM	5	1	
474	LOADCN	10														
475	WAVE	STOK	4.	47.1	6.9			315.		D	0.	10.	36MM	5	1	
476	LOADCN	11														
477	WAVE	STOK	4.5	47.1	7.1			315.		D	0.	10.	36MM	5	1	
478	LOADCN	12														
479	WAVE	STOK	5.	47.1	7.3			315.		D	0.	10.	36MM	5	1	
480	LDCOMB	13	110.	1	100.	2		100.	3							
481	LDCOMB	14	110.	1	100.	2		100.	4							
482	LDCOMB	15	110.	1	100.	2		100.	5							
483	LDCOMB	16	110.	1	100.	2		100.	6							
484	LDCOMB	17	110.	1	100.	2		100.	7							
485	LDCOMB	18	110.	1	100.	2		100.	8							
486	LDCOMB	19	110.	1	100.	2		100.	9							
487	LDCOMB	20	110.	1	100.	2		100.	10							
488	LDCOMB	21	110.	1	100.	2		100.	11							
489	LDCOMB	22	110.	1	100.	2		100.	12							
490	END															

INPUT PROGRAM SEISMIC ANALYSIS STRUKTUR JACKET BRACE TIPE X

* * * Echo Of Input Data - PREP * * *

Line 1...5....0....5....0....5....0....5....0....5....0....5....0....5....0

```

1      KONFIGURASI BRACE STRUKTUR JACKET TIPE X
2  OPTIONS          PA19           1LDPTPTPTPT    PTPT   PT      7
3  LDOPT       FL    10.080     78.5     -50.     47.1
4  UNITI S
5  UNITO S
6  DYNOPT  10
7  RSPOPT  10    3.5
8  DYNMAS   1    2

|
|
|
|
```

444	WGHTCN	1													
445	DEAD	-Z													
446	WGHTCN	2													
447	WGHT	133													
448	WGHT	183													
449	WGHT	128													
450	WGHT	178													
451	WGHT	128													
452	WGHT	178													
453	LOADCN	1													
454	END														

INPUT PROGRAM SEISMIC ANALYSIS STRUKTUR JACKET BRACE TIPE X

* * * Echo Of Input Data - PREP * * *

Line 1...5....0....5....0....5....0....5....0....5....0....5....0....5....0

```

1      KONFIGURASI BRACE STRUKTUR JACKET TIPE X
2  OPTIONS          PA19           1LDPTPTPTPT    PTPT   PT      7
3  LDOPT       FL    10.080     78.5     -50.     47.1
4  UNITI S
5  UNITO S

|
|
|
|
```

449	LOADCN	1													
450	DEAD	-Z													
451	LOADCN	2													
452	LOAD	133													
453	LOAD	183													
454	LOAD	128													
455	LOAD	178													
456	LOAD	128													
457	LOAD	178													
458	LOADCN	3													
459	CURR	0.0	1.3	315.											
460	CURR	50.	0.8	315.											
461	WAVE	STOK	4.3	47.1	8.0		315.	D	0.	10.	36MM	5	1		
462	LOAD	133		22.240			-62.930								
463	LOAD	183		22.240			-62.930								
464	LOAD	128		22.240			62.930								
465	LOAD	178		22.240			62.930								
466	LOADCN	4													
467	SPLOAD		A P		CQC			1.	1.	0.6					
468	SPECT	10		3.5											
469	RESP	1.79E-11	88E-12	71E-13	07E-13	75E-13	75E-13	75E-13	75E-13	75E-13					
470	PRFQ	1.0048	0.9550	0.6641	0.5855	0.4569	0.4565	0.4185	0.4115	0.4080	0.3872				

```
471 LOADCN 5
472 SPLOAD          V P          CQC      1. 1. 0.6
473 SPECT          10 3.5
474 RESP           2.87E-22.87E-22.87E-22.73E-22.73E-22.50E-22.46E-22.44E-22.31E-2
475 PRFQ           1.0048 0.9550 0.6641 0.5855 0.4569 0.4565 0.4185 0.4115 0.4080 0.3872
476 LOADCN 6
477 SPLOAD          D P          CQC      1. 1. 0.6
478 SPECT          10 3.5
479 RESP           4.59E-34.36E-33.03E-32.67E-31.99E-31.98E-31.66E-31.61E-31.58E-31.43E-3
480 PRFQ           1.0048 0.9550 0.6641 0.5855 0.4569 0.4565 0.4185 0.4115 0.4080 0.3872
481 LDCOMB          7 110. 1   2   3
482 LDCOMB          8   7   4
483 LDCOMB          9   7   5
484 LDCOMB          10  7   6
485 LDCOMB          11  7   4
486 LDCOMB          12  7   5
487 LDCOMB          13  7   6
488 END
```

LAMPIRAN
Output Inplace Analysis, Fatigue dan Seismic
JACKET BRACE X

UNITY CHECK HASIL STATIC ANALYSIS

StruCAD*3D Ver. 3.40

KONFIGURASI BRACE STRUKTUR JACKET TIPE X

* * * Member Group Summary Report * * *														
Group II - Unity Checks Greater Than .25 And Less Than .50														
Member JA -JB	Group ID	Maximum Combined Unity CK	Load Case NO.	Dist From End(M)	Axial Stress /---- (N/MM^2)	Bending Y Z ---/	Stress ---/	Shear Force Fy Fz --/ (KN) -/	KLY/RY	KLZ/RZ	Second-Highest Unity Check	Third-Highest Unity Check	Second-Highest Load Case	Third-Highest Load Case
27-	28	S21	.304	11	.0	8.35	67.63	-.92 -1.06 34.51	69.4	69.4	.302	10	.301	9
61-	62	S21	.294	12	.0	8.94	64.28	-1.92 1.84 33.84	69.4	69.4	.292	11	.291	8
27-	46	S22	.266	12	.0	5.12	61.89	.75 .73 33.58	59.2	59.2	.264	9	.261	8
46-	61	S22	.269	9	10.4	5.61	62.04	.78 -.72 -33.64	59.2	59.2	.269	10	.263	8
30-	35	S22	.380	11	.0	8.94	86.23	5.17 -3.10 52.07	40.5	40.5	.378	12	.375	10
60-	64	S22	.375	11	7.1	8.07	86.08	2.36 2.18 -50.33	40.5	40.5	.374	10	.368	9
67-	88	S32	.255	9	.0	24.79	34.86	-6.85 4.78 24.97	49.0	49.0	.253	10	.242	8
72-	77	S32	.391	11	.0	28.72	64.79	8.96 -6.71 49.19	30.2	30.2	.381	10	.366	9
103-	109	S32	.371	11	5.3	27.21	61.98	5.00 5.31 -45.27	30.2	30.2	.358	12	.356	10
5-	30	C1A	.490	12	.0	-78.31	-4.07	-12.48 48.79 -19.45	31.9	31.9	.464	8	.433	9
30-	72	C1B	.344	12	.0	-57.71	-4.28	-4.25 32.58 -27.64	30.9	30.9	.330	8	.323	9
72-	133	C1C	.286	12	15.1	-46.25	5.31	7.26 23.28 -17.67	25.7	25.7	.277	8	.277	9
26-	64	C2A	.479	8	.0	-76.31	-.61	13.12 -53.78 -.29	31.9	31.9	.468	9	.452	12
64-	109	C2B	.339	8	.0	-57.12	-3.82	4.19 -39.15 -11.68	30.9	30.9	.332	12	.331	9
109-	183	C2C	.284	8	15.1	-46.16	5.02	-7.00 -20.34 -21.22	25.7	25.7	.283	12	.277	9

22-	61	C3A	.329	10	.0	-53.79	-.72	7.19	-27.85	-8.84	32.1	32.1	.322	11	.305	9
61-	104	C3B	.277	11	.0	-46.47	-4.92	-.22	-1.33	-34.40	31.0	31.0	.276	10	.266	9
104-	178	C3C	.255	10	15.1	-42.88	5.29	2.05	17.83	-18.66	25.9	25.9	.253	11	.252	9
1-	27	C4A	.291	12	.0	-45.32	3.59	-8.99	35.61	11.29	32.1	32.1	.286	11	.273	10
27-	67	C4B	.270	11	.0	-45.02	-5.03	.93	-21.22	-13.71	31.0	31.0	.267	10	.261	9
67-	128	C4C	.255	11	.0	-43.77	-.91	4.45	-55.06	-6.19	25.9	25.9	.254	10	.251	9
67-2222	MJ		.295	9	.0	-33.48	2.49	15.44	-7.77	5.71	73.0	73.0	.291	8	.288	12
2222-	30	MJ	.339	12	14.0	-38.66	9.41	-7.66	-3.53	-6.95	79.7	79.7	.333	8	.331	9
6666-	72	PF1	.270	10	12.3	-25.38	13.61	17.24	12.14	-13.14	79.3	79.3	.253	11	.251	9

HASIL STATIC ANALYSIS

KONFIGURASI BRACE STRUKTUR JACKET TIPE X

* * * Member Detail Report * * *

Member JA- JB	GRP ID	Dist Load From Case End	Force Fx (KN)	*Bending Moment*		*Shear Force*		Torsion Mx (KN-MM)	Axial Stress /----- (KN)	Bending Stress Y Z (N/MM^2)	Comb. Shear Stress /----- (N/MM^2)	Max Comb. Unity Check		
				Mx /-- (KN)	Mz --/ (KN-MM)	Fy /-- (KN)	Fz /- (KN-MM)							
5- 30 C1A	1	.0	-1153.51	17268.7	-95191.5	12.51	-.86	-27003.8	-11.63	-.42	-2.34	-14.01	.59	.075
	2		-5694.58	-11593.1	-240169.6	15.37	1.56	-5475.6	-57.41	.29	-5.91	-63.33	.38	.343
	3		-324.75	-22211.0	-199744.8	26.60	1.37	-16417.1	-3.27	.55	-4.92	-8.22	.74	.040
	4		127.27	-163836.5	-124510.8	18.00	21.04	-33817.7	1.28	4.03	-3.06	6.35	.97	.029
	5		670.61	-225635.4	25305.6	-1.42	27.06	-34387.4	6.76	5.55	.62	12.35	.97	.057
	6		789.10	-149242.0	149857.4	-16.86	17.69	-7700.7	7.96	3.67	3.69	13.16	.59	.061
	7		-803.92	157801.2	-162413.3	19.65	-20.05	6201.7	-8.10	-3.88	-4.00	-13.68	.64	.070
	8		-7288.20	-14808.6	-544625.0	55.74	1.98	-51596.9	-73.48	.36	-13.40	-86.89	1.76	.464
	9		-6836.18	-156434.0	-469391.1	47.14	21.65	-68997.4	-68.92	3.85	-11.55	-81.10	1.89	.433
	10		-6292.84	-218233.0	-319574.7	27.72	27.66	-69567.1	-63.44	5.37	-7.86	-72.97	1.65	.392
	11		-6174.34	-141839.6	-195022.9	12.28	18.30	-42880.5	-62.25	3.49	-4.80	-68.18	.97	.371
	12		-7767.36	165203.6	-507293.5	48.79	-19.45	-28978.1	-78.31	-4.07	-12.48	-91.44	1.42	.490
1 18.7	1	-1027.28	-116866.2	138703.7	12.51	-13.49	-27003.8	-10.36	2.88	3.41	-14.82	.70	.078	
	2		-5694.58	17560.9	47159.2	15.37	1.56	-5475.6	-57.41	-.43	1.16	-58.65	.38	.325
	3		-324.74	5026.4	-17121.8	-8.13	1.61	-16417.1	-3.27	-.12	-.42	-3.71	.37	.020
	4		127.27	3298.4	-10980.4	-6.62	-4.09	-33817.7	1.28	-.08	-.27	1.57	.57	.007
	5		670.61	19215.8	-1162.8	-1.42	-1.61	-34387.4	6.76	-.47	-.03	7.23	.47	.034
	6		789.10	15835.2	-7000.2	-.03	-.25	-7700.7	7.96	-.39	-.17	8.38	.10	.039
	7		-803.92	-2958.0	-7370.4	-3.85	3.73	6201.7	-8.10	.07	-.18	-8.30	.18	.046
	8		-7149.34	-105965.5	182611.4	21.00	-11.67	-51596.9	-72.08	2.61	4.49	-77.27	1.12	.422
	9		-6697.33	-107693.5	188752.8	22.52	-17.37	-68997.4	-67.52	2.65	4.65	-72.87	1.42	.398
	10		-6153.99	-91776.1	198570.4	27.72	-14.89	-69567.1	-62.04	2.26	4.89	-67.43	1.49	.367
	11		-6035.49	-95156.7	192733.0	29.11	-13.52	-42880.5	-60.85	2.34	4.74	-66.14	1.17	.360
	12		-7628.51	-113949.9	192362.8	25.29	-9.54	-28978.1	-76.91	2.80	4.73	-82.41	.90	.451

UNITY CHECK HASIL FATIGUE ANALYSIS

StruCAd*3D Ver. 3.40

KONFIGURASI BRACE STRUKTUR JACKET TIPE X

* * * Member Group Summary Report * * *

Group II - Unity Checks Greater Than .25 And Less Than .50

Member JA - JB	Group ID	Maximum Combined Unity CK	Load Case NO.	Dist From End(M)	Axial Stress /---- (N/MM^2)	Bending Stress Y ---/ Z ---/	Shear Force Fy /-- (KN) -/ Fz	KLY/RY KLZ/RZ	Second-Highest Unity Check	Third-Highest Unity Check	Second-Highest Load Case	Third-Highest Load Case				
27-	28	S21	.293	13	.0	8.81	64.23	.24	-.16	33.16	69.4	69.4	.293	14	.292	15
61-	62	S21	.295	21	.0	8.73	64.92	-.36	.30	33.94	69.4	69.4	.295	22	.293	20
27-	46	S22	.267	22	.0	5.71	61.41	-.68	.71	33.39	59.2	59.2	.267	21	.265	20
46-	61	S22	.262	21	10.4	5.96	59.79	-2.29	-1.02	-33.26	59.2	59.2	.262	22	.260	20
30-	35	S22	.376	21	.0	8.88	85.29	4.48	-2.14	50.20	40.5	40.5	.375	22	.374	20
60-	64	S22	.364	13	7.1	8.77	82.45	4.57	2.29	-48.71	40.5	40.5	.364	14	.363	15
72-	77	S32	.374	13	.0	28.86	60.25	8.59	-6.00	44.90	30.2	30.2	.361	14	.358	15
103-	109	S32	.364	13	5.3	28.84	57.70	8.23	5.70	-42.47	30.2	30.2	.354	14	.352	15
5-	30	C1A	.460	22	.0	-74.81	-2.31	-10.33	36.02	-7.38	31.9	31.9	.456	21	.451	20
30-	72	C1B	.334	22	.0	-56.19	-4.15	-3.90	26.00	-22.55	30.9	30.9	.334	21	.332	20
72-	133	C1C	.278	22	15.1	-45.38	4.49	6.82	22.78	-16.05	25.7	25.7	.278	21	.278	20
26-	64	C2A	.433	22	.0	-70.17	2.13	10.07	-34.71	10.06	31.9	31.9	.431	21	.430	20
64-	109	C2B	.326	21	.0	-55.01	-3.82	3.74	-26.52	-3.14	30.9	30.9	.326	18	.326	20
109-	183	C2C	.276	13	15.1	-45.23	4.22	-6.70	-27.76	-17.30	25.7	25.7	.276	14	.276	15
22-	61	C3A	.282	13	.0	-46.78	3.97	3.59	-7.87	13.80	32.1	32.1	.281	14	.278	15

61-	104	C3B	.260	14	.0	-43.86	-4.35	.13	-2.17	-13.16	31.0	31.0	.260	13	.260	15
1-	27	C4A	.289	22	.0	-46.78	3.37	-6.24	18.03	10.92	32.1	32.1	.288	21	.286	20
27-	67	C4B	.262	14	.0	-43.97	-4.57	.16	2.02	-13.07	31.0	31.0	.262	13	.262	15
67-	2222	MJ	.273	22	12.8	-34.53	8.27	-1.55	-1.63	-7.14	73.0	73.0	.271	21	.268	20
2222-	30	MJ	.314	22	14.0	-36.21	10.46	-2.76	-1.05	-7.98	79.7	79.7	.311	21	.306	20
8888-	109	PF1	.250	22	12.3	-27.12	10.26	-8.31	-6.00	-9.31	79.3	79.3	.249	21	.247	20
104-	4444	MJ	.283	22	12.8	-34.32	8.96	6.62	1.68	-8.43	73.0	73.0	.279	21	.275	20
4444-	64	MJ	.323	22	14.0	-36.12	12.17	-4.58	-2.43	-9.00	79.7	79.7	.318	21	.313	20
133-	140	S42	.270	14	.0	-5.89	61.01	5.97	-5.22	60.01	21.6	21.6	.269	13	.269	15

