



TUGAS AKHIR - MO 141326

**ANALISIS KRITERIA PROSES KERUNTUHAN
STRUKTUR *JACKET* DENGAN VARIASI *SKIRT PILE*
BERBASIS KEANDALAN**

**Dimas Ainun Firdaus
NRP. 4313 100 026**

Dosen Pembimbing:

**Dr. Ir. Wisnu Wardhana, M.Sc.
Ir. Handayanu, M.Sc., Ph.D.**

**DEPARTEMEN TEKNIK KELAUTAN
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA 60111
2017**



FINAL PROJECT - MO 141326

**THE CRITERIA OF ANALYSIS PROCESS COLLAPSE
JACKET STRUCTURE WITH SKIRT PILE VARIATION-
BASED ON RELIABILITY**

Dimas Ainun Firdaus

NRP. 4313 100 026

Supervisors :

Dr. Ir. Wisnu Wardhana, M.Sc.

Ir. Handayanu, M.Sc., Ph.D.

**DEPARTMENT OF OCEAN ENGINEERING
FACULTY OF MARINE TECHNOLOGY
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA 60111
2017**

**ANALISIS KRITERIA PROSES KERUNTUHAN STRUKTUR
JACKET DENGAN VARIASI SKIRT PILE BERBASIS
KEANDALAN**

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
pada
Program Studi S-1 Departemen Teknik Kelautan
Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

DIMAS AINUN FIRDAUS

NRP.4313 100 026

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir:

1. Dr. Ir. Wisnu Wardhana, M.Sc. (Pembimbing1)

2. Ir. Handayanu, M.Sc., Ph.D. (Pembimbing2)

3. Prof. Ir. Daniel M. Rosyid, Ph.D. (Penguji 1)

4. Dr. Eng. Rudi Walujo P, S.T, M.T. (Penguji 2)

5. Silvianita, S.T, M.Sc, Ph.D. (Penguji 3)

SURABAYA, JULI 2017

ANALISIS KRITERIA PROSES KERUNTUHAN STRUKTUR *JACKET* DENGAN VARIASI *SKIRT PILE* BERBASIS KEANDALAN

Nama : Dimas Ainun Firdaus
NRP : 4313 100 026
Departemen : Teknik Kelautan
Dosen Pembimbing : Dr. Ir. Wisnu Wardhana, M.Sc.
Ir. Handayanu, M. Sc. Ph.D.

ABSTRAK

Analisis *ultimate strength* dilakukan untuk mengetahui besarnya kapasitas struktur dalam menerima beban maksimal. Pada Tugas Akhir ini dilakukan analisis proses terjadinya *collapse* pada *jacket platform* LB PHE ONWJ menggunakan metode *pushover* dengan *software* SACS yang mengkonfigurasi 3 tipe *skirt pile*. Dengan meningkatkan beban lateral (lingkungan) secara bertahap (*increment*), sehingga struktur mengalami *collapse* dan didapat nilai *Reserve Strength Ratio* (RSR). Kedalaman dari masing masing konfigurasi *pile* juga memberikan pengaruh terhadap analisis *pushover*. Dari analisis *pushover* didapatkan struktur runtuh pada konfigurasi 1 *skirt pile* arah pembebanan 270° dengan nilai RSR terkecil sebesar 4,4176, variasi 2 *skirt pile* arah pembebanan 270° dengan nilai RSR terkecil sebesar 4,3655, dan variasi 3 *skirt pile* arah pembebanan 0° dengan nilai RSR terkecil sebesar 4,8767. Analisis *Monte Carlo* digunakan untuk menemukan POF masing-masing *member* yang gagal dilanjutkan analisis RBD untuk mendapatkan keandalan sistem struktur *jacket*, POF sistem terkecil terjadi di konfigurasi 3 *skirt pile* sebesar 0,01987 dengan keandalan sistem mencapai 0,98012.

Kata Kunci : *ultimate strength, skirt pile, Monte Carlo, RBD, POF.*

**THE CRITERIA OF ANALYSIS PROCESS COLLAPSE JACKET
STRUCTURE WITH SKIRT PILE VARIATION - BASED ON
RELIABILITY**

Name : **Dimas Ainun Firdaus**
NRP : **4313 100 026**
Department : **Ocean Engineering**
Supervisors : **Dr. Ir. Wisnu Wardhana, M.Sc.**
Ir. Handayanu, M. Sc. Ph.D.

ABSTRACT

The ultimate strength analysis is done for determine the amount of structural capacity in receiving maximum load. In this Final Project do analysis of the collapse process on LB PHE ONWJ jacket platform using pushover method with SACS software that configure 3 types of skirt pile. By increasing the lateral load (environment) do increment, so the structure collapse and find the value of Reserve Strength Ratio (RSR). The depth of each pile configuration, gives effect to pushover analysis. From pushover analysis, the structure collapsed in 1 skirt pile configuration of 270° loading direction with the smallest RSR value of 4,4176, 2 skirt pile variation of 270° loading direction with the smallest RSR value of 4,3655, and 3 skirt pile variation of 0° loading direction with the smallest RSR value of 4,8767 . Monte Carlo analysis was used to find the POF of member failed then continue with RBD analysis to find reliability of the jacket structure system, the smallest POF system occurred in the 3 skirt pile configuration of 0,01987 with system reliability 0,98012.

Keywords: ultimate strength, skirt pile, Monte Carlo, RBD, POF.

KATA PENGANTAR

Allhamdulillah, Puji syukur penulis panjatkan pada Allah SWT atas rahmat dan seizin-Nya penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul “Analisis Kriteria Proses Keruntuhan Struktur *Jacket* dengan Variasi *Skirt Pile* Berbasis Keandalan” dengan lancar dan tepat waktu. Laporan ini disusun untuk memenuhi salah satu persyaratan dalam menyelesaikan Studi Kesarjanaan (S-1) di Departemen Teknik Kelautan, Fakultas Teknologi Kelautan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya. Tugas Akhir ini membahas mengenai analisis *ultimate* pada *platform* LB PHE ONWJ dalam kondisi *ultimate* dengan konfigurasi jumlah *skirt pile* pada setiap leg. Pada penulisan Tugas Akhir ini penulis menyadari ketidaksempurnaan dan kekurangan pada keseluruhan pengerjaan Tugas Akhir. Oleh sebab itu, diharapkan adanya kritik dan saran untuk evaluasi dan perbaikan laporan selanjutnya.

Penulis berharap laporan ini dapat menjadi panduan dalam pembuatan laporan selanjutnya di bidang struktur terpancang, serta bermanfaat bagi pembaca. Atas perhatiannya, penulis mengucapkan terima kasih.

Surabaya, Juli 2017

Dimas Ainun Firdaus

NRP. 4313 100 026

UCAPAN TERIMA KASIH

Dalam pengerjaan Tugas Akhir ini, penulis mengucapkan rasa terima kasih penulis kepada semua pihak yang telah membantu dan memberi dukungan moral maupun material dalam mengerjakan Tugas Akhir. Oleh karena itu, penulis menyampaikan terima kasih kepada :

1. Ayah Hari, Ibu Deni dan seluruh Keluarga besar yang selalu memberikan dukungan moral maupun material kepada penulis sehingga penulis bisa berada pada kondisi sekarang
 2. Dosen Pembimbing yakni Bapak Dr. Ir. Wisnu Wardhana, M.Sc dan Ir. Handayanu, M.Sc, Ph.D yang telah bersedia membimbing dan mengarahkan penulis dalam pengerjaan Tugas Akhir ini
 3. Ketua Departemen Teknik Kelautan FTK ITS Bapak Dr. Eng. Rudi Walujo Prastianto, ST, MT. dan seluruh staff pengajar maupun karyawan Departemen Teknik Kelautan FTK ITS yang telah membantu kelancaran penyelesaian Tugas Akhir
 4. Teman-teman Kos Kalijodo yang saling memberi motivasi
 5. Teman -teman DUROH yang berjuang bersama dalam mengerjakan Tugas Akhir
 6. Teman-teman VALTAMERI 2013
 7. Pihak-pihak lain yang membantu penulis menyelesaikan Tugas Akhir ini
- Semoga dukungan yang telah diberikan dapat menjadi amalan yang nanti akan dibalas oleh Allah SWT.

Surabaya, Juli 2017

Dimas Ainun Firdaus

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	i
ABSTRAK.....	ii
ABSTRACT.....	iii
KATA PENGANTAR	iv
UCAPAN TERIMA KASIH.....	v
DAFTAR ISI.....	vi
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR TABEL.....	x
DAFTAR NOTASI.....	xi
DAFTAR LAMPIRAN.....	xii
BAB I. PENDAHULUAN	
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	3
1.3. Tujuan Penelitian	3
1.4. Manfaat.....	3
1.5. Batasan Masalah.....	4
1.6. Sistematika Penulisan.....	4
BAB II. TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI	
2.1. Tinjauan Pustaka	5
2.2. Dasar Teori	6
2.2.1. Definisi <i>Offshore Structure</i>	6
2.2.2. <i>Jacket Platform</i>	8
2.2.3. <i>Pile</i>	9
2.2.4. Daya Dukung <i>Pile</i>	10
2.2.5. Daya Dukung Grup <i>Pile</i>	11
2.2.6. Teori Perencanaan Beban	12
2.2.7. Kondisi Pembebanan	14
2.2.8. Proses Penilaian <i>Platform</i> pada Beban <i>Metaocean</i>	15
2.2.9. Tegangan (<i>Stress</i>).....	17
2.2.9.1. Tegangan Tarik Aksial (<i>Axial Tension</i>).....	17

2.2.9.2. Tegangan Tekan Aksial	18
2.2.9.2.1. <i>Coloumn Buckling</i>	18
2.2.9.2.2. <i>Local Buckling</i>	18
2.2.9.3. Tegangan Lentur (<i>Bending</i>)	19
2.2.9.4. Kombinasi Tegangan Tarik Aksial dan <i>Bending</i>	19
2.2.9.5. Kombinasi Tegangan Tekan Aksial dan <i>Bending</i>	19
2.2.10. Analisis Kekuatan Struktur	20
2.2.10.1. Analisis <i>Inlastis</i>	20
2.2.10.2. Analisis Tegangan <i>Ultimate</i>	20
2.2.10.3. <i>Reserve Strength Ratio</i> (RSR)	21
2.2.11. Moda Kegagalan Struktur	22
2.2.11.1. Moda Kegagalan	22
2.2.11.1.1. Kombinasi <i>Axial Tension</i> dan <i>Bending</i>	22
2.2.11.1.2. Kombinasi <i>Axial Compression</i> dan <i>Bending</i>	22
2.2.12. Sistem Keandalan	23
2.2.13. <i>Monte Carlo</i>	24
2.2.14. Keandalan Sistem	27
2.2.14.1. Sistem Seri	27
2.2.14.2. Sistem Paralel Aktif	28

BAB III. METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Metodologi Penelitian	29
3.2. Prosedur Penelitian	30
3.3. Pengumpulan Data	32
3.3.1. Data Struktur	32
3.3.2. Data Lingkungan	34
3.3.2.1. Data Angin	34
3.3.2.2. Data Arus	34
3.3.2.3. Data Gelombang	35
3.3.2.4. Data Kedalaman Perairan	35
3.3.3. Data Pembebanan	35
3.3.3.1. Beban Mati (<i>Dead Load</i>)	35

3.3.3.2. Beban Hidup (<i>Live Load</i>)	36
BAB IV. ANALISIS DAN PEMBAHASAN	
4.1. Pemodelan Struktur dan <i>Skirt Pile</i>	37
4.2. Analisis Statis	39
4.3. Analisis <i>Ultimate Strength</i>	40
4.4. Reaksi <i>Pile</i> Terhadap Tanah.....	43
4.5. Proses Keruntuhan.....	45
4.6. Analisis Keandalan	49
4.6.1. Peluang Kegagalan Struktur (POF).....	49
BAB V. KESIMPULAN DAN SARAN	
5.1. Kesimpulan.....	57
5.2. Saran.....	57
DAFTAR PUSTAKA	59
LAMPIRAN	
BIODATA PENULIS	

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1. Jenis – jenis <i>offshore platform</i>	1
Gambar 2.1. Sistem <i>platform</i> yang kompleks	7
Gambar 2.2. Skirt Pile pada <i>Jacket</i>	9
Gambar 2.3. Skirt Pile dengan <i>support</i>	11
Gambar 2.4. Komponen Tegangan Normal	17
Gambar 2.5. Diagram tegangan-regangan struktur baja	21
Gambar 2.6. Fungsi Kerapatan Peluang Kapasitas X dan tuntutan Y	23
Gambar 2.7. Fungsi distribusi komulatif dan fungsi kerapatan	24
Gambar 2.8. Algoritma Tipikal untuk Simulasi <i>Monte Carlo</i>	26
Gambar 2.9. Representasi grafis sebuah sistem seri	27
Gambar 2.10. RDB untuk sistem paralel aktif dengan n-komponen	28
Gambar 3.1. Diagram Alir Pengerjaan Tugas Akhir.....	29
Gambar 3.2. <i>Platform LB</i>	32
Gambar 3.3. <i>Orientation platform LB</i>	33
Gambar 4.1. (a) <i>LB platform</i> dengan 1 <i>skirt pile</i> , (b) 2 <i>skirt pile</i> , (c) 3 <i>skirt pile</i> , (d) detail <i>skirt pile</i>	37
Gambar 4.2. Bagian <i>Skirt Pile</i>	38
Gambar 4.3. Detail konfigurasi 2 <i>Skirt Pile</i>	38
Gambar 4.4. <i>Input collapse</i> untuk arah 0° pada Program SACS.....	41
Gambar 4.5. RSR pada setiap konfigurasi <i>pile</i>	43
Gambar 4.6. Proses Keruntuhan Struktur Arah 270° pada 2 <i>Skirt Pile</i>	48
Gambar 4.7. Moda Keruntuhan Struktur Arah 270° pada 2 <i>Skirt Pile</i>	49
Gambar 4.8. <i>Clustering member jacket</i> pada pola keruntuhan arah 270° dengan tipe 1 <i>skirt pile</i>	52
Gambar 4.9. <i>Clustering member jacket</i> pada pola keruntuhan arah 270° dengan tipe 2 <i>skirt pile</i>	53
Gambar 4.10. <i>Clustering member jacket</i> pada pola keruntuhan arah 270° dengan tipe 1 <i>skirt pile</i>	55
Gambar 4.11. Grafik keandalan masing masing jumlah <i>Skirt Pile</i>	56

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Tabel Nilai Faktor Keamanan Berdasarkan kondisi pembebanan ...	10
Tabel 2.2 Tabel <i>Live Loads</i>	13
Tabel 2.3. Kriteria Penilaian Untuk U.S Gulf of Mexico.....	16
Tabel 2.4. Kriteria Penilaian Untuk Selain U.S Gulf of Mexico.....	16
Tabel 3.1. Data Lokasi dan Identifikasi <i>wellhead platform</i> LB.....	33
Tabel 3.2. Elevasi <i>Jacket Platform</i> LB.....	33
Tabel 3.3. Detail <i>Conductor</i> dan <i>Riser</i>	34
Tabel 3.4. Kecepatan Angin Saat Kondisi Operasi dan Badai	34
Tabel 3.5. Data Kecepatan Arus Berdasarkan Kedalaman.....	34
Tabel 3.6. Data Gelombang	35
Tabel 3.7. Kedalaman Perairan Struktur <i>Jacket</i>	35
Table 3.8. <i>Platform Dead Load</i>	36
Tabel 3.9. <i>Live Load</i>	36
Tabel 4.1. Perhitungan nilai efektif pada grup <i>pile</i>	39
Tabel 4.2. Hasil iterasi kedalaman dengan variasi jumlah <i>pile</i>	39
Tabel 4.3. Hasil UC pada Kondisi Badai	40
Tabel 4.4. Hasil RSR 1 <i>Skirt Pile</i>	41
Tabel 4.5. Hasil RSR 2 <i>Skirt Pile</i>	41
Tabel 4.6. Hasil RSR 3 <i>Skirt Pile</i>	42
Tabel 4.7. Total Gaya yang Bekerja pada Kondisi Kritis.....	43
Tabel 4.8. Hasil <i>Pile Soil Interaction</i> pada <i>Skirt</i> 1	44
Tabel 4.9. Hasil <i>Pile Soil Interaction</i> pada <i>Skirt</i> 2	44
Tabel 4.10. Hasil <i>Pile Soil Interaction</i> pada <i>Skirt</i> 3	44
Tabel 4.11. <i>Clustering member</i> Arah 270° pada 1 <i>Skirt Pile</i>	45
Tabel 4.12. <i>Clustering member</i> Arah 270° pada 2 <i>Skirt Pile</i>	46
Tabel 4.13. <i>Clustering member</i> Arah 0° pada 3 <i>Skirt Pile</i>	47
Tabel 4.14. Keandalan <i>clustering member</i> dengan tipe 1 <i>skirt pile</i>	50
Tabel 4.15. Keandalan <i>clustering member</i> dengan tipe 2 <i>skirt pile</i>	51
Tabel 4.16. Keandalan <i>clustering member</i> dengan tipe 3 <i>skirt pile</i>	51
Tabel 4.17. POF dan Keandalan sistem tiap jumlah <i>Skirt Pile</i>	56

DAFTAR NOTASI

Q_d	Kapasitas <i>ultimate</i> tanah, lb (kips)
Q_f	Tahanan <i>skin friction</i> , lb (kips)
Q_p	Tahanan ujung <i>pile (end bearing)</i> , lb (kips)
F	Kapasitas <i>unit skin friction</i> , lb/ft ² (kips/ft ²)
A_s	Luas selimut dari <i>pile</i> (ft ²)
Q	Kapasitas <i>unit end bearing</i> , lb/ft ² (kips/ft ²)
A_p	Luas <i>gross end</i> (ft ²)
η	Efisiensi grup <i>pile</i>
D	Diameter <i>pile</i> (in)
t	Tebal <i>pile</i> (in)
d	Jarak antar <i>pile</i> (in)
P	Beban (kips)
F_{act}	Tegangan yang terjadi (ksi)
F_{all}	Tegangan izin (ksi)
F_a	Tegangan tarik aksial (ksi)
F_t	Tegangan tekan aksial (ksi)
F_y	<i>Yield strength</i> , ksi (Mpa)
C_c	Koefisien <i>column buckling</i>
F_{xc}	Tegangan <i>inelastic buckling</i> (ksi)
F_b	Tegangan <i>bending</i> (ksi)
f_{bx}	Tegangan <i>bending</i> arah x (<i>inplane</i>) (ksi)
f_{by}	Tegangan <i>bending</i> arah y (<i>out of plane</i>) (ksi)
C_{my}	Faktor reduksi untuk sumbu axis y
C_{mz}	Faktor reduksi untuk sumbu axis z

DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN 1	Perhitungan Kedalaman <i>Pile</i> Masing-Masing <i>Skirt Pile</i>
LAMPIRAN 2	Pemodelan <i>Skirt Pile</i> pada <i>Jacket</i>
LAMPIRAN 3	<i>Input</i> Metode <i>Pushover</i> di <i>Software</i> SACS
LAMPIRAN 4	Perhitungan Keandalan <i>member</i> dengan <i>Monte Carlo</i>
LAMPIRAN 5	Perhitungan Keandalan Struktur <i>Jacket</i> dengan Metode RDB

BAB I

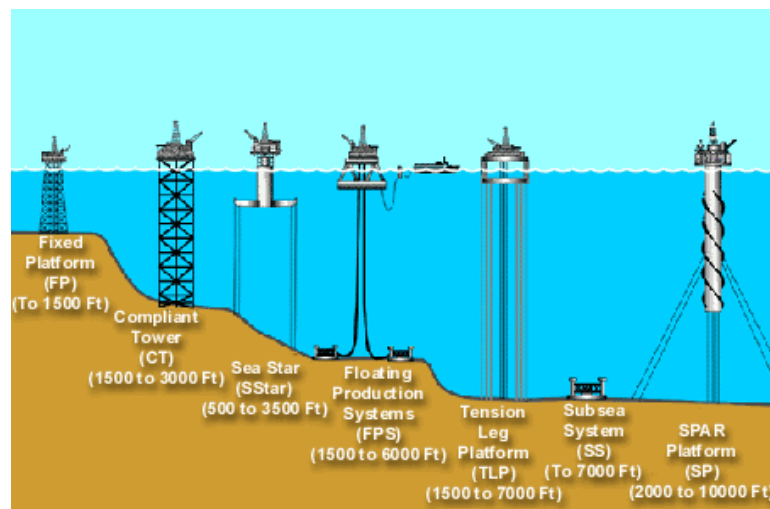
PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Indonesia merupakan negara yang mempunyai berbagai jenis Sumber Daya Alam, diantaranya Mineral dan bahan Tambang. Indonesia mempunyai batubara, tembaga, nikel, pasir besi, minyak mentah dan gas (Nasir, 2014). Di Indonesia energi minyak dan gas masih menjadi andalan utama perekonomian Indonesia, baik sebagai penghasil devisa maupun pemasok kebutuhan energi dalam negeri. Indonesia pernah memproduksi minyak mentah di atas 1 juta barel selama periode 1972-2006 (BP, 2015). Pentingnya kebutuhan energi setiap bertambahnya waktu mendorong proses pencarian sumber minyak dan gas yang berada pada daerah *onshore* maupun *offshore*. Pada tahun 1891 anjungan pengeboran minyak pertama kali dibangun di atas perairan danau St Marys di Negara bagian Ohio, Amerika Serikat. Hal ini menjadi terobosan teknologi yang besar untuk mengeksplorasi dan mengeksploitasi cadangan minyak di daerah *offshore* sampai sekarang.

Dalam bidang teknik lepas pantai (*offshore engineering*) dikenal bermacam-macam jenis struktur anjungan lepas pantai yang dikelompokkan sebagai berikut :

1. Jenis struktur lepas-pantai terpancang (*fixed structure*) seperti *concrete gravity platform, jack up platform, jacket Platform*
2. Jenis struktur lunak (*compliant tower*) seperti TLP
3. Jenis struktur terapung (*floating structure*) seperti *drilling ship, semi submersible*



Gambar 1.1. Jenis – jenis *offshore platform* (Andrew, James. 2013)

Jacket platform adalah jenis struktur yang sering dijumpai pada kondisi laut dangkal (*shallow water depth*) di Indonesia dengan jumlah kaki 3 sampai 8 dengan normal kedalaman perairan yang menggunakan struktur ini ≤ 500 m. Struktur ini memiliki bagian diantaranya Kaki (*leg*), Penguat (*braces*), dan *pile*. *Jacket* digunakan untuk menopang fasilitas yang berada di atasnya (*deck*) agar bersifat tegar dan mampu menahan beban statis maupun dinamis. Struktur ini biasa digunakan sebagai fasilitas pada *wellhead*, fasilitas produksi, ataupun *supporting structure*. (Chakrabarti, S. 2005)

Jacket platform LB merupakan struktur bangunan lepas pantai jenis terpancang yang berlokasi di $05^{\circ} 55' 13''$ *South* dan $107^{\circ} 29' 37''$ *East* pantai utara Jawa dengan kedalaman ± 80 ft. Struktur ini memiliki 4 kaki (*legs*) dan terdiri dari *jacket walkways*, *cellar deck*, dan *main deck*. Untuk meningkatkan daya dukung tanah diperlukan penetrasi yang dalam dan lebih banyak *pile* yang dipancangkan. Jika *pile* bermediakan *skirt pile* yang berfungsi sebagai media untuk menggabungkan beberapa *pile* sebagai pondasi pada satu kaki *jacket*. Sehingga struktur lepas pantai tersebut berada pada kondisi yang aman. Pada umumnya letak *skirt pile* berada pada kaki *jacket* bagian bawah.

Begitu kompleksnya fungsi dari struktur *jacket* maka perlunya desain yang sesuai dengan kondisi struktur akan ditempatkan, sehingga kemungkinan struktur terjadi kegagalan sangat kecil. Keruntuhan yang terjadi pada struktur melalui beberapa tahapan diantaranya ketika struktur plastis hingga menuju *collapse*. Analisis *ultimate strength* digunakan untuk mengetahui kapasitas maksimal struktur dalam menerima beban. Menggunakan metode *pushover* dengan melakukan simulasi penambahan beban secara bertahap sehingga struktur mengalami *collapse* (keruntuhan) beserta *input pile* dan tanah dimasukkan. Dari hasil tersebut didapatkan *Reserve Strength Ratio* (RSR) yang didefinisikan sebagai rasio beban *ultimate lateral* untuk kapasitas beban lingkungan kondisi 100 Tahun.

Penilaian keandalan pada struktur didapat dengan menghitung *probability of failure* (POF) yaitu kemungkinan struktur untuk mengalami kegagalan. Moda kegagalan perlu ditentukan sebelum menghitung POF, moda yang ditinjau berdasarkan *yield* kriteria yaitu mulai terjadinya *joint plastic hinge* (Yudhistira, 2008).

Pada penyusunan tugas akhir ini, penulis akan menganalisis tentang kekuatan *ultimate* struktur dengan variasi kedalaman dan jumlah *pile* pada *skirt pile*. Analisis dilakukan saat kondisi badai untuk menentukan kondisi kritis pada struktur dari arah pembebanan tertentu dan variasi jumlah *skirt pile*. Serta mendapatkan POF, keandalan dari *member* dan sistem.

1.2. Perumusan Masalah

Permasalahan yang akan dibahas dalam Tugas Akhir ini adalah:

1. Bagaimana proses keruntuhan *jacket* akibat perbedaan jumlah variasi *skirt pile*?
2. Berapa besar *Reserve Strength Ratio* (RSR) untuk setiap variasi *skirt pile*?
3. Berapa besar beban maksimum pada *jacket platform* untuk setiap variasi *skirt pile* sehingga mengalami *collapse*?
4. Bagaimana keandalan dari struktur *jacket* untuk setiap variasi *skirt pile*?

1.3. Tujuan Penelitian

Tujuan yang akan dicapai adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui proses keruntuhan *jacket* akibat perbedaan jumlah variasi *skirt pile*
2. Mendapatkan besar *Reserve Strength Ratio* (RSR) untuk setiap variasi *skirt pile*
3. Mengetahui beban maksimum pada *jacket platform* untuk setiap variasi *skirt pile* sehingga mengalami *collapse*
4. Mendapatkan keandalan dari struktur *jacket* untuk setiap variasi *skirt pile*

1.4. Manfaat

Dengan mempertimbangkan beban *ultimate* lateral pada struktur *jacket* dapat menyebabkan *collapse* ketika mendapat tegangan aksial *tension* (tarik) dan *bending* serta tegangan aksial *compression* dan *bending* dapat diketahui. Dengan perbedaan variasi jumlah *skirt pile* dan arah pembebanan diketahui nilai RSR dari masing - masing variasi tersebut. Dengan melakukan analisis keandalan dapat diketahui keandalan dan kegagalan pada *member* dan seluruh sistem (struktur).

