TUGAS AKHIR - MO 184804

ANALISIS PENGARUH *P-DELTA* DAN *SCOURING* PADA KAKI STRUKTUR TERHADAP INTEGRITAS STRUKTUR LEPAS PANTAI TERPANCANG

MIFTAHUL RIZAL IMAMY
NRP. 043116 40000 085

DOSEN PEMBIMBING
Murdjito, M.Sc.Eng.
Ir. Handayanu, M.Sc., Ph.D.

DEPARTEMEN TEKNIK KELAUTAN
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2020

FINAL PROJECT - MO 184804

ANALYSIS THE EFFECT OF P-DELTA AND SCOURING ON FIXED OFFSHORE STRUCTURES INTEGRITY

MIFTAHUL RIZAL IMAMY
REG. 043116 40000 085

SUPERVISORS
Murdjito, M.Sc.Eng.
Ir. Handayanu, M.Sc., Ph.D.

OCEAN ENGINEERING DEPARTMENT
FACULTY OF MARINE TECHNOLOGY
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2020

LEMBAR PENGESAHAN

ANALISIS PENGARUH *P-DELTA* DAN *SCOURING* PADA KAKI STRUKTUR TERHADAP INTEGRITAS STRUKTUR LEPAS PANTAI TERPANCANG

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 Surabaya

Oleh:

Miftahul Rizal Imamy
NRP. 04311640000085

Disetujui oleh:

1. Ir. Murdjito, M. Sc. Eng. (Pembimbing 1)

.....

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

.....

3. Prof. Ir. Eko Budi Djatmiko, M. Sc., Ph. D. (Penguji 1)

.....

4. Ir. Wisnu Wardhana. M. Sc., Ph.D. (Penguji 2)

.....

5. Rudi Waluyo Prastianto, S.T., M.T., Dr. Eng. (Penguji 3)

.....

6. Wimala L. Dhanista, S.T., M.T. (Penguji 4)

.....

Surabaya, Agustus 2020

ANALISIS PENGARUH *P-DELTA* DAN *SCOURING* PADA KAKI STRUKTUR TERHADAP INTEGRITAS STRUKTUR LEPAS PANTAI TERPANCANG

Nama Mahasiswa	**: Miftahul Rizal Imamy**
NRP	**: 04311640000085**
Departemen	**: Teknik Kelautan**
Dosen Pembimbing	**: 1. Murdjito, M.Sc.Eng.**
	2. Ir. Handayanu, M.Sc., Ph.D.

ABSTRAK

Dalam kegiatan operasi bangunan lepas pantai terpancang sering terjadi insiden yang dapat mengurangi integritas struktur bangunan tersebut. Salah satu akibat dari suatu insiden adalah kemiringan pada *platform*. Kemiringan inilah yang menyebabkan gaya aksial yang bekerja pada titik berat (COG) awal mengalami penyimpangan kearah horizontal sehingga struktur akan mendapat momen lentur tambahan yang seperti disebut sebagai efek *P-delta* (P-Δ *effect*). Selain efek *P-delta* terdapat permasalahan lain yang mempengaruhi integritas struktur lepas pantai terpancang, yaitu masalah *scouring*. *Scouring* yang terjadi pada struktur lepas pantai terpancang seringkali mengakibatkan kegagalan konstruksi. Oleh karena itu dalam proses perancangan, harus mempertimbangan pengaruh *P-delta* dan *scouring* terhadap integritas struktur lepas pantai terpancang dan batas kedalaman maksimum *scour* yang diijinkan kriteria stabilitas API RP 2A WSD. Pendekatan yang dilakukan adalah pendekatan *Static Analysis*. Metode yang digunakan adalah analisa sensitivitas perubahan tegangan struktur akibat pengaruh *P-delta* dan kedalaman *scouring*. Struktur dianalisis dengan variasi *P-delta* dan kedalaman *scouring* guna mengetahui integritas struktur saat mengalami perubahan kondisi dari desain perancangannya. Analisis menggunakan bantuan *sof*t*ware SACS*. Berdasarkan hasil analisis kedalaman maksimum *scouring* yang diijinkan kriteria stabilitas API RP 2A WSD untuk *scouring* pada satu kaki adalah 9,5m; untuk *scouring* pada dua kaki dan tiga kaki adalah 3,2m. Perubahan tegangan terbesar yang dianalisis terjadi pada saat P-delta 15% dan scouring dengan kedalaman 21m terjadi pada tiga kaki. Member H23 di jacket leg mengalami kenaikan tegangan maksimum sebesar 307% dari UC awal 0,41 naik menjadi 1,68. Joint 203L di joint can mengalami kenaikan tegangan maksimum sebesar 339% dari UC awal 0,660 naik menjadi 2,898. Pile PL1 di kaki vertikal mengalami kenaikan tegangan yang menyebabkan penurunan SF compression pile 17% dari SF awal 1,428 turun menjadi 1,178.

Kata Kunci : Integritas Struktur, *P-delta, Scouring* dan Struktur Lepas Pantai Terpancang.

ANALYSIS THE EFFECT OF P-DELTA AND SCOURING ON FIXED OFFSHORE STRUCTURES INTEGRITY

Name	**: Miftahul Rizal Imamy**
Reg.	**: 04311640000085**
Department	**: Ocean Engineering, Faculty of Marine Technology, ITS**
Supervisors	**: 1. Murdjito, M.Sc.Eng.**
	2. Ir. Handayanu, M.Sc., Ph.D.

ABSTRACT

In the operation of fixed offshore structures, incidents often occur that can reduce the integrity of the building structure. One of the consequences of the incident is the slope on the platform. This causes the initial axial force (COG) to deviate horizontally, so that the structure gets an additional bending moment which is called the P-delta effect (P-Δ effect). Besides P-delta effect, there are other problems that affect the integrity of fixed offshore structures, scouring problem. scouring that occurs in fixed offshore structures often results in construction failure. Therefore, in the design process, consideration must be given to the effect of P-delta and scouring on the integrity of fixed offshore structures and the maximum depth of scour that is allowed for the stability criteria of API RP 2A WSD. The approach taken is the Static Analysis approach. The method used is a sensitivity analysis of structural stress changes due to the P-delta effect and scouring depth. The structure is analyzed with variation of P-delta and scouring depth to determine the integrity of the structure when it changes the conditions of its design. The analysis using SACS software. Based on the results of the analysis, maximum allowable scouring depth the stability criteria of the API RP 2A WSD for scouring on one leg is 9.5m; for scouring on two leg and three leg is 3.2m. The biggest increase in stress analyzed occurred at P-delta 15% and scouring with a depth of 21m occurred at three feet. H23 members in the jacket leg have maximum stress increase 307% from the initial UC of 0.41 to 1.68. The 203L joint in the joint can have a maximum stress increase 339% from the initial UC 0.660 to 2.898. The PL1 pile in the vertical leg have an increase in stress which causes a decrease in the SF compression pile 17% from the initial SF 1,428 to 1,178.

Key Words : Fixed Offshore Structures, P-delta, Scouring and Structure Integrity.

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Warohmatullahi Wabarokatuh.

Alhamdulillah, Puji syukur selalu dilimpahkan kehadirat Allah S.W.T. karena hanya dengan ilmu yang diberikan serta Ridho-Nya kita dapat sampai pada titik ini dan Tugas Akhir berjudul "**Analisis Pengaruh *P-delta* dan *scouring* Pada Kaki Struktur Terhadap Integritas Struktur Lepas Pantai Terpancang"** ini dapat penulis selesaikan dengan baik. Dalam penulisan Tugas Akhir ini, penulis mendapatkan banyak pengarahan dan bantuan dari berbagai pihak, maka penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu.

Tugas Akhir ini disusun untuk memenuhi persyaratan dalam menyelesaikan Studi Kesarjanaan (S-1) di Departemen Teknik Kelautan, Fakultas Teknologi Kelautan (FTK), Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya (ITS). Tugas Akhir ini membahas mengenai integritas struktur lepas pantai terpancang akibat pengaruh *P-delta* dan *scouring*, yang dimana masih sedikitnya penelitian terhadap hal tersebut dan dalam perancangan struktur lepas pantai terpancang tidak dipertimbangkan dalam analisis.

Penulis menyadari, dalam penulisan Proposal Tugas Akhir ini tidak luput dari kesalahan dan kekurangan karena keterbatasan penulis. Oleh karena itu, kritik dan saran yang membangun sangat diharapkan untuk evaluasi dan perbaikan selanjutnya. Demikan proposal ini penulis susun dengan sebaik – baiknya. Penulis berharap Tugas Akhir ini dapat menjadi panduan dan acuan dalam pembuatan laporan lainnya di bidang analisis struktur terpancang rekayasa kelauatan.

Tugas Akhir ini dapat terselesaikan juga atas bantuan orang tua dan rekan-rekan yang selalu mendukung dan membantu agar penulis terus menjadi lebih baik. Semoga ilmu yang penulis miliki dapat penulis berikan untuk kebaikan dan bermanfaat bagi masyarakat, bangsa dan negara kedepannya. Atas perhatian pembaca, semoga bermanfaat dan penulis mengucapkan terima kasih.

Wassalamu'alaikum Warohmatullahi Wabarokatuh.

Surabaya, 23 Juli 2020

Miftahul Rizal Imamy

UCAPAN TERIMAKASIH

Tugas Akhir ini dapat penulis selesaikan karena dukungan dan bantuan dari berbagai pihak. Untuk itu, penulis mengucapkan terimakasih kepada:

1. *Al-hamdu lillahi rabbil 'alamin*
2. Orang tua penulis yang selalu memberikan dukungan moral dan materi. Ayah Bapak Kemadji dan Ibu Siti Hamilah yang menjadi anugerah terindah bagi penulis, memberikan kesabaran atas berbagai kenakalan penulis dan selalu memberikan kepercayaan dan kesempatan baru untuk penulis.
3. Adik-adik penulis Rizky Faizal Alam dan Annisa Indira Balqis yang selalu menjadi motivasi untuk penulis agar menjadi tauladan yang baik, dan semoga menjadi pribadi yang lebih baik dari penulis.
4. Dosen pembimbing Bapak Murdjito, M.Sc.Eng. dan Bapak Ir. Handayanu, M.Sc., Ph.D yang sangat luar biasa membantu dan membimbing penulis dalam penulisan Tugas Akhir maupun hal akademik dan non-akademik lainnya.
5. Dosen Penguji Bapak Prof. Ir. Eko Budi Djatmiko, M. Sc., Ph. D., Bapak Ir. Wisnu Wardhana. M. Sc., Ph.D., Bapak Rudi Waluyo Prastianto, S.T., M.T., Dr. Eng., Ibu Wimala L. Dhanista, S.T., M.T. yang telah membantu untuk mengkoreksi dan memberikan saran-saran agar Tugas Akhir ini selesai dengan baik.
6. Bapak Suntoyo, S.T., M.Eng., Ph.D., selaku dosen wali penulis.
7. Bapak Herman Pratikno, S.T., M.T., Ph.D., selaku Ketua Departemen Teknik Kelautan FTK-ITS.
8. Bapak Dr. Dendy Satrio, S.ST. selaku Koordinator Tugas Akhir Departemen Teknik Kelautan FTK-ITS.
9. Anjar Kusumawati sebagai teman bertukar pikiran yang selalu memberikan saran, semangat, dan motivasi.
10. Teman-teman Lab. Hidrodinamika dan seperdosbingan yang Luar Biasa membantu.
11. Teman-teman Tugas Rancang TR1 s/d TRB3 dan tugas lainnya yang sangat membantu kehidupan perkuliahan.

12. Teman-teman yang penulis minta saran, pendapat dan contoh laporan, serta membantu dalam proses pengerjaan Tugas Akhir.
13. Pihak-pihak lain yang membantu pelaksanaan kerja praktek dan penyelesaian penulisan laporan kerja praktek ini.
14. Pandemi Virus Korona (Covid-19) yang patut dikenang dalam sejarah kehidupan saya pribadi, yang memberikan banyak pelajaran berharga tentang kehidupan dan menjadi manusia.

Penulis berharap kegiatan ini dapat memberikan manfaat pada setiap pihak terkait.

Surabaya, 23 Juli 2020

Miftahul Rizal Imamy

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL ..... **i**

LEMBAR PENGESAHAN ..... **iii**

ABSTRAK ..... **iv**

ABSTRACT ..... **v**

KATA PENGANTAR ..... **vi**

UCAPAN TERIMAKASIH ..... **vii**

DAFTAR ISI ..... **ix**

DAFTAR GAMBAR ..... **xii**

DAFTAR TABEL ..... **xiv**

DAFTAR NOTASI ..... **xv**

DAFTAR LAMPIRAN ..... **xvii**

BAB I PENDAHULUAN **1**

1.1 Latar Belakang 1

1.2 Rumusan Masalah 3

1.3 Tujuan 3

1.4 Manfaat 3

1.5 Ruang Lingkup dan Batasan Masalah 4

1.6 Sistematika Penulisan 4

BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI **7**

2.1 Tinjauan Pustaka 7

2.2 Dasar Teori 9

2.2.1 Gambaran Umum Struktur Lepas Pantai 9

2.2.2 Gambaran Umum Struktur Lepas Pantai Terpancang (Jacket Structure) 10

2.2.3 Batasan Operasi 12

2.2.4 Teori Perencanaan Beban 13

2.2.5 Analisis Inplace 15

2.2.6 Konsep Tegangan (Stress) 16

2.2.7 Analisis Batas Tegangan Ultimate (Ultimate Limit State/Collapse Analysis) 22
2.2.8 Pergeseran Centre of Grafity (COG Shift) 22
2.2.9 Software SACS 24
2.2.10 Efek P-delta (P-Δ) 25
2.2.11 Scouring 26
2.2.12 Pockmarks 27
BAB III METODOLOGI PENELITIAN 29
3.1 Diagram Alir 29
3.2 Prosedur Penelitian 31
3.3 Pengumpulan Data 33
3.4 Jadwal Kegiatan 38
BAB IV ANALISIS DAN PEMBAHASAN 39
4.1 Validasi Pemodelan Struktur 39
4.2 Analisis Statis *Inplace* Pada Kondisi Awal 41
4.3 Analisis *P-delta Effect* 45
4.3.1 Pemodelan P-delta (P-Δ) 45
4.3.2 Member Group Summary on Deck 47
4.3.3 Member Group Summary on Jacket 49
4.3.4 Joint can Summary 51
4.3.5 Safety Factor of Pile Summary 54
4.4 Analisis Pengaruh *scouring* pada Kaki *Jacket* 57
4.4.1 Perbandingan Hasil Analisis scouring Pada 1 Kaki, 2 Kaki dan 3 Kaki 58
4.4.2 Member Group Summary on Deck (Member DL1) 58
4.4.3 Member Group Summary on Jacket 59
4.4.4 Joint can Summary 63
4.4.5 Safety Factor of Pile Summary (PL1) 65
4.5 Analisis Kombinasi *P-delta Effect dan scouring* 68
4.5.1 Perbandingan Hasil Analisis scouring Pada 3 Kaki Dengan P-delta 15% Dan scouring Pada 3 Kaki 68
4.5.2 Member Group Summary on Deck (Member DL1) 69
4.5.3 Member Group Summary on Jacket 70

4.5.4 Joint can Summary 73
4.5.5 Safety Factor of Pile Summary (PL1) 75
4.6 Perbandingan Hasil Analisis dengan Penelitian yang Sejenis 77
BAB V PENUTUP 81
5.1 Kesimpulan 81
5.2 Saran 82
DAFTAR PUSTAKA 83
LAMPIRAN 85
BIODATA PENULIS 115

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. jenis-jenis anjungan lepas pantai (Riyanto dkk, 2016) 10
Gambar 2.2. jacket structure (Soegiono, 2004)..... 11
Gambar 2.3. conductor menyentuh diverter housing saat mencapai sudut kemiringan kritis (Chakrabarti, 2005)..... 13
Gambar 2.4. pembebanan aksial pada batang tubular (Popov, 1993)..... 17
Gambar 2.5. ilustrasi column buckling pada batang tekan (Ferdinard Beer et al., 2012) 19
Gambar 2.6. Ilustrasi perbedaan antara global (column) buckling dan local buckling (Quimby, 2008)..... 20
Gambar 2.7. pergeseran centre of grafity (COG shift) (Liang, 2004)..... 23
Gambar 2.8. Ilustrasi pergeseran beban akibat defleksi (skyciv.com)..... 25
Gambar 2.9. pockmark (Hovland dan Judd, 1988) 27
Gambar 3.1. diagram alir pengerjaan tugas akhir 29
Gambar 3.2. diagram alir pengerjaan tugas akhir (lanjutan)..... 30
Gambar 4.1. pemodelan tampak atas (plan)..... 39
Gambar 4.2. pemodelan struktur jacket wellhead tripod platform..... 40
Gambar 4.3. posisi member dan joint can yang akan ditinjau pada jacket 40
Gambar 4.4. hubungan presentase p-delta dengan derajat kemiringan struktur dan nilai Δx 46
Gambar 4.5. Nilai P-Δx pada Variasi Presentase P-delta..... 47
Gambar 4.6. P-delta effect member group unity summary on deck 48
Gambar 4.7. P-delta effect member group unity summary on jacket 50
Gambar 4.8. P-delta effect joint can load UC 52
Gambar 4.9. P-delta effect joint can strength UC 54
Gambar 4.10. P-delta effect pile compression critical load 55
Gambar 4.11. P-delta effect pile tension critical load..... 56
Gambar 4.12. scouring member group unity summary on deck..... 59
Gambar 4.13. scouring member group unity summary on jacket (lanjutan) 62
Gambar 4.14. scouring joint can load UC..... 64
Gambar 4.15. scouring pile compression critical load..... 66
Gambar 4.16. scouring pile tension critical load..... 67
Gambar 4.17. member group unity summary on deck..... 69
Gambar 4.18. member group unity summary on jacket (lanjutan) 72
Gambar 4.19. joint can load UC..... 74
Gambar 4.20. pile compression critical load..... 75
Gambar 4.21. pile tension critical load 76

Gambar 4.22. Kurva regresi nilai UC terhadap kemiringan kondisi Operasi (Imanudin, 2018)..... 77
Gambar 4.23. Grafik Unity Check of Member Kondisi Badai (Sari, 2015) 78
Gambar 4.24. Grafik Joint Punching Shear of Member Kondisi Badai (Sari, 2015) 79
Gambar 4.25. Grafik Analisis Daya Dukung Pile Kondisi Badai (Sari, 2015).... 79

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1. Data Kedalaman Perairan..... 34
Tabel 3.2. Data Kecepatan Angin 35
Tabel 3.3. Data Karakteristik Gelombang..... 35
Tabel 3.4. Data Kecepatan Arus 35
Tabel 3.5. Data Material Properties 36
Tabel 3.6. Data Allowable Stress..... 37
Tabel 3.7. Data Pile Safety Factor 38
Tabel 3.8. Rencana Jadwal Kegiatan 38
Tabel 4.1. Validasi Pemodelan Struktur 39
Tabel 4.2. Normal Condition member Group Unity Summary on Deck..... 42
Tabel 4.3. Normal Condition member Group Unity Summary on Jacket 43
Tabel 4.4. Normal Condition Joint Can Load UC 44
Tabel 4.5. Normal Condition Safety Factor of Pile Summary..... 44
Tabel 4.6. Titik Pusat Putar dan Titik COG awal 46
Tabel 4.7. Hubungan Presentase P-delta dengan Derajat Kemiringan Struktur dan Nilai Δx 46
Tabel 4.8. Nilai P-Δx pada Variasi Presentase P-delta 46
Tabel 4.9. P-delta Effect member Group Unity Summary on Deck 47
Tabel 4.10. P-delta Effect member Group Buckling Unity Check on Jacket 49
Tabel 4.11. P-delta Effect member Group Unity Summary on Jacket..... 49
Tabel 4.12. P-delta Effect Joint can Load UC 51
Tabel 4.13. P-delta Effect Joint can Strength UC 53
Tabel 4.14. P-delta Effect Pile Compression Critical Load 54
Tabel 4.15. P-delta Effect Pile Tension Critical Load 56
Tabel 4.16. scouring member Group Unity Summary on Deck 58
Tabel 4.17. Scouring Member Group Buckling Unity Check on Jacket 60
Tabel 4.18. scouring member Group Unity Summary on Jacket..... 60
Tabel 4.19. scouring Joint can Load UC..... 63
Tabel 4.20. scouring Pile Compression Critical Load 65
Tabel 4.21. scouring Pile Tension Critical Load 66
Tabel 4.22. member Group Unity Summary on Deck 69
Tabel 4.23. member Group Buckling Unity Check on Jacket 70
Tabel 4.24. member Group Unity Summary on Jacket..... 70
Tabel 4.25. Joint can Load UC..... 73
Tabel 4.26. Pile Compression Critical Load 75
Tabel 4.27. Pile Tension Critical Load 76

DAFTAR NOTASI

UC = *Unity check* member

σ_{act} = Tegangan yang terjadi (ksi)

σ_{all} = Tegangan izin (ksi)

σ = Tegangan aksial (Mpa)

F = Pembebanan aksial (MN)

A = Luas penampang (m^2)

P_{er} = gaya minimal yang membuat *buckling*, kips (MN)

E = modulus elastisitas *young*, ksi (MPa)

I = momen inersia batang, in^4 (m^4)

L = panjang batang, in (m)

Cc = Modulus Elastisitas, Ksi (MPa)

r = jari-jari girasi, in (m)

C = koefisien kritis *elastic buckling*

t = tebal batang silinder, in (m)

D = diameter silinder, in (m)

Fy = kekuatan *yield*, Ksi

a = momen internal struktur, kips-in (MN-m)

c = jarak titik tinjauan terhadap sumbu normal, in (m)

I = momen inersia, in^4 (m^4)

S = modulus elastis, in^3 (m^3)

Fa = tegangan aksial yang diijinkan

fa = tegangan aksial

Fb = tegangan *bending* yang diijinkan

Cm = Faktor reduksi

Qf = Total tahanan gesek kulit, lb (KN)

Qp = Total tahanan ujung *pile*, lb (KN)

As = Luasan kulit *pile*, ft^2 (m^2)

Q = Unit tahanan ujung *pile*,lb/ft^2 (kPa)

Ap = Total luas pemampang ujung *pile*, ft^2 (m^2)

Fz (x) = Gaya yang dikenakan pada titik pergeseran arah- x

Fz (y) = Gaya yang dikenakan pada titik pergeseran arah- y

Fz = Gaya *selftweight* struktur yang diangkat.

dx = Jarak pergeseran arah-x

dx = Jarak pergeseran arah-y

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1	Data Tanah Awal
Lampiran 2	Input P-Delta pada *software* SACS
Lampiran 3	Input *Scouring* pada *software* SACS
Lampiran 4	Hasil Analisis Pengaruh *Scouring* pada Kaki Jacket
Lampiran 5	Hasil Analisis Kombinasi *P-delta Effect* dan *Scouring*

BAB I
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Teknologi perancangan anjungan lepas pantai terus berkembang seiring peradaban manusia yang semakin canggih dan menuntut pemenuhan energi yang besar. Dengan minyak bumi dan gas alam yang masih menjadi sumber energi utama yang dibutuhkan untuk menunjang kehidupan, mendorong manusia untuk terus mengembangkan teknologi. Anjungan lepas pantai merupakan salah satu teknologi yang menunjang eksplorasi dan eksploitasi minyak bumi dan gas alam dari perut bumi di dasar laut. Pada perairan dangkal seperti di perairan Indonesia, eksplorasi dan eksploitasi minyak bumi dan gas alam pada umumnya menggunakan struktur lepas pantai terpancang tipe *Jacket Platform*. *Jacket Platform* mempunyai tiga struktur utama, yaitu bagian geladak (*top side*), bagian struktur penyangga dek (*jacket)*, dan pondasi (*piles*). Salah satu hal yang penting adalah melakukan analisis atas kemampuan suatu struktur lepas pantai untuk memenuhi tujuan desain yang telah ditetapkan. Berdasarkan API RP 2A WSD *21st edition*, jenis pembebanan yang harus dipertimbangkan dalam perancangan struktur lepas pantai terpancang meliputi beban mati (*Dead Loads*), beban hidup (*Live Loads*), beban lingkungan, beban konstruksi, beban pengangkatan dan reinstalasi.

Dalam kegiatan operasi bangunan lepas pantai terpancang sering terjadi insiden yang dapat mengurangi integritas struktur bangunan tersebut. Berbagai insiden dapat terjadi seperti *blow out, scouring*, tumbukan kapal, gempa bumi, ledakan, dan lain sebagainya yang bisa membahayakan kelangsungan operasi dari bangunan lepas pantai tersebut. Imanudin (2018) dalam penelitiannya menemukan bahwa salah satu kejadian yang banyak dialami oleh bangunan lepas pantai terpancang adalah penurunan *deck clearance* atau *air gap* yang telah ditentukan dalam perencanaan akibat berbagai insiden. Selain itu penurunan *deck clearance* juga bisa terjadi secara lokal yang artinya penurunan setiap titik pada permukaan tanah tidak sama dan tentu ini akan berujung pada kemiringan bangunan lepas pantai atau *platform* tersebut. Kemiringan inilah yang menyebabkan gaya aksial yang bekerja pada titik berat (COG) awal mengalami penyimpangan kearah

horizontal. Pada kondisi demikian, struktur akan mendapat momen lentur tambahan (momen sekunder). Kondisi struktur yang seperti ini disebut sebagai efek *P-delta* (P-Δ *effect*). Efek *P-delta* karena perpindahan titik berat ini mengakibatkan terjadinya perubahan tegangan pada struktur.

Selain efek *P-delta* terdapat permasalahan lain yang mempengaruhi integritas struktur lepas pantai terpancang yang sering diabaikan dalam perancangan, yaitu masalah *scouring.* Prihantika (2013) dalam penelitiannya berpendapat *scouring* yang terjadi pada struktur lepas pantai terpancang seringkali mengakibatkan kegagalan konstruksi. *scouring* pada kaki struktur diakibatkan oleh berbagai sebab gangguan keseimbangan dinamis akibat adanya pemancangan suatu struktur lepas pantai, diantaranya adalah gelombang dan arus, serta yang terjadi belakangan ini yaitu akibat adanya semburan fluida dari dalam tanah (*pockmarks*). Kekuatan pada struktur lepas pantai terpancang berhubungan langsung dengan *thickness* yang dipakai pada *Material*, selain itu juga berhubungan dengan penetrasi *pile* yang dibuat untuk menopang struktur tersebut. *Pile* merupakan komponen paling penting sekaligus komponen yang paling rawan (Chandhry, 1994).

Karena pengaruh *P-delta* dan *scouring* berpotensi memberikan *warning* bagi *risk assesment* dan dapat memberikan kerusakan pada struktur, atau lebih ekstrim lagi ditakutkan membuahkan *human fatalities* maka perancangan struktur lepas pantai terpancang juga harus disertai dengan analisis pengaruh kedua masalah tersebut. Metode yang digunakan adalah analisa sensitivitas perubahan tegangan struktur akibat pengaruh *P-delta* dan kedalaman *scouring*. Beban yang diberikan merupakan beban statis berupa beban gelombang, angin dan arus dalam kondisi operasional dan kondisi badai. Untuk analisis *P-delta* digunakan presentase yang menunjukkan pergeseran titik berat sebagai representasi kemiringan struktur. Selain itu untuk *scouring* dilakukan variasi posisi terjadinya pada kaki struktur dan kedalaman *scouring* tersebut. Analisis juga menggunakan bantuan *software SACS* yang telah menyediakan fasilitas untuk berbagai analisis yang diperlukan.

1.2 Rumusan Masalah

Permasalahan yang menjadi bahan kajian dalam tugas akhir ini antara lain :

1. Bagaimana pengaruh *P-delta* terhadap integritas struktur lepas pantai terpancang?
2. Bagaimana pengaruh *scouring* terhadap integritas struktur lepas pantai terpancang?
3. Bagaimana perbandingan integritas saat terjadi *scouring* dengan integritas akibat *P-delta* pada struktur lepas pantai terpancang?
4. Berapa kedalaman maksimum *scour* yang diijinkan pada struktur lepas pantai terpancang supaya tetap memenuhi kriteria stabilitas API RP 2A WSD?

1.3 Tujuan

Dari perumusan masalah di atas maka tujuan dari tugas akhir ini antara lain:

1. Mengetahui hasil analisa pengaruh *P-delta* terhadap integritas struktur lepas pantai terpancang.
2. Mengetahui hasil analisa pengaruh *scouring* terhadap integritas struktur lepas pantai terpancang.
3. Mengetahui hasil perbandingan integritas saat terjadi *scouring* dengan integritas akibat *P-delta* pada struktur lepas pantai terpancang.
4. Mendapatkan batas kedalaman maksimum *scour* yang diijinkan pada struktur lepas pantai terpancang supaya tetap memenuhi kriteria stabilitas API RP 2A WSD.

1.4 Manfaat

Manfaat yang diharapkan dari penulisan tugas akhir ini adalah dapat digunakan sebagai bahan pertimbangan untuk analisis tegangan yang terjadi pada struktur akibat pengaruh *P-delta* dan *scouring* pada kaki struktur, sehingga dapat diketahui pengaruhnya terhadap integritas struktur lepas pantai terpancang. Setelah dapat diketahui pengaruhnya terhadap integritas struktur, didapatkan perbandingan integritas struktur diantara kedua kondisi tersebut. Selain itu, dapat diketahui estimasi maksimal kedalaman *scour* agar struktur tetap stabil dan memenuhi kriteria stabilitas API RP 2A WSD.

1.5 Ruang Lingkup dan Batasan Masalah

Penelitian ini diharapkan terarah dan tidak menyimbang dari pokok bahasan yang telah ditentukan, maka terdapat batasan permasalahan yang digunakan, yaitu:

1. Analisis dilakukan terhadap struktur lepas pantai terpancang tipe *jacket* kaki tiga (*tripod*).
2. *P-delta* merupakan pergeseran pusat titik berat struktur sebagai representasi terjadinya kemiringan yang menyebabkan momen tambahan, ditentukan dalam presentase pergeseran terhadap lengan sumbu x mendekati kaki vertikal.
3. Penyebab *scouring* tidak ditentukan secara spesifik, namun secara umum yaitu ketika tanah disekitar *pile* struktur sudah kehilangan kemampuan cengkraman dan tahanannya. Dengan asumsi *scouring* menggunakan pemodelan *pile and soil interaction*, tanpa mengubah definisi struktur dan kedalaman laut.
4. Pengaruh lain akibat adanya *scouring* pada setiap kaki terhadap kaki lainnya seperti talud tanah, dsb. diabaikan.
5. Analisis dilakukan terhadap UC bagian struktur yang berada dipermukaan tanah dan SF bagian *pile* struktur lepas pantai terpancang.
6. Permukaan dasar laut dianggap rata.
7. Analisis yang dipakai untuk analisis struktur adalah analisis statis.
8. Analisa struktur mengacu pada API RP 2A WSD dan AISC.
9. Dalam proses pemodelan dan analisa struktur lepas pantai terpancang menggunakan *software SACS* 12.0.
10. Pengaruh gaya hidrostatik pada permukaan *pile* yang terbuka dan terkena beban lingkungan akibat scouring tidak dipertimbangkan / diabaikan. Dapat dikembangkan dalam penelitian selanjutnya.

1.6 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan laporan tugas akhir ini meliputi :

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini berisi beberapa hal, antara lain :

1. Latar Belakang
2. Rumusan Masalah
3. Tujuan
4. Manfaat
5. Batasan Masalah
6. Sistematika Penulisan

BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI

Bab ini berisi dasar teori dan tinjauan pustaka yang berpedoman pada beberapa penelitian terkait yang pernah dilakukan untuk referensi penelitian ini. Materi-materi yang dicantumkan pada bab ini antara lain: konsep pembebanan, konsep analisis statis *inplace*, konsep analisis tegangan, *COG shift, P-delta, scouring* dan s*oftware SACS*.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini menjelaskan tentang langkah – langkah penyelesaian analisis dan melakukan validasi. Dalam hal ini meliputi langkah awal yang harus dilakukan, studi literatur yang dapat menunjang penyeselesaian dari pembahasan masalah, seperti halnya pengumpulan data – data pendukung.

BAB IV ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Bab ini berisi pembahasan mengenai beberapa hal penting tentang hasil yang telah diperoleh dari permodelan yang telah dilakukan dengan s*oftware* struktur, analisis statis *inplace* struktur pada kondisi *P-delta* dan *scouring* dengan kedalaman yang bervariasi yang menghasilkan output member *stress check,* evaluasi terhadap *rules / code* yang dipakai. Selanjutnya melakukan perbandingan terhadap pengaruh dari *P-delta* dan *scouring* terhadap integritas struktur .

BAB V PENUTUP

Bab ini berisi kesimpulan yang telah didapatkan dari hasil pembahasan bab yang sebelumnya dan saran-saran penulis sebagai pertimbangan dalam keperluan penelitian yang terkait.

DAFTAR PUSTAKA

Berisi referensi-referensi yang dipakai selama penelitian.

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB II
TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI

2.1 Tinjauan Pustaka

Analisis yang dilakukan pada struktur lepas pantai terpancang bertujuan untuk memastikan apakah struktur bisa menahan beban ketika sedang beroperasi, baik beban gravitasi (*dead load, live load, equipment*, dll.) maupun beban lingkungan serta dapat bertahan ketika terkena beban lingkungan ekstrim. Menurut Riyanto, dkk (2016) pendekatan yang dilakukan adalah pendekatan *static analysis*. *Static analysis* adalah analisa pada struktur dalam keadaan statis/tidak terpengaruh oleh waktu (beban yang digunakan adalah beban terbesar). Kenyataannya beban lingkungan pada struktur adalah beban beban dinamis bergerak/mempunyai percepatan, sehingga akan terjadi beban dinamis akibat percepatan beban tersebut. Beban dapat diasumsikan dengan gelombang 1 tahunan dan 100 tahunan yang memiliki periode terbesar dan periode natural struktur yang kecil. *Jacket Platform* didesain untuk umur operasi tertentu dapat menahan beban yang bekerja pada struktur tersebut saat kondisi operasi (*Operating Condition*) maupun saat kondisi badai (*Storm Condition*).

Berdasarkan tinjauan pustaka, Utomo (2002) pada Tugas Akhir "Pengaruh *P-delta* Terhadap Kekuatan Struktur Kaki *Jack-up*", lalu Imanudin (2018) pada Tugas Akhir "Analisis Keruntuhan Berbasis Keandalan Pada Bangunan Lepas Pantai Tipe *Jacket* Terhadap Kemiringan Akibat *Settlement*" dan Ramadhan (2018) pada Tugas Akhir "Analisis *On Bottom Stability* Pada *Jacket Platform* Yang Mengalami Kemiringan Pasca *Settlement*" diketahui juga pernah mengangkat permasalahan *P-delta* pada penelitiannya. Penurunan deck clearance akibat berbagai insiden bisa terjadi secara lokal yang artinya penurunan setiap titik pada permukaan tanah tidak sama dan tentu ini akan berujung pada kemiringan bangunan lepas pantai atau *platform* tersebut. Kemiringan inilah yang menyebabkan gaya aksial yang bekerja pada titik berat (COG) awal mengalami penyimpangan kearah horizontal. Pada kondisi demikian, struktur akan mendapat momen lentur tambahan (momen sekunder). Kondisi struktur yang seperti ini disebut sebagai efek *P-delta* (P-Δ

effect). Efek *P-delta* karena perpindahan titik berat ini mengakibatkan terjadinya perubahan tegangan pada struktur.

Analisis struktur karena mengalami kondisi perubahan fisik *Seabed* seperti terjadinya *scouring* telah dilakukan oleh Prihantika (2013) yang membahas "Analisis Dampak *scouring* pada Integritas *Jacket* Struktur dengan Pendekatan Statis Berbasis Keandalan". Lalu dilanjutkan oleh Sari (2015) yang membahas "Analisa Kekuatan *Ultimate* Berbasis Resiko Pada Struktur *Jacket Wellhead Tripod Platform* Akibat Terjadinya *scouring*". Dan Shailla Ainnillah dengan pembahasan "Analisa *Ultimate Strength* Struktur *Jacket Platform* Berbasis Keandalan Pasca *Subsidence*". Para peneliti tersebut melakukan analisis keruntuhan bangunan laut dengan metode penambahan beban secara bertahap sampai struktur mengalami keruntuhan. Terjadinya *scouring* menyebabkan daya dukung tanah akan berkurang yang mengakibatkan kekuatan pada *jacket structure* karena penetrasi *pile* yang dibuat untuk menopang stuktur tersebut juga berkurang. Pemancangan suatu struktur dapat mengganggu keseimbangan dinamis permukaan dasar laut. Gangguan tersebut yang menyebabkan adanya masalah *scouring* (penggerusan) di sekitar kaki *jacket* yang menyebabkan penurunan kapaisitas pondasi yaitu tahanan pasif *Seabed* terhadap gaya lateral dan momen.

Akibat gaya aksial dan gaya lateral yang terjadi perlu dilakukan analisis statis untuk mengetahui besarnya tegangan yang terjadi pada struktur (Robayasa, 2013). Analisis tersebut sangat penting dilakukan, selain untuk memenuhi target dan standar desain yang telah ditetapkan, juga untuk mengetahui kelayakan maupun keamanan suatu *platform*. Menurut Hardiansah (2012), pada analisa tegangan dapat diketahui plastisitas dari struktur *jacket platform* yang terjadi apabila tegangan yang terjadi pada struktur melebihi tegangan yang diijinkan (*yield stress*) dan deformasi yang terjadi bersifat permanen (tidak dapat kembali ke bentuk semula) sehingga integritas dari struktur tersebut dapat diketahui. Metode yang digunakan adalah analisa sensitivitas perubahan tegangan struktur akibat pengaruh *P-delta* dan kedalaman *scouring*. Dari hasil tersebut akan diketahui *unity check* member (UC) sehingga diketahui struktur *jacket* memiliki cukup kekuatan dan stabilitas dalam menahan beban akibat *overstress* yang melebihi tegangan ijin namun tidak sampai mengalami keruntuhan. Struktur dianalisis berdasarkan

pengaruh *P-delta* dan variasi kedalaman *scouring* guna mengetahui integritas struktur apabila mengalami perubahan dari desain perancangannya.

Berdasarkan tinjauan pustaka di atas belum ada yang melakukan analisis integritas struktur lepas pantai terpancang berdasarkan pengaruh perpindahan ttik berat struktur yaitu *P-delta* dan perubahan fisik *Seabed* yakni terjadinya *scouring*. Menurut Riyanto, dkk (2016) terdapat beberapa *software* yang digunakan dalam analisa struktur lepas pantai, namun dalam aplikasinya di dunia industri, *software SACS* paling banyak digunakan. Design kriteria yang umum digunakan adalah API RP 2A WSD 21st.

2.2 Dasar Teori

2.2.1 *Gambaran Umum Struktur Lepas Pantai*

Teknologi perancangan dan kostruksi anjungan lepas pantai telah berkembang yang dibuktikan dengan adanya berbagai jenis of*fshore structure* di lepas pantai yang berfungsi sebagai *production platform, wellhead platform, service platform*, maupun fungsi yang lain. Munculnya struktur – struktur yang lebih memiliki teknologi yang lebih baik meningkatkan hasil eksplorasi yang lebih berkualitas dan pengoperasiannya lebih ekonomis. Beberapa konsep struktur bangunan lepas pantai seperti Gambar 2.1., antara lain :

1. *Fixed Structure*

   Anjungan lepas pantai terpancang dalam operasinya bersifat menahan gaya – gaya lingkungan tanpa mengalami *displacement* / deformasi yang berarti. Tipe ini merupakan tipe paling tua ydan paling banyak dibangun. Salah saru kelemahannya adalah biaya produksi dan biaya instalasi struktur baja akan naik secara eksponensial terhadap kedalaman. Contoh anjungan lepas pantai terpancang adalah *jacket, jack up platform*.