HASIL FATIGUE ANALYSIS

KONFIGURASI BRACE STRUKTUR JACKET TIPE X

* * * Member Detail Report * * *

Member JA- JB	GRP ID	Load Case	From End	Force Fx (M)	*Bending Moment*		*Shear Force*		Torsion Mx (KN-MM)	Axial Stress Y (N/MM^2)	Bending Stress Z (N/MM^2)	Comb. Shear Stress (N/MM^2)	Max Comb. Unity Check			
					Mx (KN-MM)	Mz --/ (KN-MM) --/	Fy /-- (KN) --/	Fz /-- (KN) --/								
5-	30	CIA	1	.0	-1147.97	16559.3	-94644.1	12.45	-.74	-27283.5	-11.57	-.41	-2.33	-13.94	.59	.075
			2	-5694.58	-11961.7	-240167.4	15.37	1.62	-5578.5	-57.41	.29	-5.91	-63.33	.38	.343	
			3	-3.81	26.6	-1129.9	.10	-.03	34.3	-.04	.00	-.03	-.07	.00	.000	
			4	-32.10	5225.3	-4374.7	.26	-.33	682.9	-.32	-.13	-.11	-.49	.02	.003	
			5	-85.80	13739.6	-11344.5	.68	-.88	1137.2	-.87	-.34	-.28	-1.30	.04	.007	
			6	-134.85	21552.5	-17990.4	1.06	-1.39	1754.8	-1.36	-.53	-.44	-2.05	.06	.011	
			7	-194.40	32622.2	-27034.4	1.84	-2.39	1838.9	-1.96	-.80	-.67	-3.00	.08	.016	
			8	-248.20	43235.2	-36156.8	2.73	-3.44	2160.3	-2.50	-1.06	-.89	-3.89	.12	.020	
			9	-295.26	52502.3	-44235.5	3.45	-4.28	3077.2	-2.98	-1.29	-1.09	-4.67	.15	.024	
			10	-353.43	63215.2	-53639.7	4.37	-5.31	3193.7	-3.56	-1.56	-1.32	-5.60	.18	.029	
			11	-414.64	76302.9	-65359.1	5.80	-6.89	3206.7	-4.18	-1.88	-1.61	-6.65	.22	.034	
			12	-462.50	87549.6	-75347.6	6.96	-8.18	4238.1	-4.66	-2.15	-1.85	-7.51	.27	.039	
			13	-6961.16	6280.0	-345405.8	29.17	.77	-35556.0	-70.18	-.15	-8.50	-78.68	1.03	.425	
			14	-6989.46	11478.7	-348650.6	29.32	.47	-34907.4	-70.47	-.28	-8.58	-79.05	1.02	.427	
			15	-7043.16	19993.1	-355620.4	29.74	-.07	-34453.1	-71.01	-.49	-8.75	-79.77	1.02	.431	
			16	-7092.20	27806.0	-362266.3	30.13	-.59	-33835.6	-71.50	-.68	-8.91	-80.44	1.02	.435	
			17	-7151.76	38875.6	-371310.3	30.90	-1.58	-33751.4	-72.10	-.96	-9.14	-81.29	1.04	.439	
			18	-7205.55	49488.7	-380432.7	31.80	-2.64	-33430.0	-72.65	-1.22	-9.36	-82.09	1.05	.443	
			19	-7252.61	58755.8	-388511.4	32.51	-3.48	-32513.1	-73.12	-1.45	-9.56	-82.79	1.06	.447	
			20	-7310.78	69468.7	-397915.7	33.43	-4.51	-32396.6	-73.71	-1.71	-9.79	-83.65	1.08	.451	
			21	-7372.00	82556.3	-409635.0	34.86	-6.09	-32383.6	-74.32	-2.03	-10.08	-84.61	1.11	.456	
			22	-7419.85	93803.1	-419623.5	36.02	-7.38	-31352.3	-74.81	-2.31	-10.33	-85.39	1.13	.460	
	1	18.7	-1021.74	-115260.1	138047.3	12.45	-13.36	-27283.5	-10.30	2.84	3.40	-14.73	.70	.077		
			2	-5694.58	18254.5	47146.1	15.37	1.62	-5578.5	-57.41	-.45	1.16	-58.66	.38	.325	
			3	-3.80	-408.4	701.8	.09	-.01	34.3	-.04	.01	.02	-.06	.00	.000	
			4	-32.10	-2547.2	2134.1	.52	-.56	682.9	-.32	.06	.05	-.41	.02	.002	
			5	-85.80	-4236.5	3755.8	1.02	-1.09	1137.2	-.87	.10	.09	-1.00	.04	.005	
			6	-134.85	-4789.1	3931.8	1.32	-1.39	1754.8	-1.36	.12	.10	-1.51	.06	.008	
			7	-194.40	-3764.9	1708.3	1.02	-1.18	1838.9	-1.96	.09	.04	-2.06	.05	.011	
			8	-248.20	-2570.9	-216.3	.66	-.87	2160.3	-2.50	.06	-.01	-2.57	.05	.014	
			9	-295.26	-2835.8	-366.3	.69	-.90	3077.2	-2.98	.07	-.01	-3.05	.06	.017	

10	-353.43	-1357.8	-2897.5	.20	-.55	3193.7	-3.56	.03	-.07	-3.64	.05	.020
11	-414.64	735.4	-6203.1	-.66	.17	3206.7	-4.18	-.02	-.15	-4.33	.05	.024
12	-462.50	896.5	-6964.4	-.97	.46	4238.1	-4.66	-.02	-.17	-4.84	.07	.027
13	-6822.31	-108940.0	199700.0	29.15	-13.10	-35556.0	-68.78	2.68	4.91	-74.38	1.08	.406
14	-6850.61	-111078.8	201132.2	29.58	-13.65	-34907.4	-69.07	2.73	4.95	-74.72	1.09	.408
15	-6904.31	-112768.1	202753.9	30.08	-14.17	-34453.1	-69.61	2.78	4.99	-75.32	1.09	.411
16	-6953.35	-113320.7	202929.9	30.38	-14.48	-33835.6	-70.10	2.79	4.99	-75.82	1.09	.414
17	-7012.91	-112296.5	200706.4	30.08	-14.26	-33751.4	-70.70	2.76	4.94	-76.36	1.09	.417
18	-7066.70	-111102.5	198781.9	29.73	-13.96	-33430.0	-71.25	2.73	4.89	-76.85	1.07	.420
19	-7113.76	-111367.4	198631.8	29.75	-13.99	-32513.1	-71.72	2.74	4.89	-77.32	1.06	.422
20	-7171.93	-109889.4	196100.7	29.27	-13.63	-32396.6	-72.31	2.70	4.83	-77.84	1.05	.425
21	-7233.15	-107796.2	192795.0	28.41	-12.91	-32383.6	-72.92	2.65	4.74	-78.36	1.03	.428
22	-7281.00	-107635.1	192033.8	28.09	-12.63	-31352.3	-73.41	2.65	4.73	-78.82	1.01	.431

HASIL SEISMIC (PERIODE NATURAL)

StruCAD*3D Ver. 3.40

KONFIGURASI BRACE STRUKTUR JACKET TIPE X

* * * Report Of Eigen Values * * *				
Mode No.	Frequency (Cyc/Sec)	Eigen Value (1/w^2)	Period (Secs)	Diagonal Check
1	.995249	.025573	1.004773	1.000000
2	1.047133	.023101	.954988	.999999
3	1.505877	.011170	.664065	1.000000
4	1.708065	.008682	.585458	1.000000
5	2.188563	.005288	.456921	.999999
6	2.190456	.005279	.456526	.999999
7	2.389771	.004435	.418450	.999999
8	2.430143	.004289	.411498	.999999
9	2.450927	.004217	.408009	.999999
10	2.582658	.003798	.387198	.999999

UNITY CHECK HASIL SEISMIC ANALYSIS

StruCAD*3D Ver. 3.40

KONFIGURASI BRACE STRUKTUR JACKET TIPE X

* * * Member Group Summary Report * * *

Group II - Unity Checks Greater Than .25 And Less Than .50

Member JA - JB	Group ID	Maximum Combined Unity CK	Load Case	Dist From End(M)	Axial Stress /--- (N/MM^2)	Bending Y Z Stress ---/ ---/	Shear Force Fy Fz KN /-/	KLY/RY	KLZ/RZ	Second-Highest Unity Check	Third-Highest Unity Check	Second-Highest Load Case	Third-Highest Load Case		
27-	28 S21	.310	8	.0	-9.34	-63.25	1.42	.73	33.06	69.4	69.4	.310	9	.310	10
61-	62 S21	.310	8	.0	-8.71	-64.29	1.90	1.84	33.84	69.4	69.4	.310	9	.310	10
27-	46 S22	.274	8	.0	-5.10	-61.89	.76	.73	33.57	59.2	59.2	.274	9	.274	10
46-	61 S22	.269	8	10.4	-5.78	-59.46	3.69	2.46	33.24	59.2	59.2	.269	9	.269	10
30-	35 S22	.385	8	.0	-8.94	-85.78	4.23	1.63	50.34	40.5	40.5	.385	9	.385	10
60-	64 S22	.369	8	7.1	-9.49	-80.79	6.92	2.57	48.33	40.5	40.5	.369	9	.369	10
67-	88 S32	.264	8	.0	-22.57	-34.29	.58	2.14	23.64	49.0	49.0	.264	9	.264	10
88-	104 S32	.273	8	8.6	-23.76	-34.21	6.85	4.85	24.52	49.0	49.0	.273	9	.273	10
72-	77 S32	.370	8	.0	-28.63	-56.02	7.77	4.97	40.88	30.2	30.2	.370	9	.370	10
103-	109 S32	.358	7	5.3	29.86	54.44	11.63	6.31	-40.57	30.2	30.2	.358	8	.358	9
5-	30 C1A	.489	7	.0	-78.25	-4.03	-12.47	48.71	-19.24	31.9	31.9	.489	8	.489	9
30-	72 C1B	.344	7	.0	-57.66	-4.35	-4.27	32.80	-28.30	30.9	30.9	.344	8	.344	9
72-	133 C1C	.283	7	15.1	-46.13	4.56	6.90	22.07	-15.01	25.7	25.7	.283	8	.283	9
26-	64 C2A	.452	7	.0	-71.86	3.97	12.22	-47.38	22.56	31.9	31.9	.452	8	.452	9
64-	109 C2B	.332	7	.0	-56.01	-3.67	4.03	-33.19	2.84	30.9	30.9	.332	8	.332	9

109-	183	C2C	.280	7	15.1	-45.94	4.08	-6.71	-18.43	-26.61	25.7	25.7	.280	8	.280	9
22-	61	C3A	.255	7	.0	-38.74	9.18	3.62	-7.32	37.62	32.1	32.1	.255	8	.255	9
1-	27	C4A	.291	7	.0	-45.32	3.59	-8.99	35.59	11.26	32.1	32.1	.291	8	.291	9
27-	67	C4B	.255	7	.0	-42.97	-4.23	-.54	23.62	-11.47	31.0	31.0	.255	8	.255	9
67-	2222	MJ	.288	7	12.8	-36.85	7.94	1.05	-1.60	-6.40	73.0	73.0	.288	8	.288	9
2222-	30	MJ	.339	7	14.0	-38.65	9.42	-7.67	-3.53	-6.95	79.7	79.7	.339	8	.339	9
8888-	109	PFl	.264	7	12.3	-28.06	10.35	-10.67	-8.16	-9.15	79.3	79.3	.264	8	.264	9
104-	4444	MJ	.313	7	.0	-35.98	2.30	-15.57	7.93	5.53	73.0	73.0	.313	8	.313	9
4444-	64	MJ	.352	7	14.0	-38.49	11.96	-10.01	-5.57	-8.20	79.7	79.7	.352	8	.352	9

HASIL SEISMIC ANALYSIS

KONFIGURASI BRACE STRUKTUR JACKET TIPE X

* * * Member Detail Report * * *

Member JA- JB	GRP ID	Load Case	From End	Force Fx (KN)	*Bending Moment*		*Shear Force* Fy /-- (KN)	Torsion Mx /-- (KN-MM)	Axial Stress Y /-----	Bending Stress Z (N/MM^2)	Comb. Shear Stress (N/MM^2)	Max Comb. Unity Check				
					My /-- (KN-MM)	Mz --/										
5-	30	C1A	1	.0	-1148.24	16356.8	-94648.8	12.45	-.73	-27262.4	-11.58	-.40	-2.33	-13.94	.59	.075
			2	-5694.45	-11997.5	-240126.9	15.37	1.62	-5571.6	-57.41	.30	-5.91	-63.33	.38	.343	
			3	-803.84	157824.9	-162386.4	19.65	-20.06	6266.7	-8.10	-3.88	-4.00	-13.68	.64	.070	
			4	.00	.0	.0	.00	.00	.0	.00	.00	.00	.00	.00	.000	
			5	.00	.0	.0	.00	.00	.0	.00	.00	.00	.00	.00	.000	
			6	.00	.0	.0	.00	.00	.0	.00	.00	.00	.00	.00	.000	
			7	-7761.35	163819.9	-506626.9	48.71	-19.24	-29293.4	-78.25	-4.03	-12.47	-91.35	1.42	.489	
			8	-7761.35	163819.9	506626.9	48.71	19.24	29293.4	-78.25	-4.03	12.47	-91.35	1.42	.489	
			9	-7761.35	163819.9	506626.9	48.71	19.24	29293.4	-78.25	-4.03	12.47	-91.35	1.42	.489	
			10	-7761.35	163819.9	506626.9	48.71	19.24	29293.4	-78.25	-4.03	12.47	-91.35	1.42	.489	
			11	7761.35	163819.9	506626.9	48.71	19.24	29293.4	78.25	-4.03	12.47	-91.35	1.42	.489	
			12	7761.35	163819.9	506626.9	48.71	19.24	29293.4	78.25	-4.03	12.47	91.35	1.42	.426	
			13	7761.35	163819.9	506626.9	48.71	19.24	29293.4	78.25	-4.03	12.47	91.35	1.42	.426	
			1	18.7	-1022.01	-115258.6	138038.3	12.45	-13.35	-27262.4	-10.30	2.84	3.40	-14.73	.70	.077
			2	-5694.45	18275.1	47128.2	15.37	1.62	-5571.6	-57.41	-.45	1.16	-58.65	.38	.325	
			3	-803.84	-3010.6	-7370.1	-3.85	3.73	6266.7	-8.10	.07	-.18	-8.30	.19	.046	
			4	.00	.0	.0	.00	.00	.0	.00	.00	.00	.00	.00	.000	
			5	.00	.0	.0	.00	.00	.0	.00	.00	.00	.00	.00	.000	
			6	.00	.0	.0	.00	.00	.0	.00	.00	.00	.00	.00	.000	
			7	-7622.50	-111520.1	191600.2	25.21	-9.34	-29293.4	-76.85	2.74	4.72	-82.30	.90	.450	
			8	-7622.50	111520.1	191600.2	25.21	9.34	29293.4	-76.85	-2.74	4.72	-82.30	.90	.450	
			9	-7622.50	111520.1	191600.2	25.21	9.34	29293.4	-76.85	-2.74	4.72	-82.30	.90	.450	
			10	-7622.50	111520.1	191600.2	25.21	9.34	29293.4	-76.85	-2.74	4.72	-82.30	.90	.450	
			11	7622.50	111520.1	191600.2	25.21	9.34	29293.4	76.85	-2.74	4.72	-82.30	.90	.450	
			12	7622.50	111520.1	191600.2	25.21	9.34	29293.4	76.85	-2.74	4.72	82.30	.90	.385	
			13	7622.50	111520.1	191600.2	25.21	9.34	29293.4	76.85	-2.74	4.72	82.30	.90	.385	