1.5. Batasan Masalah

Untuk memperjelas permasalahan Tugas Akhir ini, maka perlu adanya ruang lingkup pengujian atau asumsi-asumsi sebagai berikut :

- a. Analisis dilakukan pada struktur bagian *jacket*
- b. Analisis dari struktur *jacket* ditinjau berdasarkan standar code API Recommended Practice-2A WSD
- c. Beban yang bekerja pada struktur adalah beban lateral dan aksial
- d. Analisis yang dipakai untuk analisis struktur adalah analisis statis
- e. Variasi jumlah dan kedalaman *pile* pada satu jenis tanah
- f. Diameter dan ketebalan *pile* pada setiap variasi *skirt* sama
- g. *Subsidence*, *Settlement* dan *Scouring* diabaikan

1.6. Sistematika Penulisan

Pada bab I dimulai dengan pendahuluan menjelaskan tentang latar belakang penelitian dalam Tugas Akhir, perumusan masalah yang berisi beberapa permasalahan dalam Tugas Akhir, tujuan yang akan menjawab dari perumusan masalah, manfaat yang akan diperoleh, batasan masalah, dan sistematika penulisan yang digunakan.

Pada bab II menjelaskan tinjauan pustaka yang menjadi acuan dari penelitian Tugas Akhir ini, dan dasar teori yang berisi teori-teori, persamaan-persamaan yang digunakan dalam penelitian Tugas Akhir ini. Dalam penelitian ini penulis mengacu pada penelitian tentang struktur yang telah ada sebelumnya, buku, jurnal, dan *codes*.

Pada bab III menjelaskan tentang metodologi penelitian yaitu langkah-langkah dan proses yang akan dilakukan, pengumpulan data yang dibutuhkan untuk mendapat tujuan yang diinginkan penulis.

Pada bab IV menjelaskan tentang pengolahan data yang didapat sebelumnya dengan menggunakan software, menganalisis hasil dari *output* yang didapat, dan membahas hasil tersebut yang akan menghasilkan kesimpulan.

Pada bab V ditariklah kesimpulan dari pembahasan hasil dan saran penulis sebagai bahan pertimbangan untuk keperluan penelitian selanjutnya.

Daftar pustaka yang berisi referensi-referensi yang dipakai selama penelitian.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI

2.1. Tinjauan Pustaka

Analisis keruntuhan struktur bertujuan untuk mengetahui kegagalan *member* apakah termasuk dalam sistem seri ataupun paralel. Metode *pushover* digunakan untuk menganalisis kekuatan struktur untuk mendapatkan *reserve strength ratio* (RSR) dan *sistem redundancy* (SR) (Yunas, 2015) Variasi yang dipakai adalah memodelkan dengan memodifikasi tinggi *jacket* akibat penurunan muka tanah. Moda kegagalan pada member mengacu pada API RP 2A LRFD, yaitu persamaan kombinasi beban aksial (*tension*) dan *bending moment*.

Analisis keruntuhan pada struktur *jacket* juga telah dilakukan sebelumnya diantaranya Shailla Ainnillah (2017) yang membahas “Analisis *Ultimate Strength* Struktur *Jacket Platform* Berbasis Keandalan Pasca *Subsidence*”, Yudhistira (2008) membahas “Analisis Kekuatan *Ultimate* Struktur *Jacket* LWA Berbasis Resiko dengan MICROSAS”, Nasta Ina Robayasa (2013) membahas “Analisis Kekuatan *Ultimate* Struktur *Jacket Well Tripod Platform* Berbasis Resiko”.

Berdasarkan penelitian sebelumnya telah dilakukan analisis keruntuhan pada struktur *jacket* dengan studi kasus yang berbeda-beda. Namun pada moda kegagalan struktur untuk mendapatkan keandalan, peneliti sebelumnya memakai metode yang sama yaitu mengacu pada API RP 2A LRFD, yaitu persamaan kombinasi beban aksial (*tension*) dan *bending moment* tanpa menggunakan persamaan kombinasi *axial compression* dan *bending* untuk mengetahui *buckling*. Ketiga tegangan bergerak menuju tarik menyebabkan elemen struktur menjadi *straight*, jika *compress* maka akan menyebabkan *buckling* dan ada 2 jenis *buckling* yaitu *overall (global) buckling* and *local buckling* (Quimby, 2011)

Analisis *ultimate strength* atau *pushover analysis* adalah salah satu cara untuk mengetahui besarnya kapasitas struktur untuk menerima beban maksimal. Analisis *pushover* dapat di definisikan suatu metode yang dipakai dalam menganalisis keruntuhan struktur dan merupakan analisis *nonlinear* dengan pembebanan *incremental* untuk menentukan pembebanan yang menyebabkan struktur runtuh. Serta merupakan salah satu cara untuk mengetahui besarnya kapasitas struktur untuk menerima beban maksimal (Nuriman, 2012). Dengan melakukan simulasi

penambahan beban secara bertahap sampai struktur tersebut runtuh akan diketahui *Reserve Strength Ratio* (RSR) atau rasio kekuatan cadangan struktur.

Kriteria kegagalan ada 2 yaitu *yield* (melengkung) dan *rupture/collapse* (runtuh). kondisi keruntuhan keduanya tidak terjadi secara bersama-sama (itu artinya bajanya mempunyai daktilitas tertentu (Dewobroto, 2015).

2.2. Dasar Teori

2.2.1. Definisi *Offshore Structure*

Offshore structure (struktur lepas pantai) merupakan suatu rekayasa sistem struktur yang tidak memiliki akses terhadap tanah yang kering atau dalam artian terendam. Dengan berbagai kondisi jenis cuaca, struktur lepas pantai diharuskan dapat beroperasi. Rekayasa struktur tersebut digunakan untuk mendukung eksplorasi dan produksi minyak dan gas maupun mendukung struktur utama yang lain. Beberapa fungsi unik dari *offshore platform* antara lain (El-Reedy, 2012) :

a. *Drilling/Well-protector Platforms*

Minyak dan gas dibor di *platform* ini, *platform* ini untuk mengebor sumur baru atau untuk mengakomodir pekerjaan selama masa hidup *platform*. *Platform* ini dibangun untuk melindungi *riser* pada sumur.

b. *Tender Platforms*

Platform ini juga berfungsi sebagai tempat pengeboran, tetapi tidak digunakan lagi selama bertahun-tahun.

c. *Production Platforms*

Platform produksi mendukung beberapa peralatan diantaranya ruang kontrol, kompresor, tangki penyimpanan, dan fasilitas lainnya.

d. *Quarters Platforms*

Sebagai tempat akomodasi bagi para pekerja (tempat tinggal).

e. *Flare Jacket and Flare Tower Platform*

Sebuah tempat untuk *flare tower* yang membentang 3-4,2 m dari muka air rata-rata (MWL)

f. *Auxiliary Platforms*

Platform kecil ini dibangun berdekatan dengan *platform* yang lebih besar sebagai tempat penempatan beberapa peralatan tambahan.

g. *Bridges*

Sebuah jembatan yang berfungsi sebagai penghubung dua buah *platform* yang berdekatan dengan panjang 30-49 m. Disebut *catwalk* untuk mendukung jaringan perpipaan.

h. *Heliport*

Adalah daerah pendaratan helikopter sehingga harus mempunyai luas yang sangat besar. Sebuah *heliport* harus mempunyai luas satu setengah sampai dua kali lebih besar dari panjang helikopter.



Gambar 2.1. Sistem *platform* yang kompleks (El-Reedy, 2012)

Beberapa jenis struktur lepas pantai telah dikembangkan dari waktu ke waktu. Dengan kedalaman air menjadi salah satu faktor pemilihan tipe *platform* yang akan digunakan diantaranya :

a. *Fixed Offshore Structure* (Struktur Terpancang)

Struktur konstruksi terpancang, beban vertikal, horizontal dan moment dapat ditransformasikan oleh konstruksi pondasi ke dasar laut. Tipe ini merupakan tipe paling tua dan paling banyak digunakan. Tipe ini digunakan untuk kondisi kedalaman ≤ 500 m. Diantara yaitu *jacket*, *jack up platform*.

b. *Compliant Structure* (Struktur Lentur)

Tipe ini bertujuan untuk memenuhi persyaratan fungsi-fungsi khusus seperti faktor ekonomi dan faktor teknis. Prinsip perencanaan umum anjungan struktur lentur adalah mendapatkan solusi optimal terhadap persyaratan-persyaratan fungsi-fungsi tersebut. Beberapa contoh dari tipe ini diantaranya *Tension Leg Platform*.

c. *Floating Offshore Structure* (Struktur Terapung)

Tipe ini biasanya tertuju untuk lokasi sumber minyak dengan kondisi *deep water*. Struktur ini dihubungkan dengan dasar laut menggunakan peralatan seperti *mooring line* atau *dynamic positioning*. Struktur ini dibuat untuk tetap tegar akibat gelombang dan arus laut biasanya besar.

2.2.2. Jacket Platform

Tipe struktur ini bertumpu pada kaki agar dapat tegar pada kondisi tertentu. Kaki *jacket* didukung oleh *member (brace)* dan *pile* yang tertancap sangat dalam agar mampu menahan beban vertikal yaitu beban dari peralatan yang menunjang kerja suatu *platform*, berat struktur dan fasilitas pendukung serta menahan beban horizontal dan momen lentur akibat beban lingkungan (angin, gelombang, arus). Struktur ini biasanya memiliki 3-8 kaki untuk mendapatkan stabilitas pada kondisi tertentu. *Jacket platform* merupakan struktur terpancang (*fixed structure*) yang terdiri atas beberapa komponen utama yaitu :

- a. *Deck* berfungsi sebagai suprapstruktur pada *jacket*. Biasanya terdapat 2 sampai 3 *deck* yang berada pada ketinggian tertentu di atas MSL. *Deck* dibagi-bagi menjadi beberapa tingkat sesuai dengan kebutuhan dan fungsinya seperti *main deck*, *cellar deck*, atau *sub-cellar deck*.
- b. *Jacket* berupa konstruksi pipa turbular yang sebagian besar terendam air hingga dasar laut. Beberapa komponen pada struktur *jacket* antara lain *braces*, *joint*, *jacket leg*, *riser*, *deck leg*. Fungsinya antara lain untuk melindungi *pile* agar tetap berada pada posisinya, menyokong *deck* dan melindungi *conductor* serta menyokong sub-struktur lainnya seperti *boat landing*, dan lain-lain.
- c. *Pile* difungsikan sebagai pondasi struktur *jacket* untuk meneruskan beban *axial* dan *lateral* yang ditransformasikan ke tanah. *Pile* diletakkan didalam

kaki *jacket* akan dipancangkan pada dasar laut. Antara *pile* dengan *jacket* terkadang dilakukan *grouted* ataupun *skirt* untuk menambah kekakuan. Kondisi tanah yang berbeda memberi dampak pada *pile* yaitu tingkat kedalaman yang akan di pancang.

2.2.3. Pile

Pile merupakan salah satu komponen penting pada bangunan lepas pantai terpancang (*fix*). *Pile* berfungsi sebagai media yang menahan struktur dari beban – beban operasional atau badai. Media yang digunakan *pile* untuk menahan semua itu adalah tanah. Tanah yang berbeda jenis dan ketebalan setiap lokasi menjadi parameter seberapa dalamnya sebuah *pile*. Secara umum ada 2 jenis *pile* yang digunakan pada *fixed offshore structure* diantaranya

1. *Conventional Pile*

Merupakan *Pile* yang terpasang dari ujung *jacket leg* sampai dasar tanah. Kemiringan *pile* ini mengikuti *batter* dari *jacket*. *Pile* ini dimasukkan dari atas *jacket* menggunakan *hammer* sampai seluruh *pile* masuk.

2. *Skirt Pile*

Merupakan struktur yang berbentuk *tubular* yang berfungsi sebagai media untuk menggabungkan beberapa *pile* pada *jacket leg* sehingga struktur berada pada kondisi yang aman. Pada kondisi dilapangan beberapa tipe *skirt pile* yang kemiringan *pilennya* mengikuti *batter jacket* dan ada yang lurus vertikal kebawah. *Pile* ini pada proses instalasinya dibantu menggunakan *underwater hammer*.



Gambar 2.2. Skirt Pile pada *Jacket* (HMC, 2017)

Desain *pile* harus mampu menahan beban tekan maupun Tarik dengan menggunakan faktor keamanan yang sesuai dengan faktor keamanan yang tertera pada table API RP 2A WSD.

Tabel 2.1 Tabel Nilai Faktor Keamanan Berdasarkan kondisi pembebanan (API RP 2A WSD)

No	Load Condition	Factor of Safety
1	<i>Design environmental conditions with appropriate drilling loads</i>	1,5
2	<i>Operating environmental conditions during drilling operations</i>	2,0
3	<i>Design environmental conditions with appropriate loads</i>	1,5
4	<i>Operating environmental conditions during producing operations</i>	2,0
5	<i>Design environmental conditions with minimum loads</i>	2,0

2.2.4. Daya Dukung *Pile*

Kapasitas maksimum pondasi tiang terhadap beban aksial (Q_d) sesuai API RP 2A WSD dapat dihitung dengan persamaan sederhana yang merupakan penjumlahan tahanan keliling (*friction*) dengan tahanan ujung (*bearing*), yaitu:

$$Q_d = Q_f + Q_p = fA_s + qA_p \quad (2.1)$$

dengan :

Q_d = kapasitas *ultimate* tanah, lb (kips)

Q_f = tahanan *skin friction*, lb (kips)

Q_p = tahanan ujung *pile (end bearing)*, lb (kips)

f = kapasitas *unit skin friction*, lb/ft² (kips/ft²)

A_s = luas selimut dari *pile*, ft² (ft²)

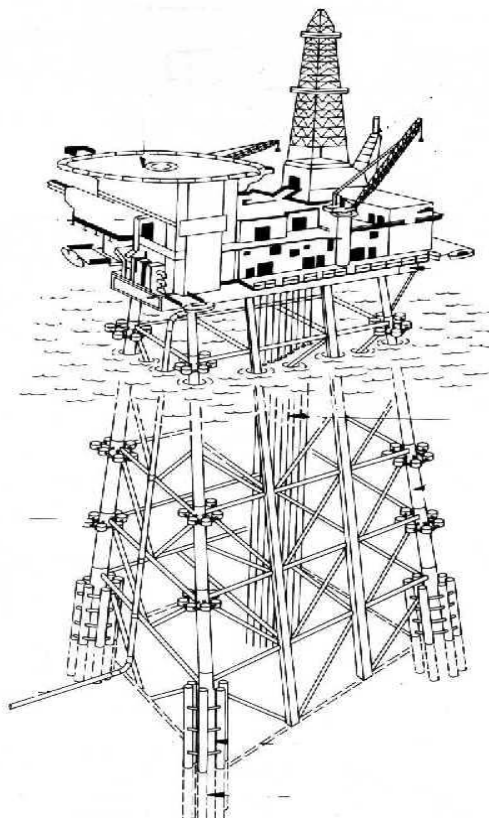
q = kapasitas *unit end bearing*, lb/ft² (kips/ft²)

A_p = luas *gross end*, ft² (ft²).

Kapasitas bantalan (*bearing*) Q_p tidak boleh melebihi kapasitas internal. Dalam menghitung beban, *pile* dan kapasitas berat dari tanah serta tegangan hidrostatik harus dipertimbangkan dalam menghitung kapasitas maksimum tiang.

2.2.5. Daya Dukung Grup *Pile*

Pada beberapa kasus *pile* dibuat menjadi sebuah grup untuk mentransfer beban struktur ke tanah. Masing masing grup disatukan pada bagian atas menggunakan kepala tiang (*pile cap*). Pemasangan *pile cap* bisa diletakkan langsung diatas permukaan tanah ataupun diatas permukaan tanah (ujung *jacket*) dengan bantuan *guide* saat memasang *pile*.



Gambar 2.3. Skirt Pile dengan *support* (ESRU, 2017)

Daya dukung grup *pile* bergantung dari jarak antar tiang (d). Untuk jarak antar tiang dalam grup minimal adalah 3 sampai 3,5 kali diameter tiang. Jarak minimal antara *skirt* ditentukan dari *friction* dan *bearing*. Untuk *friction pile*, digunakan $d=3D$. Untuk *end bearing pile*, jarak minimal $d = 2,5D$.

Menurut DAS (2011) rumus daya dukung adalah :

$$Q_{dg} = Q_d \times n_1 \times \eta \quad (2.2)$$

dengan :

Q_{dg} = kapasitas *ultimate* tanah untuk grup *pile*, lb (kips)

Q_d = kapasitas *ultimate* tanah untuk *pile* tunggal, lb (kips)

n_1 = jumlah *pile*

η = efisiensi grup *pile*

untuk tanah lempung $\eta = 0,7$ ($d=3D$) sampai 1 ($d \geq 8D$)

untuk tanah pasir $\eta = 1$.

Apabila jarak minimal n_1 tidak memenuhi dapat menghitung efisiensi grup *pile* menggunakan persamaan *Converse-Labarre* :

$$\eta = 1 - \left[\frac{(n_1-1)n_2 + (n_2-1)n_1}{90n_1n_2} \right]^\theta \quad (2.3)$$

dengan :

n_1 = jumlah *pile*

n_2 = jumlah jarak antar *pile*

θ = $\tan^{-1}(D/d)$ ($^\circ$)

D = diameter *pile* (in)

d = jarak antar *pile* (in)

2.2.6. Teori Perencanaan Beban

Fixed offshore platforms merupakan struktur yang unik karena bertempat di lepas pantai dan fungsi utama mereka adalah alat industri dalam proses pengeboran, produksi minyak dan gas. Desain yang kuat dari struktur tersebut bergantung pada spesifikasi beban beban yang diterima oleh struktur tersebut. Beban pada struktur *offshore* diantaranya adalah *gravity loads* dan *environmental loads* (Nallayarasu, 2013):

a. Gravity Loads

- *Dead Load*

Beban mati adalah beban dari keseluruhan *platform* itu sendiri, komponen peralatan seperti pipa, pompa, kompresor, separator, berat keseluruhan *deck* atas struktur *platform (topside)*, suprastruktur, konduktor, anoda korosi,

decking, pagar, dan perlengkapan lainnya. Dan akan menghasilkan tegangan maksimum dalam analisis struktur.

- *Live Load*

Beban hidup adalah beban bergerak dan bersifat sementara yang terjadi pada *platform* atau bangunan lepas pantai selama berfungsi dan berubah. Diantaranya peralatan permanen pengeboran dan produksi, berat fasilitas-fasilitas akomodasi, *heliport*, fasilitas penunjang awak lainnya seperti peralatan selam, keselamatan, berat cairan dan konsumsi logistik dalam tangki penyimpanan, beban akibat gaya-gaya yang disertakan dalam operasi struktur seperti gerakan *crane*. Beban ini bervariasi terhadap pedoman umum pada besarnya beban diberikan di bawah ini :

Tabel 2.2 Tabel *Live Loads* (Nallayarasu, 2013)

No	Location	Load (kN/m ²)
1	Storage / laydown	10
2	Walkway	5
3	Access Platform	5
4	Galley	10

- *Accidental Load*

Beban kecelakaan merupakan beban yang tidak dapat diduga sebelumnya yang mungkin terjadi pada suatu bangunan lepas pantai. Beban kecelakaan ini terjadi akibat tabrakan dengan kapal *tugboat*, putusnya tali katrol *crane*, kebakaran, letusan, *blow out*.

b. *Environmental Load*

Beban lingkungan adalah beban yang terjadi karena dipengaruhi oleh lingkungan dimana suatu bangunan lepas pantai dioperasikan atau bekerja. Beban lingkungan yang biasanya digunakan dalam perancangan adalah beban gelombang, arus, dan angin. Beban lingkungan dibedakan lagi sesuai kondisi yang akan dianalisis. Yaitu ketika kondisi normal dan ketika kondisi badai/*storm*.

2.2.7. Kondisi Pembebanan

Analisis statis struktur dengan mempertimbangkan *unity check* (UC) kurang dari 1 sebagai batas maksimum 2 kondisi pembebanan yaitu :

a. Kondisi Operasi

Pada kondisi ini, anjungan beroperasi secara normal sehingga struktur menerima seluruh beban kerja yang ada. Beban lingkungan yang terjadi pada struktur seperti beban gelombang, angin dan arus diambil harga ekstrim untuk periode ulang 1 tahun.

b. Kondisi Badai/Ekstrim

Kondisi ini merupakan kondisi terjadinya badai pada lokasi struktur. Pada kondisi ini tidak akan ada beban *work over rig live*, Selain itu, *crane* dianggap tidak bekerja akibatnya, hanya ada nilai beban *crane* vertikal saja.

Desain pada *platform* dalam kondisi pembebanan yang akan menghasilkan efek paling buruk terhadap struktur. Kondisi lingkungan yang dikombinasikan dengan beban hidup dan beban mati yang sesuai melalui kondisi sebagai berikut :

- a. Kondisi beban lingkungan operasional dengan beban mati dan beban hidup maksimum berdasarkan kondisi operasi normal pada *platform*
- b. Kondisi beban lingkungan operasional dengan beban mati dan beban hidup minimum berdasarkan kondisi operasi normal pada *platform*
- c. Kondisi beban lingkungan ekstrim dengan beban mati dan beban hidup maksimum berdasarkan kondisi ekstrim pada *platform*
- d. Kondisi beban lingkungan ekstrim dengan beban mati dan beban hidup minimum berdasarkan kondisi ekstrim pada *platform*

Unity check (rasio tegangan) merupakan perbandingan antara tegangan aktual struktur dengan tegangan ijinnya seperti berikut :

$$UC = \frac{F_{act}}{F_{all}} \quad (2.4)$$

dengan, UC = *Unity check member*

F_{act} = Tegangan yang terjadi (ksi)

F_{all} = Tegangan izin (ksi)

Dengan penilaian setiap *member* yang mengalami tegangan aktual dikatakan aman ketika $UC \leq 1$.

2.2.8. Proses Penilaian *Platform* pada Beban *Metaocean*

Dalam penilaian sebuah *platform* yang sudah ada, menurut API RP 2A WSD terdapat 6 komponen proses penilaian yaitu :

- a. Pemilihan anjungan (*platform selection*)
- b. Pengkategorian (*categorization*)
- c. Penilaian kondisi (*condition assessment*)
- d. Cek basis desain (*design basis check*)
- e. Analisis (*analysis check*)
- f. Pertimbangan mitigasi (*consideration of mitigations*)

Proses analisis yang rinci dilakukan untuk menentukan empat komponen pertama apakah struktur lolos dalam penilaian. Ada dua buah pemeriksaan yang berurutan yaitu :

- a. Analisis pada tingkat desain
- b. Analisis kekuatan *ultimate*

Pada tahap analisis tingkat desain proses yang digunakan lebih sederhana dan lebih konservatif dikarenakan hanya mencakup pada kondisi atau keadaan yang ada saat itu. Sedangkan analisis kekuatan *ultimate* cenderung lebih kompleks dengan pengukuran batas maksimum tetapi dengan hasil yang kurang konservatif atau cenderung dilebihkan sampai terjadi batas maksimum.

Prosedur untuk keamanan dan keselamatan pada analisis level desain yang diterima sesuai kondisi antara lain:

- L-1 *High Consequence*, adanya personel tanpa evakuasi (*manned non evacuated*)

Anjungan dihuni dan mempunyai fasilitas untuk kelangsungan hidup para personilnya. Kategori ini meliputi *platform drilling* dan atau produksi, *storage* atau *platform*. Pada umumnya *platform* yang besar dan berada pada laut dalam yang menunjang fasilitas utama atau *pipeline* dengan *flowrate* yang tinggi.

- L-2 *Medium Consequence*, adanya personel dengan evakuasi (*manned evacuated*)

Anjungan secara umum dihuni kecuali ketika terjadi peristiwa alam dimana semua personil akan dievakuasi. Kategori ini meliputi *platform drilling* dan

atau produksi ukuran sedang, *living quarter*. Kategori ini secara umum banyak diterapkan pada *platform* yang menunjang fasilitas produksi secara penuh dengan *flowrate* yang sedang.

- L-3 *Low Consequence*, tidak ada personel (*unmanned*)

Anjungan yang tidak dapat dikategorikan dihuni dan tidak dapat dievakuasi atau dihuni dan dapat dievakuasi. Kadangkala anjungan ini dihuni tetapi tidak secara berkala. Pada umumnya yang termasuk kategori ini hanya *caisson* dan pelindung sumur. Kategori ini mempunyai potensi yang sangat kecil untuk kegagalan sumur karena terdapat *valve* pengaman yang ada di *sub-surface* dan sumur ditutup. Dan karena ukurannya yang kecil dan fasilitasnya terbatas, kerusakan yang dihasilkan dari kegagalan yang *platform* akan sangat rendah sekali.

Kategori untuk konsekuensi keandalan (*consequence of failure*) :

C-1 : kegagalan dengan konsekuensi tinggi (*high consequence of failure*)

C-2 : kegagalan dengan konsekuensi menengah (*medium consequence of failure*)

C-3 : kegagalan dengan konsekuensi rendah (*low consequence of failure*)

Tabel 2.3. Kriteria Penilaian Untuk U.S Gulf of Mexico (API RP 2A WSD)

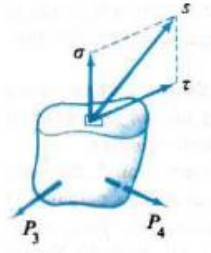
<i>Level</i>	<i>Exposure Category</i>	<i>Ultimate Strength Analysis</i>
L – 1	<i>Manned Non Evacuated</i>	<i>C1</i>
L – 2	<i>Manned Evacuated</i>	<i>C2</i>
L - 3	<i>Unmanned</i>	<i>C3</i>

Tabel 2.4. Kriteria Penilaian Untuk Selain U.S Gulf of Mexico (API RP 2A WSD)

<i>Level</i>	<i>Exposure Category</i>	<i>Ultimate Strength Analysis</i>
L – 1	<i>Manned Non evacuated</i>	<i>Reserve Strength Ratio $\geq 1,6$</i>
	<i>Unmanned</i>	<i>Reserve Strength Ratio $\geq 1,6$</i>
L – 3	<i>Unmanned</i>	<i>Reserve Strength Ratio $\geq 0,8$</i>

2.2.9. Tegangan (*Stress*)

Intensitas gaya diuraikan menjadi tegak lurus dan sejajar dengan irisan. Penguraian intensitas gaya ini pada luas kecil tak berhingga. Intensitas gaya yang tegak lurus atau normal terhadap irisan disebut tegangan normal (*normal stress*) pada sebuah titik (Popov, 1993). Tegangan menunjukkan kekuatan gaya yang menyebabkan perubahan bentuk.