2. *Floating Structure*

   Anjungan lepas pantai terapung mempunyai karakter bergerak mengikuti gerakan gelombang. Seringkali anjungan tipe ini dihubungkan dengan dasar laut menggunakan peralatan mekanik *mooring line* atau *dynamic positioning*. Untuk anjungan tipe ini yang utama adalah mobilitas

dan kemampuannya mengantisipasi gerakan akibat gelombang dan arus laut.

3. *Compliant Platform*

Anjungan struktur lentur 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*.

Gambar 2.1. jenis-jenis anjungan lepas pantai
(Riyanto dkk, 2016)

2.2.2 *Gambaran Umum Struktur Lepas Pantai Terpancang (Jacket Structure)*

Jacket dan *Jack up Structure* yang merupakan anjungan lepas pantai terpancang yang mulai digunakan sejak awal industri lepas pantai, struktur ini dipancang dengan *pile* yang mempunyai lateral *stiffness* untuk menahan beban gelombang, arus, dan angin pada kedalaman air sekitar 0 – 400 m. Tipe anjungan ini memanfaatkan kekuatan dari kakinya yang didukung oleh konfigurasi member (*brace*) dan *pile* yang tertancap sangat dalam untuk menahan *payload* dan beban lateral dari angin, arus, gelombang, dan seismik yang bekerja pada struktur tersebut. Struktur *jacket platform* seperti Gambar 2.2. merupakan bentuk struktur terpancang (*fixed structure*) yang terdiri atas beberapa komponen utama yaitu :

1. *Topside / Deck*

Berfungsi menyediakan bidang datar di atas permukaan air yang tidak terjangkau gelombang laut sebagai penunjang seluruh kegiatan,

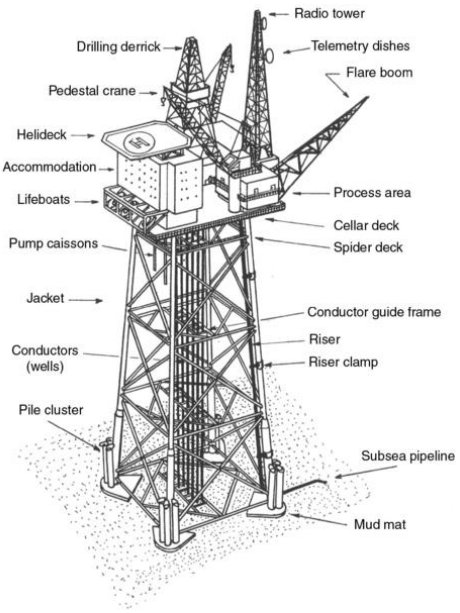
menyokong peralatan, pengeboran dan tempat fasilitas bekerja pada kru. Konstruksi *deck* terdiri atas beberapa kelompok jenis konstruksi yang jumlah dan fasilitas yang ada pada *deck* tergantung pada fungsi utama yang harus dilaksanakan oleh *jacket platform* itu sendiri.

2. *Template / Jacket*

   Berupa konstruksi pipa (tubular) yang berfungsi sebagai penyokong *deck* yang meneruskan beban baik beban vertikal dari geladak maupun beban lateral dari angin, gelombang, arus, boat *impact* ke pondasi, serta melindungi *pile* agar tetap pada posisinya. Subkomponen dari *jacket* antara lain *braces, jacket leg, boat landings, barge bumpers, riser, deck leg.*

3. *Foundation / Pile*

   Diletakkan di dalam kaki *jacket* yang dipancangkan ke dasar laut yang karakteristiknya bergantung pada kondisi tanah yang ada (*soil mechanics*). Fungsi utama tiang pancang sebagai pondasi untuk meneruskan beban *axial* dan lateral yang ditransformasikan ke *Seabed*. Antara *pile* dengan *jacket* terkadang dilakukan *grouting* untuk menambah kekakuan agar *pile* dan *jacket* menyatu.



Gambar 2.2. jacket structure
(Soegiono, 2004)

Beberapa sistem *jacket* yang ada di dunia, mempunyai perbedaan utama mengenai jumlah kaki, konfigurasi sistem *bracing* serta fungsinya. Jumlah kaki

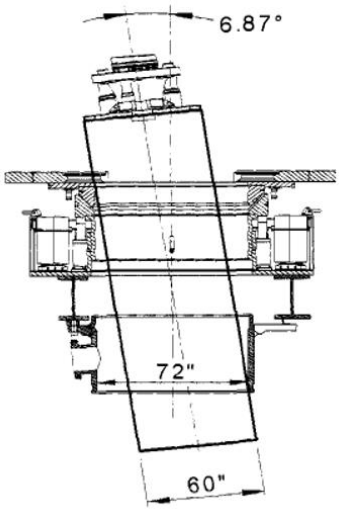
pada setiap *jacket* bervariasi, dari 1 hingga 8 kaki dengan membentuk konfigurasi tertentu. Demikian juga dengan sisten konfigurasi bracingnya dari yang sederhana sampai yang kompleks.

2.2.3 *Batasan Operasi*

Pada suatu proses perancangan bangunan lepas pantai untuk menentukan kemampuan kerja suatu struktur akan dipengaruhi oleh beban yang terjadi pada bangunan tersebut. Sehingga perancang harus mentukan akurasi atau ketepatan beban yang akan diterapkan dalam perancangan. Adapun beban – beban yang harus dipertimbangkan dalam perancangan bangunan lepas pantai, adalah sebagai berikut

Bangunan lepas pantai akan di desain sesuai operasi yang akan dilakukan diatasnya seperti operasi *drilling*, produksi, *wellhead* atau hanya sebagai akomodasi. Berbagai macam kegiatan tersebut membutuhkan perlengkapan-perlengkapan yang sangat kompleks dan tentunya mempunyai batasan agar dapat beroperasi secara optimal. Hal ini akan menjadi pertimbangan penting dalam mendesain sebuah bangunan lepas pantai dimana bangunan tersebut harus bisa mengatasi batasan dari perlengkapan-perlengkapan tersebut. Salah satu batasan yang menjadi isu penting adalah batasan terhadap kemiringan. Kemiringan akan membuat perlengkapan-perlengkapan yang menunjang operasi menjadi tidak optimal dalam menjalankan tugasnya, bahkan bisa berdampak pada kegagalan dan berpotensi menyebakan bahaya yang serius. Banyak sekali perlengkapan yang terpasang diatas suatu platform, namun yang akan menjadi perhatian khusus dalam tugas akhir ini adalah *conductor*.

Conductor adalah suatu alat yang menghubungkan bagian *topside* dengan *wellhead* di dasar laut. *Conductor* menjadi perlengkapan yang sangat kritis karena memiliki konsekuensi yang besar ketika terjadi kegagalan pada struktur tersebut, baik nyawa, kerusakan lingkungan dan tentunya materi. Dalam masa operasinya, *conductor* akan menerima beban lateral dari lingkungan, untuk itu *conductor* harus mempunyai keleluasan dalam bergerak guna mengatasi beban tersebut. sudut kemiringan *conductor* tergantung pada diameter *conductor* dengan ukuran *diverter housing* seperti yang diilustrasikan pada Gambar 2.3.



Gambar 2.3. conductor menyentuh *diverter housing* saat mencapai sudut kemiringan kritis (Chakrabarti, 2005)

Namun biasaya ukuran *diverter housing* didesain sedemikian rupa yang membuat *conductor* hanya bisa mengalami kemiringan tiga derajat saja ketika operasi berlangsung (Chakrabarti, 2005). Nilai sudut ini akan menjadi acuan bagi penulis dalam menentukan variasi sudut pada analisis keruntuhan ini sebagai batas kemiringan kritis dari *jacket platform*.

2.2.4 *Teori Perencanaan Beban*

Pada suatu proses perancangan bangunan lepas pantai untuk menentukan kemampuan kerja suatu struktur akan dipengaruhi oleh beban yang terjadi pada bangunan tersebut. Sehingga perancang harus mentukan akurasi atau ketepatan beban yang akan diterapkan dalam perancangan. Adapun beban – beban yang harus dipertimbangkan dalam perancangan bangunan lepas pantai, adalah sebagai berikut (Soedjono, J J, 1999) :

1. *Dead Load*

   Beban mati adalah beban dari komponen - komponen kering serta beban – beban dari peralatan, perlengkapan dan permesinan yang tidak berubah dari mode operasi pada bangunan lepas pantai. Beban mati tersebut dapat dikelompokkan sebagai berikut:

   a. Berat dari struktur bangunan lepas pantai seperti tiang pancang, *deck, jacket, railing*.

b. Berat perlatan permanen dan pelengkap yang termuat dalam *platform*.

c. Beban akibat gaya – gaya hidrodinamis yang bekerja pada struktur di bawah sarat air termasuk tekanan eksternal dan cadangan daya apung.

2. *Live Load*

Beban hidup adalah beban yang terjadi pada *platform* atau bangunan lepas pantai selama dipakai/berfungsi dan berubah dari mode operasi satu ke mode operasi yang lain. Adapun yang termasuk beban hidup dapat dikategorikan sebagai berikut :

a. Berat peralatan permanen pengeboran dan produksi.

b. Berat peralatan pendukung pengeboran dan produksi.

c. Berat fasilitas-fasilitas akomodasi, heliport dan fasilitas penunjang awak lainnya seperti peralatan selam, keselamatan dan sebagainya yang dapat ditambahkan atau dihilangkan dari *platform*.

d. Berat cairan dan konsumsi logistik dalam tangki penyimpanan.

e. Beban akibat gaya-gaya yang disertakan dalam operasi struktur seperti alat dan *Material* pengeboran, kapal angkut, penambatan kapal dan beban helikopter.

f. Beban akibat gaya-gaya yang disertakan dalam operasi struktur seperti *crane*. Gerakan *crane* terbatas dan dipengaruhi oleh dead*load*nya karena termasuk struktur tetap.

3. *Environmental Load*

Beban lingkungan adalah beban yang terjadi karena dipengaruhi oleh fenomena alam di lokasi suatu bangunan lepas pantai dioperasikan seperti angin, arus, gelombang, gempa, salju, es, dan gerakan bumi. Beban lingkungan juga termasuk variasi tekanan hidrostatik dan cadangan daya apung pada bagian struktur karena perubahan sarat air akibat gelombang dan

pasang surut. Beban lingkungan harus diantisipasi dari segala arah meskipun kondisi spesifik lingkungan asli belum diketahui secara pasti.

4. *Dynamic Load*

Beban dinamis adalah beban yang terjadi pada struktur akibat respon terhadap beban siklik atau reaksi terhadap impact. Hal ini bisa diakibatkan oleh gelombang, angin, gempa bumi, dan getaran akibat operasi permesinan. Sementara impact bisa diakibatkan oleh tabrakan tabrakan dengan kapal pemandu (collision), putusnya tali katrol *crane*, Putusnya tali tambat rantai jangkar, tali baja pengikat katrol, Benda yang jatuh mengenai *deck*, Kebakaran, letusan, *blow out* dan operasi pengeboran (API RP 2A WSD, 2002). Namun dalam tugas akhir ini, beban dinamis tidak diperhitungkan.

2.2.5 *Analisis Inplace*

Mengingat beban statis merupakan acuan beban yang digunakan untuk analisis beban dinamis dan analisis lainnya pada struktur, maka dalam perencanaannya, diperlukan ketepatan desain, keakuratan perhitungan, dan juga ketelitian dalam memperhitungkan segala aspek yang berkaitan terhadap pembangunan struktur anjungan lepas pantai. Analisis *inplace* merupakan analisis statis struktur dengan mempertimbangkan *unity check* disyaratkan kurang dari 1 sebagai batas maksimum yang dapat diterima struktur berdasarkan pada 2 kondisi pembebanan. Kondisi pembebanan tersebut antara lain :

1. Kondisi Operasi

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

2. Kondisi Badai

   Kondisi ini merupakan kondisi terjadinya badai pada lokasi struktur. Pada kondisi ini tidak akan ada beban *work over rig*, sedangkan beban hidup pada tiap *Level* dek dianggap tereduksi sebesar 25%. Selain itu, *crane* dianggap tidak bekerja, akibatnya hanya ada beban *crane* vertikal saja.

Rasio tegangan (*unity check*) merupakan perbandingan antara tegangan aktual struktur dengan tegangan ijinnya seperti Persamaan 2.1 :

$$UC = \frac{\sigma act}{\sigma all} \quad (2.1)$$

Dengan,

UC = *Unity check* member

σ_{act} = Tegangan yang terjadi (ksi)

σ_{all} = Tegangan izin (ksi)

Struktur harus didesain untuk kondisi pembebanan yang akan menghasilkan efek yang paling buruk terhadap struktur. Kondisi pembebanan harus meliputi kondisi lingkungan yang dikombinasikan dengan beban hidup dan beban mati yang sesuai melalui kondisi sebagai berikut :

1. Kondisi beban lingkungan operasional dengan beban mati dan beban hidup maksimum berdasarkan kondisi operasi normal pada anjungan.
2. Kondisi beban lingkungan operasional dengan beban mati dan beban hidup minimum berdasarkan kondisi operasi normal pada anjungan.
3. Kondisi beban lingkungan ekstrim dengan beban mati dan beban hidup maksimum berdasarkan kondisi ekstrim pada anjungan.
4. Kondisi beban lingkungan ekstrim dengan beban mati dan beban hidup minimum berdasarkan kondisi ekstrim pada anjungan.

2.2.6 *Konsep Tegangan (Stress)*

Struktur akan mengalami tegangan sebagai respon terhadap beban-beban yang mengenainya, tegangan yang terjadi pada struktur haruslah tidak menimbulkan kerusakan pada struktur. Untuk mencegah hal tersebut maka dibuatlah standar berupa tegangan yang dijinkan dialami struktur pada tipe pembebanan tertentu yang akan diapaparkan berikut ini.

2.2.6.1 *Tegangan Aksial*

Tegangan aksial terjadi akibat adanya reaksi yang diberikan pada benda sehingga akan timbul tegangan yang menyatakan aksi terbesar yang terjadi secara internal antara elemen-elemen. Analisa tegangan dengan metode statis ini

berdasarkan Hukum Hooke yang menganggap bahan bersifat elastis linier, sehingga prinsip superposisi bisa digunakan untuk menggabungkan tegangan akibat berbagai sistem pembebanan (Popov, 1993).

Tegangan aksial adalah tegangan yang diakibatkan oleh gaya yang tegak lurus penampang struktur. Dari definisi tersebut, secara sederhana persamaan dari tegangan aksial dapat dinyatakan sebagai berikut. Jika suatu batang tubular yang mengalami pembebanan aksial sebesar F dengan luas penampang A. Sehingga tegangan yang terjadi pada batang sesuai dengan Persamaan 2.2. sebagai berikut :

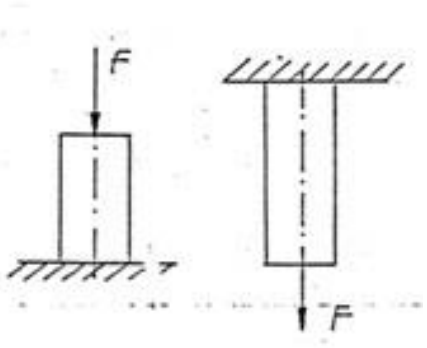
$$\sigma = \frac{F}{A} \tag{2.2}$$

Dengan,

σ = Tegangan aksial (Mpa)

F = Pembebanan aksial (MN)

A= Luas penampang (m^2)



Gambar 2.4. pembebanan aksial pada batang tubular
(Popov, 1993)

2.2.6.2 *Tegangan Tekan Aksial*

Tegangan tekan aksial adalah tegangan yang disebabkan oleh gaya yang tegak lurus penampang potongan dari struktur yang arahnya menekan struktur. Bentuk kegagalan struktur akibat tegangan ini biasanya disebut dengan buckling. Menurut persamaan euler, suatu batang dengan panjang tertentu akan mengalami buckling apabila mendapat gaya dengan besar tertentu yang dirumuskan sebagai berikut.:

$$Per = \left[\frac{\pi^2 EI}{L^2}\right] \tag{2.3}$$

Dengan,

P_{er} = gaya minimal yang membuat *buckling*, kips (MN)

E = modulus elastisitas *young*, ksi (MPa)

I = momen inersia batang, in^4 (m^4)

L = panjang batang, in (m)

Buckling terdiri dari dua macam yaitu *column buckling* dan *local buckling*.

2.2.6.3 *Column Buckling*

Column buckling adalah fenomena *buckling* yang terjadi pada seluruh batang tekan berupa tekukan. Biasanya hal ini terjadi pada batang tekan yang tidak langsing dimana nilai D/t tidak lebih dari 60. Menurut *American Institute of Steel Constructions* (AISC), tegangan aksial yang dibolehkan pada member yang nilai D/t tidak lebih atau sama dengan 60 adalah sebagai berikut:

$$Fa = \frac{\left[1-\frac{\left(\frac{Kl}{r}\right)^2}{2C_c^2}\right]Fy}{\frac{5}{3}+\frac{3(\frac{Kl}{r})}{8C_c}-\frac{(\frac{Kl}{r})}{8C_c^3}} \qquad \textit{untuk } Kl/r < Cc \qquad (2.6)$$

$$Fa = \frac{12\pi^2 E}{23(\frac{Kl}{r})^2} \qquad \textit{untuk } Kl/r \geq Cc \qquad (2.7)$$

$$Cc = \left[\frac{12\pi^2 E}{Fy}\right] \qquad (2.8)$$

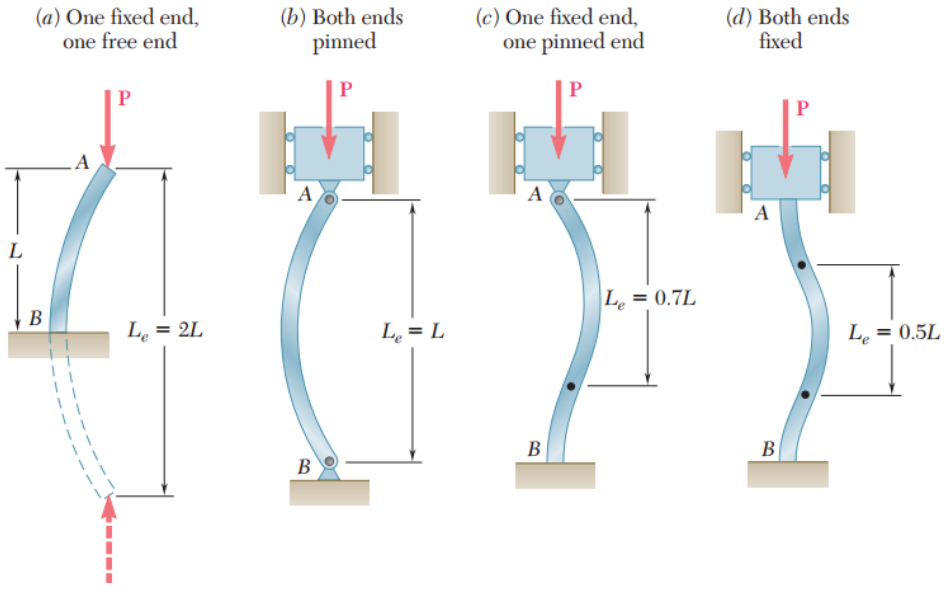
Dengan,

Cc = Modulus Elastisitas, Ksi (MPa)

E = Faktor Panjang Efektif

L = Panjang tanpa *bracing*, in

r = jari-jari girasi, in (m)



Gambar 2.5. ilustrasi *column buckling* pada batang tekan
(Ferdinard Beer et al., 2012)

2.2.6.4 *Local Buckling*

Local buckling adalah fenomena buckling yang terjadi hanya pada bagian tertentu struktur saja (*local*) dan secara keseluruhan struktur masih bisa dianggap lurus. Hal ini biasanya terjadi pada batang tekan yang langsing dimana nilai D/t lebih besar dari 60. Ada dua macam fenomena local buckling yaitu *elastic buckling* dan *inelastic buckling*. Pada fenomena *elastic buckling*, buckling terjadi hanya saat struktur menerima tegangan tertentu dan akan kembali seperti semula saat beban dihilangkan. Batas dari *elastic buckling* stress pada struktur tubular menurut API RP 2A WSD adalah sebagai berikut.

$$Fxe = 2CE\left(\frac{t}{D}\right) \quad (2.3)$$

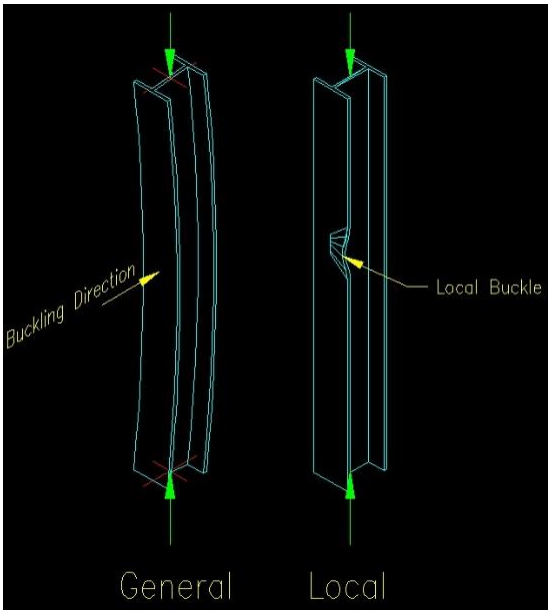
Dengan,

C = koefisien kritis *elastic buckling*

E = modulus elastisitas *young*, ksi (MPa)

t = tebal batang silinder, in (m)

D = diameter silinder, in (m)



Gambar 2.6. Ilustrasi perbedaan antara *global (column) buckling* dan *local buckling* (Quimby, 2008)

Ketika struktur mengalami tegangan diatas nilai *elastic stress local buckling*, maka struktur akan mengalami *buckling* permanen yang artinya struktur tidak dapat kembali ke bentuk semula meskipun beban sudah dihilangkan. Batas nilai plastis dari *buckling* atau disebut *inelastic local buckling* adalah sebagai berikut.

$$Fxc = Fy \times [1.64 - 0.23\,(D/t)^{1/4}\,] \leq Fxe \qquad (2.9)$$

$$Fxc = Fy \; for \; (D/t) \leq 60$$

2.2.6.5 *Tegangan Tarik Aksial*

Bending atau lenturan adalah fenomena tegangan yang disebabkan oleh momen, besarnya tegangan bending dirumuskan sebagai berikut.

$$Ft = 0.6\,Fy \qquad (2.5)$$

Dengan ,

Fy = kekuatan *yield*, Ksi

2.2.6.6 *Tegangan Tekuk (Bending)*

Tegangan tarik aksial adalah tegangan yang disebabkan oleh gaya yang tegak lurus penampang dan arahnya menarik struktur. Berdasarkan API RP 2A WSD tahun 2002, tegangan aksial yang dibolehkan terjadi pada struktur member silinder yang biasa digunakan dalam struktur jacket adalah sebagai berikut.

$$\sigma max = \frac{Mc}{I} = \frac{M}{S}$$

Dengan ,

a = momen internal struktur, kips-in (MN-m)

c = jarak titik tinjauan terhadap sumbu normal, in (m)

I = momen inersia, in^4 (m^4)

S = modulus elastis, in^3 (m^3)

Menurut API RP 2A WSD, tegangan akibat bending yang diijinkan adalah

$$Fb = 0.75\ Fy \text{ untuk } \frac{D}{t} \leq \frac{1500}{Fy} \quad (2.10)$$

$$Fb = \left[0.84 - 1.74\frac{FyD}{Et}\right] Fy \text{ untuk } \frac{1500}{Fy} < \frac{D}{t} \leq \frac{3000}{Fy} \quad (2.11)$$

$$Fb = \left[0.72 - 1.58\frac{FyD}{Et}\right] Fy \text{ untuk } \frac{3000}{Fy} < \frac{D}{t} \leq 300 \quad (2.12)$$

2.2.6.7 *Tegangan Kombinasi*

Sebelumnya telah dibahas macam-macam tegangan dasar dimana tegangantegangan tersebut bisa berkombinasi satu sama lainnya dan tentu harus di tinjau bagaimana efek dari kombinasi tegangan-tegangan tersebut terhadap struktur. Untuk lebih lengkapnya tegangan kombinasi untuk member silinder dan member non-silinder bisa di lihat dan dipelajarai di API RP 2A WSD atau API RP 2A LRFD dan AISC.

$$\frac{fa}{Fa} = \frac{Cm\sqrt{f_{bx}^2 + f_{by}^2}}{(1 - \frac{fa}{f'e})Fb} \leq 1.0 \quad (2.13)$$

$$\frac{fa}{0.6Fy} = \frac{\sqrt{f_{bx}^2 + f_{by}^2}}{Fb} \leq 1.0 \quad (2.14)$$

Dengan:

Fa = tegangan aksial yang diijinkan

fa = tegangan aksial

Fb = tegangan *bending* yang diijinkan

Cm = Faktor reduksi

2.2.6.8 *Kapasitas Beban Aksial Tiang Pancang (Pile)*

Kapasitas daya dukung *ultimate pile*:

$$Qd = Qf + Qp = f\,As + q\,Ap \qquad (2.14)$$

Dengan:

Qf = Total tahanan gesek kulit, lb (KN)

Qp = Total tahanan ujung *pile*, lb (KN)

F = Unit tahanan kulit, lb/ft^2 (kPa)

As = Luasan kulit *pile*, ft^2 (m^2)

Q = Unit tahanan ujung *pile*,lb/ft^2 (kPa)

Ap = Total luas pemampang ujung *pile*, ft^2 (m^2)

2.2.7 *Analisis Batas Tegangan Ultimate (Ultimate Limit State/Collapse Analysis)*

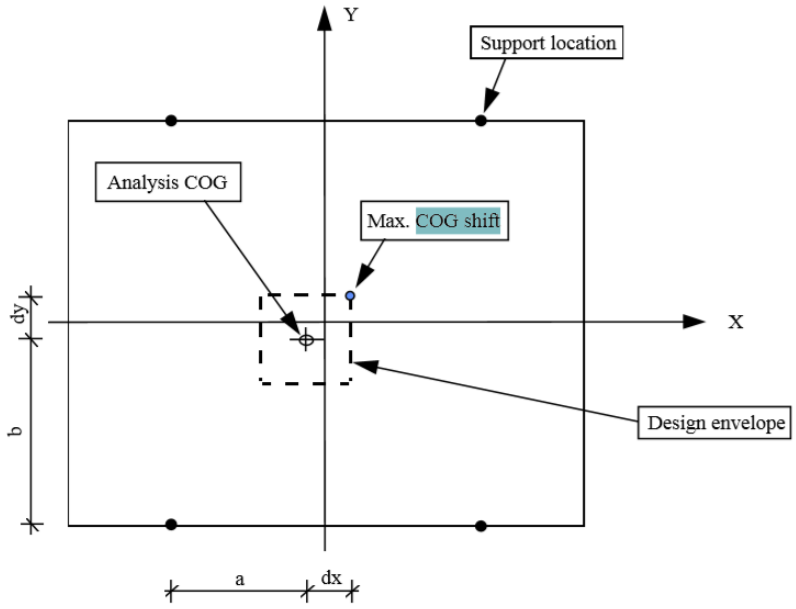
Analisa batas tegangan *ultimate* dilakukan untuk menentukan kekuatan maksimum stuktur untuk menahan beban yang terjadi. Beberapa beban yang bekerja pada struktur mengakibatkan keruntuhan total dan ketidakmampuan struktur menahan beban lingkungan dan *topside*. Analisa tegangan *ultimate* dari struktur sangat sulit didapatkan. Metode analisa non-linier dibutuhkan untuk menghitung kekakuan member dalam rentang *post elastic-platis*. Kekakuan sistem struktur harus dimonitor dan diperbaharui terus menerus karena berada pada daerah *plastis/brittle*.

Untuk analisis *ultimate* ini dilakukan dengan menggunakan metode *collapse Analysis. Collapse Analysis* merupakan analisa yang digunakan untuk mengetahui kekuatan dari struktur dalam menerima beban. Dalam analisis ini akan didapatkan besar tegangan maksimum yang mampu diterima struktur sebelum mengalami kegagalan.

2.2.8 *Pergeseran Centre of Grafity (COG Shift)*

Pergeseran *Centre of Grafity (COG)* dari *initial COG* ke titik *shifting*-nya biasa disebut sebagai *sensitivity COG / COG shift* (DNVGL-ST-N001). *COG shift* dapat diperhitungkan sebagai faktor beban statis, sehingga reaksi pada setiap titik

dari pergeseran *COG* akan diperhitung sebagai faktor beban statis. Atau dapat juga perhitungkan sebagai *COG envelope* arah-x dan arah-y yaitu :



Gambar 2.7. pergeseran *centre of grafity* (*COG shift*)
(Liang, 2004)

Sehingga gaya *Couple* yang dibutuhkan dalam perhitungan COG *shift* sebagai seperti persamaan 2.15 dan 2.16 :

$$Fz(x) = \frac{Fz \times dx}{Lx} \quad (2.15)$$

$$Fz(y) = \frac{Fz \times dy}{Ly} \quad (2.16)$$

Dengan :

Fz (x) = Gaya yang dikenakan pada titik pergeseran arah- x

Fz (y) = Gaya yang dikenakan pada titik pergeseran arah- y

Fz = Gaya *selftweight* struktur yang diangkat.

dx = Jarak pergeseran arah-x

dx = Jarak pergeseran arah-y

Kemungkinan pergeseran *centre of grafity* (COG *shift*) harus diperhitungkan dengan menerapkan faktor pergeseran COG (f_{cog}) ke semua beban yang ditetapkan dalam kombinasi beban. f_{cog} dihitung untuk titik penopang yang paling sensitif

terhadap pergeseran COG, dan diterapkan secara merata untuk seluruh struktur. COG dari analisis harus digunakan dalam perhitungan pergeseran COG. Faktor f_{cog} dihitung sebagai berikut :

$$fcog(x) = \frac{dx+a}{b} \times \frac{dy+b}{b} \geq 1.05 \quad (2.17)$$

Di mana, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.7, a dan b adalah jarak antara COG analisis yang dianalisa dan penopang terdekat dalam arah x dan y sedangkan dx dan dy adalah jarak antara posisi pergeseran COG maksimum, dan analisis COG dilakukan masing-masing dalam arah x dan y.

2.2.9 Soft*ware SACS*

SACS (*Structure Analysis Computer System*) adalah program analisis struktur untuk struktur bangunan umum maupun bangunan lepas pantai. *SACS* memiliki kemampuan analisis statik, analisis dinamik, perhitungan beban lingkungan seperti beban gelombang, arus dan angin, cek dan desain member, analisis pada saat peluncuran, analisis kekuatan sambungan, analisis umum fatigue, analisis tiang pancang, analisis keruntuhan non-*linear* dan sebagainya.

SACS terdiri dari modul-modul program yang memiliki fungsi berbeda namun saling berkaitan. Modul-modul yang akan digunakan adalah:

1. *SACS Executive*

   Merupakan program utama yang menghubungakan modul-modul lain dalam *SACS*. Modul-modul lain dijalankan dengan *SACS Executive* ini.

2. *Precede*

   Merupakan program pemodelan geometri, *Material*, properti penampang dan pembebanan sederhana.

3. *Seastate*

   Seastate program adalah program analisa yang memperhitungkan bebanbeban lingkungan seperti beban gelombang, arus, dan angin. Program ini juga memperhitungkan efek *Marine growth*, *bouyancy*, dan memodelkan gelombang untuk respon dinamik.

4. *SACS* IV

Merupakan program analisis elemen hingga untuk analisis struktur dan pembebanan yang telah dimasukkan pada modul sebelumnya.

5. Postvue

Program analisis kekuatan member dan desain berdasarkan kode desain (*design code*) seperti API, AISC, dan LRFD.

6. *Joint can*

Pemeriksaan kekuatan sambungan dan desain sambungan tubular berdasarkan kode desain.

7. PSI

Simulasi interaksi tanah dengan tiang pancang untuk melakukan proses iterasi penyamaan *load deflection* antar sturktur dengan tiang pancang.

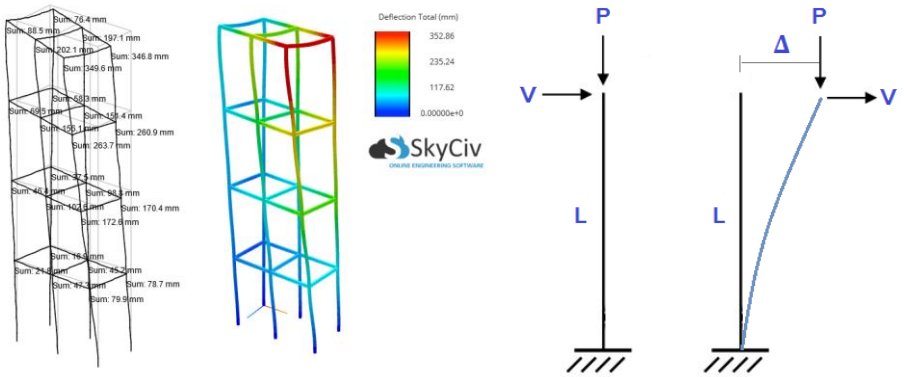
8. Fatigue

Program pemeriksaan umur *fatigue* dan desain ulang sambungan.

Berkaitan dengan analisa seismik, terdapat tujuh langkah analisa. Empat langkah pertama merupakan langkah untuk mendapatkan tiga hasil utama dalam tiga langkah berikutnya. Analisa dilakukan dengan bantuan *software SACS* 5.6 dengan beberapa modul analisa di dalamnya.

2.2.10 *Efek P-delta (P-Δ)*

Efek *P-delta* adalah tambahan momen yang diakibatkan oleh pergeseran COG pada struktur seperti pada ilustrasi Gambar 2.8.



Gambar 2.8. Ilustrasi pergeseran beban akibat defleksi (skyciv.com)

Pada penelitian kali ini efek *P-delta* akan digunakan sebagai cara untuk memodelkan struktur miring dengan cara menambahkan nilai momen *P-delta* pada kemiringan tertentu pada model awal. Nilai *P-delta* pada sudut kemiringan dicari dengan mengalikan beban vertikal struktur dengan pergeseran lateral pada struktur yang dapat dicari dengan persamaan rotasi antara dua titik dengan mengasumsikan ada satu titik yang tidak mengalami perpindahan sebagai titik pusat rotasi seperti pada persamaan berikut

$$\begin{bmatrix} X' \\ Z' \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} (x-a) & -(z-b) \\ (z+b) & (x-a) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} Cos\theta \\ Sin\theta \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} a \\ b \end{bmatrix} \quad (2.17)$$

2.2.11 *Scouring*

Terjadinya *scouring* menyebabkan daya dukung tanah akan berkurang yang mengakibatkan kekuatan pada *jacket structure* karena penetrasi *pile* yang dibuat untuk menopang stuktur tersebut juga berkurang. Pemancangan suatu struktur dapat mengganggu keseimbangan dinamis permukaan dasar laut. Gangguan tersebut yang menyebabkan adanya masalah *scouring* (penggerusan) di sekitar kaki *jacket* yang menyebabkan penurunan kapaisitas pondasi yaitu tahanan pasif *Seabed* terhadap gaya lateral dan momen . Sementara itu arus yang terus menerus mengalir di permukaan dasar laut akan menambah kedalaman *scouring* tersebut.

Sedangkan menurut Laursen (1952) dalam Prihantika (2013), sifat alami *scouring* mempunyai fenomena sebagai berikut:

1. Besar gerusan akan sama selisihnya antara jumlah *Material* yang diangkut keluar daerah gerusan dengan jumlah *Material* yang diangkut masuk ke dalam daerah gerusan
2. Besar gerusan akan berkurang apabila penampang basah di daerah gerusan bertambah (misal karena erosi). Untuk kondisi aliran bergerak akan terjadi suatu keadaan gerusan yang disebut dengan gerusan batas, besarnya akan asimtotik terhadap waktu.

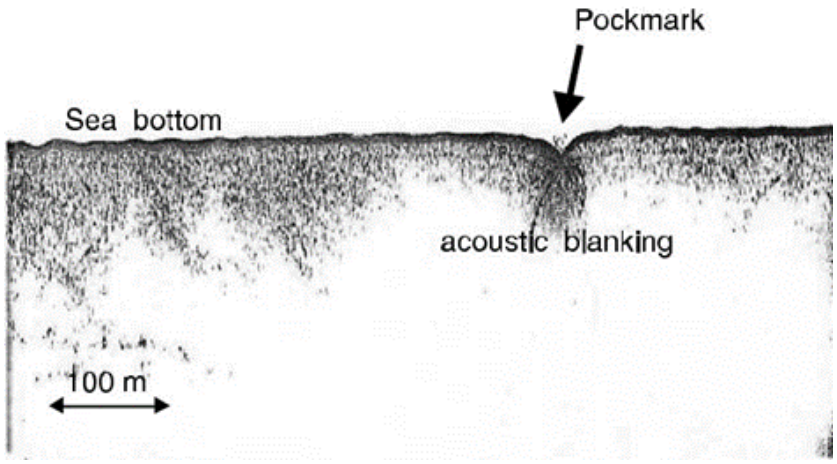
Scouring (Penggerusan) merupakan pengangkatan tanah dasar laut yang disebabkan oleh berbagai sebab. *Scouring* tersebut dapat menjadi proses geologi alam atau dapat disebutkan oleh elemen struktur yang mengganggu aliran alami di

dekat dasar laut. Dari pengamatan, penggerusan biasanya dapat dicirikan sebagai beberapa kombinasi dari berikut:

a. Penggerusan lokal curam : penggerusan lubang disekitar elemen struktur sebagai kelompok tiang.
b. Penggerusan global : cekungan dangkal pada sebagian besar struktur yang disebabkan karena efek struktur keseluruhan.
c. Penggerusan dasar laut secara keseluruhan : gerakan *sandwaves*, tonjolan yang akan terjadi tanpa adanya struktur yang disebabkan oleh penurunan / akumulasi.

2.2.12 *Pockmarks*

King dan MacLean (1970) dalam Hovland dan Judd (1988) mengemukakan bahwa ada fenomena *scouring* lain, yang juga mempengaruhi pondasi serta struktur lepas pantai yaitu *pockmarks. Seabed pockmarks* adalah dataran cekung, cekungan seperti kawah, yang umumnya dikaitkan dengan pelepasan gas atau fluida dari *subsurface.* Ciri-ciri morfologis ini pertama kali dilaporkan oleh King dan MacLean (1970) terjadi secara berlebihan pada bagian berlumpur dari *the Scotian Shelf.* Dalam Gambar 2.9. Mereka menemukan diameter mulai dari 15 hingga 45 m dan kedalaman 5 hingga 10 m. Ekspresi pada echogram adalah *V-shaped notch* di sepanjang *interface* sedimen-air.