LAMPIRAN
Output Inplace Analysis, Fatigue dan Seismic
JACKET BRACE K

UNITY CHECK HASIL STATIC ANALYSIS

StruCADC*3D Ver. 3.40 KONFIGURASI BRACE STRUKTUR JACKET TIPE K

* * * Member Group Summary Report * * *																
Group III - Unity Checks Greater Than .50 And Less Than 1.00																
Member JA -JB	Group ID	Maximum Combined Unity CK	Load Case NO.	Dist From End(M)	Axial Stress /---- (N/MM^2)	Bending Y Z ---/	Shear Force Fy Fz /-/ (KN)	KLY/RY	KLZ/RZ	Second-Highest Unity Check	Third-Highest Unity Check	Second-Highest Load Case	Third-Highest Load Case			
5- 30	C1A	.605	12	18.7	-80.00	-38.68	-4.04	-2.47	120.25	31.9	31.9	.489	10	.466	8	
30-	72	C1B	.576	12	.0	-66.90	-49.82	-9.77	55.15	-174.43	30.9	30.9	.468	10	.432	8
26-	64	C2A	.621	12	18.7	-67.21	43.53	42.63	129.14	-141.90	31.9	31.9	.589	8	.561	9
64-	109	C2B	.615	12	.0	-60.22	43.59	55.04	-261.33	162.70	30.9	30.9	.571	8	.543	9
22-	61	C3A	.525	10	18.8	-54.06	-13.32	54.25	166.89	45.24	32.1	32.1	.501	9	.461	8
61-	104	C3B	.537	10	.0	-50.47	-20.93	61.24	-237.69	-42.25	31.0	31.0	.530	9	.503	8
67-1111	MJ	.620	12	20.2	-37.65	-.03	-24.29	-6.80	-2.06	115.2	115.2	.579	8	.525	9	
133-	140	S42	.642	12	.0	-26.21	128.62	-20.97	19.69	87.43	21.6	21.6	.367	10	.356	5
173-	183	S42	.698	10	3.8	-25.93	144.73	11.95	10.72	-90.40	21.6	21.6	.594	11	.581	9
178-	154	S42	.577	10	.0	-26.01	110.00	-14.32	6.10	51.42	40.4	40.4	.483	9	.468	11

HASIL STATIC ANALYSIS

StruCAD*3D Ver. 3.40 KONFIGURASI BRACE STRUKTUR JACKET TIPE K

* * * Member Detail Report * * *																
Member JA- JB	GRP ID	Load Case	From End (M)	Force Fx (KN)	*Bending Moment*		*Shear Force*		Torsion Mx (KN-MM)	Axial Stress /-----/ (N/MM^2)	Bending Stress Y (N/MM^2)	Comb. Stress Z (N/MM^2)	Shear Stress -----/	Max Comb. Unity Check		
					My --/ (KN-MM) --/	Mz --/ (KN-MM) --/	Fy -- (KN) --/	Fz -- (KN) --/								
173-	183	S42	1	.0	-46.39	54333.4	-3100.4	3.61	-45.52	32802.0	-2.35	-22.76	-1.30	-25.14	11.49	.101
			2		-460.85	5238.8	-10113.2	9.51	2.33	-3640.6	-23.32	-2.19	-4.24	-28.09	1.75	.135
			3		4.44	-23403.0	-12007.2	10.70	-10.28	-3546.8	.22	9.80	-5.03	11.24	2.24	.044
			4		1.87	-52676.3	-8442.0	6.11	-23.54	-312.8	.09	22.06	-3.54	22.44	2.53	.088
			5		-.57	-80005.0	1397.9	-2.76	-36.19	4460.0	-.03	33.51	.59	-33.55	4.61	.131
			6		-1.75	-56587.0	11275.4	-10.97	-25.83	6814.6	-.09	23.70	4.72	-24.26	4.27	.095
			7		.83	55097.4	-8203.1	8.92	25.20	-6641.0	.04	-23.08	-3.44	23.38	4.10	.092
			8		-507.44	41602.6	-25530.9	24.19	-58.01	28894.8	-25.68	-17.43	-10.69	-46.12	12.41	.209
			9		-510.01	12329.3	-21965.6	19.60	-71.27	32128.9	-25.81	-5.16	-9.20	-36.36	14.21	.171
			10		-512.45	-14999.5	-12125.7	10.72	-83.93	36901.6	-25.93	6.28	-5.08	-34.01	16.29	.162
			11		-513.63	8418.6	-2248.2	2.52	-73.57	39256.2	-25.99	-3.53	-.94	-29.64	15.67	.144
			12		-511.05	120102.9	-21726.7	22.41	-22.54	25800.6	-25.86	-50.31	-9.10	-76.98	8.62	.330
			1	3.8	-46.39	-129432.3	10602.8	3.61	-51.40	32802.0	-2.35	54.22	4.44	-56.74	12.09	.225
			2		-460.85	14092.9	25952.7	9.51	2.33	-3640.6	-23.32	-5.90	10.87	-35.69	1.75	.165
			3		4.44	-62365.8	28567.2	10.70	-10.28	-3546.8	.22	26.12	11.97	28.96	2.24	.114
			4		1.87	-141928.1	14742.9	6.11	-23.54	-312.8	.09	59.45	6.18	59.86	2.53	.234
			5		-.57	-217253.0	-9077.7	-2.76	-36.19	4460.0	-.03	91.00	-3.80	-91.11	4.61	.357
			6		-1.75	-154549.2	-30314.1	-10.97	-25.83	6814.6	-.09	64.74	-12.70	-66.06	4.27	.259
			7		.83	150648.5	25619.5	8.92	25.20	-6641.0	.04	-63.10	10.73	64.05	4.10	.251
			8		-507.44	-190648.4	66183.0	24.19	-64.48	28894.8	-25.68	79.86	27.72	-110.21	13.02	.460
			9		-510.01	-270210.7	52358.7	19.60	-77.74	32128.9	-25.81	113.18	21.93	-141.10	14.84	.581
			10		-512.45	-345535.6	28538.2	10.72	-90.40	36901.6	-25.93	144.73	11.95	-171.16	16.94	.698
			11		-513.63	-282831.8	7301.7	2.52	-80.04	39256.2	-25.99	118.47	3.06	-144.50	16.33	.594
			12		-511.05	22365.9	63235.3	22.41	-29.01	25800.6	-25.86	-9.37	26.49	-53.96	9.11	.240

UNITY CHECK HASIL FATIGUE ANALYSIS

StruCAD*3D Ver. 3.40 KONFIGURASI BRACE STRUKTUR JACKET TIPE K

* * * Member Group Summary Report * * *

Group III - Unity Checks Greater Than .50 And Less Than 1.00

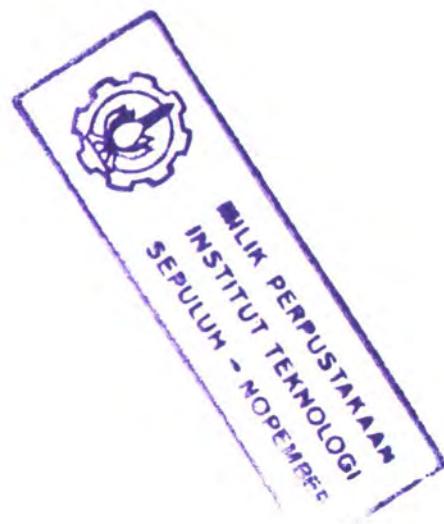
Member JA -JB	Group ID	Maximum Combined Unity CK	Load Case NO.	Dist From End(M)	Axial Stress /-----(N/MM^2)	Bending Stress Y ---/ (N/MM^2)	Bending Stress Z ---/ (N/MM^2)	Shear Force Fy /-/(KN)	Shear Force Fz /-/(KN)	KLY/RY	KLZ/RZ	Second-Highest Unity Check	Third-Highest Unity Check	Second-Highest Load Case	Third-Highest Load Case
5- 30	C1A	.501	22	18.7	-64.63	34.80	-.74	9.29	-108.89	31.9	31.9	.488	21	.476	20
26- 64	C2A	.527	22	18.7	-72.21	-30.70	1.18	-7.39	94.24	31.9	31.9	.510	21	.492	20
64- 109	C2B	.508	22	.0	-62.47	-40.04	4.74	-19.38	-124.92	30.9	30.9	.491	21	.474	20
173- 183	S42	.654	22	3.8	-26.22	133.45	.30	-.39	-86.12	21.6	21.6	.620	21	.586	20
178- 154	S42	.503	22	.0	-26.06	92.01	-4.86	2.49	44.99	40.4	40.4	.473	21	.442	20

HASIL FATIGUE ANALYSIS

StruCAD*3D Ver. 3.40 KONFIGURASI BRACE STRUKTUR JACKET TIPE K

Member JA- JB	GRP ID	Load Case	From End (M)	Member Detail Report												Max Comb. Unity Check	
				Dist (KN)	Force Fx	*Bending Moment*		*Shear Force*		Torsion Mx	Axial Stress KN	Bending Y Z	Stress (N/MM^2)	Comb. Stress (N/MM^2)	Shear Stress (N/MM^2)		
						My	Mz	Fy	Fz								
173-	183	S42	1	,0	-46.46	54419.3	-1651.9	2.43	-45.49	33430.6	-2.35	-22.79	-.69	-25.16	11.61	.101	
			2		-459.64	1520.0	5119.6	-3.26	.04	2231.0	-23.26	-.64	2.14	-25.50	.80	.125	
			3		.21	-4507.6	-95.1	.05	-2.05	220.1	.01	1.89	-.04	1.90	.25	.007	
			4		-1.28	-5846.6	-80.5	.00	-2.62	285.6	-.06	2.45	-.03	-2.51	.32	.010	
			5		-1.36	-14268.4	-228.3	.03	-6.46	696.6	-.07	5.98	-.10	-6.05	.80	.024	
			6		-1.81	-21748.5	-349.2	.06	-9.85	1062.0	-.09	9.11	-.15	-9.20	1.22	.036	
			7		-2.33	-29094.8	-469.1	.08	-13.18	1421.7	-.12	12.19	-.20	-12.31	1.63	.048	
			8		-3.06	-36141.1	-589.6	.10	-16.36	1767.2	-.16	15.14	-.25	-15.30	2.03	.060	
			9		-4.03	-43139.3	-714.9	.12	-19.51	2110.9	-.20	18.07	-.30	-18.28	2.42	.072	
			10		-5.12	-50620.5	-851.1	.15	-22.88	2478.6	-.26	21.20	-.36	-21.47	2.83	.084	
			11		-6.27	-58160.4	-990.0	.18	-26.27	2849.9	-.32	24.36	-.41	-24.68	3.26	.097	
			12		-7.46	-65664.6	-1133.0	.21	-29.65	3219.3	-.38	27.50	-.47	-27.89	3.68	.110	
			13		-510.54	56873.6	3207.4	-.55	-52.05	39224.8	-25.84	-23.82	1.34	-49.70	13.48	.223	
			14		-512.03	55534.6	3222.0	-.59	-52.62	39290.3	-25.91	-23.26	1.35	-49.21	13.55	.221	
			15		-512.11	47112.8	3074.2	-.56	-56.46	39701.3	-25.91	-19.73	1.29	-45.69	14.03	.207	
			16		-512.56	39632.7	2953.4	-.54	-59.85	40066.7	-25.94	-16.60	1.24	-42.58	14.45	.195	
			17		-513.08	32286.4	2833.4	-.51	-63.18	40426.3	-25.96	-13.52	1.19	-39.54	14.86	.183	
			18		-513.82	25240.1	2712.9	-.49	-66.36	40771.9	-26.00	-10.57	1.14	-36.63	15.26	.172	
			19		-514.78	18241.9	2587.6	-.47	-69.51	41115.5	-26.05	-7.64	1.08	-33.77	15.65	.161	
			20		-515.87	10750.7	2451.4	-.44	-72.88	41483.3	-26.10	-4.51	1.03	-30.73	16.06	.149	
			21		-517.02	3220.8	2312.5	-.41	-76.27	41854.6	-26.16	-1.35	.97	-27.82	16.49	.138	
			22		-518.21	-4283.4	2169.5	-.39	-79.65	42224.0	-26.22	1.79	.91	-28.23	16.90	.139	
			1	3.8	-46.46	-129230.5	7561.4	2.43	-51.37	33430.6	-2.35	54.13	3.17	-56.57	12.21	.224	
			2		-459.64	1656.5	-7260.6	-3.26	.04	2231.0	-23.26	-.69	-3.04	-26.38	.80	.129	
			3		.21	-12278.9	77.2	.05	-2.05	220.1	.01	5.14	.03	5.15	.25	.020	
			4		-1.28	-15779.2	-69.5	.00	-2.62	285.6	-.06	6.61	-.03	-6.67	.32	.026	
			5		-1.36	-38751.8	-96.1	.03	-6.46	696.6	-.07	16.23	-.04	-16.30	.80	.064	
			6		-1.81	-59096.1	-133.2	.06	-9.85	1062.0	-.09	24.75	-.06	-24.85	1.22	.097	
			7		-2.33	-79058.4	-172.8	.08	-13.18	1421.7	-.12	33.12	-.07	-33.23	1.63	.130	
			8		-3.06	-98170.6	-207.6	.10	-16.36	1767.2	-.16	41.12	-.09	-41.28	2.03	.162	
			9		-4.03	-117128.8	-244.0	.12	-19.51	2110.9	-.20	49.06	-.10	-49.27	2.42	.193	

10	-5.12	-137379.9	-273.1	.15	-22.88	2478.6	-.26	57.54	-.11	-57.80	2.83	.227
11	-6.27	-157785.1	-314.9	.18	-26.27	2849.9	-.32	66.09	-.13	-66.41	3.26	.260
12	-7.46	-178095.2	-352.5	.21	-29.65	3219.3	-.38	74.60	-.15	-74.98	3.68	.294
13	-510.54	-152776.0	1134.1	-.55	-58.52	39224.8	-25.84	63.99	.48	-89.83	14.14	.380
14	-512.03	-156276.3	987.5	-.59	-59.09	39290.3	-25.91	65.46	.41	-91.37	14.21	.386
15	-512.11	-179248.9	960.8	-.56	-62.93	39701.3	-25.91	75.08	.40	-101.00	14.68	.424
16	-512.56	-199593.2	923.8	-.54	-66.32	40066.7	-25.94	83.60	.39	-109.54	15.10	.457
17	-513.08	-219555.5	884.1	-.51	-69.65	40426.3	-25.96	91.97	.37	-117.93	15.52	.490
18	-513.82	-238667.8	849.4	-.49	-72.83	40771.9	-26.00	99.97	.36	-125.97	15.91	.522
19	-514.78	-257625.9	813.0	-.47	-75.99	41115.5	-26.05	107.91	.34	-133.96	16.30	.553
20	-515.87	-277877.0	783.8	-.44	-79.35	41483.3	-26.10	116.39	.33	-142.50	16.72	.586
21	-517.02	-298282.2	742.1	-.41	-82.75	41854.6	-26.16	124.94	.31	-151.10	17.14	.620
22	-518.21	-318592.3	704.4	-.39	-86.12	42224.0	-26.22	133.45	.30	-159.67	17.56	.654



HASIL SEISMIC (PERIODE NATURAL)

StruCAD*3D Ver. 3.40 KONFIGURASI BRACE STRUKTUR JACKET TIPE K

* * * Report Of Eigen Values * * *				
Mode No.	Frequency (Cyc/Sec)	Eigen Value (1/w^2)	Period (Secs)	Diagonal Check
1	.191268	.692397	5.228262	1.000000
2	.552973	.082839	1.808408	.999999
3	.557608	.081467	1.793376	.999999
4	.599495	.070481	1.668072	1.000000
5	.849363	.035112	1.177354	1.000000
6	.918134	.030049	1.089166	1.000000
7	.931891	.029168	1.073087	.999999
8	1.880235	.007165	.531848	1.000000
9	2.145162	.005505	.466165	.999999
10	2.153687	.005461	.464320	1.000000

UNITY CHECK HASIL SEISMIC ANALYSIS

StruCAD*3D Ver. 3.40 KONFIGURASI BRACE STRUKTUR JACKET TIPE K

* * * Member Group Summary Report * * *

Group III - Unity Checks Greater Than .50 And Less Than 1.00

Member JA -JB	Group ID	Maximum Combined Unity CK	Load Case NO.	Dist From End(M)	Axial Stress /---- (N/MM^2)	Bending Y ---/ Z --/ (KN)	Stress /-- (KN)	Shear Force Fy /-/ Fz /-/	KLY/RY	KLZ/RZ	Second-Highest Unity Check	Third-Highest Unity Check	Second-Highest Load Case	Third-Highest Load Case
103- 109	S32	.552	8	5.3	-1.67	-138.73	4.09	3.09 66.72	30.2	30.2	.552	9	.552	10
5- 30	C1A	.505	7	18.7	-60.08	41.94	5.86	28.40 -137.51	31.9	31.9	.505	8	.505	9
26- 64	C2A	.557	7	18.7	-72.51	-37.71	.72	-7.40 120.87	31.9	31.9	.557	8	.557	9
64- 109	C2B	.542	7	.0	-62.42	-48.69	4.12	-14.89 -130.21	30.9	30.9	.542	8	.542	9
1111- 72	MJ	.690	8	21.0	-34.63	-28.06	22.41	10.26 12.63	120.2	120.2	.690	9	.690	10
173- 183	S42	.856	7	3.8	-30.02	180.71	-26.37	-13.89 -106.19	21.6	21.6	.856	8	.856	9