Gambar 2.4. Komponen Tegangan Normal (Popov,1993)

Tegangan normal σ/F yang menghasilkan tarikan (*traction* atau *tension*) pada permukaan sebuah potongan biasa kita sebut tegangan tarik (*tensile stress*). Di pihak lain, tegangan normal yang mendorong potongan tersebut disebut tegangan tekan (*compressive stress*). Jika suatu batang tubular yang mengalami pembebanan aksial sebesar P dengan luas penampang A . Sehingga tegangan yang terjadi pada batang sesuai dengan berikut :

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

dengan, F = Tegangan (ksi)

P = Beban (kips)

A = Luas Penampang (in^2)

2.2.9.1. Tegangan Tarik Aksial (*Axial Tension*)

Gaya tarik aksial tersebut menghasilkan tegangan tarik pada batang di suatu bidang yang terletak tegak lurus atau normal terhadap sumbunya. Tegangan tarik aksial yang diijinkan σ_t untuk member silinder yang mengalami beban tarik aksial dapat ditentukan dengan :

$$F_t = 0,6 F_y \quad (2.6)$$

dengan, F_t = Tegangan tarik aksial (ksi)

F_y = *yield strength*, ksi (Mpa)

2.2.9.2. Tegangan Tekan Aksial

2.2.9.2.1. Column Buckling

Gaya tekan aksial tersebut menghasilkan tegangan tekan pada batang disuatu bidang yang terletak tegak lurus atau normal terhadap sumbunya. Tegangan tekan aksial yang diizinkan F_a . *Buckling* menurut AISC, menentukan member dengan rasio D/t kurang dari 60 dengan :

$$F_a = \frac{\left[1 - \frac{(Kl/r)^2}{2C_c^2}\right]}{5/3 + \frac{3(Kl/r)}{8C_c} - \frac{(Kl/r)^3}{8C_c^3}} \text{ for } Kl/r < C_c \quad (2.7)$$

$$F_a = \frac{12 \pi^2 E}{23 (Kl/r)^2} \text{ for } Kl/r < C_c \quad (2.8)$$

$$C_c = \left[\frac{12 \pi^2 E}{F_y} \right]^{1/2} \quad (2.9)$$

dengan :

E = modulus young elastis, ksi (MPa)

K = panjang faktor efektif

l = *unbrace length*, in (m)

r = radius girasi, in (m)

2.2.9.2.2. Local Buckling

Untuk batang tubular dengan perbandingan $60 \leq D/t \leq 300$ dan ketebalan $t \geq 0.25$ in (6mm), maka persamaannya :

- Tegangan elastis lokal *buckling* menurut API RP 2A WSD, dirumuskan sebagai berikut :

$$F_{xe} = 2CE t/D \quad (2.10)$$

dengan :

C = koefisien kritikal elastis *buckling*

D = diameter luar, in (m)

t = *wall thickness*, in (m)

- Tegangan inelastis lokal *buckling* menurut API RP 2A WSD dirumuskan sebagai berikut:

$$F_{xc} = F_y X [1,64 - 0,23 (D/t)^{1/4}] \leq F_{xe} \quad (2.11)$$

$$F_{xc} = F_y \text{ for } (D/t) \leq 60 \quad (2.12)$$

2.2.9.3. Tegangan Lentur (*Bending*)

Tegangan yang diakibatkan oleh bekerjanya momen lentur pada benda. Sehingga pelenturan benda disepanjang sumbunya menyebabkan sisi bagian atas tertarik, karena bertambah panjang dan sisi bagian bawah tertekan, karena memendek. Tegangan izin *bending* σ_b adalah :

$$F_b = 0,75 F_y \quad \text{untuk} \quad \frac{D}{t} \leq \frac{1500}{F_y} \quad (2.13)$$

$$\frac{D}{t} \leq \frac{10,340}{F_y}, \text{ SI Unit}$$

$$F_b = \left[0,84 - 1,74 \left(\frac{F_y D}{E t} \right) \right] F_y \quad \text{untuk} \quad \frac{1500}{F_y} < \frac{D}{t} \leq \frac{3000}{F_y} \quad (2.14)$$

$$\frac{10,340}{F_y} < \frac{D}{t} \leq \frac{20,680}{F_y}, \text{ SI Unit}$$

$$F_b = \left[0,84 - 1,74 \left(\frac{F_y D}{E t} \right) \right] F_y \quad \text{untuk} \quad \frac{3000}{F_y} < \frac{D}{t} \leq 300 \quad (2.15)$$

$$\frac{20680}{F_y} < \frac{D}{t} \leq 300, \text{ SI Unit}$$

dengan, F_b = Tegangan *bending* (ksi)

D = *Outside* diameter (in)

t = *Thickness* (in)

2.2.9.4. Kombinasi Tegangan Tarik Aksial dan *Bending*

Member silinder yang mengalami kombinasi antara tegangan tarik aksial dan *bending* harus diproporsikan pada persyaratan berikut ini

$$\frac{f_t}{0,6F_y} + \frac{\sqrt{f_{bx}^2 + f_{by}^2}}{F_b} \leq 1,0 \quad (2.16)$$

dengan, f_{bx} = Tegangan *bending* arah x (*inplane*) (ksi)

f_{by} = Tegangan *bending* arah y (*out of plane*) (ksi)

2.2.9.5. Kombinasi Tegangan Tekan Aksial dan *Bending*

Member silinder yang mengalami kombinasi antara tegangan tekan aksial dan *bending* harus diproporsikan pada kedua persyaratan berikut ini

$$\frac{f_a}{F_a} + \frac{C_m \sqrt{f_{bx}^2 + f_{by}^2}}{\left(1 - \frac{f_a}{\sigma_e}\right) F_b} \leq 1,0 \quad (2.17)$$

$$\frac{f_a}{0.6F_y} + \frac{\sqrt{f_{bx}^2 + f_{by}^2}}{F_b} \leq 1,0 \quad (2.18)$$

Ketika $\frac{f_a}{F_a} \leq 0.15$ Rumus yang digunakan menjadi

$$\frac{f_a}{F_a} + \frac{\sqrt{f_{bx}^2 + f_{by}^2}}{F_b} \leq 1,0 \quad (2.19)$$

Dengan, f_{bx} = Tegangan *bending* arah x (*inplane*) (ksi)

f_{by} = Tegangan *bending* arah y (*out of plane*) (ksi)

2.2.10. Analisis Kekuatan Struktur

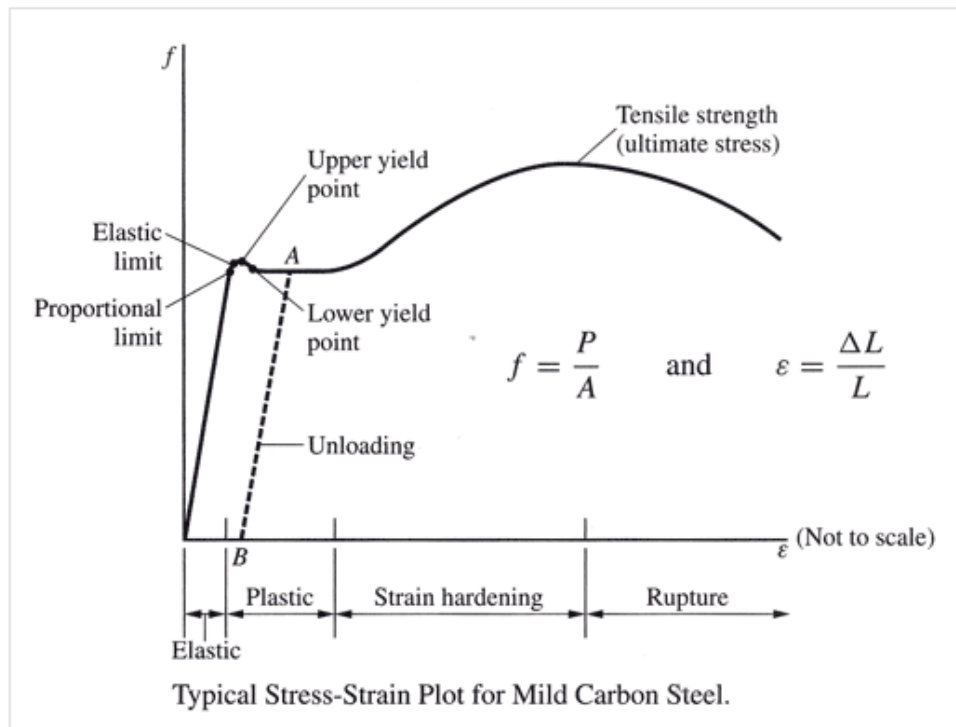
2.2.10.1. Analisis *Inelastis*

Analisis *inelastis* dilakukan untuk mengetahui apakah *platform* memiliki cukup kekuatan dan stabilitas untuk tetap menahan pembebanan dengan *overstress* lokal dan kerusakan ijin, namun tanpa keruntuhan. Pada level analisis ini, tegangan telah melampaui level elastis dan pemodelan *overstress* member, sambungan dan pondasi harus mengenali kapasitas ultimate.

Pada analisis *ultimate* struktur dibiarkan menerima beban yang melebihi kapasitasnya. Beban yang mencapai *limit* berakibat pada perilaku struktur dan duktilitasnya. Beberapa kemungkinan terjadi kegagalan dan mengalami *inelastic yielding*.

2.2.10.2. Analisis Tegangan *Ultimate*

Analisis ini dilakukan untuk mengetahui kekuatan maksimum struktur dalam menahan beban yang terjadi. Salah satu cara mengidentifikasi *ultimate strength* yaitu dengan melakukan analisis *pushover* dengan cara penambahan beban lateral sampai struktur mengalami keruntuhan (Yudhistira, 2008). Berikut ini merupakan gambar diagram tegangan regangan struktur baja.



Gambar 2.5. Diagram tegangan-regangan struktur baja (Dewobroto, 2015)

2.2.10.3. Reserve Strength Ratio (RSR)

Struktur *jacket platform* mempunyai *Reserve Strength Ratio* (RSR) yaitu rasio cadangan kekuatan struktur yang berbeda untuk setiap arah pembebanan dalam kondisi beban lateral lingkungan 100 tahunan. Nilai RSR yang digunakan berbeda setiap kategori level yang akan dipakai. dan RSR yang diambil adalah yang paling kecil sesuai dengan konsekuensi paling rendah. Analisis ini dilakukan dengan cara menetapkan beban lateral (beban lingkungan) yang dinaikkan secara bertahap (*incremental load*), sampai batas kekuatan struktur didapatkan atau saat akan mengalami keruntuhan. RSR didapat dengan menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$RSR = \frac{\text{Beban struktur } collapse}{\text{Beban kondisi awal}} \quad (2.20)$$

$$= \frac{P \text{ awal} + \text{Total } P \text{ Increment}}{P \text{ awal}}$$

dengan, $P \text{ awal}$ = P pada desain level 100 tahun (kips)

$P \text{ increment}$ = P pada analisis *pushover* (kips)

2.2.11. Moda Kegagalan Struktur

Kegagalan struktur akan ditinjau pada member struktur, dimana member yang ditinjau adalah *brace jacket* yang mengalami kegagalan. Sehingga apabila ada salah satu atau lebih *member brace jacket* gagal pada lokasi tertentu, kegagalan member tersebut akan mempengaruhi fungsi dari struktur *jacket*. Kegagalan member tersebut adalah ketika member dalam kondisi melebihi kekuatan *ultimate* struktur sehingga mengalami deformasi plastis. Sehingga fungsi dan sistem struktur sudah tidak memenuhi syarat untuk beroperasi karena mengalami *collapse*. Akibat dari kegagalan struktur tersebut akan konsekuensi yang beragam jenisnya.

2.2.11.1. Moda Kegagalan

Dalam analisis keandalan terdapat moda kegagalan yang menjadi parameter dalam menentukan kesuksesan maupun kegagalan struktur. Moda kegagalan yang digunakan dalam tugas akhir ini adalah kombinasi tegangan aksial (tekan atau tarik) dan tegangan *bending* yaitu berdasarkan API RP 2A LRFD diantaranya:

2.2.11.1.1. Kombinasi Axial Tension dan Bending

$$1 - \cos \left\{ \frac{\pi}{2} \left| \frac{ft}{0,95F_y} \right. \right\} + \frac{\sqrt{fby^2 + fbz^2}}{Fbn} \leq 1 \quad (2.21)$$

dengan: ft = Axial tensile stress pada elemen member (ksi)

F_y = Nominal yield strength (ksi)

fby = Bending stress pada elemen member arah sumbu-y (ksi)

fbz = Bending stress pada elemen member arah sumbu-z (ksi)

Fbn = Nominal bending strength pada elemen member (ksi)

2.2.11.1.2. Kombinasi Axial Compression dan Bending

Untuk kondisi ini tekanan menyebabkan *member* mengalami gaya tekan dan *buckling* dapat terjadi. Dengan rumus yang digunakan :

$$\frac{fa}{Fen} + \frac{1}{Fbn} \left\{ \left[\frac{Cmyfby}{1-\frac{fc}{Fey}} \right]^2 + \left[\frac{Cmzfbz}{1-\frac{fc}{Fez}} \right]^2 \right\}^{0.5} \leq 1 \quad (2.22)$$

$$1 - \cos \left\{ \frac{\pi}{2} \left| \frac{fa}{Fx} \right| \right\} + \frac{\sqrt{fby^2 + Fbz^2}}{Fbn} \leq 1 \quad (2.23)$$

$$Fc < Fxc \quad (2.24)$$

dengan :

Cmy, Cmz = Faktor reduksi untuk sumbu axis y dan z

Fey, Fez = Kekuatan euler *buckling* pada member bersumbu y dan z

$$Fey = Fy / \lambda y^2$$

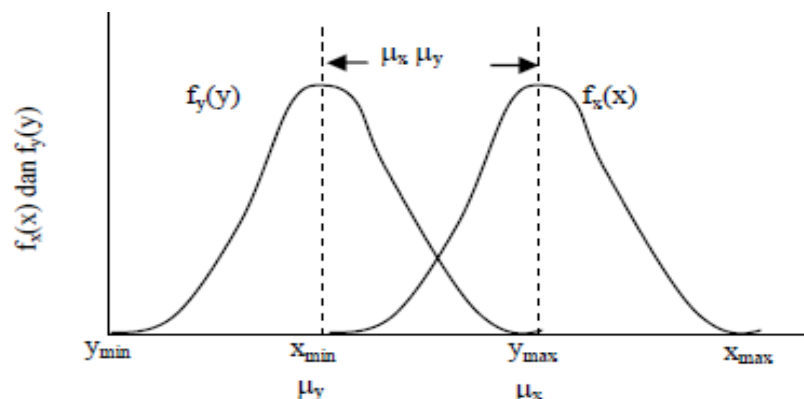
$$Fez = Fz / \lambda z^2$$

$\lambda y, \lambda z$ = Parameter *slenderness coloumn* dengan parameter K, L dan r.

2.2.12. Sistem Keandalan

Sistem dari keandalan pada dasarnya dapat ditunjukkan sebagai problematika antara *demand* (tuntutan/beban) dan *capacity* (kapasitas/kekuatan). Secara tradisional didasarkan atas *safety factor* (angka keamanan) yang sesuai. Ukuran konvensional untuk angka keamanan adalah perbandingan antar asumsi harga nominal kapasitas X' dan beban Y' yang dirumuskan sebagai berikut:

$$Z' = \frac{X'}{Y'} \quad (2.25)$$



Gambar 2.6. Fungsi Kerapatan Peluang Kapasitas X dan tuntutan Y (Rosyd, 2007)

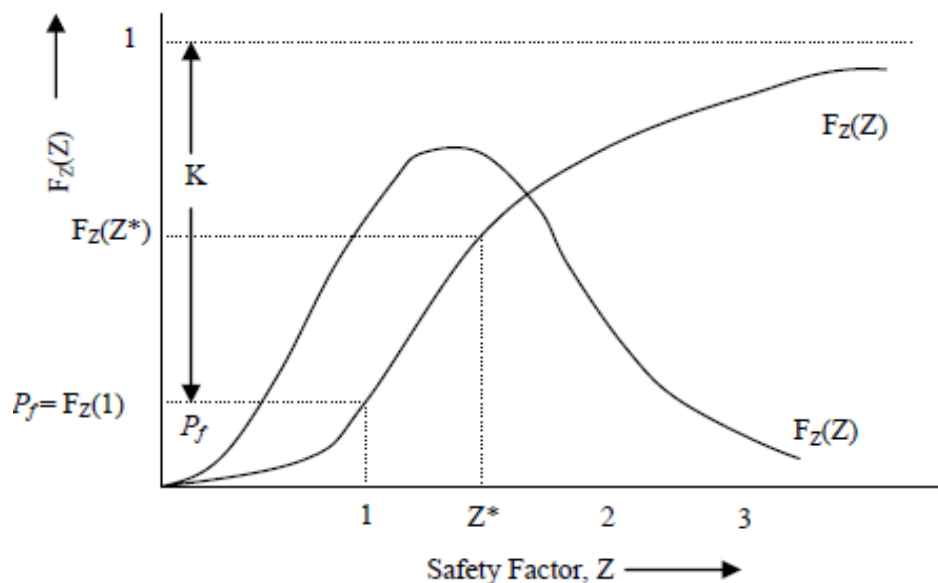
Mengingat nilai nominal dari kapasitas X' dan beban Y' tidak dapat ditentukan dengan pasti, fungsi-fungsi kapasitas dan beban perlu dinyatakan sebagai peluang. Dengan demikian, angka keamanan dinyatakan dengan perbandingan $Z = X / Y$ dari 2 variabel acak X dan Y

Ketidakkampuan suatu sistem untuk memenuhi tuntutan dan tugasnya, yang diukur dengan peluang kegagalan dapat dihubungkan dengan bagian dari distribusi angka keamanan yang nilainya kurang dari satu, yaitu porsi dalam dimana $Z = X / Y$ kurang dari 1. Peluang Kegagalan sistem, P_f diberikan dengan persamaan:

$$P_f = P [Z \leq 1] = F_Z(1) \quad (2.26)$$

Dengan F_Z adalah fungsi distribusi kumulatif dari Z dengan pernyataan lain, peluang sistem untuk tidak gagal (keandalan) adalah:

$$K = 1 - P_f = P [Z > 1] = 1 - F_Z(1) \quad (2.27)$$



Gambar 2.7. Fungsi distribusi komulatif dan fungsi kerapatan (Rosyid, 2007)

Ketika distribusi peluang bersama (*joint probability distribution*) dari X dan Y diketahui, keandalan sebuah sistem dapat dihitung berdasarkan fungsi distribusi kumulatif dari X/Y . peluang kegagalan nol ($P_f = 0$) dan keandalan 100 ($K = 1$) hanya terjadi ketika tuntutan maksimum Y_{max} tidak melewati kapasitas minimum X_{min} , sehingga kedua distribusi tidak saling *overlap*.

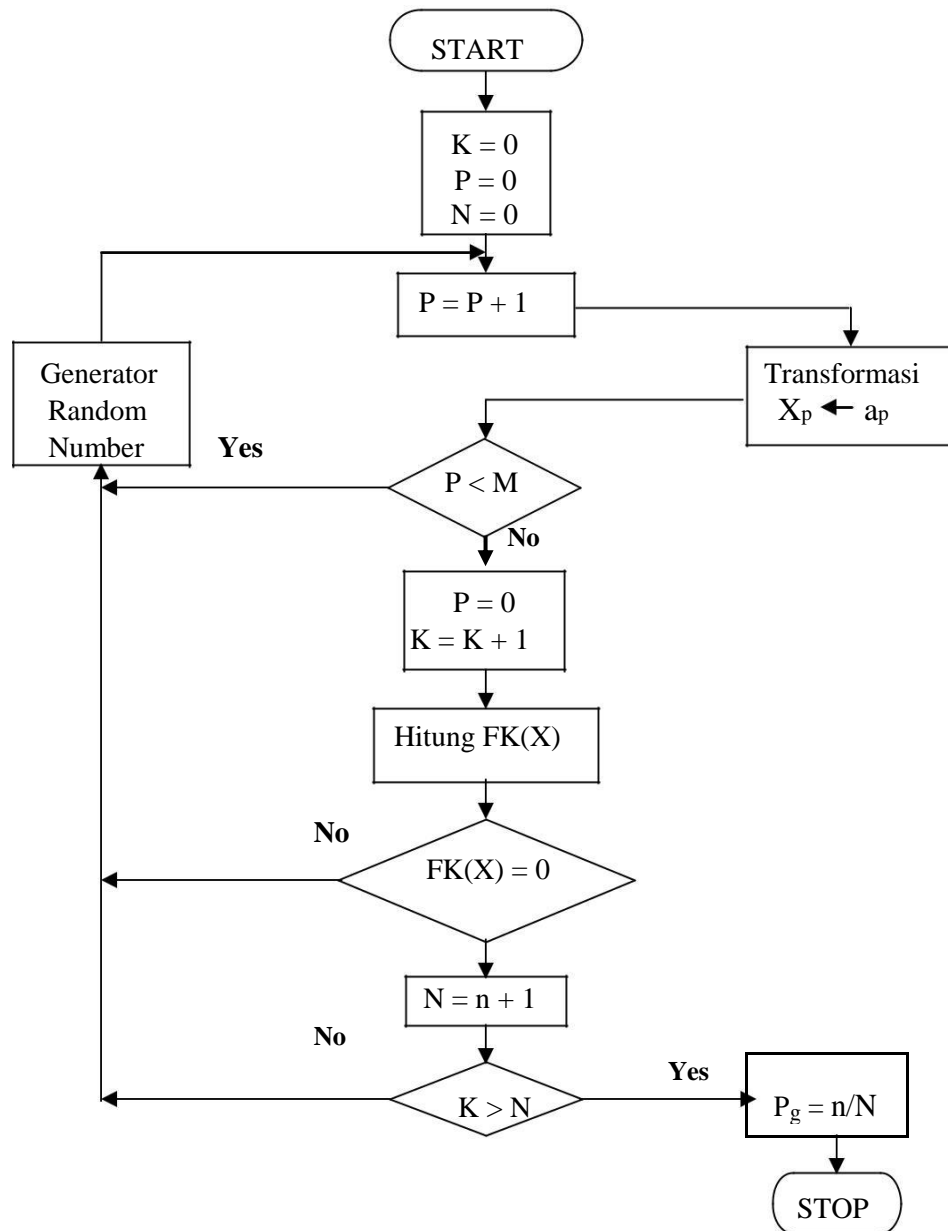
2.2.13. Monte Carlo

Metoda *Monte Carlo* telah digunakan sejak abad ke-18 oleh Comte de Buffon yang mengembangkan eksperimen untuk memperoleh rasio antara diameter dan keliling lingkaran. Salah satu aplikasi dari metode ini misalnya program untuk memperkirakan sebuah nilai, misalnya π . Kemampuan untuk menghasilkan angka acak dan mengaplikasikannya ke kemungkinan statistik dan mengaplikasikan pada variabel variabel yang akan diketahui. Metoda ini dapat digunakan diberbagai jenis bidang statistik, kimia, biologi dengan menggunakan variabel acak untuk menemukan permasalahan yang akan diselesaikan.

. *Monte Carlo* dapat digunakan untuk memecahkan masalah suatu sistem yang mengandung variabel atau parameter yang memiliki nilai acak, atau mengandung peubah acak. Suatu set nilai dari tiap-tiap variabel (satu nilai untuk setiap variabel) dari suatu sistem disimulasikan berdasarkan distribusi peluangnya, misalnya berdasarkan fungsi kerapatan peluang tiap-tiap variabel tersebut. Untuk setiap set ini, respon atau kinerja sistem dihitung berdasarkan fungsi deterministik untuk suatu set nilai dari respon atau kinerja sistem tersebut. Sehingga pada akhir simulasi akan diperoleh sekumpulan data respon atau kinerja sistem. Sekumpulan data ini dapat dianggap sebagai sampel data. Dengan analisis statistik dapat dilakukan untuk menentukan nilai rata-rata, simpangan baku, bahkan dari respon atau kinerja sistem tersebut.

Unsur pokok yang diperlukan didalam simulasi *Monte Carlo* adalah sebuah *random number generator* (RNG). Hal ini dikarenakan secara teknis, prinsip dasar metode simultan *Monte Carlo* sebenarnya adalah sampling numerik dengan bantuan *random number generator*, dimana simulasi dilakukan dengan mengambil beberapa sampel dari perubahan acak berdasarkan distribusi peluang perubahan acak tersebut. Hal ini berarti simulasi *Monte Carlo* mensyaratkan bahwa distribusi peluang dari perubahan acak yang terlibat didalam sistem yang sedang dipelajari telah diketahui atau dapat diasumsikan. Sampel yang telah diambil tersebut dipakai sebagai masukan ke dalam persamaan fungsi kinerja FK (x) dan harga FK (x) kemudian dihitung. Untuk suatu fungsi kinerja tertentu, misalnya setiap kali FK (x) < 0 maka sistem/komponen yang ditinjau dianggap gagal, jika jumlah sampel tersebut adalah N (atau replika sejumlah N) maka dapat dicatat kejadian FK (x) < 0

sejumlah n kali. Dengan demikian, peluang kegagalan sistem/komponen yang sedang ditinjau adalah rasio antara kejadian jumlah gagal dengan jumlah sampel atau replikasi N , $P_{\text{gagal}} = n / N$



Gambar 2.8. Algoritma Tipikal untuk Simulasi *Monte Carlo* (Rosyid, 2007)

Semua bilangan acak a_p , $P = 1, 2, \dots, M$, dengan f_{kp} uniform akan dikeluarkan oleh RNG untuk kemudian ditransformasikan menjadi X_p , $P = 1, 2, \dots, M$. transformasi a_p (bilangan acak) menjadi X_p (peubah acak ke P) dapat dilakukan

dengan menggunakan persamaan distribusi komulatif dari masing-masing peubah acak. Ini berarti untuk setiap peubah acak dihitung sendiri-sendiri sesuai dengan distribusi peluangnya (atau *f_{kp}*-nya). Jika bilangan acak telah ditransformasikan menjadi peubah acak, FK (x) kemudian dihitung, ini adalah kondisi sukses (tidak gagal) dan eksperimen dilanjutkan, sedang apabila FK (x) ≥ 0 , maka ini adalah kondisi sukses (tidak gagal) dan eksperimen dilanjutkan, sedang apabila FK (x) < 0 , maka ini dicatat dan disimpan dalam n. eksperimen ke k dilanjutkan sampai K = N, sesudah itu peluang kegagalan sistem/komponen dihitung sebagai n/N.

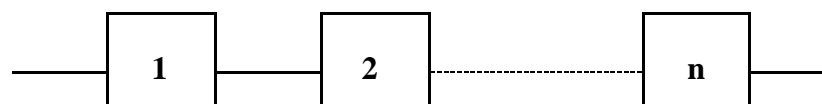
Tranformasi bilangan acak menjadi nilai peubah acak juga dapat dilakukan secara numerik dengan prosedur intuitif berikut:

1. Untuk X_p dengan fungsi kerapatan peluang yang diketahui *f_{kp}*, bagilah rentang X_p menjadi I interval yang sama sepanjang dx.
2. hitung luas tiap pias (ini akan menghasilkan peluang X_p memiliki harga dalam interval i, yaitu sebesar P_i) dengan mengalikan interval dx dengan tinggi *f_{kp}* pada X_i . Untuk setiap a_p , yang keluar dari RNG, maka a_p diperbandingkan dengan batas interval yang sesuai. Apabila $P_i < a_p < P_{i+1}$, maka a_p “dipahami” (ditransformasikan) sebagai X_i .

2.2.14. Keandalan Sistem

2.2.14.1. Sistem Seri

Jika kegagalan salah satu komponen pada suatu sistem sudah cukup untuk menyebabkan kegagalan keseluruhan maka disebut sistem seri. Dari sudut keandalan, seluruh komponen harus berfungsi supaya sistem dapat berfungsi. Sebuah mata rantai adalah contoh termudah dari sebuah sistem seri. Kegagalan satu mata rantai sudah cukup untuk menjadikan rantai tersebut tidak berfungsi sama sekali. Secara grafis, sistem seri seperti ini dilukiskan sebagai berikut:



Gambar 2.9. Representasi grafis sebuah sistem seri (Rosyid,2007)

Apabila sistem tersebut tersusun n-komponen secara seri, maka keandalan sistemnya adalah :

$$K_S = K_1 K_2 \dots K_n \quad (2.28)$$

Dengan persamaan diatas maka semakin banyak komponen dalam sistem seri maka keandalan sistem itu menurun.