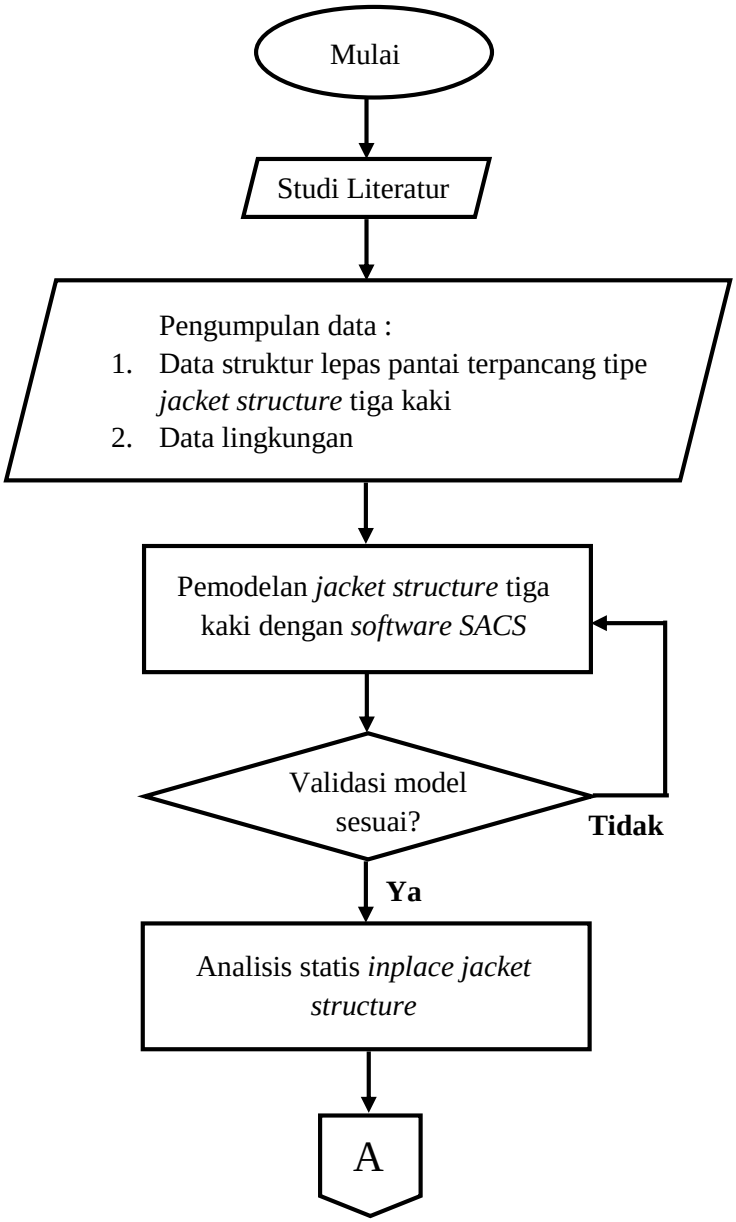
Gambar 2.9. pockmark
(Hovland dan Judd, 1988)

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

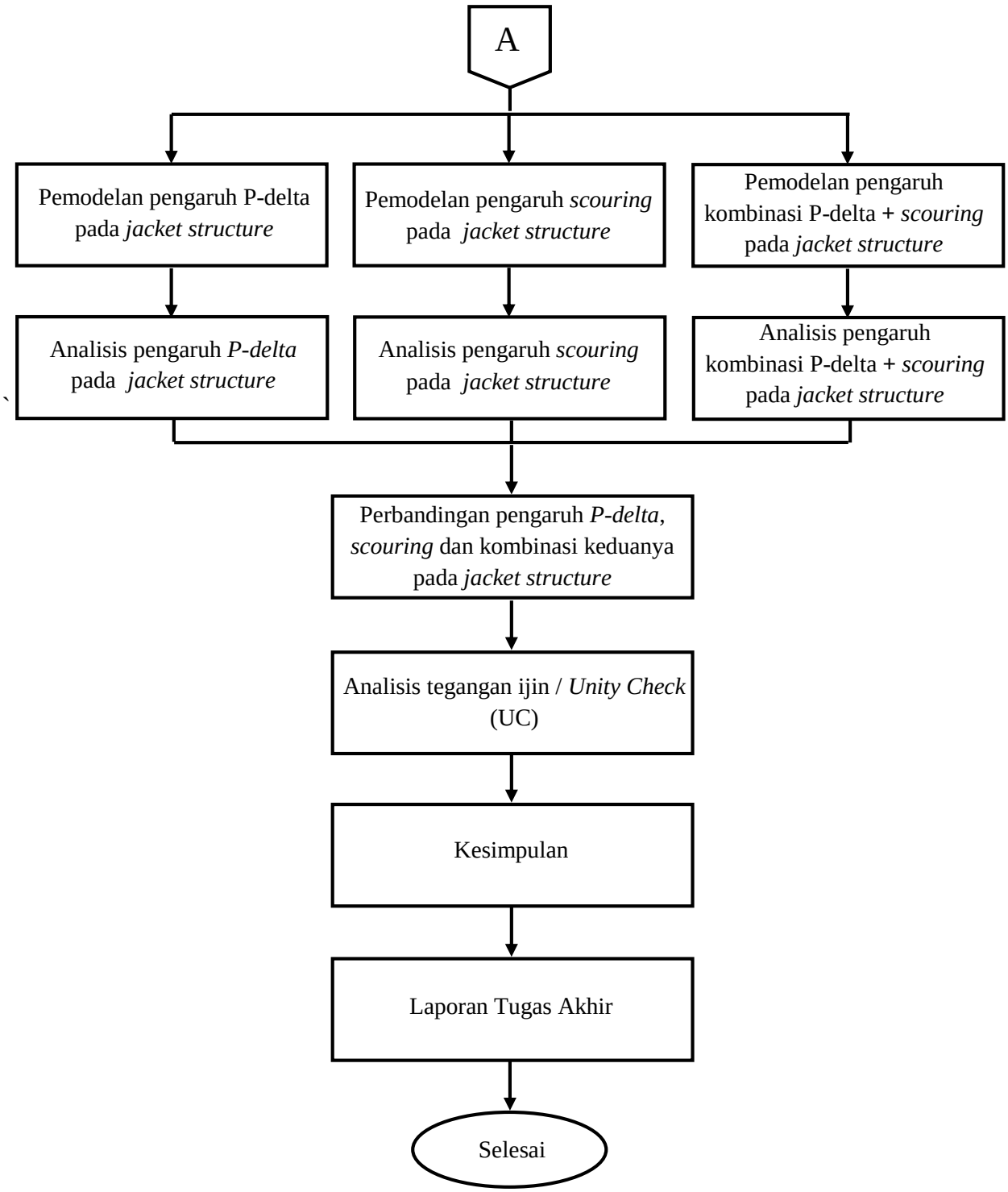
BAB III
METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Diagram Alir

Penjelasan mengenai tugas akhir dapat dilihat pada Gambar 3.1 dan Gambar 3.2:



Gambar 3.1. diagram alir pengerjaan tugas akhir



Gambar 3.2. 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 Analisis Pengaruh *P-delta* dan *scouring* Pada Integritas Struktur Lepas Pantai Terpancang. Dijelaskan sebagai berikut :

1. Studi Literatur Dan Tinjauan Pustaka

   Mengumpulkan literatur sebagai referensi (sumber pustaka) dan dasar teori berupa buku, jurnal, *codes*, laporan tugas akhir serta penelitian terbaru yang berkaitan dengan topik tugas akhir ini. Penulis juga mempelajari modul-modul mengenai *software SACS* dan *software* pendukung lainnya yang akan digunakan selama pengerjaan pemodelan dalam tugas akhir ini.

2. Pengumpulan Data

   Data yang dibutuhkan berupa data struktur, data lingkungan, data pembebanan pada struktur lepas pantai terpancang tipe *jacket structure* tiga kaki.

3. Pemodelan Struktur Dengan *Software SACS*

   Pemodelan *Platform* beserta *appurtunances* berdasarkan desain struktur dengan *software SACS* dan memasukan beban yang bekerja pada struktur seperti beban *equipment*, beban perpipaan, beban hidup, dan beban lingkungan.

4. Validasi Pemodelan

   Pembuktian dengan menyamakan berat struktur lepas pantai terpancang yang dimodelkan dengan berat struktur sesungguhnya. Validasi selalu dibutuhkan dalam tahap pemodelan. Hal ini bertujuan untuk membuktikan bahwa struktur yang dimodelkan sudah dapat mewakili struktur sesungguhnya.

5. Analisis Statis *Inplace Jacket Structure*

   Struktur *Linear* adalah struktur yang tidak mengalami perubahan Massa (M), Redaman (C), dan Kekakuan (K) dalam kondisi apapun. Analisa dalam kondisi ini biasanya digunakan dengan asumsi bahwa struktur direncanakan selalu berada dalam kondisi elastis, atau sifat struktur dapat

kembali ke posisi awal setelah diberikan beban tertentu. Analisa struktur linier ini dianalisa dalam analisa *inplace* ini. Langkah pertama untuk analisa ini adalah dengan memasukan data input model struktur(*sancip*) dan file yang berisi tentang penjelasan sambungan (*jointcan*). Pembebanan dalam analisa ini ada dua beban vertikal dan beban lingkungan kondisi badai dengan *load factor* 1.0. Tujuan dari analisa ini adalah untuk mendapatkan *safety factor* atau *unity check* dari *jacket*.

6. Pemodelan dan Analisis Pengaruh *P-delta* Pada *Jacket Structure*

   Melakukan pemodelan struktur dengan melibatkan pengaruh efek *P-delta.* Pergeseran titik *centre of grafity (COG shift*) mendekati sebesar 5% dari jarak titik awal COG terhadap *jacket leg* A1 (0,05 L_{A1}), Menganalisa pengaruhnya terhadap struktur, lalu memeriksa kembali tegangan yang terjadi pada struktur dengan tegangan yang telah direkomendasikan oleh API RP 2A WSD 21st. Begitu pula seterusnya dengan variasi *COG shift* sebesar 5% L_{A1}, 10% L_{A1}, 15% L_{A1}, mendekati *jacket leg* A1. *COG shift* dilakukan hanya pada *leg* A1 karena *leg* A1 merupakan kaki struktur yang paling *critical* dan sensitifitas tegangannya tinggi. Pada tahap ini struktur akan dimodelkan mengalami kemiringan pada SACS yaitu dengan menambahkan beban *joint deflection* pada joint-joint tertentu dengan nilai tertentu sehingga struktur seolah-olah mengalami kemiringan sebesar 0 – 3 derajat.

7. Pemodelan dan Analisis Pengaruh *scouring* Pada *Jacket Structure*

   Melakukan pemodelan struktur dengan melibatkan pengaruh efek *scouring*. *scouring* yang terjadi pada kaki struktur di variasikan terjadi pada 1 dari 3 kaki, 2 dari 3 kaki, dan pada semua 3 dari 3 kaki struktur. Dengan variasi kedalaman *scouring* yang terjadi dari 3,2 meter; 9,5 meter, 13,2 meter; 16,1 meter; hingga mencapai 21 meter. Pada setiap variasi kaki yang terkena *scouring*, dianalisa pengaruhnya terhadap struktur, lalu memeriksa kembali tegangan yang terjadi pada pada struktur dengan tegangan yang telah direkomendasikan oleh API RP 2A WSD 21st.

8. Pemodelan dan Analisis Pengaruh kombinasi *P-delta* + *scouring* Pada *Jacket Structure*

Melakukan pemodelan struktur dengan melibatkan pengaruh efek kombinasi *P-delta + scouring.* Menganalisa pengaruhnya terhadap struktur, lalu memeriksa kembali tegangan yang terjadi pada pada struktur dengan tegangan yang telah direkomendasikan oleh API RP 2A WSD 21st.

9. Perbandingan Pengaruh *P-delta* dan *scouring* serta kombinasi keduanya Pada *Jacket Structure*

   Pada tahap ini penulis membandingkan tegangan antara analisa statis pengaruh efek *P-delta* dan analisa statis akibat *scouring* pada struktur. Perbandingan tegangan umumnya disajikan dalam bentuk grafik atau kurva. Kurva menunjukkan perbandingan tiap variasi skenario pengujian yang digunakan pada uji pemodelan tersebut.

10. Analisis tegangan ijin / *Unity check (UC)*

    Pada tahap ini penulis membandingkan Analisis tegangan ijin / *Unity check (UC)* antara analisa statis pengaruh efek *P-delta* dan analisa statis akibat *scouring* dan kombinasi keduanya pada struktur.

11. Penyusunan laporan

    Laporan disusun sesuai dengan semua hasil yang telah dikerjakan mulai dari tahap awal hingga tahap akhir. Penulisan laporan sesuai dengan penilitian serta metodologi yang dilakukan. Serta ditulis hasil analisis dan kesimpulan yang menjawab tujuan dari penilitian.

3.3 Pengumpulan Data

1. Deskripsi struktur
   - *Jacket tripod structure*
   - *Three Level elevation*
   - Diameter *Jacket leg is* 40” OD (*thickness varies*)
   - Diameter *Piles is* 36” OD (*thickness varies*)
   - Jarak kaki vertikal (A1) dengan kaki horizontal (B) 26 ft, jarak kaki horizontal 2 (B2) dan kaki horizontal 3 (B3) 30 ft.

   Perlengkapan *sub-structure :*
   - *Boat landing*
   - Tiga 30” OD *conductor*
   - Satu 12” OD *riser*

- *Mudmat*
- Sambungan *pile* dan *jacket* pada elevasi 18’-11 3/8”

2. Kedalaman perairan

   Kedalaman perairan yang diukur dari *Mean Sea Level* (MSL) adalah 60’-3 5/8” sebagai berikut :

Tabel 3.1. Data Kedalaman Perairan

Description		YYA Inplace	
		Storm 100-yr	Operating 1-yr
Mean Sea Level (MSL)	(ft)	60.367	60.367
Highest Astronomical Tide (HAT)	(ft)	3.80	3.80
Storm Tide	(ft)	0.80	0.50
Total Tide	(ft)	4.60	4.30
Maximum Water Depth (MSL+1/2HAT+ST)	(ft)	63.067	62.767
Minimum Water Depth (Max WD - HAT)	(ft)	59.267	58.967

3. Deskripsi dek

The deck is a four deck-leg pattern of 40'-0"x40'-0" with 2 deck levels which are:

- Main Deck level EL.(+) 64'-4 13/16" (TOS)
- Mezzanine Deck level EL.(+) 53'-4 13/16" (TOS)
- Cellar Deck level EL.(+) 39'-4 13/16" (TOS)
- Closed Drain Access Platform EL.(+) 26'-9 5/16" (TOS)

The Main Deck is equipped with the following items:

- Pig Launcher
- Solar Panel
- Battery Enclosure 24 VDC Battery bank
- Battery Circuit Breaker
- Charger Control Device
- 24 VDC Battery Charger Enclosure
- 24 VDC Distribution Board
- RTU / Communication Panel
- Navigation AID
- CO2 Snuffing Unit
- Scale Inhibitor Injection Package
- Corrosion Inhibitor Injection Package
- Pour Point Depressant Injection Package
- Test Separator
- Pedestal Crane

The Cellar Deck is equipped with the following items:

- 3 (Three) Wellhead and 2 (two) wellhead future
- N2 Package
- Instrument Gas Dryer Package
- Wellhead Control Panel
- RTU / Communication Panel
- Process Monitoring and Shutdown Panel

The Closed Drain Access Platform is equipped with the following items:

- Closed Drain vessel & pump

4. Data lingkungan

Data kecepatan angin sebagai berikut :

Tabel 3.2. Data Kecepatan Angin

Description		YYA Inplace	
		Storm 100-yr	Operating 1-yr
1.0 Hour Wind	(Mph)	63	38
1.0 Minute Wind	**(Mph)**	**80**	**48**
Maximum Inst. Gust	(Mph)	96	58

Data karakteristik gelombang sebagai berikut :

Tabel 3.3. Data Karakteristik Gelombang

Description		Str. 100yr		Ope. 1yr	
		Min WD Cond.	Max WD Cond.	Min WD Cond.	Max WD Cond.
Max Wave Height (Hmax)	(ft)	28.30		16.70	
Period of Max Wave (THmax)	(s)	9.40		7.10	
Crest El. Of Max Wave above C.D	(ft)	19.00	18.58	9.70	9.60
Crest El. Of Max Wave above Bottom	(ft)	79.90	83.30	70.30	74.00
Length of Max Wave	(ft)	432.93	438.64	278.98	282.21

Data kecepatan arus sebagai berikut :

Tabel 3.4. Data Kecepatan Arus

Description		YYA Inplace	
		Str. 100yr	Ope. 1yr
Current speed at 0 % depth(1)	(ft/sec)	4.0	3.0
Current speed at 10 % depth	(ft/sec)	3.7	2.8
Current speed at 20 % depth	(ft/sec)	3.4	2.6
Current speed at 30 % depth	(ft/sec)	3.2	2.4
Current speed at 40 % depth	(ft/sec)	2.9	2.2
Current speed at 50 % depth	(ft/sec)	2.6	2.0
Current speed at 60 % depth	(ft/sec)	2.4	1.8
Current speed at 70 % depth	(ft/sec)	2.2	1.6
Current speed at 80 % depth	(ft/sec)	2.0	1.4
Current speed at 90 % depth	(ft/sec)	1.7	1.2
Current speed at 100 % depth	(ft/sec)	1.0	0.8

Data Tanah

Terlampir pada Lampiran 1

Marine growth

Marine growth terakumulasi secara radial dengan ketebalan yang sama pada semua member *jacket* dan perlengkapannya. *Marine growth* setebal 2” dari

HHWL hingga *mudline* telah dipertimbangkan ke semua member. Berat kering *Marine growth* ditentukan 77,0 pcf.

5. Kedalam *pile*

   Pile A1 (PL1) 65,2 m (213,9 ft)

   Pile B2 (PL2) 60,3 m (197,8 ft)

   Pile B3 (PL3) 62,4 m (204,7 ft)

6. *Material properties*

Tabel 3.5. Data *Material Properties*

Item	Application	Material Specs	Yield Strength (Ksi)	Yield Strength (Ksi)	Type Class
		API	ASTM		
Plates	Stiffener Plates, Deck Plate, Drip Pans, Centralizer Plate, Filler Plate	-	ASTM A36	36	Type I-C
	Stiffener Plates, Girders Plate, Insert Flanges, Insert Web	API 2H Gr.50 with S1 and S3(**)	ASTM A572 Gr 50 with S28 and S29	50	Type II-B
	Girders Plate (where tension members attached), Padeyes, Star Plates, Crown	API 2H Gr.50 with S1, S3, S4 and S5(*)	ASTM A572 Gr 50 with S28 and	50	Type II-B
Rolled Section	Floor beam, Truss Beams, Columns, Skidding Beam, Walkways, Stairs, Pipe Support, Secondary Beam, Bracing of Truss	-	ASTM A-36	36	Type I-C
	Floor beam, Truss Beams, Columns, Skidding Beam, Bracing of Truss, Seafastening	-	ASTM A572 Gr 50 with S28 and S29	50	Type II-B
Seamless Tubular	Stairs, Pipe Support, Boatlanding, Riser Guard	API 5L Gr.B	-	35	Type I-B
Welded Tubular	Deck Leg, Bracing of Truss, Jacket Leg, Jacket Bracing	API 5L Gr.X52 PSL2 with SR5 and SR6 or API 2H Gr.50 with S1, S3, S4 and S5(**)	ASTM A572 Gr 50 with S28 and S29	52 for API 5L Gr.X52 50 for ASTM A572 and API 2H Gr.50	Type II-B
Joint Cans	Topside Joint Can	API 5L Gr.X52 PSL2 with SR5 and SR6(*) or API 2H Gr.50 with S1, S3, S4 and S5(*) and (**)	ASTM A572 Gr 50 with S28 and S29(*)	52 for API 5L Gr.X52 50 for ASTM A572 and API 2H Gr.50	Type II-B
	Jacket Joint Can	API 2H Gr.50 with S1, S3, S4 and S5(*) and (**)	ASTM A572 Gr 50 with S28 and S29(*)	50	Type II-B
Piles	Caisson and Pile Section	API 2H Gr.50 with S1, S3, S4 and S5(**)	ASTM A572 Gr 50 with S28 and S29	50	Type II-B
Crane Pedestal	Jib Crane	API 2H Gr.50 with S1, S3, S4 and S5(**)	-	50	Type II-A

Tabel 3.5. Data Material Properties (lanjutan)

No	Load Case	Description	WCR, Rev.1	SACS		
			Net Weight (kips)	Net Weight (kips)	Cont. Factor	Gross Weight (kips)
1		SACS Generated Weight of Jacket & Deck [1]	632.31	644.99	1.10	709.49
2		**Total Non-Generated Load**	225.53	260.95	1.12	292.26
	21	Deck Non Generated Weight	149.36	153.71		
	26	Jacket Non Generated Weight	76.17	107.24		
3		**Total Mechanical:**	179.60	183.75	1.12	205.80
	31	Mechanical Dry Weight	100.87	102.73		
	32	Mechanical Content Weight	78.73	81.02		
4	35	Pedestal Crane [2]	58.14	58.14	1.12	65.12
5		**Total Piping:**	175.78	196.38	1.12	219.95
	41	Piping Dry Weight	130.49	130.49		
	42	Piping Content Weight	28.81	28.83		
	43	Piping Dry Future Weight	13.18	13.18		
	44	Piping Content Future Weight	3.30	3.29		
	45	Piping on Vent Tip	-	1.31		
	46	Piping on Riser Support at EL (+) 25'-7"	-	19.28		
6		**Total Electrical:**	8.64	8.62	1.15	9.91
	51	Electrical Equipment Weight	-	7.96		
	52	Electrical Bulk Weight	-	0.66		
7		**Total Instrument:**	12.42	12.41	1.15	14.27
	61	Instrument Equipment Weight	10.59	10.59		
	62	Instrument Bulk Weight	1.78	1.78		
	63	Instrument Dry Future Weight	0.04	0.04		
8	71	**Safety Equipment**	1.54	1.54	1.15	1.77
		Total Operating Weight [A] = 1+2+3+4+5+6+7+8	1293.96	1366.78		1518.57
9	81-96	Total Live Load (Topside Design)	-	469.35	1.00	469.35
		Total Operating Weight + Total Live Load [B] = [A] +9	1293.96	1836.13		1987.92

Note:
1. The corrosion allowance of 5% from the nominal wall thickness has been considered for all Jacket Legs & Piles members.
2. Crane Pedestal weight has been applied in Load Case 35. The dry weight of crane pedestal is 58.138 Kips.

7. *Corrosion allowance*

   Wall thickness pada semua member struktural di daerah *splash zone* telah ditingkatkan ¼" seperti *corrosion allowance*. *Steel coorosion allowance* ¼" *thickness* digunakan pada *pile* dibawah *jacket, jacket leg, deck leg, and primary vertical-horizontal jacket braces.* Untuk semua perlengkapan utama seperti *boat landing* dan *riser guards* pada *splash* zone juga telah didesain dengan *corrosion allowance 1/8" thickness*

8. *Allowawable stress* API RP 2A WSD

Tabel 3.6. Data *Allowable Stress*

Analysis	Condition	Allowable Stress	
In-Place Structural Analysis	1-year operating	Basic AISC-API	
	100-years extreme		Basic AISC-API + 1/3 increase

9. *Pile safety factor*

Tabel 3.7. Data *Pile Safety Factor*

Condition	Pile Safety Factor
Operating 1 Year	2.00
Storm 100 Year	1.50

3.4 Jadwal Kegiatan

Agar pelaksanaan penelitian ini dapat selesai pada waktu yang telah ditentukan, maka dibuatlah jadwal kegiatan. Jadwal kegiatan yang direncanaan tertera pada Tabel 3.1 berikut:

Tabel 3.8. Rencana Jadwal Kegiatan

Nama Kegiatan	**Bulan**																							
	1				**2**				**3**				**4**				**5**				**6**			
	Minggu																							
	1	**2**	**3**	**4**	**1**	**2**	**3**	**4**	**1**	**2**	**3**	**4**	**1**	**2**	**3**	**4**	**1**	**2**	**3**	**4**	**1**	**2**	**3**	**4**
Studi literature dan tinjauan pustaka																								
Pengumpulan Data Struktur dan Data Lingkungan																								
Pemodelan Struktur, Validasi dan analisa *inplace*																								
Pemodelan Pengaruh *P-delta* dan *scouring* pada *Structure*																								
Analisis dan Perbandingan Pengaruh *P-delta* dan *scouring* pada *Structure*																								
Menyimpulkan Hasil Analisa dan menyusun laporan																								

BAB IV
ANALISIS DAN PEMBAHASAN

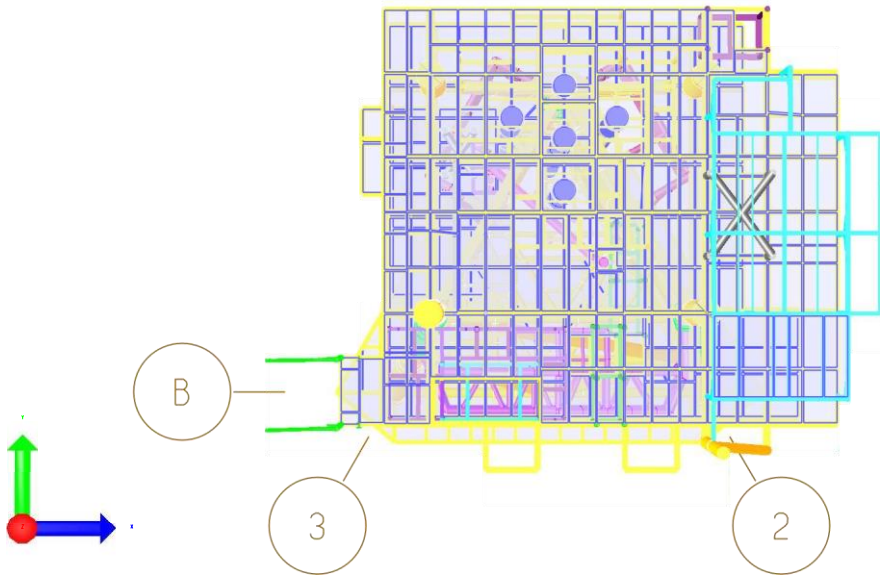
4.1 Validasi Pemodelan Struktur

Validasi selalu dibutuhkan dalam tahap pemodelan. Validasi berguna untuk membuktikan bahwa pemodelan yang dilakukan telah memberikan hasil yang kurang lebih dapat mewakili kondisi sebenarnya. Dalam penelitian ini, pemodelan struktur dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak berbasis *finite element* yaitu *SACS*. Validasi terhadap pemodelan dilakukan berdasarkan berat struktur. Berat struktur hasil pemodelan diperoleh sebesar 1927,37 kips. Sedangkan pada data *jacket wellhead tripod platform* perencanaan berat struktur sebesar 1987,92 kips.

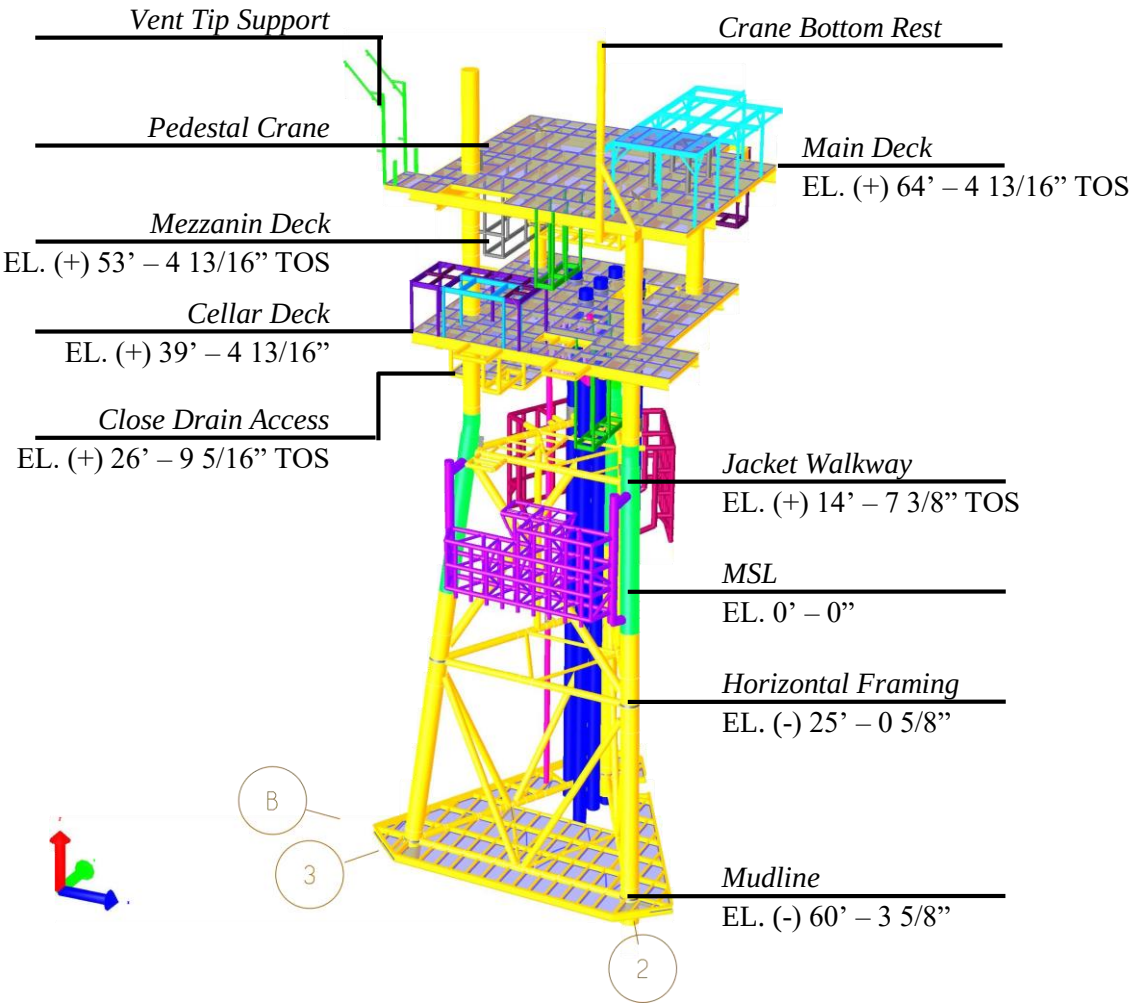
Tabel 4.1. Validasi Pemodelan Struktur

Platform	Berat Struktur		Koreksi (%)
	Data Perencanaan	Hasil Pemodelan	
Tripod Jacket Platform	1987,92	1927,37	0,03

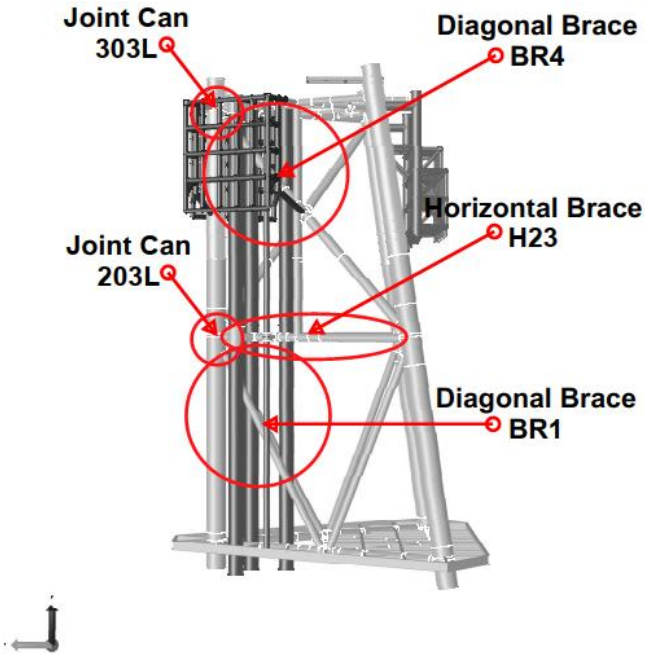
Berdasarkan Tabel 4.1 diperoleh koreksi berat struktur 0,03% tidak melebihi 5%, maka model dapat dinyatakan valid dan sudah dapat mewakili struktur sesungguhnya. Koreksi diperoleh dengan menghitung selisih antara berat model yang dibandingkan dengan berat data.



Gambar 4.1. pemodelan tampak atas (*plan*)



Gambar 4.2. pemodelan struktur *jacket wellhead tripod platform*



Gambar 4.3. posisi *member* dan *joint can* yang akan ditinjau pada *jacket*

Gambar 4.1 dan Gambar 4.2 menunjukkan hasil pemodelan struktur tampak *plan* dan *isometric.* Pada member di *deck* yang akan ditinjau adalah member *Main Deck* (MD1), member *Cellar Deck* (CD1), member *Deck Leg* (DL1) dan member *Crane* (JB1). Gambar 4.3 menunjukkan pada member di *jacket* yang akan ditinjau adalah member *Jacket Leg* (LG4), *Pile* (PL2), *Diagonal Brace* atas (BR4), *Diagonal Brace* bawah (BR1), dan *Horizontal Brace* tengah (H23). Pada *joint can* fokus utama peninjauan dilakukan pada *critical joint can* kaki vertikal bagian atas (303L) dan *critical joint can* kaki vertikal bagian tengah (203L). Pada bagian *pile*/pondasi yang akan ditinjau adalah pile pada kaki vertikal (PL1) dan pile pada masing-masing kaki horizontal (PL2) dan (PL3).

4.2 Analisis Statis *Inplace* Pada Kondisi Awal

Pada penelitian ini dilakukan analisis struktur dengan variasi *P-delta* dan kedalaman *scouring*. Namun terlebih dahulu perlu dilakukan analisis statis *inplace* pada kondisi awal dalam kondisi operasi dan badai. Dari analisis statis *inplace* akan diperoleh member *stress check* sehingga diketahui member kritis pada struktur *jacket wellhead tripod platform*. member dinyatakan aman apabila UC < 1, *unity check* merupakan parameter kekuatan struktur yang diperoleh berdasarkan perbandingan antara tegangan yang terjadi dengan tegangan yang diijinkan.

Pada penelitian ini *unity check of* member dikelompokkan menjadi tiga macam, yaitu *topside, jacket, dan pile*. member yang akan menjadi perhatian dibagian *topside* adalah member MD1 pada *main deck ,* CD1 pada *cellar deck*, DL1 pada *deck leg* dan member JB1 yang terdapat di *pedestal crane*. Pada bagian *jacket* member LG4 pada *jacket leg*, PL2 pada *pile*, BR1 pada *diagonal brace* dan H23 yang terdapat di *horizontal brace* yang akan menjadi perhatian , sedangkan pada *pile* adalah PL1. Alasan memilih member-member tersebut adalah karena berhubungan/berada pada sisi kaki vertikal yang menjadi titik acuan dan akan diteliti sensitifitas tegangannya pada Tugas Akhir ini. Analisis statis *inplace* pada struktur kondisi *non scouring* dan *non P-delta* dilakukan terhadap 12 arah pembebanan yakni pada arah 0°, 30°, 60°, 90°,120°, 150°, 180°, 210°, 240°, 270°, 300°, dan 330°.

Hasil analisis *Inplace* pada kondisi awal pada member-member di *deck* ditunjukkan oleh Tabel 4.2.

Tabel 4.2. Normal Condition member *Group Unity Summary on Deck*

NORMALLY											
GROUP ID	CRITICAL MEMBER	LOAD CASE	MAX. UNITY CHECK	DISTANCE FROM END	APPLIED STRESSES			ALLOWABLE STRESSES			
					AXIAL	BEND-Y	BEND-Z	AXIAL	EULER	BEND-Y	BEND-Z
				FT	KSI	KSI	KSI	KSI	KSI	KSI	KSI
Main Deck											
MD1	4001-4301	2004	0,62	0,0	-2,8	-17,3	2,4	24,9	70,6	34,3	47,0
MD2	4027-4124	2006	0,63	0,0	-0,5	-15,6	0,1	15,1	19,1	25,6	45,8
MD3	4115-4123	1001	0,35	3,0	4,1	8,6	-1,2	29,9	129,4	33,7	46,6
Cellar Deck											
CD1	2004-2006	1010	0,60	2,5	-0,4	-0,6	0,5	24,1	59,7	33,4	45,7
CD2	2247-2014	1001	0,54	1,8	-3,9	-12,3	-3,8	27,6	163,2	33,0	45,8
CD3	2043-2044	2007	0,25	0,0	1,4	6,8	1,0	29,9	129,4	33,7	46,6
CD4	2252-2250	2001	0,04	6,0	0,0	-0,5	-0,5	21,6	104,1	23,5	32,7
CDA	1532-1561	2009	0,32	0,0	0,7	5,9	1,7	21,6	561,5	23,5	32,7
CDB	1575-1576	2008	0,16	5,5	0,7	3,1	-0,3	21,6	93,0	23,8	32,7
Deck Leg											
DL1	603-1003	1010	0,21	3,7	-5,5	-0,4	-1,1	30,0	7968,9	36,6	36,6
DL2	2004-4004	1010	0,29	1,1	-1,9	1,0	8,1	27,9	257,3	36,6	36,6
DL3	1007-2007	1010	0,42	6,2	-8,9	-4,6	0,0	30,0	1270,3	37,2	37,2
DL4	1010-1005	1010	0,25	3,0	-6,2	-1,6	0,0	30,0	5213,9	37,5	37,5
DL5	1005-2008	2010	0,12	6,5	-0,7	1,8	-3,3	28,9	715,3	37,5	37,5
DL6	1004-2003	4004	0,09	3,0	-0,5	-3,8	-0,1	40,0	20000,0	50,0	50,0
DL7	601-2001	1006	0,26	0,0	-5,7	-2,1	-1,4	30,0	568,9	36,6	36,6
DL8	5081-4001	1011	0,38	6,1	-2,5	8,3	6,9	29,3	1666,0	36,6	36,6
DL9	602-2002	1002	0,24	0,0	-5,2	-1,6	1,9	30,0	569,4	36,3	36,3
DLA	503L- 606	1009	0,38	2,1	-7,3	0,1	-1,0	21,6	4350,2	26,6	26,6
DLC	601- 604	1007	0,27	1,3	-5,6	-2,3	1,9	30,0	90000,0	40,0	40,0
Pedestal Crane											
JB1	4001-4287	1507	0,79	0,0	-1,6	0,0	-26,7	26,7	130,5	36,6	36,6

Hasil analisis *Inplace* pada kondisi awal pada member-member di *jacket leg* ditunjukkan oleh Tabel 4.3.