HASIL SEISMIC ANALYSIS

StruCAD*3D Ver. 3.40 KONFIGURASI BRACE STRUKTUR JACKET TIPE K

* * * Member Detail Report * * *

Member JA- JB	GRP ID	Load Case	From End (M)	Force Fx (KN)	*Bending Moment*		*Shear Force*		Torsion Mx (KN-MM)	Axial Stress /-----/ Y (N/MM^2)	Bending Stress Y (N/MM^2)	Comb. Stress Z (N/MM^2)	Shear Stress Z (N/MM^2)	Max Comb. Unity Check		
					My /-- (KN-MM)	Mz --/	Fy /-- (KN)	Fz --/								
173-	183	S42	1	.0	-48.76	54413.8	-2203.4	2.08	-45.66	33328.0	-2.47	-22.79	-.92	-25.28	11.61	.102
			2	-553.03	-23484.2	-7091.9	-18.23	-15.39	3776.2	-27.99	9.84	-2.97	-38.26	3.21	.180	
			3	13.50	-77381.1	-793.9	2.05	-34.10	3578.8	.68	32.41	-.33	33.10	4.21	.130	
			4	.00	.0	.0	.00	.00	.0	.00	.00	.00	.00	.00	.000	
			5	.00	.0	.0	.00	.00	.0	.00	.00	.00	.00	.00	.000	
			6	.00	.0	.0	.00	.00	.0	.00	.00	.00	.00	.00	.000	
			7	-593.16	-41010.1	-10309.6	-13.89	-99.72	44015.8	-30.02	17.18	-4.32	-47.73	19.41	.210	
			8	-593.16	41010.1	10309.6	13.89	99.72	44015.8	-30.02	-17.18	4.32	-47.73	19.41	.210	
			9	-593.16	41010.1	10309.6	13.89	99.72	44015.8	-30.02	-17.18	4.32	-47.73	19.41	.210	
			10	-593.16	41010.1	10309.6	13.89	99.72	44015.8	-30.02	-17.18	4.32	-47.73	19.41	.210	
			11	593.16	41010.1	10309.6	13.89	99.72	44015.8	30.02	-17.18	4.32	-47.73	19.41	.210	
			12	593.16	41010.1	10309.6	13.89	99.72	44015.8	30.02	-17.18	4.32	47.73	19.41	.210	
			13	593.16	41010.1	10309.6	13.89	99.72	44015.8	30.02	-17.18	4.32	47.73	19.41	.210	
			1	3.8	-48.76	-129896.4	5696.1	2.08	-51.55	33328.0	-2.47	54.41	2.39	-56.93	12.20	.226
			2	-553.03	-81844.7	-76204.7	-18.23	-15.39	3776.2	-27.99	34.28	-31.92	-74.83	3.21	.324	
			3	13.50	-206690.0	6975.0	2.05	-34.10	3578.8	.68	86.58	2.92	87.31	4.21	.342	
			4	.00	.0	.0	.00	.00	.0	.00	.00	.00	.00	.00	.000	
			5	.00	.0	.0	.00	.00	.0	.00	.00	.00	.00	.00	.000	
			6	.00	.0	.0	.00	.00	.0	.00	.00	.00	.00	.00	.000	
			7	-593.16	-431420.7	-62964.0	-13.89	-106.19	44015.8	-30.02	180.71	-26.37	-212.64	20.06	.856	
			8	-593.16	431420.7	62964.0	13.89	106.19	44015.8	-30.02	-180.71	26.37	-212.64	20.06	.856	
			9	-593.16	431420.7	62964.0	13.89	106.19	44015.8	-30.02	-180.71	26.37	-212.64	20.06	.856	
			10	-593.16	431420.7	62964.0	13.89	106.19	44015.8	-30.02	-180.71	26.37	-212.64	20.06	.856	
			11	593.16	431420.7	62964.0	13.89	106.19	44015.8	30.02	-180.71	26.37	212.64	20.06	.856	
			12	593.16	431420.7	62964.0	13.89	106.19	44015.8	30.02	-180.71	26.37	212.64	20.06	.856	
			13	593.16	431420.7	62964.0	13.89	106.19	44015.8	30.02	-180.71	26.37	212.64	20.06	.856	

LAMPIRAN
Output Inplace Analysis, Fatigue dan Seismic
JACKET BRACE N

UNITY CHECK HASIL STATIC ANALYSIS

StruCAD*3D Ver. 3.40 KONFIGURASI BRACE STRUKTUR JACKET TIPE N

* * * Member Group Summary Report * * *

Group III - Unity Checks Greater Than .50 And Less Than 1.00

Member JA -JB	Group ID	Maximum Unity CK	Load Case NO.	Dist From End(M)	Axial Stress			Bending Stress		Shear Force		KLY/RY	KLZ/RZ	Second-Highest Unity Check	Highest Load Case	Third-Highest Unity Check	Highest Load Case
					Combined Unity CK	---	/----	(N/MM^2)	---	/--	(KN)	-/					
67- 30 MJ		.743	8	26.8	-24.10	27.53	-1.38		-.37	-25.68		156.6	156.6	.725	12	.670	9
72- 128 PF		.605	12	.0	-20.76	23.09	3.46		-4.65	18.73		154.6	154.6	.562	11	.561	8

HASIL STATIC ANALYSIS

StruCAd*3D Ver. 3.40 KONFIGURASI BRACE STRUKTUR JACKET TIPE N

* * * Member Detail Report * * *																
Member JA-	GRP JB	Load ID	From Case	Dist End (M)	*Bending Moment*			*Shear Force*			Axial Stress Y	Bending Stress Z	Comb. Stress (N/MM^2)	Max Comb. Unity Check		
					Force Fx (KN)	My -- (KN-MM) --/	Mz -- (KN-MM) --/	Fy /-- (KN) --/	Fz /- (KN-MM)	Mx /-----						
67-	30	MJ	1	.0	-25.32	-116718.4	1034.6	-.14	26.22	505.4	-.66	26.37	.23	-27.03	1.42	.114
			2		-591.29	9583.2	11037.8	-.54	-.78	867.8	-15.35	-2.17	2.49	-18.66	.15	.373
			3		-256.93	21093.2	6673.3	-.97	-4.44	-174.4	-6.67	-4.77	1.51	-11.67	.26	.174
			4		-144.33	6728.9	26259.2	-6.25	-1.05	398.7	-3.75	-1.52	5.93	-9.87	.37	.110
			5		52.84	-10343.1	36771.8	-9.60	2.45	793.3	1.37	2.34	8.31	10.00	.60	.039
			6		219.91	-21389.5	14616.9	-4.34	4.68	482.3	5.71	4.83	3.30	11.56	.39	.049
			7		-231.90	23985.7	-19390.0	5.66	-5.36	-540.2	-6.02	-5.42	-4.38	-12.99	.47	.166
			8		-876.08	-97713.8	18849.2	-1.66	23.61	1249.3	-22.75	22.08	4.26	-45.23	1.37	.670
			9		-763.48	-112078.1	38435.1	-6.94	27.01	1822.5	-19.83	25.32	8.68	-46.60	1.65	.613
			10		-566.31	-129150.1	48947.6	-10.29	30.51	2217.1	-14.71	29.18	11.06	-45.91	1.92	.493
			11		-399.24	-140196.6	26792.8	-5.03	32.74	1906.1	-10.37	31.67	6.05	-42.62	1.94	.377
			12		-851.05	-94821.4	-7214.1	4.97	22.69	883.5	-22.10	21.42	-1.63	-43.58	1.31	.645
	1	26.8			-72.75	-113224.1	-2685.6	-.14	-25.96	505.4	-1.89	25.58	-.61	-27.48	1.41	.140
			2		-591.29	-11418.0	-3334.7	-.54	-.78	867.8	-15.35	2.58	-.75	-18.04	.15	.370
			3		-256.93	14111.1	161.9	.32	3.66	-174.4	-6.67	-3.19	.04	-9.86	.21	.167
			4		-144.33	4738.6	22395.3	5.17	1.58	398.7	-3.75	-1.07	5.06	-8.92	.33	.107
			5		52.84	-7762.3	36448.2	7.79	-1.70	793.3	1.37	1.75	8.23	9.79	.50	.038
			6		219.91	-15515.1	19315.3	3.92	-3.78	482.3	5.71	3.51	4.36	11.31	.34	.048
			7		-231.90	15935.9	-22404.0	-4.43	3.79	-540.2	-6.02	-3.60	-5.06	-12.23	.36	.163
			8		-928.25	-121853.4	-6127.0	-.37	-25.68	1249.3	-24.10	27.53	-1.38	-51.67	1.47	.743
			9		-815.65	-131225.9	16106.5	4.48	-27.76	1822.5	-21.18	29.65	3.64	-51.05	1.67	.670
			10		-618.48	-143726.8	30159.3	7.10	-31.04	2217.1	-16.06	32.47	6.81	-49.24	1.90	.542
			11		-451.41	-151479.6	13026.4	3.23	-33.11	1906.1	-11.72	34.22	2.94	-46.07	1.94	.423
			12		-903.22	-120028.6	-28692.8	-5.12	-25.55	883.5	-23.45	27.12	-6.48	-51.34	1.45	.725

UNITY CHECK HASIL FATIGUE ANALYSIS

StruCAD*3D Ver. 3.40 KONFIGURASI BRACE STRUKTUR JACKET TIPE N

* * * Member Group Summary Report * * *

Group III - Unity Checks Greater Than .50 And Less Than 1.00

Member JA -JB	Group ID	Maximum Unity CK	Load Combined Case	Dist From End(M)	Axial Stress /---- (N/MM^2)	Bending Stress Y ---/	Shear Force Fy /-- (KN) -/	KLY/RY	KLZ/RZ	Second-Highest		Third-Highest			
										Unity Check	Load Case	Unity Check	Load Case		
67- 30 MJ		.726	22	26.8	-23.04	29.99	-1.46	-.57	-28.11	156.6	156.6	.709	21	.688	20
72- 128 PF		.595	14	.0	-18.72	31.61	-1.87	.27	26.53	154.6	154.6	.595	13	.580	15

HASIL FATIGUE ANALYSIS

StruCAD*3D Ver. 3.40 KONFIGURASI BRACE STRUKTUR JACKET TIPE N

* * * Member Detail Report * * *																
Member JA- ID	GRP JB	Load Case	From End (M)	Force Fx (KN)	*Bending Moment*		Shear Force* Fy /-- (KN)--/	Torsion Mx ---/ (KN-MM) ---/	Axial Stress /-----/ -----/ (KN)	Bending Stress Y -----/ (N/MM^2)-----/	Comb. Stress Z -----/ (N/MM^2)-----/	Shear Stress -----/ (N/MM^2)-----/				
					My ---/ (KN-MM) ---/	Mz ---/ (KN-MM) ---/										
67-	30	MJ	1	.0	-25.32	-116718.4	1034.6	-.14	26.22	505.4	-.66	26.37	.23	-27.03	1.42	.114
			2	-591.29	9583.2	11037.8	-.54	-.78	867.8	-15.35	-2.17	2.49	-18.66	.15	.373	
			3	-26.89	743.6	222.7	-.02	-.16	-20.6	-.70	-.17	.05	-.87	.01	.017	
			4	-2.41	-683.3	-343.1	.05	.04	29.9	-.06	.15	-.08	-.24	.01	.002	
			5	-32.11	682.7	670.6	-.08	.13	-27.3	-.83	-.15	.15	-1.05	.01	.020	
			6	-59.10	1395.8	1026.3	-.13	.07	-37.6	-1.53	-.32	.23	-1.93	.01	.037	
			7	-87.16	3002.9	1461.8	-.20	-.27	-61.1	-2.26	-.68	.33	-3.02	.02	.055	
			8	-113.64	4232.3	1874.2	-.26	-.51	-77.6	-2.95	-.96	.42	-4.00	.04	.073	
			9	-138.74	4867.8	2282.7	-.31	-.56	-89.3	-3.60	-1.10	.52	-4.82	.04	.088	
			10	-163.63	5499.7	2835.9	-.40	-.85	-128.9	-4.25	-1.24	.64	-5.65	.06	.104	
			11	-190.59	5895.8	3306.7	-.46	-.84	-142.0	-4.95	-1.33	.75	-6.48	.07	.121	
			12	-216.03	9614.8	3904.9	-.56	-1.74	-188.2	-5.61	-2.17	.88	-7.95	.12	.139	
			13	-646.04	-118063.4	12398.6	-.71	27.89	1403.1	-16.78	26.67	2.80	-43.60	1.61	.529	
			14	-621.56	-119490.4	11832.8	-.64	28.09	1453.6	-16.14	27.00	2.67	-43.27	1.62	.514	
			15	-651.26	-118124.4	12846.5	-.77	28.19	1396.4	-16.91	26.69	2.90	-43.76	1.62	.533	
			16	-678.25	-117411.2	13202.2	-.82	28.12	1386.2	-17.61	26.53	2.98	-44.31	1.62	.551	
			17	-706.31	-115804.2	13637.6	-.89	27.78	1362.7	-18.34	26.16	3.08	-44.69	1.60	.569	
			18	-732.79	-114574.8	14050.1	-.95	27.55	1346.2	-19.03	25.89	3.17	-45.11	1.58	.587	
			19	-757.89	-113939.3	14458.6	-1.00	27.50	1334.5	-19.68	25.74	3.27	-45.63	1.58	.604	
			20	-782.78	-113307.3	15011.8	-1.09	27.21	1294.9	-20.33	25.60	3.39	-46.15	1.56	.621	
			21	-809.74	-112911.2	15482.6	-1.15	27.21	1281.7	-21.03	25.51	3.50	-46.78	1.56	.641	
			22	-835.18	-109192.3	16080.8	-1.25	26.31	1235.5	-21.69	24.67	3.63	-46.62	1.51	.655	
1	26.8		1	-72.75	-113224.1	-2685.6	-.14	-25.96	505.4	-1.89	25.58	-.61	-27.48	1.41	.140	
			2	-591.29	-11418.0	-3334.7	-.54	-.78	867.8	-15.35	2.58	-.75	-18.04	.15	.370	
			3	-26.89	-297.4	-122.8	-.01	-.02	-20.6	-.70	.07	-.03	-.77	.00	.016	
			4	-2.41	-696.0	-25.8	.00	-.12	29.9	-.06	.16	-.01	-.22	.01	.002	
			5	-32.11	522.1	-39.7	.01	.19	-27.3	-.83	-.12	-.01	-.95	.01	.020	
			6	-59.10	698.0	-84.4	.01	.31	-37.6	-1.53	-.16	-.02	-1.69	.02	.036	
			7	-87.16	1354.9	-103.7	.03	.51	-61.1	-2.26	-.31	-.02	-2.57	.03	.054	
			8	-113.64	1745.3	-142.1	.04	.66	-77.6	-2.95	-.39	-.03	-3.35	.04	.070	
			9	-138.74	1767.3	-213.5	.05	.75	-89.3	-3.60	-.40	-.05	-4.00	.05	.085	

10	-163.63	1166.6	-146.2	.08	.71	-128.9	-4.25	-.26	-.03	-4.51	.05	.100
11	-190.59	894.9	-245.6	.09	.75	-142.0	-4.95	-.20	-.06	-5.16	.06	.116
12	-216.03	3214.7	-156.7	.12	1.23	-188.2	-5.61	-.73	-.04	-6.34	.09	.133
13	-698.21	-136261.9	-6411.7	-.70	-29.36	1403.1	-18.13	30.79	-1.45	-48.95	1.68	.588
14	-673.73	-136660.5	-6314.7	-.69	-29.46	1453.6	-17.50	30.88	-1.43	-48.40	1.69	.570
15	-703.43	-135442.4	-6328.5	-.68	-29.15	1396.4	-18.27	30.60	-1.43	-48.90	1.67	.590
16	-730.42	-135266.5	-6373.3	-.68	-29.03	1386.2	-18.97	30.56	-1.44	-49.56	1.66	.610
17	-758.48	-134609.7	-6392.6	-.66	-28.83	1362.7	-19.70	30.41	-1.44	-50.14	1.65	.630
18	-784.96	-134219.2	-6430.9	-.65	-28.67	1346.2	-20.38	30.32	-1.45	-50.74	1.64	.649
19	-810.06	-134197.2	-6502.4	-.64	-28.58	1334.5	-21.04	30.32	-1.47	-51.39	1.64	.668
20	-834.95	-134797.9	-6435.1	-.61	-28.63	1294.9	-21.68	30.46	-1.45	-52.17	1.63	.688
21	-861.91	-135069.7	-6534.4	-.60	-28.59	1281.7	-22.38	30.52	-1.48	-52.93	1.63	.709
22	-887.35	-132749.8	-6445.5	-.57	-28.11	1235.5	-23.04	29.99	-1.46	-53.07	1.60	.726