2.2.14.2. Sistem Paralel Aktif

Ketika sebuah sistem memerlukan kegagalan seluruh komponen penyusunnya untuk tidak berfungsi sama sekali, maka sistem ini disebut sistem paralel. Sistem ini memerlukan satu komponen saja agar sistem dapat berfungsi. Bila kegagalan komponen dapat dianggap *s-independent*, maka peluang kegagalan system paralel aktif ini adalah:

$$F_S = F_1 F_2 \dots F_n \quad (2.29)$$

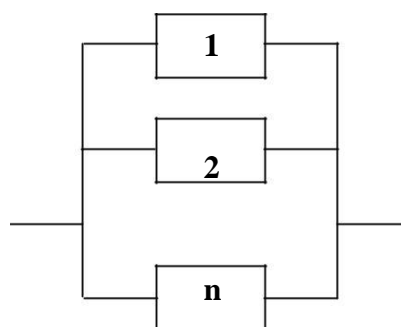
Atau, bila dinyatakan dalam keandalan komponennya:

$$F_S = (1 - K_1) (1 - K_2) \dots (1 - K_n) \quad (2.30)$$

Maka keandalan sistemnya adalah:

$$K_S = 1 - [(1 - K_1) (1 - K_2) \dots (1 - K_n)] \quad (2.31)$$

Reliability Block Diagram (RDB) untuk sistem yang *fully-redundant* seperti ini ditunjukkan oleh gambar dibawah :

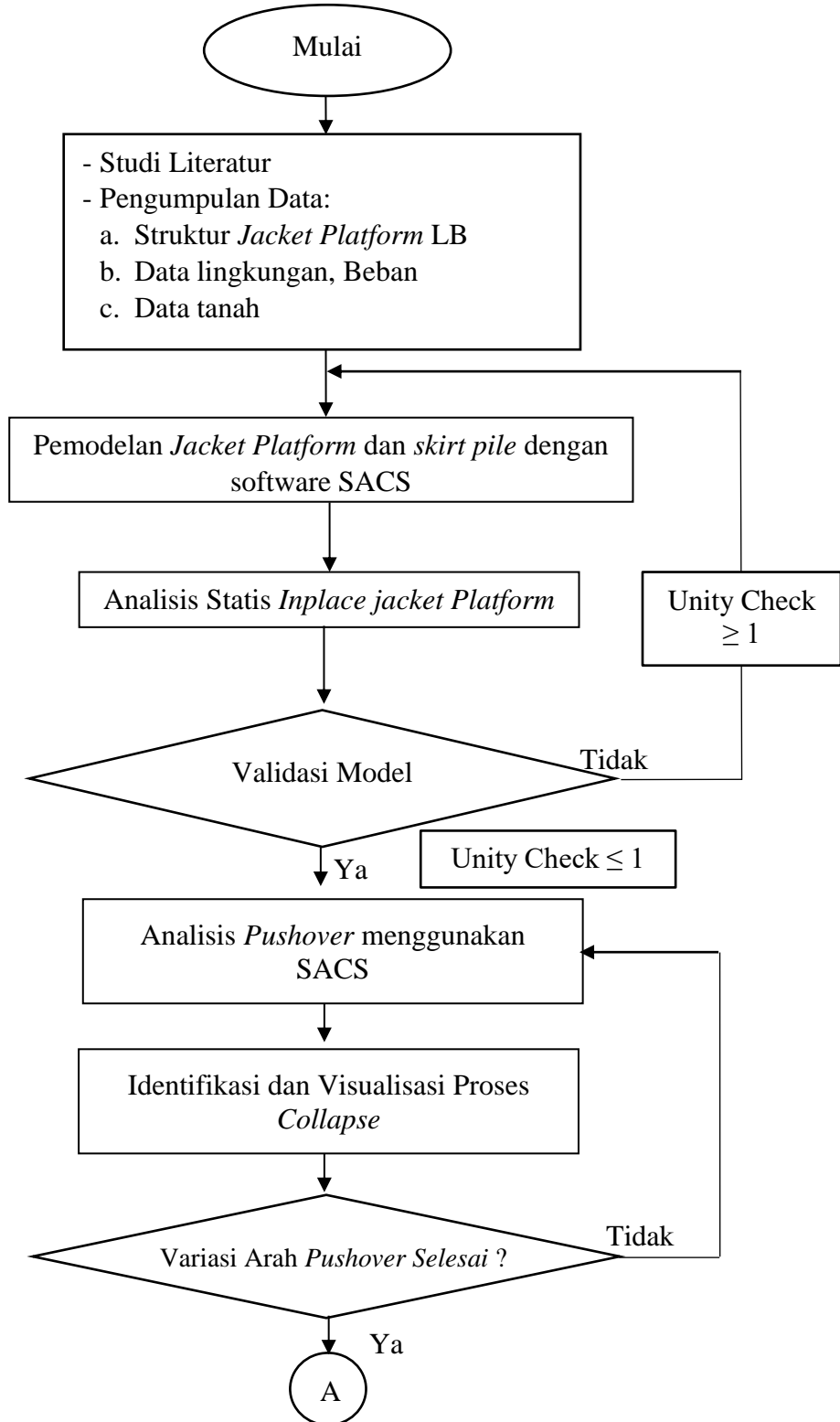


Gambar 2.10. RDB untuk sistem paralel aktif dengan n-komponen (Rosyid,2007)

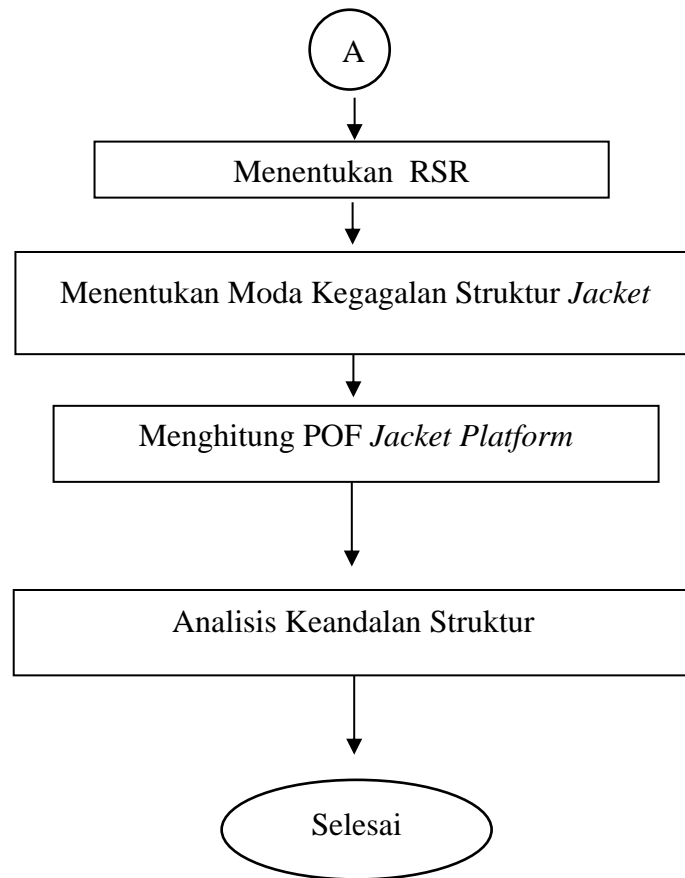
BAB III
METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Metodologi Penelitian

Alur pengerjaan Tugas Akhir dapat dilihat pada Gambar 3.1



Gambar 3.1. Diagram Alir Pengerjaan Tugas Akhir



Gambar 3.1. Diagram Alir Pengerjaan Tugas Akhir (Lanjutan)

3.2 Prosedur Penelitian

Berdasarkan diagram alir penelitian diatas, adapun prosedur penelitian dan langkah-langkah penelitian dalam mencapai tujuan Tugas Akhir ini dijelaskan sebagai berikut:

1. Studi Literatur

Pengumpulan bahan-bahan referensi yang telah dilakukan sebelumnya, buku yang mencakup teori-teori yang diperlukan, jurnal yang berkaitan dengan pengerjaan Tugas Akhir, dan *codes* yang dibutuhkan dalam penyelesaian Tugas Akhir ini.

2. Pengumpulan Data

Data struktur *jacket platform* LB, data lingkungan, data tanah, dan data pembebanan di perlukan untuk menyelesaikan Tugas Akhir ini.

3. Pemodelan *Jacket Platform* dan *skirt pile* dengan software SACS
Pemodelan *jacket platform* sesuai desain dari data struktur dimodelkan dengan software SACS dan memasukkan beban beban yang bekerja pada struktur serta pemodelan 3 variasi *skirt pile*.
4. Analisis Statis *Inplace Jacket Platform*
Melakukan analisis statis *inplace* pada struktur dengan memasukkan beban kombinasi kepada struktur pada kondisi statis. Analisis ini digunakan untuk mendapatkan UC (*Unity Check*).
5. Validasi Model
Proses validasi nilai *unity check* yang didapat ≤ 1 . Jika UC yang didapat ≥ 1 maka dilakukan proses pemodelan ulang karena tegangan dari hasil pemodelan melebihi tegangan ijin.
6. Analisis *Ultimate Strength (Pushover)*
Analisis *pushover* dilakukan dengan menggunakan analisis *full plastic collapse* di SACS untuk menentukan kekuatan *ultimate* struktur sampai *collapse* dengan penambahan beban lateral dan secara bertahap. Dengan variasi arah pembebanan yang berbeda dan 3 model *skirt pile*. Pada hasil ini dilakukan *clustering* member pada stuktur dan penyebaran keruntuhannya. Analisis dilakukan pada seluruh arah pembebanan.
7. Menentukan RSR
Mendapatkan RSR (*Reserve Strength Ratio*) pada struktur dari beban lateral dari analisis *pushover*. Nilai RSR didapatkan dari 3 model dengan *skirt pile* berbeda dan variasi arah pembebanan.
8. Analisis Keandalan
Analisis menggunakan simulasi *MonteCarlo* untuk mendapatkan POF pada *member*. Untuk menentukan keandalan seluruh sistem menggunakan RBD (*Reliability Block Diagram*)
9. Kesimpulan
Kesimpulan yaitu besar beban yang didapat pada analisis *pushover* sehingga struktur menjadi runtuh dengan proses keruntuhan secara bertahap dari masing masing model. Mendapat keandalan sistem dan POF sistem dari struktur *jacket* dengan variasi *skirt pile*.

3.3. Pengumpulan Data

3.3.1. Data Struktur

Jacket well support platform LB merupakan struktur bangunan lepas pantai jenis terpancang yang dikelola oleh *Joint Operating Body* (JOB) Pertamina Hulu Energi – Offshore North West Java yang berlokasi dipantai utara Pulau Jawa dengan kedalaman 80 ft. Platform ini pertama kali di *install* pada tahun 1975.

Platform LB mempunyai 4 kaki pada setiap sisinya, dan didesain untuk mengakomodasi sebanyak 9 buah *conductor* dengan masing masing diameter 30", *riser* sebanyak 4 buah. *Platform* ini berada pada orientasi -45° dari *True North*. Beberapa pengerjaan modifikasi telah dilakukan pada *platform* diantaranya modifikasi pada *deck* dikerjakan pada tahun 1987, Instalasi *riser* pada tahun 1990, dan penambahan 2 buah *support legs* untuk menyangga 6 buah konduktor yang baru tahun 1993. Modifikasi pada *boat landing* dengan menambahkan *frame* pada tahun 2008.

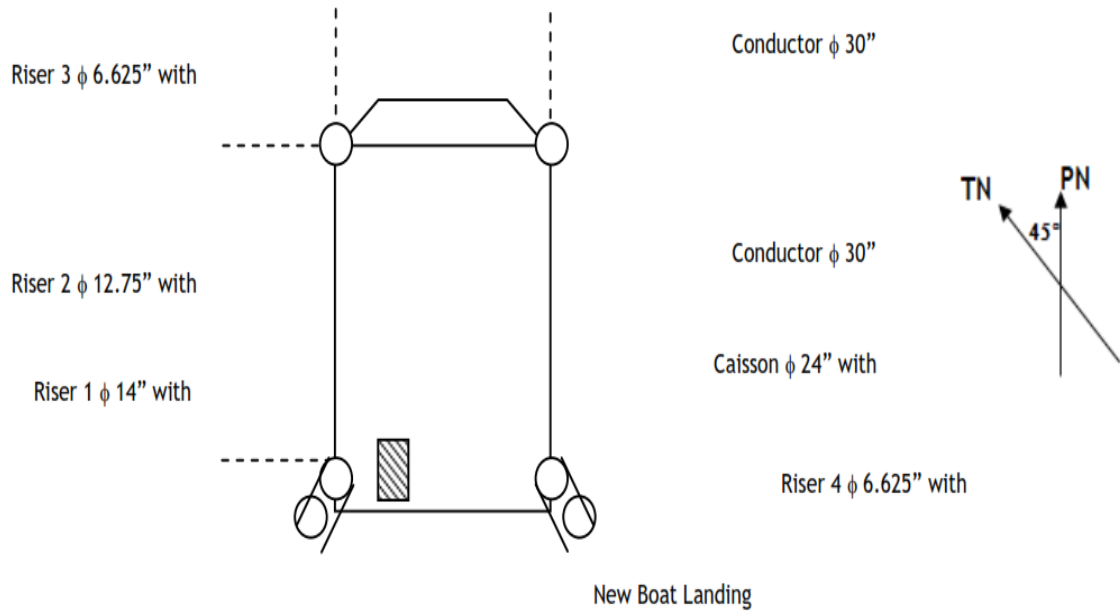


Gambar 3.2. *Platform* LB (PT. Depriwangga Engineering)

Tabel 3.1. Data Lokasi dan Identifikasi *wellhead platform* LB (PT Depriwangga Engineering)

<i>Arjuna Field (45 ° West of True North)</i>	
<i>Well Structure</i>	<i>LB Platform</i>

<i>Name of Location</i>	<i>Geographical Latitude S</i>	<i>Geographical Longitude E</i>
<i>Arjuna Field</i>	05° 55' 13"	137° 29' 37"



Gambar 3.3. Orientation platform LB (PT. Depriwangga Engineering)

Tabel 3.2. Elevasi *Jacket Platform* LB

Deskripsi	
<i>Mudline</i>	(-) 73 feet
<i>Boat Landing</i>	(+) 6 feet – 6 inch
<i>Jacket Walkway</i>	(+) 10 feet
<i>Cellar Deck</i>	(+) 23 feet
<i>Main Deck</i>	(+) 45 feet

Tabel 3.3. Detail *Conductor* dan *Riser*

No	Deskripsi	Ukuran (Inch)
1	Conductor 1, 2, 3, 4, 5, and 6	30" OD dan 0,375" WT
2	Conductor 7, 8, and 9	30" OD dan 1" WT
3	Riser 1	14" OD dan 0,375" WT
4	Riser 2	12,75" OD dan 0,375" WT
5	Riser 3	6,625" OD dan 0,238" WT
6	Riser 4	6,625" OD dan 0,238" WT
7	Caisson	24" OD dan 0,500" WT

3.3.2. Data Lingkungan

3.3.2.1. Data Angin

Tabel 3.4. Kecepatan Angin Saat Kondisi Operasi dan Badai.

Deskripsi	Periode 1 Tahun	Periode 100 Tahun
1 Jam	32,48 fps	67,59 fps

3.3.2.2. Data Arus

Data arus berupa data kecepatan arus berdasarkan kedalaman laut yaitu :

Tabel 3.5. Data Kecepatan Arus Berdasarkan Kedalaman

<i>Depth</i> (%)	<i>Current Velocity (ft/s)</i>	
	<i>Operating</i>	<i>Storm</i>
0 % (<i>surface</i>)	2,59	4
10 %	2,26	3,24
20 %	2,00	2,67
30 %	1,80	2,36
40 %	1,67	2,07
50 %	1,57	1,87
60 %	1,51	1,71
70 %	1,44	1,61
80 %	1,41	1,51
90 %	1,38	1,48
100 % (<i>bottom</i>)	1,38	1,41

3.3.2.3.Data Gelombang

Tabel 3.6. Data Gelombang

Arah (asal)	<i>Operating</i>		<i>Storm</i>	
	<i>Height</i> (ft)	<i>Period</i> (s)	<i>Height</i> (ft)	<i>Period</i> (s)
N 0°	2	4,6	22	7,9
W 45°	2	4,6	18	7,7
SW 90°	2	4,6	10	6,8
S 135°	2	4,6	10	6,8
SE 180°	2	4,6	10	6,8
E 225°	6	6,4	22	7,9
NE 270°	6	6,4	22	7,9
N 315°	6	6,4	22	7,9

3.3.2.4.Data Kedalaman Perairan

Kedalaman perairan yang digunakan dalam analisis *platform* ini yaitu :

Tabel 3.7. Kedalaman Perairan Struktur *Jacket*

<i>Datum</i> (feet)	Kedalaman (feet)
<i>Mean Water Level (MWL)</i>	80 ft
<i>Highest Astronomical Tide (HAT)</i>	1,74
<i>Lowest Astronomical Tide (LAT)</i>	-
<i>Storm Tide</i>	0,13 ft – 0,59ft

3.3.3. Data Pembebanan

3.3.3.1. Beban Mati (*Dead Load*)

Beban mati yang diaplikasikan pada di *platform* di bawah diantaranya:

1. Beban mati struktur (berat baja)
2. Perlengkapan pada *jacket*, seperti *anodes*, *mudmats*, *jacket walkways*, plat *shim*, plat *crown*, dll
3. Peralatan dan lainnya pada *main deck*
4. Peralatan pada *cellar deck*
5. Beton pada pendaratan kapal
6. *Crane*

Beban peralatan yang berada pada struktur *jacket*, beban hidup, dan beban *jacket* sendiri sebagai berikut :

Table 3.8. Platform Dead Load

No	Deskripsi	Berat [kips]
1	<i>Platform Structural Weight</i>	1045,596
2	<i>Wet Piping</i>	54,673
3	<i>Equipment</i>	65,798
TOTAL [kips]		1166,067

3.3.3.2. Beban Hidup (*Live Load*)

Beban hidup adalah beban yang diperkirakan akan terjadi dan berubah selama masa platform. Beban hidup diaplikasikan sebagai beban yang didistribusikan secara merata pada daerah sebagai berikut:

1. Beban hidup pada area terbuka diatas *main deck*
2. Beban hidup pada area terbuka diatas *cellar deck*
3. Beban hidup pada area terbuka diatas *walkway superimposed*

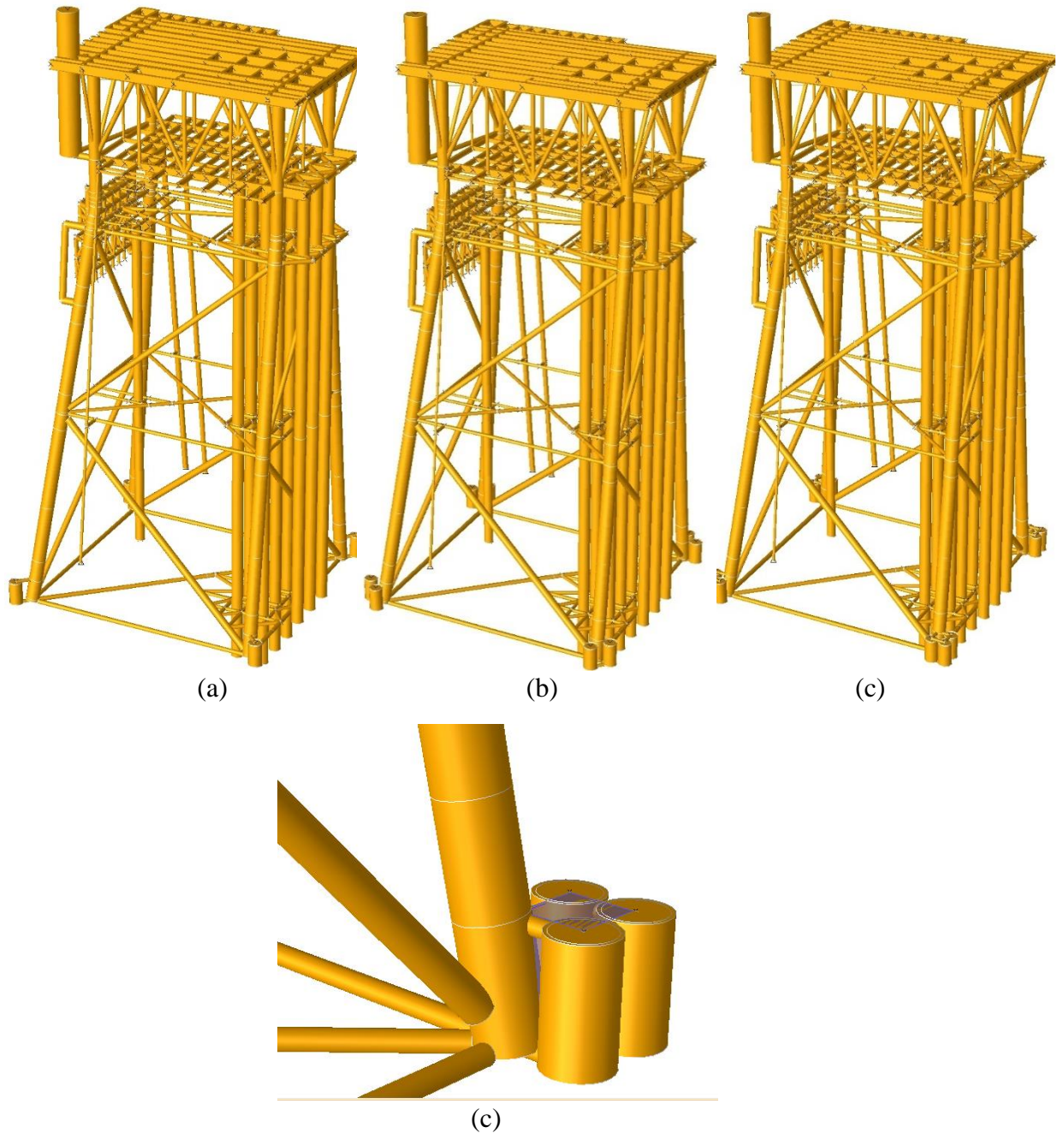
Tabel 3.9. Live Load

No	Deskripsi	Berat [kips]
1	<i>Cellar Deck Superimposed</i>	47,614
2	<i>Main Deck Superimposed</i>	155,824
3	<i>Walkway Superimposed</i>	6,519
TOTAL [kips]		209,957

BAB IV
ANALISIS DAN PEMBAHASAN

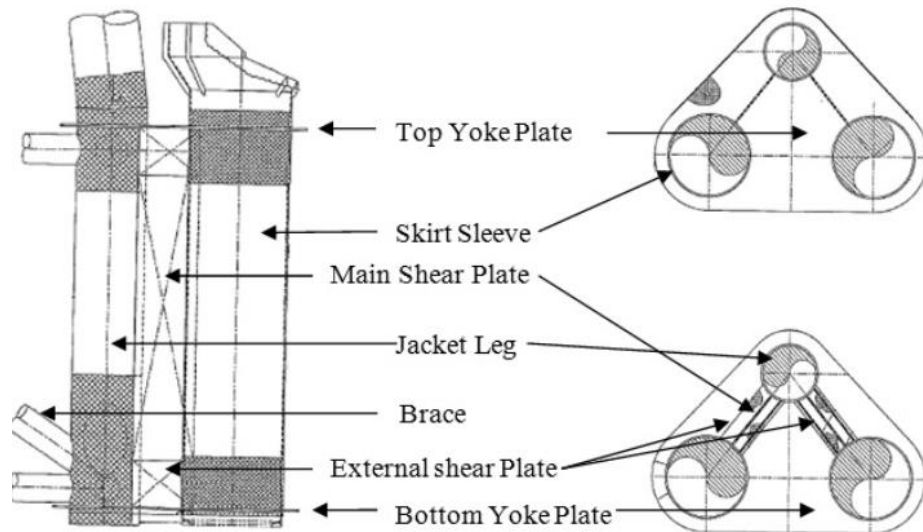
4.1. Pemodelan Struktur dan Skirt Pile

Pemodelan struktur *jacket* LB PHE ONWJ menggunakan *software* SACS 5.7. Pemodelan dilakukan pada setiap *member jacket*, *deck*, dan 3 variasi *skirt pile*. Kemudian beban beban peralatan dan beban lingkungan dimodelkan.



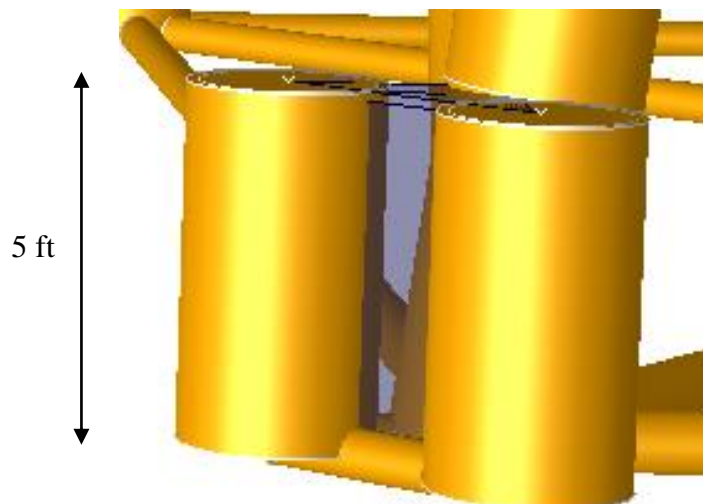
Gambar 4.1. (a) LB *platform* dengan 1 *skirt pile*, (b) 2 *skirt pile*, (c) 3 *skirt pile*, (d) detail *skirt pile*

Skirt pile diaplikasikan sebagai penghubung antara pondasi tiang pancang dan *jacket leg*. Pada bagian anulus/rongga antara lubang *skirt* dan *pile* biasanya disemen/*grouted*. Penggunaan *skirt pile* dimaksudkan untuk mengurangi defleksi arah horizontal karena jarak yang dekat pada interaksi *pile* dan tanah. Kegunaan lain *skirt pile* adalah untuk menghambat laju korosi (S.C. Jiang, 2011). Beberapa bagian yang berada di *skirt pile* diantaranya *shear plate*, *yoke plate*, dan *sleeves/skirt guide*.



Gambar 4.2. Bagian *Skirt Pile*

Salah satu detail pemodelan ketiga tipe *skirt pile* pada struktur *jacket LB* dengan *software* SACS dapat dilihat pada gambar dibawah ini :



Gambar 4.3. Detail konfigurasi 2 *Skirt Pile*

Dengan menggunakan rumus *ultimate pile capacity* (Q_d) dan nilai efektif untuk grup *pile* didapatkan kedalam *pile* dari 3 variasi *skirt pile*. Menggunakan *safety factor* 2, diameter yang dipakai pada 3 variasi tersebut adalah sama yaitu diameter 30 inch dan ketebalan 1 inch. Dilakukan iterasi sampai memenuhi SF yang diijinkan.