Tabel 4.3. Normal Condition member *Group Unity Summary on Jacket*

NORMALLY											
GROUP ID	CRITICAL MEMBER	LOAD CASE	MAX. UNITY CHECK	DISTANCE FROM END	APPLIED STRESSES			ALLOWABLE STRESSES			
					AXIAL	BEND-Y	BEND-Z	AXIAL	EULER	BEND-Y	BEND-Z
				FT	KSI	KSI	KSI	KSI	KSI	KSI	KSI
Jacket Leg											
LG1	002L-102L	1001	0,00	4,6	0,0	0,0	0,0	30,0	9213,9	37,1	37,1
LG2	103L-203L	3512	0,04	35,2	0,2	-0,8	1,2	40,0	170,8	49,3	49,3
LG3	101L-201L	3501	0,05	35,7	0,1	-1,8	-1,3	40,0	166,1	49,3	49,3
LG4	203L-217L	3005	0,29	13,1	9,8	-1,5	1,3	40,0	180,8	47,6	47,6
LG5	204L-205L	3005	0,33	3,0	10,1	-2,8	2,1	40,0	168,0	47,6	47,6
LG6	205L-218L	3005	0,26	0,0	8,0	-2,4	1,8	40,0	165,7	49,3	49,3
LG7	201L-219L	3002	0,31	13,3	-8,7	3,3	1,8	35,6	178,0	47,6	47,6
LG8	219L-215L	3002	0,34	2,5	-8,9	4,1	2,2	35,4	163,7	47,6	47,6
LG9	211L-301L	3002	0,25	1,5	-6,8	-2,2	-2,0	35,3	161,5	49,3	49,3
LGA	303L-PDJ3	3004	0,32	0,0	10,9	2,3	0,6	40,0	30000,0	50,0	50,0
Pile											
PL1	03P-103P	3004	0,62	4,5	-13,9	-13,5	-0,1	40,0	9987,7	50,0	50,0
PL2	03P-203P	3004	0,73	17,2	-20,6	-8,3	0,0	35,9	197,5	48,4	48,4
PL3	03P-206P	3004	0,61	0,0	-20,5	4,9	0,1	40,0	2112,2	48,4	48,4
PL4	303P-403L	3004	0,44	0,0	-16,3	-1,4	-0,1	40,0	20000,0	50,0	50,0
PL5	401L-501L	1007	0,31	2,0	-6,0	3,9	1,0	30,0	40000,0	40,0	40,0
PL6	06P-303P	3004	0,48	0,0	-16,5	1,5	0,1	36,5	247,5	50,0	50,0
PL7	02P-202P	3012	0,58	13,9	-15,9	-4,8	4,7	35,7	180,6	48,4	48,4
Diagonal Brace											
BR1	130-202L	3005	0,78	0,0	-11,8	6,0	0,3	20,9	33,5	36,0	36,0
BR2	203L- 228	3006	0,61	0,0	-15,2	-1,3	-3,6	29,8	51,9	48,0	48,0
BR3	250- 235	3003	0,31	0,0	-0,5	9,1	5,0	19,6	27,1	36,0	36,0
BR4	232-303L	3003	0,66	17,4	16,0	-12,6	-0,4	40,0	41,9	48,2	48,2
BR5	227- 214	3006	0,45	3,1	-10,5	2,1	3,4	29,3	48,0	50,0	50,0
BR6	213- 310	3506	0,33	16,3	-0,8	8,9	-5,2	19,4	26,2	36,0	36,0
Horizontal Brace											
H11	130- 139	3004	0,32	0,0	-1,2	-8,1	4,2	18,8	24,0	36,0	36,0
H12	168- 169	3006	0,46	6,0	-6,0	-3,5	1,8	17,9	21,3	36,0	36,0
H13	11O- 130	3006	0,31	0,9	-3,6	-6,6	0,5	20,4	20,9	50,0	50,0
H21	C14- 217	3005	0,25	3,1	-1,9	4,3	-5,1	28,4	4291,5	36,0	36,0
H22	210- 230	3002	0,25	16,8	0,1	-8,6	1,7	28,8	39,6	36,0	36,0
H23	215-203L	3003	0,69	2,6	-3,7	-18,2	-4,8	20,0	28,6	36,0	36,0
H24	250- 211	3003	0,36	0,0	-3,9	10,1	0,0	24,2	28,1	50,0	50,0
H31	373- 365	3004	0,22	1,8	-4,3	4,3	2,6	34,9	140,8	50,0	50,0
H32	317- 322	1003	0,47	0,0	-1,3	-10,5	2,4	18,5	63,7	27,0	27,0
H34	310- 347	3001	0,32	0,0	-2,4	-7,2	2,3	22,1	42,6	36,0	36,0
H35	308- 309	1001	0,05	0,0	-0,1	-1,1	-0,3	20,8	518,8	27,0	27,0
H36	308- 304	2002	0,31	2,3	0,0	-8,3	1,5	21,6	2382,4	27,0	27,0
H37	369- 363	3004	0,49	0,7	4,5	-5,5	10,6	28,8	265,1	36,0	36,0
H38	335- 342	3003	0,11	3,0	-1,0	2,6	0,0	25,7	130,9	36,0	36,0
H39	311-303L	3003	0,78	2,6	-7,9	-18,3	-1,4	28,8	148,4	36,0	36,0
H41	303L- 334	3011	0,36	0,0	0,4	-5,2	-11,4	28,8	4418,3	36,0	36,0
H42	C15- 313	3004	0,50	0,0	3,0	-13,3	2,2	28,8	2667,8	33,9	33,9
H43	382- 360	2509	0,35	3,3	0,1	9	-2,2	21,6	1197,7	27	27

Tabel 4.4. Normal Condition Joint Can Load UC

NORMALLY												
JOINT CAN	ORIGINAL					LOAD DESIGN				STRENGTH ANALYSIS		
	DIA METER	THICK NESS	YIELD STRESS	LOAD UC	STRENG TH UC	DIA METER	THICK NESS	YIELD STRESS	LOAD UC	STRENG TH UC	BRACE JOINT	LOAD CASE
	IN	IN	KSI			IN	IN	KSI				
303L	39,35	1,18	50	0,464	0,833	39,35	1,18	50	0,464	0,833	334	3507
302L	39,35	1,18	50	0,429	0,664	39,35	1,18	50	0,429	0,664	327	2003
301L	39,35	1,18	50	0,458	0,708	39,35	1,18	50	0,458	0,708	315	3002
203L	39,88	1,19	50	0,660	1,094	39,88	1,19	50	0,660	1,094	215	3512
202L	39,88	1,19	50	0,432	1,082	39,88	1,19	50	0,432	1,082	243	1003
201L	39,88	1,19	50	0,469	1,099	39,88	1,19	50	0,469	1,099	242	3004
103L	39,93	1,22	50	0,539	1,060	39,93	1,22	50	0,539	1,060	163	3006
102L	39,93	1,22	50	0,297	0,806	39,93	1,22	50	0,297	0,806	113	4010
101L	39,93	1,22	50	0,292	0,806	39,93	1,22	50	0,292	0,806	191	3001
1006	20,00	1,00	50	0,033	0,799	20,00	1,00	50	0,033	0,799	1004	4007
1005	20,00	1,00	50	0,036	0,800	20,00	1,00	50	0,036	0,800	1004	1010
1004	36,00	1,50	50	0,038	0,520	36,00	1,50	50	0,038	0,520	1005	4004
1003	36,00	1,50	50	0,366	0,550	36,00	1,50	50	0,366	0,550	1009	1010
374	15,50	1,00	50	0,141	0,341	15,50	1,00	50	0,141	0,341	362	3012
373	15,50	1,00	50	0,148	0,337	15,50	1,00	50	0,148	0,337	341	1006
320	15,50	1,00	50	0,087	0,398	15,50	1,00	50	0,087	0,398	339	3007
310	15,50	1,00	50	0,189	0,651	15,50	1,00	50	0,189	0,651	381	2003
270	16,00	1,00	50	0,121	0,490	16,00	1,00	50	0,121	0,490	234	3512
250	16,00	1,00	50	0,118	0,480	16,00	1,00	50	0,118	0,480	235	3008
230	16,00	1,00	50	0,163	0,379	16,00	1,00	50	0,163	0,379	210	3003
220	16,00	1,00	50	0,076	0,380	16,00	1,00	50	0,076	0,380	210	3507
210	16,00	1,00	50	0,119	0,378	16,00	1,00	50	0,119	0,378	230	3002
130	16,00	1,00	50	0,430	0,502	16,00	1,00	50	0,430	0,502	202L	3510
120	16,00	1,00	50	0,371	0,497	16,00	1,00	50	0,371	0,497	201L	3006
110	16,00	1,00	50	0,428	0,501	16,00	1,00	50	0,428	0,501	201L	3510

Hasil analisis *Inplace* pada kondisi awal pada *joint-joint* yang merupakan *joint can* ditunjukkan oleh Tabel 4.5. Sedangkan Tabel 4.5 menunjukkan hasil analisis *inplace* berupa *safety factore* pada pile struktur.

Tabel 4.5. Normal Condition Safety Factor of Pile Summary

NORMALLY																	
LEG	PILE GROUP	PILE				COMPRESSION					TENSION				UC		
		PILE HEAD OD	PILE HEAD THICK	WHEI GHT	PENET-RATION	CAPACITY	MAX LOAD	CRITICAL LOAD	LOAD CASE	SAFETY FACTOR	CAPACITY	MAX LOAD	CRITICAL LOAD	LOAD CASE	SAFETY FACTOR	MAX UC
		IN	IN	KIPS	FT	KIPS	KIPS	KIPS			KIPS	KIPS	KIPS			
001P	PL3	35,86	1,43	80,4	204,7	-4054,3	-1667	-1667	3008	2,43	2708,5	697,7	697,7	3502	3,88	0,62
002P	PL2	35,86	1,43	76,8	197,8	-3929,6	-1672	-1672,1	3012	2,35	2582,7	683,4	683,4	3506	3,78	0,64
003P	PL1	35,86	1,43	84,3	213,9	-3080,5	-2158	-2157,8	3004	1,43	3161,5	222,6	222,6	3510	14,21	1,05

4.3 Analisis *P-delta Effect*

Pada penelitian ini dilakukan analisis struktur pengaruh sesitifitas tegangan struktur akibat variasi *P-delta* dan kedalaman *scouring*. Pertama adalah analisis pengaruh *P-delta* pada struktur *jacket wellhead tripod platform*. Variasi *P-delta* yang digunakan adalah *P-delta 5%, P-delta 10% dan P-delta 15%*, terhadap lengan dari pusat grafitasi (GOG) tegak lurus mendekati titik A1 (*Jacket Leg* A1) atau PL1 (*Pile* 1). Semua *plate,* member, *joint, Seastate, soil condition, dan load* struktur diperiksa untuk kondisi statis terhadap persyaratan API RP2A-WSD dan Kode AISC. Untuk sensitifitas tegangan dianalisis sebagai *unity check* (UC) member serta *joint* dan pada *pile* dianalisis sebagai *safety factor* (SF) *pile*.

4.3.1 Pemodelan *P-delta (P-Δ)*

Pemodelan dilakukan dengan menggunakan skema perubahan COG akibat kemiringan. Dari hasil perpindahan COG ini akan ada penambahan momen yang disebut sebagai P-Δ momen. Dari perhitungan P-Δ momen, akan didapatkan besar beban yang harus ditambahkan pada struktur yang akan membuat perubahan COG pada struktur dan dapat mewakili kondisi kemiringan pada struktur. Skema perubahan COG di hitung dengan menggunakan persamaan rotasi titik terhadap titik dengan persamaan sebagai berikut.

$$\begin{bmatrix} X' \\ Z' \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} (x-a) & -(z-b) \\ (z+b) & (x-a) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} Cos\theta \\ Sin\theta \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} a \\ b \end{bmatrix} \quad (2.17)$$

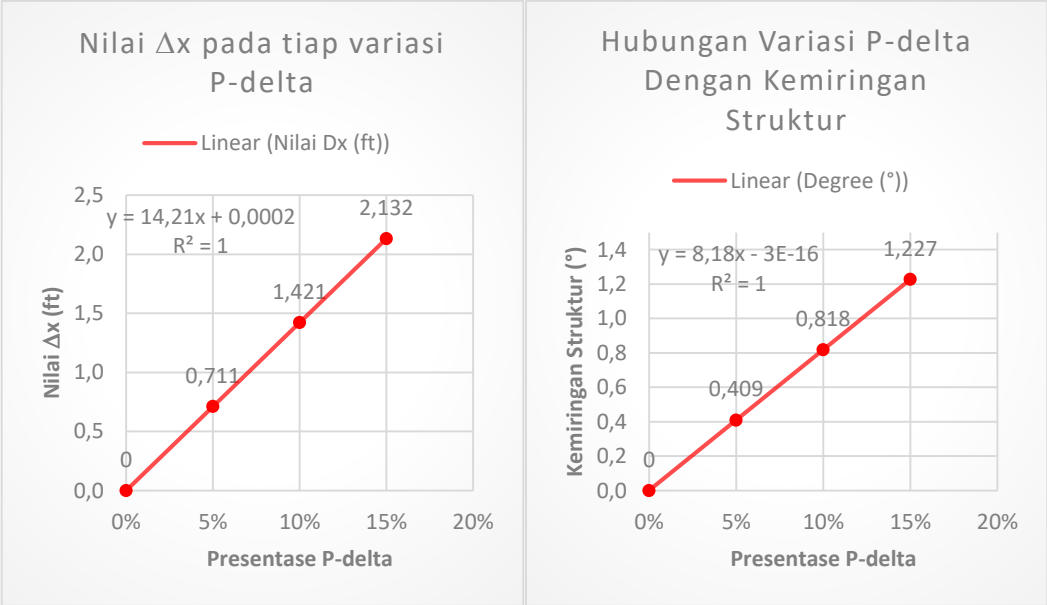
Titik (X,Z) adalah titik COG awal, titik (X',Z') adalah titik COG baru akibat kemiringan struktur, titik (a,b) adalah titik pusat rotasi yang merupakan joint terbawah dari braced pile dan θ adalah sudut kemiringan. Dari analisa tersebut maka dihasilkan titik COG baru dan perubahan titik COG (Δ). Pada analisis ini hanya momen akibat perubahan COG di sumbu X yang akan ditinjau. Karena kemiringan yang terjadi diasumsikan hanya rotasi pada sumbu Y. Nilai dari COG awal, perubahannya dan nilai Δx diapaparkan pada Tabel 4.6. dan Tabel 4.7. serta hubungannya dijelaskan pada Gambar 4.4.

Tabel 4.6. Titik Pusat Putar dan Titik COG awal

Koordinat from WP (ft)						Vertical Load (kips)	Sum MX (ft.kips)
Titik Pusat Putar			Titik COG				
Xp	Yp	Zp	Xo	Yo	Zo		
0,000	0,000	60,302	0,225	-1,213	-4,211	1987,920	15736,040

Tabel 4.7. Hubungan Presentase *P-delta* dengan Derajat Kemiringan Struktur dan Nilai Δx

Presentase P-Δ	0%	5%	10%	15%
Nilai Δx (ft)	0	0,711	1,421	2,132
Degree	0°	0,409°	0,818°	1,227°

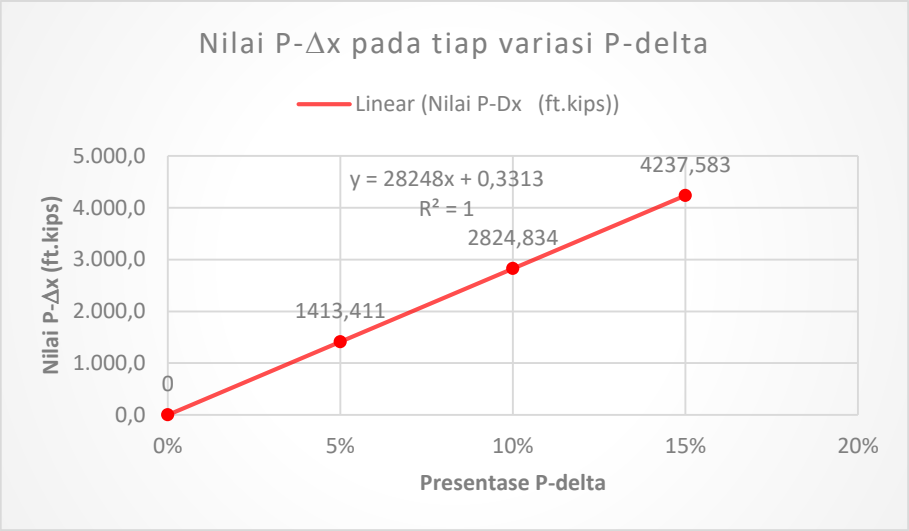


Gambar 4.4. hubungan presentase *p-delta* dengan derajat kemiringan struktur dan nilai Δx

Setelah nilai Δx didapatkan, maka akan didapatkan nilai P-Δ, Berikut adalah hasil P-Δ tiap variasi presentase.

Tabel 4.8. Nilai P-Δx pada Variasi Presentase *P-delta*

Presentase P-Δ	0%	5%	10%	15%
Nilai P-Δx (ft.kips)	0	1413,411	2824,834	4237,583



Gambar 4.5. Nilai P-Δx pada Variasi Presentase *P-delta*

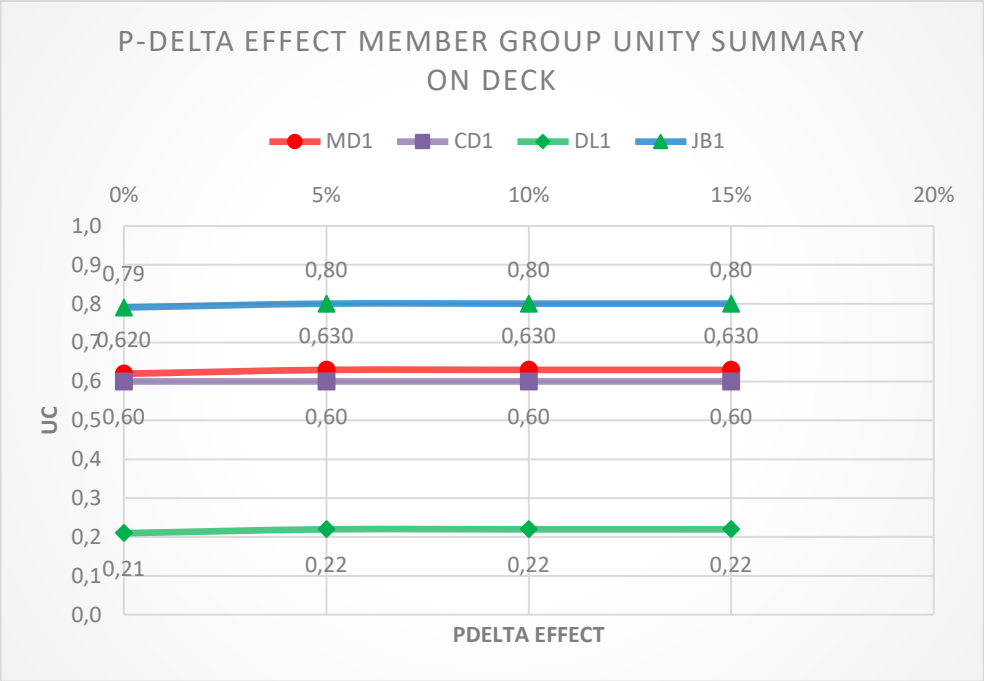
4.3.2 *Member Group Summary on Deck*

Hasil analisis pengaruh *P-delta* pada member-member di *deck* ditunjukkan oleh Tabel 4.9.

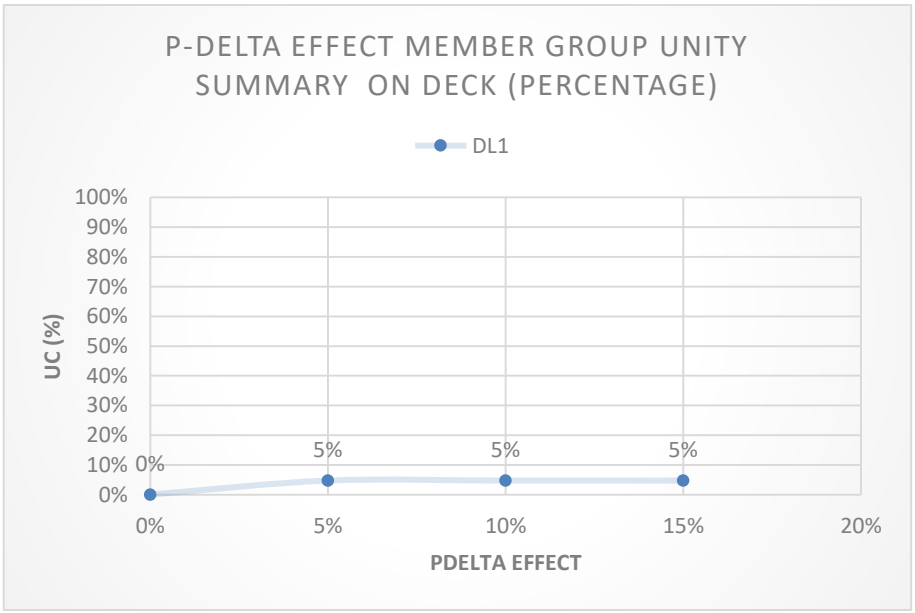
Tabel 4.9. P-delta Effect member *Group Unity Summary on Deck*

MEMBER GROUP UNITY SUMMARY ON DECK					
DESCRIPTION	MEMBER GROUP	PDELTA			
		0	5%	10%	15%
MAIN DECK	MD1	0,62	0,63	0,63	0,63
CELLAR DECK	CD1	0,60	0,60	0,60	0,60
DECK LEG	DL1	0,21	0,22	0,22	0,22
CRANE	JB1	0,79	0,80	0,80	0,80

P-delta berpengaruh terhadap hasil *unity check of* member di *deck* seperti yang ditunjukkan oleh Gambar 4.6. Kenaikan UC yang terjadi pada member di deck kurang signifikan, terlihat pada Gambar 4.6. (b) UC pada member *group* DL1 mengalami kenaikan UC 5% menjadi 0,21. Tegangan yang terjadi masih dalam tegangan yang diizinkan sehingga member tidak mengalami kegagalan setelah terkena pengaruh *P-delta*.



(a)



(b)

Gambar 4.6. P-delta effect member *group unity summary on deck*

4.3.3 *Member Group Summary on Jacket*

Sebelum mencari hasil *maximum combined unity check* berikut adalah hasil analisis *buckling unity check* pada *member-member* di *jacket leg* ditunjukkan oleh Tabel 4.10.

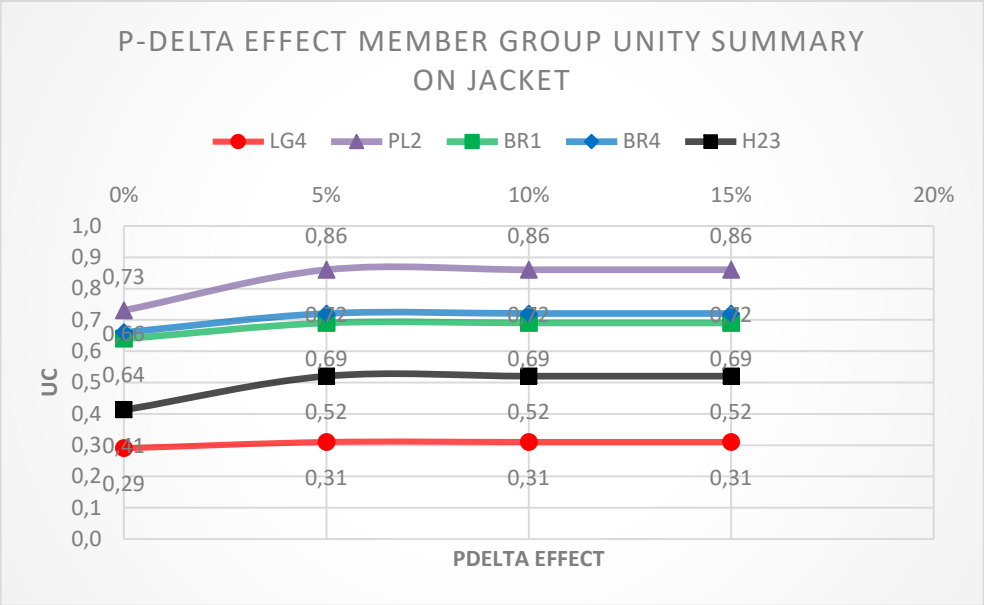
Tabel 4.10. P-delta Effect member *Group Buckling Unity Check on Jacket*

MEMBER GROUP BUCKLING UNITY CHECK ON JACKET					
DESCRIPTION	MEMBER GROUP	PDELTA			
		0	5%	10%	15%
JACKET LE	LG4	0,25	0,27	0,27	0,27
PILE	PL2	0,57	0,61	0,61	0,61
D.BRACE	BR1	0,45	0,49	0,49	0,49
D.BRACE	BR4	0,40	0,44	0,44	0,44
H.BRACE	H23	0,15	0,17	0,17	0,17

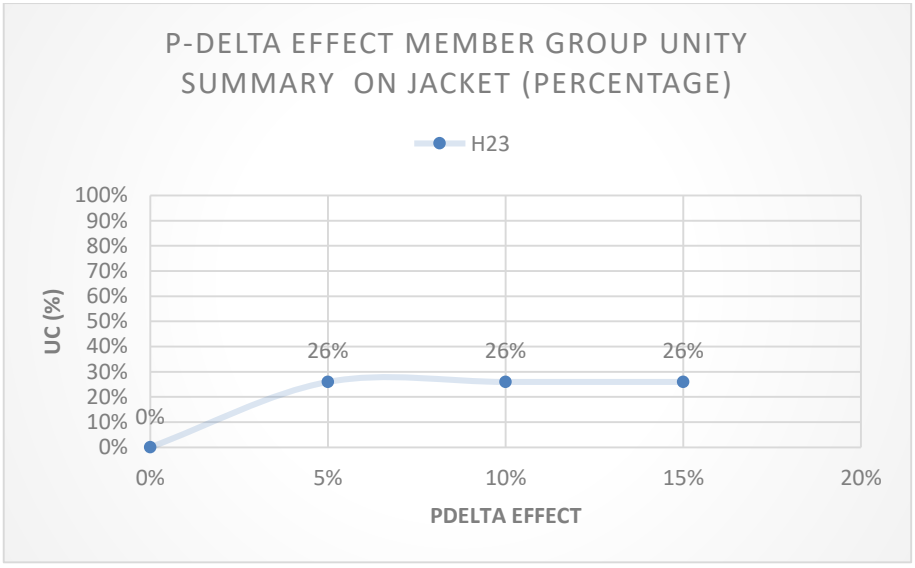
Selanjutnya hasil analisis pengaruh *P-delta* pada member-member di *jacket leg* ditunjukkan oleh Tabel 4.11.

Tabel 4.11. P-delta Effect member *Group Unity Summary on Jacket*

MEMBER GROUP UNITY SUMMARY ON JACKET					
DESCRIPTION	MEMBER GROUP	PDELTA			
		0	5%	10%	15%
JACKET LEG	LG4	0,29	0,31	0,31	0,31
PILE	PL2	0,73	0,86	0,86	0,86
D.BRACE	BR1	0,64	0,69	0,69	0,69
D.BRACE	BR4	0,66	0,72	0,72	0,72
H.BRACE	H23	0,41	0,52	0,52	0,52



(a)



(b)

Gambar 4.7. P-delta effect member *group unity summary on jacket*

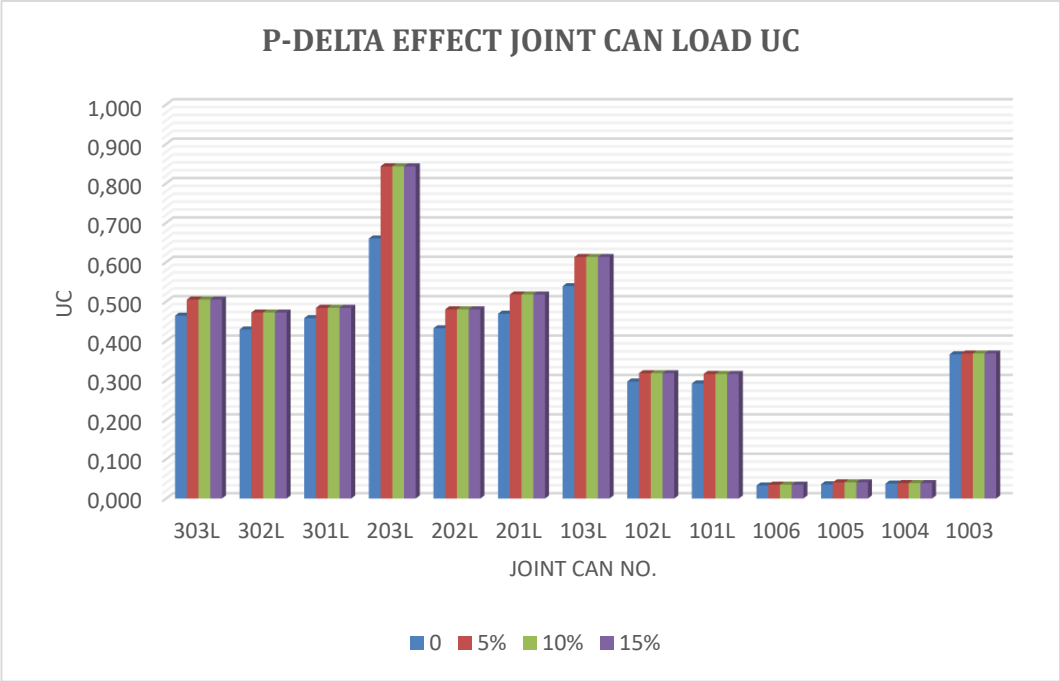
Berdasarkan Gambar 4.7. menunjukkan bahwa *P-delta* berpengaruh terhadap hasil *unity check of* member di *jacket*. Kenaikan UC cukup signifikan terlihat pada Gambar 4.7. (b) UC pada member *group* H23 mengalami kenaikan UC 26% menjadi 0,52. Tegangan yang terjadi masih dalam tegangan yang diizinkan sehingga member tidak mengalami kegagalan setelah terkena pengaruh *P-delta*.

4.3.4 *Joint can Summary*

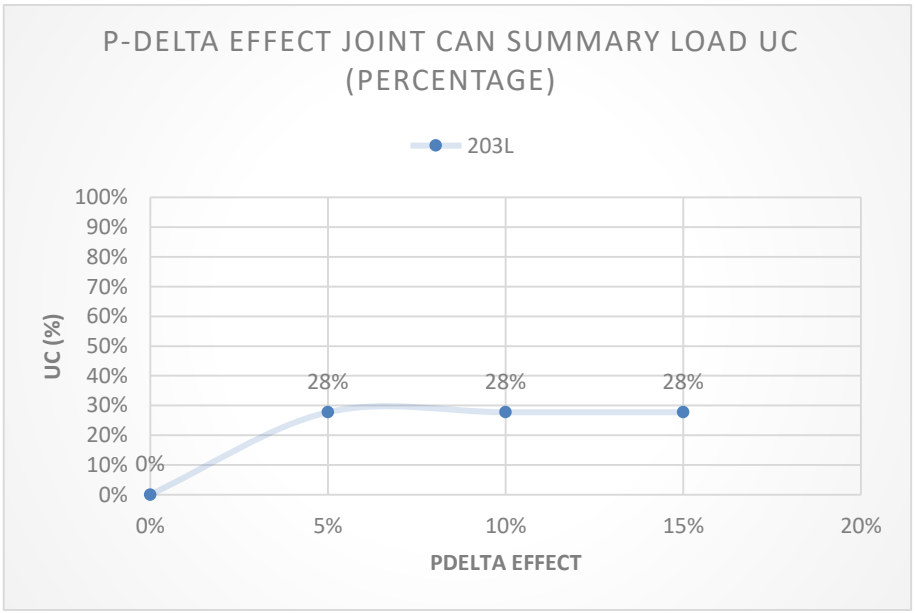
Berikut Tabel 4.12 dan Gambar 4.8. adalah hasil analisis pengaruh *P-delta* pada *joint can load unity check. Joint can* 203L mengalami kenaikan UC terbesar.

Tabel 4.12. P-delta Effect Joint can Load UC

JOINT CAN SUMMARY					
LOAD UC					
NO	JOINT CAN	PDELTA			
		0	5%	10%	15%
1	303L	0,464	0,505	0,505	0,505
2	302L	0,429	0,472	0,472	0,472
3	301L	0,458	0,484	0,484	0,484
4	203L	0,660	0,843	0,843	0,843
5	202L	0,432	0,480	0,480	0,480
6	201L	0,469	0,518	0,518	0,518
7	103L	0,539	0,613	0,613	0,613
8	102L	0,297	0,318	0,318	0,318
9	101L	0,292	0,316	0,316	0,316
10	1006	0,033	0,035	0,035	0,035
11	1005	0,036	0,041	0,041	0,041
12	1004	0,038	0,039	0,039	0,039
13	1003	0,366	0,368	0,368	0,368
14	374	0,141	0,146	0,146	0,146
15	373	0,148	0,147	0,147	0,147
16	320	0,087	0,091	0,091	0,091
17	310	0,189	0,191	0,191	0,191
18	270	0,121	0,133	0,133	0,133
19	250	0,118	0,123	0,123	0,123
20	230	0,163	0,160	0,160	0,160
21	220	0,076	0,069	0,069	0,069
22	210	0,119	0,116	0,116	0,116
23	130	0,430	0,469	0,469	0,469
24	120	0,371	0,420	0,419	0,419
25	110	0,428	0,466	0,466	0,466



(a)



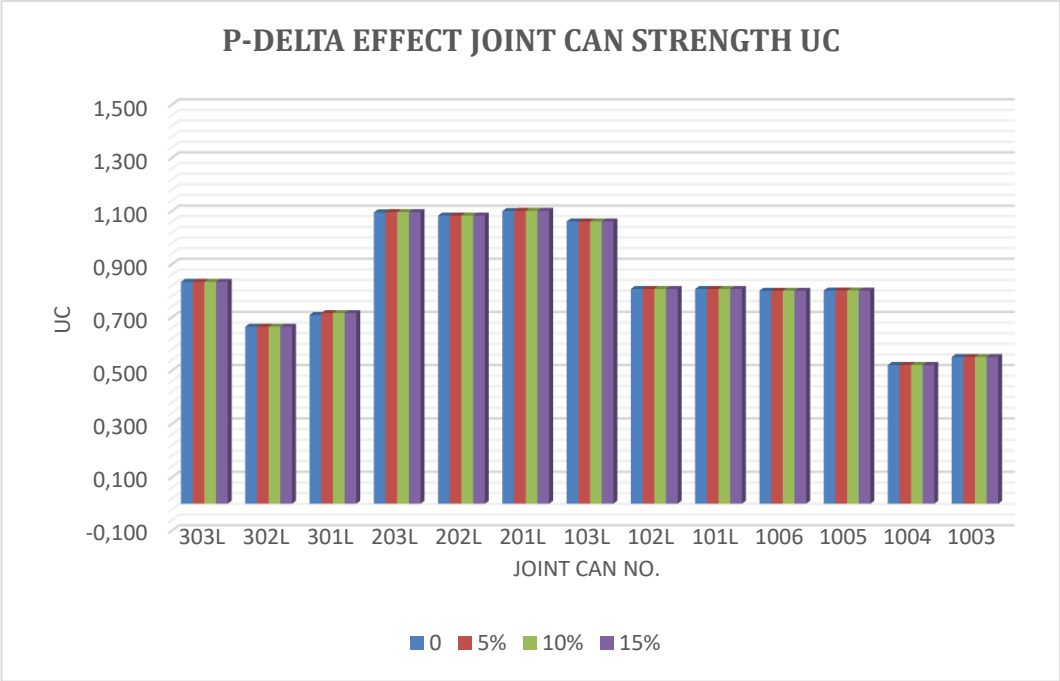
(b)

Gambar 4.8. P-delta effect joint can load UC

Berikut Tabel 4.13 dan Gambar 4.9. adalah hasil analisis pengaruh *P-delta* pada *joint can strength unity check.* Kenaikan UC tidak begitu signifikan.

Tabel 4.13. P-delta Effect Joint can Strength UC

JOINT CAN SUMMARY					
STRENGTH UC					
NO	JOINT CAN	PDELTA			
		0	5%	10%	15%
1	303L	0,833	0,833	0,833	0,833
2	302L	0,664	0,664	0,664	0,664
3	301L	0,708	0,715	0,715	0,715
4	203L	1,094	1,095	1,095	1,095
5	202L	1,082	1,082	1,082	1,082
6	201L	1,099	1,100	1,100	1,100
7	103L	1,060	1,060	1,060	1,060
8	102L	0,806	0,806	0,806	0,806
9	101L	0,806	0,806	0,806	0,806
10	1006	0,799	0,799	0,799	0,799
11	1005	0,800	0,800	0,800	0,800
12	1004	0,520	0,520	0,520	0,520
13	1003	0,550	0,550	0,550	0,550
14	374	0,341	0,343	0,343	0,343
15	373	0,337	0,336	0,336	0,336
16	320	0,398	0,398	0,398	0,398
17	310	0,651	0,651	0,651	0,651
18	270	0,490	0,491	0,491	0,491
19	250	0,480	0,396	0,396	0,396
20	230	0,379	0,379	0,379	0,379
21	220	0,380	0,380	0,380	0,380
22	210	0,378	0,381	0,381	0,381
23	130	0,502	0,502	0,502	0,502
24	120	0,497	0,497	0,497	0,497
25	110	0,501	0,501	0,501	0,501



Gambar 4.9. P-delta effect joint can strength UC

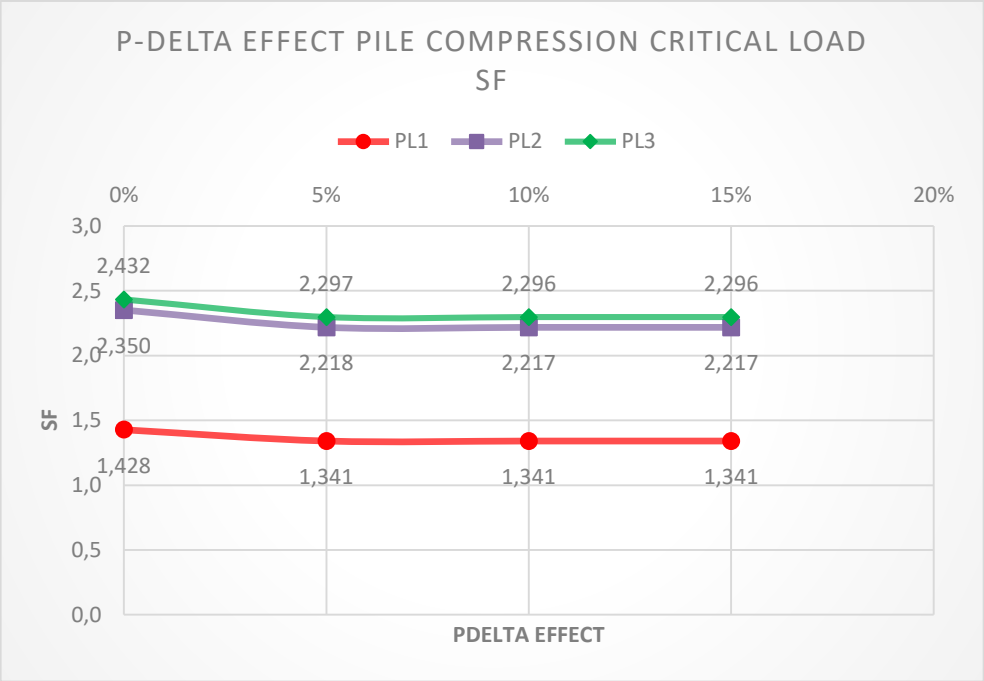
Berdasarkan Gambar 4.8. dan Gambar 4.9. menunjukkan bahwa *P-delta* berpengaruh terhadap hasil *unity check joint can*. Kenaikan UC cukup signifikan terlihat pada Gambar 4.8. (b) pada *joint can* 203L mengalami kenaikan UC 28% *load UC joint can* mendekati 1 yaitu pada batas kuning 0,843. tegangan yang terjadi masih dalam tegangan yang diizinkan sehingga join tidak mengalami kegagalan setelah terkena pengaruh *P-delta*.