HASIL SEISMIC (PERIODE NATURAL)

StruCAD*3D Ver. 3.40 KONFIGURASI BRACE STRUKTUR JACKET TIPE N

* * * Report Of Eigen Values * * *				
Mode No.	Frequency (Cyc/Sec)	Eigen Value (1/w^2)	Period (Secs)	Diagonal Check
1	.890164	.031967	1.123388	1.000000
2	.928373	.029390	1.077154	1.000000
3	1.188789	.017924	.841192	1.000000
4	1.708035	.008683	.585468	1.000000
5	2.318640	.004712	.431287	1.000000
6	2.582267	.003799	.387257	.999999
7	2.636855	.003643	.379240	.999999
8	2.841537	.003137	.351922	.999999
9	3.015024	.002786	.331672	1.000000
10	3.047920	.002727	.328093	1.000000

UNITY CHECK HASIL SEISMIC ANALYSIS

StruCAD*3D Ver. 3.40 KONFIGURASI BRACE STRUKTUR JACKET TIPE N

* * * Member Group Summary Report * * *

Group III - Unity Checks Greater Than .50 And Less Than 1.00

Member JA-JB	Group ID	Maximum Unity CK	Load Case NO.	Dist From End(M)	Axial Stress /-----(N/MM^2)	Bending Y Z ---/	Shear Force Fy Fz /--(KN) -/	KLY/RY	KLZ/RZ	Second-Highest Unity Check	Third-Highest Unity Check	Second-Highest Load Case	Third-Highest Load Case		
67-	30 MJ	.743	7	26.8	-24.10	27.53	-1.38	-.37	-25.68	156.6	156.6	.743	8	.743	9
61-	109 MJ	.822	8	28.1	-21.99	-38.67	.63	.27	35.11	164.5	164.5	.822	9	.822	10
104-	183 PF	.634	8	24.8	-17.41	-36.35	1.05	.62	30.43	162.3	162.3	.634	9	.634	10
72-	128 PF	.561	7	.0	-19.52	21.36	-2.48	.93	17.36	154.6	154.6	.561	8	.561	9

HASIL SEISMIC ANALYSIS

StruCAd*3D Ver. 3.40 KONFIGURASI BRACE STRUKTUR JACKET TIPE N

* * * Member Detail Report * * *														
Member JA-	Dist JB	GRP ID	Load Case	From End (M)	Force Fx (KN)	*Bending Moment* My /-- (KN-MM) --/ Mz /-- (KN-MM) --/	*Shear Force* Fy /-- (KN) --/ Fz /-- (KN) --/	Torsion Mx /----- (KN-MM) -----/	Axial Stress Y /----- (N/MM^2) -----/	Bending Stress Z /----- (N/MM^2) -----/	Comb. Stress Y /----- (N/MM^2) -----/	Shear Stress Z /----- (N/MM^2) -----/	Max Comb. Unity Check	
61- 109 MJ	1	.0	18.76	-130258.6	686.7	-.01	28.32	593.8	.49	29.43	.16	29.92	1.54	.113
	2		509.80	4347.3	920.6	-.29	-.40	714.4	13.24	-.98	.21	14.24	.11	.066
	3		264.41	-12334.4	-444.4	-.22	3.16	-242.5	6.87	2.79	-.10	9.65	.19	.043
	4		.00	.0	.0	.00	.00	.0	.00	.00	.00	.00	.00	.000
	5		.00	.0	.0	.00	.00	.0	.00	.00	.00	.00	.00	.000
	6		.00	.0	.0	.00	.00	.0	.00	.00	.00	.00	.00	.000
	7		794.84	-151271.5	1231.5	-.52	33.91	1125.1	20.64	34.18	.28	54.82	1.89	.225
	8		-794.84	151271.5	1231.5	.52	33.91	1125.1	-20.64	-34.18	.28	-54.82	1.89	.744
	9		-794.84	151271.5	1231.5	.52	33.91	1125.1	-20.64	-34.18	.28	-54.82	1.89	.744
	10		-794.84	151271.5	1231.5	.52	33.91	1125.1	-20.64	-34.18	.28	-54.82	1.89	.744
	11		794.84	151271.5	1231.5	.52	33.91	1125.1	-20.64	-34.18	.28	-54.82	1.89	.744
	12		794.84	151271.5	1231.5	.52	33.91	1125.1	20.64	-34.18	.28	54.82	1.89	.225
	13		794.84	151271.5	1231.5	.52	33.91	1125.1	20.64	-34.18	.28	54.82	1.89	.225
1	28.1		66.18	-133905.9	455.9	-.01	-28.58	593.8	1.72	30.25	.10	31.97	1.55	.122
	2		509.80	-7031.6	-7276.3	-.29	-.40	714.4	13.24	1.59	-1.64	15.52	.11	.071
	3		264.41	-16835.7	3982.2	.57	-3.27	-242.5	6.87	3.80	.90	10.77	.20	.047
	4		.00	.0	.0	.00	.00	.0	.00	.00	.00	.00	.00	.000
	5		.00	.0	.0	.00	.00	.0	.00	.00	.00	.00	.00	.000
	6		.00	.0	.0	.00	.00	.0	.00	.00	.00	.00	.00	.000
	7		847.01	-171163.7	-2792.6	.27	-35.11	1125.1	21.99	38.67	-.63	60.67	1.95	.249
	8		-847.01	171163.7	2792.6	.27	35.11	1125.1	-21.99	-38.67	.63	-60.67	1.95	.822
	9		-847.01	171163.7	2792.6	.27	35.11	1125.1	-21.99	-38.67	.63	-60.67	1.95	.822
	10		-847.01	171163.7	2792.6	.27	35.11	1125.1	-21.99	-38.67	.63	-60.67	1.95	.822
	11		847.01	171163.7	2792.6	.27	35.11	1125.1	21.99	-38.67	.63	60.67	1.95	.249
	12		847.01	171163.7	2792.6	.27	35.11	1125.1	21.99	-38.67	.63	60.67	1.95	.249
	13		847.01	171163.7	2792.6	.27	35.11	1125.1	21.99	-38.67	.63	60.67	1.95	.249

LAMPIRAN

Tabel Perhitungan Fatigue Analysis
JACKET BRACE X,K,N

PERHITUNGAN FATIGUE LIFE DENGAN METODE API RP 2A
(BRACE TIPE X PADA MEMBER 5-30 C1A)

No	Siklus Beban selama 25 th (n)	Rentang Tegangan Lokal			total (Mpa)	Kelelahan Brace N	Dr n/N
		τ_A (Mpa)	τ_{ipb} (Mpa)	τ_{opb} (Mpa)			
1	23129793	0.5383	37.6073	1.9102	38.1940	135484432.91	0.170719193
2		4.3065	41.3680	3.5656	45.8278	60993570.78	0.116336311
3		11.7082	42.8723	6.2399	55.0322	27360808.86	0.047279633
4		18.3025	44.6774	8.6594	63.8113	14307955.61	0.014608306
5		26.3771	45.8307	12.2250	73.8103	7562736.00	0.004189621
6		33.6443	46.9338	15.5360	83.0826	4503761.46	0.001020480
7		40.1039	47.9367	18.4649	91.4740	2954926.74	0.000284609
8		47.9094	49.0900	21.7758	101.6124	1864673.48	0.000045584
9		56.2532	50.5441	25.8508	113.0244	1169862.74	0.000009403
10		62.7129	51.7977	29.4165	122.2808	828707.69	0.000001207
						$\Sigma Dr =$	0.3545

$$\begin{aligned}
 \text{FATIGUE LIFE} &= 70.52 \text{ tahun} \\
 \text{SCF axial} &= 13,4577 \\
 \text{SCF ipb} &= 5,0143 \\
 \text{SCF opb} &= 12,7344
 \end{aligned}$$

PERHITUNGAN FATIGUE LIFE DENGAN METODE KUANG
(BRACE TIPE X PADA MEMBER 5 - 30 C1A)

No	Siklus Beban selama 25 th (n)	Rentang Tegangan Lokal			total (Mpa)	Kelelahan Brace N	Dr n/N
		τ_{Axial} (Mpa)	τ_{ipb} (Mpa)	τ_{opb} (Mpa)			
1	23129793	0.5435	39.5813	1.9252	40.1716	108608809.3847	0.2129642442
2		4.3483	43.5394	3.5937	48.0358	49633742.4494	0.1429625624
3		11.8220	45.1226	6.2890	57.3808	22784165.7062	0.0567766675
4		18.4804	47.0225	8.7275	66.3060	12095665.5630	0.0172801570
5		26.6335	48.2364	12.3212	76.4186	6495587.6818	0.0048779266
6		33.9713	49.3974	15.6582	85.7910	3913413.8947	0.0011744222
7		40.4937	50.4529	18.6102	94.2695	2589904.8380	0.0003247224
8		48.3751	51.6667	21.9472	104.5100	1648613.0730	0.0000515585
9		56.7999	53.1972	26.0543	116.0348	1042638.1404	0.0000105502
10		63.3224	54.5166	29.6480	125.3793	742677.8306	0.0000013465
						$\Sigma Dr =$	0.4364

FATIGUE LIFE = 57.28 tahun

SCF axial	= 13,5885
SCF ipb	= 5,2775
SCF opb	= 12,8346

PERHITUNGAN FATIGUE LIFE DENGAN METODE API RP 2A
(BRACE TIPE K PADA MEMBER 173-183 S42)

No	Siklus Beban selama 25 th (n)	Rentang Tegangan Lokal			total (Mpa)	Kelelahan Brace N	Dr n/N
		τ_A (Mpa)	τ_{ipb} (Mpa)	τ_{opb} (Mpa)			
1	23129793 7095767 1293809 209015 31685 4596 641 85 11 1	0.1346	21.4929	0.3498	21.6303	1634756571.2212	0.01414877
2		0.8075	27.6397	0.3498	28.4494	492255285.1781	0.01441481
3		0.9420	67.8657	0.4664	68.8094	10283314.5887	0.12581634
4		1.2112	103.4921	0.6996	104.7057	1635160.1092	0.12782540
5		1.6149	138.4913	0.8163	140.1086	456577.0431	0.06939683
6		2.1532	171.9433	1.0495	174.0997	176333.3646	0.02606427
7		2.6915	205.1444	1.1661	207.8392	81167.7127	0.00789723
8		3.4990	240.6035	1.2827	244.1059	40127.0194	0.00211827
9		4.3065	276.3553	1.5159	280.6660	21775.0390	0.00050517
10		5.1139	311.9399	1.7491	317.0587	12765.5062	0.00007834
						$\Sigma Dr =$	0.3883

$$\begin{aligned} \text{FATIGUE LIFE} &= 64.39 \text{ tahun} \\ \text{SCF axial} &= 13,4577 \\ \text{SCF ipb} &= 4,1815 \\ \text{SCF opb} &= 11,6608 \end{aligned}$$

PERHITUNGAN FATIGUE LIFE DENGAN METODE KUANG
(BRACE TIPE K PADA MEMBER 173-183 S42)

No	Siklus Beban selama 25 th (n)	Rentang Tegangan Lokal			total (Mpa)	Kelelahan Brace N	Dr n/N
		τ_A (Mpa)	τ_{ipb} (Mpa)	τ_{opb} (Mpa)			
1	23129793	0.1356	22.1555	0.3562	22.2939	1432102503.8797	0.01615093
2	7095767	0.8136	28.4917	0.3562	29.3075	432176831.3522	0.01641867
3	1293809	0.9491	69.9578	0.4750	70.9085	9015091.7353	0.14351590
4	209015	1.2203	106.6824	0.7125	107.9051	1433197.4820	0.14583824
5	31685	1.6271	142.7604	0.8312	144.3900	400182.2277	0.07917643
6	4596	2.1695	177.2436	1.0687	179.4163	154566.1703	0.02973484
7	641	2.7118	211.4682	1.1874	214.1834	71152.1740	0.00900886
8	85	3.5254	248.0204	1.3062	251.5492	35180.4311	0.00241612
9	11	4.3389	284.8743	1.5437	289.2175	19092.6687	0.00057614
10	1	5.1525	321.5558	1.7812	326.7133	11193.8512	0.00008933
						$\Sigma Dr =$	0.4429

$$\begin{aligned} \text{FATIGUE LIFE} &= 56.44 \text{ tahun} \\ \text{SCF axial} &= 13,5592 \\ \text{SCF ipb} &= 4,3104 \\ \text{SCF opb} &= 11,8744 \end{aligned}$$

PERHITUNGAN FATIGUE LIFE DENGAN METODE API RP 2A
(BRACE TIPE N PADA MEMBER 67-30 MJ)

No	Siklus Beban selama 25 th (n)	Rentang Tegangan Lokal			total (Mpa)	Kelelahan Brace N	Dr n/N
		τ_{Axial} (Mpa)	τ_{ipb} (Mpa)	τ_{opb} (Mpa)			
1	36049083	17.6829	21.7567	2.6799	39.6040	115592753.0468	0.31186283
2	12422894	18.7439	20.7466	2.3646	39.6248	115328084.1929	0.10771786
3	2569328	19.0975	22.5337	2.3646	41.7550	91690972.2872	0.02802160
4	471665	27.0548	23.1554	5.0446	50.7533	39002749.5186	0.01209312
5	81341	39.9634	23.9324	10.7197	66.1869	12191290.6632	0.00667206
6	13443	52.1646	24.6317	15.1338	81.0739	5013376.2856	0.00268143
7	2143	63.6584	25.4087	17.3408	94.4205	2571811.2163	0.00083326
8	329	75.1523	26.3412	19.5478	107.9543	1430336.6694	0.00023002
9	48	87.5304	27.1959	20.9666	121.8700	841010.6056	0.00005707
10	7	99.2011	28.2060	34.2086	143.5385	410684.5622	0.00001704
							$\Sigma Dr =$ 0.4702

FATIGUE LIFE = 53.17 tahun

SCF axial	= 17,6829
SCF ipb	= 7,7703
SCF opb	= 15,7643

PERHITUNGAN FATIGUE LIFE DENGAN METODE KUANG
(BRACE TIPE N PADA MEMBER 67-30 MJ)

No	Siklus Beban selama 25 th (n)	Rentang Tegangan Lokal			total (Mpa)	Kelelahan Brace N	Dr n/N
		τ_{Axial} (Mpa)	τ_{ipb} (Mpa)	τ_{opb} (Mpa)			
1	36049083	17.7829	22.0368	2.7019	39.9848	110849044.2478	0.32520879
2	12422894	18.8499	21.0137	2.3841	39.9984	110683842.4659	0.11223765
3	2569328	19.2055	22.8239	2.3841	42.1536	87953917.4209	0.02921221
4	471665	27.2078	23.4535	5.0860	51.2065	37513518.7108	0.01257320
5	81341	40.1894	24.2405	10.8077	66.7301	11762547.9615	0.00691525
6	13443	52.4596	24.9489	15.2580	81.7042	4846176.2266	0.00277394
7	2143	64.0184	25.7359	17.4831	95.1310	2488735.5294	0.00086108
8	329	75.5773	26.6803	19.7082	108.7474	1385210.5424	0.00023751
9	48	88.0254	27.5461	21.1386	122.7475	814994.7827	0.00005890
10	7	99.7621	28.5692	34.4893	144.5472	398278.5647	0.00001758
							$\Sigma Dr =$ 0.4901

