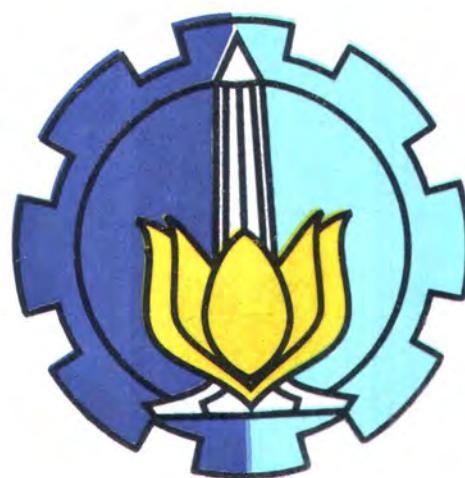


16.187/H/102

TUGAS AKHIR  
KL 1702



STUDI PENGARUH GEOMETRI STRUKTUR  
PENGUAT PADA KEKUATAN MONOPOD



RSKe  
627.98  
Hal  
S-I  
2002

Oleh :

**MUH. IBNU HAJAR**  
Nrp. 4397 100 008

JURUSAN TEKNIK KELAUTAN  
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA  
2002

PERPUSTAKAAN ITS	
Tgl. Teken	12-2-2002
Terima Buat	H
No. Agenda Prp.	214960

STUDI PENGARUH GEOMETRI STRUKTUR PENGUAT  
PADA KEKUATAN MONOPOD

**TUGAS AKHIR**

Diajukan Guna Memenuhi Sebagian Persyaratan  
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik

Pada  
Jurusan Teknik Kelautan  
Fakultas Teknologi Kelautan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya

Mengetahui / Menyetujui

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II



Dr. Ir. Daniel M. Rosyid  
NIP. 131 782 038

A handwritten signature in black ink, appearing to read "Ir. Murdjipto, MSc.Eng.". Above the signature is a small pink rectangular stamp.

Ir. Murdjipto, MSc.Eng.  
NIP. 132 149 376

## ***ABSTRAK***

*Tugas akhir ini dilatarbelakangi untuk mengetahui hubungan antara geometri struktur penguat dan kekuatan pada monopod. Parameter geometri struktur penguat dalam studi ini adalah lebar struktur penguat yaitu jarak antara caisson dan struktur penguatnya serta sudut struktur penguat yaitu sudut antara struktur penguat yang satu dengan yang lainnya. Sedangkan untuk parameter kekuatan monopod dalam studi ini adalah rasio interaksi yang didapat dari tegangan struktur monopod.*

*Studi ini dimulai dengan pemodelan struktur monopod baik tanpa menggunakan struktur penguat maupun menggunakan struktur penguat dengan ukuran yang sama. Pemberian beban vertikal yang berupa beban deck dan peralatannya berdasarkan data yang sama untuk tiap pemodelan struktur. Beban horisontal yang berupa beban lingkungan berdasarkan data lingkungan GS 600. Selanjutnya dengan menggunakan program StruCAd\*3D diperoleh respon struktur akibat pembebahan meliputi tegangan-tegangan yang bekerja pada struktur monopod dan rasio interaksi yang maksimum beserta letaknya.*

*Dari hasil analisa respon struktur didapatkan bahwa rasio interaksi mengalami penurunan untuk struktur monopod menggunakan struktur penguat dibandingkan dengan struktur monopod tanpa menggunakan struktur penguat. Perubahan harga rasio interaksi yang relatif konstan untuk pemodelan struktur monopod menggunakan struktur penguat terjadi pada pemodelan sudut struktur penguat  $90^0$  dan harga rasio interaksi terkecil terjadi pada geometri struktur penguat dengan lebar struktur penguat 78,5 ft dan sudut struktur penguat  $90^0$ , yaitu 0,125.*



## KATA PENGANTAR

Alhamdulillahirobbil'alamin,

Puji syukur kehadirat Allah SWT, hanya karena rahmat dan hidayah-NYA, penulis berhasil merampungkan Laporan Tugas Akhir dengan judul “*Studi Pengaruh Geometri Struktur Penguat Pada Kekuatan Monopod*” dengan sebaik-baiknya. Penulis tidak lupa pula menyampaikan sholawat beserta salam kepada junjunganku Nabi Besar Rasulullah Muhammad SAW dan kepada seluruh keluarga dan sahabat beliau, semoga mereka berada di tempat terbaik di sisi Allah SWT.

Tugas akhir ini dilatarbelakangi oleh keinginan penulis untuk mengetahui hubungan antara geometri struktur penguat dan kekuatan pada *monopod*.

Sebagai manusia biasa penulis menyadari sebenar-benarnya bahwa laporan tugas akhir ini masih sangat jauh dari sempurna, meskipun penulis telah berusaha sebaik-baiknya. Penulis juga menyadari akan segala kekurangan dan keterbatasan diri, oleh sebab itu penulis ingin menyampaikan terima kasih sebesar-besarnya terhadap semua pihak yang telah ikut membantu, baik materiil maupun nonmateriil, atas tersusunnya laporan tugas akhir ini, terutama kepada :

1. “Rama” Fadlillah dan “Ebu” Muttahara atas segala curahan kasih sayangnya serta iringan do’anya yang senantiasa dimohonkan kepada Allah SWT untuk penulis.
2. Kedua saudariku tersayang, Fatimah dan Nurlaili serta keponakanku Dani atas segala kebahagiaan kita untuk masa-masa selama ini dan masa yang akan datang.

Semoga tetap terjaga selamanya.

3. Bapak Dr. Ir. Daniel Muhammad Rosyid dan Ir. Murdjito, MSc.Eng selaku Dosen Pembimbing atas segala kesabaran dan keikhlasannya membimbing serta mengarahkan penulis selama pengerajan tugas akhir ini.
4. Bapak Dr. Ir. Wahyudi, MSc selaku Wakil Ketua Jurusan Teknik Kelautan dan Dosen Wali atas segala bimbingan dan arahan selama studi penulis.
5. Bapak Dr. Ir. Paulus Indiyono, MSc selaku Ketua Jurusan Teknik Kelautan beserta seluruh staf dosen atas segala bimbingan dan ilmunya kepada penulis sampai akhirnya penulis bisa menyelesaikan studi.
6. Pak Teguh, Bu Nur, dan Agus selaku staf karyawan di Jurusan Teknik Kelautan atas segala bantuannya selama ini.
7. Seluruh keluarga besar di perumdos ITS mas Leng dan mbak Yati' beserta keponakan-keponakanku Anda, Ulin, Iko dan Erik atas segala bantuan, dorongan, perhatian, dan fasilitas yang diberikan pada penulis selama ini.
8. Seluruh keluarga di Wisma Mukti mas Encung dan mbak Mimin beserta keponakanku Yayak atas segala bantuan dan perhatian yang diberikan pada penulis selama ini.
9. "Kanca" '97, seperti Pradin (trim's ide dan masukannya), Aries (trim's masukannya), Agus "Suga", Awang dan Dien (ngga' usah sembunyian), Didik "Godjel" (trim's ilmu StruCAD-nya), Arko "presiden", Siswo, Fajar "Timbul", Budi "Mbud", Abud (trim's kritikannya), Jefry "Suhu" (trim's ajakannya), Da'in "Komting '97 Abadi", Dian "Chik Yen", "Gus" Sigit, Zein "Baidi", Susanto, Haryono "Siyung", Derry "Geyong", Wildan "Mack", Ivan, Iwan, Ilham "Cilik", Miil, Titin, Wiwin, Silvi "Pi'i", Retno "Menuk", Nurin, Rina serta "na'-kana" lainnya baik lepas pantai maupun pantai yang tidak bisa kami sebutkan satu persatu disini.

10. Seluruh rekan-rekan senior '94, '95 dan '96 serta rekan-rekan junior '98, '99, 2000, 2001 atas pengabdiannya demi kemajuan Teknik Kelautan.
11. Seluruh anak kos-kosan blok J-19 mas Kun (trim's nasehatnya), David, Bagus, Reza, Fajar, Nelly, Yanti, dan terutama kepala kos-kosan "nyi" Sam (trim's bantuannya selama ini).
12. Semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu-persatu di sini, dengan tidak mengurangi rasa hormat.

Semoga Allah SWT membalas segala kebaikan dan bantuan yang diberikan sebagai amal sholeh yang tidak sia-sia.

Penulis menyadari bahwa masih banyak kekurangan dalam Laporan Tugas Akhir ini, oleh karena itu kritik dan saran yang bersifat membangun dari semua pihak sangat penulis harapkan, disamping harapan bahwa Tugas Akhir ini bisa bermanfaat di masa mendatang.

Surabaya, Januari 2002

Wassalam,

Muhammad Ibnu Hajar

## DAFTAR ISI

Abstrak	i
Kata Pengantar	ii
Daftar Isi	v
Daftar Gambar	viii
Daftar Tabel	ix
BAB I PENDAHULUAN	I-1
I.1. Latar Belakang	I-1
I.2. Perumusan Masalah	I-1
I.3. Tujuan	I-2
I.4. Manfaat	I-3
I.5. Batasan Masalah	I-3
I.6. Metodologi Penelitian	I-4
I.7. Sistematika Penulisan	I-7
BAB II DASAR TEORI	II-1
II.1. Beban Gelombang	II-1
II.2. Beban Arus	II-2
II.3. Beban Angin	II-3
II.4. Konstruksi Bangunan Laut	II-4
II.5. Teori Metode Elemen Hingga	II-6
II.5.1. Pendiskritan Sistem	II-7
II.5.2. Pemilihan Model atau Fungsi Pendekatan	II-7

	II.5.3. Penentuan Hubungan Regangan-Displasmen dan Tegangan-Regangan	II-8
	II.5.4. Penurunan Matriks Kekakuan Elemen	II-9
	II.5.5. Penggabungan Elemen	II-10
	II.6. Kekuatan Konstruksi <i>Monopod</i>	II-11
	II.6.1. Tegangan Aksial	II-11
	II.6.2. Tegangan Momen Bending	II-14
	II.6.3. Tegangan Geser Puntiran	II-15
	II.6.4. Rasio Interaksi Struktur	II-16
BAB III	METODOLOGI PENELITIAN	III-1
	III.1. Pengumpulan Data	III-1
	III.2. Analisa Beban Lingkungan	III-2
	III.3. Pemodelan Struktur	III-3
	III.4. Analisa Struktur	III-4
	III.5. Tegangan dan Rasio Interaksi	III-4
	III.6. Hubungan Rasio Interaksi dan Lebar (b)	III-4
BAB IV	ANALISA DAN PEMBAHASAN	IV-1
	IV.1. Material Struktur	IV-1
	IV.2. Respon Struktur	IV-1
	IV.3. Pembahasan Hasil Analisa	IV-10
	IV.3.1. Struktur <i>Monopod</i> Tanpa Struktur Penguat	IV-10
	IV.3.2. Struktur <i>Monopod</i> Menggunakan Struktur Penguat	IV-10
	IV.3.2.1. Tegangan Aksial	IV-10
	IV.3.2.2. Tegangan Bending	IV-11
	IV.3.2.3. Tegangan Puntiran	IV-12

IV.3.2.4. Rasio Interaksi	IV-13	
BAB V	PENUTUP	V-1
	IV.1. Kesimpulan	V-1
	IV.2. Saran	V-2
Daftar Pustaka		
Lampiran		

## **DAFTAR GAMBAR**

Gambar 1.1. Gambar <i>monopod</i> dengan struktur penguatnya	I-2
Gambar 1.2. Pembebanan pada <i>monopod</i>	I-4
Gambar 1.3. Diagram alir metodologi penelitian	I-6
Gambar 2.1. Skema deformasi	II-9
Gambar 4.1. Grafik hubungan tegangan aksial terhadap lebar struktur penguat	IV-6
Gambar 4.2. Grafik hubungan tegangan bending terhadap lebar struktur penguat	IV-7
Gambar 4.3. Grafik hubungan tegangan puntiran terhadap lebar struktur penguat	IV-8
Gambar 4.4. Grafik hubungan rasio interaksi terhadap lebar struktur penguat	IV-9

## **DAFTAR TABEL**

Tabel 2.1. Harga faktor panjang efektif	II-13
Tabel 3.1. Data angin dan gelombang	III-1
Tabel 3.2. Data arus	III-2
Tabel 4.1. Beban lingkungan total	IV-2
Tabel 4.2. Hasil respon struktur <i>monopod</i> tanpa struktur penguat	IV-3
Tabel 4.3. Hasil respon struktur <i>monopod</i> dengan struktur penguat bersudut $45^0$	IV-4
Tabel 4.4. Hasil respon struktur <i>monopod</i> dengan struktur penguat bersudut $60^0$	IV-4
Tabel 4.5. Hasil respon struktur <i>monopod</i> dengan struktur penguat bersudut $90^0$	IV-5
Tabel 4.6. Hasil respon struktur <i>monopod</i> dengan struktur penguat bersudut $180^0$	IV-5

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

## BAB I

### PENDAHULUAN

#### I.1. LATAR BELAKANG

Indonesia yang dikenal sebagai negara kepulauan memiliki lautan yang cukup luas dan kaya akan kandungan minyak dan gas bumi. Untuk memanfaatkan kekayaan alam tersebut telah diadakan kegiatan eksplorasi minyak dan gas bumi di daerah lepas pantai. Untuk mengeksplorasi minyak dan gas bumi tersebut, diperlukan anjungan lepas pantai.

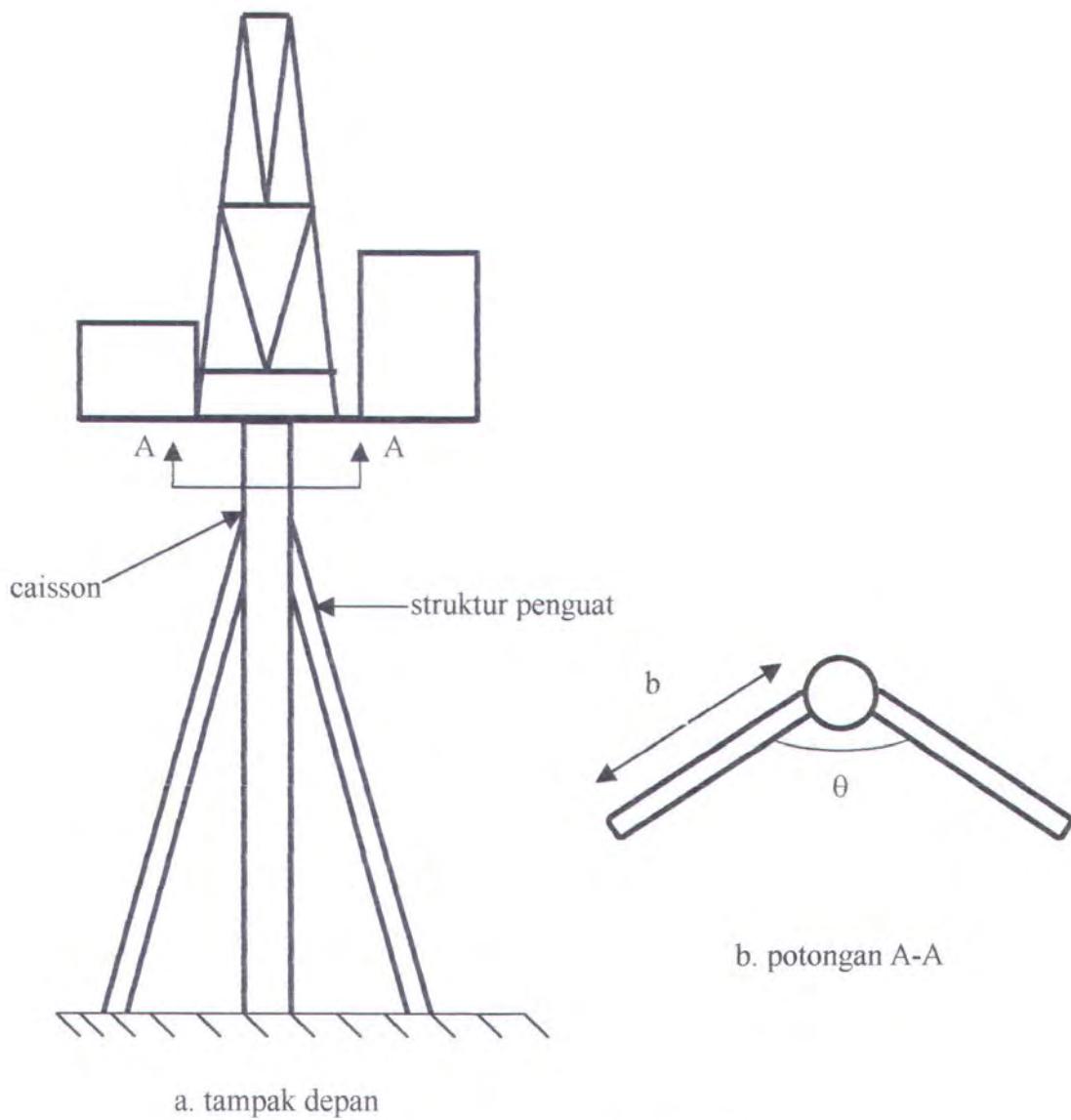
Anjungan lepas pantai yang paling banyak digunakan di perairan Indonesia adalah tipe struktur terpanjang. *Monopod* merupakan salah satu jenis dari tipe struktur terpanjang yang paling sederhana. Terdiri dari silinder baja (*caisson*), struktur *deck* dan struktur penguat pada *caisson* dengan geometri (sudut  $\theta$  dan lebar  $b$ ) tertentu (lihat gambar 1.1.). Dengan adanya struktur penguat pada *caisson* yang mempunyai konfigurasi dan geometri tertentu akan memberikan pengaruh terhadap kekuatan yang berbeda antara *caisson* dan struktur penguat itu sendiri. Untuk mengetahui hal tersebut, maka perlu dilakukan studi pengaruh geometri struktur penguat pada kekuatan *monopod*. Sehingga nantinya dapat diketahui hubungan antara geometri struktur penguat dan kekuatan pada *monopod*.

#### I.2. PERUMUSAN MASALAH

Permasalahan dalam tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

Dengan adanya struktur penguat pada *caisson*, bagaimana hubungan antara geometri struktur penguat tersebut dengan kekuatan *monopod*? Geometri struktur penguat yang

dimaksud dalam tugas akhir ini adalah lebar struktur penguat ( $b$ ) dan sudut struktur penguat ( $\theta$ ) (lihat gambar 1.1.).



Gambar 1.1. Gambar *monopod* dengan struktur penguatnya.

### I.3. TUJUAN

Tujuan dari penggerjaan ini tugas akhir ini adalah untuk mengetahui hubungan antara geometri struktur penguat pada *caisson* dengan kekuatan *monopod*.

## I.4. MANFAAT

Manfaat yang dapat diambil dari penggerjaan tugas akhir ini adalah :

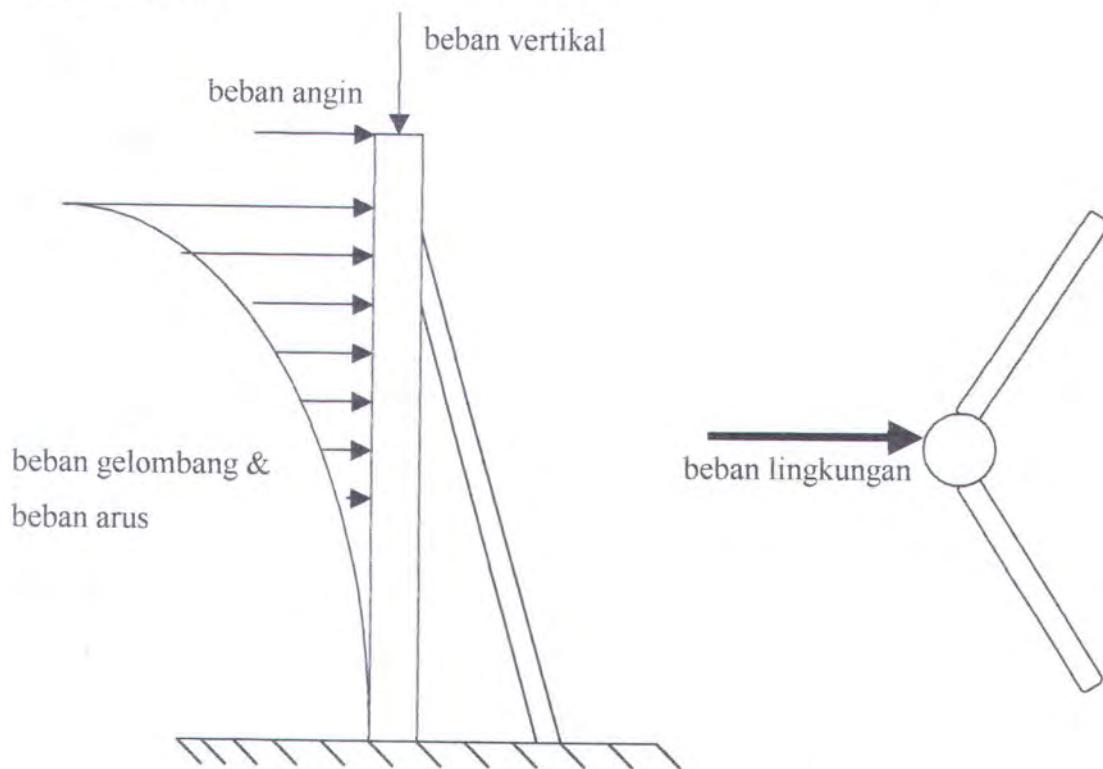
Dengan mengetahui hubungan antara geometri struktur penguat pada *caisson* dengan kekuatan *monopod*, maka dapat ditentukan geometri struktur penguat pada *monopod* yang memberikan kekuatan yang cukup untuk struktur *monopod* tersebut. Sehingga diharapkan dapat memberikan masukan dalam perancangan struktur *monopod* yang menggunakan struktur penguat.