4.3.5 *Safety Factor of Pile Summary*

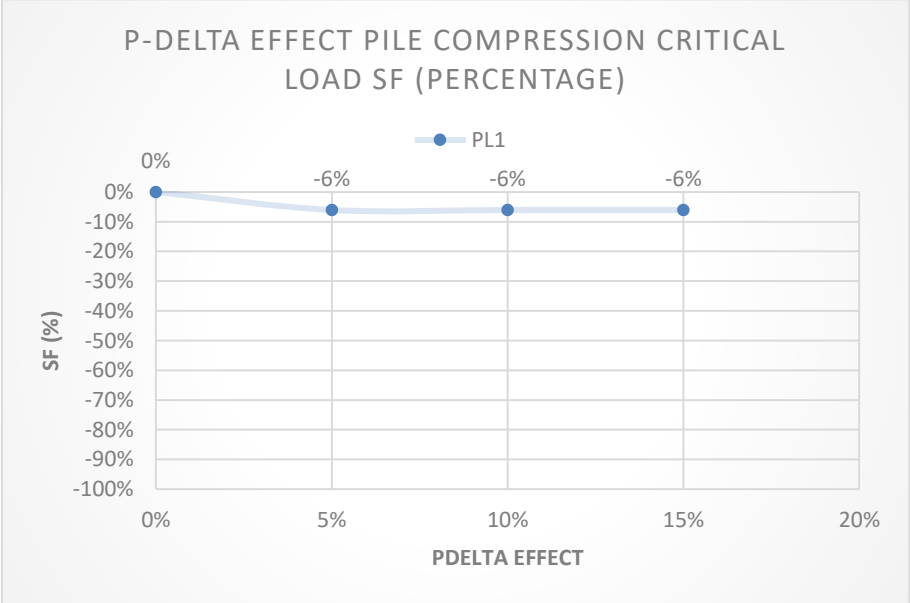
Berikut Tabel 4.14 dan Gambar 4.10. adalah hasil analisis pengaruh *P-delta* pada *pile compression critical load safety factor*. *Pile* PL1 mengalami penurunan SF terbesar.

Tabel 4.14. P-delta Effect Pile Compression Critical Load

COMPRESSION CRITICAL LOAD						
PDELTA	PL3		PL2		PL1	
	KIPS	SF	KIPS	SF	KIPS	SF
0	-1692,2	2,396	-1697,8	2,315	-2188,3	1,408
5%	-1766,1	2,296	-1772,8	2,217	-2298,4	1,340
10%	-1766,9	2,295	-1773,5	2,216	-2299,5	1,340
15%	-1767,6	2,294	-1774,3	2,215	-2300,7	1,339



(a)



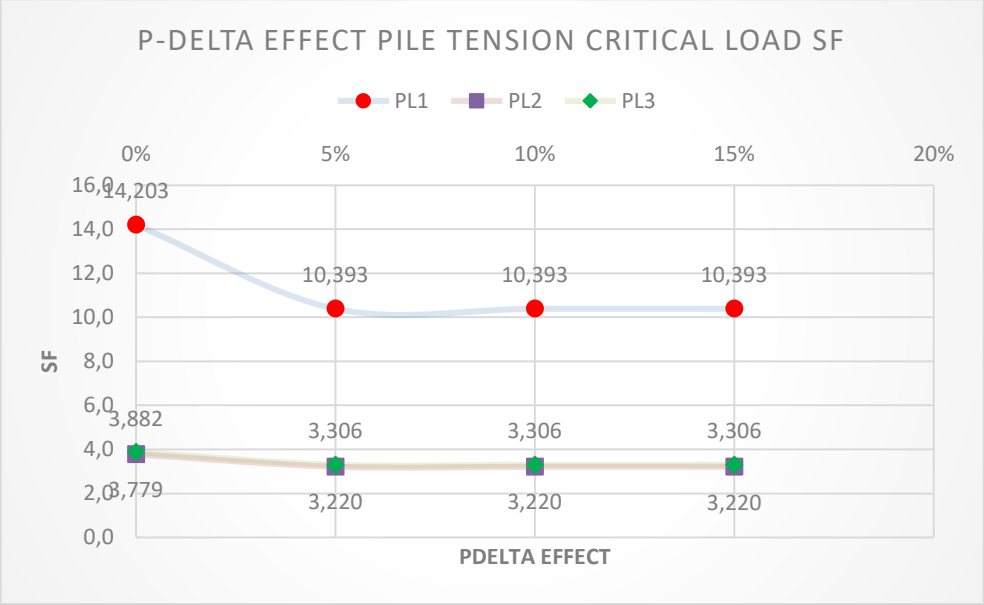
(b)

Gambar 4.10. P-delta effect pile compression critical load

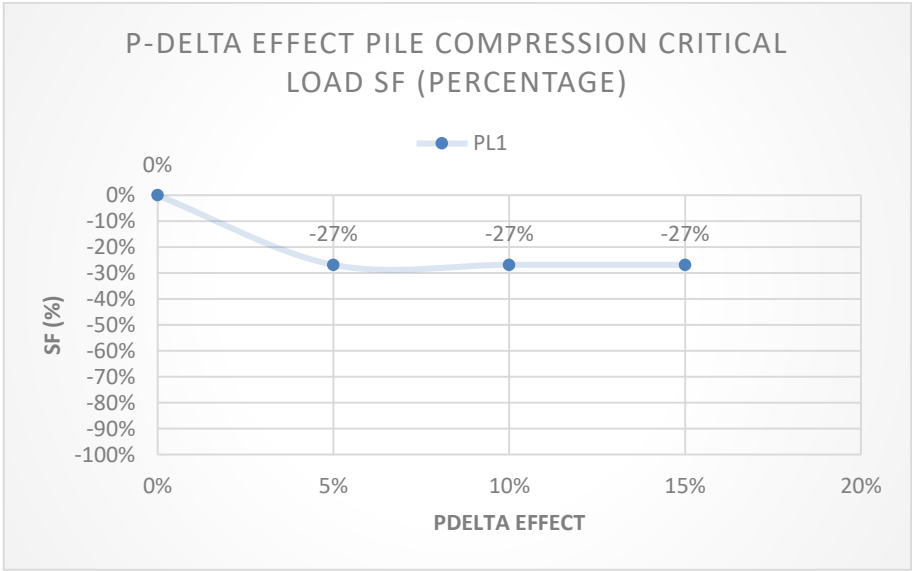
Berikut Tabel 4.15 dan Gambar 4.11. adalah hasil analisis pengaruh *P-delta* pada *pile tension critical load safety factor*. *Pile* PL1 mengalami penurunan SF terbesar.

Tabel 4.15. P-delta Effect Pile Tension Critical Load

TENSION CRITICAL LOAD						
PDELTA	PL3		PL2		PL1	
	KIPS	SF	KIPS	SF	KIPS	SF
0	727,4	3,724	712,4	3,625	246,2	12,841
5%	820,1	3,303	803,0	3,216	304,8	10,372
10%	821,1	3,299	803,9	3,213	305,3	10,355
15%	822,0	3,295	804,8	3,210	305,9	10,330



(a)



(b)

Gambar 4.11. P-delta effect pile tension critical load

Berdasarkan Gambar 4.10. dan 4.11. menunjukkan bahwa *P-delta* berpengaruh terhadap penurunan *safety factor pile*. Terlihat pada Gambar 4.10. (b) Penurunan SF *pile compression* PL1 sebesar 6% sedangkan pada Gambar 4.11. (b) Penurunan SF cukup signifikan hingga 27% pada *tension critical load* SF *pile* 1. Beban memang berubah secara signifikan dan terjadi penurunan SF, namun. SF yang terjadi masih dalam kriteria yang diizinkan sehingga *pile* tidak mengalami kegagalan setelah terkena pengaruh *P-delta.*

4.4 Analisis Pengaruh *scouring* pada Kaki *Jacket*

Pada penelitian ini dilakukan analisis pengaruh sesitifitas tegangan struktur akibat variasi *P-delta* dan kedalaman *scouring*. Selanjutnya, adalah analisis pengaruh *scouring* yang terjadi pada kaki struktur *jacket wellhead tripod platform*. Variasi *scouring* yang digunakan adalah :

1. *Scouring* pada satu kaki yaitu terjadi pada *pile* di *leg* vertikal A1 yaitu PL1 (*Pile* 1), dengan rician sebagai berikut :
    - *Scouring* 1 kaki 0 m
    - *Scouring* 1 kaki 3,2 m
    - *Scouring* 1 kaki 9,5 m
    - *Scouring* 1 kaki 13,2 m
    - *Scouring* 1 kaki 16,1 m
    - *Scouring* 1 kaki 21,0 m
2. *Scouring* pada dua kaki yaitu terjadi pada *pile* di *leg* vertikal A1 yaitu PL1 (*Pile* 1) dan salah satu *pile* pada *leg* horizontal B2 yaitu PL2 (*Pile* 2), dengan rician sebagai berikut :
    - *Scouring* 2 kaki 0 m
    - *Scouring* 2 kaki 3,2 m
    - *Scouring* 2 kaki 9,5 m
    - *Scouring* 2 kaki 13,2 m
    - *Scouring* 2 kaki 16,1 m
    - *Scouring* 2 kaki 21,0 m
3. *Scouring* pada semua kaki baik *leg* A1 yaitu PL1 (*Pile* 1), *leg* B2 yaitu PL2 (*Pile* 2) dan *leg* B3 yaitu PL3 (*Pile* 3), dengan rician sebagai berikut :
    - *Scouring* 3 kaki 0 m

- *Scouring* 3 kaki 3,2 m
- *Scouring* 3 kaki 9,5 m
- *Scouring* 3 kaki 13,2 m
- *Scouring* 3 kaki 16,1 m
- *Scouring* 3 kaki 21,0 m

Bagian tiang pancang baik di atas & di bawah *mudline* telah diperiksa untuk gabungan tegangan aksial dan tekukan sesuai dengan rekomendasi API RP 2A, yang merujuk pada spesifikasi AISC.

4.4.1 Perbandingan Hasil Analisis *scouring* Pada 1 Kaki, 2 Kaki dan 3 Kaki

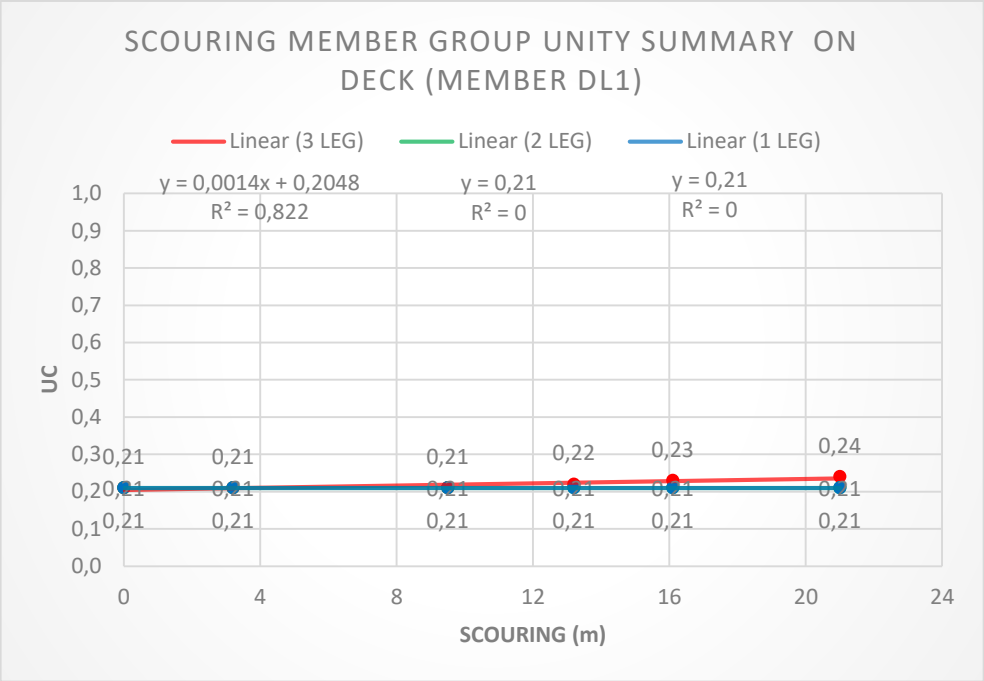
Setelah mendapatkan hasil analisis pengaruh *scouring* yang terjadi pada kaki struktur *jacket wellhead tripod platform*, dengan variasi *scouring* pada satu kaki yaitu terjadi pada *pile* di *leg* vertikal A1 yaitu PL1 (*Pile* 1), *scouring* pada dua kaki yaitu terjadi pada *pile* di *leg* vertikal A1 yaitu PL1 (*Pile* 1) dan salah satu *pile* pada *leg* horizontal B2 yaitu PL2 (*Pile* 2), dan *scouring* pada semua kaki baik *leg* A1 yaitu PL1 (*Pile* 1), *leg* B2 yaitu PL2 (*Pile* 2) dan *leg* B3 yaitu PL3 (*Pile* 3). Kemudian dilakukan perbandingan hasil analisis pada masing-masing variasi *scouring* tersebut. Perbandingan dilakukan pada titik-titik yang memiliki sensitifitas kritis terhadap tegangan pada masing-masing bagian baik pada member pada *deck*, member pada *jacket*, *joint can* dan *safety factor* pada *pile*.

4.4.2 *Member Group Summary on Deck (Member DL1)*

Hasil analisis pengaruh *scouring* pada member-member di *deck* ditunjukkan oleh Tabel 4.16.

Tabel 4.16. scouring member *Group Unity Summary on Deck*

SCOURING MEMBER GROUP UNITY SUMMARY ON DECK (MEMBER DL1)							
NUMBER OF SCOURING LEG		SCOURING (m)					
		0	3,2	9,5	13,2	16,1	21
DESCRIPTION	MEMBER GROUP	MAX. UC	MAX. UC	MAX. UC	MAX. UC	MAX. UC	MAX. UC
1 LEG	DL1	0,21	0,21	0,21	0,21	0,21	0,21
2 LEG	DL1	0,21	0,21	0,21	0,21	0,21	0,21
3 LEG	DL1	0,21	0,21	0,21	0,22	0,23	0,24



Gambar 4.12. scouring member *group unity summary on deck*

Berdasarkan Gambar 4.12. menunjukkan bahwa perbandingan hasil analisis pada masing-masing variasi *scouring* yang terjadi pada satu, dua dan tiga kaki *jacket* memang memiliki besaran pengaruh yang berbeda untuk *unity check* dari member di *deck*. Terlihat bahwa baru pada *scouring* 3 kaki member di *deck* mengalami kenaikan UC dari kondiri awal UC = 0,21 akibat *scouring* maksimum 21m pada tiga kaki naik 14% menjadi 0,24 untuk *scouring* pada dua dan *scouring* pada satu kaki tidak terjadi perubahan UC hingga kedalaman 21m. Semua member di *deck* pada struktur masih memenuhi kriteria tegangan yang diizinkan setelah terkena pengaruh *scouring* yang bervariasi pada kaki.

4.4.3 *Member Group Summary on Jacket*

Sebelum mencari hasil *maximum combined unity check* berikut adalah hasil analisis *buckling unity check* akibat pengaru *scouring* pada *member-member* di *jacket leg* ditunjukkan oleh Tabel 4.17.

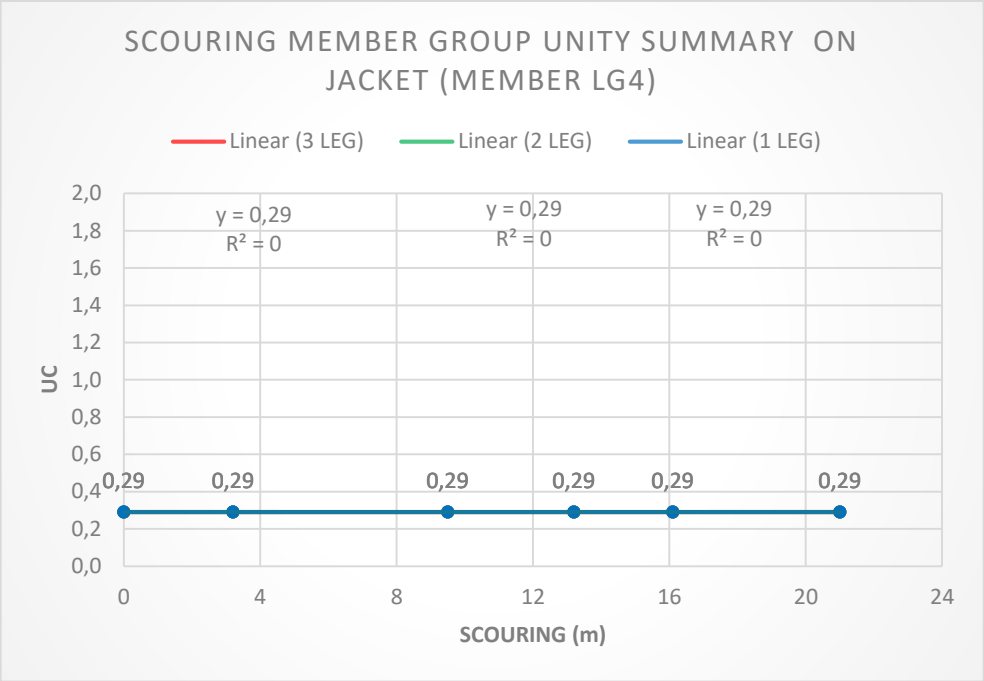
Tabel 4.17. Scouring Member *Group Buckling Unity Check on Jacket*

3 LEG SCOURING MEMBER GROUP BUCKLING UNITY CHECK ON JACKET							
NUMBER OF SCOURING LEG		SCOURING (m)					
		0	3,2	9,5	13,2	16,1	21
MEMBER GROUP	DESCRIPTION	BUCK. UC	BUCK. UC	BUCK. UC	BUCK. UC	BUCK. UC	BUCK. UC
LG4	3 LEG	0,25	0,25	0,25	0,25	0,23	0,22
BR1	3 LEG	0,45	0,44	0,41	0,38	0,33	0,28
BR4	3 LEG	0,40	0,41	0,44	0,46	0,49	0,52
H23	3 LEG	0,15	0,16	0,19	0,20	0,16	0,19

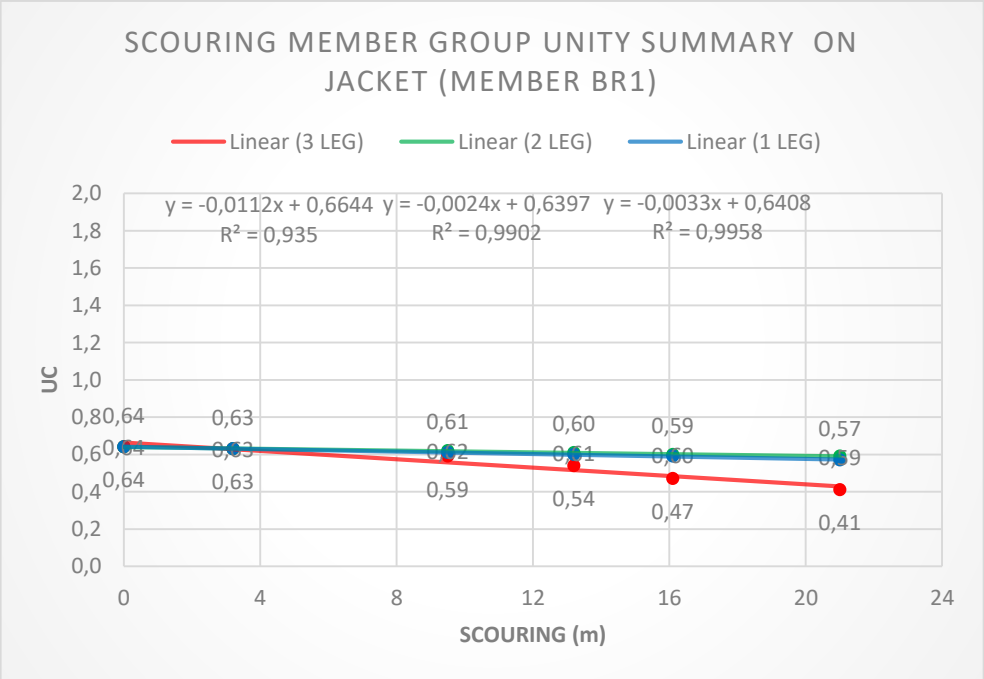
Selanjutnya hasil analisis pengaruh *scouring* pada member-member di *jacket leg* ditunjukkan oleh Tabel 4.18.

Tabel 4.18. scouring member *Group Unity Summary on Jacket*

SCOURING MEMBER GROUP UNITY SUMMARY ON JACKET							
NUMBER OF SCOURING LEG		SCOURING (m)					
		0	3,2	9,5	13,2	16,1	21
MEMBER GROUP	DESCRIPTION	MAX. UC	MAX. UC	MAX. UC	MAX. UC	MAX. UC	MAX. UC
LG4	1 LEG	0,29	0,29	0,29	0,29	0,29	0,29
	2 LEG	0,29	0,29	0,29	0,29	0,29	0,29
	3 LEG	0,29	0,29	0,29	0,29	0,29	0,29
BR1	1 LEG	0,64	0,63	0,61	0,60	0,59	0,57
	2 LEG	0,64	0,63	0,62	0,61	0,60	0,59
	3 LEG	0,64	0,63	0,59	0,54	0,47	0,41
BR4	1 LEG	0,66	0,68	0,69	0,69	0,70	0,70
	2 LEG	0,66	0,68	0,70	0,71	0,72	0,73
	3 LEG	0,66	0,68	0,73	0,77	0,81	0,86
H23	1 LEG	0,41	0,51	0,6	0,63	0,66	0,68
	2 LEG	0,41	0,51	0,79	0,94	1,12	1,29
	3 LEG	0,41	0,51	0,89	1,08	1,35	1,64

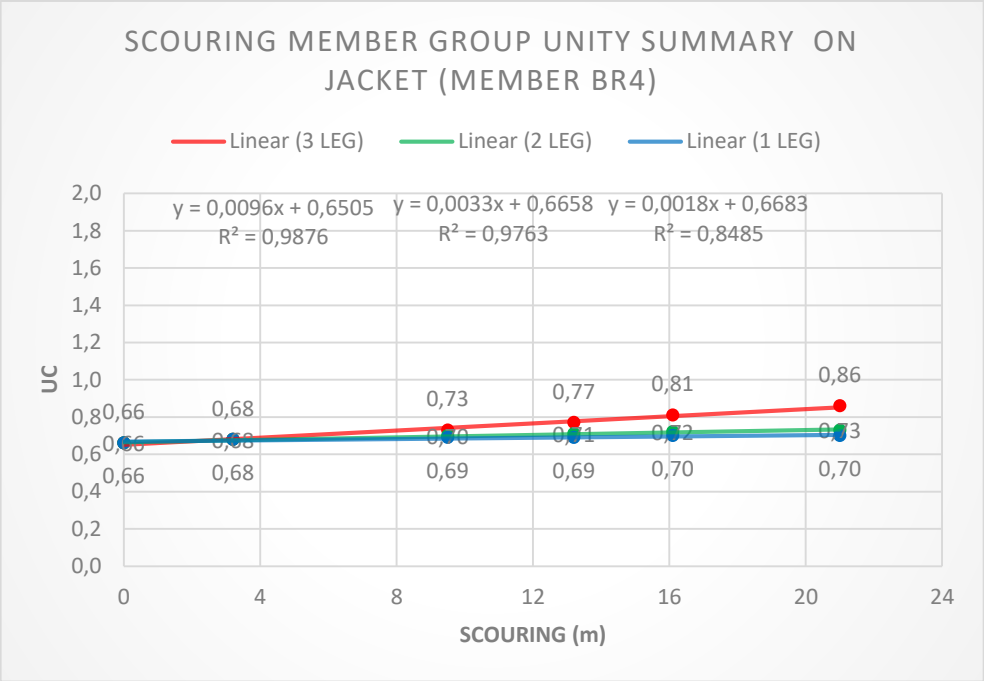


(a)

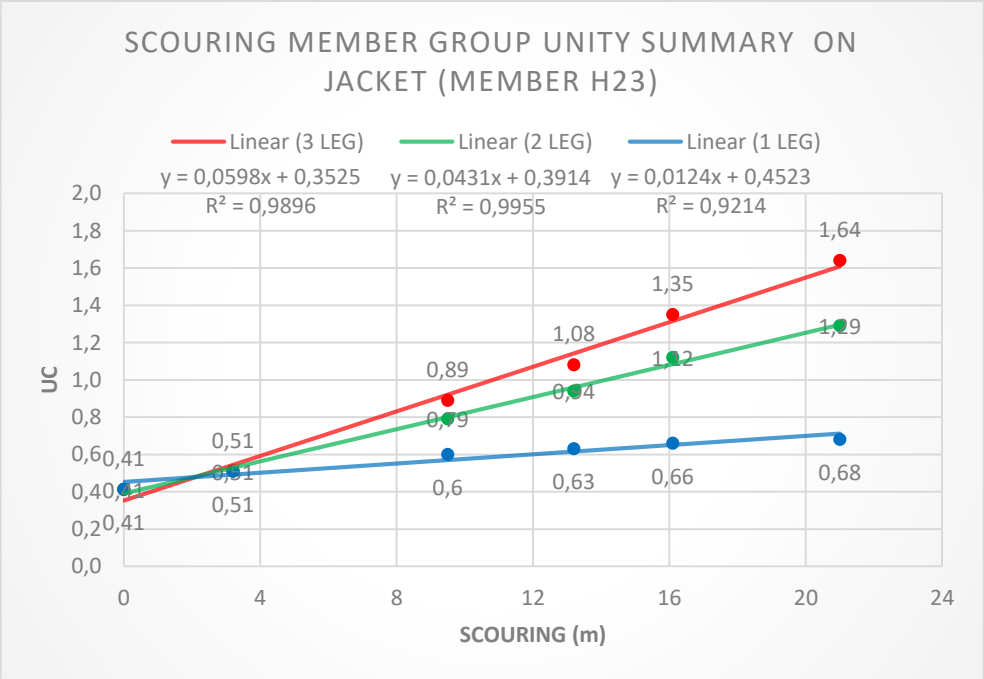


(b)

Gambar 4.13. scouring member group unity summary on jacket



(c)



(d)

Gambar 4.13. scouring member *group unity summary on jacket* (lanjutan)

Berdasarkan Gambar 4.13. menunjukkan bahwa perbandingan hasil analisis pada masing-masing variasi *scouring* yang terjadi pada satu, dua dan tiga kaki *jacket* memang memiliki besaran pengaruh yang berbeda untuk *unity check* dari

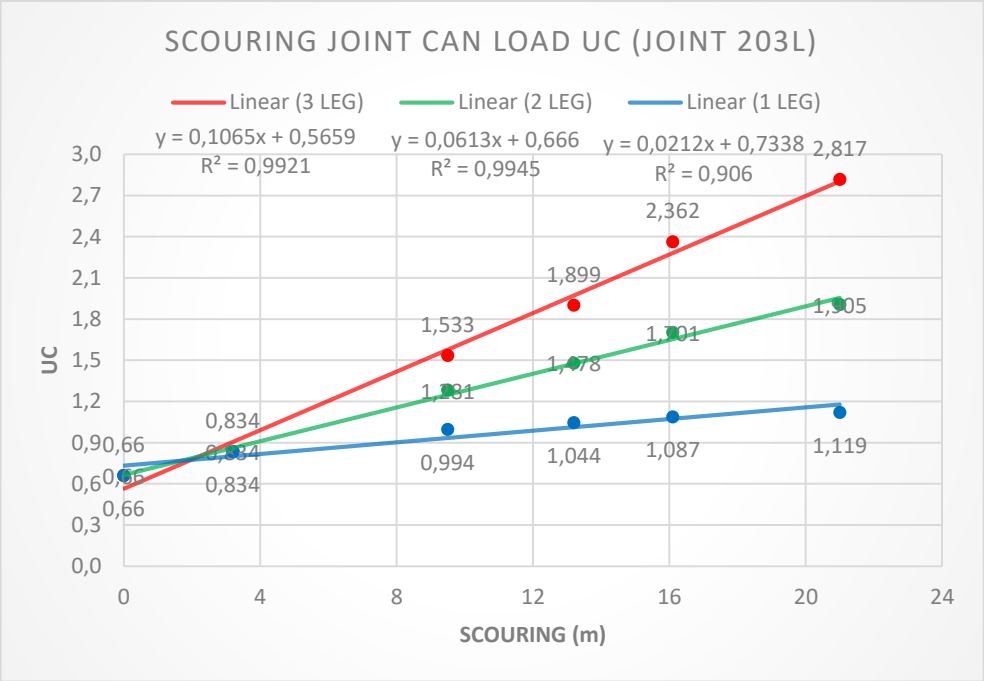
member di *jacket*. Pada Gambar 4.13. (d) Terlihat bahwa semua variasi *scouring* seluruhnya menunjukkan kenaikan UC pada member H23 di *jacket* dari kondiri awal UC = 0,41 dengan kenaikan tegangan yang lebih besar secara berturut-turut yaitu akibat *scouring* maksimum 21m pada tiga kaki naik 297% menjadi 1,64 kemudian *scouring* pada dua kaki naik 212% menjadi 1,29 dan kenaikan tegangan terendah akibat *scouring* pada satu kaki naik 65% menjadi 0,68. Akibat kenaikan UC yang signifikan hingga melebihi batas yang diizinkan UC < 1 tersebut maka *horizontal brace* member H23 mengalami kegagalan saat terjadi *scouring* 3 kaki pada kedalaman 13m dan *scouring* 2 kaki pada kedalamAn 16m hal tersebut disebabkan tegangan yang terjadi melebihi tegangan yang diizinkan setelah terkena pengaruh *scouring* yang bervariasi pada kaki.

4.4.4 *Joint can Summary*

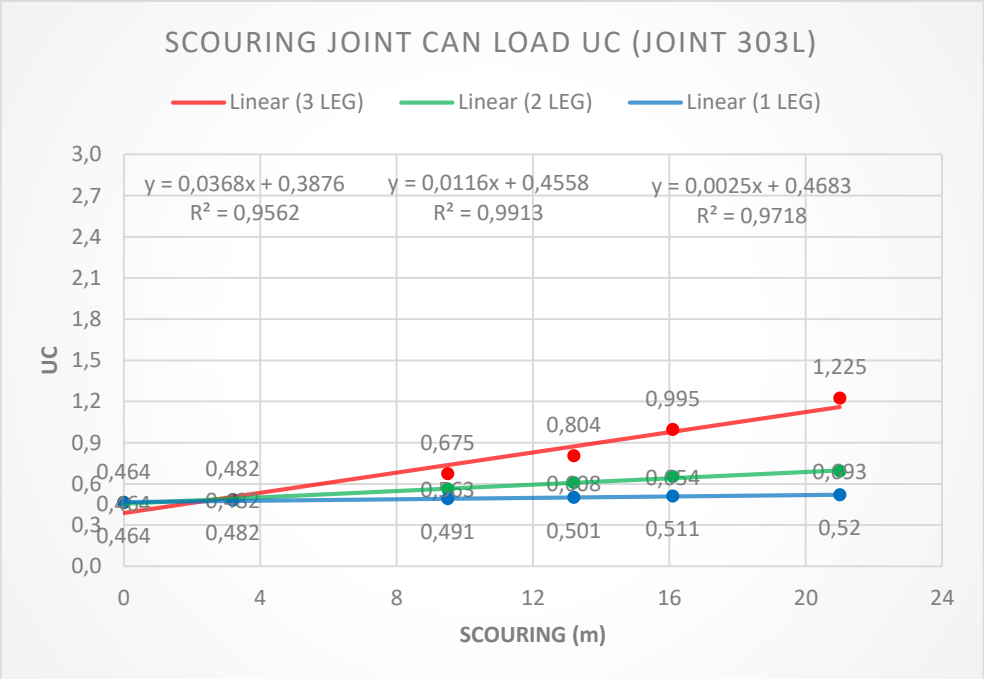
Berikut Tabel 4.19. adalah hasil analisis pengaruh *scouring* pada *joint can load unity check. Joint can* 203L mengalami kenaikan UC terbesar.

Tabel 4.19. scouring Joint can Load UC

SCOURING JOINT CAN LOAD UC							
NUMBER OF SCOURING LEG		SCOURING (m)					
		0	3,2	9,5	13,2	16,1	21
JOINT CAN	DESCRIPTION	MAX. UC	MAX. UC	MAX. UC	MAX. UC	MAX. UC	MAX. UC
203L	1 LEG	0,660	0,834	0,994	1,044	1,087	1,119
	2 LEG	0,660	0,834	1,281	1,478	1,701	1,905
	3 LEG	0,660	0,834	1,533	1,899	2,362	2,817
303L	1 LEG	0,464	0,482	0,491	0,501	0,511	0,520
	2 LEG	0,464	0,482	0,563	0,608	0,654	0,693
	3 LEG	0,464	0,482	0,675	0,804	0,995	1,225



(a)



(b)

Gambar 4.14. scouring joint can load UC

Berdasarkan Gambar 4.14. menunjukkan bahwa perbandingan hasil analisis pada masing-masing variasi *scouring* yang terjadi pada satu, dua dan tiga kaki *jacket* memang memiliki besaran pengaruh yang berbeda untuk *unity check* dari

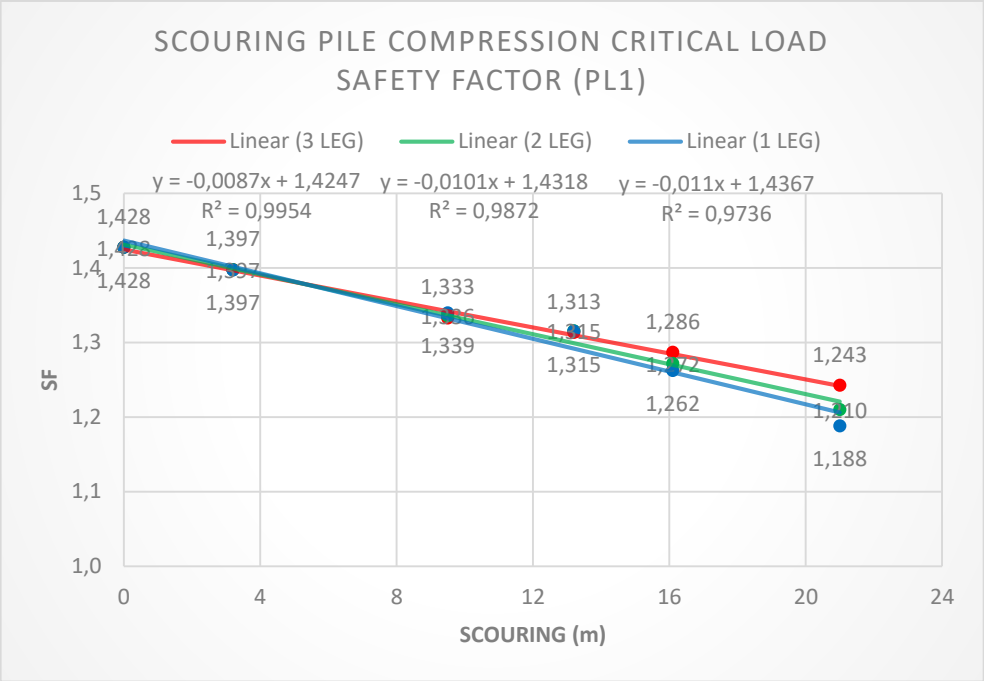
joint can. Terlihat pada Gambar 4.14. (a) bahwa semua variasi *scouring* seluruhnya menunujukkan kenaikan UC pada *joint can* 203L dari kondiri awal UC = 0,66 dengan kenaikan tegangan yang lebih besar secara berturut-turut yaitu akibat *scouring* maksimum 21m pada tiga kaki naik 327% menjadi 2,817 kemudian *scouring* pada dua kaki naik 189% menjadi 1,905 dan kenaikan tegangan akibat *scouring* pada satu kaki naik 70% menjadi 1,119. Akibat kenaikan UC yang signifikan hingga melebihi batas yang diizinkan UC < 1 tersebut maka *joint can* 203L mengalami kegagalan saat terjadi *scouring* 3 kaki *scouring* 2 kaki pada kedalaman 9m sedangkan pada *scouring* 1 kaki pada kedalaman 13m, hal tersebut disebabkan tegangan yang terjadi melebihi tegangan yang diizinkan sehingga *joint can* mengalami kegagalan setelah terkena pengaruh *scouring* yang bervariasi pada kaki.

4.4.5 *Safety Factor of Pile Summary (PL1)*

Berikut Tabel 4.20. dan Gambar 4.15. adalah hasil analisis pengaruh *scouring* pada *pile compression critical load safety factor. Pile* PL1 mengalami penurunan SF terbesar.

Tabel 4.20. scouring Pile Compression Critical Load

SCOURING PILE COMPRESSION CRITICAL LOAD SAFETY FACTOR (PL1)							
NUMBER OF SCOURING LEG		SCOURING (m)					
		0	3,2	9,5	13,2	16,1	21
DESCRIPTION	PILE	SF	SF	SF	SF	SF	SF
1 LEG	PL1	1,428	1,397	1,339	1,315	1,262	1,188
2 LEG	PL1	1,428	1,397	1,336	1,315	1,272	1,210
3 LEG	PL1	1,428	1,397	1,333	1,313	1,286	1,243

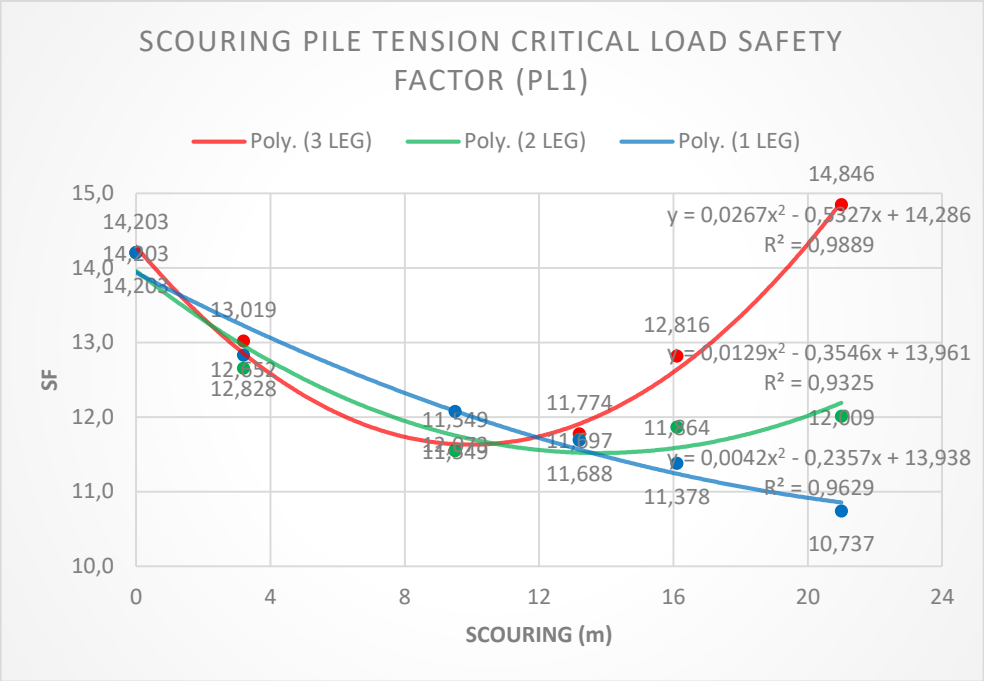


Gambar 4.15. scouring pile compression critical load

Berikut Tabel 4.21. dan Gambar 4.16. adalah hasil analisis pengaruh *scouring* pada *pile tension critical load safety factor*. *Pile* PL1 mengalami penurunan SF terbesar.