Perhitungan nilai efektif pada konfigurasi grup *pile* pada rumus *Converse-Labarre* sehingga didapatkan:

Tabel 4.1. Perhitungan nilai efektif pada grup *pile*

Jumlah <i>Skirt Pile</i>	Kedalaman (ft)	η
2	36	0,996733
3	25	0,992377

Selanjutnya menghitung *ultimate pile capacity* (Q_d) dikalikan dengan nilai efektif untuk grup *pile*. Untuk *compressive force* didapatkan dari total gaya aksial (beban *jacket* dan *equipment*), berat *pile*, dan berat tanah.

Tabel 4.2. Hasil iterasi kedalaman dengan variasi jumlah *pile*

OD= 30 in	T = 1 in				
Jumlah <i>Skirt Pile</i>	Kedalaman (ft)	Total <i>Compressive Force</i> (kips)	Q_d (kips)	$Q_d \times \eta$ (kips)	SF
1	117	368,57	1102,04	1102,04	2,9
2	36	173,51	360,60	359,42	2,03
3	25	119,42	244,88	243,01	2,07

4.2. Analisis Statis

Tahap analisis statis *inplace* diperlukan sebelum menuju ke analisis *ultimate*. Proses ini dilakukan untuk memperoleh *member stress check* dari setiap variasi 3 model dengan *skirt pile* yang berbeda. Proses yang dilakukan hanya menggunakan data lingkungan kondisi badai (100 tahun) karena data yang digunakan untuk

analisa *ultimate* adalah saat kondisi badai atau ekstrim. Hasil dinyatakan aman apabila *Unity Check* (UC) ≤ 1 .

Pada penelitian ini dilakukan analisis pada struktur dengan menggunakan 8 arah pembebanan yakni pada arah 0° , 48° , 90° , 132° , 180° , 228° , 270° , dan 312° sesuai dengan rekomendasi API RP 2A WSD.

Tabel 4.3. Hasil UC pada Kondisi Badai

Deskripsi	Maksimal <i>Unity Check Member</i>							
	0°	48°	90°	132°	180°	228°	270°	312°
<i>1 Skirt Pile</i>	0,584	0,743	0,746	0,605	0,734	0,726	0,592	0,584
<i>2 Skirt Pile</i>	0,618	0,957	0,782	0,621	0,617	0,845	0,792	0,584
<i>3 Skirt Pile</i>	0,593	0,576	0,709	0,579	0,618	0,551	0,578	0,505

Dari hasil analisis statis *inplace* didapatkan hasil UC terbesar adalah 0,957 pada model dengan 2 *skirt pile* pada arah pembebanan 48° . Perubahan yang signifikan dan berbeda setiap model dapat terjadi karena perbedaan susunan model setiap variasi. Dengan hasil $UC \leq 1$ analisis *ultimate* dapat dilakukan.

4.3. Analisis *Ultimate Strength*

Analisis kekuatan struktur *ultimate* menggunakan metode *pushover* dalam program *software* SACS 5.7 yang merupakan analisis statis *non-linier*. Beban yang bekerja pada program ini adalah beban aksial yang terdiri dari beban peralatan dan beban lingkungan (beban lateral). Beban yang akan dinaikkan secara bertahap (*increment*) adalah beban lingkungan sampai struktur runtuh (*collapse*). Pada program *pushover* SACS 5.7 *file* yang diperlukan antara lain :

- Sacinp merupakan model struktur
- Clpinp merupakan *input collapse* yang terdiri dari definisi beban yang di *increment*
- Psiinp merupakan definisi *pile* dan tanah

Semua *file* tersebut diinput kedalam *software* SACS 5.7 kemudian dilakukan *running* menggunakan *analysis generator*.

Tipe yang digunakan adalah tipe *non-linier plastic analysis (full plastic collapse/pushover)*. Hasil *running* dapat dilihat pada *program launcher view collapse* yang menjelaskan proses *visualisasi* terjadinya keruntuhan pada struktur *jacket*. Dengan hasilnya adalah *base shear* yang merupakan gaya reaksi maksimum yang bekerja pada permukaan tanah akibat beban lateral. RSR kemudian didapatkan.

```

1 CLPOPT 20 8 20 CN LBJFPPJS MG 0.010.001 0.011000.0.002
2 CLPRPT P1R1M1MP
3 LDSEQ E000 GRAV 8 1.1E000 80 10.
4 GRPELA CBS CP1 DL0 DL1 DL2 G01 G02 G03 G04 G05 G06 G07 G08 G09 G10
5 GRPELA G11 G12 G13 G14 G15 G16 G17 G18 G19 G20 G21 G22 G23 G24 G25
6 GRPELA H01 H02 H03 H04 H05 H06 H07 H08 H09 H10 H11 H12 H13 H14 H15
7 GRPELA H16 KB1 KB2 KBA KBB SC1 SC2 SC3 T11 T12 T21 T22 TA1 TA2 TA3
8 GRPELA TA4 TA5 TB1 TB2 TB3 TB4 TB5 W.B X1
9 END

```

Gambar 4.4. *Input collapse* untuk arah 0° pada Program SACS

Tabel 4.4. Hasil RSR 1 Skirt Pile

Arah	Load Step	Load Factor	Base Shear		RSR
			Awal	Collapse	
0 °	46	4,75	255,85	1206,18	4,714
48 °	51	5,25	274,9	1433,55	5,2148
90 °	45	4,62	277,44	1246,6	4,4932
132 °	55	5,5	269,02	1488,86	5,5343
180 °	49	5,12	249,74	1286,07	5,1496
228 °	54	4,6	271,19	1228,56	4,5302
270 °	42	4,25	269,72	1191,53	4,4176
312 °	45	4,62	272,67	1233,76	4,5247

Tabel 4.5. Hasil RSR 2 Skirt Pile

Arah	Load Step	Load Factor	Base Shear		RSR
			Awal	Collapse	
0 °	44	4,5	257,57	1134,88	4,4061
48 °	53	5,62	275,98	1335,5	4,8391

Tabel 4.5. Hasil RSR 2 Skirt Pile

lanjutan

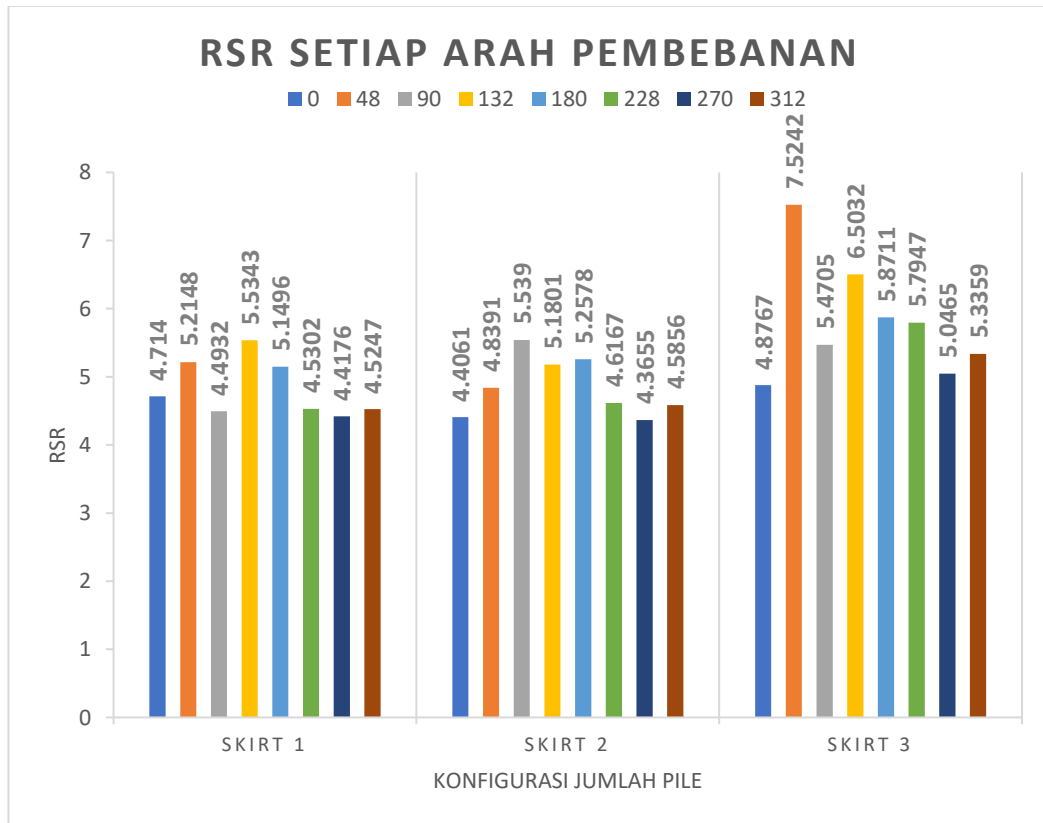
Arah	Load Step	Load Factor	Base Shear		RSR
			Awal	Collapse	
90 °	52	5,5	277,22	1535,54	5,5390
132 °	49	5,12	271,47	1406,25	5,1801
180 °	50	5,25	252,72	1328,76	5,2578
228 °	45	4,62	275,01	1269,65	4,6167
270 °	43	4,38	281,51	1228,95	4,3655
312 °	45	4,62	278,84	1278,66	4,5856

Tabel 4.6. Hasil RSR 3 Skirt Pile

Arah	Load Step	Load Factor	Base Shear		RSR
			Awal	Collapse	
0 °	48	5	256,59	1251,33	4,8767
48 °	66	7,25	273,46	2057,59	7,5242
90°	52	5,5	275,57	1507,53	5,4705
132 °	60	6,5	269,85	1754,91	6,5032
180 °	55	5,88	249,28	1463,56	5,8711
228 °	55	5,88	270,35	1566,6	5,7947
270 °	48	5	276,97	1397,75	5,0465
312 °	54	5,75	274,97	1463,98	5,3359

Pada hasil tabel RSR setiap variasi *skirt pile* diatas, didapatkan hasil dari arah pembebanan yang menyebabkan struktur mengalami keruntuhan. Pada hasil ini diambil 3 kondisi arah pembebanan yang paling kritis diantaranya:

- 1 Arah 270° untuk 1 *skirt pile* dengan *load factor* 4,25 (*increment* 42)
- 2 Arah 270° untuk 2 *skirt pile* dengan *load factor* 4,38 (*increment* 43)
- 3 Arah 0° untuk 3 *skirt pile* dengan *load factor* 5 (*increment* 48)



Gambar 4.5. RSR pada setiap variasi *skirt pile*

Total gaya yang bekerja pada ketiga arah paling kritis dapat dilihat pada tabel dibawah ini :

Tabel 4.7. Total Gaya yang Bekerja pada Kondisi Kritis

Deskripsi	Arah	Load Factor	Total Gaya (Kips)		
			Fx	Fy	Fz
1 Skirt Pile	270°	4,25	1,45	-1205,24	-477,97
2 Skirt Pile	270°	4,38	1,5	-1254,88	-477,95
3 Skirt Pile	0°	5	1348,95	-2,66	-529,89

4.4. Reaksi Pile Terhadap Tanah

Analisis *pile soil interaction* dilakukan pada *pile* sehingga akan menyebabkan defleksi dan perbedaan gaya disetiap kedalaman *pile*. Perubahan yang disebabkan oleh tanah ini akan berpengaruh pada struktur *jacket*. Defleksi yang terjadi ketiga jenis *skirt pile* pada saat terkena beban maksimal saat *collapse* dapat dilihat pada tabel dibawah ini:

Tabel 4.8. Hasil *Pile Soil Interaction* pada Skirt 1*Pile Max Deflection*

Skirt 1 arah 270°

<i>Pile</i>	<i>No Pile</i>	<i>Load Factor</i>	<i>Max Displacement (inch)</i>		
			X	Y	Z
0000	PL1	42	-1,805	-3,731	-13,799
0002	PL2	42	1,533	-3,731	-10,241
0022	PL3	42	1,02	-4,875	-0,046
0017	PL4	42	-1,553	-4,567	1,409

Tabel 4.9. Hasil *Pile Soil Interaction* pada Skirt 2*Pile Max Deflection*

Skirt 2 arah 270°

<i>Pile</i>	<i>No Pile</i>	<i>Load Factor</i>	<i>Max Displacement (inch)</i>		
			X	Y	Z
0001	PL11	43	-0,254	-2,715	-20,447
0006	PL12	43	0	-0,006	-0,005
0025	PL21	43	0,002	-0,002	-0,007
0011	PL22	43	0	0	0
0026	PL31	43	0	0	-0,004
0027	PL32	43	-0,001	0	-0,003
0023	PL41	43	0	-0,001	-0,004
0028	PL42	43	0	-0,001	0

Tabel 4.10. Hasil *Pile Soil Interaction* pada Skirt 3*Pile Max Deflection*

Skirt 3 arah 0°

<i>Pile</i>	<i>No Pile</i>	<i>Load Factor</i>	<i>Max Displacement (inch)</i>		
			X	Y	Z
0006	PL1	48	0,005	0	-0,005
0011	PL12	48	0,005	0	-0,005
0016	PL13	48	0,005	0	-0,005
0021	PL21	48	0,006	0	-0,005

Tabel 4.10. Hasil *Pile Soil Interaction* pada Skirt 3
lanjutan

Pile Max Deflection

Skirt 3 arah 0°

<i>Pile</i>	<i>No Pile</i>	<i>Load Factor</i>	<i>Max Displacement (inch)</i>		
			X	Y	Z
0023	PL22	48	0,006	0	-0,005
0025	PL23	48	0,006	0	-0,005
0027	PL31	48	0,006	0	-0,005
0029	PL32	48	0,006	0	-0,005
0031	PL33	48	0,006	0	-0,005
0033	PL41	48	0,005	0	-0,005
0035	PL42	48	0,005	0	-0,005
0037	PL43	48	0,005	0	-0,005

4.5. Proses Keruntuhan

Dari ketiga kondisi kritis dilakukan pengamatan untuk membandingkan proses terjadi keruntuhan secara bertahap pada masing masing jumlah *pile*. Proses dimulai dari satu member terjadi kegagalan atau plastisitasnya 1.

Tabel 4.11. *Clustering member* Arah 270° pada 1 Skirt Pile

<i>Load Step</i>	<i>Arah</i>	<i>Load Factor</i>	<i>Member</i>	<i>Plasticity</i>	<i>Keterangan</i>
33	270°	3,12	201-307	0,167	<i>Plastic</i>
34	270°	3,25	220-210	1	<i>Plastic Hinge</i>
34	270°	3,25	220-228	-	<i>Joint Failure</i>
34	270°	3,25	231-223	-	<i>Joint Failure</i>
35	270°	3,38	201-307	0,333	<i>Plastic</i>
38	270°	3,75	201-307	1	<i>Plastic Hinge</i>
39	270°	3,88	205-257	1	<i>Plastic Hinge</i>
39	270°	3,88	257-303	1	<i>Plastic Hinge</i>
39	270°	3,88	201-307	1	<i>Plastic Hinge</i>
39	270°	3,88	218-222	0,171	<i>Plastic</i>
39	270°	3,88	307-375	0,917	<i>Plastic</i>

Tabel 4.11. Clustering member Arah 270° pada 1 Skirt Pile
lanjutan

<i>Load Step</i>	<i>Arah</i>	<i>Load Factor</i>	<i>Member</i>	<i>Plasticity</i>	<i>Keterangan</i>
39	270°	3,88	201-307	1	<i>Plastic Hinge</i>
40	270°	4	205-257	1	<i>Plastic Hinge</i>
40	270°	4	257-303	1	<i>Plastic Hinge</i>
40	270°	4	802-607	-	<i>Joint Failure</i>
41	270°	4,12	205-282	1	<i>Plastic</i>
42	270°	4,12	205-209	0,333	<i>Plastic</i>
42	270°	4,25	201-210	1	<i>Plastic Hinge</i>
42	270°	4,25	201-218	1	<i>Plastic Hinge</i>
42	270°	4,25	207-219	1	<i>Plastic Hinge</i>

Tabel 4.12. Clustering member Arah 270° pada 2 Skirt Pile

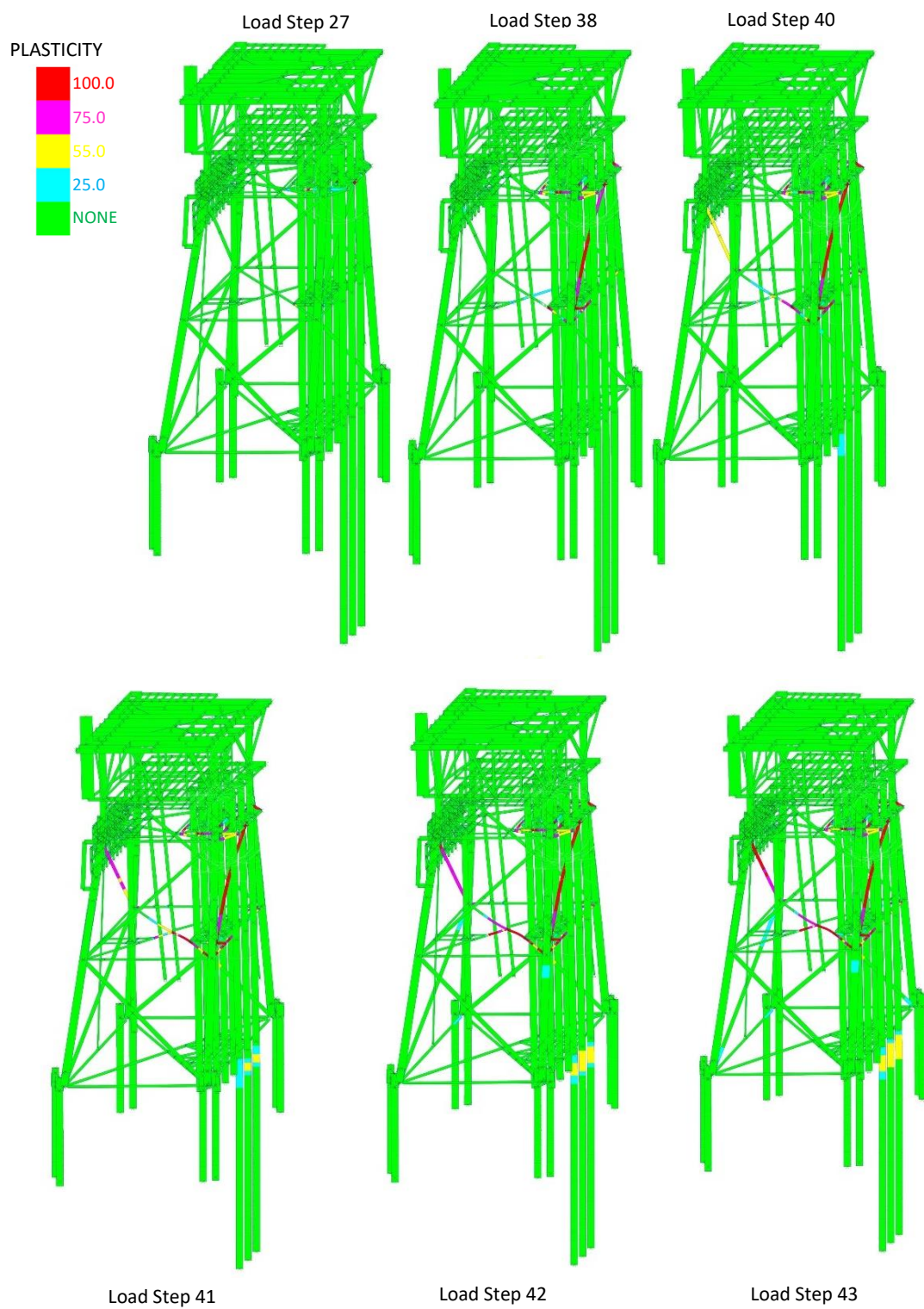
<i>Load Step</i>	<i>Arah</i>	<i>Load Factor</i>	<i>Member</i>	<i>Plasticity</i>	<i>Keterangan</i>
24	270°	2	310-317	-	<i>Joint Failure</i>
24	270°	2	317-372	-	<i>Joint Failure</i>
24	270°	2	310-372	-	<i>Joint Failure</i>
27	270°	2,38	372-371	1	<i>Plastic Hinge</i>
28	270°	2,5	371-370	-	<i>Joint Failure</i>
38	270°	3,75	310-317	1	<i>Plastic Hinge</i>
40	270°	4	201-307	1	<i>Plastic Hinge</i>
41	270°	4,12	201-210	1	<i>Plastic Hinge</i>
42	270°	4,25	246-209	1	<i>Plastic Hinge</i>
42	270°	4,25	217-210	1	<i>Plastic Hinge</i>
43	270°	4,38	209-222	1	<i>Plastic Hinge</i>
43	270°	4,38	205-257	1	<i>Plastic Hinge</i>
43	270°	4,38	257-303	1	<i>Plastic Hinge</i>

Tabel 4.13. *Clustering member Arah 0° pada 3 Skirt Pile*

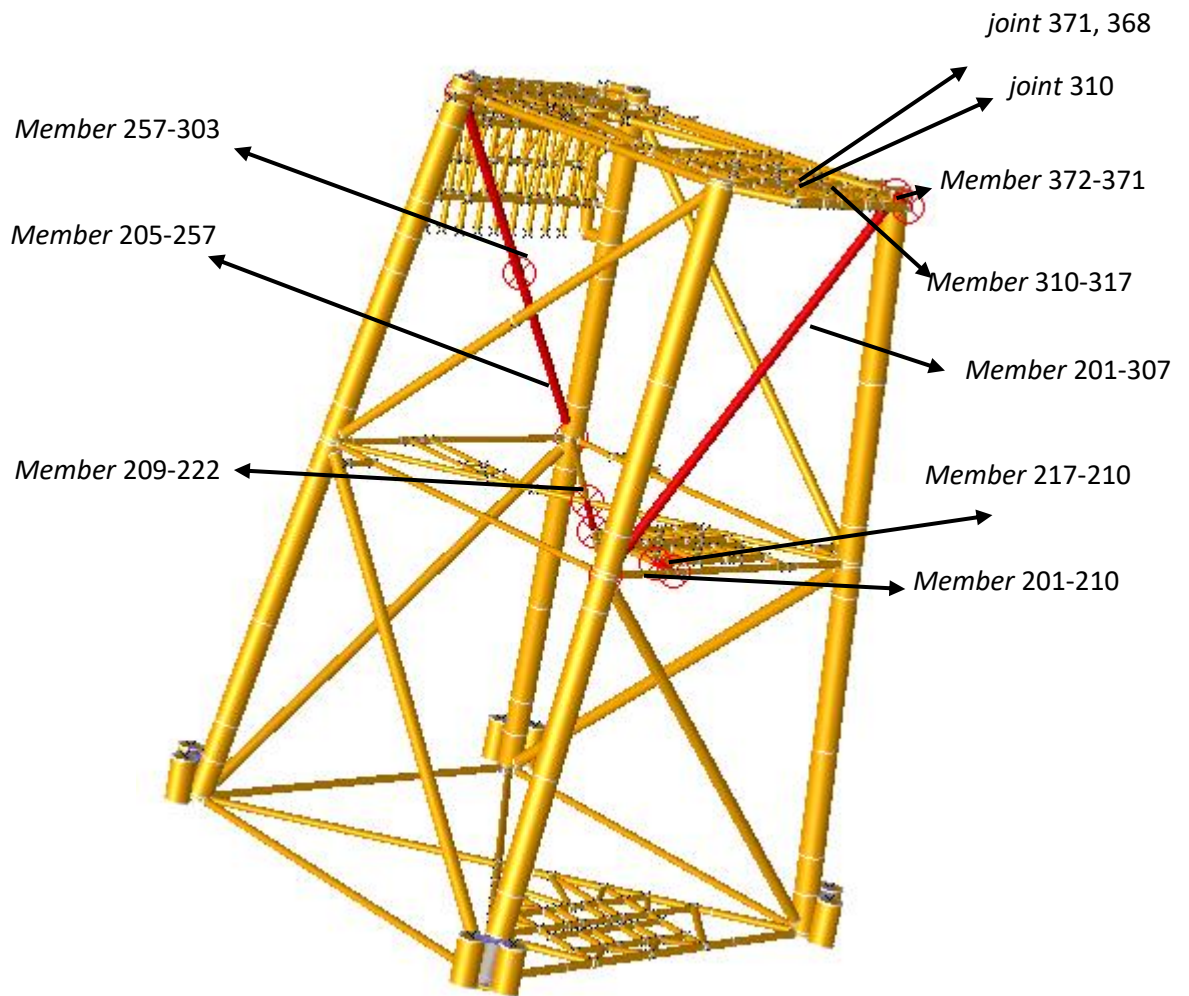
<i>Load Step</i>	<i>Arah</i>	<i>Load Factor</i>	<i>Member</i>	<i>Plasticity</i>	<i>Keterangan</i>
43	0°	4,38	260-301	0,167	<i>Plastic</i>
46	0°	4,75	203-260	1	<i>Plastic Hinge</i>
46	0°	4,75	260-301	1	<i>Plastic Hinge</i>
47	0°	4,88	101-203	1	<i>Plastic Hinge</i>
48	0°	5	207-259	1	<i>Plastic Hinge</i>
48	0°	5	203-285	1	<i>Plastic Hinge</i>
48	0°	5	248-203	1	<i>Plastic Hinge</i>
48	0°	5	245-246	1	<i>Plastic Hinge</i>
48	0°	5	246-209	1	<i>Plastic Hinge</i>
48	0°	5	103-205	1	<i>Plastic Hinge</i>
48	0°	5	205-257	1	<i>Plastic Hinge</i>
48	0°	5	257-303	1	<i>Plastic Hinge</i>
48	0°	5	201-307	1	<i>Plastic Hinge</i>

Proses keruntuhan struktur *jacket* akibat pembebanan arah 270° konfigurasi 2 *skirt pile* . Pada *increment* beban ke-24 ada tiga *joint* yang gagal, yaitu *joint* 310, dan 317. Setelah ketiga *joint* itu gagal, pada *increment* ke-27 *member* 372-371 gagal. Kemudian sampai pada *increment* ke-25,26 belum ada *member* yang mengalami kegagalan. Pada *increment* beban ke 28 *joint* yang gagal, yaitu *joint* 371. Baru pada *increment* ke-38 terjadi kegagalan pada *member* 310-317. Setelah *increment* ke-38 tepatnya pada *increment* ke-40 *member* 201-307 mengalami kegagalan. Sampai pada *increment* ke-43 *member* yang terakhir gagal adalah *member* 257-303. Kemudian *increment* berhenti karena struktur dinyatakan *collapse*.

Pada gambar 4.6 diperlihatkan proses keruntuhan pada *member* ataupun *joint* yang mengalami kegagalan pada struktur *jacket* dengan konfigurasi 2 buah *skirt pile* sesuai dengan tabel 4.10.