## I.5. BATASAN MASALAH

Batasan masalah yang diambil untuk penyelesaian tugas akhir ini adalah:

1. Penumpu pada *caisson* dan struktur penguat *monopod* dianggap jepit.
2. Analisa kekuatan *monopod* terhadap beban vertikal, beban horisontal dan puntiran akibat gelombang.
3. Beban vertikal yang bekerja pada *monopod* merupakan beban *deck* dan peralatannya.
4. Beban horisontal yang bekerja pada *monopod* merupakan beban lingkungan yang terdiri dari beban gelombang, beban arus, dan beban angin.
5. Pemodelan beban lingkungan hanya dari satu arah saja.(gambar 1.)
6. *Caisson* dan struktur penguat *monopod* dianggap menerus tanpa lasan.

Maka dari batasan masalah di atas pembebanan pada *monopod* dimodelkan sebagai berikut :



Gambar 1.2. Pembebanan pada *monopod*.

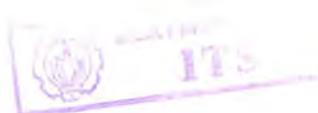
## I.6. METODOLOGI PENELITIAN

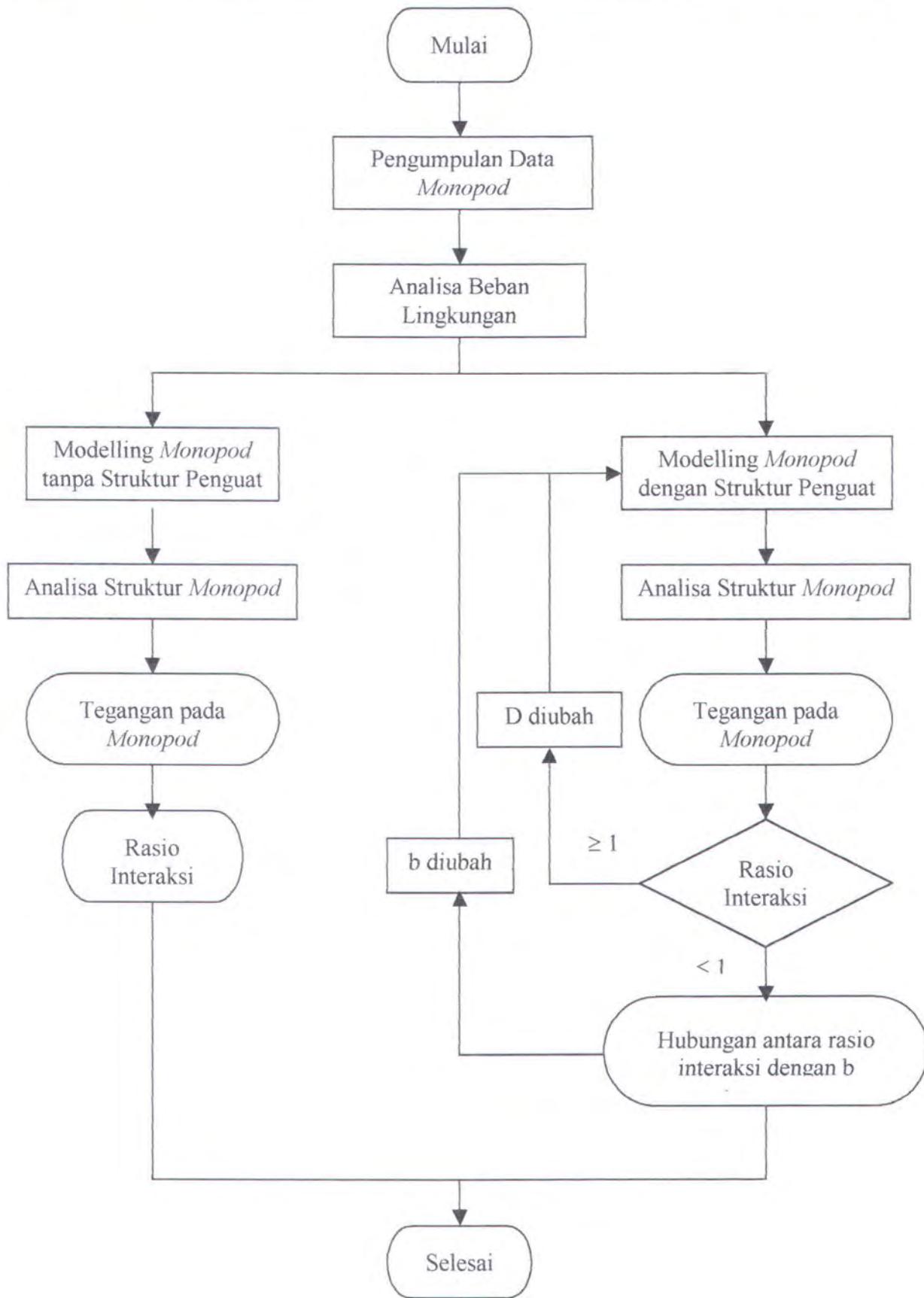
Metodologi yang dipakai dalam penyelesaian tugas akhir ini sebagai berikut :

1. Melakukan pengumpulan data *monopod* yang menggunakan struktur penguat, meliputi :
  - Data lingkungan
  - Data teknis *monopod*
  - *Lay out* gambar teknis *monopod*
2. Menghitung dan menetukan beban lingkungan yang bekerja pada *monopod*.
3. a. Melakukan pemodelan struktur *monopod* tanpa menggunakan struktur penguat pada *caisson*-nya.

- b. Melakukan pemodelan struktur *monopod* dengan menggunakan struktur penguat pada *caisson*-nya.
4. Melakukan analisa struktur *monopod* yang telah dimodelkan sebelumnya.
5. Menghitung hasil akhir dari analisa struktur *monopod* berupa tegangan pada *monopod* yang menjadi parameter kekuatan *monopod*.
6. Menghitung harga rasio interaksi maksimum dan juga letaknya dapat ditentukan apakah pada *caisson*-nya atau pada struktur penguatnya dari harga tegangan pada *monopod*.
7. Mencari hubungan antara rasio interaksi dengan lebar struktur penguat (b) berupa grafik antara rasio interaksi dengan lebar struktur penguat untuk satu sudut struktur penguat ( $\theta$ ). Mengulangi langkah pemodelan struktur *monopod* dengan geometri struktur penguat yang lain berupa lebar struktur penguat (b) yang diubah. Apabila pemodelan di atas untuk satu sudut struktur penguat sudah mencukupi, dilanjutkan dengan pemodelan untuk sudut struktur penguat yang lainnya.
8. Menganalisa hasil dan mencoba menyimpulkan hasil perhitungan.
9. Selesai.

Untuk lebih memahami dalam pelaksanaan penelitian maka urutan kegiatan penelitian dapat dilihat pada diagram alir berikut ini :





Gambar 1.3. Diagram alir metodologi penelitian.

## I.7. SISTEMATIKA PENULISAN

Sistematika penulisan yang digunakan dalam penyusunan laporan tugas akhir ini sebagai berikut :

### BAB I PENDAHULUAN

Bab ini menerangkan latar belakang dalam melakukan studi, permasalahan yang akan dipecahkan, tujuan yang ingin dicapai yaitu menyelesaikan permasalahan yang ada, manfaat yang diinginkan penulis, batasan-batasan permasalahan yaitu berupa asumsi-asumsi, metodologi penelitian yang dilakukan serta sistematika penulisan.

### BAB II DASAR TEORI

Dalam penyelesaian masalah dalam laporan tugas akhir ini penulis berpedoman pada beberapa penelitian tentang struktur bangunan lepas pantai yang pernah dilakukan dan beberapa dasar teori yang sesuai. Dasar teori yang digunakan diantaranya adalah dasar teori beban lingkungan, dasar-dasar metode elemen hingga, serta ketentuan-ketentuan kekuatan struktur bangunan lepas pantai terhadap beban yang bekerja pada struktur tersebut.

### BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini menjelaskan meodologi penelitian untuk penyelesaian laporan tugas akhir secara berurutan, walaupun sebenarnya dalam bab I telah dijelaskan metodologi penelitian yang digunakan. Dalam bab ini meodologi penelitiannya dijelaskan lebih detail disertai beberapa data yang digunakan dalam tugas akhir ini.

#### BAB IV ANALISA DAN PEMBAHASAN

Bab ini akan menganalisa respon struktur yang berupa tegangan dan rasio interaksi maksimum dari setiap pemodelan struktur yang telah dilakukan dengan program StruCAD\*3D. Harga tegangan dan rasio interaksi yang maksimum tersebut kemudian diplotkan dalam bentuk grafik, sehingga dapat dilihat secara jelas bagaimana respon struktur untuk setiap pemodelan struktur penguat.

#### BAB V PENUTUP

Bab ini berisi kesimpulan dari penyelesaian permasalahan mengenai respon struktur yang dianalisa dan saran-saran yang seharusnya diperhatikan para pengguna hasil studi ini.

## **BAB II**

## **DASAR TEORI**

## BAB II

### DASAR TEORI

Perancangan suatu konstruksi bangunan laut perlu memperhatikan beban-beban yang bekerja pada bangunan laut. Hal ini mempengaruhi dalam penentuan dimensi dan ukuran-ukuran yang sesuai dengan kekuatan konstruksi bangunan laut. Kekuatan konstruksi bangunan laut merupakan salah satu kriteria utama dalam perancangan konstruksi bangunan laut.

Demikian juga dalam perancangan *monopod*, meskipun *monopod* merupakan konstruksi paling sederhana yang terdiri dari sebuah silinder baja dengan struktur deck dan pondasi tiang pancang (Mufid,1999). Konstruksi *monopod* dirancang sesederhana mungkin dengan memperhatikan kekuatan konstruksinya, sehingga biaya yang dikeluarkan baik untuk biaya fabrikasi dan biaya produksi dapat ditekan.

#### II.1. BEBAN GELOMBANG

Beban gelombang yang bekerja pada struktur bangunan lepas pantai merupakan penjumlahan dari gaya-gaya yang timbul, yaitu gaya drag, gaya inersia, dan gaya *Froude-Krylov*. Gaya drag (suku non-linier) dapat dijumlahkan secara langsung dengan gaya inersia dan gaya *Froude-Krylov* (suku linier) dengan menggunakan pendekatan. Dimana  $|u| u$  (non linier)  $\approx \sqrt{\frac{8}{\pi}} u_{rms} u$  (linier). Suku  $|u| u$  disini merupakan besaran vektor dari beban gelombang yang mempunyai arah. Maka dalam perhitungan beban gelombang digunakan persamaan

Morison(Chakrabarti,1987) yang merupakan persamaan paling sering dipakai pada bangunan lepas pantai, yaitu :

$$F_d = \frac{1}{2} C_d \rho D |u| u \quad (2.1)$$

$$F_i = C_i \rho \frac{\pi D^2}{4} a_x \quad (2.2)$$

$$F = F_d + F_i = \frac{1}{2} C_d \rho D |u| u + C_i \rho \frac{\pi D^2}{4} a_x \quad (2.3)$$

dimana :

$C_d$  = koefisien drag

$C_i$  = koefisien inersia

D = diameter silinder

$u$  = kecepatan horisontal partikel fluida

$a_x$  = percepatan horisontal partikel fluida



## II.2. BEBAN ARUS

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

- Kecepatan arus harus ditambahkan secara vektorial ke kecepatan horisontal partikel air, sebelum menghitung gaya drag.
- Struktur dengan sendirinya menghasilkan gelombang yang mana dalam pengembaliannya akan menciptakan gaya difraksi.

Gaya akibat arus terbagi atas dua gaya yaitu gaya drag pada kaki *monopod* yang bergerak vertikal dan gaya drag yang bergerak horisontal. Dimana gaya-gaya ini memiliki rumusan yaitu :

$$F_{d\text{ ver}} = \frac{1}{2} C_l \rho V_c^2 A \quad (2.4)$$

$$F_{d\ hor} = \frac{1}{2} C_d \rho V_c^2 A \quad (2.5)$$

dimana :

$F_{d\ ver}$  = gaya drag vertikal

$F_{d\ hor}$  = gaya drag horisontal

$C_l$  = koefisien *lift*

$C_d$  = koefisien drag

$\rho$  = massa jenis air

$A$  = luas proyeksi yang ditinjau per unit panjang

$V_c$  = kecepatan arus

### II.3. BEBAN ANGIN

Intensitas gaya angin yang bekerja pada bangunan lepas pantai akan tergantung dari kecepatan berhembusnya angin dan ukuran serta bentuk komponen-komponen struktur yang berada dalam lintasan angin. Dalam perancangan bangunan lepas pantai pada umumnya perhitungan beban angin disyaratkan untuk didasarkan pada besarnya kecepatan ekstrim dengan waktu pengulangan 50 atau 100 tahun.

Rumusan pembebanan angin ini berasal dari hasil pengukuran pada ketinggian 10 m diatas permukaan tanah atau laut. Untuk menentukan besarnya kecepatan angin pada ketinggian yang berbeda maka dapat dipakai perumusan sederhana sebagai berikut :

$$V_y = V_{10} (y/10)^x \quad (2.6)$$

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

Sedangkan besarnya gaya angin yang bekerja pada sebuah bangunan lepas pantai dapat ditentukan dengan penjumlahan dari gaya-gaya yang diterima oleh tiap-tiap komponen struktur. Gaya-gaya pada komponen tersebut timbul oleh adanya hambatan kekentalan udara dan oleh perbedaan distribusi tekanan di sisi-sisi komponen yang menghadap ke arah angin dan dibelakangnya. Dari berbagai percobaan, gaya yang bekerja pada sebuah komponen struktur dapat dihitung dengan persamaan :

$$F = \frac{1}{2} \rho c A V^2 \quad (2.7)$$

dimana :

$\rho$  = massa jenis udara ( $= 1.29 \text{ kg/m}^3$ )

A = luasan karakteristik komponen

V = kecepatan angin

c = koefisien gaya yang besarnya tergantung pada bentuk benda dan

kekentalan (viskositas) dinamik udara ( $\mu = 1.81 \cdot 10^{-2} \text{ Ndt/m}^2$ )

## II.4. KONSTRUKSI BANGUNAN LAUT

Kegiatan eksplorasi minyak dan gas bumi di wilayah perairan memerlukan suatu konstruksi bangunan laut. Bangunan laut tersebut terdiri dari tiga tipe, yaitu struktur terpanjang (*fixed structure*), struktur terapung (*floating structure*) dan struktur lentur (*compliant structure*). Macam-macam tipe struktur terpanjang adalah *jacket*, *tripod*, *monopod*, *concrete/steel gravity*, dan lain-lain. Sedangkan macam-macam tipe struktur terapung adalah *semisubmersible*, *drilling ship*, *tension leg platform*, *jack-up*, dan lain-lain. Macam-macam tipe struktur lentur adalah *guyed tower*, *articulated tower*, dan lain-lain.

Perairan di wilayah Indonesia yang rata-rata laut dangkal dan ombaknya tidak besar, lebih tepat digunakan tipe struktur terpanjang, terutama seperti *jacket*, *jack-up*, *tripod*, dan *monopod*. Sementara untuk perairan yang lebih dalam, sebaiknya juga digunakan tipe struktur lentur, seperti *guyed tower*, *articulated tower*, dan lain-lain.

Dalam tugas akhir ini, bangunan laut yang ditinjau adalah *monopod*. *Monopod* merupakan bangunan laut yang terdiri dari sebuah silinder baja dengan struktur deck dan pondasi tiang pancang (Mufid,1999).

*Monopod* merupakan konstruksi bangunan laut paling sederhana, dimana deck atau bangunan atasnya hanya ditopang oleh sebuah kaki tunggal. Kaki tunggal tersebut mentransformasikan beban-beban deck atau bangunan atasnya. Sehingga kaki tunggal *monopod* bisa sangat besar.

*Monopod* digunakan hanya untuk perairan dangkal, yaitu untuk kedalaman kurang lebih 125 ft. Tetapi dalam kenyataan rata-rata hanya sekitar 75 ft. *Monopod* biasanya digunakan sebagai *light tower* atau struktur akomodasi pembantu, tetapi tidak menutup kemungkinan juga digunakan sebagai *living quarter* dan *wellhead*. (Mufid,1999)

Konstruksi *monopod* dirancang dengan ukuran tertentu untuk menopang beban lingkungan dan resultan momen bending sepanjang kaki *monopod*. Sehingga kaki *monopod* ada yang dibuat meruncing secara bertahap, yaitu pada bagian atau yang dekat dengan permukaan air laut diameternya lebih kecil dibandingkan dengan yang berada di dasar laut atau pada pondasi. Tujuannya untuk memperkecil besarnya beban lingkungan yaitu beban gelombang dan memperbesar kekuatan bagian pondasi di dasar laut (*mudline*)[McClelland and Reifel,1986].

*Monopod* dipakai untuk beberapa alasan, seperti biaya produksi yang murah, kondisi perairan sebagai lokasi eksplorasi minyak dan gas bumi tidak begitu besar

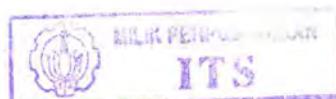
ombaknya dan kedalamannya tidak dalam. Dan juga umur reservoairnya pendek atau kandungan minyak dan gas bumi sedikit, sehingga monopod sebagai *wellhead*.

## II.5. TEORI 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 matematik untuk masalah-masalah teknik yang bisa diselesaikan secara analitis. Keadaan inilah yang memaksa *engineer* menggunakan analisa numerik walaupun hasilnya hanya bersifat pendekatan tetapi dianggap cukup dapat diterima. Perhitungan tegangan di sepanjang elemen 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 metode elemen hingga atau *finite element method*.

Proses perhitungan tegangan struktur *monopod* dalam studi ini menggunakan program StruCAD\*3D yang merupakan suatu paket program untuk menyelesaikan masalah-masalah teknik di lapangan. Paket program ini menggunakan metode elemen hingga dalam analisa dan perhitungannya, sehingga sangat membantu dalam proses analisa struktur.



### II.5.1. Pendiskritan Sistem

Sistem yang akan dianalisa dibagi menjadi beberapa elemen-elemen kecil. Usaha untuk membagi elemen-elemen ini secara otomatis telah dilakukan, tetapi dalam banyak hal tergantung kecakapan individu yang melakukan analisa, termasuk misalnya menentukan model apa yang akan digunakan sebagai elemennya dan berapa jumlah serta dimensinya yang dianggap memenuhi syarat untuk suatu masalah tertentu.

Pendiskritan ini merupakan tahap yang penting, karena dalam praktik suatu sistem umumnya sangat kompleks dan besar, sehingga untuk keperluan analisa dengan metode elemen hingga hanya bagian-bagian tertentu yang dianggap perlu saja yang akan diselidiki.

### II.5.2. Pemilihan Model atau Fungsi Pendekatan

Pemilihan model ini untuk distribusi besaran yang tak diketahui yang dapat berupa lendutan atau tegangan untuk persoalan tegangan deformasi atau untuk yang lainnya. Walaupun hanya bersifat pendekatan, pemilihan model ini harus tetap memenuhi ketentuan pokok tertentu. Sejumlah fungsi matematik seperti polinomial linier dan deret trigonometri dapat dipakai dalam pemilihan model ini, terutama polinomial linier karena memberikan perumusan elemen hingga yang mudah dan sederhana. Jika besaran yang tak diketahui berupa lendutan, maka bentuk umum polinomial yang biasa digunakan :

$$u(x) = \alpha_0 + \alpha_1 x_1 + \alpha_2 x_2 + \alpha_3 x_3 + \dots + \alpha_n x_n \quad (2.8)$$

Bentuk polinomial ini dapat ditulis dalam bentuk persamaan matriks sebagai berikut :

$$\{u\} = [\phi] \{\alpha\} \quad (2.9)$$

dimana :

{u} = matriks model lendutan

[φ] = matriks koordinat masing-masing simpul

{α} = matriks koordinat umum

Antara lendutan dan simpul dengan koordinat umum dihubungkan dengan persamaan matriks berikut :

$$\{q\} = [A] \{\alpha\} \quad \text{atau} \quad \{\alpha\} = [A]^{-1} \{q\} \quad (2.10)$$

Substitusi persamaan (2.10) ke persamaan (2.9) menghasilkan persamaan matriks yang menyatakan hubungan antara model lendutan (u) dan vektor lendutan simpul (q) dalam bentuk :

$$\{u\} = [\phi] [A]^{-1} \{q\} \quad (2.11)$$

Fungsi yang menghubungkan model lendutan dan vektor lendutan simpul di atas disebut fungsi bentuk (*shape function*). Notasinya adalah seperti di bawah ini :

$$[N] = [\phi] [A]^{-1} \quad (2.12)$$

Fungsi bentuk merupakan dasar pembentuk matriks kekakuan dan gaya simpul ekivalen.

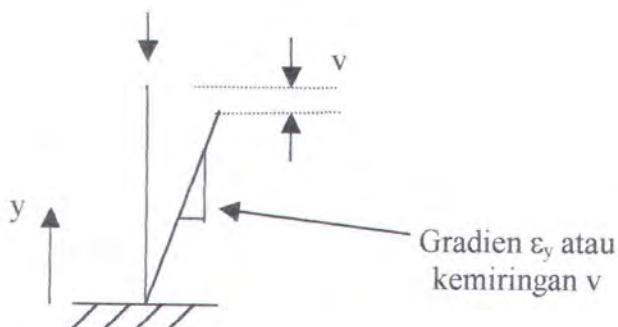
### II.5.3. Penentuan Hubungan Regangan-Displasmen dan Tegangan-Regangan

Untuk menurunkan persamaan elemen, kita harus menentukan besaran-besaran yang tepat yang muncul dalam prinsip tersebut. Untuk persoalan tegangan deformasi, salah satu besaran semacam ini adalah regangan (gradien) displasmen. Misalnya dalam hal deformasi yang hanya terjadi dalam satu arah y (lihat gambar 2.1) diasumsikan bahwa regangan :

$$\varepsilon_y = \frac{dv}{dy} \quad (2.13)$$

dimana :

$dv$  = deformasi dalam arah y.