FATIGUE LIFE = 51.01 tahun

SCF axial = 17,7829

SCF ipb = 7,8703

SCF opb = 15,8937

LAMPIRAN
Data Dimensi Pondasi Pile
JACKET BRACE X,K,N

2.7.2. Section Properties of Pipe-Type Sections (Sizes Specified In JIS A 5525)

Outside Diameter	Thickness	Sectional Area	Per Pipe Pile				Per Linear Meter	
			Weight kg/m lbs/ft	Moment of Inertia cm ⁴ in ⁴	Section Modulus cm ³ in ³	Resistance Moment t·m lbs·ft	Sectional Area cm ² /m in ² /ft	Weight kg/m lbs/ft
mm in	mm in	cm ² in ²						
508.0 20.0	9.0 0.351	141.1 21.89	111 74.0	439×10 ⁴ 105×10 ⁴	173×10 106	24.2 175×10 ³	308.8 14.6	244 161
	12.0 0.472	187.0 28.93	147 98.8	575×10 ⁴ 138×10 ⁴	227×10 138	31.7 229×10 ³	389.6 18.4	308 207
	14.0 0.551	217.3 33.68	171 115	663×10 ⁴ 159×10 ⁴	261×10 159	36.6 265×10 ³	442.9 20.9	350 215
	9.0 0.351	169.8 26.32	133 89.4	766×10 ⁴ 181×10 ⁴	251×10 153	35.2 255×10 ³	304.8 14.4	241 162
	12.0 0.472	225.3 34.92	177 119	101×10 ⁴ 212×10 ³	330×10 201	46.2 334×10 ³	387.6 18.3	306 206
609.6 24.0	14.0 0.551	262.0 40.61	206 138	116×10 ⁴ 278×10 ³	381×10 232	63.4 386×10 ³	442.4 20.9	349 215
	9.0 0.351	198.5 30.77	156 105	122×10 ⁴ 293×10 ³	344×10 210	48.2 349×10 ³	301.9 14.2	238 160
	12.0 0.472	263.6 40.86	207 139	161×10 ⁴ 366×10 ³	453×10 276	63.4 459×10 ³	386.2 18.2	306 206
	14.0 0.551	306.6 47.52	241 162	186×10 ⁴ 446×10 ³	524×10 320	73.4 531×10 ³	442.1 20.9	348 234
	16.0 0.630	349.4 54.16	274 184	211×10 ⁴ 566×10 ³	594×10 362	83.2 602×10 ³	497.6 23.5	392 263
711.2 28.0	9.0 0.351	227.3 35.23	178 120	184×10 ⁴ 442×10 ³	452×10 276	63.2 457×10 ³	299.7 14.1	236 159
	12.0 0.472	301.9 46.79	237 159	242×10 ⁴ 581×10 ³	596×10 364	83.4 603×10 ³	385.2 18.2	304 204
	14.0 0.551	351.3 54.45	276 185	280×10 ⁴ 672×10 ³	690×10 421	96.6 699×10 ³	441.8 20.9	348 234
	16.0 0.630	400.5 62.08	314 211	318×10 ⁴ 763×10 ³	782×10 477	110 796×10 ³	498.2 23.5	392 263
	12.0 0.472	340.2 52.73	267 179	346×10 ⁴ 830×10 ³	758×10 462	106 767×10 ³	384.3 18.1	303 204
812.8 32.0	14.0 0.551	396.0 61.38	311 209	401×10 ⁴ 962×10 ³	878×10 536	123 890×10 ³	441.6 20.8	348 234
	16.0 0.630	451.6 70.06	354 238	456×10 ⁴ 109×10 ⁴	997×10 608	140 101×10 ⁴	498.6 23.5	393 264
	12.0 0.472	378.5 58.67	297 200	477×10 ⁴ 114×10 ⁴	939×10 573	131 948×10 ³	383.6 18.1	302 203
	14.0 0.551	440.7 68.31	346 233	553×10 ⁴ 133×10 ⁴	109×10 ⁴ 665	152 110×10 ⁴	441.4 20.8	348 234
	16.0 0.630	502.7 77.92	395 265	628×10 ⁴ 151×10 ⁴	124×10 ⁴ 756	173 125×10 ⁴	499.0 23.6	393 264
914.4 36.0	12.0 0.472	595.1 92.24	467 314	740×10 ⁴ 178×10 ⁴	146×10 ⁴ 891	204 148×10 ⁴	584.9 27.6	460 309
	16.0 0.630	658.5 105.38	521 366	853×10 ⁴ 213×10 ⁴	170×10 ⁴ 106	224 156×10 ⁴	632.6 27.6	480 309
1,016.0 40.0	12.0 0.472	378.5 58.67	297 200	477×10 ⁴ 114×10 ⁴	939×10 573	131 948×10 ³	383.6 18.1	302 203
	14.0 0.551	440.7 68.31	346 233	553×10 ⁴ 133×10 ⁴	109×10 ⁴ 665	152 110×10 ⁴	441.4 20.8	348 234
	16.0 0.630	502.7 77.92	395 265	628×10 ⁴ 151×10 ⁴	124×10 ⁴ 756	173 125×10 ⁴	499.0 23.6	393 264
	18.0 0.748	565.1 92.24	457 314	740×10 ⁴ 178×10 ⁴	146×10 ⁴ 891	204 148×10 ⁴	584.9 27.6	460 309
	20.0 0.830	628.5 105.38	521 366	853×10 ⁴ 213×10 ⁴	170×10 ⁴ 106	224 156×10 ⁴	632.6 27.6	480 309

Notes: 1) Values are obtained based on the assumption that the effective spacing between joints is 60 mm for Type A joints and 170 mm for Type B joints.
 2) The values of resistance moment are for STK 41 quality steel with 1,400 kg/cm² allowable stress.
 3) The above shown is representative sizes and other sizes are available also.
 4) The inch sizes printed in blue are converted from metric sizes for your reference.

Foot) of Pipe Pile Wall (Type-A)			Per Linear Meter (Foot) of Pipe Pile Wall (Type-B)					Thickness	Outside Diameter
Moment of Inertia cm ⁴ /m in ⁴ /ft	Section Modulus cm ³ /m in ³ /ft	Resistance Moment t·m/m lbs·ft/ft	Sectional Area cm ² /m in ² /ft	Weight kg/m lbs/ft	Moment of Inertia cm ⁴ /m in ⁴ /ft	Section Modulus cm ³ /m in ³ /ft	Resistance Moment t·m/m lbs·ft/ft		
mm	in	mm	mm	in	mm	in	mm	mm	in
773 × 10 ⁴ 5.6	304 × 10 56.5	42.6 939 × 10 ³	295.6 14.0	232 156	648 × 10 ⁴ 474	255 × 10 47.4	36.7 787 × 10 ³	9.0 0.354	
101 × 10 ⁴ 7.19	399 × 10 74.2	65.8 123 × 10 ³	363.3 17.1	285 192	849 × 10 ⁴ 621	334 × 10 62.1	46.8 103 × 10 ³	12.0 0.472	508.0 20.0
117 × 10 ⁴ 8.56	460 × 10 85.6	64.4 142 × 10 ³	408.0 19.3	320 215	978 × 10 ⁴ 716	385 × 10 71.6	53.9 119 × 10 ³	14.0 0.551	
114 × 10 ⁴ 6.34	375 × 10 69.8	52.5 116 × 10 ³	293.9 13.9	231 155	982 × 10 ⁴ 719	322 × 10 59.9	45.1 99.1 × 10 ³	9.0 0.354	
150 × 10 ⁴ 110 × 10	493 × 10 91.7	69.0 152 × 10 ³	366.1 17.2	287 193	129 × 10 ⁴ 944	423 × 10 78.7	59.3 131 × 10 ³	12.0 0.472	609.6 24.0
174 × 10 ⁴ 127 × 10	569 × 10 106	79.7 176 × 10 ³	412.1 19.5	324 218	149 × 10 ⁴ 109 × 10	489 × 10 91.0	68.5 151 × 10 ³	14.0 0.551	
159 × 10 ⁴ 116 × 10	446 × 10 63.0	62.5 138 × 10 ³	292.6 13.8	230 155	139 × 10 ⁴ 102 × 10	391 × 10 72.7	54.7 121 × 10 ³	9.0 0.354	
209 × 10 ⁴ 153 × 10	588 × 10 109	82.2 181 × 10 ³	366.4 17.3	288 194	183 × 10 ⁴ 134 × 10	514 × 10 95.6	72.0 159 × 10 ³	12.0 0.472	711.2
242 × 10 ⁴ 177 × 10	680 × 10 126	96.2 210 × 10 ³	415.3 19.6	326 219	212 × 10 ⁴ 155 × 10	595 × 10 111	83.3 184 × 10 ³	14.0 0.551	28.0
274 × 10 ⁴ 201 × 10	770 × 10 143	108 238 × 10 ³	463.9 21.9	364 245	240 × 10 ⁴ 176 × 10	674 × 10 125	94.4 208 × 10 ³	16.0 0.630	
210 × 10 ⁴ 154 × 10	518 × 10 96.3	72.4 160 × 10 ³	291.6 13.8	229 154	187 × 10 ⁴ 137 × 10	460 × 10 85.6	64.3 142 × 10 ³	9.0 0.354	
277 × 10 ⁴ 203 × 10	682 × 10 127	96.5 211 × 10 ³	367.5 17.3	289 194	246 × 10 ⁴ 180 × 10	606 × 10 113	84.8 187 × 10 ³	12.0 0.472	612.8
321 × 10 ⁴ 235 × 10	790 × 10 147	111 215 × 10 ³	417.8 19.7	328 220	285 × 10 ⁴ 209 × 10	702 × 10 131	98.2 217 × 10 ³	14.0 0.551	32.0
354 × 10 ⁴ 266 × 10	896 × 10 167	126 278 × 10 ³	467.9 22.1	367 247	324 × 10 ⁴ 237 × 10	796 × 10 148	111 245 × 10 ³	16.0 0.630	
355 × 10 ⁴ 260 × 10	777 × 10 145	109 240 × 10 ³	368.4 17.4	289 194	319 × 10 ⁴ 234 × 10	699 × 10 130	97.8 216 × 10 ³	12.0 0.472	
412 × 10 ⁴ 302 × 10	901 × 10 168	126 278 × 10 ³	419.9 19.8	330 222	370 × 10 ⁴ 271 × 10	810 × 10 151	113 249 × 10 ³	14.0 0.551	914.4 36.0
468 × 10 ⁴ 343 × 10	102 × 10 ⁴ 190	143 315 × 10 ³	471.1 22.2	370 249	420 × 10 ⁴ 307 × 10	919 × 10 171	129 284 × 10 ³	16.0 0.630	
443 × 10 ⁴ 324 × 10	873 × 10 162	122 269 × 10 ³	369.2 17.4	290 196	402 × 10 ⁴ 294 × 10	792 × 10 147	111 245 × 10 ³	12.0 0.472	
514 × 10 ⁴ 376 × 10	101 × 10 ⁴ 188	142 313 × 10 ³	421.6 19.9	331 222	466 × 10 ⁴ 341 × 10	918 × 10 171	129 284 × 10 ³	14.0 0.551	1,016.0
584 × 10 ⁴ 427 × 10	115 × 10 ⁴ 214	161 355 × 10 ³	473.8 22.4	372 250	530 × 10 ⁴ 388 × 10	104 × 10 ⁴ 193	146 322 × 10 ³	16.0 0.630	40.0
687 × 10 ⁴ 503 × 10	135 × 10 ⁴ 251	189 417 × 10 ³	551.8 26.0	433 291	624 × 10 ⁴ 457 × 10	123 × 10 ⁴ 229	172 379 × 10 ³	19.0 0.748	

Outside Diameter	Thickness	Per Pipe Pile					Per Linear Meter	
		Sectional Area	Weight	Moment of Inertia	Section Modulus	Resistance Moment	Sectional Area	Weight
mm	mm	cm ²	kg/m	cm ⁴	cm ³	t·m	cm ² /m	kg/m
1,117.6	12	416.8	327	637×10^4	114×10^4	160	383.0	302
	0.472	61.60	220	153×10^4	695	116×10^4	18.1	203
	14	485.4	381	739×10^4	132×10^4	185	441.3	347
	0.551	75.21	256	177×10^4	805	131×10^4	20.8	233
	16	553.7	435	840×10^4	160×10^4	210	499.3	393
	0.630	85.82	292	202×10^4	915	152×10^4	23.6	264
	19	655.8	615	990×10^4	177×10^4	248	586.0	461
	0.718	101.6	346	238×10^4	108×10^4	179×10^4	27.7	310
1,219.2	12	455.1	357	829×10^4	136×10^4	190	382.6	301
	0.472	70.51	210	199×10^4	830	137×10^4	18.1	202
	14	530.1	416	962×10^4	158×10^4	221	441.2	347
	0.551	82.17	280	231×10^4	964	160×10^4	20.8	233
	18	604.8	476	110×10^4	180×10^4	251	499.6	393
	0.630	93.74	319	264×10^4	110×10	182×10^4	23.6	264
	19	716.4	562	129×10^4	212×10^4	296	586.8	462
	0.748	111.0	378	310×10^4	129×10	214×10^4	27.8	310
1,320.8	22	827.4	650	148×10^4	243×10^4	341	673.6	530
	0.866	128.2	437	355×10^4	148×10	217×10^4	31.8	356
	14	574.8	451	123×10^4	186×10^4	260	441.1	347
	0.551	89.09	303	295×10^4	113×10	188×10^4	20.8	233
	16	655.9	515	140×10^4	211×10^4	296	499.8	393
	0.630	101.7	316	336×10^4	129×10	214×10^4	23.6	264
	19	777.0	610	165×10^4	249×10^4	349	587.6	462
	0.748	120.4	410	396×10^4	152×10	252×10^4	27.7	310
1,422.4	22	897.7	706	189×10^4	287×10^4	401	674.9	531
	0.866	130.1	474	454×10^4	175×10	290×10^4	31.9	357
	24	977.8	768	206×10^4	311×10^4	436	732.9	576
	0.945	151.6	516	494×10^4	190×10	315×10^4	31.6	387
	14	619.4	486	154×10^4	216×10^4	302	441.0	347
	0.551	96.01	327	370×10^4	132×10	218×10^4	20.8	233
	16	706.9	565	175×10^4	246×10^4	344	500.0	393
	0.630	109.6	373	420×10^4	150×10	249×10^4	23.6	264
1,524.0	19	837.7	658	206×10^4	290×10^4	406	588.2	462
	0.748	129.8	442	494×10^4	177×10	294×10^4	27.8	310
	22	967.9	760	237×10^4	334×10^4	467	676.0	531
	0.866	150.0	511	569×10^4	204×10	338×10^4	31.9	357
	24	1,054.0	828	258×10^4	362×10^4	507	734.4	577
	0.945	163.4	556	619×10^4	221×10	367×10^4	34.7	388

Foot) of Pipe Pile Wall (Type-A)			Per Linear Meter (Foot) of Pipe Pile Wall (Type-B)					Thickness	Outside Diameter
Moment of Inertia cm ⁴ /m in ⁴ /ft	Section Modulus cm ³ /m in ³ /ft	Resistance Moment t·m/m lbs·ft/ft	Sectional Area cm ² /m in ² /ft	Weight kg/m lbs/ft	Moment of Inertia cm ⁴ /m in ⁴ /ft	Section Modulus cm ³ /m in ³ /ft	Resistance Moment t·m/m lbs·ft/ft		
								mm in	mm in
541 × 10 ⁴ 696 × 10 ⁴	968 × 10 ³ 180	136 300 × 10 ³	369.8 17.5	290 195	495 × 10 ⁴ 362 × 10 ³	885 × 10 ³ 165	124 273 × 10 ³	12 0.172	
628 × 10 ⁴ 860 × 10 ⁴	112 × 10 ⁴ 208	167 346 × 10 ³	423.0 20.0	332 223	574 × 10 ⁴ 420 × 10 ³	103 × 10 ⁴ 192	144 218 × 10 ³	14 0.551	1,117.6 44.0
713 × 10 ⁴ 572 × 10 ⁴	128 × 10 ⁴ 238	179 395 × 10 ³	476.1 22.5	374 251	652 × 10 ⁴ 477 × 10 ³	117 × 10 ⁴ 218	163 359 × 10 ³	16 0.630	
840 × 10 ⁴ 615 × 10 ⁴	150 × 10 ⁴ 279	211 465 × 10 ³	555.4 26.2	436 293	768 × 10 ⁴ 562 × 10 ³	138 × 10 ⁴ 257	193 136 × 10 ³	19 0.748	
648 × 10 ⁴ 471 × 10 ⁴	106 × 10 ⁴ 197	149 329 × 10 ³	370.3 17.5	291 196	597 × 10 ⁴ 437 × 10 ³	979 × 10 ³ 182	137 112 × 10 ⁴	12 0.472	
752 × 10 ⁴ 550 × 10 ⁴	123 × 10 ⁴ 229	173 381 × 10 ³	424.3 20.0	333 221	693 × 10 ⁴ 567 × 10 ³	114 × 10 ⁴ 212	159 101 × 10 ⁴	14 0.551	
856 × 10 ⁴ 627 × 10 ⁴	140 × 10 ⁴ 210	197 434 × 10 ³	478.1 22.6	376 252	788 × 10 ⁴ 571 × 10 ³	129 × 10 ⁴ 211	181 109 × 10 ³	15 0.630	1,219.2 48.0
101 × 10 ⁴ 739 × 10 ⁴	165 × 10 ⁴ 207	232 512 × 10 ³	558.4 26.4	438 294	929 × 10 ⁴ 680 × 10 ³	152 × 10 ⁴ 283	213 170 × 10 ³	19 0.748	
116 × 10 ⁴ 849 × 10 ⁴	190 × 10 ⁴ 253	266 587 × 10 ³	638.3 30.1	501 337	107 × 10 ⁴ 783 × 10 ³	175 × 10 ⁴ 326	245 110 × 10 ³	22 0.866	
889 × 10 ⁴ 651 × 10 ⁴	135 × 10 ⁴ 251	188 415 × 10 ³	425.3 20.1	334 224	823 × 10 ⁴ 602 × 10 ³	125 × 10 ⁴ 242	174 131 × 10 ³	14 0.351	
101 × 10 ⁴ 739 × 10 ⁴	153 × 10 ⁴ 265	214 472 × 10 ³	479.7 22.6	377 253	936 × 10 ⁴ 685 × 10 ³	142 × 10 ⁴ 264	198 137 × 10 ³	16 0.630	
1119 × 10 ⁴ 871 × 10 ⁴	181 × 10 ⁴ 337	253 558 × 10 ³	561.0 26.5	440 296	110 × 10 ⁴ 805 × 10 ³	167 × 10 ⁴ 311	234 516 × 10 ³	19 0.748	1,320.8 52.0
137 × 10 ⁴ 100 × 10 ⁴	208 × 10 ⁴ 387	291 642 × 10 ³	641.9 30.3	504 339	127 × 10 ⁴ 930 × 10 ³	192 × 10 ⁴ 357	269 513 × 10 ³	22 0.866	
149 × 10 ⁴ 109 × 10 ⁴	225 × 10 ⁴ 418	316 697 × 10 ³	695.7 32.8	546 367	138 × 10 ⁴ 101 × 10 ⁴	209 × 10 ⁴ 389	292 111 × 10 ³	24 0.915	
154 × 10 ⁴ 151 × 10 ⁴	146 × 10 ⁴ 272	204 450 × 10 ³	426.3 20.1	335 225	965 × 10 ⁴ 706 × 10 ³	136 × 10 ⁴ 253	190 119 × 10 ³	14 0.551	
18 × 10 ⁴ 64 × 10 ⁴	166 × 10 ⁴ 209	232 512 × 10 ³	481.2 22.7	378 254	110 × 10 ⁴ 805 × 10 ³	154 × 10 ⁴ 266	216 476 × 10 ³	16 0.630	
39 × 10 ⁴ 502 × 10 ⁴	196 × 10 ⁴ 365	274 604 × 10 ³	563.3 26.6	442 297	130 × 10 ⁴ 952 × 10 ³	182 × 10 ⁴ 339	255 562 × 10 ³	19 0.748	1,422.4 56.0
60 × 10 ⁴ 17 × 10 ⁴	225 × 10 ⁴ 418	315 695 × 10 ³	645.1 30.4	506 340	149 × 10 ⁴ 109 × 10 ⁴	210 × 10 ⁴ 391	293 616 × 10 ³	22 0.866	
74 × 10 ⁴ 27 × 10 ⁴	245 × 10 ⁴ 456	342 754 × 10 ³	699.4 33.0	549 369	162 × 10 ⁴ 119 × 10 ⁴	228 × 10 ⁴ 424	319 703 × 10 ³	24 0.945	