Tabel 4.21. scouring Pile Tension Critical Load

SCOURING PILE TENSION CRITICAL LOAD SAFETY FACTOR (PL1)							
NUMBER OF SCOURING LEG		SCOURING (m)					
		0	3,2	9,5	13,2	16,1	21
DESCRIPTION	PILE	SF	SF	SF	SF	SF	SF
1 LEG	PL1	14,203	12,828	12,073	11,688	11,378	10,737
2 LEG	PL1	14,203	12,652	11,549	11,697	11,864	12,009
3 LEG	PL1	14,203	13,019	11,549	11,774	12,816	14,846



(a)

Gambar 4.16. scouring pile tension critical load

Berdasarkan Gambar 4.15. dan Gambar 4.16. menunjukkan bahwa perbandingan hasil analisis pada masing-masing variasi *scouring* yang terjadi pada satu, dua dan tiga kaki *jacket* memang memiliki besaran pengaruh yang berbeda untuk *safety factor pile*. Terlihat pada Gambar 4.15. bahwa semua variasi *scouring* seluruhnya menunujukkan penurunan SF pada *pile* untuk *compression* dari kondiri awal SF = 1,428 dengan penurunan SF yang lebih besar secara berturut-turut yaitu akibat *scouring* maksimum 21m pada satu kaki turun 17% menjadi 1,188 kemudian *scouring* pada dua kaki turun 15% menjadi 1,210 dan penurunan SF akibat *scouring* pada tiga kaki turun 13% menjadi 1,243. Grafik penurunan SF *compression* yang memiliki *trendline linear*. Penurunan SF yang signifikan hingga melebihi batas yang diizinkan SF > 2.

Sedangkan terlihat pada Gambar 4.16. Perubahan SF *tension* memiliki *trendline* yang tidak teratur antar variasi *scouring* dengan SF *tension* awal PL1 cukup tinggi 14,203. Pada *scouring* satu kaki yang *trendline* nya secara polinomial terus menurun hingga pada 21m turun 24% menjadi 10,737. Pada *scouring* dua kaki penurunan SF *tension* memiliki *trendline* yang berbeda tidak cenderung turun seperti pada *scouring* satu kaki, tapi pada *scouring* awal SF mengalami penurunan

hingga *scouring* 9m penurunan mencapai 19% namun SF kembali naik seiring pertambahan *scouring* pada kedua kaki hingga pada *scouring* 21m penurunan SF mencapai 15%. Pada *scouring* 3 kaki perubahan SF *tension* memiliki *trendline* yang sama seperti pada *scouring* dua kaki, pada *scouring* awal SF mengalami penurunan hingga *scouring* 9m penurunan mencapai 19% namun SF kembali naik seiring pertambahan *scouring* pada ketiga kaki hingga pada *scouring* 21m justru malah mengalami kenaikan SF mencapai 5% dari SF awal. Untuk *tension* masih berada dibatas aman SF > 2 yaitu diangka 10-14.

4.5 Analisis Kombinasi *P-delta Effect dan scouring*

Pada penelitian ini dilakukan analisis struktur pengaruh sesitifitas tegangan struktur akibat variasi *P-delta* dan kedalaman *scouring*. Setelah pengaruh *P-delta* dan *scouring* dianalisis masing-masing, kali ini akan dianalisis pengaruh kombinasi dari *P-delta* dan *scouring* terhadap sensitifitas tegangan dari struktur *jacket wellhead tripod platform.* Variasi *P-delta* yang digunakan adalah *P-delta* terbesar yang telah dianalisis sebelumnya yaitu *P-delta 15%*, terhadap lengan dari pusat grafitasi (GOG) tegak lurus mendekati titik A1 (*Jacket Leg* A1) atau PL1 (*Pile* 1). Serta *scouring* pada semua ketiga kaki *jacket* baik pada kaki vertikal *leg* A1 yaitu PL1 (*pile* 1) dan pada kedua kaki horizontal yaitu *leg* B2 (*pile 2)* dan *leg* B3 yaitu PL3 (*Pile* 3), dengan kedalaman *scouring* mulai dari 0 m, 3,2 m, 9,5 m, 13,2 m, 16,1 m, 21,0 m. Semua *plate,* member*, joint, Seastate, soil condition, dan load* struktur diperiksa untuk kondisi statis terhadap persyaratan API RP2A-WSD dan Kode AISC. Untuk sensitifitas tegangan dianalisis sebagai *unity check* (UC) member dan pada *pile* dianalisis sebagai *safety factor* (SF) *pile.* Semua *unity check ratio* dan *safety factor* yang dihasilkan dari analisis dirinci dalam hasil berikut.

4.5.1 Perbandingan Hasil Analisis *scouring* Pada 3 Kaki Dengan *P-delta 15%* Dan *scouring* Pada 3 Kaki

Setelah mendapatkan hasil analisis pengaruh *scouring* pada semua kaki baik *leg* A1 yaitu PL1 (*Pile* 1), *leg* B2 yaitu PL2 (*Pile* 2) dan *leg* B3 yaitu PL3 (*Pile* 3) pada kaki struktur *jacket wellhead tripod.* Kemudian dilakukan perbandingan hasil dengan analisis pengaruh *P-delta* 15% dan *scouring* pada tiga kaki. Perbandingan dilakukan pada titik-titik yang memiliki sensitifitas kritis terhadap tegangan pada masing-masing bagian baik pada pelat, member pada *deck,* member pada *jacket,*

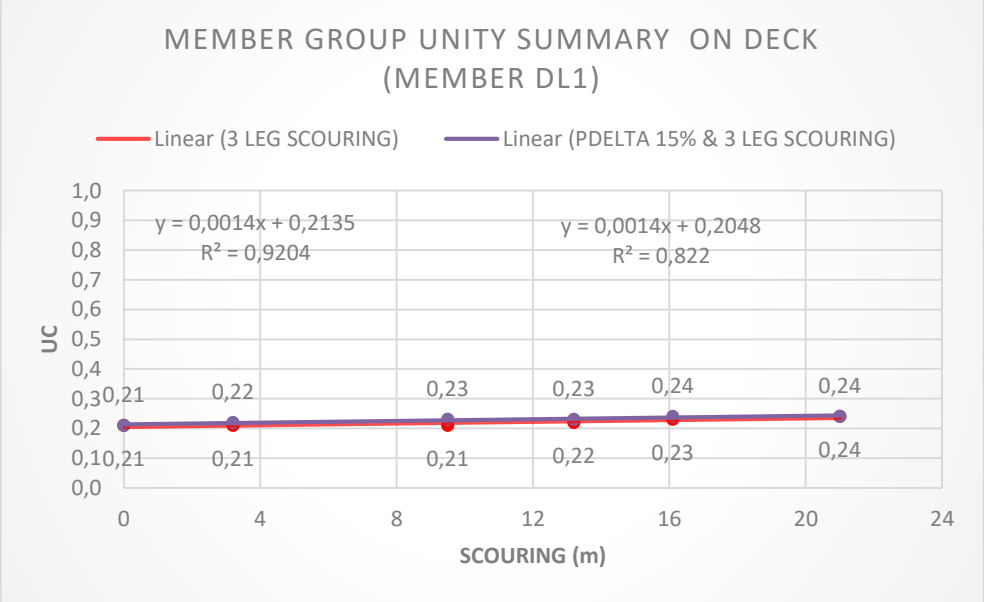
joint can dan *safety factor* pada *pile*. Pada member di *deck* yang akan ditinjau adalah member *Main Deck* (MD1), member *Cellar Deck* (CD1), member *Deck Leg* (DL1) dan member *Crane* (JB1).

4.5.2 *Member Group Summary on Deck (Member DL1)*

Hasil analisis pengaruh kombinasi *P-delta 15% dan scouring* 3 kaki pada member-member di *deck* ditunjukkan oleh Tabel 4.22.

Tabel 4.22. member *Group Unity Summary on Deck*

MEMBER GROUP UNITY SUMMARY ON DECK (MEMBER DL1)							
DESCRIPTION	MEMBER GROUP	SCOURING (m)					
		0	3,2	9,5	13,2	16,1	21
		MAX. UC	MAX. UC	MAX. UC	MAX. UC	MAX. UC	MAX. UC
3 LEG SCOURING	DL1	0,21	0,21	0,21	0,22	0,23	0,24
PDELTA 15% & 3 LEG SCOURING	DL1	0,21	0,22	0,23	0,23	0,24	0,24



Gambar 4.17. member *group unity summary on deck*

Berdasarkan Gambar 4.17. menunjukkan bahwa perbandingan hasil analisis *scouring* pada 3 kaki dengan *P-delta* 15% dan *scouring* pada 3 kaki memiliki besaran pengaruh yang sama untuk *unity check* dari member di *deck*. Terlihat bahwa untuk hasil kedua analisis member di *deck* mengalami kenaikan UC dari kondiri awal UC = 0,21 naik 14% menjadi 0,24. Semua member di *deck* pada struktur masih

memenuhi kriteria tegangan yang diizinkan setelah terkena pengaruh *P-delta* dan *scouring* pada kaki.

4.5.3 *Member Group Summary on Jacket*

Sebelum mencari hasil *maximum combined unity check* berikut adalah hasil analisis *buckling unity check* pada *member-member* di *jacket leg* akibat pengaruh kombinasi *P-delta 15% dan scouring* 3 kaki ditunjukkan oleh Tabel 4.23.

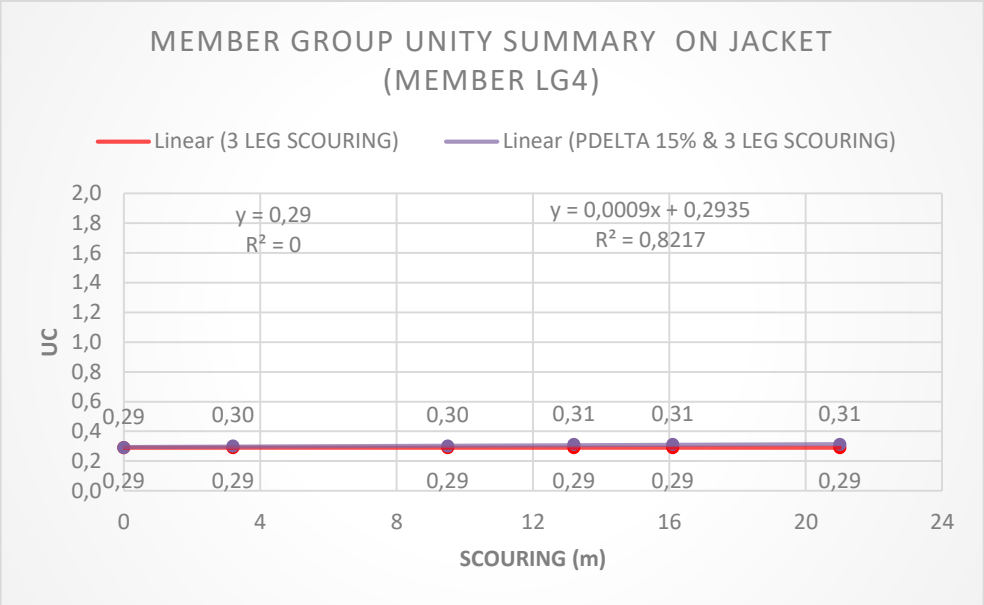
Tabel 4.23. member *Group Buckling Unity Check on Jacket*

MEMBER GROUP BUCKLING UNITY CHECK ON JACKET							
MEMBER GROUP	DESCRIPTION	SCOURING (m)					
		0	3,2	9,5	13,2	16,1	21
		BUCK. UC	BUCK. UC	BUCK. UC	BUCK. UC	BUCK. UC	BUCK. UC
LG4	PDELTA 15% & 3 LEG SCOURING	0,25	0,25	0,25	0,25	0,24	0,23
BR1	PDELTA 15% & 3 LEG SCOURING	0,45	0,44	0,41	0,39	0,34	0,29
BR4	PDELTA 15% & 3 LEG SCOURING	0,40	0,41	0,44	0,46	0,49	0,52
H23	PDELTA 15% & 3 LEG SCOURING	0,15	0,17	0,20	0,21	0,17	0,20

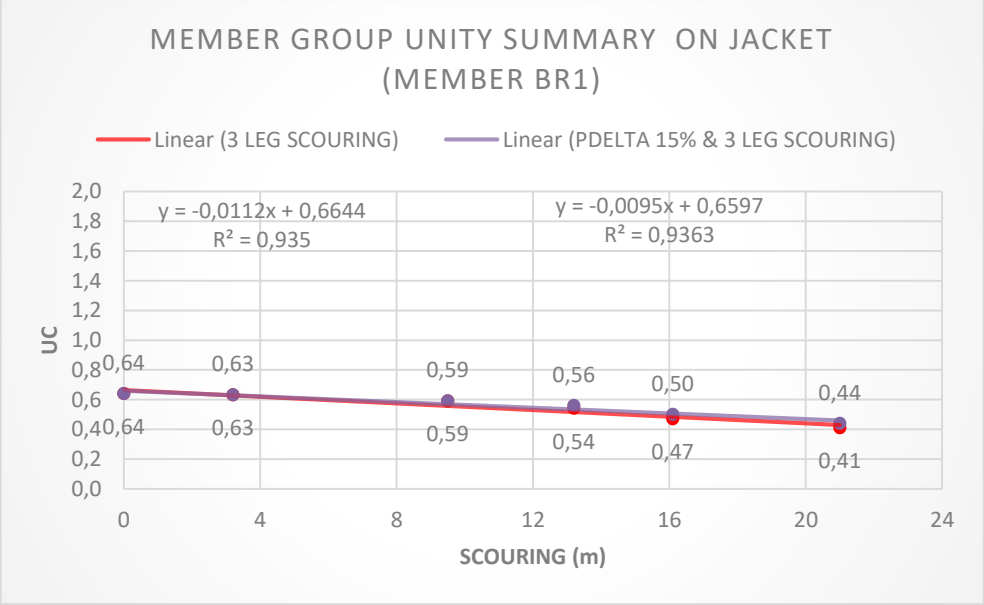
Selanjutnya hasil analisis pengaruh kombinasi *P-delta 15% dan scouring* 3 kaki pada member-member di *jacket leg* ditunjukkan oleh Tabel 4.24.

Tabel 4.24. member *Group Unity Summary on Jacket*

MEMBER GROUP UNITY SUMMARY ON JACKET							
MEMBER GROUP	DESCRIPTION	SCOURING (m)					
		0	3,2	9,5	13,2	16,1	21
		MAX. UC	MAX. UC	MAX. UC	MAX. UC	MAX. UC	MAX. UC
LG4	3 LEG SCOURING	0,29	0,29	0,29	0,29	0,29	0,29
	PDELTA 15% & 3 LEG SCOURING	0,29	0,30	0,30	0,31	0,31	0,31
BR1	3 LEG SCOURING	0,64	0,63	0,59	0,54	0,47	0,41
	PDELTA 15% & 3 LEG SCOURING	0,64	0,63	0,59	0,56	0,50	0,44
BR4	3 LEG SCOURING	0,66	0,68	0,73	0,77	0,81	0,86
	PDELTA 15% & 3 LEG SCOURING	0,66	0,73	0,78	0,8	0,83	0,86
H23	3 LEG SCOURING	0,41	0,51	0,89	1,08	1,35	1,64
	PDELTA 15% & 3 LEG SCOURING	0,41	0,52	0,89	1,1	1,37	1,68

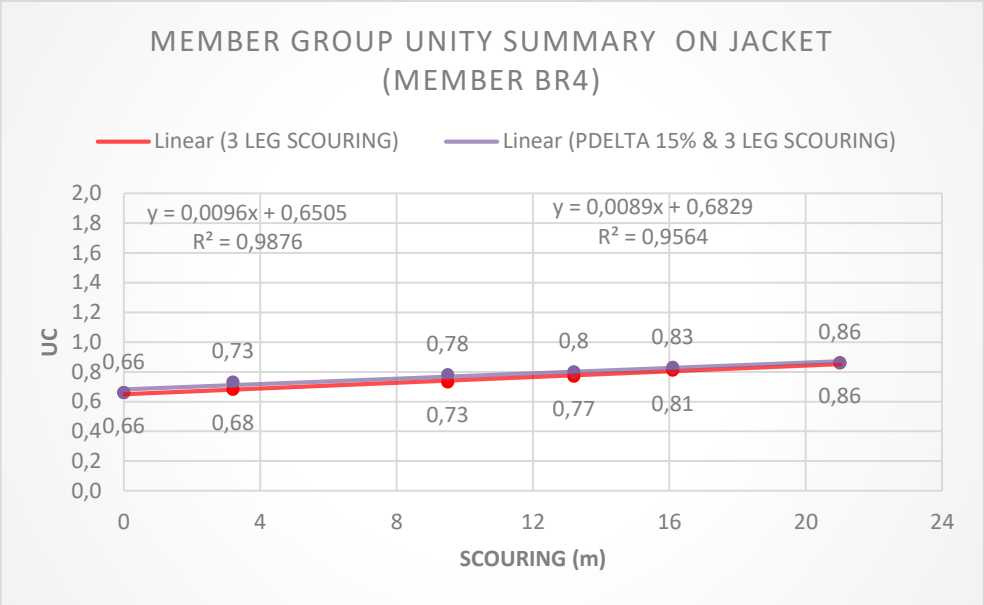


(a)

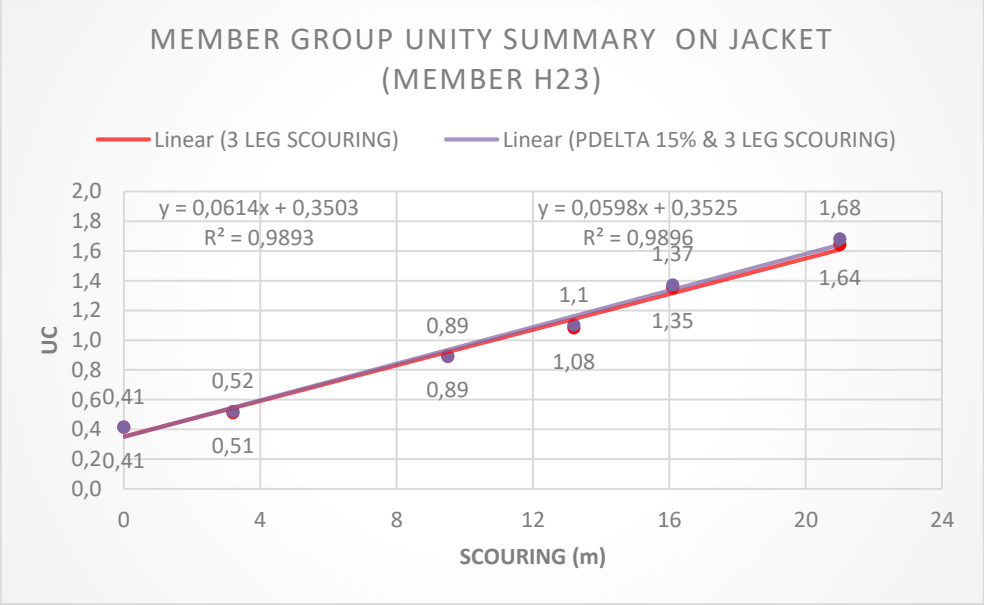


(b)

Gambar 4.18. member group unity summary on jacket



(c)



(d)

Gambar 4.18. member *group unity summary on jacket* (lanjutan)

Berdasarkan Gambar 4.18. menunju menunjukkan bahwa perbandingan hasil analisis *scouring* pada 3 kaki dengan *P-delta* 15% dan *scouring* pada 3 kaki memiliki besaran pengaruh yang hampir sama untuk *unity check* dari member di *jacket*. Terlihat bahwa pada Gambar 4.18 (d) semua hasil analisis menunujukkan kenaikan UC pada member H23 di *jacket* dari kondiri awal UC = 0,41 dengan kenaikan tegangan yang lebih besar yaitu akibat *P-delta* 15% dan *scouring*

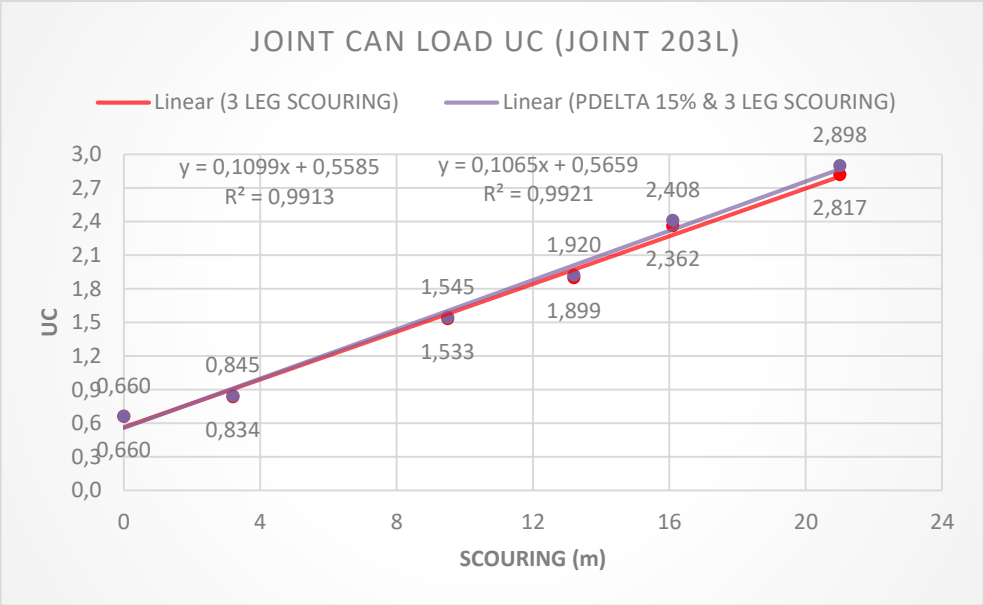
maksimum 21m pada tiga kaki naik 307% menjadi 1,68 kemudian *scouring* pada tiga kaki hanya terpaut sedikit naik 297% menjadi 1,64. Akibat kenaikan UC yang signifikan hingga melebihi batas yang diizinkan UC < 1 tersebut maka horizontal *brace* member H23 mengalami kegagalan saat terjadi *scouring* 3 kaki pada kedalaman 13m hal tersebut disebabkan tegangan yang terjadi melebihi tegangan yang diizinkan setelah terkena pengaruh *P-delta* dan *scouring* pada kaki.

4.5.4 *Joint can Summary*

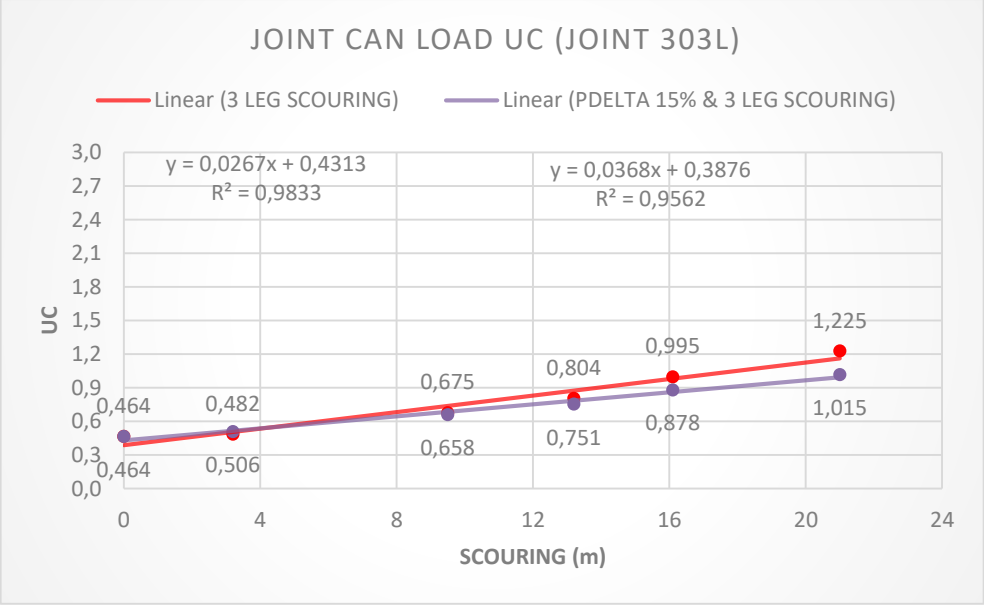
Berikut Tabel 4.25. adalah hasil analisis pengaruh kombinasi *P-delta 15% dan scouring* 3 kaki pada *joint can load unity check. Joint can* 203L mengalami kenaikan UC terbesar.

Tabel 4.25. Joint can Load UC

JOINT CAN LOAD UC (JOINT 203L)							
JOINT CAN	DESCRIPTION	SCOURING (m)					
		0	3,2	9,5	13,2	16,1	21
		MAX. UC	MAX. UC	MAX. UC	MAX. UC	MAX. UC	MAX. UC
203L	3 LEG SCOURING	0,660	0,834	1,533	1,899	2,362	2,817
	PDELTA 15% & 3 LEG SCOURING	0,660	0,845	1,545	1,920	2,408	2,898
303L	3 LEG SCOURING	0,464	0,482	0,675	0,804	0,995	1,225
	PDELTA 15% & 3 LEG SCOURING	0,464	0,506	0,658	0,751	0,878	1,015



(a)



(b)

Gambar 4.19. joint can load UC

Berdasarkan Gambar 4.19. menunjukkan bahwa perbandingan hasil analisis *scouring* pada 3 kaki dengan *P-delta* 15% dan *scouring* pada 3 kaki memiliki besaran pengaruh yang hampir sama untuk *unity check* dari *joint* can. Terlihat pada Gambar 1.16. (a) bahwa semua hasil analisis menunujukkan kenaikan UC pada *joint can* 203L dari kondisi awal UC = 0,66 dengan kenaikan tegangan yang lebih besar yaitu akibat *P-delta* 15% dan *scouring* maksimum 21m pada tiga kaki naik

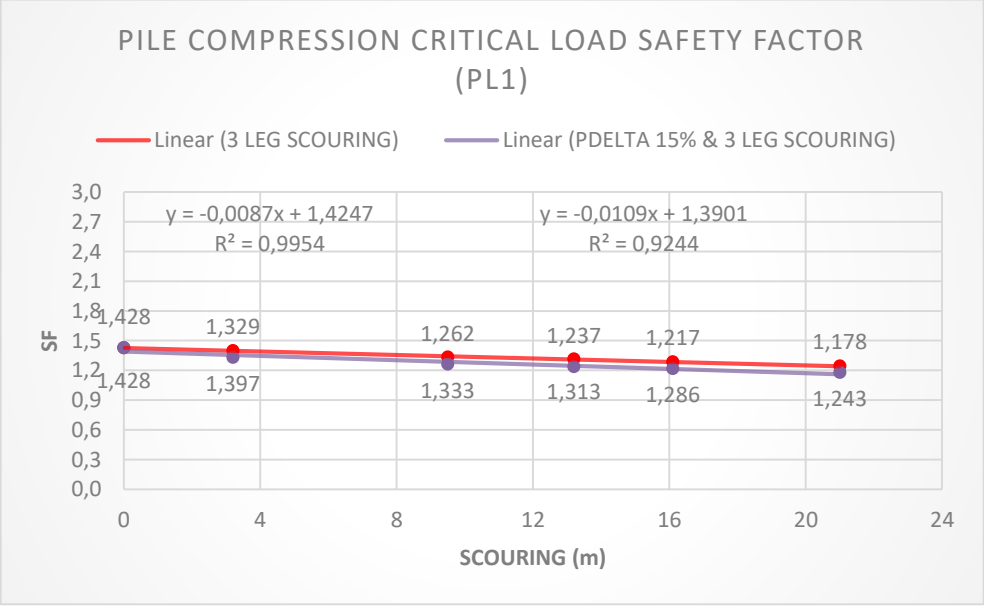
339% menjadi 2,898 kemudian *scouring* pada tiga kaki naik 327% menjadi. Akibat kenaikan UC yang signifikan hingga melebihi batas yang diizinkan UC < 1 tersebut maka *joint can* 203L mengalami kegagalan saat terjadi *scouring* 3 kaki *scouring* 2 kaki pada kedalamn 9m hal tersebut disebabkan tegangan yang terjadi melebihi tegangan yang diizinkan sehingga *joint* mengalami kegagalan setelah terkena pengaruh *P-delta* dan *scouring* pada kaki.

4.5.5 *Safety Factor of Pile Summary (PL1)*

Berikut Tabel 4.26. dan Gambar 4.20. adalah hasil analisis pengaruh kombinasi *P-delta 15% dan scouring* 3 kaki pada *pile compression critical load safety factor*. *Pile* PL1 mengalami penurunan SF terbesar.

Tabel 4.26. Pile Compression Critical Load

PILE COMPRESSION CRITICAL LOAD SAFETY FACTOR (PL1)							
DESCRIPTION	PILE	SCOURING (m)					
		0	3,2	9,5	13,2	16,1	21
		SF	SF	SF	SF	SF	SF
3 LEG SCOURING	PL1	1,428	1,397	1,333	1,313	1,286	1,243
PDELTA 15% & 3 LEG SCOURING	PL1	1,428	1,329	1,262	1,237	1,217	1,178

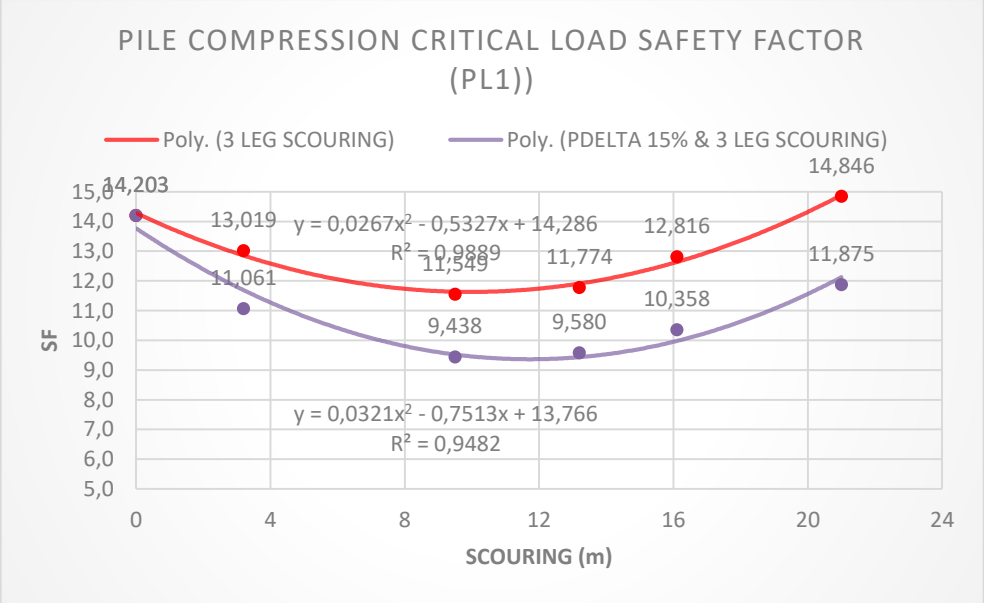


Gambar 4.20. pile compression critical load

Berikut Tabel 4.27. dan Gambar 4.21. adalah hasil analisis pengaruh kombinasi *P-delta 15% dan scouring* 3 kaki pada *pile tension critical load safety factor*. *Pile* PL1 mengalami penurunan SF terbesar.

Tabel 4.27. Pile Tension Critical Load

SCOURING PILE TENSION CRITICAL LOAD SAFETY FACTOR (PL1)							
DESCRIPTION	PILE	SCOURING (m)					
		0	3,2	9,5	13,2	16,1	21
		SF	SF	SF	SF	SF	SF
3 LEG SCOURING	PL1	14,203	13,019	11,549	11,774	12,816	14,846
PDELTA 15% & 3 LEG SCOURING	PL1	14,203	11,061	9,438	9,580	10,358	11,875



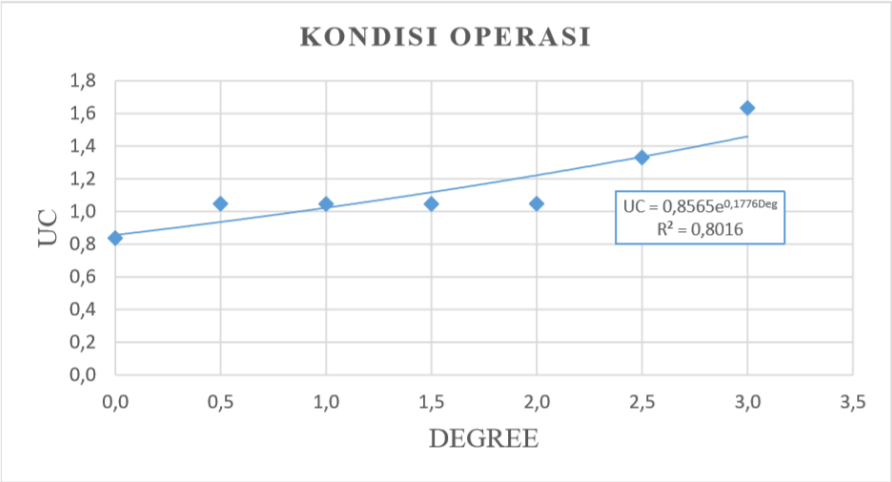
Gambar 4.21. pile tension critical load

Berdasarkan Gambar 4.20. dan 4.21. menunjukkan bahwa perbandingan hasil analisis *scouring* pada 3 kaki dengan *P-delta* 15% dan *scouring* pada 3 kaki memiliki besaran pengaruh yang berbeda untuk *safety factor pile*. Terlihat pada Gambar 4.20. bahwa semua hasil analisis menunujukkan penurunan SF pada *pile* untuk *compression* dari kondiri awal SF = 1,428 dengan penurunan SF yang lebih besar yaitu akibat *P-delta* 15% dan *scouring* maksimum 21m pada tiga kaki turun 17% menjadi 1,178 kemudian penurunan SF akibat *scouring* pada tiga kaki turun 13% menjadi 1,243. Grafik penurunan SF *compression* memiliki *trendline linear*. Penurunan SF yang signifikan hingga melebihi batas yang diizinkan SF > 2.

Sedangkan terlihat pada Gambar 4.21. Perubahan SF *tension* memiliki *trendline* parabolik dengan SF *tension* awal PL1 cukup tinggi 14,203. Pada *P-delta* 15% dan *scouring* tiga kaki yang *trendline* nya pada *scouring* awal SF mengalami penurunan hingga *scouring* 9m penurunan mencapai 34% namun SF kembali naik seiring pertambahan *scouring* pada ketiga kaki hingga pada *scouring* 21m penurunan SF mencapai 16%. Pada *scouring* 3 kaki perubahan SF *tension* memiliki *trendline* yang sama, pada *scouring* awal SF mengalami penurunan hingga *scouring* 9m penurunan mencapai 19% namun SF kembali naik seiring pertambahan *scouring* pada ketiga kaki hingga pada *scouring* 21m justru malah mengalami kenaikan SF mencapai 5% dari SF awal. Untuk *tension* masih berada dibatas aman SF > 2 yaitu diangka 10-14.

4.6 Perbandingan Hasil Analisis dengan Penelitian yang Sejenis

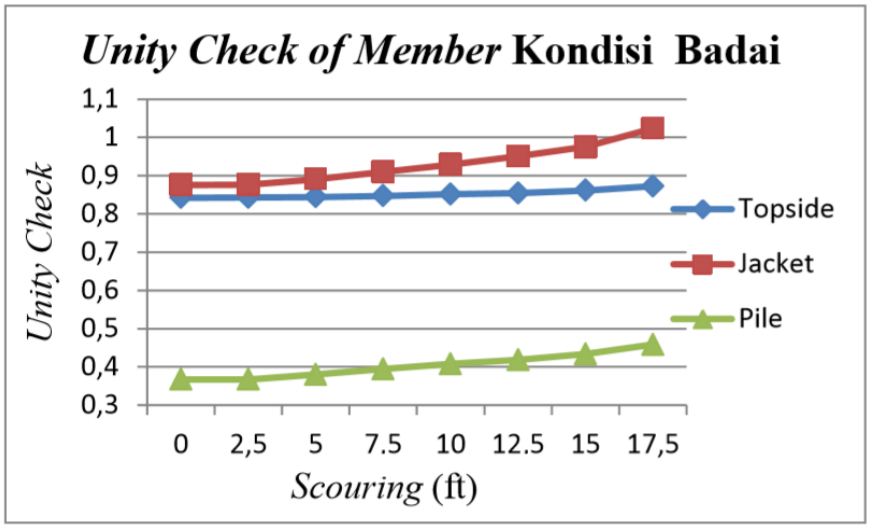
Untuk validasi hasil dari analisis yang telah didapatkan, dilakukan perbandingan dengan penelitian sejenis yang telah dilakukan sebelumnya. Untuk hasil analisis *P-delta* referensi yang digunakan adalah Tugas Akhir Imanudin (2018) yang berjudul "Analisis Keruntuhan Berbasis Keandalan Pada Bangunan Lepas Pantai Tipe *Jacket* Terhadap Kemiringan Akibat *Settlement".* Dalam penelitiannya menerapkan variasi *P-delta* mengikuti derajat kemiringan struktur (0°; 0,5°; 1°; 1,5°; 2°; 2,5°; 3°) terhadap sumbu Y dengan pergeseran COG maksimum 10,418 ft atau 3,175 m terhadap sumbu X dan *P-Δx* maksimum 27650 ft-kips. Di dapatkan nilai UC terhadap kemiringan kondisi operasi sebagai berikut:



Gambar 4.22. Kurva regresi nilai UC terhadap kemiringan kondisi Operasi (Imanudin, 2018)

Berdasarkan Gambar 4.22. Imanudin (2018) menunjukkan bahwa dalam penelitian yang telah dilakukan hasil analisis perubahan UC pada member mengalami kenaikan akibat pengaruh *P-delta* dan memiliki *trendline exponontial* dengan R^2 = 0,8016 pada UC maksimum yang terjadi disetiap variasi kemiringan struktur dan memiliki karakteristik setelah UC naik, pada kemiringan selanjutnya cenderung landai. Berdasarkan hal ini maka untuk hasil analisis UC member pada *P-delta* yang telah dilakukan pada penelitian kali ini valid, karena juga menunjukkan karakteristik kenaikan UC yang sama.