Gambar 2.1. Skema deformasi

Penentuan hukum tegangan-regangan berdasarkan hukum Hooke mendefinisikan suatu benda pejal dalam :

$$\sigma_y = E_y \varepsilon_y \quad (2.14)$$

dimana :

$\sigma_y$  = tegangan arah vertikal

$E_y$  = modulus young

Bila persamaan (2.13) disubstitusikan dengan persamaan (2.14), maka :

$$\sigma_y = E_y \frac{dv}{dy} \quad (2.15)$$

#### II.5.4. Penurunan Matriks Kekakuan Elemen

Kekakuan pada dasarnya menghubungkan displasmen 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 *monopod*, 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, sehingga akan didapat gaya simpul gabungan. Gaya simpul gabungan inilah yang digunakan dalam analisa struktur *monopod* dengan metode energi. Hubungan di atas dinyatakan dengan persamaan matriks keseimbangan statis, dalam bentuk sebagai berikut :

$$[K] \{q\} = \{Q\} \quad (2.16)$$

dimana :

$[K]$  = matriks kekakuan

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

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

## II.5.5. Penggabungan Elemen

Penentuan *joint-joint* yang akan membentuk suatu elemen didapat dari pendiskritan sistem. Elemen-elemen tersebut digabungkan untuk mendapatkan bentuk struktur/sistem tertentu (yang lebih tepat adalah sistem dibagi menjadi elemen-elemen dan elemen-elemen tersebut kemudian digabungkan).

Penggabungan elemen ini didasarkan pada anggapan kontinuitas pada *joint* yang menghubungkan satu elemen dengan elemen yang lain. Penggabungan elemen ini menghasilkan seperangkat persamaan aljabar simultan. Untuk masalah teknik yang nyata (sistem yang terdiri dari banyak elemen) ukuran matriksnya akan besar sekali dan hampir tidak mungkin untuk diselesaikan secara manual. Disinilah peran komputer dengan kecepatan tinggi mutlak diturunkan. Persamaan global yang harus diselesaikan dalam penggabungan elemen ini adalah :

$$[K] \{r\} = \{R\} \quad (2.17)$$

dimana :

$[K]$  = matriks kekakuan global

$\{r\}$  = matriks vektor lendutan untuk seluruh sistem yang dianalisa

$\{R\}$  = matriks pembebangan global

Matriks kekakuan dan pembebangan global pada persamaan tersebut adalah matriks kekakuan dan pembebangan lokal yang sudah ditransformasikan ke dalam koordinat global atau koordinat struktur. Jadi dalam penggabungan elemen ini perlu didefinisikan terlebih dahulu matriks transformasi atau matrik notasinya.

## II.6. KEKUATAN KONSTRUKSI MONOPOD

Beberapa kriteria dalam perancangan suatu konstruksi bangunan lepas pantai terdapat dalam API RP-2A. Salah satu kriteria utama dalam perancangan konstruksi bangunan laut adalah kekuatan konstruksi bangunan laut tersebut apakah sudah cukup aman untuk menahan beban-beban yang bekerja pada bangunan laut tersebut selama waktu operasinya. Besarnya kekuatan suatu konstruksi bangunan laut menentukan ukuran-ukuran konstruksi yang akan dibuat dan tentu saja biaya fabrikasi.

API RP-2A memberikan batasan tegangan ijin dan rasio interaksi sebagai kriteria kekuatan. Tegangan ijin tersebut meliputi tegangan aksial ijin, tegangan ijin akibat momen bending, tegangan ijin akibat geser puntiran, dan lain-lain.

### II.6.1. Tegangan Aksial

Beban-beban yang bekerja pada sumbu aksial suatu struktur berupa tekanan (*compression*) yang melebihi beban kritis atau beban ijin yang dimiliki struktur



tersebut akan menyebabkan terjadinya *buckling* pada struktur tersebut. Sehingga struktur tersebut mengalami tekuk atau defleksi dan tidak lurus lagi.

Terjadinya *buckling* pada suatu struktur juga dipengaruhi oleh sifat-sifat material, diantaranya modulus elastisitas E dan tegangan luluh Fy suatu struktur.

Tegangan aksial yang bekerja pada suatu konstruksi *monopod* dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$fa = \frac{P}{A} \quad (2.18)$$

dimana :

fa = tegangan aksial yang bekerja pada struktur

P = gaya aksial yang bekerja pada struktur

A = luas penampang struktur

Tegangan aksial ijin untuk suatu struktur diberikan oleh API RP-2A dalam bentuk rumusan sebagai berikut:

$$Fa = \frac{\left[1 - \frac{(Kl/r)^2}{2C_c^2}\right]Fy}{\frac{5}{3} + \frac{3(Kl/r)}{8C_c} - \frac{(Kl/r)^3}{8C_c^3}} ; \text{ untuk } Kl/r < C_c \quad (2.19)$$

$$Fa = \frac{12\pi^2 E}{23(Kl/r)^2} ; \text{ untuk } Kl/r \geq C_c \quad (2.20)$$

dimana :

$$C_c = \left[ \frac{2\pi^2 E}{Fy} \right]^{1/2} \quad (2.21)$$

Fa = tegangan aksial ijin

Fy = tegangan luluh

E = modulus elastisitas

K = faktor panjang efektif

L = panjang struktur yang ditinjau

r = jari-jari girasi

I = momen inersia

Dari rumusan di atas konstruksi *monopod* akan mengalami kegagalan berupa *buckling* bila beban aksial yang bekerja pada struktur lebih besar dibandingkan dengan beban aksial ijin yang berlaku.

$$fa \geq Fa \quad (2.22)$$

Untuk besarnya harga faktor panjang efektif diberikan dalam tabel sebagai berikut :

Tabel 2.1. Harga faktor panjang efektif

Situasi	Harga K
Superstructures Legs	
Braced	1.0
Jacket Legs & Piling	
Grouted Composite Section	1.0
Ungrounded Jacket Legs	1.0
Ungrounded Piling between Shim Points	1.0
Deck Truss Web Members	
In-Plane Action	0.8
Out-of-Plane Action	1.0
Jacket Braces	
Face-to-face length of Main Diagonals	0.8
Face of leg to Centerline of Joint Length of K Braces	0.8
Longer Segment Length of X Braces	0.9
Secondary Horizontals	0.7
Deck Truss Chord Members	1.0

## II.6.2. Tegangan Momen Bending

Beban-beban yang bekerja pada suatu konstruksi bangunan lepas pantai yang telah diinstalasi di lokasinya bukan hanya beban dari deck atau bangunan atasnya saja. Melainkan juga beban lingkungan yang dapat berupa beban gelombang, beban arus, beban angin, dan lain-lain. Sehingga dengan adanya beban lingkungan tersebut akan memperbesar beban momen bending yang bekerja pada konstruksi *monopod*. Dan juga monopod akan mengalami defleksi yang cukup signifikan.

Tegangan akibat momen bending yang bekerja pada konstruksi *monopod* dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$f_b = \frac{M}{S} = \frac{M \cdot c}{I} \quad (2.23)$$

dimana :

$f_b$  = tegangan momen bending pada struktur

M = momen lentur pada struktur

S = modulus irisan elastis struktur

I = momen inersi struktur

c = jarak terjauh dari sumbu netral struktur

Tegangan ijin akibat momen bending untuk suatu struktur diberikan oleh API RP-2A dalam bentuk rumusan sebagai berikut:

$$F_b = 0,75 \cdot F_y \quad \text{untuk } \frac{D}{t} \leq \frac{1500}{F_y} \quad (\text{British})$$

$$\text{atau } \frac{D}{t} \leq \frac{10340}{F_y} \quad (\text{SI})$$

$$F_b = \left[ 0,84 - 1,74 \frac{F_y \cdot D}{E \cdot t} \right] F_y \quad \text{untuk } \frac{1500}{F_y} < \frac{D}{t} \leq \frac{3000}{F_y} \quad (\text{British})$$

$$\text{atau } \frac{10340}{F_y} < \frac{D}{t} \leq \frac{20680}{F_y} \quad (\text{SI})$$

$$F_b = \left[ 0,72 - 0,58 \frac{F_y \cdot D}{E \cdot t} \right] F_y \quad \text{untuk } \frac{3000}{F_y} < \frac{D}{t} \leq 300 \quad (\text{British})$$

$$\text{atau } \frac{20680}{F_y} < \frac{D}{t} \leq 300 \quad (\text{SI})$$

keterangan :

$F_b$  = tegangan ijin momen bending

$F_y$  = tegangan luluh

$D$  = diameter

$t$  = tebal

### II.6.3. Tegangan Geser Puntiran

Kaki *monopod* yang berbentuk silinder mengalami geser puntiran akibat adanya beban-beban yang bekerja pada konstruksi *monopod*.

Tegangan geser puntiran untuk konstruksi *monopod* dalam API RP-2A diberikan rumusan sebagai berikut :

$$f_{vt} = \frac{M_t(D/2)}{I_p} \quad (2.24)$$

dimana :

$f_{vt}$  = tegangan geser puntiran maksimum

$M_t$  = momen puntiran

$I_p$  = momen inersia polar

Tegangan ijin geser puntiran untuk konstruksi *monopod* diberikan rumusan oleh API RP-2A dalam bentuk :

$$F_{vt} = 0,4F_y \quad (2.25)$$

## II.6.4. Rasio Interaksi Struktur

Beban-beban yang bekerja pada konstruksi kaki *monopod* sebenarnya merupakan beban gabungan atau beban kombinasi dari beberapa beban. Dalam API RP-2A terdapat beberapa beban kombinasi termasuk batasan yang harus dipenuhinya. Diantaranya seperti *axial compression* dan bending, *axial tension* dan bending, *axial tension* dan *hydrostatic pressure*, *axial compression* dan *hydrostatic pressure*, dan lain-lain.

Beban kombinasi pada konstruksi *monopod* merupakan kombinasi antara beban vertikal dan beban horizontal. Beban vertikal berada pada ketinggian struktur deck dan beban horizontal bekerja pada struktur *monopod* dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$f_k = \frac{P}{A} + \frac{M}{S} \quad (2.26)$$

dimana :

$f_k$  = beban kombinasi

Batasan yang harus dipenuhi dan disyaratkan untuk beban kombinasi yang lebih dikenal dengan nama rasio interaksi struktur dalam API RP-2A adalah sebagai berikut :

$$\frac{fa}{Fa} + \frac{fb}{Fb} \leq 1.0 \quad (2.27)$$



## **BAB III**

# **METODOLOGI PENELITIAN**

## BAB III

### METODOLOGI PENELITIAN

Dalam penyelesaian tugas akhir ini diperlukan suatu metodologi yang berupa diagram alir atau *flow chart*. Diagram alir ini diperlukan agar penggerjaan tugas akhir ini berjalan menurut urutan yang diinginkan. Diagram alir untuk penggerjaan tugas akhir ini terdapat pada bab I gambar 1.3.

#### III.1. PENGUMPULAN DATA

Pengerjaan tugas akhir ini diawali dengan pengumpulan data *monopod* yang menggunakan struktur penguat, meliputi : data lingkungan, data teknis *monopod*, dan *lay out* gambar teknis *monopod*.

Pengumpulan data lingkungan didapat berdasarkan GS 600 (dari laporan Glenn untuk Intan and Widuri Fields 1988) dengan kedalaman perairan 85 ft :

- Untuk angin dan gelombang :

Tabel 3.1. Data angin dan gelombang.

	STORM	OPERATING
Tinggi Gelombang	29 ft	18 ft
Periode Gelombang	9,2 sec	7,3 sec
Kecepatan Angin	80 mph	63 mph

- Untuk arus :

Table 3.2. Data arus.

Prosentase Kedalaman	STORM	OPERATING
0 (permukaan)	4,3 fps	3,3 fps
10	4 fps	3,1 fps
20	3,7 fps	2,9 fps
30	3,5 fps	2,7 fps
40	3,2 fps	2,5 fps
50	2,9 fps	2,3 fps
60	2,6 fps	2,1 fps
70	2,4 fps	1,9 fps
80	2,1 fps	1,7 fps
90	1,7 fps	1,4 fps
100	1 fps	0,7 fps

Sedangkan untuk data teknis *monopod* berupa dimensi, yaitu :

1. Panjang *caisson* : 117 ft
2. Diameter *caisson* : 56 inchi
3. Diameter struktur penguat : 39 inchi

Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada *lay out* gambar teknis *monopod* yang terdapat pada lampiran data struktur.

### III.2. ANALISA BEBAN LINGKUNGAN

Berdasarkan grafik validitas teori gelombang API RP 2A-WSD,maka dari data lingkungan yang didapat sebagaimana tercantum di atas dapat ditentukan teori

gelombang yang akan digunakan adalah teori gelombang Stokes 5th. Analisa beban lingkungan ini akan dilakukan dengan program StruCAD\*3D, yaitu dengan cara memasukkan data lingkungan yang kita dapatkan pada program StruCAD\*3D ini akan didapatkan beban lingkungan yang bekerja pada struktur *monopod*. Termasuk juga arah beban lingkungan yang kami maksudkan, yaitu pada arah sebagaimana terdapat pada gambar 1.2.

### III.3. PEMODELAN STRUKTUR

Pemodelan struktur *monopod* ini dilakukan berdasarkan data yang telah didapat sebagaimana terdapat pada lampiran. Pemodelan struktur *monopod* ini dilakukan untuk pemodelan menggunakan struktur penguat pada *caisson*-nya sebagaimana terdapat pada data dan untuk pemodelan tanpa menggunakan struktur penguat pada *caisson*-nya.

Pemodelan struktur *monopod* ini dilakukan dengan program StruCAD\*3D, yaitu dengan cara memasukkan koordinat simpul struktur dan menomori simpul, dilanjutkan dengan membuat elemen struktur dan menomori elemen, serta menentukan material yang digunakan beserta data geometri struktur untuk tiap jenis elemen.

Beban yang bekerja pada struktur *monopod* ini sebagaimana yang terdapat pada gambar 1.2., merupakan beban vertikal dan beban horisontal. Beban vertikal sendiri merupakan beban simpul struktur dan beban struktur itu sendiri. Beban simpul tersebut merupakan beban *deck* dan peralatannya. Beban horisontal merupakan beban lingkungan sebagaimana terdapat pada analisa beban lingkungan. Jenis tumpuan struktur *monopod* ini diasumsikan sebagai tumpuan jepit dan tipe elemen diasumsikan sebagai elemen *tube*.

### III.4. ANALISA STRUKTUR

Analisa struktur *monopod* ini dilakukan dengan metode analisa statis untuk struktur yang telah dimodelkan sebelumnya dengan menggunakan program StruCAD\*3D seperti penjelasan di atas.

Analisa ini bertujuan untuk mendapatkan respon struktur berupa tegangan pada *monopod* yang menjadi parameter kekuatan *monopod*.

### III.5. TEGANGAN DAN RASIO INTERAKSI

Hasil *running* program ini akan mendapatkan respon struktur berupa tegangan beserta rasio interaksinya. Dari hasil *running* tersebut dapat ditentukan elemen yang mempunyai harga tegangan dan rasio interaksi yang maksimum dan juga letak elemen tersebut yang mempunyai harga tegangan dan rasio interaksi yang maksimum.

### III.6. HUBUNGAN RASIO INTERAKSI DAN LEBAR (b)

Setelah didapatkan respon struktur berupa harga rasio interaksi yang maksimum tapi kurang dari 1, maka hasil perhitungannya akan dipresentasikan berupa grafik hubungan antara rasio interaksi dengan lebar struktur penguat (b) untuk satu sudut struktur penguat. Dari grafik-grafik tersebut akan didapat suatu kesimpulan dan saran yang diharapkan berguna bagi penelitian yang akan datang.

Langkah selanjutnya adalah mengulangi kembali pemodelan struktur *monopod* dengan geometri struktur penguat yang lain berupa lebar struktur penguat (b) yang diubah. Apabila pemodelan di atas untuk satu sudut struktur penguat sudah mencukupi, dilanjutkan dengan pemodelan untuk sudut struktur penguat yang lainnya.

## **BAB IV**

### **ANALISA DAN PEMBAHASAN**

## BAB IV

### ANALISA DAN PEMBAHASAN

#### IV.1. MATERIAL STRUKTUR

Material struktur yang digunakan dalam penggerjaan tugas akhir ini dapat dilihat pada spesifikasi material sebagai berikut :

Material = ASTM A36

Young's Modulus( $E$ ) =  $2 \cdot 10^5$  MPa

Shear's Modulus( $G$ ) = 75842,106 MPa

Tension = 450 MPa

Yield = 280 MPa

Ratio poison = 0,32



Struktur dikenai beban vertikal berupa beban *deck* dan *self weight*. Serta beban horisontal berupa beban lingkungan. Setelah *running* program selesai, maka akan didapatkan respon struktur berupa tegangan dan rasio interaksi yang maksimum.

#### IV.2. RESPON STRUKTUR

Pemodelan struktur *monopod* terdiri dari beberapa macam geometri struktur penguat dengan diawali pemodelan struktur *monopod* tanpa menggunakan struktur penguat. Dalam pemodelan struktur *monopod* baik tanpa menggunakan struktur penguat maupun dengan menggunakan struktur penguat, ukuran utama yang digunakan adalah sebagaimana yang tercantum dalam bab III.

Beban horisontal yang berupa beban lingkungan total yang bekerja pada struktur dapat diketahui dari program StruCAD\*3D (lihat tabel 4.1.).

Tabel 4.1. Beban lingkungan total

Item	Fx (kips)	Fy (kips)	Fz (kips)
Monopod tanpa struktur penguat	15,127	0,706	0,081
Monopod dengan struktur penguat sudut $45^0$			
➤ Lebar (b) = 14,8 ft	34,551	15,155	1,967
➤ Lebar (b) = 29,5 ft	34,174	14,999	4,578
➤ Lebar (b) = 44,2 ft	33,376	14,669	6,768
➤ Lebar (b) = 78,5 ft	31,343	13,827	10,327
Monopod dengan struktur penguat sudut $60^0$			
➤ Lebar (b) = 14,8 ft	32,566	19,438	1,823
➤ Lebar (b) = 29,5 ft	32,399	19,342	4,195
➤ Lebar (b) = 44,2 ft	31,938	19,076	6,161
➤ Lebar (b) = 78,5 ft	30,711	18,368	9,195
Monopod dengan struktur penguat sudut $90^0$			
➤ Lebar (b) = 14,8 ft	26,922	26,922	1,418
➤ Lebar (b) = 29,5 ft	27,142	27,142	3,133
➤ Lebar (b) = 44,2 ft	27,343	27,343	4,458
➤ Lebar (b) = 78,5 ft	28,087	28,087	6,281
Monopod dengan struktur penguat sudut $180^0$			
➤ Lebar (b) = 14,8 ft	-34,613	-1,103	-0,093
➤ Lebar (b) = 29,5 ft	-33,619	-1,103	0,188
➤ Lebar (b) = 44,2 ft	-32,248	-1,103	0,446
➤ Lebar (b) = 78,5 ft	-28,755	-1,103	1,192

Sedangkan beban vertikal berupa beban *deck* dan peralatannya beserta beban struktur itu sendiri. Beban *deck* dan peralatannya untuk semua pemodelan struktur *monopod* baik tanpa menggunakan struktur penguat maupun menggunakan struktur penguat adalah sebagai berikut :

1. *Deck steel + 10% contingency* : 266,85 kips
2. *Dead load* : 253 kips
3. *Operating load* : 285 kips

Berikut respon struktur untuk struktur *monopod* tanpa menggunakan struktur penguat (lihat tabel 4.2.) dan struktur *monopod* menggunakan struktur penguat (lihat tabel 4.3. sampai dengan tabel 4.5.) berdasarkan hasil *running* yang terdapat pada lampiran *output* respon struktur. Hasil respon struktur *monopod* menggunakan struktur penguat tersebut dipresentasikan berupa grafik antara tegangan-tegangan yang terjadi dengan lebar struktur penguat dan antara rasio interaksi dengan lebar struktur penguat untuk masing-masing pemodelan sudut struktur penguat sebagaimana yang digambarkan pada gambar 4.1. sampai dengan gambar 4.4.