Outside Diameter	Thickness	Per Pipe Pile					Per Linear Meter	
		Sectional Area	Weight	Moment of Inertia	Section Modulus	Resistance Moment	Sectional Area	Weight
mm in	mm in	cm ² in ²	kg/m lbs/ft	cm ⁴ in ⁴	cm ³ in ³	t·m lbs·ft	cm ² /m in ² /ft	kg/m lbs/ft
1,524.0 60.0	14 0.551	664.1 102.9	521 350	189 × 10 ⁴ 451 × 10 ⁴	248 × 10 ⁴ 151 × 10	348 252 × 10 ⁴	440.9 20.8	347 233
	16 0.630	758.0 117.5	595 400	216 × 10 ⁴ 518 × 10 ⁴	283 × 10 ⁴ 173 × 10	396 286 × 10 ⁴	500.2 23.6	393 264
	19 0.718	898.3 139.2	705 474	254 × 10 ⁴ 610 × 10 ⁴	334 × 10 ⁴ 204 × 10	467 338 × 10 ⁴	688.8 27.8	463 311
	22 0.866	1,038 160.9	815 548	293 × 10 ⁴ 703 × 10 ⁴	384 × 10 ⁴ 234 × 10	538 389 × 10 ⁴	677.0 32.0	532 358
	25 0.984	1,177 182.4	924 621	331 × 10 ⁴ 794 × 10 ⁴	434 × 10 ⁴ 265 × 10	608 440 × 10 ⁴	764.9 36.1	601 404
	14 0.551	708.8 109.9	556 374	230 × 10 ⁴ 552 × 10 ⁴	283 × 10 ⁴ 173 × 10	396 286 × 10 ⁴	440.8 20.8	347 233
	16 0.630	809.1 125.4	635 427	262 × 10 ⁴ 629 × 10 ⁴	322 × 10 ⁴ 196 × 10	451 326 × 10 ⁴	500.3 23.6	393 264
	19 0.748	959.0 148.6	753 506	309 × 10 ⁴ 742 × 10 ⁴	381 × 10 ⁴ 232 × 10	533 386 × 10 ⁴	689.3 27.8	463 311
1,625.6 64.0	22 0.866	1,108 171.7	870 585	356 × 10 ⁴ 854 × 10 ⁴	438 × 10 ⁴ 267 × 10	614 444 × 10 ⁴	677.9 32.0	533 358
	25 0.984	1,257 194.8	987 663	403 × 10 ⁴ 967 × 10 ⁴	495 × 10 ⁴ 302 × 10	694 502 × 10 ⁴	766.1 36.2	602 405
	16 0.630	911.2 141.2	715 480	374 × 10 ⁴ 899 × 10 ⁴	409 × 10 ⁴ 249 × 10	573 414 × 10 ⁴	500.6 23.6	394 265
	19 0.748	1,080 167.4	848 570	442 × 10 ⁴ 106 × 10 ⁴	484 × 10 ⁴ 295 × 10	677 490 × 10 ⁴	590.1 27.9	463 311
	22 0.866	1,249 193.6	980 659	510 × 10 ⁴ 122 × 10 ⁴	557 × 10 ⁴ 340 × 10	780 564 × 10 ⁴	679.3 32.1	534 359
	25 0.984	1,417 219.6	1,110 746	576 × 10 ⁴ 138 × 10 ⁴	630 × 10 ⁴ 384 × 10	882 638 × 10 ⁴	768.2 36.3	604 406
	29 1.14	1,640 254.2	1,290 867	664 × 10 ⁴ 159 × 10 ⁴	726 × 10 ⁴ 443 × 10	1,020 738 × 10 ⁴	886.3 41.8	696 468
	19 0.748	1,202 186.3	943 634	609 × 10 ⁴ 146 × 10 ⁴	599 × 10 ⁴ 365 × 10	839 607 × 10 ⁴	590.8 27.9	464 312
2,032.0 80.0	22 0.866	1,389 215.3	1,090 732	702 × 10 ⁴ 168 × 10 ⁴	691 × 10 ⁴ 425 × 10	967 699 × 10 ⁴	680.4 32.1	535 310
	25 0.984	1,576 244.3	1,240 833	794 × 10 ⁴ 191 × 10 ⁴	781 × 10 ⁴ 476 × 10	1,090 788 × 10 ⁴	769.9 36.3	605 407
	29 1.14	1,825 282.9	1,430 961	915 × 10 ⁴ 220 × 10 ⁴	901 × 10 ⁴ 550 × 10	1,260 911 × 10 ⁴	888.7 41.9	698 469

Foot) of Pipe Pile Wall (Type-A)			Per Linear Meter (Foot) of Pipe Pile Wall (Type-B)					Thickness	Outside Diameter
Moment of Inertia cm ⁴ /m in ⁴ /ft	Section Modulus cm ³ /m in ³ /ft	Resistance Moment t·m/m lbs·ft/ft	Sectional Area cm ² /m in ² /ft	Weight kg/m lbs/ft	Moment of Inertia cm ⁴ /m in ⁴ /ft	Section Modulus cm ³ /m in ³ /ft	Resistance Moment t·m/m lbs·ft/ft		
120 × 10 ⁴	157 × 10 ⁴	220	427.1	335	112 × 10 ⁴	147 × 10 ⁴	205	14	
878 × 10	292	485 × 10 ³	20.2	225	820 × 10	273	452 × 10 ³	0.551	
136 × 10 ⁴	179 × 10 ⁴	250	482.5	379	127 × 10 ⁴	167 × 10 ⁴	234	16	
996 × 10	333	551 × 10 ³	22.8	255	930 × 10	311	516 × 10 ³	0.630	
161 × 10 ⁴	211 × 10 ⁴	295	565.3	444	150 × 10 ⁴	197 × 10 ⁴	276	19	1,524.0
118 × 10 ⁴	392	650 × 10 ³	26.7	298	110 × 10 ⁴	366	(W)9 × 10 ³	0.718	60.0
185 × 10 ⁴	243 × 10 ⁴	340	647.8	509	173 × 10 ⁴	227 × 10 ⁴	318	22	
135 × 10 ⁴	452	750 × 10 ³	30.6	342	127 × 10 ⁴	422	701 × 10 ³	0.866	
209 × 10 ⁴	274 × 10 ⁴	384	730.0	673	195 × 10 ⁴	256 × 10 ⁴	359	25	
151 × 10 ⁴	510	817 × 10 ³	34.5	385	143 × 10 ⁴	476	792 × 10 ³	0.984	
136 × 10 ⁴	168 × 10 ⁴	235	427.8	336	128 × 10 ⁴	158 × 10 ⁴	221	14	
996 × 10	312	518 × 10 ³	20.2	226	937 × 10	294	187 × 10 ³	0.551	
166 × 10 ⁴	191 × 10 ⁴	268	483.6	380	146 × 10 ⁴	180 × 10 ⁴	251	16	
114 × 10 ⁴	355	591 × 10 ³	22.8	255	107 × 10 ⁴	335	553 × 10 ³	0.630	
184 × 10 ⁴	226 × 10 ⁴	316	567.1	445	172 × 10 ⁴	212 × 10 ⁴	297	19	1,625.6
135 × 10 ⁴	420	697 × 10 ³	26.8	299	126 × 10 ⁴	394	655 × 10 ³	0.718	64.0
211 × 10 ⁴	260 × 10 ⁴	364	650.3	510	198 × 10 ⁴	244 × 10 ⁴	342	22	
154 × 10 ⁴	484	803 × 10 ³	30.7	343	145 × 10 ⁴	454	751 × 10 ³	0.866	
239 × 10 ⁴	294 × 10 ⁴	411	733.1	576	224 × 10 ⁴	276 × 10 ⁴	386	25	
175 × 10 ⁴	547	906 × 10 ³	34.6	387	164 × 10 ⁴	513	851 × 10 ³	0.984	
198 × 10 ⁴	217 × 10 ⁴	303	485.6	382	187 × 10 ⁴	205 × 10 ⁴	287	16	
145 × 10 ⁴	404	668 × 10 ³	22.9	257	137 × 10 ⁴	381	633 × 10 ³	0.630	
234 × 10 ⁴	256 × 10 ⁴	359	570.1	448	221 × 10 ⁴	242 × 10 ⁴	339	19	
171 × 10 ⁴	476	792 × 10 ³	26.9	301	162 × 10 ⁴	450	747 × 10 ³	0.748	
270 × 10 ⁴	295 × 10 ⁴	413	654.4	514	255 × 10 ⁴	279 × 10 ⁴	390	22	1,828.8
198 × 10 ⁴	649	911 × 10 ³	30.9	345	187 × 10 ⁴	519	860 × 10 ³	0.866	72.0
305 × 10 ⁴	334 × 10 ⁴	467	738.4	580	288 × 10 ⁴	315 × 10 ⁴	441	25	
223 × 10 ⁴	621	103 × 10 ⁴	34.9	390	211 × 10 ⁴	586	972 × 10 ³	0.984	
352 × 10 ⁴	384 × 10 ⁴	538	850.0	667	332 × 10 ⁴	363 × 10 ⁴	509	29	
258 × 10 ⁴	714	119 × 10 ⁴	40.1	448	243 × 10 ⁴	675	112 × 10 ⁴	1.142	
291 × 10 ⁴	285 × 10 ⁴	401	572.6	449	276 × 10 ⁴	272 × 10 ⁴	381	19	
213 × 10 ⁴	532	884 × 10 ³	27.0	302	202 × 10 ⁴	506	840 × 10 ³	0.748	
325 × 10 ⁴	330 × 10 ⁴	462	657.8	516	319 × 10 ⁴	314 × 10 ⁴	439	22	
245 × 10 ⁴	614	102 × 10 ⁴	31.0	347	234 × 10 ⁴	584	968 × 10 ³	0.866	2,032.0
379 × 10 ⁴	373 × 10 ⁴	523	742.8	683	360 × 10 ⁴	355 × 10 ⁴	497	25	80.0
277 × 10 ⁴	694	115 × 10 ⁴	35.1	392	264 × 10 ⁴	660	110 × 10 ⁴	0.984	
438 × 10 ⁴	431 × 10 ⁴	603	855.7	672	416 × 10 ⁴	409 × 10 ⁴	573	29	
321 × 10 ⁴	802	133 × 10 ⁴	40.4	452	305 × 10 ⁴	761	126 × 10 ⁴	1.142	

§ 3 CHEMICAL COMPOSITION AND MECHANICAL PROPERTIES

3.1. U-Type, Z-Type, H-Type, Box-Type and Flat-Type Sections

Nippon Steel sheet piling is made from steel with high tensile strength and high yield point to ensure greater structural safety and economy. Because the steel is copper bearing, it provides good corrosion resistance. Nippon Steel sheet piling is also available in Mariner steel.

3.1.1. SY 30 and SY 40 Steel

a) Chemical Composition, %

Type of Steel	Designation	P max.	S max.	Cu min	Nb+V max.
Class 2	SY 30	0.040	0.040	0.25	—
Class 3	SY 40	0.040	0.040	0.25	0.15

b) Mechanical Properties

Type of Steel	Designation	Tensile Strength, min. kg/mm ² psi	Yield Point, min. kg/mm ² psi	Elongation, min. %	Allowable Stress, kg/mm ² psi
Class 2	SY 30	50 71,100	30 42,700	18	18 25,600
Class 3	SY 40	55 78,200	40 56,900	16	24 34,100

Note: 1) JIS No. 1 test specimens are used.

2) Allowable stress = 0.6 × yield stress

3.1.2. Mariner Steel

Mariner is a semi-killed steel having superior resistance to sea water corrosion due mainly to such added elements as nickel, copper and phosphorus. Mariner steel was developed by US Steel Corporation, and Nippon Steel makes it under a technical agreement with that company.

a) Characteristics

(i) Superior Resistance to Sea Water:

When used in sea water splash zones, Mariner steel provides two to three times the corrosion resistance of structural carbon steel.