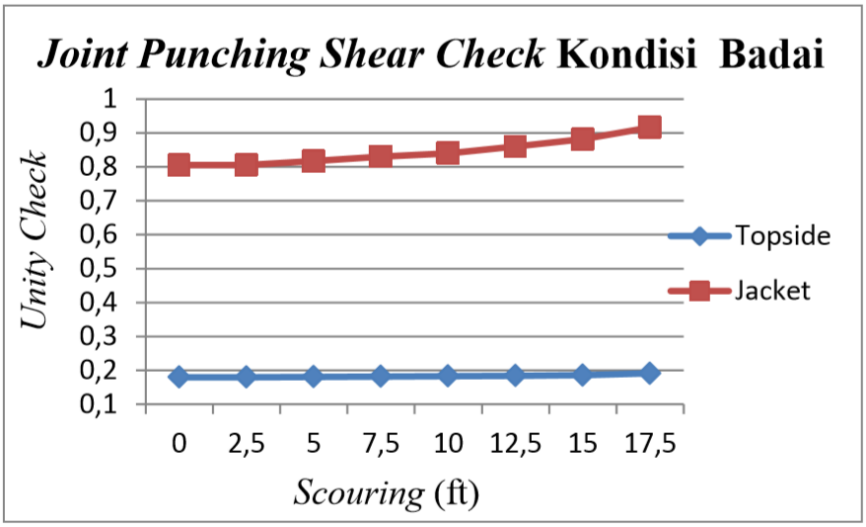
Untuk perbandingan hasil analisis *scouring* referensi yang digunakan adalah Sari (2015) dalam Tugas Akhir "Analisa Kekuatan *Ultimate* Berbasis Resiko Pada Struktur *Jacket Wellhead Tripod Platform* Akibat Terjadinya *Scouring*" dengan menerapkan variasi kedalaman *scouring* (0; 2,5; 5; 7,5; 10; 12,5; 15; 17,5) ft atau *scouring* maksimum 5,334 m yang terjadi pada keseluruhan atau ketiga kaki jacket mendapatkan hasil analisis berupa grafik perubahan UC *member*, *joint* dan SF *pile* terhadap variasi kedalaman *scouring* seperti berikut :



Gambar 4.23. Grafik *Unity Check of Member* Kondisi Badai
(Sari, 2015)

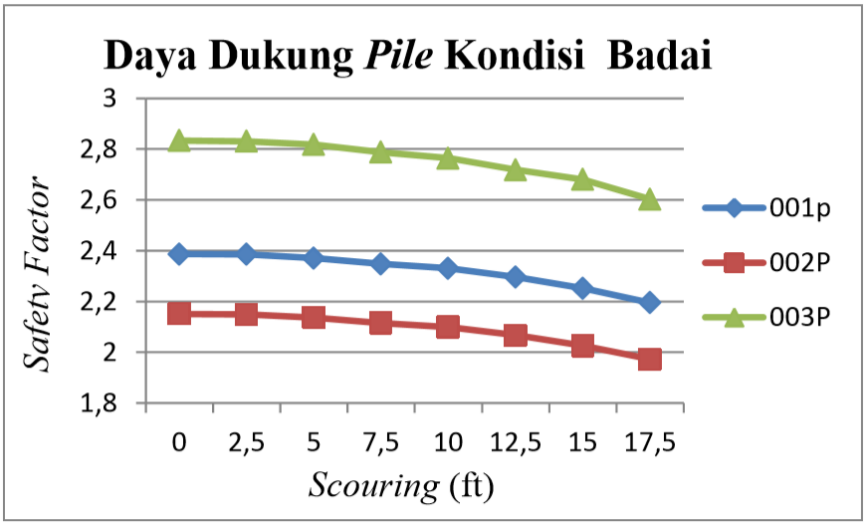
Berdasarkan Gambar 4.23. Sari (2015) menunjukkan bahwa dalam penelitian yang telah dilakukan hasil analisis perubahan UC pada member mengalami kenaikan akibat pengaruh *scouring* 3 kaki dan memiliki *trendline linear* dengan R^2 = 0,8816 pada *topside member*, R^2 = 0,9319 pada *jacket member*, R^2 = 0,967 pada *pile member*. Berdasarkan hal ini maka untuk hasil analisis UC member pada variasi

3 kaki yang telah dilakukan pada penelitian kali ini valid, karena juga menunjukkan kenaikan UC dan memiliki *trendline linear* dengan $R^2 = 0{,}9893$.



Gambar 4.24. Grafik *Joint Punching Shear of Member* Kondisi Badai
(Sari, 2015)

Selanjutnya, berdasarkan Gambar 4.24. Sari (2015) menunjukkan bahwa dalam penelitian yang telah dilakukan hasil analisis UC pada *joint* mengalami kenaikan akibat pengaruh *scouring* 3 kaki dan memiliki *trendline linear* dengan $R^2 = 0{,}8499$ pada *topside joint*, $R^2 = 0{,}9382$ pada *jacket joint.* Berdasarkan hal ini maka untuk hasil analisis UC *joint* pada variasi *scouring* 3 kaki yang telah dilakukan pada penelitian kali ini valid, karena juga menunjukkan kenaikan UC dan memiliki *trendline linear* dengan $R^2 = 0{,}9913$.



Gambar 4.25. Grafik Analisis Daya Dukung *Pile* Kondisi Badai
(Sari, 2015)

Terakhir, berdasarkan Gambar 4.25. Sari (2015) menunjukkan bahwa dalam penelitian yang telah dilakukan hasil analisis SF dari *pile* mengalami penurunan akibat pengaruh *scouring* 3 kaki dan memiliki *trendline linear* dengan R^2 = 0,9134 pada 001P, R^2 = 0,9102 pada 002P, R^2 = 0,9139 pada 003P. Berdasarkan hal ini maka untuk hasil analisis SF dari *pile* pada variasi *scouring* 3 kaki yang telah dilakukan pada penelitian kali ini valid, karena juga menunjukkan penurunan SF dan memiliki *trendline linear* dengan R^2 = 0,9954.

BAB V
PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis dan pembahasan diperoleh antara lain sebagai berikut :

1. *P-delta* memiliki pengaruh terhadap integritas struktur yaitu adanya sensitivitas perubahan tegangan struktur. Untuk perubahan tegangan terbesar yang dianalisis terjadi pada saat *P-delta* 15%. Member H23 di *jacket leg* mengalami kenaikan tegangan maksimum sebesar 26% dari UC awal 0,41 naik menjadi 0,52. *Joint* 203L di *joint can* mengalami kenaikan tegangan maksimum sebesar 28% dari UC awal 0,660 naik menjadi 0,843. *Pile* PL1 di kaki vertikal mengalami kenaikan tegangan yang menyebabkan penurunan SF *compression pile* 6% dari SF awal 1,428 turun menjadi 1,341.
2. *Scouring* memiliki pengaruh terhadap integritas struktur yaitu adanya sensitivitas perubahan tegangan struktur. Untuk perubahan tegangan terbesar yang dianalisis terjadi pada saat *scouring* dengan kedalaman 21m terjadi pada tiga kaki. Member H23 di *jacket leg* mengalami kenaikan tegangan maksimum sebesar 297% dari UC awal 0,41 naik menjadi 1,64. *Joint* 203L di *joint can* mengalami kenaikan tegangan maksimum sebesar 327% dari UC awal 0,660 naik menjadi 2,817. *Pile* PL1 di kaki vertikal mengalami kenaikan tegangan yang menyebabkan penurunan SF *compression pile* 13% dari SF awal 1,428 turun menjadi 1,243.
3. Hasil perbandingan pengaruh *P-delta* dengan pengaruh *scouring* pada integritas struktur lepas pantai terpancang menunjukkan bahwa pengaruh *scouring* baik satu kaki, dua kaki dan tiga kaki mengakibatkan kenaikan tegangan lebih besar dibandingkan dengan pengaruh *P-delta* 15%. Sedangkan, kombinasi pengaruh *P-delta* ditambah *scouring* terhadap integritas struktur menunjukkan sensitivitas perubahan tegangan yang lebih besar dibandingkan dengan pengaruh *P-delta* 15% dan pengaruh *scouring* pada tiga kaki. Untuk perubahan tegangan terbesar yang dianalisis terjadi pada saat *P-delta* 15% dan *scouring* dengan kedalaman 21m terjadi pada

tiga kaki. Member H23 di *jacket leg* mengalami kenaikan tegangan maksimum sebesar 307% dari UC awal 0,41 naik menjadi 1,68. *Joint* 203L di *joint can* mengalami kenaikan tegangan maksimum sebesar 339% dari UC awal 0,660 naik menjadi 2,898. *Pile* PL1 di kaki vertikal mengalami kenaikan tegangan yang menyebabkan penurunan SF *compression pile* 17% dari SF awal 1,428 turun menjadi 1,178.

4. Kedalaman maksimum *scouring* yang diijinkan pada struktur lepas pantai terpancang supaya tetap memenuhi kriteria stabilitas API RP 2A WSD untuk *scouring* pada satu kaki adalah 9,5m; untuk scouring pada dua kaki dan tiga kaki adalah 3,2m.

5.2 Saran

Berdasarkan kesimpulan diatas, penulis mencoba memberikan saran sebagai bahan pertimbangan untuk kegiatan perencanaan dan perancangan struktur lepas pantai dan penelitian Tugas Akhir selanjutnya antara lain :

1. Mempertimbangkan analisis pengaruh *P-delta* untuk setiap porses perancangan / *design* struktur lepas pantai terpancang.
2. Melakukan pemodelan potensi *scouring* pada kaki struktur berdasar data lingkungan serta mempertimbangkan analisis pengaruh *scouring* untuk setiap porses perancangan / *design* struktur lepas pantai terpancang.
3. Penjabaran lebih lanjut pengaruh *P-delta* terhadap struktur secara manual menggunakan pendekatan *geometric stiffness method* sebagai perbandingan metode komputatif diatas.
4. Pengaruh gaya hidrostatik pada permukaan *pile* yang terbuka dan terkena beban lingkungan akibat *scouring* dapat dipertimbangkan dan dikembangkan dalam penelitian selanjutnya.
5. Penelitian lebih lanjut mengenai pengaruh fenomena *pockmarks* terhadap struktur maupun pondasi anjungan lepas pantai terpancang.

DAFTAR PUSTAKA

American Institute of Steel Constructions, 2010, *Specification for Structural Steel Building*, Chicago : API.

API RP 2A-WSD 21st Edition, 2007, *Recommended Practice for Planning, Designing, and Constructing Fixed* Off*shore Platform*, American Petroleum Institute, Washington D.C.

Beer, F. P., dkk., 2012, *Mechanics Of Materials 6th ed.*, McGraw-Hill, Avenue of the Americas, New York, USA.

Bijaker, 1980, *Offshore Structure: Design Construction and Maintenance*, Oxford: University *of* Oxford.

Chaudhry, A.R., 1994, *Static Pile-soil-pile Interaction in* Off*shore Pile Groups*, Oxford: University *of* Oxford.

Chakrabharti, S. K., 2005, *Handbook of Offshore Engineering*, Amsterdam : Elsevier.

Chakrabharti, S. K. 1987. *Hydrodynamic of Offshore Structure*. Berlin : Springler Verlag.

DNVGL-ST-N001, 2016, *Marine Operations and Marine Warranty*, Det Norske Veritas, Norway.

Hardiansah, M. I., 2012, *Analisa Kekuatan Ultimate Pada Konstruksi Deck Jacket Platform Akibat Slamming Beban Slamming Gelombang*, Tugas Akhir, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.

Hartanto, K. B., 2012, *Aplikasi Manajemen Resiko Pada Re-Engineering Analysis, Studi Kasus Perpanjangan Service Life Platform Lepas Pantai*, Tesis, Program Studi Manajemen Gas Teknik Kimia, Universitas Indonesia, Depok.

Hovland, M., Judd, A.G., 1988, *Seabed Pockmarks And Seepages, Impact On Geology, Biology And The Marine Environment*, Graham and Trotman, London p. 293.

Imanudin, F., 2018, *Analisis Keruntuhan Berbasis Keandalan Pada Bangunan Lepas Pantai Tipe Jacket Terhadap Kemiringan Akibat Settlement*, Tugas Akhir, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.

Liang, L., 2004, *Heavy Lift Instalation Study of* Off*shore Structure*, Thesis, Department *of* Civil Engineering, National University *of* Singapore, Singapore.

Nuriman, F., 2013, *Analisa Kekuatan Ultimate Struktur Jacket Wellhead Tripod Platform Akibat Penambahan Conductor dan Deck Extension*, Tugas Akhir, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.

Popov, E.P., 1993, *Mekanika Teknik*, Diterjemahkan oleh Zainul Astamar, Jakarta: Erlangga.

Prihantika, E. H., 2013, *Analisis Dampak scouring pada Integritas Jacket Structure dengan Pendekatan Statis Berbasis Keandalan*, Tugas Akhir, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.

Putri, A. F. S., 2011, *Analisa Ultimate Strength Fixed Platform Pasca Subsidence*, Tugas Akhir, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.

Quimby, T. B., 2008, *A Beginner's Guide to the Steel Construction Manual, 13th ed.* University of Alaska, Quimby and Associate, Eagle River, Alaska.

Ramadhan, R. R., 2018, *Analisis On Bottom Stability Pada Jacket Platform Yang Mengalami Kemiringan Pasca Settlement*, Tugas Akhir, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.

Riyanto, R. D., 2016, *Modul Pelatihan Analisis Statis Bangunan Lepas Pantai*. Departemen Teknik Kelautan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.

Robayasa, N. I., 2012, *Analisa Kekuatan Ultimate Struktur Jacket Well Tripod Platform Berbasis Resiko*, Tugas Akhir, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.

Rosyid, D. M., 2007, *Pengantar Rekayasa Keandalan*, Surabaya: Airlangga University Press.

Sari, B.S.W., 2015, *Analisis Kekuatan Ultimate Berbasis Resiko Pada Struktur Jacket Wellhead Tripod Platform Akibat Terjadinya scouring*, Tugas Akhir, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.

Skyciv.com, https://skyciv.com/education/p-delta-analysis-and-p-delta-effects/ di akses tanggal 3 Juli 2020.

Soedjono, J. J., 1998, *Diktat Mata Kuliah Konstruksi Bangunan Laut II*. Departemen Teknik Kelautan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.

Soegiono, 2004, *Teknologi Produksi Dan Perawatan Bangunan Laut*, Surabaya: Airlangga University Press.

Utomo, S., 2002, *Pengaruh P-delta Terhadap Kekuatan Struktur Kaki Jack-up*, Tugas Akhir, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.

LAMPIRAN

LAMPIRAN 1

Data Tanah Awal

Depth (m)	Soil type	T1 Z1	T2 Z2	T3 Z3	T4 Z4	T5 Z5	T6 Z6	T7 Z7
0.0		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		1.46	2.83	5.21	7.32	9.14	18.29	45.72
0.2		8.79	14.65	21.98	26.37	29.30	26.37	26.37
		1.46	2.83	5.21	7.32	9.14	18.29	45.72
0.2		8.79	14.65	21.98	26.37	29.30	26.37	26.37
		1.46	2.83	5.21	7.32	9.14	18.29	45.72
3.2		26.28	43.81	65.71	78.85	87.62	78.85	78.85
		1.46	2.83	5.21	7.32	9.14	18.29	45.72
3.2		26.28	43.81	65.71	78.85	87.62	78.85	78.85
		1.46	2.83	5.21	7.32	9.14	18.29	45.72
6.3		31.11	51.85	77.78	93.33	103.70	93.33	93.33
		1.46	2.83	5.21	7.32	9.14	18.29	45.72
6.3		40.25	67.08	100.62	120.74	134.15	120.74	120.74
		1.46	2.83	5.21	7.32	9.14	18.29	45.72
9.5		44.64	74.40	111.60	133.92	148.80	133.92	133.92
		1.46	2.83	5.21	7.32	9.14	18.29	45.72
9.5		32.92	54.87	82.30	98.76	109.74	98.76	98.76
		1.46	2.83	5.21	7.32	9.14	18.29	45.72
13.2		37.40	62.34	93.51	112.21	124.67	112.21	112.21
		1.46	2.83	5.21	7.32	9.14	18.29	45.72
13.2		68.69	114.48	171.71	206.06	228.95	206.06	206.06
		1.46	2.83	5.21	7.32	9.14	18.29	45.72
16.1		72.13	120.22	180.33	216.40	240.44	216.40	216.40
		1.46	2.83	5.21	7.32	9.14	18.29	45.72
16.1		47.23	78.71	118.07	141.68	157.42	141.68	141.68
		1.46	2.83	5.21	7.32	9.14	18.29	45.72
21.0		65.93	109.88	164.82	197.78	219.76	197.78	197.78
		1.46	2.83	5.21	7.32	9.14	18.29	45.72
21.0		85.49	142.48	213.73	256.47	284.97	256.47	256.47
		1.46	2.83	5.21	7.32	9.14	18.29	45.72
24.1		88.94	148.23	222.34	266.81	296.46	266.81	266.81
		1.46	2.83	5.21	7.32	9.14	18.29	45.72
24.1		66.36	110.60	165.90	199.08	221.20	199.08	199.08
		1.46	2.83	5.21	7.32	9.14	18.29	45.72
35.5		90.14	150.24	225.36	270.43	300.48	270.43	270.43
		1.46	2.83	5.21	7.32	9.14	18.29	45.72
35.5		110.48	184.14	276.21	331.45	368.28	331.45	331.45
		1.46	2.83	5.21	7.32	9.14	18.29	45.72
37.3		113.33	188.88	283.32	339.98	377.76	339.98	339.98
		1.46	2.83	5.21	7.32	9.14	18.29	45.72
37.3		86.52	144.21	216.31	259.57	288.42	259.57	259.57
		1.46	2.83	5.21	7.32	9.14	18.29	45.72
40.0		95.75	159.58	239.37	287.24	319.15	287.24	287.24
		1.46	2.83	5.21	7.32	9.14	18.29	45.72
40.0		84.63	141.05	211.57	253.89	282.10	253.89	253.89
		1.46	2.83	5.21	7.32	9.14	18.29	45.72
45.1		96.61	161.01	241.52	289.82	322.03	289.82	289.82
		1.46	2.83	5.21	7.32	9.14	18.29	45.72

Depth (m)	Soil type	T1 Z1	T2 Z2	T3 Z3	T4 Z4	T5 Z5	T6 Z6	T7 Z7
45.1		232.69 2.54	232.69 5.08	232.69 12.70	232.69 25.40	232.69 50.80	232.69 127.00	232.69 254.00
48.0		232.69 2.54	232.69 5.08	232.69 12.70	232.69 25.40	232.69 50.80	232.69 127.00	232.69 254.00
48.0		86.96 1.46	144.93 2.83	217.39 5.21	260.87 7.32	289.85 9.14	260.87 18.29	260.87 45.72
50.0		96.52 1.46	160.87 2.83	241.30 5.21	289.57 7.32	321.74 9.14	289.57 18.29	289.57 45.72
50.0		275.78 2.54	275.78 5.08	275.78 12.70	275.78 25.40	275.78 50.80	275.78 127.00	275.78 254.00
52.2		275.78 2.54	275.78 5.08	275.78 12.70	275.78 25.40	275.78 50.80	275.78 127.00	275.78 254.00
52.2		132.72 1.46	221.20 2.83	331.79 5.21	398.15 7.32	442.39 9.14	398.15 18.29	398.15 45.72
54.2		135.30 1.46	225.50 2.83	338.26 5.21	405.91 7.32	451.01 9.14	405.91 18.29	405.91 45.72
54.2		115.05 1.46	191.75 2.83	287.63 5.21	345.15 7.32	383.50 9.14	345.15 18.29	345.15 45.72
58.6		125.39 1.46	208.99 2.83	313.48 5.21	376.18 7.32	417.97 9.14	376.18 18.29	376.18 45.72
58.6		275.78 2.54	275.78 5.08	275.78 12.70	275.78 25.40	275.78 50.80	275.78 127.00	275.78 254.00
61.7		275.78 2.54	275.78 5.08	275.78 12.70	275.78 25.40	275.78 50.80	275.78 127.00	275.78 254.00
61.7		121.00 1.46	201.66 2.83	302.49 5.21	362.99 7.32	403.32 9.14	362.99 18.29	362.99 45.72
64.2		123.20 1.46	205.34 2.83	308.01 5.21	369.61 7.32	410.67 9.14	369.61 18.29	369.61 45.72
64.2		94.80 1.46	158.00 2.83	237.00 5.21	284.39 7.32	315.99 9.14	284.39 18.29	284.39 45.72
70.0		114.96 1.46	191.61 2.83	287.41 5.21	344.89 7.32	383.21 9.14	344.89 18.29	344.89 45.72

Depth (m)	Soil type	Q1 Z1	Q2 Z2	Q3 Z3	Q4 Z4	Q5 Z5	Q6 Z6	Q7 Z7
0.0		22.16	44.33	59.40	66.49	79.79	88.65	88.65
		1.83	11.89	22.86	38.40	66.75	91.44	457.20
0.2		73.88	147.76	197.99	221.63	265.96	295.51	295.51
		1.83	11.89	22.86	38.40	66.75	91.44	457.20
0.2		73.88	147.76	197.99	221.63	265.96	295.51	295.51
		1.83	11.89	22.86	38.40	66.75	91.44	457.20
3.2		125.59	251.19	336.59	376.78	452.13	502.37	502.37
		1.83	11.89	22.86	38.40	66.75	91.44	457.20
3.2		125.59	251.19	336.59	376.78	452.13	502.37	502.37
		1.83	11.89	22.86	38.40	66.75	91.44	457.20
6.3		125.59	251.19	336.59	376.78	452.13	502.37	502.37
		1.83	11.89	22.86	38.40	66.75	91.44	457.20
6.3		177.31	354.61	475.18	531.92	638.31	709.23	709.23
		1.83	11.89	22.86	38.40	66.75	91.44	457.20
9.5		177.31	354.61	475.18	531.92	638.31	709.23	709.23
		1.83	11.89	22.86	38.40	66.75	91.44	457.20
9.5		118.20	236.41	316.79	354.61	425.54	472.82	472.82
		1.83	11.89	22.86	38.40	66.75	91.44	457.20
13.2		118.20	236.41	316.79	354.61	425.54	472.82	472.82
		1.83	11.89	22.86	38.40	66.75	91.44	457.20
13.2		280.74	561.47	752.37	842.21	1,010.65	1,122.94	1,122.94
		1.83	11.89	22.86	38.40	66.75	91.44	457.20
16.1		280.74	561.47	752.37	842.21	1,010.65	1,122.94	1,122.94
		1.83	11.89	22.86	38.40	66.75	91.44	457.20
16.1		155.14	310.29	415.79	465.43	558.52	620.57	620.57
		1.83	11.89	22.86	38.40	66.75	91.44	457.20
21.0		221.63	443.27	593.98	664.90	797.88	886.54	886.54
		1.83	11.89	22.86	38.40	66.75	91.44	457.20
21.0		317.68	635.35	851.37	953.03	1,143.63	1,270.70	1,270.70
		1.83	11.89	22.86	38.40	66.75	91.44	457.20
24.1		317.68	635.35	851.37	953.03	1,143.63	1,270.70	1,270.70
		1.83	11.89	22.86	38.40	66.75	91.44	457.20
24.1		192.08	384.17	514.78	576.25	691.50	768.33	768.33
		1.83	11.89	22.86	38.40	66.75	91.44	457.20
35.5		236.41	472.82	633.58	709.23	851.07	945.64	945.64
		1.83	11.89	22.86	38.40	66.75	91.44	457.20
35.5		354.61	709.23	950.37	1,063.84	1,276.61	1,418.46	1,418.46
		1.83	11.89	22.86	38.40	66.75	91.44	457.20
37.3		354.61	709.23	950.37	1,063.84	1,276.61	1,418.46	1,418.46
		1.83	11.89	22.86	38.40	66.75	91.44	457.20
37.3		206.86	413.72	554.38	620.57	744.69	827.43	827.43
		1.83	11.89	22.86	38.40	66.75	91.44	457.20
40.0		236.41	472.82	633.58	709.23	851.07	945.64	945.64
		1.83	11.89	22.86	38.40	66.75	91.44	457.20
40.0		184.69	369.39	494.98	554.08	664.90	738.78	738.78
		1.83	11.89	22.86	38.40	66.75	91.44	457.20
45.1		214.25	428.49	574.18	642.74	771.29	856.98	856.98
		1.83	11.89	22.86	38.40	66.75	91.44	457.20

Depth (m)	Soil type	Q1 Z1	Q2 Z2	Q3 Z3	Q4 Z4	Q5 Z5	Q6 Z6	Q7 Z7
45.1		820.87	1,641.73	2,199.92	2,462.60	2,955.12	3,283.46	3,283.46
		1.83	11.89	22.86	38.40	66.75	91.44	457.20
48.0		820.87	1,641.73	2,199.92	2,462.60	2,955.12	3,283.46	3,283.46
		1.83	11.89	22.86	38.40	66.75	91.44	457.20
48.0		162.53	325.06	435.58	487.59	585.11	650.13	650.13
		1.83	11.89	22.86	38.40	66.75	91.44	457.20
50.0		192.08	384.17	514.78	576.25	691.50	768.33	768.33
		1.83	11.89	22.86	38.40	66.75	91.44	457.20
50.0		1,641.73	3,283.46	4,399.84	4,925.20	5,910.24	6,566.93	6,566.93
		1.83	11.89	22.86	38.40	66.75	91.44	457.20
52.2		1,641.73	3,283.46	4,399.84	4,925.20	5,910.24	6,566.93	6,566.93
		1.83	11.89	22.86	38.40	66.75	91.44	457.20
52.2		347.23	694.45	930.57	1,041.68	1,250.01	1,388.91	1,388.91
		1.83	11.89	22.86	38.40	66.75	91.44	457.20
54.2		347.23	694.45	930.57	1,041.68	1,250.01	1,388.91	1,388.91
		1.83	11.89	22.86	38.40	66.75	91.44	457.20
54.2		251.19	502.37	673.18	753.56	904.27	1,004.74	1,004.74
		1.83	11.89	22.86	38.40	66.75	91.44	457.20
58.6		280.74	561.47	752.37	842.21	1,010.65	1,122.94	1,122.94
		1.83	11.89	22.86	38.40	66.75	91.44	457.20
58.6		1,641.73	3,283.46	4,399.84	4,925.20	5,910.24	6,566.93	6,566.93
		1.83	11.89	22.86	38.40	66.75	91.44	457.20
61.7		1,641.73	3,283.46	4,399.84	4,925.20	5,910.24	6,566.93	6,566.93
		1.83	11.89	22.86	38.40	66.75	91.44	457.20
61.7		248.23	496.46	665.26	744.69	893.63	992.92	992.92
		1.83	11.89	22.86	38.40	66.75	91.44	457.20
64.2		248.23	496.46	665.26	744.69	893.63	992.92	992.92
		1.83	11.89	22.86	38.40	66.75	91.44	457.20
64.2		162.53	325.06	435.58	487.59	585.11	650.13	650.13
		1.83	11.89	22.86	38.40	66.75	91.44	457.20
70.0		199.47	398.94	534.58	598.41	718.09	797.88	797.88
		1.83	11.89	22.86	38.40	66.75	91.44	457.20

Depth below soil surface to bottom of reduced resistance zone, Xr = 9.5m

Depth (m)	Soil Type	P1	Y1	P2	Y2	P3	Y3	P4	Y4	P5	Y5	P6	Y6	Su (kPa)	ε_{50}/deg
0.0		9.46	3.43	13.58	10.29	20.57	34.29	29.63	102.87	0.00	514.35	0.00	1028.70	15	1.5
0.2		32.99	2.29	47.34	6.86	71.72	22.86	103.28	68.58	2.17	342.90	2.17	685.80	50	0.5
0.2		32.99	1.14	47.34	3.43	71.72	11.43	103.28	34.29	2.17	171.45	2.17	342.90	50	
1.0		45.48	1.14	65.26	3.43	98.87	11.43	142.38	34.29	14.99	171.45	14.99	342.90	59	0.5
2.0		64.07	1.14	91.93	3.43	139.28	11.43	200.57	34.29	42.23	171.45	42.23	342.90	71	
3.2		89.62	1.14	128.59	3.43	194.83	11.43	280.55	34.29	94.50	171.45	94.50	342.90	85	
3.2		89.62	1.14	128.59	3.43	194.83	11.43	280.55	34.29	94.50	171.45	94.50	342.90		
4.0		98.62	1.14	141.50	3.43	214.39	11.43	308.72	34.29	129.99	171.45	129.99	342.90	85	0.5
5.0		109.87	1.14	157.63	3.43	238.84	11.43	343.93	34.29	181.01	171.45	181.01	342.90		
6.3		124.49	1.14	178.61	3.43	270.62	11.43	389.70	34.29	258.43	171.45	258.43	342.90		
6.3		171.93	1.14	246.68	3.43	373.75	11.43	538.21	34.29	356.92	171.45	356.92	342.90		
7.0		182.62	1.14	262.02	3.43	396.99	11.43	571.67	34.29	421.23	171.45	421.23	342.90	120	0.5
8.0		197.89	1.14	283.93	3.43	430.20	11.43	619.48	34.29	521.67	171.45	521.67	342.90		
9.5		227.14	1.14	325.89	3.43	493.78	11.43	711.04	34.29	711.04	342.90	711.04	342.90		
9.5		151.42	1.14	217.26	3.43	329.18	11.43	474.02	34.29	474.02	342.90	474.02	342.90		
10.0		151.42	1.14	217.26	3.43	329.18	11.43	474.02	34.29	474.02	342.90	474.02	342.90		
11.0		151.42	1.14	217.26	3.43	329.18	11.43	474.02	34.29	474.02	342.90	474.02	342.90	80	0.5
12.0		151.42	1.14	217.26	3.43	329.18	11.43	474.02	34.29	474.02	342.90	474.02	342.90		
13.2		151.42	1.14	217.26	3.43	329.18	11.43	474.02	34.29	474.02	342.90	474.02	342.90		
13.2		359.63	1.14	516.00	3.43	781.81	11.43	1125.81	34.29	1125.81	342.90	1125.81	342.90		
14.0		359.63	1.14	516.00	3.43	781.81	11.43	1125.81	34.29	1125.81	342.90	1125.81	342.90	190	0.5
15.0		359.63	1.14	516.00	3.43	781.81	11.43	1125.81	34.29	1125.81	342.90	1125.81	342.90		
16.1		359.63	1.14	516.00	3.43	781.81	11.43	1125.81	34.29	1125.81	342.90	1125.81	342.90		
16.1		198.74	1.14	285.16	3.43	432.05	11.43	622.16	34.29	622.16	342.90	622.16	342.90	105	
17.0		213.89	1.14	306.88	3.43	464.97	11.43	669.56	34.29	669.56	342.90	669.56	342.90	113	
18.0		230.92	1.14	331.32	3.43	502.01	11.43	722.89	34.29	722.89	342.90	722.89	342.90	122	0.5
19.0		249.85	1.14	358.48	3.43	543.15	11.43	782.14	34.29	782.14	342.90	782.14	342.90	132	
20.0		266.89	1.14	382.92	3.43	580.19	11.43	835.47	34.29	835.47	342.90	835.47	342.90	141	
21.0		283.92	1.14	407.37	3.43	617.22	11.43	888.80	34.29	888.80	342.90	888.80	342.90	150	
21.0		406.95	1.14	583.89	3.43	884.68	11.43	1273.94	34.29	1273.94	342.90	1273.94	342.90		
22.0		406.95	1.14	583.89	3.43	884.68	11.43	1273.94	34.29	1273.94	342.90	1273.94	342.90	215	0.5
23.0		406.95	1.14	583.89	3.43	884.68	11.43	1273.94	34.29	1273.94	342.90	1273.94	342.90		
24.1		406.95	1.14	583.89	3.43	884.68	11.43	1273.94	34.29	1273.94	342.90	1273.94	342.90		
24.1		246.07	1.14	353.05	3.43	534.92	11.43	770.29	34.29	770.29	342.90	770.29	342.90	130	
26.0		255.53	1.14	366.63	3.43	555.50	11.43	799.92	34.29	799.92	342.90	799.92	342.90	135	
28.0		264.99	1.14	380.21	3.43	576.07	11.43	829.54	34.29	829.54	342.90	829.54	342.90	140	
30.0		276.35	1.14	396.50	3.43	600.76	11.43	865.10	34.29	865.10	342.90	865.10	342.90	146	0.5
32.0		285.81	1.14	410.08	3.43	621.33	11.43	894.72	34.29	894.72	342.90	894.72	342.90	151	
34.0		295.28	1.14	423.66	3.43	641.91	11.43	924.35	34.29	924.35	342.90	924.35	342.90	156	
35.5		302.85	1.14	434.52	3.43	658.37	11.43	948.05	34.29	948.05	342.90	948.05	342.90	160	

Depth below soil surface to bottom of reduced resistance zone, Xr = 9.5m

Depth (m)	Soil Type	P1	Y1	P2	Y2	P3	Y3	P4	Y4	P5	Y5	P6	Y6	Su (kPa)	ε_{50}/deg
35.5		454.27	1.14	651.78	3.43	987.55	11.43	1422.07	34.29	1422.07	342.90	1422.07	342.90		
36.0		454.27	1.14	651.78	3.43	987.55	11.43	1422.07	34.29	1422.07	342.90	1422.07	342.90	240	0.5
37.3		454.27	1.14	651.78	3.43	987.55	11.43	1422.07	34.29	1422.07	342.90	1422.07	342.90		
37.3		264.99	1.14	380.21	3.43	576.07	11.43	829.54	34.29	829.54	342.90	829.54	342.90	140	
38.0		274.81	1.14	394.29	3.43	597.41	11.43	860.27	34.29	860.27	342.90	860.27	342.90	145	0.5
39.0		288.83	1.14	414.41	3.43	627.89	11.43	904.16	34.29	904.16	342.90	904.16	342.90	153	
40.0		302.85	1.14	434.52	3.43	658.37	11.43	948.05	34.29	948.05	342.90	948.05	342.90	160	
40.0		236.60	1.14	339.47	3.43	514.35	11.43	740.66	34.29	740.66	342.90	740.66	342.90		
41.0		236.60	1.14	339.47	3.43	514.35	11.43	740.66	34.29	740.66	342.90	740.66	342.90		
42.0		236.60	1.14	339.47	3.43	514.35	11.43	740.66	34.29	740.66	342.90	740.66	342.90	125	0.5
43.0		236.60	1.14	339.47	3.43	514.35	11.43	740.66	34.29	740.66	342.90	740.66	342.90		
44.0		236.60	1.14	339.47	3.43	514.35	11.43	740.66	34.29	740.66	342.90	740.66	342.90		
45.1		236.60	1.14	339.47	3.43	514.35	11.43	740.66	34.29	740.66	342.90	740.66	342.90		
45.1		1859.84	3.81	2449.41	5.08	3551.06	7.62	4152.50	9.14	6054.15	15.24	8223.89	34.29		
46.0		1896.95	3.81	2498.29	5.08	3621.92	7.62	4235.37	9.14	6174.96	15.24	8388.00	34.29		30°
47.0		1938.19	3.81	2552.60	5.08	3700.66	7.62	4327.44	9.14	6309.20	15.24	8570.35	34.29		
48.0		1979.43	3.81	2606.91	5.08	3779.40	7.62	4419.52	9.14	6443.44	15.24	8752.70	34.29		
48.0		208.21	1.14	298.73	3.43	452.63	11.43	651.78	34.29	651.78	342.90	651.78	342.90	110	
49.0		227.14	1.14	325.89	3.43	493.78	11.43	711.04	34.29	711.04	342.90	711.04	342.90	120	0.5
50.0		246.07	1.14	353.05	3.43	534.92	11.43	770.29	34.29	770.29	342.90	770.29	342.90	130	
50.0		4114.46	3.81	5409.62	5.08	7807.43	7.62	9100.13	9.14	13073.47	15.24	17214.83	34.29		
51.0		4196.75	3.81	5517.81	5.08	7963.57	7.62	9282.13	9.14	13334.94	15.24	17559.12	34.29		35°
52.2		4295.50	3.81	5647.64	5.08	8150.95	7.62	9500.54	9.14	13648.70	15.24	17972.28	34.29		
52.2		444.81	1.14	638.21	3.43	966.98	11.43	1392.45	34.29	1392.45	342.90	1392.45	342.90		
53.0		444.81	1.14	638.21	3.43	966.98	11.43	1392.45	34.29	1392.45	342.90	1392.45	342.90	235	0.5
54.2		444.81	1.14	638.21	3.43	966.98	11.43	1392.45	34.29	1392.45	342.90	1392.45	342.90		
54.2		340.71	1.14	488.84	3.43	740.66	11.43	1066.56	34.29	1066.56	342.90	1066.56	342.90	180	
56.0		356.19	1.14	511.06	3.43	774.33	11.43	1115.04	34.29	1115.04	342.90	1115.04	342.90	188	0.5
58.6		378.56	1.14	543.15	3.43	822.96	11.43	1185.06	34.29	1185.06	342.90	1185.06	342.90	200	
58.6		4810.10	3.81	6312.51	5.08	9066.09	7.62	10530.37	9.14	14897.58	15.24	19047.34	34.29		
60.0		4925.02	3.81	6463.32	5.08	9282.69	7.62	10781.95	9.14	15253.49	15.24	19502.40	34.29		35°
61.7		5064.56	3.81	6646.45	5.08	9545.70	7.62	11087.44	9.14	15685.67	15.24	20054.97	34.29		
61.7		317.99	1.14	456.25	3.43	691.29	11.43	995.45	34.29	995.45	342.90	995.45	342.90		
63.0		317.99	1.14	456.25	3.43	691.29	11.43	995.45	34.29	995.45	342.90	995.45	342.90	168	0.5
64.2		317.99	1.14	456.25	3.43	691.29	11.43	995.45	34.29	995.45	342.90	995.45	342.90		
64.2		230.92	1.14	331.32	3.43	502.01	11.43	722.89	34.29	722.89	342.90	722.89	342.90	122	
66.0		246.20	1.14	353.24	3.43	535.21	11.43	770.70	34.29	770.70	342.90	770.70	342.90	130	0.5
68.0		263.17	1.14	377.59	3.43	572.10	11.43	823.82	34.29	823.82	342.90	823.82	342.90	139	
70.0		280.14	1.14	401.93	3.43	608.99	11.43	876.95	34.29	876.95	342.90	876.95	342.90	148	