Tabel 4.2. Hasil respon struktur *monopod* tanpa struktur penguat

No.	Item	Hasil
1	Tegangan aksial (ksi)	2,72
2	Tegangan bending (ksi)	0,19
3	Tegangan puntiran (ksi)	2,51
4	Rasio interaksi	0,187
5	Letak rasio interaksi maksimum	antara joint 6 dan 7

Tabel 4.3. Hasil respon struktur *monopod* dengan struktur penguat bersudut  $45^0$

No.	Item	lebar struktur penguat (b) ft			
		14,8	29,5	44,2	78,5
1	Tegangan aksial (ksi)	2,55	2,79	2,94	2,96
2	Tegangan bending (ksi)	0,5	0,28	0,12	0,15
3	Tegangan puntiran (ksi)	1,19	0,67	0,31	0,36
4	Rasio interaksi	0,139	0,132	0,126	0,129
5	Letak rasio interaksi maksimum	antara joint 4 dan 5	antara joint 5 dan 6	antara joint 5 dan 6	antara joint 5 dan 6

Tabel 4.4. Hasil respon struktur *monopod* dengan struktur penguat bersudut  $60^0$

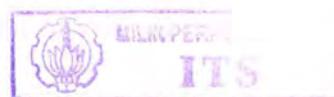
No.	Item	lebar struktur penguat (b) ft			
		14,8	29,5	44,2	78,5
1	Tegangan aksial (ksi)	2,51	2,77	2,93	2,96
2	Tegangan bending (ksi)	0,67	0,39	0,17	0,15
3	Tegangan puntiran (ksi)	1,14	0,67	0,31	0,27
4	Rasio interaksi	0,138	0,133	0,126	0,126
5	Letak rasio interaksi maksimum	antara joint 4 dan 5	antara joint 5 dan 6	antara joint 5 dan 6	antara joint 5 dan 6

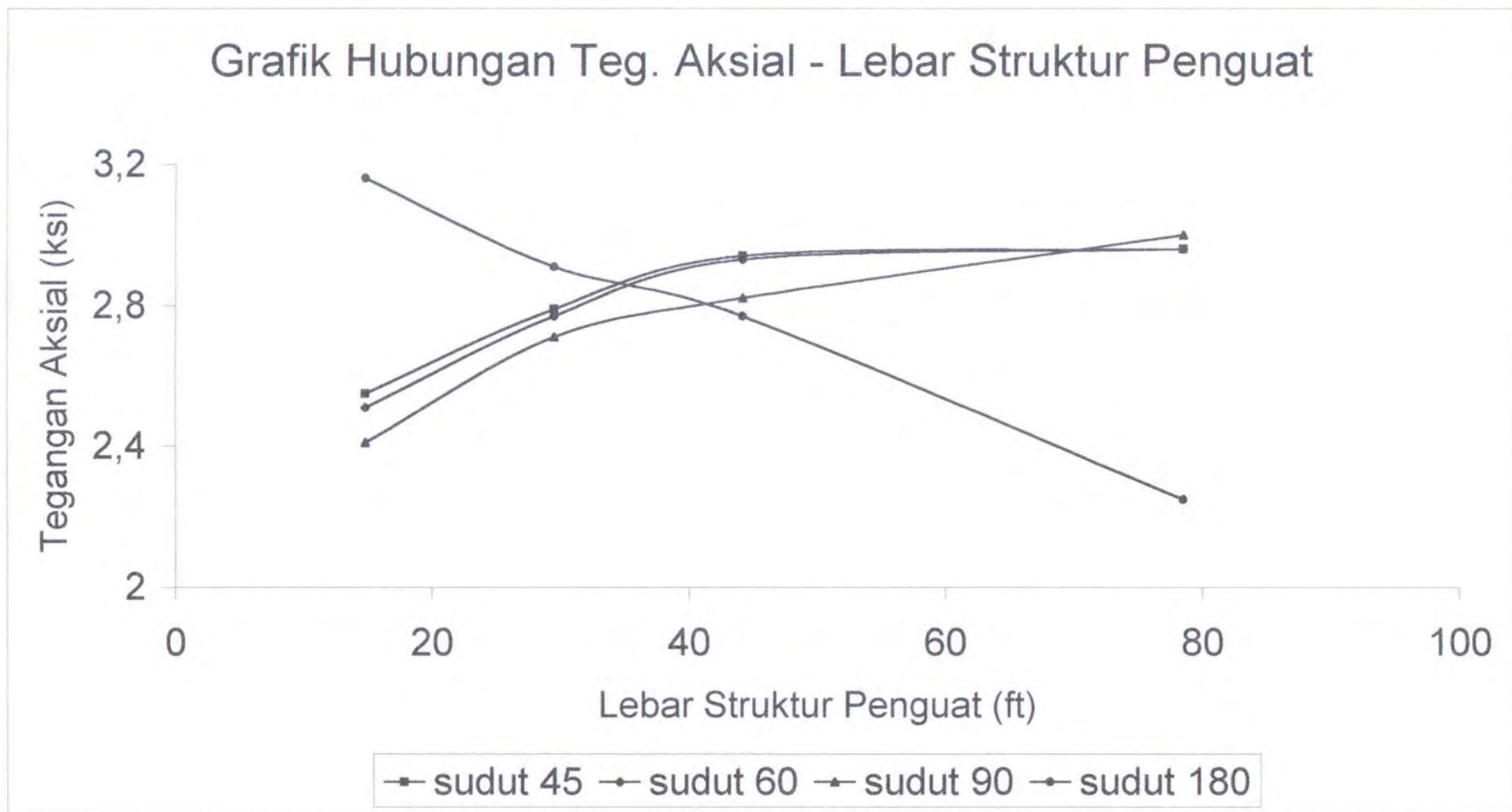
Tabel 4.5. Hasil respon struktur *monopod* dengan struktur penguat bersudut  $90^0$

No.	Item	lebar struktur penguat (b) ft			
		14,8	29,5	44,2	78,5
1	Tegangan aksial (ksi)	2,41	2,71	2,82	3
2	Tegangan bending (ksi)	0,98	0,62	0,42	0,15
3	Tegangan puntiran (ksi)	0,98	0,62	0,42	0,15
4	Rasio interaksi	0,136	0,134	0,129	0,125
5	Letak rasio interaksi maksimum	antara joint 4 dan 5	antara joint 5 dan 6	antara joint 5 dan 6	antara joint 5 dan 6

Tabel 4.6. Hasil respon struktur *monopod* dengan struktur penguat bersudut  $180^0$

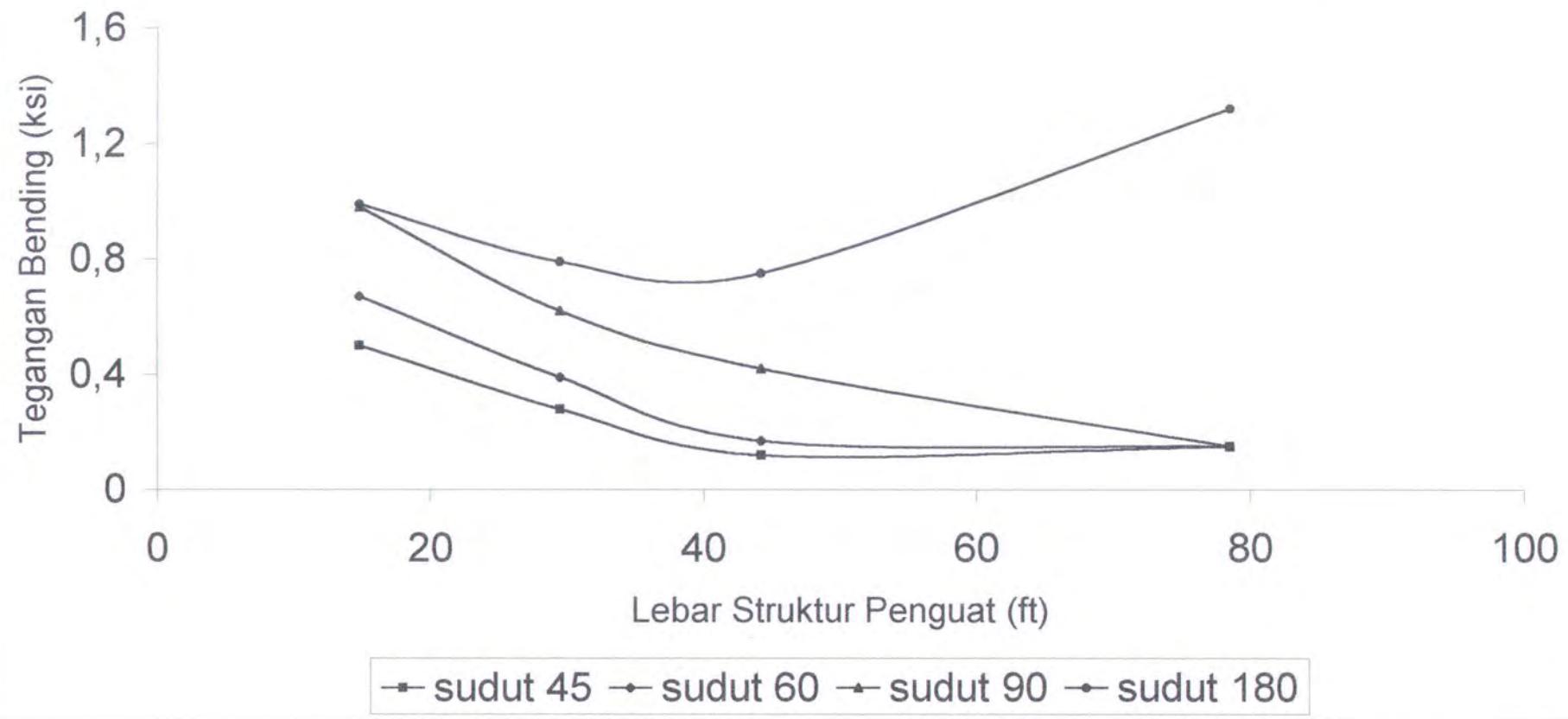
No.	Item	lebar struktur penguat (b) ft			
		14,8	29,5	44,2	78,5
1	Tegangan aksial (ksi)	3,16	2,91	2,77	2,25
2	Tegangan bending (ksi)	0,99	0,79	0,75	1,32
3	Tegangan puntiran (ksi)	0,11	0,11	0,11	0,08
4	Rasio interaksi	0,168	0,151	0,145	0,143
5	Letak rasio interaksi maksimum	antara joint 11 dan 13	antara joint 11 dan 13	antara joint 11 dan 13	antara joint 11 dan 13





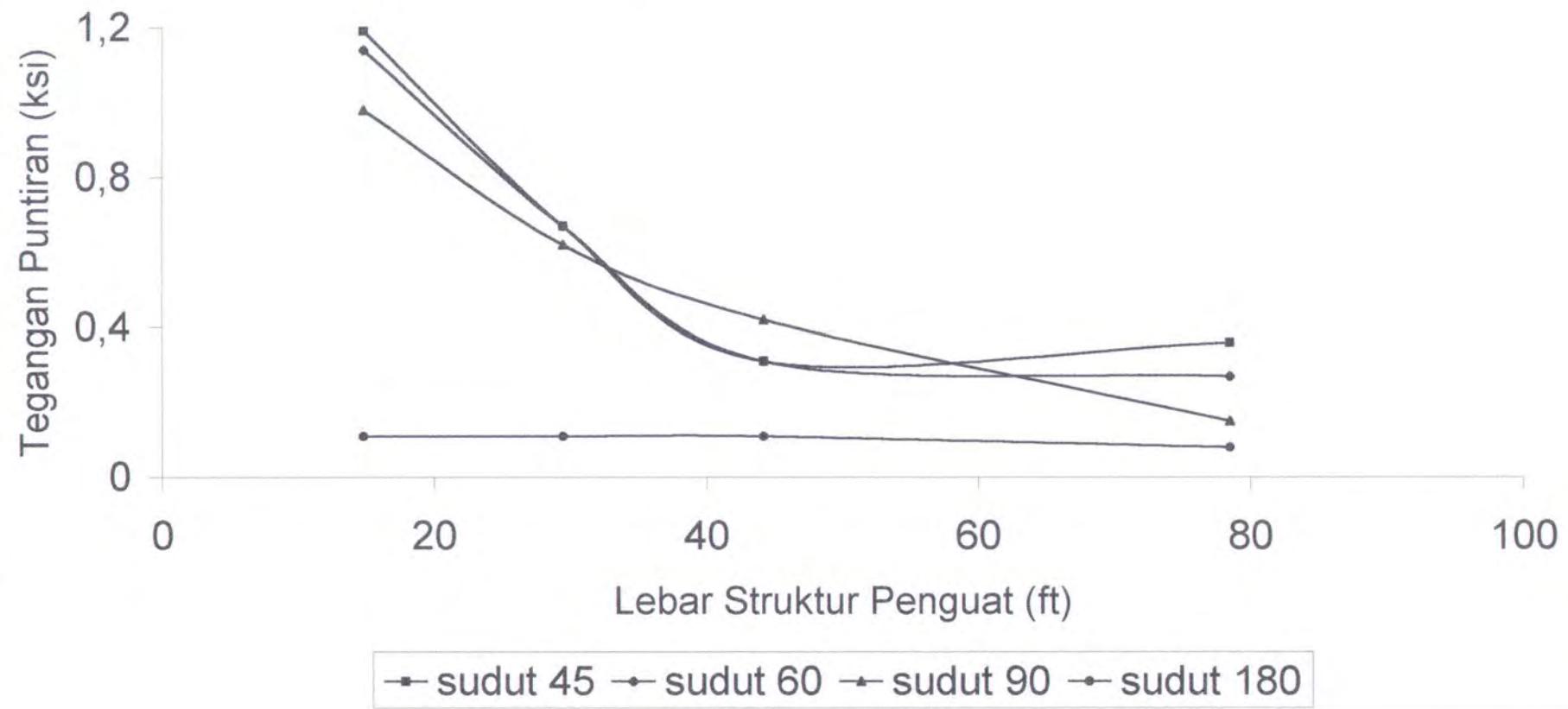
Gambar 4.1. Grafik hubungan tegangan aksial terhadap lebar struktur penguat

### Grafik Hubungan Teg. Bending - Lebar Struktur Penguat

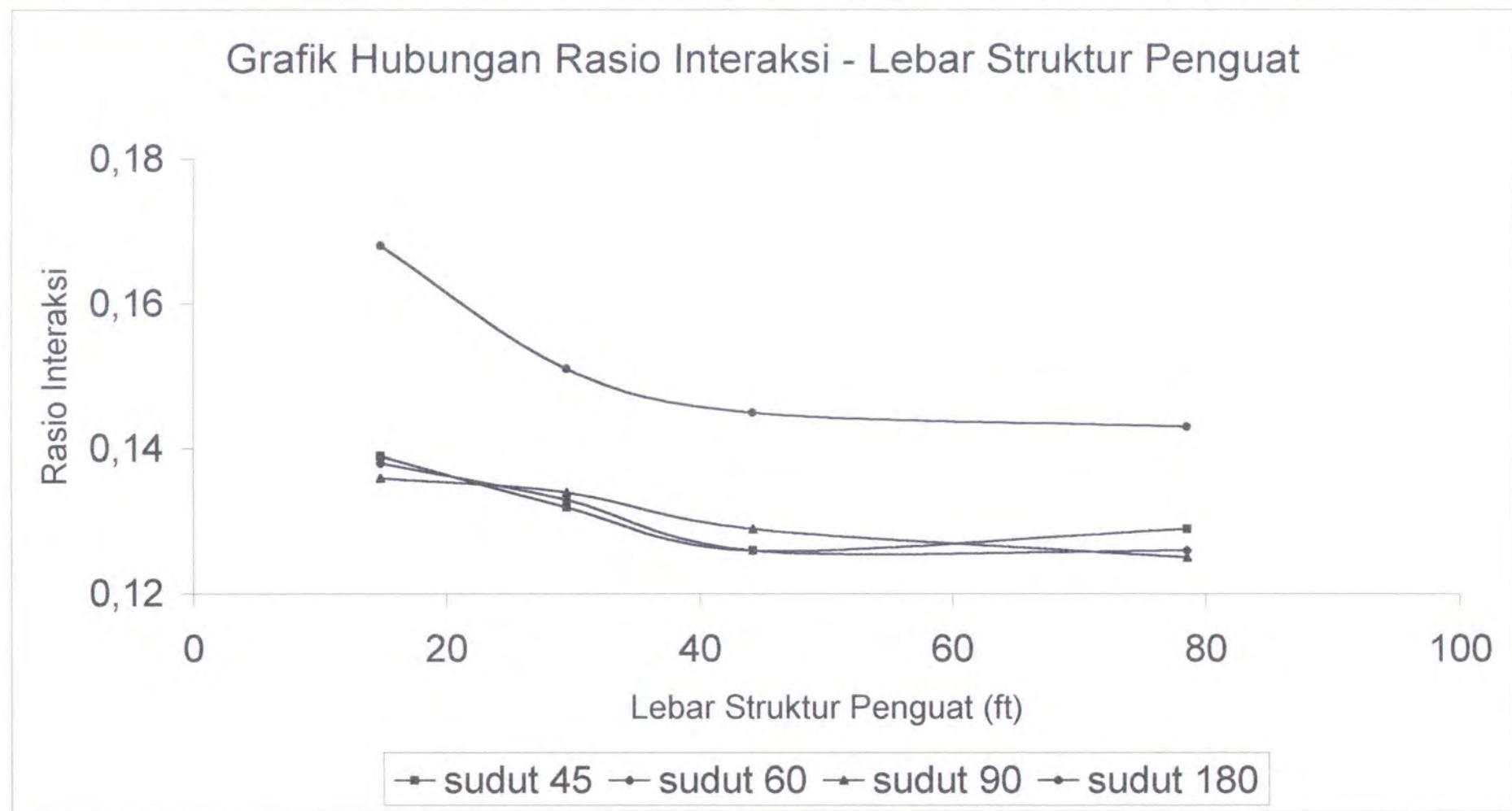


Gambar 4.2. Grafik hubungan tegangan bending terhadap lebar struktur penguat

### Grafik Hubungan Teg. Puntiran - Lebar Struktur Penguat



Gambar 4.3. Grafik hubungan tegangan puntiran terhadap lebar struktur penguat



Gambar 4.4. Grafik hubungan rasio interaksi terhadap lebar struktur penguat

## IV.3. PEMBAHASAN HASIL ANALISA

Hasil perhitungan dengan menggunakan program StruCAD\*3D dipresentasikan berupa grafik-grafik yang dibuat seperti di atas dapat dijelaskan seperti berikut :

### IV.3.1. Struktur Monopod Tanpa Struktur Penguat

Pada struktur *monopod* tanpa menggunakan struktur penguat, rasio interaksi yang maksimum terjadi pada elemen struktur antara simpul 6 dan 7 (dekat *sea bed*) dengan harga rasio interaksi sebesar 0,187.

### IV.3.2. Struktur Monopod Menggunakan Struktur Penguat

#### IV.3.2.1. Tegangan Aksial

Dari gambar 4.1. terlihat karakteristik tegangan aksial yang bekerja pada struktur *monopod* dengan diperbesarnya lebar struktur penguat, yaitu :

1. Tegangan aksial semakin bertambah untuk pemodelan sudut struktur penguat  $45^\circ$ ,  $60^\circ$ , dan  $90^\circ$  dengan diperbesarnya lebar struktur penguat.
2. Tegangan aksial semakin berkurang untuk pemodelan sudut struktur penguat  $180^\circ$  dengan diperbesarnya lebar struktur penguat, sebab arah beban lingkungannya searah sepanjang garis dua struktur penguat dan *caisson*-nya

Tegangan aksial untuk pemodelan sudut struktur penguat  $45^\circ$ ,  $60^\circ$ , dan  $90^\circ$  meningkat cukup signifikan dengan diperbesarnya lebar struktur penguat antara 14,8 ft, 29,5 ft sampai 44,2 ft, tapi dengan diperbesarnya lebar struktur penguat antara 44,2 ft sampai 78,5 ft, secara umum tegangan aksialnya mulai cenderung meningkat sedikit.

Tegangan aksial untuk pemodelan sudut struktur penguat yang kecil yaitu  $45^0$  dan  $60^0$  secara umum mempunyai harga hampir sama atau selisih yang kecil. Sedangkan tegangan aksial untuk pemodelan sudut struktur penguat yang lebih besar yaitu  $90^0$  dan  $180^0$  secara umum mempunyai harga berbeda jauh atau selisih yang besar dibandingkan dengan sudut struktur penguat  $45^0$  dan  $60^0$ .

#### IV.3.2.2. Tegangan Bending

Pengaruh perubahan lebar struktur penguat terhadap tegangan bending untuk tiap sudut struktur penguat dapat dilihat pada gambar 4.2., yaitu :

1. Tegangan bending untuk pemodelan sudut struktur penguat  $45^0$  dan  $180^0$  cenderung berkurang antara lebar struktur penguat 14,8 ft dan 44,2 ft lalu mulai bertambah untuk lebar struktur penguat 78,5 ft.
2. Tegangan bending untuk pemodelan sudut struktur penguat  $60^0$  dan  $90^0$  semakin berkurang dengan diperbesarnya lebar struktur penguat.

Tegangan bending untuk semua pemodelan sudut struktur penguat menurun cukup signifikan dengan diperbesarnya lebar struktur penguat antara 14,8 ft, 29,5 ft sampai 44,2 ft, tapi dengan diperbesarnya lebar struktur penguat antara 44,2 ft sampai 78,5 ft, tegangan bending untuk pemodelan sudut struktur penguat  $45^0$  mulai cenderung meningkat sedikit. Tegangan bending untuk pemodelan sudut struktur penguat  $60^0$  cenderung menurun sedikit. Tegangan bending untuk pemodelan sudut struktur penguat  $90^0$  tetap menurun cukup signifikan. Tegangan bending untuk pemodelan sudut struktur penguat  $180^0$  meningkat cukup signifikan.

Tegangan bending untuk pemodelan sudut struktur penguat yang kecil yaitu  $45^0$  dan  $60^0$  secara umum mempunyai harga hampir sama atau selisih yang kecil. Sedangkan tegangan bending untuk pemodelan sudut struktur penguat yang lebih

besar yaitu  $90^0$  dan  $180^0$  secara umum mempunyai harga berbeda jauh atau selisih yang besar dibandingkan dengan sudut struktur penguat  $45^0$  dan  $60^0$ .

#### IV.3.2.3. Tegangan Puntiran

Tegangan puntiran yang terjadi pada struktur *monopod* mengalami perubahan dengan diperbesarnya lebar struktur penguat untuk tiap sudut struktur penguat, seperti tampak pada gambar 4.3., yaitu :

1. Tegangan puntiran semakin berkurang antara lebar struktur penguat 14,8 ft dan 44,2 ft untuk sudut struktur penguat sebesar  $45^0$  lalu mulai bertambah untuk lebar struktur penguat 78,5 ft.
2. Tegangan puntiran semakin berkurang untuk sudut  $60^0$  dan  $90^0$  dengan diperbesarnya lebar struktur penguat.
3. Tegangan puntiran untuk sudut struktur penguat sebesar  $180^0$  cenderung konstan antara lebar struktur penguat 14,8 ft dan 44,2 ft lalu mulai berkurang untuk lebar struktur penguat 78,5 ft.

Tegangan puntiran untuk pemodelan sudut struktur penguat  $45^0$ ,  $60^0$ , dan  $90^0$  menurun cukup signifikan dengan diperbesarnya lebar struktur penguat antara 14,8 ft, 29,5 ft sampai 44,2 ft, tapi dengan diperbesarnya lebar struktur penguat antara 44,2 ft sampai 78,5 ft, tegangan puntiran untuk pemodelan sudut struktur penguat  $45^0$  mulai cenderung meningkat sedikit. Tegangan puntiran untuk pemodelan sudut struktur penguat  $60^0$  cenderung menurun sedikit. Tegangan puntiran untuk pemodelan sudut struktur penguat  $90^0$  tetap menurun cukup signifikan.