Gambar 4.6. Proses Keruntuhan Struktur Arah 270° pada 2 Skirt Pile



Gambar 4.7. Moda Keruntuhan Struktur Arah 270° pada 2 Skirt Pile

4.6. Analisis Keandalan

4.6.1. Peluang Kegagalan Struktur (POF)

Peluang kegagalan (POF) diperoleh dengan menggunakan persamaan 2.21 dan 2.23. untuk setiap mode kegagalan. Dimana komponen f_t/f_c , f_{by} , dan f_{bz} adalah komponen acak dari *axial stress* (*tension* atau *compression*) dan *bending stress*. Nilai f_t/f_c , f_{by} , dan f_{bz} ini akan dijadikan variabel acak dan disimulasikan angka acak dikeluarkan oleh RNG yang merupakan komponen pada simulasi *Monte Carlo*. Simulasi *Monte Carlo* digunakan untuk mendapatkan POF untuk setiap *member* yang mengalami kegagalan. Sampel yang telah diambil tersebut dipakai sebagai masukan ke dalam persamaan fungsi kinerja FK (x) dan harga FK (x)

kemudian dihitung. Untuk suatu fungsi kinerja tertentu, misalnya setiap kali FK (x) < 0 maka sistem/komponen yang ditinjau dianggap gagal.

Pada grafik fungsi kerapatan dan peluang (gambar 2.6) dapat dinyatakan dengan standar defiasi atau dengan *coefficient of variation* (CoV). CoV yang diantaranya standar defiasi dan *mean* atau nilai rata – rata (NCHRP, 2001). Nilai COV untuk kondisi *demand* CoV=0,3 dan untuk kondisi *ultimate*/kapasitas CoV=0,15

Pada komponen *demand* (tuntutan) menggunakan distribusi lognormal sedangkan komponen kapasitas menggunakan distribusi normal. merubah angka acak menjadi peubah acak pada MS. Excel (Ainnillah, 2017) dapat dilakukan dengan menggunakan fungsi sebagai berikut:

- Distribusi Lognormal
=LOGNORMAL.INV(angka_acak; *mean*; standard_deviasi)
- Distribusi Normal
=NORMINV(angka_acak; *mean*; standard_deviasi)

Peluang kegagalan didapatkan pada ketiga variasi tipe *skirt pile* dengan kondisi kritis pada 3 kondisi arah pembebanan. Yaitu Arah 270° untuk 1 *skirt pile*, arah 270° untuk 2 *skirt pile* dan arah 0° untuk 3 *skirt pile*.

Tabel 4.14. Keandalan *clustering member* dengan tipe 1 *skirt pile*

<i>Load Step</i>	Arah	<i>Member</i>	<i>Critical Condition</i>	<i>Group</i>	POF	K
39	270°	201-307	<i>Compress&Bending</i>	B22	0,641	0,359
40	270°	205-257	<i>Compress&Bending</i>	B12	0,50476	0,49524
40	270°	257-303	<i>Compress&Bending</i>	B12	0,51188	0,48812
41	270°	205-282	<i>Tension & Bending</i>	B01	0,4915	0,5085
42	270°	201-210	<i>Compress&Bending</i>	B09	0,18004	0,81996
42	270°	201-218	<i>Compress&Bending</i>	B13	0,87508	0,12492
42	270°	207-219	<i>Compress&Bending</i>	B13	0,87586	0,12414

Berdasarkan Tabel 4.12 diketahui bahwa pada *jacket* dengan tipe 1 *skirt pile* struktur mengalami keruntuhan total saat *load step* ke 42. Peluang kegagalan *member* terbesar terjadi pada *member* 207-219 di *load step* terakhir dengan POF

sebesar 0,87586. Oleh karena itu *member* tersebut memiliki keandalan yang paling kecil yaitu 0,12414.

Tabel 4.15. Keandalan *clustering member* dengan tipe 2 *skirt pile*

<i>Load Step</i>	<i>Arah</i>	<i>Member</i>	<i>Critical Condition</i>	<i>Group</i>	POF	K
40	270°	201-307	<i>Compress&Bending</i>	B22	0,38020	0,6198
41	270°	201-210	<i>Compress&Bending</i>	B09	0,69106	0,30894
42	270°	246-209	<i>Compress&Bending</i>	B03	0,24054	0,75946
42	270°	217-210	<i>Compress&Bending</i>	B02	0,80910	0,1909
43	270°	209-222	<i>Compress&Bending</i>	B10	0,45524	0,54476
43	270°	205-257	<i>Compress&Bending</i>	B12	0,51168	0,48832
43	270°	257-303	<i>Compress&Bending</i>	B12	0,54936	0,45064

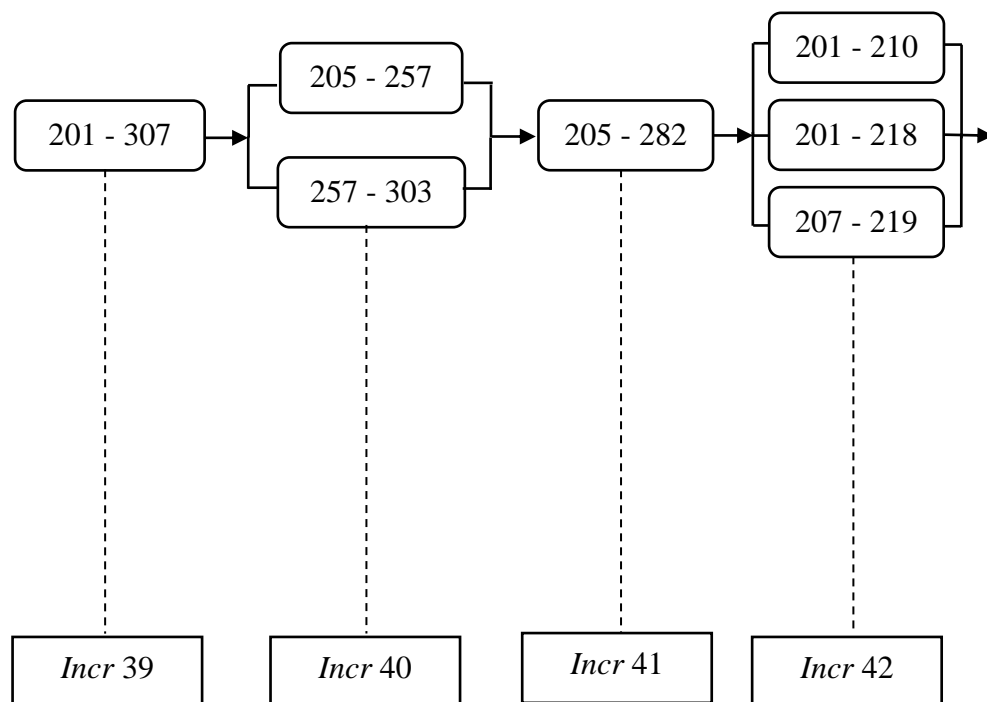
Berdasarkan Tabel 4.13 diketahui bahwa pada *jacket* dengan tipe 2 *skirt pile* struktur mengalami keruntuhan total saat *load step* ke 43. Peluang kegagalan *member* terbesar terjadi pada *member* 217-210 di *load step* terakhir dengan POF sebesar 0,80910. Oleh karena itu *member* tersebut memiliki keandalan yang paling kecil yaitu 0,1909.

Tabel 4.16. Keandalan *clustering member* dengan tipe 3 *skirt pile*

<i>Load Step</i>	<i>Arah</i>	<i>Member</i>	<i>Critical Condition</i>	<i>Group</i>	POF	K
46	0°	203-260	<i>Compress&Bending</i>	BB2	0,97326	0,02674
46	0°	260-301	<i>Compress&Bending</i>	BB3	0,98332	0,01668
47	0°	101-203	<i>Compress&Bending</i>	BB1	0,41406	0,58594
48	0°	203-285	<i>Compress&Bending</i>	B01	0,89634	0,10366
48	0°	248-203	<i>Compress&Bending</i>	B02	0,40206	0,59794
48	0°	245-246	<i>Compress&Bending</i>	B03	0,58492	0,41508
48	0°	246-209	<i>Compress&Bending</i>	B03	0,66362	0,33638
48	0°	103-205	<i>Compress&Bending</i>	B11	0,9555	0,0445
48	0°	205-257	<i>Compress&Bending</i>	B12	0,69366	0,30634
48	0°	257-303	<i>Compress&Bending</i>	B12	0,64444	0,35556
48	0°	201-307	<i>Compress&Bending</i>	B22	0,80388	0,19612

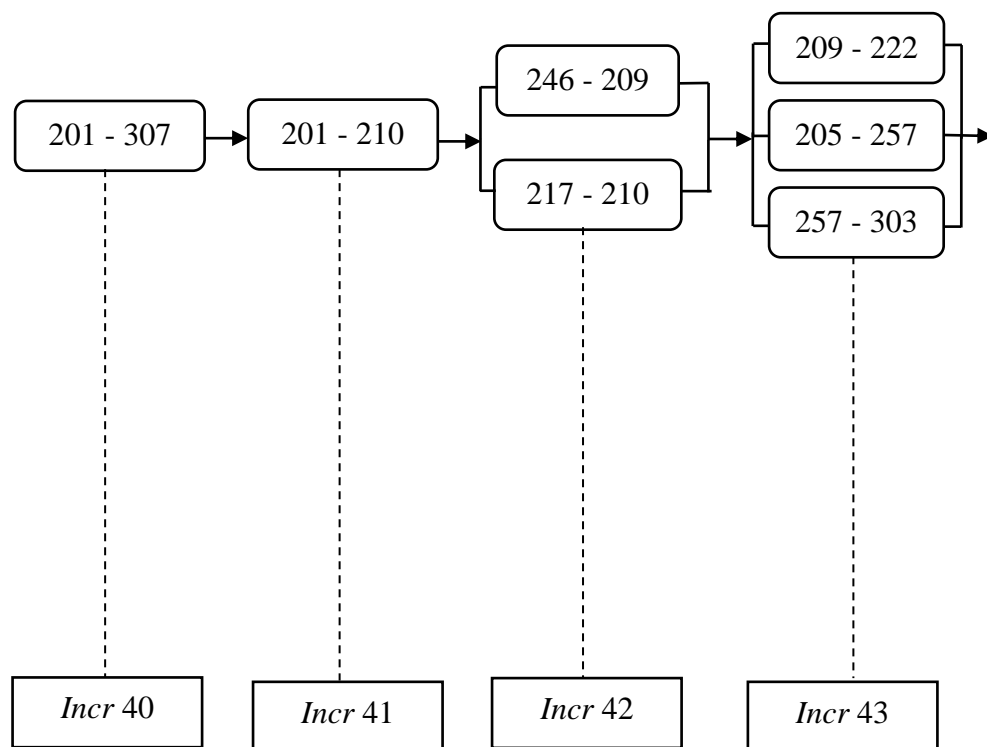
Berdasarkan Tabel 4.14 diketahui bahwa pada *jacket* dengan tipe 3 *skirt pile* struktur mengalami keruntuhan total saat *load step* ke 48. Peluang kegagalan *member* terbesar terjadi pada *member* 260-301 di *load step* terakhir dengan POF sebesar 0,80910. Oleh karena itu *member* tersebut memiliki keandalan yang paling kecil yaitu 0,01668.

Selanjutnya dilakukan perhitungan keandalan sistem pada *jacket platform* LB. Dengan mengelompokkan (*clustering*) *member* – *member* yang mengalami kegagalan (*local*) saat *increment* tertentu sampai struktur mengalami keruntuhan *global*, didapatkan pola keruntuhan pada struktur *jacket*. Peluang kegagalan sistem menggunakan perhitungan keandalan sistem seri-paralel. Apabila dalam satu *increment* (*load step*) terdapat lebih dari satu *member* yang terjadi kegagalan, maka *member* tersebut dihubungkan dengan sistem seri. Sedangkan untuk setiap *increment* beban yang berbeda maka setiap *member* dihubungkan secara paralel. Sehingga untuk ketiga tipe *skirt pile* dibuat sistem seri paralel untuk mendapatkan keandalannya.



Gambar 4.8. *Clustering member jacket* pada pola keruntuhan arah 270° dengan tipe 1 *skirt pile*

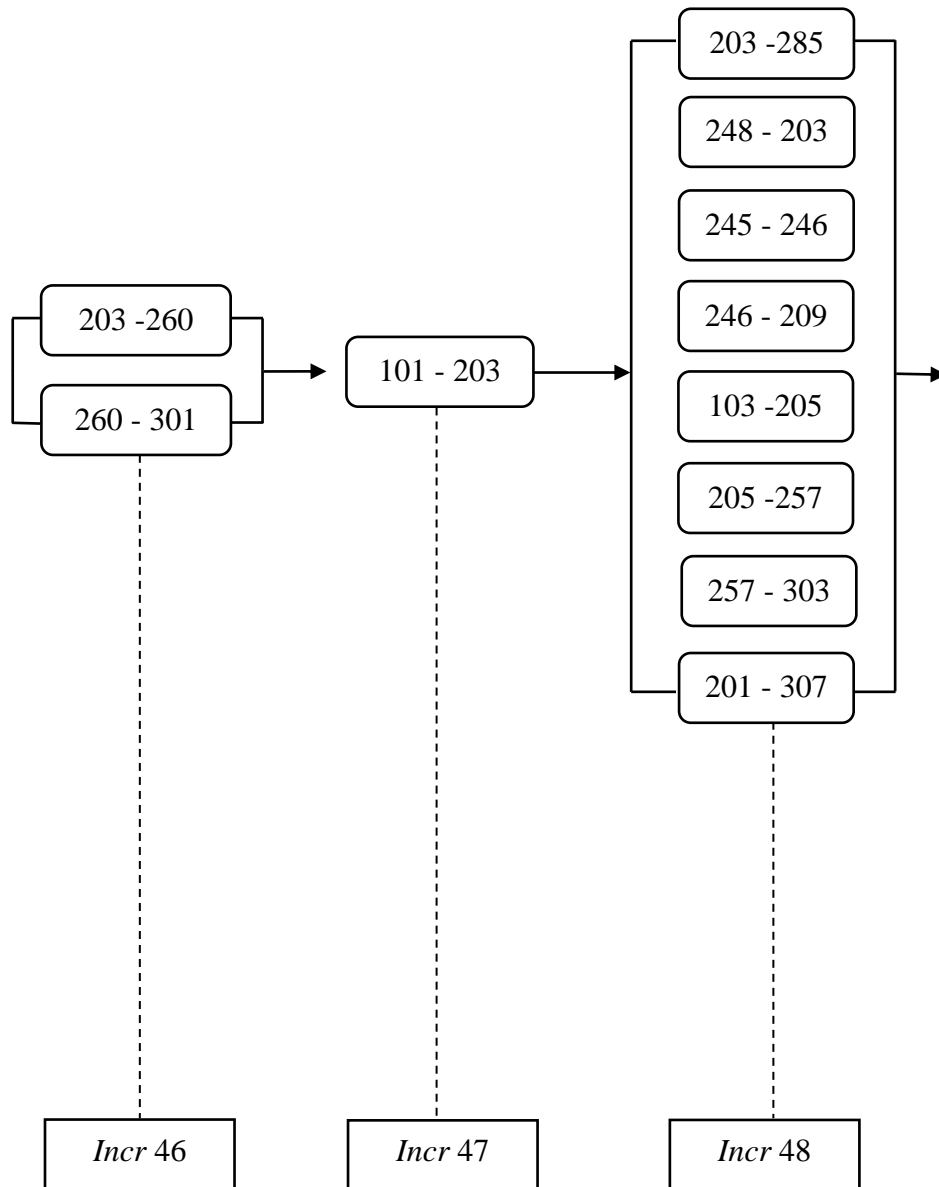
Pada gambar 4.8 dapat dilihat pola keruntuhan *jacket* dengan tipe 1 *skirt pile* pada arah 270°. Pada *increment* ke-39 ada 1 *member* yang mengalami kegagalan yaitu *member* 201-307. Kemudian pada *increment* ke-40 ada 2 *member* yang mengalami kegagalan yaitu *member* 205-257 dan 257-303. Dilanjutkan pada *increment* ke-41 ada 1 *member* yang mengalami kegagalan yaitu *member* 205-282. Dan pada ke-42 diikuti dengan gagalnya 3 *member* yaitu *member* 201-210, 201-218, dan 207-219. Setelah *increment* ke-42 kekakuan struktur secara *global* telah mendekati 0 sehingga dengan gagalnya *member-member* tersebut, struktur *jacket* mengalami kegagalan keseluruhan (*global collapse*).



Gambar 4.9. *Clustering member jacket* pada pola keruntuhan arah 270° dengan tipe 2 *skirt pile*

Pada gambar 4.9 pola keruntuhan *jacket* dengan tipe 2 *skirt pile* pada arah 270°. Pada *increment* ke-40 ada 1 *member* yang mengalami kegagalan yaitu *member* 201-307. Kemudian dilanjutkan pada *increment* ke-41 ada 1 *member* yang mengalami kegagalan yaitu *member* 201-210. Kemudian pada *increment* ke-42 ada 2 *member* yang mengalami kegagalan yaitu *member* 246-209 dan 217-210. Dan

pada ke-43 diikuti dengan gagalnya 3 member yaitu member 209-222, 205-257, 257-303. Setelah *increment* ke-43 kekakuan struktur secara *global* telah mendekati 0 sehingga dengan gagalnya *member-member* tersebut, struktur *jacket* mengalami kegagalan.



Gambar 4.10. *Clustering member jacket* pada pola keruntuhan arah 0° dengan tipe 3 skirt pile

Pada gambar 4.10 dapat dilihat pola keruntuhan *jacket* dengan tipe 3 *skirt pile* pada arah pembebanan 0° . Pada *increment* ke-46 ada 2 *member* yang mengalami kegagalan yaitu *member* 203-260 dan 260-301. Kemudian pada *increment* ke-47 ada 1 *member* yang mengalami kegagalan yaitu *member* 101-203. Dilanjutkan pada *increment* ke-48 ada 8 *member* yang mengalami kegagalan antara lain *member* 203-285, 248-203, 245-246, 246-209, 103-205, 205-257, 257-303, dan 201-307. Setelah *increment* ke-48 kekakuan struktur secara *global* telah mendekati 0 sehingga dengan gagalnya *member-member* tersebut, struktur *jacket* mengalami kegagalan.

Dari pola keruntuhan tersebut dilakukan perhitungan keandalan sistem menggunakan metode RBD (*Reliability Block Diagram*) dari pola seri paralel sehingga didapatkan POF dari sistem. Dibawah ini perhitungan keandalan sistem untuk 1 *skirt pile*.

- Keandalan sistem seri (*increment* 40)

$$\begin{aligned} K(40) &= K(205-257) \times K(257-303) \\ &= 0,49524 \times 0,48812 \\ &= 0,24173 \end{aligned}$$

- Keandalan sistem seri (*increment* 42)

$$\begin{aligned} K(42) &= K(201-210) \times K(201-218) \times K(207-219) \\ &= 0,81996 \times 0,12492 \times 0,12414 \\ &= 0,01271 \end{aligned}$$

- Keandalan Sistem

$$\begin{aligned} K_s &= 1 - [(1-K(39)) \times (1-K(40)) \times (1-K(41)) \times (1-K(42))] \\ &= 1 - [(1-(201-307)) \times (1-K(40)) \times (1-(205-282)) \times (1-K(42))] \\ &= 1 - [(1-0,359) \times (1-0,241173) \times (1-0,5085) \times (1-0,01271)] \\ &= 1 - [0,23585] \\ &= 0,76414 \end{aligned}$$

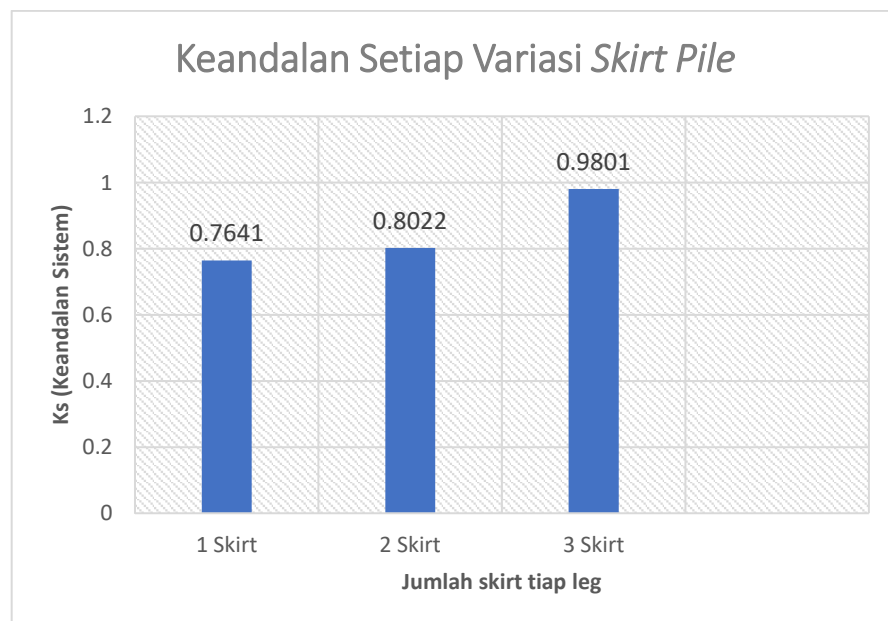
- Kegagalan Sistem

$$\begin{aligned} \text{POFs} &= 1 - K_s \\ &= 1 - 0,79131 \\ &= 0,23585 \end{aligned}$$

Dengan melakukan perhitungan keandalan pada sistem menggunakan RBD didapatkan keandalan sistem masing masing jumlah *skirt pile* dan kegagalannya (POFs).

Tabel 4.17. POF dan Keandalan sistem tiap variasi *Skirt Pile*

Jumlah Skirt	Arah Pembebanan	POFs	Ks
1	270°	0,23585	0,76414
2	270°	0,19771	0,80228
3	0°	0,01987	0,98012



Gambar 4.11. Grafik keandalan masing masing variasi *Skirt Pile*

Pada gambar 4.9 dapat diketahui bahwa keandalan terbesar dimiliki oleh *jacket 3 skirt pile* tiap *leg* dengan 0,98012.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Dari hasil perhitungan dan analisis dapat diperoleh beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Hasil analisis *pushover* pada masing masing variasi *skirt pile* pada struktur *jacket* dapat diketahui bahwa 1 *skirt pile* dari arah pembebanan 270° kegagalan dimulai pada *increment* ke- 39 *member* 201-307 sampai *increment* ke-42 pada *member* 207-219. Pada 2 *skirt pile* dari arah pembebanan 270° kegagalan dimulai pada *increment* ke- 40 *member* 201-307 sampai *increment* ke-43 pada *member* 257-303. Untuk 3 *skirt pile* dari arah pembebanan 0° kegagalan dimulai pada *increment* ke- 46 *member* 203-260 sampai *increment* ke-48 pada *member* 201-307.
2. Hasil analisis *pushover* menghasilkan RSR terkecil pada arah pembebanan 270° untuk 1 *skirt pile* sebesar 4,4176, arah pembebanan 270° untuk konfigurasi 2 *skirt pile* sebesar 4,3655, dan arah pembebanan 0° untuk variasi 3 *skirt pile* sebesar 4,8767.
3. Hasil analisis *pushover* didapatkan beban maksimum pada ketiga arah pembebanan yang paling kritis pada masing masing variasi *skirt pile*. Untuk konfigurasi 1 *skirt pile* dari arah y sebesar -1205,24 kips, 2 *skirt pile* sebesar -1254,88 kips dari arah y, dan 3 *skirt pile* sebesar -1348,95 kips dari arah x.
4. Hasil perhitungan keandalan sistem untuk 1 *skirt pile* memiliki keandalan terkecil sebesar 0,76414, 2 *skirt pile* sebesar 0,80228, dan 3 *skirt pile* sebesar 0,98012.

5.2. Saran

Untuk kedepannya penulis menyarankan untuk penelitian Tugas Akhir selanjutnya untuk:

1. Perlu dilakukan analisa resiko untuk setiap penggunaan variasi *skirt pile* yang berbeda.
2. Perlu data tanah yang lebih detail pada perencanaan variasi jumlah *skirt pile* di *software* SACS.

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

DAFTAR PUSTAKA

- Ainnillah, Shailla. 2017. "Analisis Ultimate Strength Struktur Jacket Platform Berbasis Keandalan Pasca Subsidence". *Jurnal Tugas Akhir Jurusan Teknik Kelautan ITS*, ITS Surabaya.
- American Petroleum Institute. 1997. *Recommended Practice For Planning, Designing and Construction Fixed Offshore Platform - Load and Resistance Factor Design*. Official Publication Washington D.C.
- American Petroleum Institute. 2007. *Recommended Practice For Planning, Designing and Construction Fixed Offshore Platform - Working Stress Design*. Official Publication Washington D.C.
- Andrew, James. 2013. *The Process Of Drilling Oil Wells* (*oilgasindustry.yolasite.com*) diakses tanggal 12 Februari 2017 Pukul 20:30.
- Azmi, Fatih. 2016. "Analisis Resiko Keruntuhan Struktur Jacket Breasting Dolphin Akibat Penambahan DWT Kapal Tanker". *Jurnal Tugas Akhir Jurusan Teknik Kelautan ITS*, ITS Surabaya.
- British Petroleum, 2015. *Statistical Review of World Energy*. London: BP.
- Chakrabarti, S. 2005. *Handbook of Offshore Engineering - Volume I*. USA: Elsevier.
- DAS, B. M. 2011. *Principles of Foundation Engineering, SI*. Seventh Edition ed. Stamford USA: Cengage Learning.
- Dewobroto, Wiryanto. 2015. *Struktur Baja – Perilaku, Analisis & Desain – AISC 2010*.
- El-Reedy, M A. 2012. *Design, Construction and Maintenance*. USA: Elsevier.
- Engineering, P. D. 2013. *Service Life Extension For "LB" Platform*. Jakarta : PT Depriwangga Engineering.
- ESRU. 2017. STEEL jacket structure. Tersedia di: <http://www.esru.strath.ac.uk/EandE/Websites/98-9/offshore/steel.htm/> [Diakses pada tanggal 7 Mei 2017].

- HMC. 2017. *Transportation and Installation of the Valemon Jacket*. Tersedia di: <https://hmc.heerema.com/projects/valemon/> [Diakses pada tanggal 7 Mei 2017].
- Jicheng Shi, L. X. W. Y. S. J. S. Y. 2015. "General Study on the Construction and Installation of Jacket Skirt Pile Sleeve". *4th International Conference on Sustainable Energy and Environmental Engineering (ICSEEE 2015)*, Shangdong – China.
- Nallayarasu, S. 2013. *Offshore Structure Analysis and Design*. Handbook Department of Ocean Engineering Indian Institute of Technology. Madras - India.
- Nasir, M. 2014. *Potret Kinerja Migas Indonesia*. Buletin Info Risiko Fiskal (IRF) Edisi 1 ,2014.
- NCHRP REPORT 454. 2001. *Calibration of Load Factors for LRFR Bridge Evaluation*. Washington D.C.- National Academy Press.
- Nuriman, Fahmi. 2013. "Analisis Kekuatan Ultimate Struktur Jacket Wellhead Tripod Platform Akibat Penambahan Conductor dan Deck Extension". *Jurnal Tugas Akhir Jurusan Teknik Kelautan ITS*, ITS Surabaya
- Popov, E.P.,1993. *Mekanika Teknik*. Jakarta : Erlangga.
- Quimby. T.Barlett, 2011. *A Beginner's Guide to the Steel Construction Manual*, 14th ed. by T. Bart Quimby, P.E., Ph.D.
- Robayasa, Nasta Ina. 2012. "Analisis Kekuatan Ultimate Struktur Jacket Well Tripod Platform Berbasis Resiko".*Jurnal Tugas Akhir Jurusan Teknik Kelautan ITS*, ITS Surabaya.
- Rosyid, Daniel M. 2007. *Pengantar Rekayasa Keandalan*. Surabaya: Airlangga University Press.
- S.C. Jiang, Z. Wang, X.L. Zhao. 2011. "Structural Performance of Prestressed Grouted Pile-to-Sleeve Connections". *The Twelfth East Asia-Pacific Conference on Structural Engineering and Construction*. Science direct.