(ii) High Yield Point:

Mariner steel sheet piling has a minimum yield point of 36 kg/mm², about 20 percent higher than that of Class 2 steel sheet piles. Consequently, it permits higher allowable design stresses, a considerable reduction in structural weight, and thus substantial savings in material costs.

b) Chemical Composition, %

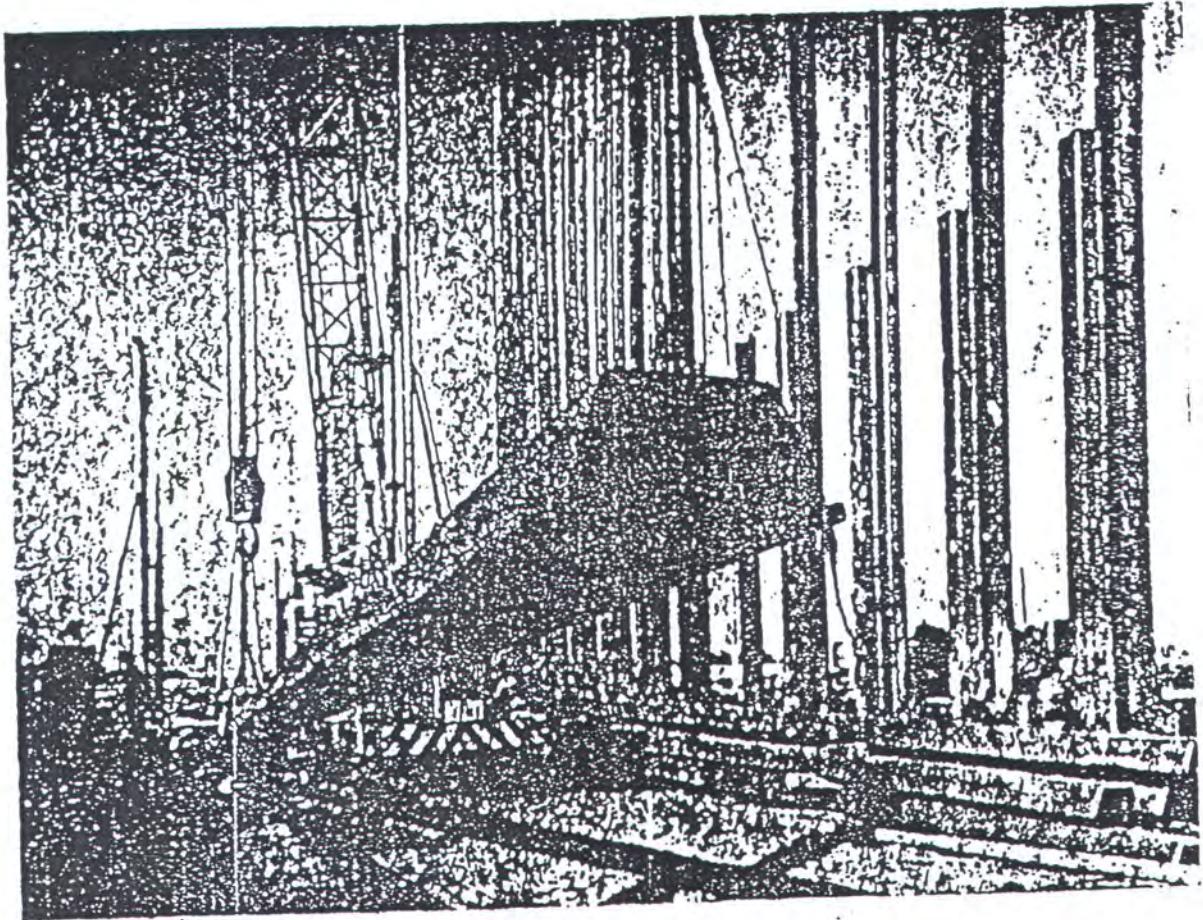
C	Mn	P	S	Si	Cu	Ni
0.22 max.	0.60~0.90	0.08~0.15	0.40 max.	0.10 max.	0.50 min.	0.40~0.65

c) Mechanical Properties

Tensile Strength, min.	kg/mm ² psi	50 71,100
Yield Point, min.	kg/mm ² psi	36 51,200
Elongation, min. %		18
Allowable Stress, kg/mm ² psi		21.6 30,700 X

Note: 1) JIS No. 1 test specimens are used.

2) Allowable stress=0.6×yield stress



LAMPIRAN
BEBAN ANGIN DECK
JACKET SWP – G PHASE- 3

BEBAN ANGIN PADA DECK

data lingkungan :

1. kecepatan angin (10 m diatas SWL) = 18 m/s
2. data deck seperti pada gambar.
3. kecepatan angin (13 m, 16 m, 18 m, 19.2 m, 21 m diatas SWL)

dengan *Logarithmic Velocity Distribution* :

$$U(z) = U_R \frac{\ln \frac{z + z_o}{z_o}}{\ln \frac{z_R + z_o}{z_o}}$$

dimana : $U_R = 18 \text{ m/s}$
 $Z_R = 10 \text{ m}$

$$z_o = 2,91 \times 10^{-5} \left(\frac{U_R^2}{g} \right)$$
$$g = 9.81 \text{ m/s}^2$$

$$Z_o = 0.0009611$$

a.) $z = 13 \text{ m}$

$$U(13) = 18.51049732 \text{ m/s}$$

z (m)	Uz (m/s)
10	18
13	18.511
16	18.914
18	19.144
19.2	19.269
21	19.444

b.) $z = 16 \text{ m}$

$$U(16) = 18.91452042 \text{ m/s}$$

c.) $z = 18 \text{ m}$

$$U(18) = 19.14370407 \text{ m/s}$$

d.) $z = 19.2 \text{ m}$

$$U(19.2) = 19.26928453 \text{ m/s}$$

e.) $z = 21 \text{ m}$

$$U(21) = 19.44365448 \text{ m/s}$$

GAYA ANGIN (API RP 2A -WSD,1993)

GAYA ANGIN PADA ARAH S(0°) :

a.) pada EL(+) 8,1 dan EL (+) 11,7 :

$$\begin{aligned} A &= 52.2 \text{ m}^2 & \longrightarrow & p = 14.5 \text{ m} \\ & & & l = 3.6 \text{ m} \\ U &= 18 \text{ m/s} \\ C_s &= 1.5 \\ w &= 11.8757 \text{ N/m}^3 \\ g &= 9.81 \text{ m/s}^2 \end{aligned}$$

$$F = \left(\frac{w}{2g} \right) \cdot (V^2) \cdot C_s \cdot A$$

$$\begin{aligned} F &= 15355.60695 \text{ N} \\ &= 15.35560695 \text{ KN} \end{aligned}$$

b.) pada EL (+) 11,7 dan EL (+) 14,7 :

$$\begin{aligned} A &= 72 \text{ m}^2 & \longrightarrow & p = 24 \text{ m} \\ & & & l = 3 \text{ m} \\ U &= 18.511 \text{ m/s} \\ F &= 22399.77893 \text{ N} \\ &= 22.39977893 \text{ KN} \end{aligned}$$

c.) pada EL (+) 14,7 dan EL (+) 19,2 :

$$\begin{aligned} A &= 108 \text{ m}^2 & \longrightarrow & p = 24 \text{ m} \\ U &= 19.144 \text{ m/s} & & l = 4.5 \text{ m} \\ F &= 35936.89914 \text{ N} \\ &= 35.93689914 \text{ KN} \end{aligned}$$

d.) pada EL (+) 19,2 dan (+) 22,5 :

$$\begin{aligned} A &= 79.2 \text{ m}^2 & \longrightarrow & p = 24 \text{ m} \\ U &= 19.444 \text{ m/s} & & l = 3.3 \text{ m} \\ F &= 27186.16075 \text{ N} \\ &= 27.18616075 \text{ KN} \end{aligned}$$

GAYA ANGIN PADA ARAH E(90°) :

a.) pada EL(+) 8,1 dan EL (+) 11,7 :

$$\begin{aligned} A &= 97.9776 \text{ m}^2 & p &= 27.216 \text{ m} \\ && l &= 3.6 \text{ m} \\ U &= 18 \text{ m/s} \\ Cs &= 1.5 \\ w &= 11.8757 \text{ N/m}^3 \\ g &= 9.81 \text{ m/s}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} F &= \left(\frac{w}{2g} \right) \cdot (V^2) \cdot Cs \cdot A \\ F &= 28821.945 \text{ N} \\ &\quad 28.822 \text{ KN} \end{aligned}$$

b.) pada EL (+) 11,7 dan EL (+) 14,7 :

$$\begin{aligned} A &= 81.648 \text{ m}^2 & p &= 27.216 \text{ m} \\ && l &= 3 \text{ m} \\ U &= 18.511 \text{ m/s} \\ F &= 25401.3493 \text{ N} \\ &\quad 25.4013493 \text{ KN} \end{aligned}$$

c.) pada EL (+) 14,7 dan EL (+) 19,2 :

$$\begin{aligned} A &= 122.472 \text{ m}^2 & p &= 27.216 \text{ m} \\ && l &= 4.5 \text{ m} \\ U &= 19.144 \text{ m/s} \\ F &= 40752.44363 \text{ N} \\ &\quad 40.75244363 \text{ KN} \end{aligned}$$

d.) pada EL (+) 19,2 dan (+) 22,5 :

$$\begin{aligned} A &= 89.8128 \text{ m}^2 & p &= 27.216 \text{ m} \\ && l &= 3.3 \text{ m} \\ U &= 19.444 \text{ m/s} \\ F &= 30829.10629 \text{ N} \\ &\quad 30.829 \text{ KN} \end{aligned}$$

GAYA ANGIN PADA ARAH SE(45°) :

$$F = \left(\frac{w}{2g} \right) \cdot (V^2) \cdot Cs \cdot A \cdot \cos(\theta)$$

ELEVASI	F (KN)
EL (+) 8,1 - EL (+) 11,7	20.380
EL (+) 11,7 - EL (+) 14,7	17.961
EL (+) 14,7 - EL (+) 19,2	28.816
EL (+) 19,2 - (+) 22,5	21.799
$\Sigma F =$	88.956

GAYA ANGIN PADA ARAH NE(135°) :

$$F = \left(\frac{w}{2g} \right) \cdot (V^2) \cdot Cs \cdot A \cdot \cos(\theta)$$

ELEVASI	F (KN)
EL (+) 8,1 - EL (+) 11,7	20.380
EL (+) 11,7 - EL (+) 14,7	17.961
EL (+) 14,7 - EL (+) 19,2	28.816
EL (+) 19,2 - (+) 22,5	21.799
$\Sigma F =$	88.956

GAYA ANGIN PADA ARAH SW(315°) :

$$F = \left(\frac{w}{2g} \right) \cdot (V^2) \cdot Cs \cdot A \cdot \cos(\theta)$$

ELEVASI	F (KN)
EL (+) 8,1 - EL (+) 11,7	20.380
EL (+) 11,7 - EL (+) 14,7	17.961
EL (+) 14,7 - EL (+) 19,2	28.816
EL (+) 19,2 - (+) 22,5	21.799
$\Sigma F =$	88.956

MOMEN DECK AKIBAT GAYA ANGIN PADA ARAH S(0⁰) :

ELEVASI	F (KN)	y (m) (dari elevasi paling bawah)	F x Y
EL (+) 8,1 - EL (+) 11,7	15.356	14.4	221.1264
EL (+) 11,7 - EL (+) 14,7	22.400	17.7	396.48
EL (+) 14,7 - EL (+) 19,2	35.937	21.45	770.84865
EL (+) 19,2 - (+) 22,5	27.186	25.35	689.1651
	$\Sigma F = 100.879$		$\Sigma = 2077.6202$

$$\bar{y} = \frac{\sum F \cdot y}{\sum F}$$

$$= 20.595$$

Momen = Gaya x Lengan
= 2077.60 KN.m

Gaya Horizontal (Fh)
Fh = $\Sigma F / 4$
P1=P2=P3=P4 =
= 25.22 KN

Gaya Vertikal (Fv) = $\Sigma M / L$

L = 18.22

Fv = 114.0285 KN

P1=P2=P3=P4=Pv/2

P1=P2=P3=P4= 57.014 KN

P1=P2 = 57.014 KN

P3=P4 = -57.014 KN

MOMEN DECK AKIBAT GAYA ANGIN PADA ARAH E(90⁰) :

ELEVASI	F (KN)	y (m) (dari elevasi paling bawah)	F x Y
EL (+) 8,1 - EL (+) 11,7	28.822	14.4	415.0368
EL (+) 11,7 - EL (+) 14,7	25.401	17.7	449.5977
EL (+) 14,7 - EL (+) 19,2	40.752	21.45	874.1304
EL (+) 19,2 - (+) 22,5	30.829	25.35	781.51515
	$\Sigma F = 125.804$		$\Sigma = 2520.28$

$$\bar{y} = \frac{\sum F \cdot y}{\sum F}$$

$$= 20.033$$

$$\begin{aligned}\text{Momen} &= \text{Gaya} \times \text{Lengan} \\ &= 2520.23 \text{ KN.m}\end{aligned}$$

$$\text{Gaya Vertikal (Fv)} = \Sigma M/L$$

$$L = 14.16$$

$$Fv = 177.9823 \text{ KN}$$

$$P1=P2=P3=P4=Pv/2$$

$$P1=P2=P3=P4= 88.991 \text{ KN}$$

$$P2=P4 = 88.991 \text{ KN}$$

$$P1=P3 = -88.991 \text{ KN}$$

$$\text{Gaya Horizontal (Fh)}$$

$$Fh = \Sigma F/4$$

$$\begin{aligned}P1=P2=P3=P4 &= \\ &= 31.451 \text{ KN}\end{aligned}$$

MOMEN DECK AKIBAT GAYA ANGIN PADA ARAH E(45°) :

ELEVASI	F (KN)	y (m) (dari elevasi paling bawah)	F x Y
EL (+) 8,1 - EL (+) 11,7	20.380	14.4	293.472
EL (+) 11,7 - EL (+) 14,7	17.961	17.7	317.9097
EL (+) 14,7 - EL (+) 19,2	28.816	21.45	618.1032
EL (+) 19,2 - (+) 22,5	21.799	25.35	552.60465
	$\Sigma F = 88.956$		$\Sigma = 1782.09$

$$\bar{y} = \frac{\sum F \cdot y}{\sum F}$$

$$= 20.033$$

$$\begin{aligned}\text{Momen} &= \text{Gaya} \times \text{Lengan} \\ &= 1782.06 \text{ KN.m}\end{aligned}$$

$$\text{Gaya Vertikal (Fv)} = \Sigma M/L$$

$$L = 14.16$$

$$Fv = 125.852 \text{ KN}$$

$$P1=P2=P3=P4=Pv/2$$

$$P1=P2=P3=P4= 62.926 \text{ KN}$$

$$P2=P4 = 62.926 \text{ KN}$$

$$P1=P3 = -62.926 \text{ KN}$$

$$\text{Gaya Horizontal (Fh)}$$

$$Fh = \Sigma F/4$$

$$\begin{aligned}P1=P2=P3=P4 &= \\ &= 22.239 \text{ KN}\end{aligned}$$

MOMEN DECK AKIBAT GAYA ANGIN PADA ARAH NE(135°) :

ELEVASI	F (KN)	y (m) (dari elevasi paling bawah)	F x Y
EL (+) 8,1 - EL (+) 11,7	20.380	14.4	293.472
EL (+) 11,7 - EL (+) 14,7	17.961	17.7	317.9097
EL (+) 14,7 - EL (+) 19,2	28.816	21.45	618.1032
EL (+) 19,2 - (+) 22,5	21.799	25.35	552.60465
	$\Sigma F =$ 88.956		$\Sigma =$ 1782.09

$$\bar{y} = \frac{\sum F \cdot y}{\sum F}$$

$$= 20.033$$

Momen = Gaya x Lengan
= 1782.06 KN.m

Gaya Vertikal (Fv) = $\Sigma M/L$

L = 14.16

Fv = 125.852 KN

P1=P2=P3=P4=Pv/2

P1=P2=P3=P4= 62.926 KN

P2=P4 = 62.926 KN

P1=P3 = -62.926 KN

Gaya Horizontal (Fh)

Fh = $\Sigma F/4$

P1=P2=P3=P4 =
= 22.239 KN

MOMEN DECK AKIBAT GAYA ANGIN PADA ARAH SW(315°) :

ELEVASI	F (KN)	y (m) (dari elevasi paling bawah)	F x Y
EL (+) 8,1 - EL (+) 11,7	20.380	14.4	293.472
EL (+) 11,7 - EL (+) 14,7	17.961	17.7	317.9097
EL (+) 14,7 - EL (+) 19,2	28.816	21.45	618.1032
EL (+) 19,2 - (+) 22,5	21.799	25.35	552.60465
	$\Sigma F =$ 88.956		$\Sigma =$ 1782.09

$$\bar{y} = \frac{\sum F \cdot y}{\sum F}$$

$$= 20.033$$

Momen = Gaya x Lengan
 $= 1782.06 \text{ KN.m}$

Gaya Vertikal (Fv) = $\Sigma M/L$

$L = 14.16$

$Fv = 125.852 \text{ KN}$

$P1=P2=P3=P4=Pv/2$

$P1=P2=P3=P4= 62.926 \text{ KN}$

$P2=P4 = -62.926 \text{ KN}$

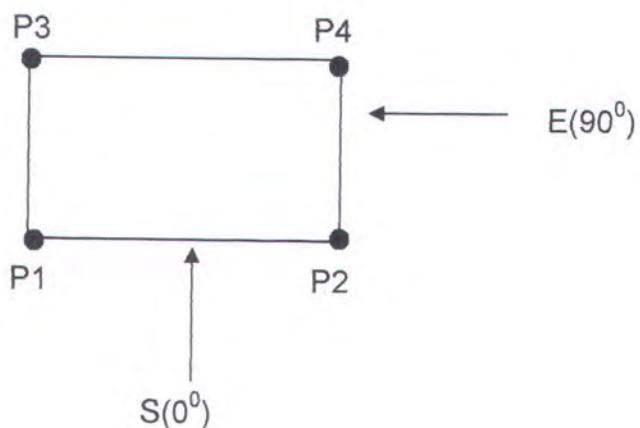
$P1=P3 = 62.926 \text{ KN}$

Gaya Horizontal (Fh)

$Fh = \Sigma F/4$

$P1=P2=P3=P4 = 22.239 \text{ KN}$

Gambar elevasi deck atas :



**LAMPIRAN
DATA GAMBAR
*JACKET SWP – G PHASE- 3***