Tegangan puntiran untuk pemodelan sudut struktur penguat  $180^0$  cenderung konstan dengan diperbesarnya lebar struktur penguat antara 14,8 ft, 29,5 ft sampai 44,2 ft dan pada lebar struktur penguat 78,5 ft cenderung menurun sedikit. Hal ini berarti

tegangan puntiran untuk pemodelan struktur penguat  $180^0$  tidak terlalu berpengaruh pada struktur disebabkan arah beban lingkungannya searah sepanjang garis dua struktur penguat dan *caisson*-nya.

Tegangan puntiran untuk pemodelan sudut struktur penguat yang kecil yaitu  $45^0$  dan  $60^0$  secara umum mempunyai harga hampir sama atau selisih yang kecil. Sedangkan tegangan puntiran untuk pemodelan sudut struktur penguat yang lebih besar yaitu  $90^0$  dan  $180^0$  secara umum mempunyai harga berbeda jauh atau selisih yang besar dibandingkan dengan sudut struktur penguat  $45^0$  dan  $60^0$ .

#### IV.3.2.4. Rasio Interaksi

Rasio interaksi struktur dipengaruhi oleh tegangan-tegangan yang terjadi pada struktur. Hal ini tampak pada gambar 4.4. bahwa dengan bertambahnya lebar struktur penguat mengakibatkan :

1. Rasio interaksi struktur *monopod* untuk sudut struktur penguat sebesar  $45^0$  cenderung semakin berkurang dengan diperbesarnya lebar struktur penguat antara 14,8 ft dan 44,2 ft lalu mulai bertambah untuk lebar struktur penguat 78,5 ft. Sedangkan untuk letak rasio interaksi yang maksimum terdapat pada *caisson*-nya dan harganya lebih kecil dibandingkan dengan struktur *monopod* tanpa menggunakan struktur penguat.
2. Rasio interaksi struktur *monopod* untuk sudut struktur penguat sebesar  $60^0$  cenderung semakin berkurang dengan diperbesarnya lebar struktur penguat antara 14,8 ft dan 44,2 ft lalu mulai konstan untuk lebar struktur penguat 78,5 ft. Sedangkan untuk letak rasio interaksi yang maksimum terdapat pada *caisson*-nya dan harganya lebih kecil dibandingkan dengan struktur *monopod* tanpa menggunakan struktur penguat.

3. Rasio interaksi struktur *monopod* untuk sudut struktur penguat sebesar  $90^0$  cenderung semakin berkurang dengan diperbesarnya lebar struktur penguat. Sedangkan untuk letak rasio interaksi yang maksimum terdapat pada *caisson*-nya dan harganya lebih kecil dibandingkan dengan struktur *monopod* tanpa menggunakan struktur penguat.
4. Rasio interaksi struktur *monopod* untuk sudut struktur penguat sebesar  $180^0$  cenderung semakin berkurang dengan diperbesarnya lebar struktur penguat. Sedangkan untuk letak rasio interaksi yang maksimum terdapat pada struktur penguatnya dan harganya lebih kecil dibandingkan dengan struktur *monopod* tanpa menggunakan struktur penguat.

Rasio interaksi untuk pemodelan sudut struktur penguat  $45^0$ ,  $60^0$ , dan  $180^0$  menurun cukup signifikan dengan diperbesarnya lebar struktur penguat antara 14,8 ft, 29,5 ft sampai 44,2 ft, tapi dengan diperbesarnya lebar struktur penguat antara 44,2 ft sampai 78,5 ft, rasio interaksi untuk pemodelan sudut struktur penguat  $45^0$  mulai cenderung meningkat sedikit. Rasio interaksi untuk pemodelan sudut struktur penguat  $60^0$  cenderung konstan. Rasio interaksi untuk pemodelan sudut struktur penguat  $180^0$  cenderung menurun sedikit.

Rasio interaksi untuk pemodelan sudut struktur penguat  $90^0$  cenderung menurun sedikit dengan diperbesarnya lebar struktur penguat. Hal ini berarti rasio interaksi untuk pemodelan struktur penguat  $90^0$  merupakan pemodelan yang penurunan rasio interaksinya relatif konstan.

Rasio interaksi untuk pemodelan sudut struktur penguat yang kecil yaitu  $45^0$  dan  $60^0$  secara umum mempunyai harga hampir sama atau selisih yang kecil. Sedangkan rasio interaksi untuk pemodelan sudut struktur penguat yang lebih besar

yaitu  $90^0$  dan  $180^0$  secara umum mempunyai harga berbeda jauh atau selisih yang besar dibandingkan dengan sudut struktur penguat  $45^0$  dan  $60^0$ .

**BAB V**  
**PENUTUP**

## BAB V

### PENUTUP

#### V.1. KESIMPULAN

Setelah melakukan berbagai perhitungan dan analisa berbagai respon struktur yang ditunjukkan oleh setiap pemodelan struktur *monopod* tanpa menggunakan struktur penguat dan struktur *monopod* menggunakan struktur penguat dengan berbagai macam geometri struktur penguat maka dapat dibuat kesimpulan tentang masalah yang dijadikan sebagai studi ini seperti penjelasan berikut ini :

1. Pada struktur *monopod* tanpa menggunakan struktur penguat, rasio interaksi yang maksimum terjadi pada elemen struktur antara simpul 6 dan 7 (dekat *sea bed*) dan harganya sebesar 0,187. Sedangkan pada struktur *monopod* menggunakan struktur penguat, rasio interaksi yang maksimum terjadi pada elemen *caisson*-nya untuk semua pemodelan sudut struktur penguat, kecuali untuk sudut struktur penguat  $180^0$ , rasio interaksi yang maksimum terjadi pada elemen struktur penguatnya. Harga rasio interaksi struktur *monopod* menggunakan struktur penguat lebih kecil dibandingkan dengan struktur *monopod* tanpa menggunakan struktur penguat. Hal ini dapat disimpulkan bahwa struktur penguat menurunkan harga rasio interaksi yang terjadi pada struktur *monopod*.
2. Rasio interaksi yang maksimum untuk sudut struktur penguat  $180^0$  terjadi pada elemen struktur penguatnya. Hal ini disebabkan arah beban lingkungannya searah sepanjang garis dua struktur penguat dan *caisson*-nya.

3. Tegangan-tegangan yang terjadi pada struktur mempengaruhi rasio interaksi struktur. Dari tegangan-tegangan yang terjadi tampak tegangan bending dan tegangan puntiran merupakan tegangan yang paling dominan dalam mempengaruhi rasio interaksi. Sebagaimana yang dipresentasikan dalam bentuk grafik yang dibuat untuk tegangan bending dan tegangan puntiran cenderung sama dengan grafik rasio interaksi, kecuali untuk sudut struktur penguat  $180^0$ , tegangan yang paling dominan dalam mempengaruhi rasio interaksi adalah tegangan aksial seperti tampak pada grafik yang dibuat untuk tegangan aksial cenderung sama dengan grafik rasio interaksi.
4. Perubahan harga rasio interaksi yang relatif konstan untuk pemodelan struktur *monopod* menggunakan struktur penguat terjadi pada pemodelan sudut struktur penguat  $90^0$  dan harga rasio interaksi terkecil terjadi pada geometri struktur penguat dengan lebar struktur penguat 78,5 ft dan sudut struktur penguat  $90^0$ , yaitu 0,125.

## V.2. SARAN

Berdasarkan studi yang telah dilakukan maka untuk studi yang lebih sempurna dapat disarankan sebagai berikut :

1. Selain analisa statis untuk struktur bangunan lepas pantai seperti *monopod* dalam studi ini kiranya perlu dilakukan juga analisa dinamis, sebab beban-beban yang bekerja pada struktur bangunan lepas pantai sebenarnya merupakan beban dinamis.
2. Pemodelan struktur *monopod* ini kiranya perlu juga memperhatikan kondisi tanah supaya dapat menentukan *pile* yang sesuai untuk struktur *monopod*, sehingga penumpu pada *caisson* dan struktur penguat tidak lagi dianggap jepit.

3. Pemodelan *deck* dan pembebanan peralatannya kiranya perlu dilakukan untuk mendapatkan hasil yang lebih valid.

# **DAFTAR PUSTAKA**

## **DAFTAR PUSTAKA**

American Petroleum Institute, Supplement 1 to API RP-2A (13<sup>th</sup> Edition), Maret 1991, "Recommended Practice for Planning, Designing, and Construction Fixed Offshore Platforms".

Bramlette McClelland, 1986, "Planning and Design of Fixed Offshore Platforms".

Van Nostrand Reinhold Company, New York.

Chakrabarti, S.K, 1987, "Hidrodynamics of Offshore Structure", Henny Ling Ltd, Donchester, UK.

Hsu, T.H, 1984, "Applied Offshore Structural Engineering". Gulf Publishing Company, Houston, Texas.

Mufid, F, 1999, "Pengembangan Piranti Lunak untuk Analisis Keandalan Struktur Monopod Terhadap Kelelahan Berdasarkan Fracture Mechanics". Jurusan Teknik Kelautan, FTK-ITS, Surabaya.

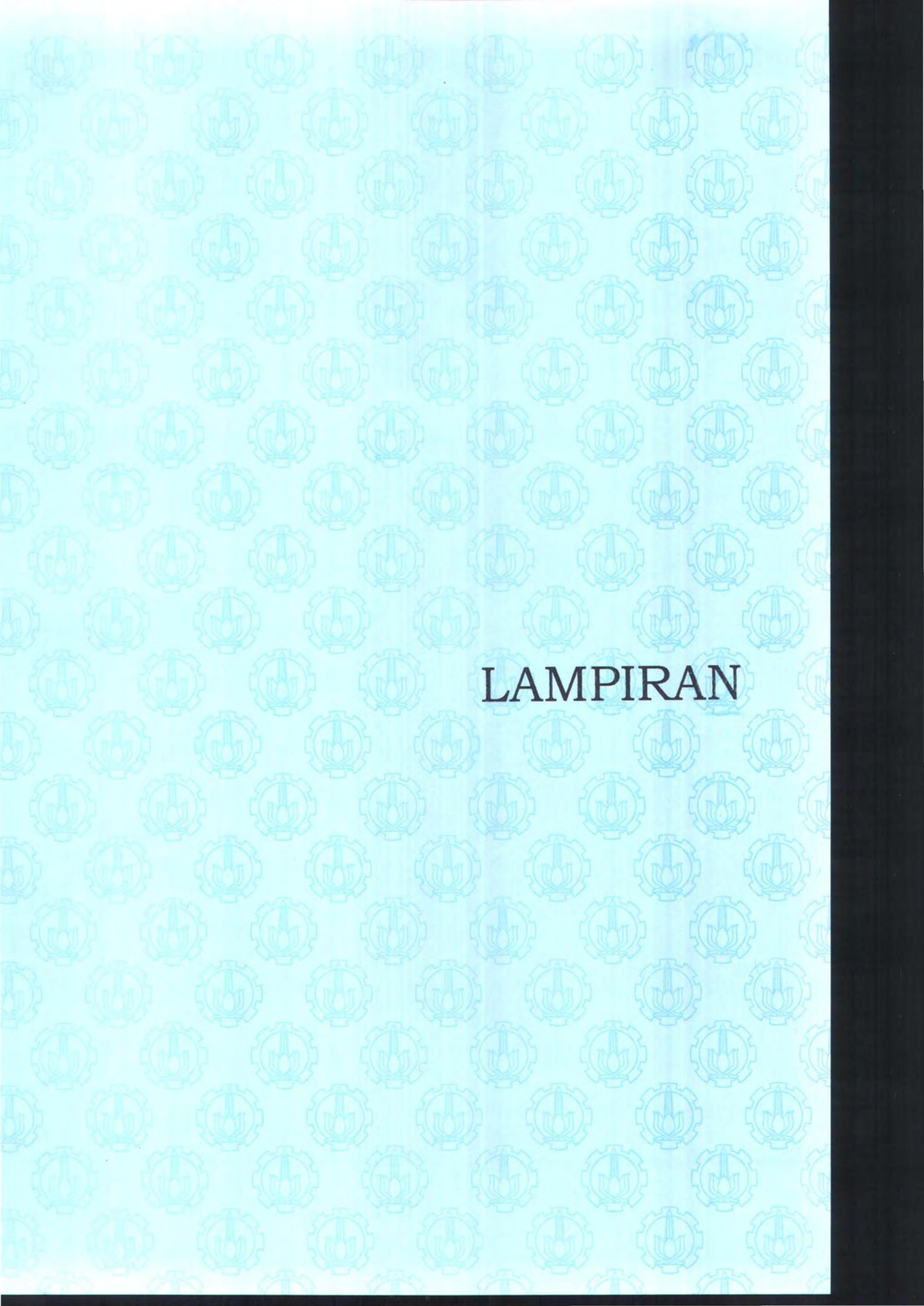
Popov, E.P, 1995, "Mekanika Teknik". Penerbit Erlangga,Jakarta.

Soedjono, J.J, dan Sujantoko, 1999, "Diktat Perancangan Sistem Bangunan Laut". P2T2 1998/1999, FTK-ITS, Surabaya.

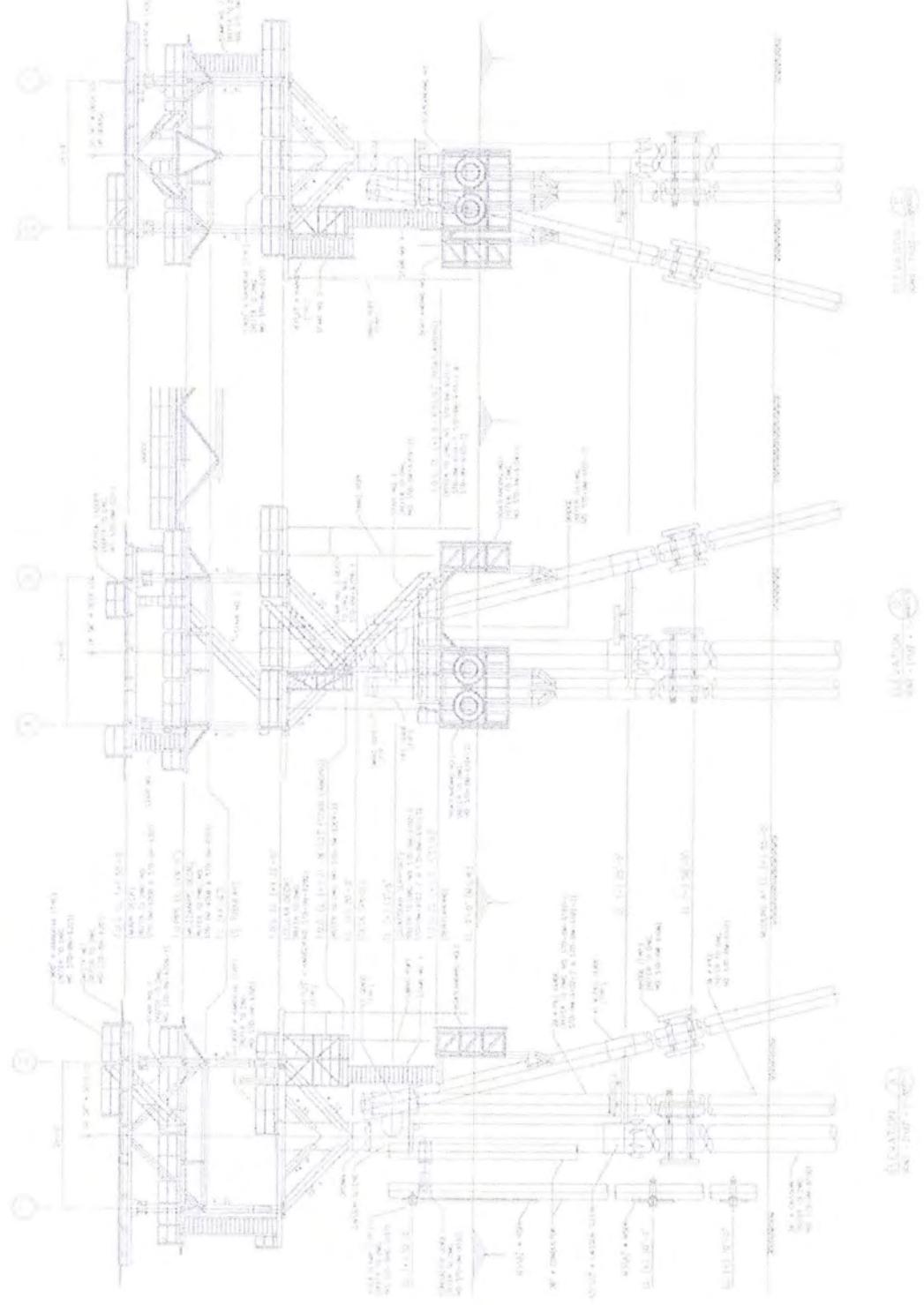
StruCAD\*3D, “**Volume I**”, Zentech, inc, Houston, Texas.

Tarigan, H, dan Prastianto, R.W, 2000, “**Metode Elemen Hingga**”, Jurusan Teknik  
Kelautan, FTK-ITS, Surabaya.





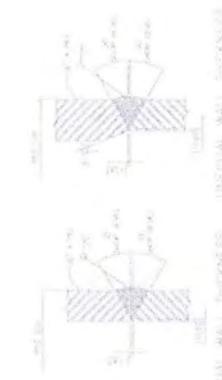
# LAMPIRAN



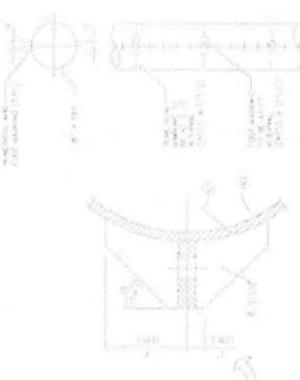


## NOTES

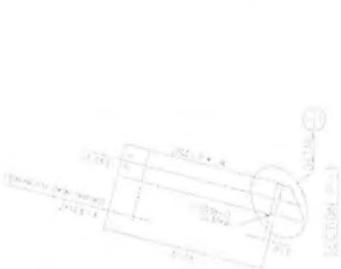
1. The design notes below are for the following:  
 a) Cylindrical tanks with a maximum height of 10' 0" and a maximum diameter of 10' 0"  
 b) Vertical tanks with a maximum height of 10' 0" and a maximum diameter of 10' 0"  
 c) Horizontal tanks with a maximum length of 20' 0" and a maximum width of 10' 0"  
 d) All tanks shall be made of 304 stainless steel.  
 e) All tanks shall be welded.  
 f) All tanks shall be designed for a maximum pressure of 15 psig.  
 g) All tanks shall be designed for a minimum temperature of 32°F.  
 h) All tanks shall be designed for a maximum temperature of 212°F.  
 i) All tanks shall be designed for a maximum liquid level of 10' 0".  
 j) All tanks shall be designed for a maximum head space of 1' 0".  
 k) All tanks shall be designed for a maximum liquid level of 10' 0".  
 l) All tanks shall be designed for a maximum head space of 1' 0".  
 m) All tanks shall be designed for a maximum liquid level of 10' 0".  
 n) All tanks shall be designed for a maximum head space of 1' 0".  
 o) All tanks shall be designed for a maximum liquid level of 10' 0".  
 p) All tanks shall be designed for a maximum head space of 1' 0".  
 q) All tanks shall be designed for a maximum liquid level of 10' 0".  
 r) All tanks shall be designed for a maximum head space of 1' 0".