Yudhistira. 2008. “Analisis Kekuatan Ultimate Struktur Jacket LWA Berbasis Resiko dengan MICROSAS”. *Jurnal Tugas Akhir Jurusan Teknik Kelautan ITS*, ITS Surabaya.

Yunas, Dimas Alif. 2015. “Analisis Resiko Keruntuhan Jacket Pasca Subsidence Akibat Modifikasi Ketinggian Deck”. *Jurnal Tugas Akhir Jurusan Teknik Kelautan ITS*, ITS Surabaya.

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

LAMPIRAN 1
PERHITUNGAN KEDALAMAN
PILE* MASING-MASING *SKIRT
PILE

Perhitungan Nilai efektif

$$\eta = 1 - \left[\frac{(n_1-1)n_2 + (n_2-1)n_1}{90n_1n_2} \right] \theta$$

dengan :

n_1	=	jumlah pile
n_2	=	jumlah jarak antar pile
θ	=	$\tan^{-1} (D/d)$
D	=	diameter pile
d	=	jarak antar pile

Untuk 2 Skirt

n_1	=	2
n_2	=	1
D	=	30 inch
d	=	45 Inch
$(n_1 - 1)$	=	1
$(n_2 - 1)$	=	0
$90n_1n_2$	=	180
θ	=	0,588002604
η	=	0,996733319

Untuk 3 Skirt

n_1	=	3	
n_2	=	2	
D	=	30	inch
d	=	45	inch
$(n_1 - 1)$	=	2	
$(n_2 - 1)$	=	1	
$90n_1n_2$	=	540	
θ	=	0.588003	
η	=	0.992378	

1 Skirt Pile

OD	=	30	in
t	=	1	in
d	=	29	in

(Outside Diameter)

(Thickness)

(Inside Diameter)

$$A = 0,32 \text{ ft}^2$$

(Net Area of Pile)

$$A_p = 4,91 \text{ ft}^2$$

(Gross End Area of Pile)

h	=	177,00	ft
----------	---	---------------	-----------

(Penetration Depth)

$$A_s = 918,92 \text{ ft}^2$$

(Surface Area)

Q_f	=	670,57	kips
Q_p	=	431,48	kips
Q_d	=	1102,04	kips

$$Q_d = Q_s + Q_p$$

$$Q_f = f \times A_s$$

$$Q_p = q \times A_p$$

Load Max	=	312,53	kips
-----------------	---	---------------	-------------

(Self Weight)

$$\gamma_{\text{steel}} = 0,490752 \text{ kip/ft}^3$$

(A36 Steel Specific Weight)

$$\gamma_{\text{water}} = 0,064000 \text{ kip/ft}^3$$

(Sea Water Specific Weight)

$$\gamma_{\text{saturated}} = 0,070000 \text{ kip/ft}^3$$

(Saturated Soil (Dawson) Specific Weight)

W	=	18,48	kips
W_s	=	37,57	kips

(Pile Weight)

(Soil Weight)

F	=	368,57	kips
----------	---	---------------	-------------

(Total Compressive Force)

Perhitungan Penetrasi Kedalaman Pile (1 Skirt Pile)

<i>depth (ft)</i>	<i>Odpile (ft)</i>	<i>f (kips/ft²)</i>	<i>A_s (ft²)</i>	<i>Q_s (kips)</i>	<i>q (kips/ft²)</i>	<i>A_p (ft²)</i>	<i>Q_p (kips)</i>	<i>Q_d (kips)</i>	<i>F (kips)</i>	<i>SF</i>
0	2.50	0.0000	7.85	0.0000	0.0000	4.91	0.0000	0.00	104.18	0.000
1	2.50	0.1900	7.85	1.4923	0.1286	4.91	0.6311	2.11	104.79	0.020
2	2.50	0.3800	7.85	2.9845	0.2571	4.91	1.2622	4.21	105.40	0.040
3	2.50	0.5700	7.85	4.4768	0.3857	4.91	1.8934	6.32	106.01	0.060
4	2.50	1.8700	7.85	14.6869	0.5143	4.91	2.5245	17.08	106.62	0.160
5	2.50	3.1700	7.85	24.8971	0.6429	4.91	3.1556	27.84	107.23	0.260
6	2.50	4.4700	7.85	35.1073	0.7714	4.91	3.7867	38.60	107.84	0.358
7	2.50	5.7700	7.85	45.3175	0.9000	4.91	4.4179	49.36	108.45	0.455
8	2.50	7.0700	7.85	55.5277	1.0286	4.91	5.0490	60.11	109.05	0.551
9	2.50	8.3700	7.85	65.7378	1.1571	4.91	5.6801	70.87	109.66	0.646
10	2.50	9.6700	7.85	75.9480	1.2857	4.91	6.3112	81.63	110.27	0.740
11	2.50	10.9700	7.85	86.1582	1.4143	4.91	6.9424	92.39	110.88	0.833
12	2.50	12.2700	7.85	96.3684	1.5429	4.91	7.5735	103.15	111.49	0.925
13	2.50	13.5700	7.85	106.5785	1.6714	4.91	8.2046	113.91	112.10	1.016
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
109	2.50	85.2736	7.85	669.7373	16.4250	4.91	80.6260	750.36	364.74	2.057
110	2.50	85.2868	7.85	669.8410	16.6500	4.91	81.7305	751.57	365.22	2.058
111	2.50	85.3000	7.85	669.9446	16.8750	4.91	82.8350	752.78	365.70	2.058
112	2.50	85.3132	7.85	670.0483	17.1000	4.91	83.9394	753.99	366.18	2.059
113	2.50	85.3264	7.85	670.1520	17.3250	4.91	85.0439	755.20	366.66	2.060
114	2.50	85.3396	7.85	670.2557	17.5500	4.91	86.1484	756.40	367.14	2.060
115	2.50	85.3528	7.85	670.3593	17.7750	4.91	87.2528	757.61	367.61	2.061
116	2.50	85.3660	7.85	670.4630	18.0000	4.91	88.3573	758.82	368.09	2.061
117	2.50	85.3792	7.85	670.5667	87.9000	4.91	431.4781	1102.04	368.57	2.990

2 Skirt Pile

OD	=	30	in
t	=	1	in
d	=	29	in

(Outside Diameter)

(Thickness)

(Inside Diameter)

$$A = 0,32 \text{ ft}^2$$

(Net Area of Pile)

$$A_p = 4,91 \text{ ft}^2$$

(Gross End Area of Pile)

h	=	36	ft
----------	---	-----------	-----------

(Penetration Depth)

$$A_s = 282 \text{ ft}^2$$

(Surface Area)

Q_f	=	337,88	kip
Q_p	=	22,72	kip
Q_d	=	360,60	kip

$$Q_d = Q_s + Q_p$$

$$Q_f = f \times A_s$$

$$Q_p = q \times A_p$$

Load Max	=	312,53	kip
	=	156,26	kip

(Self Weight)

2 Pile

$$\gamma_{\text{steel}} = 0,490752 \text{ kip/ft}^3$$

(A36 Steel Specific Weight)

$$\gamma_{\text{water}} = 0,064000 \text{ kip/ft}^3$$

(Sea Water Specific Weight)

$$\gamma_{\text{saturated}} = 0,070000 \text{ kip/ft}^3$$

(Saturated Soil (Dawson) Specific Weight)

W	=	5,69	kip
W_s	=	11,56	kip

(Pile Weight)

(Soil Weight)

F	=	173,51	kip
----------	---	---------------	------------

(Total Compressive Force)

Perhitungan Penetrasi Kedalaman Pile (2 Skirt Pile)

<i>depth (ft)</i>	<i>Odpile (ft)</i>	<i>f (kips/ft²)</i>	<i>A_s (ft²)</i>	<i>Q_s (kips)</i>	<i>q (kips/ft²)</i>	<i>A_p (ft²)</i>	<i>Q_p (kips)</i>	<i>Q_d x η (kips)</i>	<i>F (kips)</i>	<i>SF</i>
0	2.50	0.0000	7.85	0.0000	0.0000	4.91	0.0000	0.00	156.26	0.000
1	2.50	0.1900	7.85	1.4923	0.1286	4.91	0.6311	2.12	156.74	0.014
2	2.50	0.3800	7.85	2.9845	0.2571	4.91	1.2622	4.23	157.22	0.027
3	2.50	0.5700	7.85	4.4768	0.3857	4.91	1.8934	6.35	157.70	0.040
4	2.50	1.8700	7.85	14.6869	0.5143	4.91	2.5245	17.16	158.18	0.108
5	2.50	3.1700	7.85	24.8971	0.6429	4.91	3.1556	27.96	158.66	0.176
6	2.50	4.4700	7.85	35.1073	0.7714	4.91	3.7867	38.77	159.14	0.244
7	2.50	5.7700	7.85	45.3175	0.9000	4.91	4.4179	49.57	159.62	0.311
8	2.50	7.0700	7.85	55.5277	1.0286	4.91	5.0490	60.38	160.10	0.377
9	2.50	8.3700	7.85	65.7378	1.1571	4.91	5.6801	71.18	160.58	0.443
10	2.50	9.6700	7.85	75.9480	1.2857	4.91	6.3112	81.99	161.05	0.509
11	2.50	10.9700	7.85	86.1582	1.4143	4.91	6.9424	92.80	161.53	0.574
12	2.50	12.2700	7.85	96.3684	1.5429	4.91	7.5735	103.60	162.01	0.639
13	2.50	13.5700	7.85	106.5785	1.6714	4.91	8.2046	114.41	162.49	0.704
14	2.50	14.8700	7.85	116.7887	1.8000	4.91	8.8357	125.21	162.97	0.768
15	2.50	16.1700	7.85	126.9989	1.9286	4.91	9.4669	136.02	163.45	0.832
16	2.50	17.4700	7.85	137.2091	2.0571	4.91	10.0980	146.83	163.93	0.896
17	2.50	18.7700	7.85	147.4192	2.1857	4.91	10.7291	157.63	164.41	0.959
18	2.50	20.0700	7.85	157.6294	2.3143	4.91	11.3602	168.44	164.89	1.022
....
....
....
....
31	2.50	36.9700	7.85	290.3617	3.9857	4.91	19.5648	308.91	171.11	1.805
32	2.50	38.2700	7.85	300.5719	4.1143	4.91	20.1960	319.72	171.59	1.863
33	2.50	39.5700	7.85	310.7821	4.2429	4.91	20.8271	330.53	172.07	1.921
34	2.50	40.8700	7.85	320.9922	4.3714	4.91	21.4582	341.33	172.55	1.978
35	2.50	42.1700	7.85	331.2024	4.5000	4.91	22.0893	352.14	173.03	2.035
36	2.50	43.0200	7.85	337.8783	4.6286	4.91	22.7204	359.42	173.51	2.071

3 Skirt Pile

OD	=	30	in
t	=	1	in
d	=	29	in

(Outside Diameter)

(Thickness)

(Inside Diameter)

$$A = 0,32 \text{ ft}^2$$

(Net Area of Pile)

$$A_p = 4,91 \text{ ft}^2$$

(Gross End Area of Pile)

h	=	25	ft
----------	----------	-----------	-----------

(Penetration Depth)

$$A_s = 196,35 \text{ ft}^2$$

(Surface Area)

Q_f	=	229,10	kips
Q_p	=	15,78	kips
Q_d	=	244,88	kips

$$Q_d = Q_s + Q_p$$

$$Q_f = f \times A_s$$

$$Q_p = q \times A_p$$

Load Max	=	312,53	kips
	=	104,18	kips

(Self Weight)

3 Pile

$$\gamma_{\text{steel}} = 0,490752 \text{ kip/ft}^3$$

(A36 Steel Specific Weight)

$$\gamma_{\text{water}} = 0,064000 \text{ kip/ft}^3$$

(Sea Water Specific Weight)

$$\gamma_{\text{saturated}} = 0,070000 \text{ kip/ft}^3$$

(Saturated Soil (Dawson) Specific Weight)

W	=	3,95	kips
W_s	=	8,03	kips

(Pile Weight)

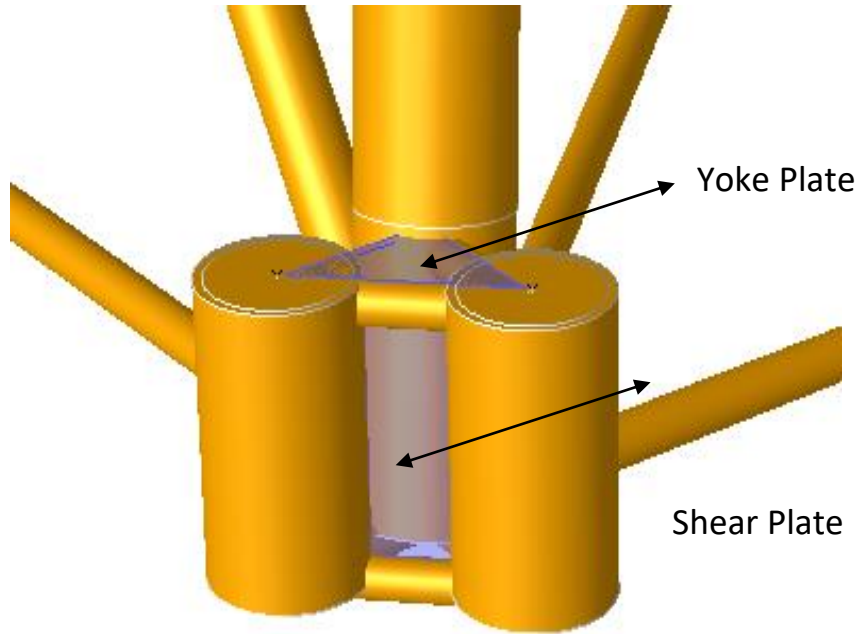
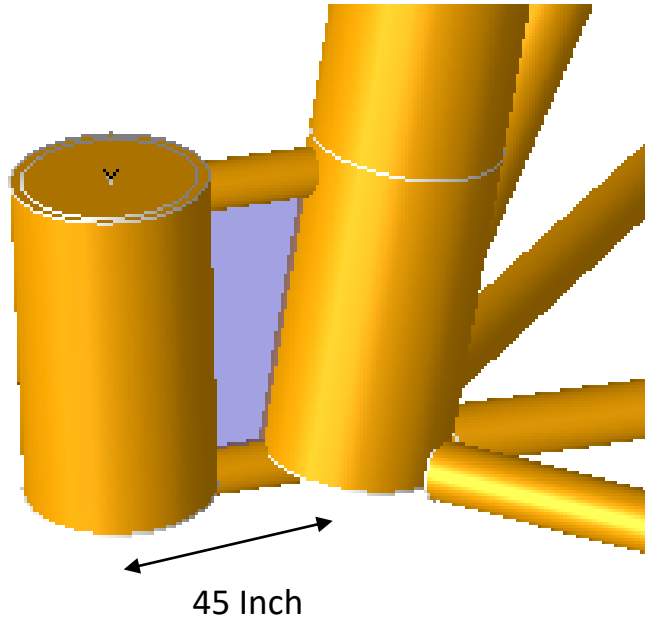
(Soil Weight)

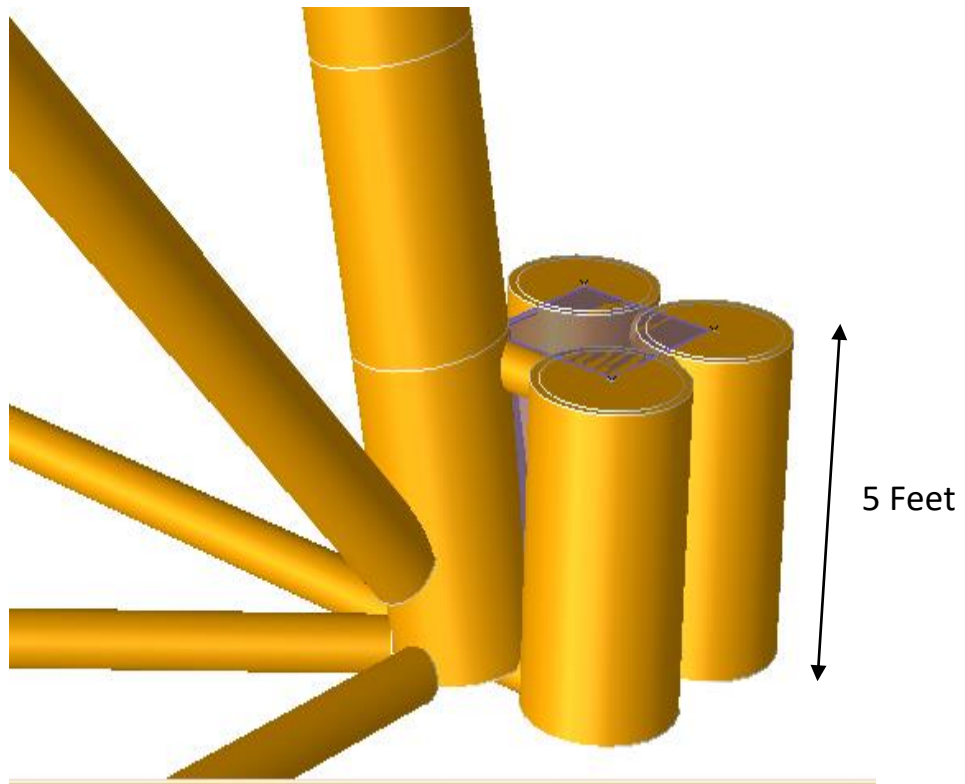
F	=	116,15	kips
----------	----------	---------------	-------------

(Total Compressive Force)

<i>depth (ft)</i>	<i>Odpile (ft)</i>	<i>f (kips/ft²)</i>	<i>A_s (ft²)</i>	<i>Q_s (kips)</i>	<i>q (kips/ft²)</i>	<i>A_p (ft²)</i>	<i>Q_p (kips)</i>	<i>Q_{ax} η (kips)</i>	<i>F (kips)</i>	<i>SF</i>
0	2.50	0.0000	7.85	0.0000	0.0000	4.91	0.0000	0.00	104.18	0.000
1	2.50	0.1900	7.85	1.4923	0.1286	4.91	0.6311	2.11	104.66	0.020
2	2.50	0.3800	7.85	2.9845	0.2571	4.91	1.2622	4.21	105.13	0.040
3	2.50	0.5700	7.85	4.4768	0.3857	4.91	1.8934	6.32	105.61	0.060
4	2.50	1.8700	7.85	14.6869	0.5143	4.91	2.5245	17.08	106.09	0.161
5	2.50	3.1700	7.85	24.8971	0.6429	4.91	3.1556	27.84	106.57	0.261
6	2.50	4.4700	7.85	35.1073	0.7714	4.91	3.7867	38.60	107.05	0.361
7	2.50	5.7700	7.85	45.3175	0.9000	4.91	4.4179	49.36	107.53	0.459
8	2.50	7.0700	7.85	55.5277	1.0286	4.91	5.0490	60.11	108.01	0.557
9	2.50	8.3700	7.85	65.7378	1.1571	4.91	5.6801	70.87	108.49	0.653
10	2.50	9.6700	7.85	75.9480	1.2857	4.91	6.3112	81.63	108.97	0.749
11	2.50	10.9700	7.85	86.1582	1.4143	4.91	6.9424	92.39	109.45	0.844
12	2.50	12.2700	7.85	96.3684	1.5429	4.91	7.5735	103.15	109.92	0.938
13	2.50	13.5700	7.85	106.5785	1.6714	4.91	8.2046	113.91	110.40	1.032
14	2.50	14.8700	7.85	116.7887	1.8000	4.91	8.8357	124.67	110.88	1.124
15	2.50	16.1700	7.85	126.9989	1.9286	4.91	9.4669	135.43	111.36	1.216
16	2.50	17.4700	7.85	137.2091	2.0571	4.91	10.0980	146.18	111.84	1.307
17	2.50	18.7700	7.85	147.4192	2.1857	4.91	10.7291	156.94	112.32	1.397
18	2.50	20.0700	7.85	157.6294	2.3143	4.91	11.3602	167.70	112.80	1.487
19	2.50	21.3700	7.85	167.8396	2.4429	4.91	11.9913	178.46	113.28	1.575
20	2.50	22.6700	7.85	178.0498	2.5714	4.91	12.6225	189.22	113.76	1.663
21	2.50	23.9700	7.85	188.2599	2.7000	4.91	13.2536	199.98	114.24	1.751
22	2.50	25.2700	7.85	198.4701	2.8286	4.91	13.8847	210.74	114.71	1.837
23	2.50	26.5700	7.85	208.6803	2.9571	4.91	14.5158	221.49	115.19	1.923
24	2.50	27.8700	7.85	218.8905	3.0857	4.91	15.1470	232.25	115.67	2.008
25	2.50	29.1700	7.85	229.1006	3.2143	4.91	15.7781	243.01	116.15	2.092

LAMPIRAN 2
PEMODELAN *SKIRT PILE* PADA
JACKET





Jarak Antara Sleeves = 45 Inch
Tinggi = 5 feet

LAMPIRAN 3
INPUT MOTODE PUSHOVER DI
SOFTWARE SACS

Arah 0°

```
clpinp.000 *
1 CLPOPT      20  8 20      CN LBJFPPJS      MG  0.010.001 0.011000.0.002
2 CLPRPT P1R1M1MP
3 LDSEQ E000      GRAV  8      1.1E000  80      10.
4 GRPELA      CBS CP1 DL0 DL1 DL2 G01 G02 G03 G04 G05 G06 G07 G08 G09 G10
5 GRPELA      G11 G12 G13 G14 G15 G16 G17 G18 G19 G20 G21 G22 G23 G24 G25
6 GRPELA      H01 H02 H03 H04 H05 H06 H07 H08 H09 H10 H11 H12 H13 H14 H15
7 GRPELA      H16 KB1 KB2 KBA KBB SC1 SC2 SC3 T11 T12 T21 T22 TA1 TA2 TA3
8 GRPELA      TA4 TA5 TB1 TB2 TB3 TB4 TB5 W.B X1
9 END
```

Arah 48°

```
clpinp.048 *
1 CLPOPT      20  8 20      CN LBJFPPJS      MG  0.010.001 0.011000.0.002
2 CLPRPT P1R1M1MP
3 LDSEQ E048      GRAV  8      1.1E048  80      10.
4 GRPELA      CBS CP1 DL0 DL1 DL2 G01 G02 G03 G04 G05 G06 G07 G08 G09 G10
5 GRPELA      G11 G12 G13 G14 G15 G16 G17 G18 G19 G20 G21 G22 G23 G24 G25
6 GRPELA      H01 H02 H03 H04 H05 H06 H07 H08 H09 H10 H11 H12 H13 H14 H15
7 GRPELA      H16 KB1 KB2 KBA KBB SC1 SC2 SC3 T11 T12 T21 T22 TA1 TA2 TA3
8 GRPELA      TA4 TA5 TB1 TB2 TB3 TB4 TB5 W.B X1
9 END
```

Arah 90°

```
clpinp.090
1 CLPOPT      20  8 20      CN LBJFPPJS      MG  0.010.001 0.011000.0.002
2 CLPRPT P1R1M1MP
3 LDSEQ E090      GRAV  8      1.1E090  80      10.
4 GRPELA      CBS CP1 DL0 DL1 DL2 G01 G02 G03 G04 G05 G06 G07 G08 G09 G10
5 GRPELA      G11 G12 G13 G14 G15 G16 G17 G18 G19 G20 G21 G22 G23 G24 G25
6 GRPELA      H01 H02 H03 H04 H05 H06 H07 H08 H09 H10 H11 H12 H13 H14 H15
7 GRPELA      H16 KB1 KB2 KBA KBB SC1 SC2 SC3 T11 T12 T21 T22 TA1 TA2 TA3
8 GRPELA      TA4 TA5 TB1 TB2 TB3 TB4 TB5 W.B X1
9 END
10
```

Arah 132°

```
clpinp.132
1 CLPOPT      20  8 20      CN LBJFPPJS      MG  0.010.001 0.011000.0.002
2 CLPRPT P1R1M1MP
3 LDSEQ E132      GRAV  8      1.1E132  80      10.
4 GRPELA      CBS CP1 DL0 DL1 DL2 G01 G02 G03 G04 G05 G06 G07 G08 G09 G10
5 GRPELA      G11 G12 G13 G14 G15 G16 G17 G18 G19 G20 G21 G22 G23 G24 G25
6 GRPELA      H01 H02 H03 H04 H05 H06 H07 H08 H09 H10 H11 H12 H13 H14 H15
7 GRPELA      H16 KB1 KB2 KBA KBB SC1 SC2 SC3 T11 T12 T21 T22 TA1 TA2 TA3
8 GRPELA      TA4 TA5 TB1 TB2 TB3 TB4 TB5 W.B X1
9 END
```

Arah 180°

```
clpinp.180
1 CLPOFT 20 8 20 CN LBJFPPJS MG 0.010.001 0.011000.0.002
2 CLPRPT P1R1M1MP
3 LDSEQ E180 GRAV 8 1.1E180 80 10.
4 GRPELA CBS CP1 DL0 DL1 DL2 G01 G02 G03 G04 G05 G06 G07 G08 G09 G10
5 GRPELA G11 G12 G13 G14 G15 G16 G17 G18 G19 G20 G21 G22 G23 G24 G25
6 GRPELA H01 H02 H03 H04 H05 H06 H07 H08 H09 H10 H11 H12 H13 H14 H15
7 GRPELA H16 KB1 KB2 KBA KBB SC1 SC2 SC3 T11 T12 T21 T22 TA1 TA2 TA3
8 GRPELA TA4 TA5 TB1 TB2 TB3 TB4 TB5 W.B X1
9 END
```

Arah 228°

```
clpinp.228
1 CLPOFT 20 8 20 CN LBJFPPJS MG 0.010.001 0.011000.0.002
2 CLPRPT P1R1M1MP
3 LDSEQ E228 GRAV 8 1.1E228 80 10.
4 GRPELA CBS CP1 DL0 DL1 DL2 G01 G02 G03 G04 G05 G06 G07 G08 G09 G10
5 GRPELA G11 G12 G13 G14 G15 G16 G17 G18 G19 G20 G21 G22 G23 G24 G25
6 GRPELA H01 H02 H03 H04 H05 H06 H07 H08 H09 H10 H11 H12 H13 H14 H15
7 GRPELA H16 KB1 KB2 KBA KBB SC1 SC2 SC3 T11 T12 T21 T22 TA1 TA2 TA3
8 GRPELA TA4 TA5 TB1 TB2 TB3 TB4 TB5 W.B X1
9 END
```