SECTION A-A  
VERTICAL TANKS



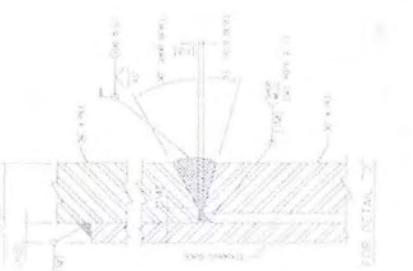
SECTION B-B  
VERTICAL TANKS



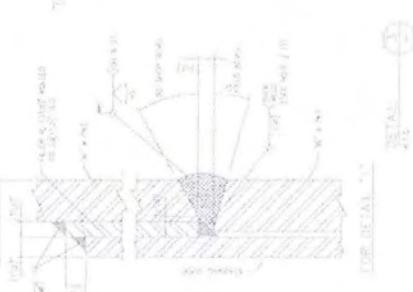
SECTION C-C  
VERTICAL TANKS



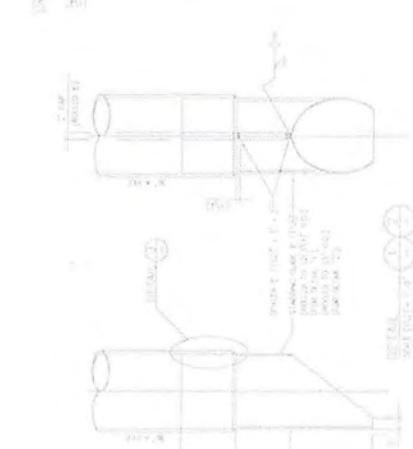
SECTION D-D  
VERTICAL TANKS



SECTION E-E  
HORIZONTAL TANKS



SECTION F-F  
HORIZONTAL TANKS



SECTION G-G  
HORIZONTAL TANKS

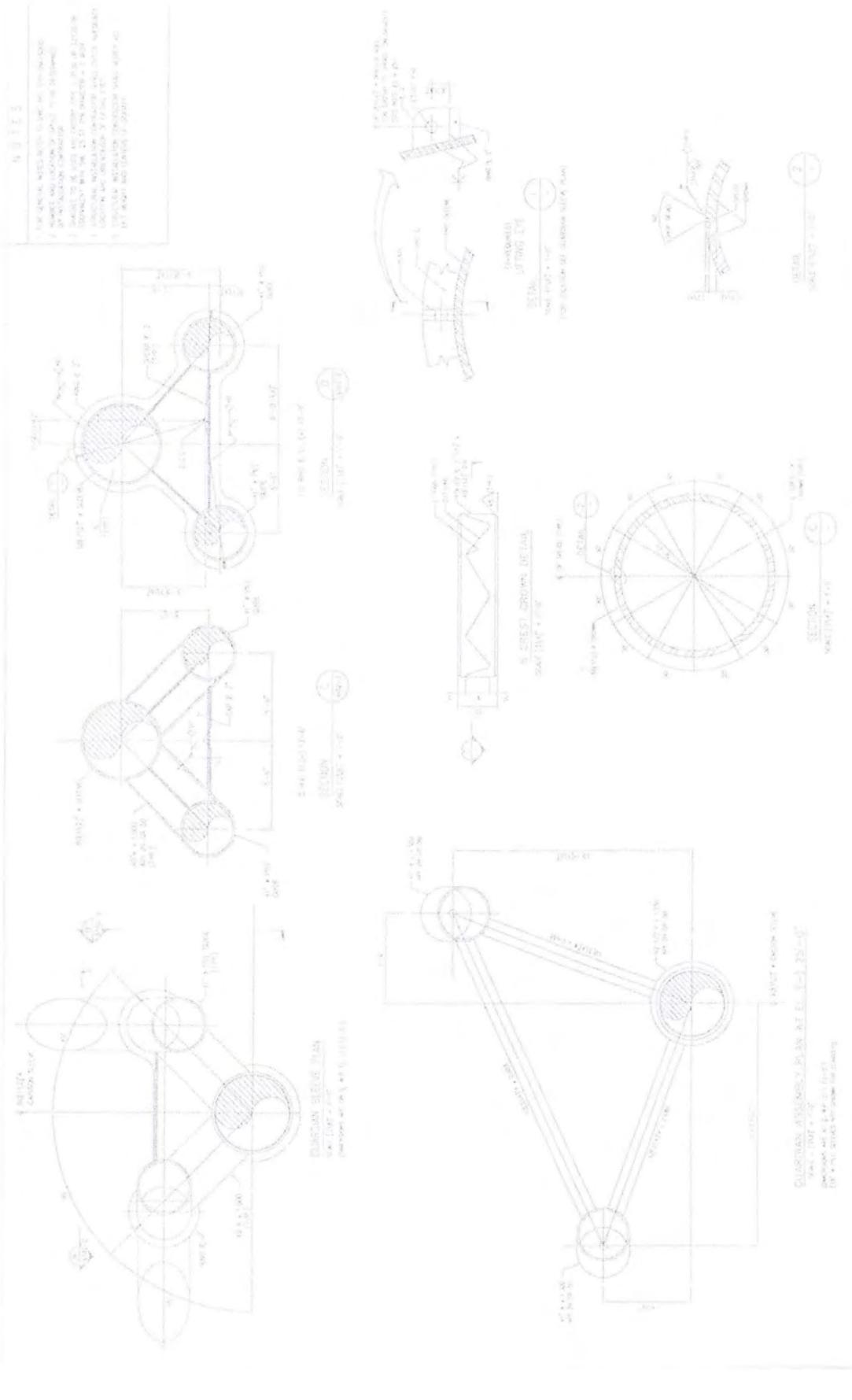


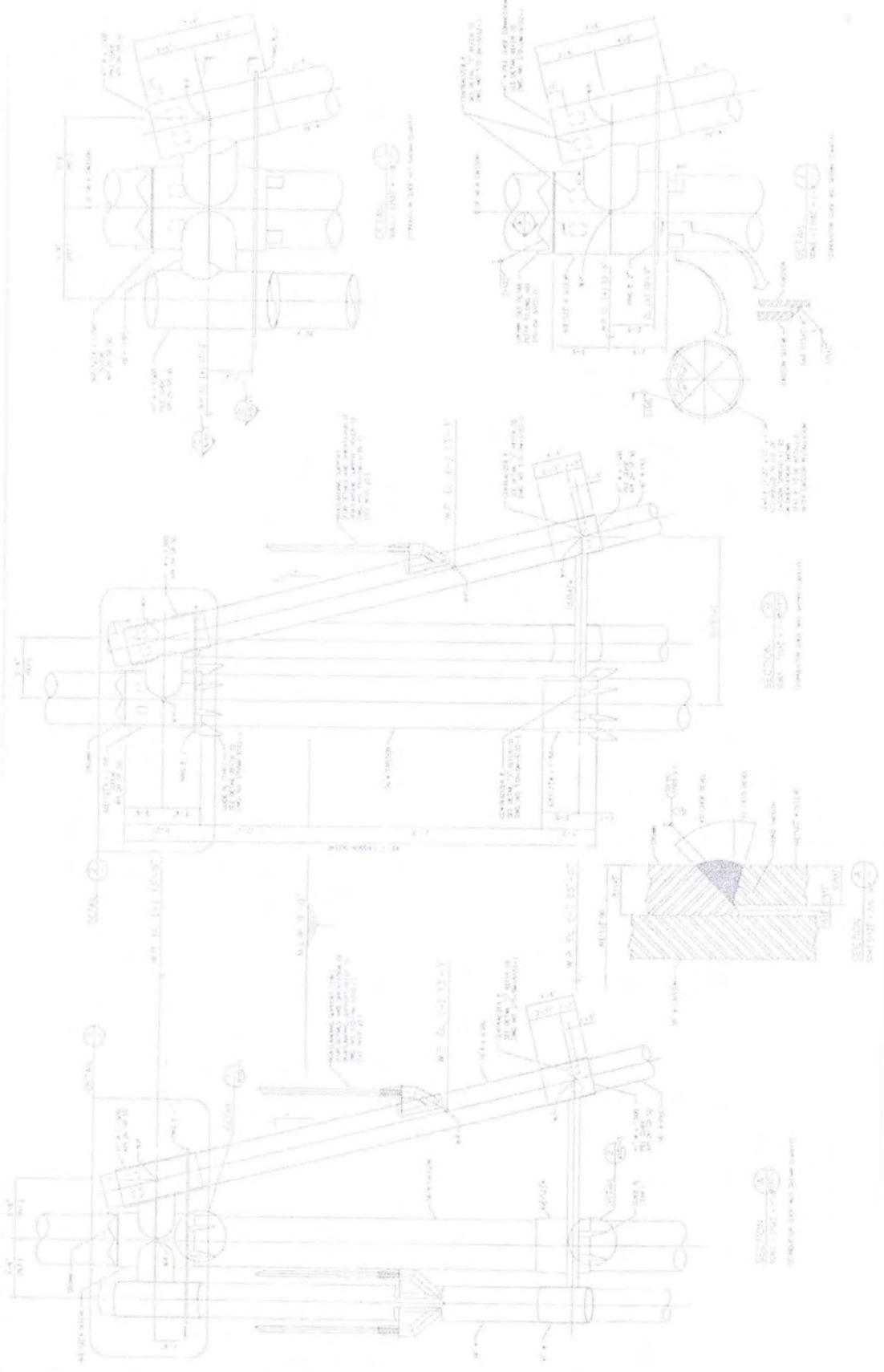
SECTION H-H  
HORIZONTAL TANKS



SECTION I-I  
HORIZONTAL TANKS

P-1 ASSUMPTIONS & CONDITIONS  
1) 304SS, 304L  
2) 10' 0" HEAD  
3) 10' 0" DIAMETER





**LAMPIRAN B**

**BEBAN LINGKUNGAN**

StruCAD\*3D Ver. 3.40

## MONOPOD TANPA STRUKTUR PENGUAT

## Applied Load Summary

Load Case	Total Force(X) (Kips)	Total Force(Y) (Kips)	Total Force(Z) (Kips)	Total Moment(X) (In-Kips)	Total Moment(Y) (In-Kips)	Total Moment(Z) (In-Kips)
3	15.127	.706	.081	.000	.000	.000
C.G. X (Ft)	.000	.000	.000			
C.G. Y (Ft)	.000	.000	.000			
C.G. Z (Ft)	-23.879	16.000	15.000			
		Global Moments (Ft-Kips)		-11.295	-361.214	
		Mudline Moments (Ft-Kips)		-71.302	924.582	

StruCAD\*3D Ver. 3.40

## MONOPOD DENGAN STRUKTUR PENGUAT SUDUT 45 &amp; LEBAR STRUKTUR PENGUAT 14,8 ft

## Applied Load Summary

Load Case	Total Force(X) (Kips)	Total Force(Y) (Kips)	Total Force(Z) (Kips)	Total Moment(X) (In-Kips)	Total Moment(Y) (In-Kips)	Total Moment(Z) (In-Kips)
3	34.551	15.155	1.967	-.001	.001	.000
C.G. X (Ft)	4.480	4.376	7.456			
C.G. Y (Ft)	1.879	1.695	3.091			
C.G. Z (Ft)	-25.120	-23.021	-23.692			
		Global Moments (Ft-Kips)		354.965	-882.582	1.405
		Mudline Moments (Ft-Kips)		-933.228	2054.238	1.405

StruCAD\*3D Ver. 3.40

## MONOPOD DENGAN STRUKTUR PENGUAT SUDUT 45 &amp; LEBAR STRUKTUR PENGUAT 29,5 ft

## Applied Load Summary

Load Case	Total Force(X) (Kips)	Total Force(Y) (Kips)	Total Force(Z) (Kips)	Total Moment(X) (In-Kips)	Total Moment(Y) (In-Kips)	Total Moment(Z) (In-Kips)
3	34.174	14.999	4.578	-.001	.001	.000
C.G. X (Ft)	7.524	7.437	13.130			
C.G. Y (Ft)	3.214	2.545	5.439			
C.G. Z (Ft)	-25.856	-23.692	-27.503			
		Global Moments (Ft-Kips)		380.271	-943.695	1.717
		Mudline Moments (Ft-Kips)		-894.684	1961.085	1.717

StruCAD\*3D Ver. 3.40

MONOPOD DENGAN STRUKTUR PENGUAT SUDUT 45 &amp; LEBAR STRUKTUR PENGUAT 44,2 ft

## Applied Load Summary

Load Case	Total Force(X) (Kips)	Total Force(Y) (Kips)	Total Force(Z) (Kips)	Total Moment(X) (In-Kips)	Total Moment(Y) (In-Kips)	Total Moment(Z) (In-Kips)
3	33.376	14.669	6.768	-.001	.001	.000
C.G. X (Ft)	10.497	10.574	19.031			
C.G. Y (Ft)	4.588	3.061	7.883			
C.G. Z (Ft)	-26.297	-24.060	-29.293			
		Global Moments (Ft-Kips)	406.281	-1006.492		1.970
		Mudline Moments (Ft-Kips)	-840.588	1830.485		1.970

StruCAD\*3D Ver. 3.40

MONOPOD DENGAN STRUKTUR PENGUAT SUDUT 45 &amp; LEBAR STRUKTUR PENGUAT 78,5 ft

## Applied Load Summary

Load Case	Total Force(X) (Kips)	Total Force(Y) (Kips)	Total Force(Z) (Kips)	Total Moment(X) (In-Kips)	Total Moment(Y) (In-Kips)	Total Moment(Z) (In-Kips)
3	31.343	13.827	10.327	-.001	.001	.000
C.G. X (Ft)	16.634	17.700	33.009			
C.G. Y (Ft)	7.727	2.753	13.673			
C.G. Z (Ft)	-26.311	-23.937	-31.070			
		Global Moments (Ft-Kips)	472.163	-1165.541		2.561
		Mudline Moments (Ft-Kips)	-703.113	1498.586		2.561

StruCAD\*3D Ver. 3.40

MONOPOD DENGAN STRUKTUR PENGUAT SUDUT 60 &amp; LEBAR STRUKTUR PENGUAT 14,8 ft

## Applied Load Summary

Load Case	Total Force(X) (Kips)	Total Force(Y) (Kips)	Total Force(Z) (Kips)	Total Moment(X) (In-Kips)	Total Moment(Y) (In-Kips)	Total Moment(Z) (In-Kips)
3	32.566	19.438	1.823	-.001	.001	.000
C.G. X (Ft)	3.903	3.918	6.508			
C.G. Y (Ft)	2.311	2.103	3.761			
C.G. Z (Ft)	-24.901	-23.674	-23.228			
		Global Moments (Ft-Kips)	467.033	-822.783		.896
		Mudline Moments (Ft-Kips)	-1185.201	1945.296		.896

StruCAD\*3D Ver. 3.40

MONOPOD DENGAN STRUKTUR PENGUAT SUDUT 60 &amp; LEBAR STRUKTUR PENGUAT 29,5 ft

## Applied Load Summary

Load Case	Total Force(X) (Kips)	Total Force(Y) (Kips)	Total Force(Z) (Kips)	Total Moment(X) (In-Kips)	Total Moment(Y) (In-Kips)	Total Moment(Z) (In-Kips)
3	32.399	19.342	4.195	-.001	.001	.000
C.G. X (Ft)	6.525	6.777	11.537			
C.G. Y (Ft)	4.011	3.207	6.661			
C.G. Z (Ft)	-25.630	-24.372	-27.453			
		Global Moments (Ft-Kips)	499.356		-878.785	1.139
		Mudline Moments (Ft-Kips)	-1144.726		1875.098	1.139

StruCAD\*3D Ver. 3.40

MONOPOD DENGAN STRUKTUR PENGUAT SUDUT 60 &amp; LEBAR STRUKTUR PENGUAT 44,2 ft

## Applied Load Summary

Load Case	Total Force(X) (Kips)	Total Force(Y) (Kips)	Total Force(Z) (Kips)	Total Moment(X) (In-Kips)	Total Moment(Y) (In-Kips)	Total Moment(Z) (In-Kips)
3	31.938	19.076	6.161	.000	.001	-.001
C.G. X (Ft)	9.080	9.832	16.812			
C.G. Y (Ft)	5.832	3.968	9.706			
C.G. Z (Ft)	-26.080	-24.790	-29.523			
		Global Moments (Ft-Kips)	532.695		-936.532	1.307
		Mudline Moments (Ft-Kips)	-1088.777		1778.195	1.307

StruCAD\*3D Ver. 3.40

MONOPOD DENGAN STRUKTUR PENGUAT SUDUT 60 &amp; LEBAR STRUKTUR PENGUAT 78,5 ft

## Applied Load Summary

Load Case	Total Force(X) (Kips)	Total Force(Y) (Kips)	Total Force(Z) (Kips)	Total Moment(X) (In-Kips)	Total Moment(Y) (In-Kips)	Total Moment(Z) (In-Kips)
3	30.711	18.368	9.195	-.001	.001	.000
C.G. X (Ft)	14.378	17.350	29.742			
C.G. Y (Ft)	10.321	4.166	17.172			
C.G. Z (Ft)	-26.231	-24.885	-32.284			
		Global Moments (Ft-Kips)	614.991		-1079.070	1.696
		Mudline Moments (Ft-Kips)	-946.291		1531.406	1.696

StruCAD\*3D Ver. 3.40

MONOPOD DENGAN STRUKTUR PENGUAT SUDUT 90 &amp; LEBAR STRUKTUR PENGUAT 14,8 ft

## Applied Load Summary

Load Case	Total Force(X) (Kips)	Total Force(Y) (Kips)	Total Force(Z) (Kips)	Total Moment(X) (In-Kips)	Total Moment(Y) (In-Kips)	Total Moment(Z) (In-Kips)
3	26.922	26.921	1.418	-.001	.001	.000
C.G. X (Ft)	2.468	2.702	4.271			
C.G. Y (Ft)	2.706	2.472	4.279			
C.G. Z (Ft)	-24.331	-24.332	-21.941			
		Global Moments (Ft-Kips)	661.109		-661.095	-.109
		Mudline Moments (Ft-Kips)	-1627.181		1627.267	-.109

StruCAD\*3D Ver. 3.40

MONOPOD DENGAN STRUKTUR PENGUAT SUDUT 90 &amp; LEBAR STRUKTUR PENGUAT 29,5 ft

## Applied Load Summary

Load Case	Total Force(X) (Kips)	Total Force(Y) (Kips)	Total Force(Z) (Kips)	Total Moment(X) (In-Kips)	Total Moment(Y) (In-Kips)	Total Moment(Z) (In-Kips)
3	27.142	27.142	3.133	-.001	.001	.000
C.G. X (Ft)	3.893	4.874	7.725			
C.G. Y (Ft)	4.874	3.893	7.725			
C.G. Z (Ft)	-25.015	-25.015	-27.394			
		Global Moments (Ft-Kips)	703.143		-703.143	.000
		Mudline Moments (Ft-Kips)	-1603.907		1603.907	.000

StruCAD\*3D Ver. 3.40

MONOPOD DENGAN STRUKTUR PENGUAT SUDUT 90 &amp; LEBAR STRUKTUR PENGUAT 44,2 ft

## Applied Load Summary

Load Case	Total Force(X) (Kips)	Total Force(Y) (Kips)	Total Force(Z) (Kips)	Total Moment(X) (In-Kips)	Total Moment(Y) (In-Kips)	Total Moment(Z) (In-Kips)
3	27.343	27.343	4.458	-.001	.001	.000
C.G. X (Ft)	5.111	7.386	11.471			
C.G. Y (Ft)	7.386	5.111	11.471			
C.G. Z (Ft)	-25.497	-25.497	-30.467			
		Global Moments (Ft-Kips)	748.304		-748.304	.000
		Mudline Moments (Ft-Kips)	-1575.884		1575.883	.000

StruCADC\*3D Ver. 3.40

MONOPOD DENGAN STRUKTUR PENGUAT SUDUT 90 &amp; LEBAR STRUKTUR PENGUAT 78,5 ft

## Applied Load Summary

Load Case	Total Force(X) (Kips)	Total Force(Y) (Kips)	Total Force(Z) (Kips)	Total Moment(X) (In-Kips)	Total Moment(Y) (In-Kips)	Total Moment(Z) (In-Kips)
3	28.087	28.087	6.281	-.001	.001	.000
C.G. X (Ft)	7.081	14.303	21.426			
C.G. Y (Ft)	14.303	7.081	21.426			
C.G. Z (Ft)	-25.878	-25.878	-36.088			
		Global Moments (Ft-Kips)	861.423	-861.422	.000	
		Mudline Moments (Ft-Kips)	-1525.996	1525.996	.000	

StruCADC\*3D Ver. 3.40

MONOPOD DENGAN STRUKTUR PENGUAT SUDUT 180 &amp; LEBAR STRUKTUR PENGUAT 14,8 ft

## Applied Load Summary

Load Case	Total Force(X) (Kips)	Total Force(Y) (Kips)	Total Force(Z) (Kips)	Total Moment(X) (In-Kips)	Total Moment(Y) (In-Kips)	Total Moment(Z) (In-Kips)
3	-34.613	-1.103	-.093	.000	.000	.000
C.G. X (Ft)	-.655	.000	183.959			
C.G. Y (Ft)	.000	.000	.000			
C.G. Z (Ft)	-24.669	12.581	74.653			
		Global Moments (Ft-Kips)	13.876	870.893	.000	
		Mudline Moments (Ft-Kips)	107.626	-2071.220	.000	

StruCADC\*3D Ver. 3.40

MONOPOD DENGAN STRUKTUR PENGUAT SUDUT 180 &amp; LEBAR STRUKTUR PENGUAT 29,5 ft

## Applied Load Summary

Load Case	Total Force(X) (Kips)	Total Force(Y) (Kips)	Total Force(Z) (Kips)	Total Moment(X) (In-Kips)	Total Moment(Y) (In-Kips)	Total Moment(Z) (In-Kips)
3	-33.619	-1.103	.188	.000	.000	.000
C.G. X (Ft)	-1.672	.000	-347.983			
C.G. Y (Ft)	.000	.000	.000			
C.G. Z (Ft)	-23.928	12.581	-172.030			
		Global Moments (Ft-Kips)	13.876	869.814	.000	
		Mudline Moments (Ft-Kips)	107.626	-1987.761	.000	

StruCAD\*3D Ver. 3.40

MONOPOD DENGAN STRUKTUR PENGUAT SUDUT 180 &amp; LEBAR STRUKTUR PENGUAT 44,2 ft

## Applied Load Summary

Load Case	Total Force(X) (Kips)	Total Force(Y) (Kips)	Total Force(Z) (Kips)	Total Moment(X) (In-Kips)	Total Moment(Y) (In-Kips)	Total Moment(Z) (In-Kips)
3	-32.248	-1.103	.446	.000	.000	.000
C.G. X (Ft)	-3.061	.000	-291.843			
C.G. Y (Ft)	.000	.000	.000			
C.G. Z (Ft)	-23.016	12.581	-153.165			
		Global Moments (Ft-Kips)		13.876	872.531	.000
		Mudline Moments (Ft-Kips)		107.626	-1868.579	.000

StruCAD\*3D Ver. 3.40

MONOPOD DENGAN STRUKTUR PENGUAT SUDUT 180 &amp; LEBAR STRUKTUR PENGUAT 78,5 ft

## Applied Load Summary

Load Case	Total Force(X) (Kips)	Total Force(Y) (Kips)	Total Force(Z) (Kips)	Total Moment(X) (In-Kips)	Total Moment(Y) (In-Kips)	Total Moment(Z) (In-Kips)
3	-28.755	-1.103	1.192	.000	.000	.000
C.G. X (Ft)	-7.666	.000	-240.220			
C.G. Y (Ft)	.000	.000	.000			
C.G. Z (Ft)	-20.872	12.581	-145.882			
		Global Moments (Ft-Kips)		13.876	886.508	.000
		Mudline Moments (Ft-Kips)		107.626	-1557.684	.000



## **LAMPIRAN C**

### **DESKRIPSI GEOMETRI STRUKTUR**

Koordinat *monopod* tanpa struktur penguat

Joint	X	Y	Z
1	0,000	0,000	0,000
2	0,000	0,000	13,000
3	0,000	0,000	32,000
4	0,000	0,000	-8,000
5	0,000	0,000	-25,000
6	0,000	0,000	-48,000
7	0,000	0,000	-85,000