Arah 270°

```
clpinp.270
1 CLPOFT 20 8 20 CN LBJFPPJS MG 0.010.001 0.011000.0.002
2 CLPRPT P1R1M1MP
3 LDSEQ E270 GRAV 8 1.1E270 80 10.
4 GRPELA CBS CP1 DL0 DL1 DL2 G01 G02 G03 G04 G05 G06 G07 G08 G09 G10
5 GRPELA G11 G12 G13 G14 G15 G16 G17 G18 G19 G20 G21 G22 G23 G24 G25
6 GRPELA H01 H02 H03 H04 H05 H06 H07 H08 H09 H10 H11 H12 H13 H14 H15
7 GRPELA H16 KB1 KB2 KBA KBB SC1 SC2 SC3 T11 T12 T21 T22 TA1 TA2 TA3
8 GRPELA TA4 TA5 TB1 TB2 TB3 TB4 TB5 W.B X1
9 END
```

Arah 312°

```
clpinp.312
1 CLPOFT 20 8 20 CN LBJFPPJS MG 0.010.001 0.011000.0.002
2 CLPRPT P1R1M1MP
3 LDSEQ E312 GRAV 8 1.1E312 80 10.
4 GRPELA CBS CP1 DL0 DL1 DL2 G01 G02 G03 G04 G05 G06 G07 G08 G09 G10
5 GRPELA G11 G12 G13 G14 G15 G16 G17 G18 G19 G20 G21 G22 G23 G24 G25
6 GRPELA H01 H02 H03 H04 H05 H06 H07 H08 H09 H10 H11 H12 H13 H14 H15
7 GRPELA H16 KB1 KB2 KBA KBB SC1 SC2 SC3 T11 T12 T21 T22 TA1 TA2 TA3
8 GRPELA TA4 TA5 TB1 TB2 TB3 TB4 TB5 W.B X1
9 END
```

LAMPIRAN 4
PERHITUNGAN KEANDALAN
MEMBER DENGAN *MONTE*
CARLO

1 Skirt Pile Arah Pembebanan 270° untuk member 201-307

LOAD	MEMBER JOINTS	GROUP ID	MAXIMUM COMBINED UC	DIST FROM END(ft)	ft	fbz	Fy	Fbn	POF	K	
39	201-307	B22	0.62	42.5	8.3	-44.5	13.3	34.2	34.2	0.6441	0.3559
40	205-257	B12	0.54	22.4	34.5	1.3	0.7	34.2	34.2	0.5033	0.4967
40	257-303	B12	0.74	23.2	34.9	-0.6	0.9	34.2	34.2	0.50764	0.49236
41	205-282	B01	0.49	0	13.400	-5.2	32.4	34.2	34.2	0.49316	0.50684
42	201-210	B09	0.18	0	-8.5	-25.9	-15.6	34.2	34.2	0.18152	0.81848
42	201-218	B13	0.26	0	-19.6	36.2	-13.5	34.2	34.2	0.87804	0.12196
42	207-219	B13	0.21	0	-5.2	38.2	13.7	34.2	34.2	0.8727	0.1273

ID	Normal Dist.		Lognormal Dist.		CoV	
	Mean	SD	Mean	SD	Inplace	0.3
ft	8.30	2.49	2.07317	0.29356	Ultimate	0.15
fbz	44.50	13.35	3.75240	0.29356		
Fy	34.20	5.13	-	-		
Fbn	34.20	5.13	-	-		

n	a1	ft	a2	fbz	a3	fbz	a4	Fy	a5	Fbn	FK	Status
1	0.11656043	5.602078	0.30089469	36.569407	0.139118	9.2661694	0.242039	30.61023	0.112848	27.9849	-0.0646871	0
2	0.822226172	10.42683	0.69989692	49.712506	0.712176	15.0141956	0.71389	37.09734	0.919828	41.4021	-0.1246691	0
3	0.905158418	11.68348	0.31150627	36.895529	0.574966	13.4659876	0.05392	25.95109	0.366031	32.44357	-0.3400708	0
4	0.476494664	7.813557	0.30859591	36.806293	0.603588	13.7601624	0.770338	37.996	0.412297	33.06299	0.0592715	1
5	0.384630205	7.294006	0.83181448	56.521304	0.220021	10.1554486	0.055304	26.01526	0.930908	41.80568	-0.2408727	0
6	0.712672391	9.37377	0.11160443	29.809649	0.232674	10.2816026	0.025387	24.17913	0.157404	29.04339	-0.1235719	0
7	0.415941013	7.469643	0.46273807	41.468798	0.894943	18.4042166	0.394944	32.83307	0.96725	43.6486	0.1731353	1
8	0.465074683	7.747995	0.04864182	26.196558	0.704337	14.9138767	0.291292	31.38048	0.625825	35.84578	0.335384	1
9	0.645137538	8.867894	0.54042844	43.912569	0.339594	11.2826587	0.611436	35.65212	0.884876	40.35455	0.0565429	1
49996	0.063280862	5.076716	0.77341616	53.123163	0.976759	22.8545505	0.340015	32.08428	0.853115	39.58591	-0.1382014	0
49997	0.755756853	9.74273	0.28199234	35.982606	0.781834	16.0095225	0.594016	35.42037	0.729925	37.34256	0.083982	1
49998	0.427191581	7.532974	0.09769691	29.145551	0.027571	7.25505966	0.888176	40.44262	0.372672	32.53385	0.3476126	1
49999	0.531681927	8.137673	0.17596451	32.431768	0.419052	11.9974613	0.895433	40.64302	0.760033	37.82388	0.3354248	1
50000	0.673927955	9.074783	0.11976442	30.178351	0.152707	9.42916121	0.628082	35.87638	0.312101	31.6868	0.1747669	1

Simulasi	50000
Berhasil	17795
Gagal	32205
PoF	0.6441
K	0.3559

2 Skirt Pile Arah Pembebanan 270° untuk member 201-307

MEMBER LOADS											
LOAD	MEMBER JOINTS	GROUP ID	MAXIMUM COMBINED UC	DIST	f	fby	fbz	F	Fb	POF	K
STEP				FROM END(ft)	ksi	in-kip	in-kip	ksi	in-kip		
40	201-307	B22	0.6	42.5	2.5	-45.1	-10.6	34.2	34.2	0.37874	0.62126
41	201-210	B09	0.16	0	-14.6	-30.2	-20.2	34.2	34.2	0.68908	0.31092
42	246-209	B03	0.46	5.9	-4.7	-2.5	37.5	34.2	34.2	0.24102	0.75898
42	217-210	B02	0.13	14.6	-14.000	-38.1	19.4	34.2	34.2	0.81186	0.18814
43	209-222	B10	0.4	0	4.8	-44.6	9.4	34.2	34.2	0.45376	0.54624
43	205-257	B12	0.66	22.4	34.8	1.2	0.5	34.2	34.2	0.51146	0.48854
43	257-303	B12	0.74	23.2	34.9	-2.2	-1.7	34.2	34.2	0.54990	0.4501

ID	Normal Dist.		Lognormal Dist.		CoV	
	Mean	SD	Mean	SD	Inplace	0.3
f	2.50	0.75	0.87320	0.29356	Ultimate	0.15
fby	45.10	13.53	3.76579	0.29356		
fbz	10.60	3.18	2.31777	0.29356		
F	34.20	5.13	-	-		
Fb	34.20	5.13	-	-		

n	a1	f	a2	fby	a3	fbz	a4	F	a5	Fbn	FK	Status
1	0.478091658	2.356253	0.12969269	31.022191	0.183383	7.78977986	0.775051	38.07616	0.940619	42.20275	0.6561429	1
2	0.663956777	2.711391	0.66213309	48.841838	0.458342	9.84590056	0.349881	32.22165	0.1154	28.05273	-0.3311103	0
3	0.89570747	3.463723	0.04809619	26.507464	0.260634	8.41047769	0.358051	32.33436	0.351264	32.24081	0.5141068	1
4	0.236524071	1.939759	0.51365452	43.634276	0.995925	22.0751861	0.892557	40.56244	0.786526	38.2754	0.2163565	1
5	0.186213082	1.842944	0.80334626	55.500204	0.100827	6.97917546	0.67018	36.4593	0.720515	37.19782	-0.0123828	0
6	0.976909595	4.299437	0.56346505	45.272179	0.966729	17.3984005	0.815094	38.80072	0.125168	28.3029	-0.3115985	0
7	0.992460354	4.887551	0.31242175	37.421414	0.972829	17.8607531	0.241176	30.59605	0.398104	32.87514	0.0585409	1
8	0.588223445	2.556551	0.56571044	45.34804	0.05442	6.34115671	0.099415	27.6085	0.430496	33.30167	0.0503358	1
49994	0.723083853	2.849084	0.41491378	40.556684	0.019558	5.54090633	0.444538	33.48451	0.19767	29.83965	0.0653158	1
49995	0.921662647	3.629099	0.1358594	31.284957	0.818517	13.2609752	0.504315	34.25549	0.673301	36.50361	0.456032	1
49996	0.848667206	3.240684	0.38221062	39.560028	0.676495	11.6137771	0.35523	32.29555	0.953752	42.83058	0.435466	1
49997	0.173359107	1.816605	0.12192768	30.682021	0.738915	12.251461	0.293153	31.40827	0.996403	47.98814	0.7114012	1
49998	0.591826157	2.563516	0.42195903	40.772016	0.079299	6.71204528	0.354903	32.29105	0.934744	41.95698	0.445074	1
49999	0.939259131	3.772752	0.49484117	43.034288	0.734853	12.2067797	0.662502	36.35101	0.754767	37.73749	0.2205916	1
50000	0.688548372	2.766429	0.1301587	31.042267	0.527965	10.3642232	0.285237	31.28947	0.407666	33.00188	0.4261682	1

Simulasi	50000
Berhasil	31119
Gagal	18881
PoF	0.37762
K	0.62238

3 Skirt Pile Arah Pembebanan 0° untuk member 203-260

MEMBER LOADS											
LOAD STEP	MEMBER JOINTS	GROUP ID	MAXIMUM COMBINED UC	DIST	f	fby	fbz	F	Fb	POF	K
				FROM END(ft)	ksi	ksi	ksi	ksi	ksi		
46	203-260	BB2	0.55	28.3	-21.7	48.4	-51.1	34.2	34.2	0.97382	0.02618
46	260-301	BB3	0.62	28.6	12.5	57.5	-40	34.2	34.2	0.98418	0.01582
47	101-203	BB1	0.44	57.5	1.6	-37.1	30.6	34.2	34.2	0.41236	0.58764
48	203-285	B01	0.31	0	37.6	-16.5	-4.6	34.2	34.2	0.89742	0.10258
48	248-203	B02	0.17	1.4	-3.5	-10.5	44.5	34.2	34.2	0.40754	0.59246
48	245-246	B03	0.47	4.9	35.8	1.9	-2.4	34.2	34.2	0.59072	0.40928
48	246-209	B03	0.43	5.9	35.9	5.2	-3.3	34.2	34.2	0.6615	0.3385
48	103-205	B11	0.53	53.4	34.7	17.5	19.2	34.2	34.2	0.95578	0.04422
48	205-257	B12	0.64	22.4	36	3.1	-6.5	34.2	34.2	0.69194	0.30806
48	257-303	B12	0.71	23.2	35.9	4.8	-2.1	34.2	34.2	0.64276	0.35724
48	201-307	B22	0.58	42.5	35.2	3.2	-13.2	34.2	34.2	0.80504	0.19496

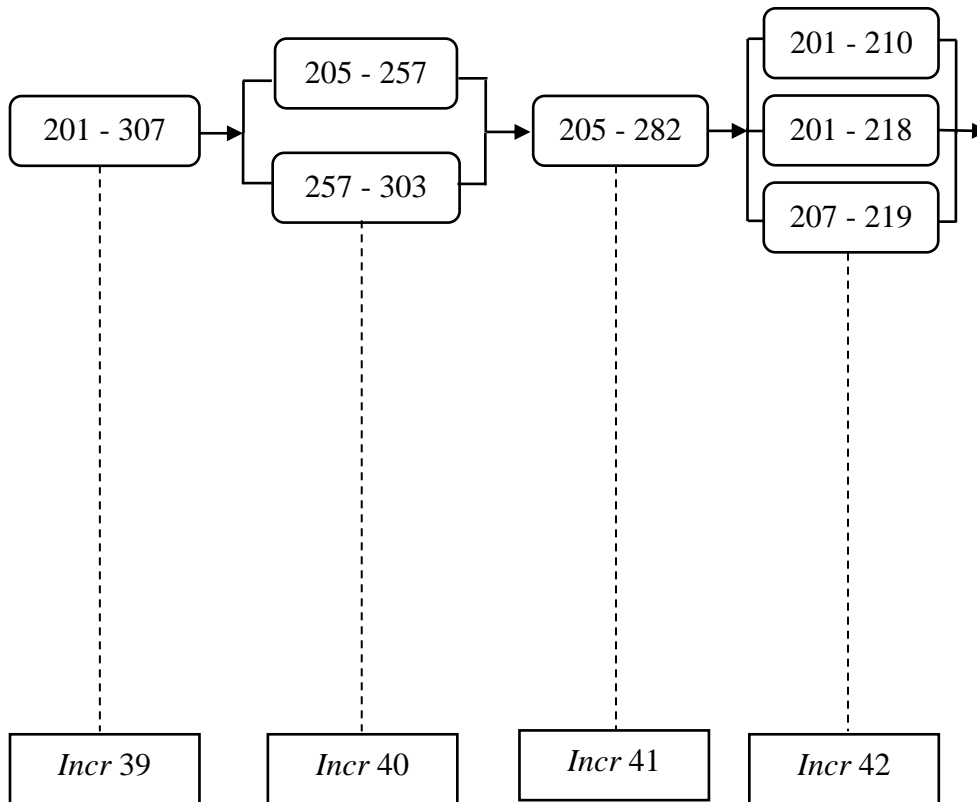
ID	Normal Dist.		Lognormal Dist.		CoV	
	Mean	SD	Mean	SD	Inplace	0.3
f	35.20	10.56	3.51796	0.29356	Ultimate	0.15
fby	3.20	0.96	1.12006	0.29356		
fbz	13.20	3.96	2.53713	0.29356		
F	34.20	5.13	-	-		
Fbn	34.20	5.13	-	-		

n	a1	f	a2	fby	a3	fbz	a4	F	a5	Fbn	FK	Status
1	0.835433	44.89971	0.114659	2.153658	0.437292	12.0708454	0.707109	36.99564	0.705315	36.96891	-0.61884	0
2	0.40466	31.4098	0.512587	3.09357	0.429708	12.0027177	0.47544	33.88398	0.178994	29.48447	-0.30095	0
3	0.297483	28.8435	0.85453	4.179035	0.756641	15.507289	0.712214	37.0721	0.226266	30.34635	-0.1796	0
4	0.935144	52.60295	0.949777	4.964401	0.221732	10.0961646	0.67724	36.55978	0.102106	27.68673	-0.88923	0
5	0.276659	28.33042	0.566544	3.219602	0.380053	11.5593154	0.37382	32.54941	0.453214	33.597	-0.15295	0
6	0.918366	50.76609	0.4015	2.848601	0.299848	10.8379755	0.330346	31.94815	0.33933	32.07467	-0.95645	0
7	0.052876	20.97009	0.761728	3.777415	0.780864	15.8738176	0.624623	35.82951	0.560527	34.98133	0.183945	1
49994	0.053514	21.00642	0.832152	4.066057	0.447272	12.1607658	0.263753	30.95878	0.183956	29.58099	0.071433	1
49995	0.552759	35.05413	0.671911	3.492975	0.109319	8.81101008	0.658797	36.29911	0.868766	39.94856	-0.18236	0
49996	0.558643	35.20776	0.657482	3.452608	0.533074	12.9551529	0.099578	27.61328	0.383047	32.67389	-0.74621	0
49997	0.295512	28.79529	0.550866	3.182266	0.468561	12.3538725	0.987597	45.71375	0.24627	30.67941	0.164769	1
49998	0.420142	31.7787	0.817612	3.999287	0.569152	13.3067393	0.478401	33.92212	0.114045	28.01684	-0.38637	0
49999	0.592865	36.12268	0.441101	2.934576	0.838546	16.8999694	0.007033	21.60301	0.716324	37.13413	-0.99859	0
50000	0.486453	33.381	0.780815	3.848009	0.484332	12.4983413	0.416493	33.11822	0.691964	36.77232	-0.35984	0

Simulasi	50000
Berhasil	9736
Gagal	40264
PoF	0.80528
K	0.19472

LAMPIRAN 5
PERHITUNGAN KEANDALAN
STRUKTUR *JACKET* DENGAN
METODE RBD

Untuk 1 Skirt Pile



<i>Load Step</i>	<i>Arah</i>	<i>Member</i>	<i>Group ID</i>	<i>POF</i>	<i>K</i>
39	270°	201-307	B22	0,641	0,359
40	270°	205-257	B12	0,50476	0,49524
40	270°	257-303	B12	0,51188	0,48812
41	270°	205-282	B01	0,4915	0,5085
42	270°	201-210	B09	0,18004	0,81996
42	270°	201-218	B13	0,87508	0,12492
42	270°	207-219	B13	0,87586	0,12414

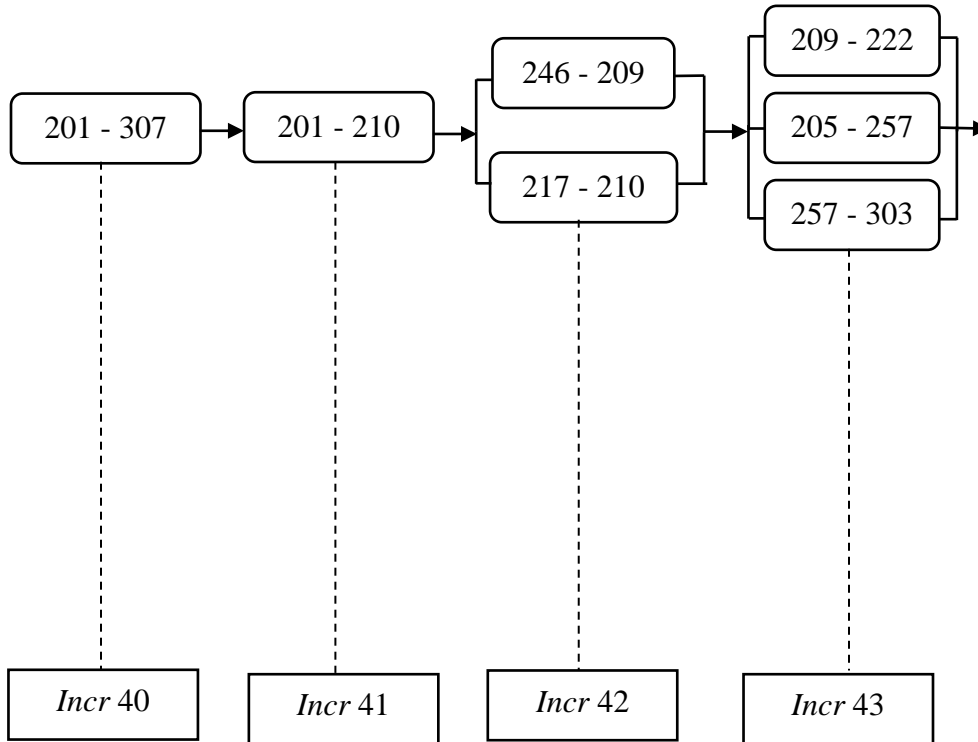
$$\begin{aligned}\text{Seri 40} &= K(40) \times K(40) \\ &= K(205-257) \times K(257-303) \\ &= 0,49524 \times 0,48812 \\ &= 0,241736549\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Seri 42} &= K(42) \times K(42) \times K(42) \\ &= K(201-210) \times K(201-218) \times K(207-219) \\ &= 0,81996 \times 0,12492 \times 0,12414 \\ &= 0,012715586\end{aligned}$$

$$K_s = 0,764145615$$

$$\begin{aligned}\text{POFs} &= 1 - K_s \\ &= 1 - 0,764145615 \\ &= 0,235854385\end{aligned}$$

Untuk 2 Skirt Pile



<i>Load Step</i>	<i>Arah</i>	<i>Member</i>	<i>Group ID</i>	<i>POF</i>	<i>K</i>
40	270°	201-307	B22	0,3802	0,6198
41	270°	201-210	B09	0,69106	0,30894
42	270°	246-209	B03	0,24054	0,75946
42	270°	217-210	B02	0,8091	0,1909
43	270°	209-222	B10	0,45524	0,54476
43	270°	205-257	B12	0,51168	0,48832
43	270°	257-303	B12	0,54936	0,45064

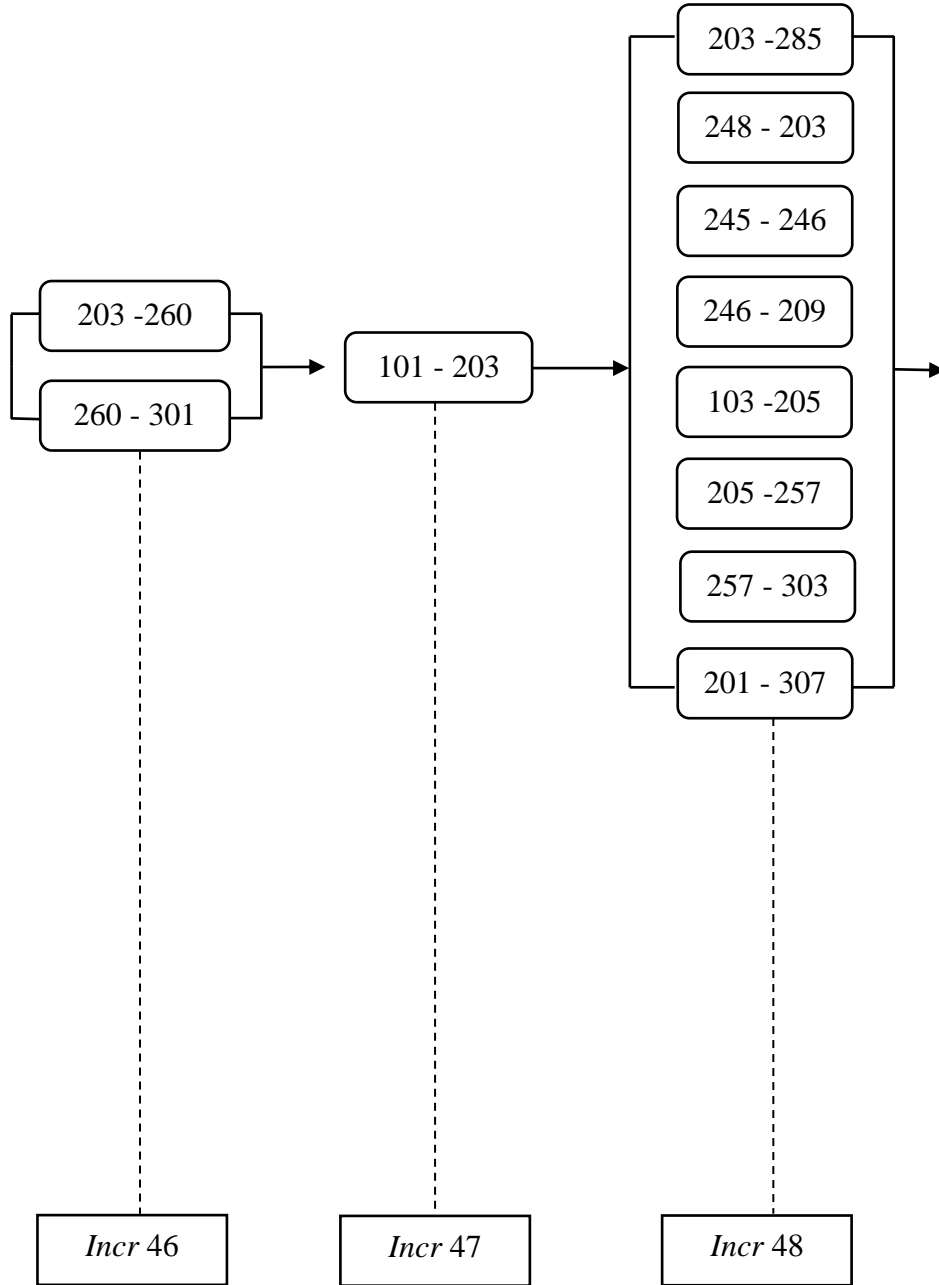
$$\begin{aligned}\text{Seri 42} &= K(42) \times K(42) \\ &= K(246-209) \times K(217-210) \\ &= 0,75946 \times 0,1909 \\ &= 0,144980914\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Seri 43} &= K(43) \times K(43) \times K(43) \\ &= K(209-222) \times K(205-257) \times K(257-303) \\ &= 0,54476 \times 0,48832 \times 0,45064 \\ &= 0,119877992\end{aligned}$$

$$K_s = 0,802281841$$

$$\begin{aligned}\text{POFs} &= 1 - K_s \\ &= 1 - 0,802281841 \\ &= 0,197718159\end{aligned}$$

Untuk 3 Skirt Pile



<i>Load Step</i>	<i>Arah</i>	<i>Member</i>	<i>Group</i> ID	POF	K
46	0°	203-260	BB2	0,97326	0,02674
46	0°	260-301	BB3	0,98332	0,01668
47	0°	101-203	BB1	0,41406	0,58594
48	0°	203-285	B01	0,89634	0,10366
48	0°	248-203	B02	0,40206	0,59794
48	0°	245-246	B03	0,58492	0,41508
48	0°	246-209	B03	0,66362	0,33638
48	0°	103-205	B11	0,9555	0,0445
48	0°	205-257	B12	0,69366	0,30634
48	0°	257-303	B12	0,64444	0,35556
48	0°	201-307	B22	0,80388	0,19612

$$\begin{aligned}
\text{Seri 46} &= K(46) \times K(46) \\
&= K(203-260) \times K(260-301) \\
&= 0,02674 \\
&= 0,000446023
\end{aligned}$$

$$K_s = 0,980120742$$

$$\begin{aligned}
\text{POFs} &= 1 - K_s \\
&= 1 - 0,980120742 \\
&= 0,019879258
\end{aligned}$$

BIODATA PENULIS

BIODATA PENULIS



Dimas Ainun Firdaus lahir di kota Jember, 2 Mei 1996. Penulis telah menempuh pendidikan formal di Kabupaten Jember diantaranya di SDN 2 Ampel – Wuluhan, SMPN 1 Wuluhan, dan SMAN Ambulu. Pada tahun 2013, penulis melanjutkan Pendidikan Strata 1 di Departemen Teknik Kelautan FTK-ITS melalui jalur SNMPTN dan Bidik Misi. Terdaftar sebagai mahasiswa dengan NRP. 4313 100 026. Selama menjadi mahasiswa penulis aktif dalam berbagai kegiatan ORMAWA sebagai anggota staff Departemen Dalam Negeri Himpunan Mahasiswa Teknik Kelautan periode 2014/2015 dan 2015/2016, anggota kepanitiaan OCEANO dan ITS EXPO. Penulis juga pernah menjalani Kerja Praktek di PT. Gearindo Prakarsa yang merupakan perusahaan fabrikasi di Jakarta Selama 2 bulan. Buku Tugas Akhir yang berjudul “*ANALISIS KRITERIA PROSES KERUNTUHAN STRUKTUR JACKET DENGAN VARIASI SKIRT PILE BERBASIS KEANDALAN*” telah diselesaikan penulis dalam waktu 1 semester sebagai syarat kelulusan Strata 1 Departemen Teknik Kelautan FTK ITS.

Email : Dimas.firdaus17@gmail.com

No Telepon : +6285746095563