Koordinat *monopod* dengan struktur penguat sudut  $45^0$  dan lebar 14,8 ft

Joint	X	Y	Z
1	0,000	0,000	0,000
2	0,000	0,000	13,000
3	0,000	0,000	32,000
4	0,000	0,000	-8,000
5	0,000	0,000	-25,000
6	0,000	0,000	-48,000
7	0,000	0,000	-85,000
8	5,000	0,000	13,000
9	3,536	3,536	13,000
10	6,300	0,000	0,000
11	4,455	4,455	0,000
12	8,800	0,000	-25,000
13	6,223	6,223	-25,000
14	14,800	0,000	-85,000
15	10,465	10,465	-85,000

Koordinat monopod dengan struktur penguat sudut  $45^0$  dan lebar 29,5 ft

Joint	X	Y	Z
1	0,000	0,000	0,000
2	0,000	0,000	13,000
3	0,000	0,000	32,000
4	0,000	0,000	-8,000
5	0,000	0,000	-25,000
6	0,000	0,000	-48,000
7	0,000	0,000	-85,000
8	5,000	0,000	13,000
9	3,536	3,536	13,000
10	8,250	0,000	0,000
11	5,834	5,834	0,000
12	14,500	0,000	-25,000
13	10,253	10,253	-25,000
14	29,500	0,000	-85,000
15	20,860	20,860	-85,000

Koordinat monopod dengan struktur penguat sudut  $45^0$  dan lebar 44,2 ft

Joint	X	Y	Z
1	0,000	0,000	0,000
2	0,000	0,000	13,000
3	0,000	0,000	32,000
4	0,000	0,000	-8,000
5	0,000	0,000	-25,000
6	0,000	0,000	-48,000
7	0,000	0,000	-85,000
8	5,000	0,000	13,000
9	3,536	3,536	13,000
10	10,200	0,000	0,000
11	7,212	7,212	0,000
12	20,200	0,000	-25,000
13	14,284	14,284	-25,000
14	44,200	0,000	-85,000
15	31,254	31,254	-85,000

Koordinat *monopod* dengan struktur penguat sudut  $45^0$  dan lebar 78,5 ft

Joint	X	Y	Z
1	0,000	0,000	0,000
2	0,000	0,000	13,000
3	0,000	0,000	32,000
4	0,000	0,000	-8,000
5	0,000	0,000	-25,000
6	0,000	0,000	-48,000
7	0,000	0,000	-85,000
8	5,000	0,000	13,000
9	3,536	3,536	13,000
10	14,750	0,000	0,000
11	10,430	10,430	0,000
12	33,500	0,000	-25,000
13	23,688	23,688	-25,000
14	78,500	0,000	-85,000
15	55,508	55,508	-85,000

Koordinat *monopod* dengan struktur penguat sudut  $60^0$  dan lebar 14,8 ft

Joint	X	Y	Z
1	0,000	0,000	0,000
2	0,000	0,000	13,000
3	0,000	0,000	32,000
4	0,000	0,000	-8,000
5	0,000	0,000	-25,000
6	0,000	0,000	-48,000
7	0,000	0,000	-85,000
8	5,000	0,000	13,000
9	2,500	4,330	13,000
10	6,300	0,000	0,000
11	3,150	5,456	0,000
12	8,800	0,000	-25,000
13	4,400	7,621	-25,000
14	14,800	0,000	-85,000
15	7,400	12,817	-85,000

Koordinat *monopod* dengan struktur penguat sudut  $60^0$  dan lebar 29,5 ft

Joint	X	Y	Z
1	0,000	0,000	0,000
2	0,000	0,000	13,000
3	0,000	0,000	32,000
4	0,000	0,000	-8,000
5	0,000	0,000	-25,000
6	0,000	0,000	-48,000
7	0,000	0,000	-85,000
8	5,000	0,000	13,000
9	2,500	4,330	13,000
10	8,250	0,000	0,000
11	4,125	7,145	0,000
12	14,500	0,000	-25,000
13	7,250	12,557	-25,000
14	29,500	0,000	-85,000
15	14,750	25,548	-85,000

Koordinat *monopod* dengan struktur penguat sudut  $60^0$  dan lebar 44,2 ft

Joint	X	Y	Z
1	0,000	0,000	0,000
2	0,000	0,000	13,000
3	0,000	0,000	32,000
4	0,000	0,000	-8,000
5	0,000	0,000	-25,000
6	0,000	0,000	-48,000
7	0,000	0,000	-85,000
8	5,000	0,000	13,000
9	2,500	4,330	13,000
10	10,200	0,000	0,000
11	5,100	8,833	0,000
12	20,200	0,000	-25,000
13	10,100	17,494	-25,000
14	44,200	0,000	-85,000
15	22,100	38,278	-85,000

Koordinat monopod dengan struktur penguat sudut  $60^0$  dan lebar 78,5 ft

Joint	X	Y	Z
1	0,000	0,000	0,000
2	0,000	0,000	13,000
3	0,000	0,000	32,000
4	0,000	0,000	-8,000
5	0,000	0,000	-25,000
6	0,000	0,000	-48,000
7	0,000	0,000	-85,000
8	5,000	0,000	13,000
9	2,500	4,330	13,000
10	14,750	0,000	0,000
11	7,375	12,774	0,000
12	33,500	0,000	-25,000
13	16,750	29,012	-25,000
14	78,500	0,000	-85,000
15	39,250	67,983	-85,000

Koordinat monopod dengan struktur penguat sudut  $90^0$  dan lebar 14,8 ft

Joint	X	Y	Z
1	0,000	0,000	0,000
2	0,000	0,000	13,000
3	0,000	0,000	32,000
4	0,000	0,000	-8,000
5	0,000	0,000	-25,000
6	0,000	0,000	-48,000
7	0,000	0,000	-85,000
8	5,000	0,000	13,000
9	0,000	5,000	13,000
10	6,300	0,000	0,000
11	0,000	6,300	0,000
12	8,800	0,000	-25,000
13	0,000	8,800	-25,000
14	14,800	0,000	-85,000
15	0,000	14,800	-85,000

Koordinat *monopod* dengan struktur penguat sudut  $90^0$  dan lebar 29,5 ft

Joint	X	Y	Z
1	0,000	0,000	0,000
2	0,000	0,000	13,000
3	0,000	0,000	32,000
4	0,000	0,000	-8,000
5	0,000	0,000	-25,000
6	0,000	0,000	-48,000
7	0,000	0,000	-85,000
8	5,000	0,000	13,000
9	0,000	5,000	13,000
10	8,250	0,000	0,000
11	0,000	8,250	0,000
12	14,500	0,000	-25,000
13	0,000	14,500	-25,000
14	29,500	0,000	-85,000
15	0,000	29,500	-85,000

Koordinat *monopod* dengan struktur penguat sudut  $90^0$  dan lebar 44,2 ft

Joint	X	Y	Z
1	0,000	0,000	0,000
2	0,000	0,000	13,000
3	0,000	0,000	32,000
4	0,000	0,000	-8,000
5	0,000	0,000	-25,000
6	0,000	0,000	-48,000
7	0,000	0,000	-85,000
8	5,000	0,000	13,000
9	0,000	5,000	13,000
10	10,200	0,000	0,000
11	0,000	10,200	0,000
12	20,200	0,000	-25,000
13	0,000	20,200	-25,000
14	44,200	0,000	-85,000
15	0,000	44,200	-85,000

Koordinat *monopod* dengan struktur penguat sudut  $90^0$  dan lebar 78,5 ft

Joint	X	Y	Z
1	0,000	0,000	0,000
2	0,000	0,000	13,000
3	0,000	0,000	32,000
4	0,000	0,000	-8,000
5	0,000	0,000	-25,000
6	0,000	0,000	-48,000
7	0,000	0,000	-85,000
8	5,000	0,000	13,000
9	0,000	5,000	13,000
10	14,750	0,000	0,000
11	0,000	14,750	0,000
12	33,500	0,000	-25,000
13	0,000	33,500	-25,000
14	78,500	0,000	-85,000
15	0,000	78,500	-85,000

Koordinat *monopod* dengan struktur penguat sudut  $180^0$  dan lebar 14,8 ft

Joint	X	Y	Z
1	0,000	0,000	0,000
2	0,000	0,000	13,000
3	0,000	0,000	32,000
4	0,000	0,000	-8,000
5	0,000	0,000	-25,000
6	0,000	0,000	-48,000
7	0,000	0,000	-85,000
8	5,000	0,000	13,000
9	-5,000	0,000	13,000
10	6,300	0,000	0,000
11	-6,300	0,000	0,000
12	8,800	0,000	-25,000
13	-8,800	0,000	-25,000
14	14,800	0,000	-85,000
15	-14,800	0,000	-85,000

Koordinat monopod dengan struktur penguat sudut  $180^0$  dan lebar 29,5 ft

Joint	X	Y	Z
1	0,000	0,000	0,000
2	0,000	0,000	13,000
3	0,000	0,000	32,000
4	0,000	0,000	-8,000
5	0,000	0,000	-25,000
6	0,000	0,000	-48,000
7	0,000	0,000	-85,000
8	5,000	0,000	13,000
9	-5,000	0,000	13,000
10	8,250	0,000	0,000
11	-8,250	0,000	0,000
12	14,500	0,000	-25,000
13	-14,500	0,000	-25,000
14	29,500	0,000	-85,000
15	-29,500	0,000	-85,000

Koordinat monopod dengan struktur penguat sudut  $180^0$  dan lebar 44,2 ft

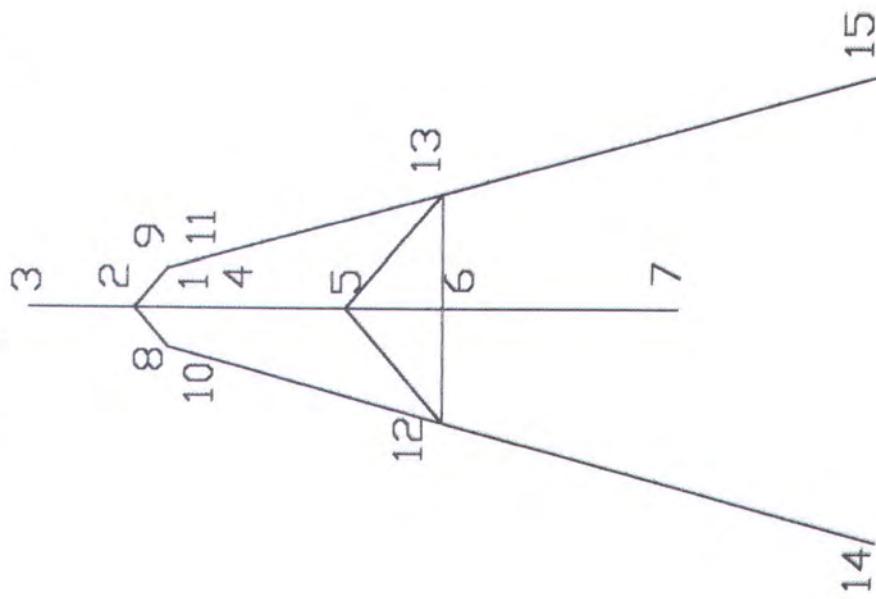
Joint	X	Y	Z
1	0,000	0,000	0,000
2	0,000	0,000	13,000
3	0,000	0,000	32,000
4	0,000	0,000	-8,000
5	0,000	0,000	-25,000
6	0,000	0,000	-48,000
7	0,000	0,000	-85,000
8	5,000	0,000	13,000
9	-5,000	0,000	13,000
10	10,200	0,000	0,000
11	-10,200	0,000	0,000
12	20,200	0,000	-25,000
13	-20,200	0,000	-25,000
14	44,200	0,000	-85,000
15	-44,200	0,000	-85,000



Koordinat *monopod* dengan struktur penguat sudut  $180^0$  dan lebar 78,5 ft

Joint	X	Y	Z
1	0,000	0,000	0,000
2	0,000	0,000	13,000
3	0,000	0,000	32,000
4	0,000	0,000	-8,000
5	0,000	0,000	-25,000
6	0,000	0,000	-48,000
7	0,000	0,000	-85,000
8	5,000	0,000	13,000
9	-5,000	0,000	13,000
10	14,750	0,000	0,000
11	-14,750	0,000	0,000
12	33,500	0,000	-25,000
13	-33,500	0,000	-25,000
14	78,500	0,000	-85,000
15	-78,500	0,000	-85,000

# JINT MOPD dengan STRUKTUR PENGUAT



**LAMPIRAN D**

***OUTPUT RESPON STRUKTUR***

**DENGAN PROGRAM STRUCAD\*3D**

StruCAD\*3D Ver. 3.40

## MONOPOD TANPA STRUKTUR PENGUAT

\* \* \* Member Detail Report \* \* \*

Member JA- JB	GRP ID	Load Case	From End (Ft)	Dist (Kips )	Force Fx My Mz /-- (In-Kips) --/	*Bending Moment*		*Shear Force*		Torsion Mx /- (In-Kips)	Axial Stress /-----	Bending Stress Y Z ( KSI )	Comb. Stress Shear Stress -----/	Max Comb. Unity Check
						Fy -- (Kips )	Fz -- (Kips )	Mx /- (In-Kips)						
7- 6 A2	1	.0	-117.37	.0	.0	.00	.00	.0	-.35	.00	.00	-.35	.00	.014
		2	-804.85	.0	.0	.00	.00	.0	-2.37	.00	.00	-2.37	.00	.096
		3	.08	855.6	11095.0	-15.13	-.71	.0	.00	-.19	2.51	2.52	.09	.077
		4	-922.14	855.6	11095.0	-15.13	-.71	.0	-2.72	-.19	2.51	-5.23	.09	.187
	37.0	1	-80.25	.0	.0	.00	.00	.0	-.24	.00	.00	-.24	.00	.010
		2	-804.85	.0	.0	.00	.00	.0	-2.37	.00	.00	-2.37	.00	.096
		3	.08	542.2	5172.9	-11.56	-.71	.0	.00	-.12	1.17	1.18	.07	.036
		4	-885.02	542.2	5172.9	-11.56	-.71	.0	-2.61	-.12	1.17	-3.78	.07	.142

StruCAD\*3D Ver. 3.40

## MONOPOD DENGAN STRUKTUR PENGUAT SUDUT 45 &amp; LEBAR STRUKTUR PENGUAT 14,8 ft

\* \* \* Member Detail Report \* \* \*

Member JA- JB	GRP ID	Load Case	From End (Ft)	Dist (Kips )	Force Fx My Mz /-- (In-Kips) --/	*Bending Moment*		*Shear Force*		Torsion Mx /- (In-Kips)	Axial Stress /-----	Bending Stress Y Z ( KSI )	Comb. Stress Shear Stress -----/	Max Comb. Unity Check
						Fy -- (Kips )	Fz -- (Kips )	Mx /- (In-Kips)						
5- 4 175	1	.0	-82.14	141.7	342.0	.34	.14	.0	-.28	-.04	.09	-.37	.00	.014
		2	-774.15	-865.0	-2088.3	1.45	.60	.0	-2.60	.22	-.53	-3.17	.01	.119
		3	81.62	-819.7	-2096.4	-7.21	-3.35	.8	.27	.21	-.53	.85	.05	.028
		4	-774.67	-1543.0	-3842.6	-5.42	-2.61	.8	-2.60	.39	-.98	-3.65	.04	.133
	17.0	1	-67.14	170.8	412.3	.34	.14	.0	-.23	-.04	.11	-.34	.00	.012
		2	-774.15	-742.5	-1792.6	1.45	.60	.0	-2.60	.19	-.46	-3.09	.01	.116
		3	81.62	-1393.1	-3300.0	-4.40	-2.19	.8	.27	.36	-.84	1.19	.03	.038
		4	-759.67	-1964.8	-4680.2	-2.61	-1.45	.8	-2.55	.50	-1.19	-3.84	.02	.139

StruCADC\*3D Ver. 3.40

## MONOPOD DENGAN STRUKTUR PENGUAT SUDUT 45 &amp; LEBAR STRUKTUR PENGUAT 29,5 ft

\* \* \* Member Detail Report \* \* \*

Member JA- JB	GRP ID	Load Case	From End (Ft)	Dist (Kips )	Force Fx My Mz /-- (In-Kips) --/	*Bending Moment*		*Shear Force* Fy Fz /-- (Kips ) -/	Torsion Mx --/ (In-Kips)	Axial Stress /----- -----	Bending Stress Y Z ( KSI )	Comb. Stress -----/	Shear Stress -----/	Max Comb. Unity Check
						Fx My Mz /-- (In-Kips) --/	Fy Fz /-- (Kips ) -/							
6- 5 175	1	.0	-113.82	13.4	32.3	4.67	1.94	.0	-.38	.00	.01	-.39	.03	.015
	2		-795.69	-574.7	-1387.4	1.14	.47	.0	-2.67	.15	-.35	-3.05	.01	.117
	3		57.74	-51.2	-252.3	-10.75	-4.65	4.8	.19	.01	-.06	.26	.08	.009
	4		-851.77	-612.5	-1607.4	-4.94	-2.24	4.8	-2.86	.16	-.41	-3.29	.04	.126
	1	23.0	-93.54	547.6	1322.1	4.67	1.94	.0	-.31	-.14	.34	-.68	.03	.023
	2		-795.69	-444.0	-1072.0	1.14	.47	.0	-2.67	.11	-.27	-2.96	.01	.114
	3		57.74	-1200.7	-2895.8	-8.25	-3.62	4.8	.19	.31	-.74	.99	.06	.032
	4		-831.48	-1097.1	-2645.8	-2.44	-1.21	4.8	-2.79	.28	-.67	-3.52	.02	.132

StruCADC\*3D Ver. 3.40

## MONOPOD DENGAN STRUKTUR PENGUAT SUDUT 45 &amp; LEBAR STRUKTUR PENGUAT 44,2 ft

\* \* \* Member Detail Report \* \* \*

Member JA- JB	GRP ID	Load Case	From End (Ft)	Dist (Kips )	Force Fx My Mz /-- (In-Kips) --/	*Bending Moment*		*Shear Force* Fy Fz /-- (Kips ) -/	Torsion Mx --/ (In-Kips)	Axial Stress /----- -----	Bending Stress Y Z ( KSI )	Comb. Stress -----/	Shear Stress -----/	Max Comb. Unity Check
						Fx My Mz /-- (In-Kips) --/	Fy Fz /-- (Kips ) -/							
6- 5 175	1	.0	-118.30	110.9	267.7	7.25	3.00	.0	-.40	-.03	.07	-.47	.05	.018
	2		-800.44	-406.1	-980.5	.93	.38	.0	-2.68	.10	-.25	-2.95	.01	.114
	3		40.81	-180.4	-506.3	-10.00	-4.28	8.2	.14	.05	-.13	.27	.07	.009
	4		-877.93	-475.7	-1219.1	-1.82	-.89	8.2	-2.94	.12	-.31	-3.28	.01	.126
	1	23.0	-98.02	939.7	2268.8	7.25	3.00	.0	-.33	-.24	.58	-.95	.05	.032
	2		-800.44	-299.9	-724.1	.93	.38	.0	-2.68	.08	-.18	-2.88	.01	.112
	3		40.81	-1228.0	-2943.0	-7.50	-3.25	8.2	.14	.31	-.75	.95	.06	.030
	4		-857.64	-588.2	-1398.3	.68	.14	8.2	-2.88	.15	-.36	-3.26	.01	.125

StruCAD\*3D Ver. 3.40

## MONOPOD DENGAN STRUKTUR PENGUAT SUDUT 45 &amp; LEBAR STRUKTUR PENGUAT 78,5 ft

## \* \* \* Member Detail Report \* \* \*

Member JA- JB	GRP ID	Load Case	From End (Ft)	Dist (Kips )	Force Fx My Mz /-- (In-Kips) --/	*Bending Moment*		Fy /-- (Kips ) --/	Shear Force* Fz --/ (In-Kips) --/	Torsion Mx --/ (In-Kips)	Axial Stress Y ----- ----- ( KSI ) -----/	Bending Stress Z ----- ( KSI ) -----/	Comb. Stress ----- ( KSI ) -----/	Shear Stress ----- ( KSI ) -----/	Max Comb. Unity Check
						Fx My Mz /-- (In-Kips) --/	Fy Fz Mx --/ (In-Kips)								
6- 5 175	1	.0	-125.74	385.4	930.5	15.16	6.28	.0	-.42	-.10	.24	-.68	.11	.024	
	2		-803.41	-238.5	-575.8	.62	.26	.0	-2.69	.06	-.15	-2.85	.00	.111	
	3		24.93	-298.5	-756.3	-10.37	-4.38	13.3	.08	.08	-.19	.29	.08	.009	
	4		-904.22	-151.6	-401.6	5.42	2.16	13.3	-3.03	.04	-.10	-3.14	.04	.123	
	1	23.0	-105.46	2119.0	5115.7	15.16	6.28	.0	-.35	-.54	1.30	-1.77	.11	.057	
	2		-803.41	-167.1	-403.4	.62	.26	.0	-2.69	.04	-.10	-2.80	.00	.110	
	3		24.93	-1371.9	-3293.6	-7.87	-3.34	13.3	.08	.35	-.84	.99	.06	.031	
	4		-883.93	580.0	1418.8	7.92	3.20	13.3	-2.96	-.15	.36	-3.35	.06	.129	

StruCAD\*3D Ver. 3.40

## MONOPOD DENGAN STRUKTUR PENGUAT SUDUT 60 &amp; LEBAR STRUKTUR PENGUAT 14,8 ft

## \* \* \* Member Detail Report \* \* \*

Member JA- JB	GRP ID	Load Case	From End (Ft)	Dist (Kips )	Force Fx My Mz /-- (In-Kips) --/	*Bending Moment*		Fy /-- (Kips ) --/	Shear Force* Fz --/ (In-Kips) --/	Torsion Mx --/ (In-Kips)	Axial Stress Y ----- ----- ( KSI ) -----/	Bending Stress Z ----- ( KSI ) -----/	Comb. Stress ----- ( KSI ) -----/	Shear Stress ----- ( KSI ) -----/	Max Comb. Unity Check
						Fx My Mz /-- (In-Kips) --/	Fy Fz Mx --/ (In-Kips)								
5- 4 175	1	.0	-82.02	168.8	292.4	.31	.18	.0	-.27	-.04	.07	-.36	.00	.013	
	2		-770.72	-1179.1	-2042.2	1.42	.82	.0	-2.58	.30	-.52	-3.19	.01	.119	
	3		87.75	-1106.7	-1936.7	-6.86	-4.23	1.7	.29	.28	-.49	.86	.05	.028	
	4		-764.99	-2116.9	-3686.5	-5.13	-3.23	1.7	-2.56	.54	-.94	-3.65	.04	.133	
	1	17.0	-67.03	205.6	356.1	.31	.18	.0	-.22	-.05	.09	-.33	.00	.012	
	2		-770.72	-1011.4	-1751.8	1.42	.82	.0	-2.58	.26	-.45	-3.10	.01	.117	
	3		87.75	-1825.0	-3086.5	-4.23	-2.71	1.7	.29	.47	-.79	1.21	.03	.039	
	4		-750.00	-2630.9	-4482.2	-2.49	-1.71	1.7	-2.51	.67	-1.14	-3.84	.02	.138	

StruCAD\*3D Ver. 3.40

## MONOPOD DENGAN STRUKTUR PENGUAT SUDUT 60 &amp; LEBAR STRUKTUR PENGUAT 29,5 ft

\* \* \* Member Detail Report \* \* \*

Member JA- JB	GRP ID	Load Case	From End (Ft)	Dist (Kips )	Force Fx My Mz /-- (In-Kips) --/	*Bending Moment*		*Shear Force* Fy Fz /-- (Kips ) --/	Torsion Mx /-- (In-Kips)	Axial Stress /-----	Bending Stress Y Z ( KSI )	Comb. Stress /-----/	Shear Stress /-----/	Max Comb. Unity Check
						Fx My Mz /-- (In-Kips) --/	Fy Fz /-- (Kips ) --/							
6- 5 175	1	.0	-113.75	6.1	10.5	4.16	2.40	.0	-.38	.00	.00	-.38	.03	.015
	2		-794.45	-798.3	-1382.6	1.15	.66	.0	-2.66	.20	-.35	-3.07	.01	.117
	3		62.04	-82.2	-186.1	-10.24	-6.05	4.3	.21	.02	-.05	.26	.08	.009
	4		-846.17	-874.4	-1558.3	-4.93	-2.98	4.3	-2.84	.22	-.40	-3.29	.04	.126
	1	23.0	-93.47	668.9	1158.6	4.16	2.40	.0	-.31	-.17	.30	-.65	.03	.023
	2		-794.45	-614.9	-1065.0	1.15	.66	.0	-2.66	.16	-.27	-2.98	.01	.115
	3		62.04	-1576.2	-2707.4	-7.89	-4.69	4.3	.21	.40	-.69	1.01	.06	.032
	4		-825.88	-1522.2	-2613.9	-2.58	-1.63	4.3	-2.77	.39	-.67	-3.54	.02	.133

StruCAD\*3D Ver. 3.40

## MONOPOD DENGAN STRUKTUR PENGUAT SUDUT 60 &amp; LEBAR STRUKTUR PENGUAT 44,2 ft

\* \* \* Member Detail Report \* \* \*

Member JA- JB	GRP ID	Load Case	From End (Ft)	Dist (Kips )	Force Fx My Mz /-- (In-Kips) --/	*Bending Moment*		*Shear Force* Fy Fz /-- (Kips ) --/	Torsion Mx /-- (In-Kips)	Axial Stress /-----	Bending Stress Y Z ( KSI )	Comb. Stress /-----/	Shear Stress /-----/	Max Comb. Unity check
						Fx My Mz /-- (In-Kips) --/	Fy Fz /-- (Kips ) --/							
6- 5 175	1	.0	-118.35	129.4	224.1	6.46	3.73	.0	-.40	-.03	.06	-.46	.05	.018
	2		-799.84	-565.1	-978.8	.94	.54	.0	-2.68	.14	-.25	-2.97	.01	.115
	3		44.10	-247.1	-450.6	-9.54	-5.61	6.2	.15	.06	-.11	.28	.08	.010
	4		-874.10	-682.9	-1205.4	-2.14	-1.33	6.2	-2.93	.17	-.31	-3.28	.02	.126
	1	23.0	-98.07	1159.3	2008.0	6.46	3.73	.0	-.33	-.30	.51	-.92	.05	.031
	2		-799.84	-415.8	-720.2	.94	.54	.0	-2.68	.11	-.18	-2.89	.01	.112
	3		44.10	-1619.0	-2780.4	-7.20	-4.25	6.2	.15	.41	-.71	.97	.06	.031
	4		-853.81	-875.5	-1492.6	.20	.02	6.2	-2.86	.22	-.38	-3.30	.00	.126

StruCAD\*3D Ver. 3.40

## MONOPOD DENGAN STRUKTUR PENGUAT SUDUT 60 &amp; LEBAR STRUKTUR PENGUAT 78,5 ft

## \* \* \* Member Detail Report \* \* \*

Member JA- JB	GRP ID	Load Case	From End (Ft)	Dist (Kips )	Force Fx	*Bending Moment* My Mz /-- (In-Kips) --/	*Shear Force* Fy Fz /-- (Kips ) -/	Torsion Mx (In-Kips)	Axial Stress /-----	Bending Stress Y Z ( KSI )	Comb. Stress Shear Stress /-----/	Max Comb. Unity Check		
6- 5 175	1	.0	-125.98	476.2	824.7	13.60	7.85	.0	-.42	-.12	.21	-.67	.11	.024
		2	-803.21	-332.1	-575.3	.63	.36	.0	-2.69	.08	-.15	-2.86	.00	.111
		3	26.88	-398.2	-700.2	-9.84	-5.74	9.3	.09	.10	-.18	.30	.08	.010
		4	-902.31	-254.2	-450.7	4.39	2.48	9.3	-3.03	.06	-.11	-3.16	.03	.123
	23.0	-105.69	2642.7	4577.4	13.60	7.85	.0	-.35	-.67	1.17	-1.70	.11	.055	
		1	-803.21	-231.4	-400.9	.63	.36	.0	-2.69	.06	-.10	-2.81	.00	.110
		2	26.88	-1805.9	-3111.5	-7.49	-4.38	9.3	.09	.46	-.79	1.01	.06	.031
		3	-882.03	605.4	1065.0	6.74	3.83	9.3	-2.96	-.15	.27	-3.27	.05	.126

StruCAD\*3D Ver. 3.40

## MONOPOD DENGAN STRUKTUR PENGUAT SUDUT 90 &amp; LEBAR STRUKTUR PENGUAT 14,8 ft

## \* \* \* Member Detail Report \* \* \*

Member JA- JB	GRP ID	Load Case	From End (Ft)	Dist (Kips )	Force Fx	*Bending Moment* My Mz /-- (In-Kips) --/	*Shear Force* Fy Fz /-- (Kips ) -/	Torsion Mx (In-Kips)	Axial Stress /-----	Bending Stress Y Z ( KSI )	Comb. Stress Shear Stress /-----/	Max Comb. Unity Check		
5- 4 175	1	.0	-81.33	164.8	164.8	.24	.24	.0	-.27	-.04	.04	-.33	.00	.012
		2	-757.56	-1892.0	-1892.0	1.33	1.33	.0	-2.54	.48	-.48	-3.22	.01	.120
		3	105.48	-1446.1	-1446.0	-5.89	-5.89	-.9	.35	.37	-.37	.87	.06	.029
		4	-733.41	-3173.3	-3173.2	-4.32	-4.32	-.9	-2.46	.81	-.81	-3.60	.04	.131
	17.0	-66.33	213.0	213.0	.24	.24	.0	-.22	-.05	.05	-.30	.00	.011	
		2	-757.56	-1619.9	-1619.9	1.33	1.33	.0	-2.54	.41	-.41	-3.12	.01	.117
		3	105.48	-2442.9	-2442.8	-3.74	-3.74	-.9	.35	.62	-.62	1.23	.04	.040
		4	-718.41	-3849.7	-3849.7	-2.17	-2.17	-.9	-2.41	.98	-.98	-3.80	.02	.136



StruCADC\*3D Ver. 3.40

## MONOPOD DENGAN STRUKTUR PENGUAT SUDUT 90 &amp; LEBAR STRUKTUR PENGUAT 29,5 ft

\* \* \* Member Detail Report \* \* \*

Member JA- JB	GRP ID	Load Case	From End (Ft)	Dist (Kips )	Force Fx My Mz /-- (In-Kips) --/	*Bending Moment*		*Shear Force* Fy Fz /-- (Kips ) -/	Torsion Mx --/ (In-Kips)	Axial Stress /----- .0	Bending Stress Y Z ----- ( KSI )	Comb. Stress ----- ( KSI )	Shear Stress ----- /	Max Comb. Unity Check
						Fx My Mz /-- (In-Kips) --/	Fy Fz /-- (Kips ) -/							
6- 5 175	1	.0	-113.31	-41.6	-41.6	2.87	2.87	.0	-.38	.01	-.01	-.39	.03	.015
			-789.48	-1360.5	-1360.5	1.16	1.16	.0	-2.65	.35	-.35	-3.14	.01	.119
			75.51	-5.8	-5.8	-8.69	-8.69	.0	.25	.00	.00	.26	.08	.010
			-827.29	-1407.9	-1407.9	-4.67	-4.67	.0	-2.77	.36	-.36	-3.28	.04	.125
	23.0	23.0	-93.03	749.2	749.2	2.87	2.87	.0	-.31	-.19	.19	-.58	.03	.021
			-789.48	-1039.7	-1039.7	1.16	1.16	.0	-2.65	.27	-.27	-3.02	.01	.116
			75.51	-2157.5	-2157.5	-6.78	-6.78	.0	.25	.55	-.55	1.03	.06	.033
			-807.00	-2448.0	-2448.0	-2.75	-2.75	.0	-2.71	.62	-.62	-3.59	.03	.134

StruCADC\*3D Ver. 3.40

## MONOPOD DENGAN STRUKTUR PENGUAT SUDUT 90 &amp; LEBAR STRUKTUR PENGUAT 44,2 ft

\* \* \* Member Detail Report \* \* \*

Member JA- JB	GRP ID	Load Case	From End (Ft)	Dist (Kips )	Force Fx My Mz /-- (In-Kips) --/	*Bending Moment*		*Shear Force* Fy Fz /-- (Kips ) -/	Torsion Mx --/ (In-Kips)	Axial Stress /----- .0	Bending Stress Y Z ----- ( KSI )	Comb. Stress ----- ( KSI )	Shear Stress ----- /	Max Comb. Unity Check
						Fx My Mz /-- (In-Kips) --/	Fy Fz /-- (Kips ) -/							
6- 5 175	1	.0	-118.29	114.5	114.5	4.45	4.45	.0	-.40	-.03	.03	-.44	.04	.017
			-797.41	-970.8	-970.8	.95	.95	.0	-2.67	.25	-.25	-3.02	.01	.116
			54.66	-292.8	-292.8	-8.13	-8.13	.0	.18	.07	-.07	.29	.08	.010
			-861.04	-1149.2	-1149.2	-2.73	-2.73	.0	-2.89	.29	-.29	-3.30	.03	.126
	23.0	23.0	-98.00	1342.4	1342.4	4.45	4.45	.0	-.33	-.34	.34	-.81	.04	.028
			-797.41	-707.6	-707.6	.95	.95	.0	-2.67	.18	-.18	-2.93	.01	.113
			54.66	-2289.2	-2289.2	-6.22	-6.22	.0	.18	.58	-.58	1.01	.06	.032
			-840.75	-1654.3	-1654.3	-.81	-.81	.0	-2.82	.42	-.42	-3.42	.01	.129

StruCAD\*3D Ver. 3.40

## MONOPOD DENGAN STRUKTUR PENGUAT SUDUT 90 &amp; LEBAR STRUKTUR PENGUAT 78,5 ft

\* \* \* Member Detail Report \* \* \*

Member JA- JB	GRP ID	Load Case	From End (Ft)	Dist (Kips )	Force Fx My Mz /-- (In-Kips) --/	*Bending Moment*		*Shear Force*		Torsion Mx -- (Kips ) --/	Axial Stress /----- .0	Bending Stress Y .14	Comb. Stress Z .14	Shear Stress Comb. Unity Check ( KSI ) -----/	Max Comb. Unity Check .09
						Fy -- (Kips ) --/	Fz -- (Kips ) --/	Mx -- (In-Kips) --/	Y .14	Z .14					
6- 5 175	1	.0	-126.36	545.6	545.6	9.44	9.44	.0	-.42	-.14	.14	-.62	.09	.023	
	2		-802.43	-572.9	-572.9	.65	.65	.0	-2.69	.15	-.15	-2.90	.01	.112	
	3		34.03	-549.6	-549.6	-8.48	-8.48	.0	.11	.14	-.14	.31	.08	.010	
	4		-894.76	-576.9	-576.9	1.61	1.61	.0	-3.00	.15	-.15	-3.21	.02	.125	
	1	23.0	-106.08	3152.0	3152.0	9.44	9.44	.0	-.36	-.80	.80	-1.49	.09	.049	
	2		-802.43	-393.8	-393.8	.65	.65	.0	-2.69	.10	-.10	-2.83	.01	.110	
	3		34.03	-2643.1	-2643.1	-6.57	-6.57	.0	.11	.67	-.67	1.07	.06	.033	
	4		-874.47	115.1	115.1	3.52	3.52	.0	-2.93	-.03	.03	-2.97	.03	.117	

StruCAD\*3D Ver. 3.40

## MONOPOD DENGAN STRUKTUR PENGUAT SUDUT 180 &amp; LEBAR STRUKTUR PENGUAT 14,8 ft

\* \* \* Member Detail Report \* \* \*

Member JA- JB	GRP ID	Load Case	From End (Ft)	Dist (Kips )	Force Fx My Mz /-- (In-Kips) --/	*Bending Moment*		*Shear Force*		Torsion Mx -- (Kips ) --/	Axial Stress /----- .0	Bending Stress Y .00	Comb. Stress Z .00	Shear Stress Comb. Unity Check ( KSI ) -----/	Max Comb. Unity Check .01
						Fy -- (Kips ) --/	Fz -- (Kips ) --/	Mx -- (In-Kips) --/	Y .00	Z .00					
13- 11 A05	1	.0	-17.21	-64.1	.0	.00	.45	.0	-.28	.11	.00	-.40	.01	.016	
	2		-142.60	105.6	.0	.00	-.71	.0	-2.36	-.18	.00	-2.54	.02	.106	
	3		-35.74	-60.8	-63.4	.18	-2.95	5.1	-.59	.11	-.11	-.74	.10	.030	
	4		-195.56	-19.3	-63.4	.18	-3.21	5.1	-3.23	.03	-.11	-3.35	.11	.141	
	1	25.1	-12.74	4.2	.0	.00	.00	.0	-.21	-.01	.00	-.22	.00	.009	
	2		-142.60	-109.2	.0	.00	-.71	.0	-2.36	.19	.00	-2.55	.02	.106	
	3		-35.74	-461.5	-9.5	.18	.59	5.1	-.59	.80	-.02	-1.39	.02	.053	
	4		-191.09	-566.4	-9.5	.18	-.12	5.1	-3.16	.99	-.02	-4.15	.01	.168	

StruCADC\*3D Ver. 3.40

## MONOPOD DENGAN STRUKTUR PENGUAT SUDUT 180 &amp; LEBAR STRUKTUR PENGUAT 29,5 ft

## \* \* \* Member Detail Report \* \* \*

Member JA- JB	GRP ID	Load Case (Ft)	From End	Dist (Ft)	Force Fx (Kips)	*Bending Moment* My Mz /-- (In-Kips) --/	*Shear Force* Fy Fz /-- (Kips) -/-	Torsion Mx (In-Kips)	Axial Stress Y Z -----/	Bending Stress Y Z ( KSI )	Comb. Stress Y Z -----/	Shear Stress Y Z -----/	Max Comb. Unity Check	
13- 11 A05	1	.0	-16.58	-179.1	.0	.00	1.20	.0	-.27	.31	.00	-.59	.04	.023
		2	-140.22	55.9	.0	.00	-.46	.0	-2.32	-.10	.00	-2.42	.02	.102
		3	-23.59	-152.1	-63.7	.18	-2.33	12.0	-.39	.26	-.11	-.68	.09	.027
		4	-180.38	-275.3	-63.7	.18	-1.59	12.0	-2.98	.48	-.11	-3.47	.06	.144
	25.8	-12.10	18.7	.0	.00	.08	.0	-.20	-.03	.00	-.23	.00	.010	
		1	-140.22	-87.2	.0	.00	-.46	.0	-2.32	.15	.00	-2.47	.02	.104
		2	-23.59	-385.0	-7.6	.18	1.06	12.0	-.39	.67	-.01	-1.06	.05	.040
		3	-175.91	-453.4	-7.6	.18	.68	12.0	-2.91	.79	-.01	-3.70	.03	.151

StruCADC\*3D Ver. 3.40

## MONOPOD DENGAN STRUKTUR PENGUAT SUDUT 180 &amp; LEBAR STRUKTUR PENGUAT 44,2 ft

## \* \* \* Member Detail Report \* \* \*

Member JA- JB	GRP ID	Load Case (Ft)	From End	Dist (Ft)	Force Fx (Kips)	*Bending Moment* My Mz /-- (In-Kips) --/	*Shear Force* Fy Fz /-- (Kips) -/-	Torsion Mx (In-Kips)	Axial Stress Y Z -----/	Bending Stress Y Z ( KSI )	Comb. Stress Y Z -----/	Shear Stress Y Z -----/	Max Comb. Unity Check	
13- 11 A05	1	.0	-15.27	-298.9	.0	.00	1.92	.0	-.25	.52	.00	-.77	.06	.029
		2	-134.66	25.5	.0	.00	-.27	.0	-2.23	-.04	.00	-2.27	.01	.096
		3	-17.63	-159.1	-60.5	.17	-2.09	17.9	-.29	.28	-.11	-.59	.08	.023
		4	-167.56	-432.5	-60.5	.17	-.43	17.9	-2.77	.75	-.11	-3.53	.03	.145
	26.9	-10.80	33.6	.0	.00	.14	.0	-.18	-.06	.00	-.24	.00	.010	
		1	-134.66	-61.8	.0	.00	-.27	.0	-2.23	.11	.00	-2.33	.01	.098
		2	-17.63	-336.5	-5.7	.17	1.17	17.9	-.29	.59	-.01	-.88	.05	.033
		3	-163.09	-364.7	-5.7	.17	1.04	17.9	-2.70	.63	-.01	-3.33	.05	.137

StruCAD\*3D Ver. 3.40

## MONOPOD DENGAN STRUKTUR PENGUAT SUDUT 180 &amp; LEBAR STRUKTUR PENGUAT 78,5 ft

## \* \* \* Member Detail Report \* \* \*

Member JA- JB	GRP ID	Load Case (Ft)	From End (Ft)	Dist	Force Fx (Kips)	*Bending Moment* My Mz /-- (In-Kips) --/	*Shear Force* Fy /-- (Kips) --/	Torsion Mx --/ (In-Kips)	Axial Stress /----- Y Z -----/ ( KSI )	Bending Stress Y Z -----/ ( KSI )	Comb. Stress Y Z -----/ ( KSI )	Shear Stress Y Z -----/ ( KSI )	Max Comb. Unity Check	
13- 11 A05	1	.0	-10.02	-629.9	.0	.00	3.55	.0	-.17	1.10	.00	-1.26	.12	.046
		2	-113.86	-17.9	.0	.00	.02	.0	-1.88	.03	.00	-1.91	.00	.082
		3	-12.14	-108.6	-47.6	.12	-2.06	26.8	-.20	.19	-.08	-.41	.09	.016
		4	-136.03	-756.5	-47.6	.12	1.50	26.8	-2.25	1.32	-.08	-3.57	.07	.143
	31.3	-5.55	70.9	.0	.00	.19	.0	-.09	-.12	.00	-.22	.01	.008	
		2	-113.86	-11.4	.0	.00	.02	.0	-1.88	.02	.00	-1.90	.00	.082
		3	-12.14	-279.8	-1.7	.12	1.19	26.8	-.20	.49	.00	-.69	.06	.026
		4	-131.56	-220.3	-1.7	.12	1.40	26.8	-2.18	.38	.00	-2.56	.07	.107

**LAMPIRAN E**

**LEMBAR KONSULTASI**



DEPARTEMEN PENDIDIKAN NASIONAL  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA  
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN  
**JURUSAN TEKNIK KELAUTAN**

Kampus ITS, Sukolilo Surabaya 60111 Telp./Fak 031-5928105, 5994251-5 Pes 1104-1105

**LEMBAR PRESENSI KONSULTASI TUGAS AKHIR**

Nama Mahasiswa : Muh. Ibnu Hajar  
Nomor Pokok : 4397 100 008  
Nama Dosen Pembimbing : Dr. Ir. Daniel M. Rosyid  
Tugas Dimulai : 23 Agustus 2001  
Tugas Diselesaikan :  
Judul Tugas Akhir :

**Studi Pengaruh Geometri Struktur Penguat Pada Kekuatan Monopod**

No	Tanggal	Konsultasi Mengenai	Tanda Tangan Dosen Pembimbing
1	21/09/2001	Lilayungan - Geletir.	Daniel
2	18/10/2001	Moleky, struktr.	Daniel
3	5/11/2001	1) lokasi relas struktur existing 2) usah kufugurasi penguat d. membran bather d. memperbaiki B	Daniel
4.	3/12/2001	- variasi bather with setting stand penguat	Daniel
5.	28/12/2001	- Grafik dimana nilai nanya - Draft. Kampongs - Cari area IR max tipe penguat dan sement	Daniel
6	2/01/2002	samp nanya TA	Daniel

Catatan : Lembar presensi ini harus dibawa pada saat mengikuti ujian tugas akhir