LAMPIRAN 2

Input *P-Delta*

***P-delta* 5%**

```
LDOPT       NF+Z64.20000490.0000 -60.367  60.367GLOBEN
     .....
OPTIONS      EN PD    SDAACO 4 2   DC  C    PTPTPTPTPT  PTPT
CODE  AA             1.000
LCSEL PD           1    2    3    4    5    6    7    8    9    B   21   26
LCSEL PD          31   32   35   36   37   38   39   41   42   43   44   45
LCSEL PD          46   51   52   61   62   63   71   81   82   83   84   85
LCSEL PD          86   87   88   89   90   91   92   93   94   95   96   A1
LCSEL PD          A2   DL
UCPART         0.8000.8001.0001.0001000.
SECT
SECT C150      CHL                                5.910 2.9520.260 0.393
SECT PDEYE1    PRI                               40.000     1.500
SECT PDEYEJ    PRI                               24.000     2.000
GRUP
**Corroded Member for Inplace, Seismic
GRUP BL1         19.750 0.750 29.0011.2050.00 1    1.001.00     0.500 498.91
GRUP BL2         10.500 0.594 29.0011.2036.00 1    1.001.00     0.500 498.91
GRUP BL3          8.375 0.281 29.0011.2036.00 1    1.001.00     0.500 498.91
GRUP BL4          6.375 0.307 29.0011.2036.00 1    1.001.00     0.500 498.91
GRUP BL5          6.375 0.155 29.0011.2036.00 1    1.001.00     0.500 498.91
GRUP BL6          4.250 0.312 29.0011.2036.00 1    1.001.00     0.500 498.91
GRUP BLB         19.750 0.750 29.0011.2050.00 1    1.001.00     0.500 498.91
GRUP BLU         19.750 0.875 29.0011.2050.00 1    1.001.00     0.500 498.91
**Corroded Member for Fatigue
*GRUP BL1         19.750 0.750 29.0011.2050.00 1    1.001.00     0.500 498.91
*GRUP BL2         10.500 0.594 29.0011.2036.00 1    1.001.00     0.500 498.91
*GRUP BL3          8.375 0.281 29.0011.2036.00 1    1.001.00     0.500 498.91
*GRUP BL4          6.375 0.307 29.0011.2036.00 1    1.001.00     0.500 498.91
*GRUP BL5          6.375 0.155 29.0011.2036.00 1    1.001.00     0.500 498.91
*GRUP BL6          4.250 0.312 29.0011.2036.00 1    1.001.00     0.500 498.91
*GRUP BLB         19.750 0.750 29.0011.2050.00 1    1.001.00     0.500 498.91
*GRUP BLU         19.750 0.875 29.0011.2050.00 1    1.001.00     0.500 498.91
     .....
LOADCN  DL
DEAD
DEAD      -Z                                  M
LOADCN  A1
LOAD   2001                    27.166                      GLOB JOIN   A1
LOADCN  A2
LOAD   2002                    27.166                      GLOB JOIN   A2
LOADCN   B
LOAD   2003                   -54.333                      GLOB JOIN   B
END
```

***P-delta* 10%**

```
LDOPT       NF+Z64.20000490.0000 -60.367  60.367GLOBEN
```

.....

```
OPTIONS      EN PD    SDAACO 4 2   DC  C    PTPTPTPTPT  PTPT
CODE  AA             1.000
LCSEL PD          1    2    3    4    5    6    7    8    9    B   21   26
LCSEL PD         31   32   35   36   37   38   39   41   42   43   44   45
LCSEL PD         46   51   52   61   62   63   71   81   82   83   84   85
LCSEL PD         86   87   88   89   90   91   92   93   94   95   96   A1
LCSEL PD         A2   DL
UCPART         0.8000.8001.0001.0001000.
SECT
SECT C150      CHL                                5.910 2.9520.260 0.393
SECT PDEYE1    PRI                                40.000     1.500
SECT PDEYEJ    PRI                                24.000     2.000
GRUP
**Corroded Member for Inplace, Seismic
GRUP BL1         19.750 0.750 29.0011.2050.00 1    1.001.00     0.500 498.91
GRUP BL2         10.500 0.594 29.0011.2036.00 1    1.001.00     0.500 498.91
GRUP BL3          8.375 0.281 29.0011.2036.00 1    1.001.00     0.500 498.91
GRUP BL4          6.375 0.307 29.0011.2036.00 1    1.001.00     0.500 498.91
GRUP BL5          6.375 0.155 29.0011.2036.00 1    1.001.00     0.500 498.91
GRUP BL6          4.250 0.312 29.0011.2036.00 1    1.001.00     0.500 498.91
GRUP BLB         19.750 0.750 29.0011.2050.00 1    1.001.00     0.500 498.91
GRUP BLU         19.750 0.875 29.0011.2050.00 1    1.001.00     0.500 498.91
**Corroded Member for Fatigue
*GRUP BL1         19.750 0.750 29.0011.2050.00 1    1.001.00     0.500 498.91
*GRUP BL2         10.500 0.594 29.0011.2036.00 1    1.001.00     0.500 498.91
*GRUP BL3          8.375 0.281 29.0011.2036.00 1    1.001.00     0.500 498.91
*GRUP BL4          6.375 0.307 29.0011.2036.00 1    1.001.00     0.500 498.91
*GRUP BL5          6.375 0.155 29.0011.2036.00 1    1.001.00     0.500 498.91
*GRUP BL6          4.250 0.312 29.0011.2036.00 1    1.001.00     0.500 498.91
*GRUP BLB         19.750 0.750 29.0011.2050.00 1    1.001.00     0.500 498.91
*GRUP BLU         19.750 0.875 29.0011.2050.00 1    1.001.00     0.500 498.91
```

.....

```
LOADCN  DL
DEAD
DEAD      -Z                                  M
LOADCN  A1
LOAD   2001                    54.33                      GLOB JOIN   A1
LOADCN  A2
LOAD   2002                    54.33                      GLOB JOIN   A2
LOADCN   B
LOAD   2003                  -108.66                      GLOB JOIN   B
END
```

***P-delta* 15%**

```
  1 LDOPT       NF+Z64.20000490.0000 -60.367  60.367GLOBEN
        .....
 59 OPTIONS      EN PD    SDAACO 4 2   DC  C    PTPTPTPTPT  PTPT
 60 CODE  AA             1.000
 61 LCSEL PD           1    2    3    4    5    6    7    8    9    B   21   26
 62 LCSEL PD          31   32   35   36   37   38   39   41   42   43   44   45
 63 LCSEL PD          46   51   52   61   62   63   71   81   82   83   84   85
 64 LCSEL PD          86   87   88   89   90   91   92   93   94   95   96   A1
 65 LCSEL PD          A2   DL
 66 UCPART         0.8000.8001.0001.0001000.
 67 SECT
 68 SECT C150      CHL                                5.910 2.9520.260 0.393
 69 SECT PDEYE1    PRI                                40.000     1.500
 70 SECT PDEYEJ    PRI                                24.000     2.000
 71 GRUP
 72 **Corroded Member for Inplace, Seismic
 73 GRUP BL1         19.750 0.750 29.0011.2050.00 1    1.001.00     0.500 498.91
 74 GRUP BL2         10.500 0.594 29.0011.2036.00 1    1.001.00     0.500 498.91
 75 GRUP BL3          8.375 0.281 29.0011.2036.00 1    1.001.00     0.500 498.91
 76 GRUP BL4          6.375 0.307 29.0011.2036.00 1    1.001.00     0.500 498.91
 77 GRUP BL5          6.375 0.155 29.0011.2036.00 1    1.001.00     0.500 498.91
 78 GRUP BL6          4.250 0.312 29.0011.2036.00 1    1.001.00     0.500 498.91
 79 GRUP BLB         19.750 0.750 29.0011.2050.00 1    1.001.00     0.500 498.91
 80 GRUP BLU         19.750 0.875 29.0011.2050.00 1    1.001.00     0.500 498.91
 81 **Corroded Member for Fatigue
 82 *GRUP BL1         19.750 0.750 29.0011.2050.00 1    1.001.00     0.500 498.91
 83 *GRUP BL2         10.500 0.594 29.0011.2036.00 1    1.001.00     0.500 498.91
 84 *GRUP BL3          8.375 0.281 29.0011.2036.00 1    1.001.00     0.500 498.91
 85 *GRUP BL4          6.375 0.307 29.0011.2036.00 1    1.001.00     0.500 498.91
 86 *GRUP BL5          6.375 0.155 29.0011.2036.00 1    1.001.00     0.500 498.91
 87 *GRUP BL6          4.250 0.312 29.0011.2036.00 1    1.001.00     0.500 498.91
 88 *GRUP BLB         19.750 0.750 29.0011.2050.00 1    1.001.00     0.500 498.91
 89 *GRUP BLU         19.750 0.875 29.0011.2050.00 1    1.001.00     0.500 498.91
        .....
11654 LOADCN  DL
11655 DEAD
11656 DEAD      -Z                              M
11657 LOADCN  A1
11658 LOAD   2001                    81.5                      GLOB JOIN   A1
11659 LOADCN  A2
11660 LOAD   2002                    81.5                      GLOB JOIN   A2
11661 LOADCN   B
11662 LOAD   2003                  -163.0                      GLOB JOIN   B
11663 END
```

LAMPIRAN 3

Input *Scouring* 3 Kaki 21 m

```
PSIOPT +ZENG          SM    0.01   0.001999                  100     1.0   490.0
PLTRQ SD   DT        MT        TS   DA   AL   AS   UC             XH
PLGRUP
*** PILE GROUP ***
PLGRUP PL3          35.86 1.430  29.0  11.6   50.   40.22
PLGRUP PL3          35.90 0.950  29.0  11.6   50.   159.5
PLGRUP PL3          35.86 1.430  29.0  11.6   50.    5.0                0.7636
*
PLGRUP PL2          35.86 1.430  29.0  11.6   50.   33.33
PLGRUP PL2          35.90 0.950  29.0  11.6   50.   159.5
PLGRUP PL2          35.86 1.430  29.0  11.6   50.    5.0                0.7636
*
PLGRUP PL1          35.86 1.430  29.0  11.6   50.   43.91
PLGRUP PL1          35.90 0.950  29.0  11.6   50.    165.
PLGRUP PL1          35.86 1.430  29.0  11.6   50.     5.                0.7636
*
*** PILE ***
PILE
*** PILE
* LEG B3
PILE  001P101P PL3                                                    SOL  SOL
*LEG B2
PILE  002P102P PL2                                                    SOL  SOL
*LEG A1
PILE  003P103P PL1                                                    SOL  SOL
*
SCOUR     4.5
*********************************************************************************
** SOIL DATA FOR PILE ***********************************************************
*********************************************************************************
*** T-Z CURVE ***
**COMPRESSION**
* T-Z friction data: T data is available in kN/m, need divided by pile circumfer
*                    Circum = pi*D = 3.14*0.9144 = 2.87m
*                    kPa to ksi = 1.45e-4
*                    Shallow gas contingency factor = 0.9
*                    T factor = 1.45e-4 / 2.87 * 0.9 = .45e-4
*                    mm to in
*                    Z factor = 0.03937
SOIL TZAXIAL HEAD 40  8           .03937 SOL
SOIL T-Z     SLOCSM   8   0.00         .45e-4
SOIL         T-Z   0.00  0.00 0.000  0.000.0000  0.000.0000 0.0000.0000 0.000
SOIL         T-Z  0.0000.0000 0.0000.0000 0.0000.0000
SOIL T-Z     SLOCSM   8   0.66         .45e-4
SOIL         T-Z   0.00  0.00 0.000  0.000.0000  0.000.0000 0.0000.0000 0.000
SOIL         T-Z  0.0000.0000 0.0000.0000 0.0000.0000
SOIL T-Z     SLOCSM   8   0.67         .45e-4
SOIL         T-Z   0.00  0.00 0.000  0.000.0000  0.000.0000 0.0000.0000 0.000
SOIL         T-Z  0.0000.0000 0.0000.0000 0.0000.0000
SOIL T-Z     SLOCSM   8  10.50         .45e-4
SOIL         T-Z   0.00  0.00 0.000  0.000.0000  0.000.0000 0.0000.0000 0.000
SOIL         T-Z  0.0000.0000 0.0000.0000 0.0000.0000
SOIL T-Z     SLOCSM   8  10.51         .45e-4
SOIL         T-Z   0.00  0.00 0.000  0.000.0000  0.000.0000 0.0000.0000 0.000
SOIL         T-Z  0.0000.0000 0.0000.0000 0.0000.0000
SOIL T-Z     SLOCSM   8  20.67         .45e-4
SOIL         T-Z   0.00  0.00 0.000  0.000.0000  0.000.0000 0.0000.0000 0.000
SOIL         T-Z  0.0000.0000 0.0000.0000 0.0000.0000
SOIL T-Z     SLOCSM   8  20.68         .45e-4
SOIL         T-Z   0.00  0.00 0.000  0.000.0000  0.000.0000 0.0000.0000 0.000
SOIL         T-Z  0.0000.0000 0.0000.0000 0.0000.0000
SOIL T-Z     SLOCSM   8  31.17         .45e-4
SOIL         T-Z   0.00  0.00 0.000  0.000.0000  0.000.0000 0.0000.0000 0.000
SOIL         T-Z  0.0000.0000 0.0000.0000 0.0000.0000
SOIL T-Z     SLOCSM   8  31.18         .45e-4
SOIL         T-Z   0.00  0.00 0.000  0.000.0000  0.000.0000 0.0000.0000 0.000
SOIL         T-Z  0.0000.0000 0.0000.0000 0.0000.0000
SOIL T-Z     SLOCSM   8  43.31         .45e-4
SOIL         T-Z   0.00  0.00 0.000  0.000.0000  0.000.0000 0.0000.0000 0.000
SOIL         T-Z  0.0000.0000 0.0000.0000 0.0000.0000
SOIL T-Z     SLOCSM   8  43.32         .45e-4
SOIL         T-Z   0.00  0.00 0.000  0.000.0000  0.000.0000 0.0000.0000 0.000
SOIL         T-Z  0.0000.0000 0.0000.0000 0.0000.0000
SOIL T-Z     SLOCSM   8  52.82         .45e-4
SOIL         T-Z   0.00  0.00 0.000  0.000.0000  0.000.0000 0.0000.0000 0.000
SOIL         T-Z  0.0000.0000 0.0000.0000 0.0000.0000
SOIL T-Z     SLOCSM   8  52.83         .45e-4
SOIL         T-Z   0.00  0.00 0.000  0.000.0000  0.000.0000 0.0000.0000 0.000
SOIL         T-Z  0.0000.0000 0.0000.0000 0.0000.0000
SOIL T-Z     SLOCSM   8  68.90         .45e-4
SOIL         T-Z   0.00  0.00 0.000  0.000.0000  0.000.0000 0.0000.0000 0.000
SOIL         T-Z  0.0000.0000 0.0000.0000 0.0000.0000
SOIL T-Z     SLOCSM   8  68.91         .45e-4
SOIL         T-Z   0.00  0.00 85.49  1.46142.48  2.83213.73  5.21256.47  7.32
SOIL         T-Z 284.97  9.14256.47 18.29256.47 45.72
SOIL T-Z     SLOCSM   8  79.07         .45e-4
SOIL         T-Z   0.00  0.00 88.94  1.46148.23  2.83222.34  5.21266.81  7.32
SOIL         T-Z 296.46  9.14266.81 18.29266.81 45.72
SOIL T-Z     SLOCSM   8  79.08         .45e-4
SOIL         T-Z   0.00  0.00 66.36  1.46110.60  2.83165.90  5.21199.08  7.32
SOIL         T-Z 221.20  9.14199.08 18.29199.08 45.72
SOIL T-Z     SLOCSM   8 116.47         .45e-4
SOIL         T-Z   0.00  0.00 90.14  1.46150.24  2.83225.36  5.21270.43  7.32
```

```
SOIL          T-Z 300.48  9.14270.43 18.29270.43 45.72
SOIL T-Z      SLOCSM    8 116.48         .45e-4
SOIL          T-Z   0.00  0.00110.48  1.46184.14  2.83276.21  5.21331.45  7.32
SOIL          T-Z 368.28  9.14331.45 18.29331.45 45.72
SOIL T-Z      SLOCSM    8 122.38         .45e-4
SOIL          T-Z   0.00  0.00113.33  1.46188.88  2.83283.32  5.21339.98  7.32
SOIL          T-Z 377.76  9.14339.98 18.29339.98 45.72
SOIL T-Z      SLOCSM    8 122.39         .45e-4
SOIL          T-Z   0.00  0.00 86.52  1.46144.21  2.83216.31  5.21259.57  7.32
SOIL          T-Z 288.42  9.14259.57 18.29259.57 45.72
SOIL T-Z      SLOCSM    8 131.23         .45e-4
SOIL          T-Z   0.00  0.00 95.75  1.46159.58  2.83239.37  5.21287.24  7.32
SOIL          T-Z 319.15  9.14287.24 18.29287.24 45.72
SOIL T-Z      SLOCSM    8 131.24         .45e-4
SOIL          T-Z   0.00  0.00 84.63  1.46141.05  2.83211.57  5.21253.89  7.32
SOIL          T-Z 282.10  9.14253.89 18.29253.89 45.72
SOIL T-Z      SLOCSM    8 147.97         .45e-4
SOIL          T-Z   0.00  0.00 96.61  1.46161.01  2.83241.52  5.21289.82  7.32
SOIL          T-Z 322.03  9.14289.82 18.29289.82 45.72
SOIL T-Z      SLOCSM    8 147.98         .45e-4
SOIL          T-Z   0.00  0.00232.69  2.54232.69  5.08232.69 12.70232.69 25.40
SOIL          T-Z 232.69 50.80232.69127.00232.69254.00
SOIL T-Z      SLOCSM    8 157.48         .45e-4
SOIL          T-Z   0.00  0.00232.69  2.54232.69  5.08232.69 12.70232.69 25.40
SOIL          T-Z 232.69 50.80232.69127.00232.69254.00
SOIL T-Z      SLOCSM    8 157.49         .45e-4
SOIL          T-Z   0.00  0.00 86.96  1.46144.93  2.83217.39  5.21260.87  7.32
SOIL          T-Z 289.85  9.14260.87 18.29260.87 45.72
SOIL T-Z      SLOCSM    8 164.04         .45e-4
SOIL          T-Z   0.00  0.00 96.52  1.46160.87  2.83241.30  5.21289.57  7.32
SOIL          T-Z 321.74  9.14289.57 18.29289.57 45.72
SOIL T-Z      SLOCSM    8 164.05         .45e-4
SOIL          T-Z   0.00  0.00275.78  2.54275.78  5.08275.78 12.70275.78 25.40
SOIL          T-Z 275.78 50.80275.78127.00275.78254.00
SOIL T-Z      SLOCSM    8 171.26         .45e-4
SOIL          T-Z   0.00  0.00275.78  2.54275.78  5.08275.78 12.70275.78 25.40
SOIL          T-Z 275.78 50.80275.78127.00275.78254.00
SOIL T-Z      SLOCSM    8 171.27         .45e-4
SOIL          T-Z   0.00  0.00132.72  1.46221.20  2.83331.79  5.21398.15  7.32
SOIL          T-Z 442.39  9.14398.15 18.29398.15 45.72
SOIL T-Z      SLOCSM    8 177.82         .45e-4
SOIL          T-Z   0.00  0.00135.30  1.46225.50  2.83338.26  5.21405.91  7.32
SOIL          T-Z 451.01  9.14405.91 18.29405.91 45.72
SOIL T-Z      SLOCSM    8 177.83         .45e-4
SOIL          T-Z   0.00  0.00115.05  1.46191.75  2.83287.63  5.21345.15  7.32
SOIL          T-Z 383.50  9.14345.15 18.29345.15 45.72
SOIL T-Z      SLOCSM    8 192.26         .45e-4
SOIL          T-Z   0.00  0.00125.39  1.46208.99  2.83313.48  5.21376.18  7.32
SOIL          T-Z 417.97  9.14376.18 18.29376.18 45.72
SOIL T-Z      SLOCSM    8 192.27         .45e-4
SOIL          T-Z   0.00  0.00275.78  2.54275.78  5.08275.78 12.70275.78 25.40
SOIL          T-Z 275.78 50.80275.78127.00275.78254.00
SOIL T-Z      SLOCSM    8 202.43         .45e-4
SOIL          T-Z   0.00  0.00275.78  2.54275.78  5.08275.78 12.70275.78 25.40
SOIL          T-Z 275.78 50.80275.78127.00275.78254.00
SOIL T-Z      SLOCSM    8 202.44         .45e-4
SOIL          T-Z   0.00  0.00121.00  1.46201.66  2.83302.49  5.21362.99  7.32
SOIL          T-Z 403.32  9.14362.99 18.29362.99 45.72
SOIL T-Z      SLOCSM    8 210.63         .45e-4
SOIL          T-Z   0.00  0.00123.20  1.46205.34  2.83308.01  5.21369.61  7.32
SOIL          T-Z 410.67  9.14369.61 18.29369.61 45.72
SOIL T-Z      SLOCSM    8 210.64         .45e-4
* Q-Z friction data: Q data is available in kN, need divided by pile cross secti
*                    Area = pi/4*D^2 = 3.14/4*(0.9144^2-(0.9144-2*0.0254)^2) = 0
*                    kPa to ksi = 1.45e-4
*                    Shallow gas contingency factor = 0.9
*                    T factor = 1.45e-4 / 0.071 * 0.9 = 1.84e-3
*                    mm to in
*                    Z factor = 0.03937
SOIL BEARING HEAD 40  7          0.03937 SOL
SOIL BEAR     SLOC     7   0.00         .18E-2
SOIL          T-Z   0.00  0.00 0.000  0.000.0000  0.000.0000 0.0000.0000 0.000
SOIL          T-Z  0.0000.0000 0.0000.0000
SOIL BEAR     SLOC     7   0.66         .18E-2
SOIL          T-Z   0.00  0.00 0.000  0.000.0000  0.000.0000 0.0000.0000 0.000
SOIL          T-Z  0.0000.0000 0.0000.0000
SOIL BEAR     SLOC     7   0.67         .18E-2
SOIL          T-Z   0.00  0.00 0.000  0.000.0000  0.000.0000 0.0000.0000 0.000
SOIL          T-Z  0.0000.0000 0.0000.0000
SOIL BEAR     SLOC     7  10.50         .18E-2
SOIL          T-Z   0.00  0.00 0.000  0.000.0000  0.000.0000 0.0000.0000 0.000
SOIL          T-Z  0.0000.0000 0.0000.0000
SOIL BEAR     SLOC     7  10.51         .18E-2
SOIL          T-Z   0.00  0.00 0.000  0.000.0000  0.000.0000 0.0000.0000 0.000
SOIL          T-Z  0.0000.0000 0.0000.0000
SOIL BEAR     SLOC     7  20.67         .18E-2
SOIL          T-Z   0.00  0.00 0.000  0.000.0000  0.000.0000 0.0000.0000 0.000
SOIL          T-Z  0.0000.0000 0.0000.0000
SOIL BEAR     SLOC     7  20.68         .18E-2
SOIL          T-Z   0.00  0.00 0.000  0.000.0000  0.000.0000 0.0000.0000 0.000
SOIL          T-Z  0.0000.0000 0.0000.0000
SOIL BEAR     SLOC     7  31.17         .18E-2
SOIL          T-Z   0.00  0.00 0.000  0.000.0000  0.000.0000 0.0000.0000 0.000
```

```
SOIL          T-Z  0.0000.0000 0.0000.0000
SOIL BEAR     SLOC     7  31.18         .18E-2
SOIL          T-Z   0.00  0.00 0.000  0.000.0000  0.000.0000 0.0000.0000 0.000
SOIL          T-Z  0.0000.0000 0.0000.0000
SOIL BEAR     SLOC     7  43.31         .18E-2
SOIL          T-Z   0.00  0.00 0.000  0.000.0000  0.000.0000 0.0000.0000 0.000
SOIL          T-Z  0.0000.0000 0.0000.0000
SOIL BEAR     SLOC     7  43.32         .18E-2
SOIL          T-Z   0.00  0.00 0.000  0.000.0000  0.000.0000 0.0000.0000 0.000
SOIL          T-Z  0.0000.0000 0.0000.0000
SOIL BEAR     SLOC     7  52.82         .18E-2
SOIL          T-Z   0.00  0.00 0.000  0.000.0000  0.000.0000 0.0000.0000 0.000
SOIL          T-Z  0.0000.0000 0.0000.0000
SOIL BEAR     SLOC     7  52.83         .18E-2
SOIL          T-Z   0.00  0.00 0.000  0.000.0000  0.000.0000 0.0000.0000 0.000
SOIL          T-Z  0.0000.0000 0.0000.0000
SOIL BEAR     SLOC     7  68.90         .18E-2
SOIL          T-Z   0.00  0.00 0.000  0.000.0000  0.000.0000 0.0000.0000 0.000
SOIL          T-Z  0.0000.0000 0.0000.0000
SOIL BEAR     SLOC     7  68.91         .18E-2
SOIL          T-Z 317.68  1.83635.35 11.89851.37 22.86953.03 38.401143.6 66.75
SOIL          T-Z 1270.7 91.441270.7457.20
SOIL BEAR     SLOC     7  79.07         .18E-2
SOIL          T-Z 317.68  1.83635.35 11.89851.37 22.86953.03 38.401143.6 66.75
SOIL          T-Z 1270.7 91.441270.7457.20
SOIL BEAR     SLOC     7  79.08         .18E-2
SOIL          T-Z 192.08  1.83384.17 11.89514.78 22.86576.25 38.40691.50 66.75
SOIL          T-Z 768.33 91.44768.33457.20
SOIL BEAR     SLOC     7 116.47         .18E-2
SOIL          T-Z 236.41  1.83472.82 11.89633.58 22.86709.23 38.40851.07 66.75
SOIL          T-Z 945.64 91.44945.64457.20
SOIL BEAR     SLOC     7 116.48         .18E-2
SOIL          T-Z 354.61  1.83709.23 11.89950.37 22.861063.8 38.401276.6 66.75
SOIL          T-Z 1418.5 91.441418.5457.20
SOIL BEAR     SLOC     7 122.38         .18E-2
SOIL          T-Z 354.61  1.83709.23 11.89950.37 22.861063.8 38.401276.6 66.75
SOIL          T-Z 1418.5 91.441418.5457.20
SOIL BEAR     SLOC     7 122.39         .18E-2
SOIL          T-Z 206.86  1.83413.72 11.89554.38 22.86620.57 38.40744.69 66.75
SOIL          T-Z 827.43 91.44827.43457.20
SOIL BEAR     SLOC     7 131.23         .18E-2
SOIL          T-Z 236.41  1.83472.82 11.89633.58 22.86709.23 38.40851.07 66.75
SOIL          T-Z 945.64 91.44945.64457.20
SOIL BEAR     SLOC     7 131.24         .18E-2
SOIL          T-Z 184.69  1.83369.39 11.89494.98 22.86554.08 38.40664.90 66.75
SOIL          T-Z 738.78 91.44738.78457.20
SOIL BEAR     SLOC     7 147.97         .18E-2
SOIL          T-Z 214.25  1.83428.49 11.89574.18 22.86642.74 38.40771.29 66.75
SOIL          T-Z 856.98 91.44856.98457.20
SOIL BEAR     SLOC     7 147.98         .18E-2
SOIL          T-Z 820.87  1.831641.7 11.892199.9 22.862462.6 38.402955.1 66.75
SOIL          T-Z 3283.5 91.443283.5457.20
SOIL BEAR     SLOC     7 157.48         .18E-2
SOIL          T-Z 820.87  1.831641.7 11.892199.9 22.862462.6 38.402955.1 66.75
SOIL          T-Z 3283.5 91.443283.5457.20
SOIL BEAR     SLOC     7 157.49         .18E-2
SOIL          T-Z 162.53  1.83325.06 11.89435.58 22.86487.59 38.40585.11 66.75
SOIL          T-Z 650.13 91.44650.13457.20
SOIL BEAR     SLOC     7 164.04         .18E-2
SOIL          T-Z 192.08  1.83384.17 11.89514.78 22.86576.25 38.40691.50 66.75
SOIL          T-Z 768.33 91.44768.33457.20
SOIL BEAR     SLOC     7 164.05         .18E-2
SOIL          T-Z 1641.7  1.833283.5 11.894399.8 22.864925.2 38.405910.2 66.75
SOIL          T-Z 6566.9 91.446566.9457.20
SOIL BEAR     SLOC     7 171.26         .18E-2
SOIL          T-Z 1641.7  1.833283.5 11.894399.8 22.864925.2 38.405910.2 66.75
SOIL          T-Z 6566.9 91.446566.9457.20
SOIL BEAR     SLOC     7 171.27         .18E-2
SOIL          T-Z 347.23  1.83694.45 11.89930.57 22.861041.7 38.401250.0 66.75
SOIL          T-Z 1388.9 91.441388.9457.20
SOIL BEAR     SLOC     7 177.82         .18E-2
SOIL          T-Z 347.23  1.83694.45 11.89930.57 22.861041.7 38.401250.0 66.75
SOIL          T-Z 1388.9 91.441388.9457.20
SOIL BEAR     SLOC     7 177.83         .18E-2
SOIL          T-Z 251.19  1.83502.37 11.89673.18 22.86753.56 38.40904.27 66.75
SOIL          T-Z 1004.7 91.441004.7457.20
SOIL BEAR     SLOC     7 192.26         .18E-2
SOIL          T-Z 280.74  1.83561.47 11.89752.37 22.86842.21 38.401010.7 66.75
SOIL          T-Z 1122.9 91.441122.9457.20
SOIL BEAR     SLOC     7 192.27         .18E-2
SOIL          T-Z 1641.7  1.833283.5 11.894399.8 22.864925.2 38.405910.2 66.75
SOIL          T-Z 6566.9 91.446566.9457.20
SOIL BEAR     SLOC     7 202.43         .18E-2
SOIL          T-Z 1641.7  1.833283.5 11.894399.8 22.864925.2 38.405910.2 66.75
SOIL          T-Z 6566.9 91.446566.9457.20
SOIL BEAR     SLOC     7 202.44         .18E-2
SOIL          T-Z 248.23  1.83496.46 11.89665.26 22.86744.69 38.40893.63 66.75
SOIL          T-Z 992.92 91.44992.92457.20
SOIL BEAR     SLOC     7 210.63         .18E-2
SOIL          T-Z 248.23  1.83496.46 11.89665.26 22.86744.69 38.40893.63 66.75
SOIL          T-Z 992.92 91.44992.92457.20
SOIL BEAR     SLOC     7 210.64         .18E-2
SOIL          T-Z 162.53  1.83325.06 11.89435.58 22.86487.59 38.40585.11 66.75
```

```
* assumed the soil has soft torsional spring of 10 in.lb/rad for stability
SOIL TORSION HEAD                  1000. SOLASSUMED
*
*** P-Y ***
* P-Y friction data : P factorized by .57e-2 for conversion from kN/m to Kips/in
*                    Y factorized by .03937 for conversion from mm to in
* To Consider Jack up Rig, The P-Y value until 4 m (10.5 ft) set to zero value
SOIL LATERAL HEAD 79         36.00.03937 SOL
SOIL P-Y     SLOCSM   7             .005
SOIL         P-Y   0.00  0.00  0.00  0.00 0.000 0.000 0.000 0.000 0.0000.0000
SOIL         P-Y   0.000.0000  0.000.0000
SOIL P-Y     SLOCSM   7   0.66      .005
SOIL         P-Y   0.00  0.00 0.000  0.00 0.000  0.00 0.000 0.0000.0000 0.000
SOIL         P-Y   0.000.0000  0.000.0000
SOIL P-Y     SLOCSM   7   0.66      .005
SOIL         P-Y   0.00  0.00 0.000  0.00 0.000  0.00 0.000 0.0000.0000 0.000
SOIL         P-Y   0.000.0000  0.000.0000
SOIL P-Y     SLOCSM   7   3.28      .005
SOIL         P-Y   0.00  0.00 0.000  0.00 0.000  0.00 0.000 0.0000.0000 0.000
SOIL         P-Y  0.0000.0000 0.0000.0000
SOIL P-Y     SLOCSM   7   6.56      .005
SOIL         P-Y   0.00  0.00 0.000  0.00 0.000  0.000.0000 0.0000.0000 0.000
SOIL         P-Y  0.0000.0000 0.0000.0000
SOIL P-Y     SLOCSM   7  10.50      .005
SOIL         P-Y   0.00  0.00 0.000  0.000.0000  0.000.0000 0.0000.0000 0.000
SOIL         P-Y  0.0000.0000 0.0000.0000
SOIL P-Y     SLOCSM   7  10.50      .005
SOIL         P-Y   0.00  0.00 0.000  0.000.0000  0.000.0000 0.0000.0000 0.000
SOIL         P-Y  0.0000.0000 0.0000.000
SOIL P-Y     SLOCSM   7  13.12      .005
SOIL         P-Y   0.00  0.00 0.000  0.000.0000  0.000.0000 0.0000.0000 0.000
SOIL         P-Y  0.0000.0000 0.0000.0000
SOIL P-Y     SLOCSM   7  16.40      .005
SOIL         P-Y   0.00  0.00 0.000  0.000.0000  0.000.0000 0.0000.0000 0.000
SOIL         P-Y  0.0000.0000 0.0000.0000
SOIL P-Y     SLOCSM   7  20.67      .005
SOIL         P-Y   0.00  0.00 0.000  0.000.0000  0.000.0000 0.0000.0000 0.000
SOIL         P-Y  0.0000.0000 0.0000.0000
SOIL P-Y     SLOCSM   7  20.67      .005
SOIL         P-Y   0.00  0.00 0.000  0.000.0000  0.000.0000 0.0000.0000 0.000
SOIL         P-Y  0.0000.0000 0.0000.0000
SOIL P-Y     SLOCSM   7  22.97      .005
SOIL         P-Y   0.00  0.00 0.000  0.000.0000  0.000.0000 0.0000.0000 0.000
SOIL         P-Y  0.0000.0000 0.0000.0000
SOIL P-Y     SLOCSM   7  26.25      .005
SOIL         P-Y   0.00  0.00 0.000  0.000.0000  0.000.0000 0.0000.0000 0.000
SOIL         P-Y  0.0000.0000 0.0000.0000
SOIL P-Y     SLOCSM   7  31.17      .005
SOIL         P-Y   0.00  0.00 0.000  0.000.0000  0.000.0000 0.0000.0000 0.000
SOIL         P-Y  0.0000.0000 0.0000.0000
SOIL P-Y     SLOCSM   7  31.17      .005
SOIL         P-Y   0.00  0.00 0.000  0.000.0000  0.000.0000 0.0000.0000 0.000
SOIL         P-Y  0.0000.0000 0.0000.0000
SOIL P-Y     SLOCSM   7  32.81      .005
SOIL         P-Y   0.00  0.00 0.000  0.000.0000  0.000.0000 0.0000.0000 0.000
SOIL         P-Y  0.0000.0000 0.0000.0000
SOIL P-Y     SLOCSM   7  36.09      .005
SOIL         P-Y   0.00  0.00 0.000  0.000.0000  0.000.0000 0.0000.0000 0.000
SOIL         P-Y  0.0000.0000 0.0000.0000
SOIL P-Y     SLOCSM   7  39.37      .005
SOIL         P-Y   0.00  0.00 0.000  0.000.0000  0.000.0000 0.0000.0000 0.000
SOIL         P-Y  0.0000.0000 0.0000.0000
SOIL P-Y     SLOCSM   7  43.31      .005
SOIL         P-Y   0.00  0.00 0.000  0.000.0000  0.000.0000 0.0000.0000 0.000
SOIL         P-Y  0.0000.0000 0.0000.0000
SOIL P-Y     SLOCSM   7  43.31      .005
SOIL         P-Y   0.00  0.00 0.000  0.000.0000  0.000.0000 0.0000.0000 0.000
SOIL         P-Y  0.0000.0000 0.0000.0000
SOIL P-Y     SLOCSM   7  45.93      .005
SOIL         P-Y   0.00  0.00 0.000  0.000.0000  0.000.0000 0.0000.0000 0.000
SOIL         P-Y  0.0000.0000 0.0000.0000
SOIL P-Y     SLOCSM   7  49.21      .005
SOIL         P-Y   0.00  0.00 0.000  0.000.0000  0.000.0000 0.0000.0000 0.000
SOIL         P-Y  0.0000.0000 0.0000.0000
SOIL P-Y     SLOCSM   7  52.82      .005
SOIL         P-Y   0.00  0.00 0.000  0.000.0000  0.000.0000 0.0000.0000 0.000
SOIL         P-Y  0.0000.0000 0.0000.0000
SOIL P-Y     SLOCSM   7  52.82      .005
SOIL         P-Y   0.00  0.00 0.000  0.000.0000  0.000.0000 0.0000.0000 0.000
SOIL         P-Y  0.0000.0000 0.0000.0000
SOIL P-Y     SLOCSM   7  55.77      .005
SOIL         P-Y   0.00  0.00 0.000  0.000.0000  0.000.0000 0.0000.0000 0.000
SOIL         P-Y  0.0000.0000 0.0000.0000
SOIL P-Y     SLOCSM   7  59.06      .005
SOIL         P-Y   0.00  0.00 0.000  0.000.0000  0.000.0000 0.0000.0000 0.000
SOIL         P-Y  0.0000.0000 0.0000.0000
SOIL P-Y     SLOCSM   7  62.34      .005
SOIL         P-Y   0.00  0.00 0.000  0.000.0000  0.000.0000 0.0000.0000 0.000
SOIL         P-Y  0.0000.0000 0.0000.0000
SOIL P-Y     SLOCSM   7  65.62      .005
SOIL         P-Y   0.00  0.00 0.000  0.000.0000  0.000.0000 0.0000.0000 0.000
SOIL         P-Y  0.0000.0000 0.0000.0000
SOIL P-Y     SLOCSM   7  68.90      .005
```

```
411  SOIL          P-Y   0.00  0.00 0.000  0.000.0000  0.000.0000 0.0000.0000 0.000
412  SOIL          P-Y  0.0000.0000 0.0000.0000
413  SOIL P-Y      SLOCSM   7  68.90       .005
414  SOIL          P-Y   0.00  0.00406.95  1.14583.89  3.43884.68 11.431273.9 34.29
415  SOIL          P-Y 1273.9342.901273.9342.90
416  SOIL P-Y      SLOCSM   7  72.18       .005
417  SOIL          P-Y   0.00  0.00406.95  1.14583.89  3.43884.68 11.431273.9 34.29
418  SOIL          P-Y 1273.9342.901273.9342.90
419  SOIL P-Y      SLOCSM   7  75.46       .005
420  SOIL          P-Y   0.00  0.00406.95  1.14583.89  3.43884.68 11.431273.9 34.29
421  SOIL          P-Y 1273.9342.901273.9342.90
422  SOIL P-Y      SLOCSM   7  79.07       .005
423  SOIL          P-Y   0.00  0.00406.95  1.14583.89  3.43884.68 11.431273.9 34.29
424  SOIL          P-Y 1273.9342.901273.9342.90
425  SOIL P-Y      SLOCSM   7  79.07       .005
426  SOIL          P-Y   0.00  0.00246.07  1.14353.05  3.43534.92 11.43770.29 34.29
427  SOIL          P-Y 770.29342.90770.29342.90
428  SOIL P-Y      SLOCSM   7  85.30       .005
429  SOIL          P-Y   0.00  0.00255.53  1.14366.63  3.43555.50 11.43799.92 34.29
430  SOIL          P-Y 799.92342.90799.92342.90
431  SOIL P-Y      SLOCSM   7  91.86       .005
432  SOIL          P-Y   0.00  0.00264.99  1.14380.21  3.43576.07 11.43829.54 34.29
433  SOIL          P-Y 829.54342.90829.54342.90
434  SOIL P-Y      SLOCSM   7  98.43       .005
435  SOIL          P-Y   0.00  0.00276.35  1.14396.50  3.43600.76 11.43865.10 34.29
436  SOIL          P-Y 865.10342.90865.10342.90
437  SOIL P-Y      SLOCSM   7 104.99       .005
438  SOIL          P-Y   0.00  0.00285.81  1.14410.08  3.43621.33 11.43894.72 34.29
439  SOIL          P-Y 894.72342.90894.72342.90
440  SOIL P-Y      SLOCSM   7 111.55       .005
441  SOIL          P-Y   0.00  0.00295.28  1.14423.66  3.43641.91 11.43924.35 34.29
```

.....

```
535  SOIL          P-Y 14898. 15.2419047. 34.29
536  SOIL P-Y      SLOCSM   7 196.85       .005
537  SOIL          P-Y   0.00  0.004925.0  3.816463.3  5.089282.7  7.6210782.  9.14
538  SOIL          P-Y 15253. 15.2419502. 34.29
539  SOIL P-Y      SLOCSM   7 202.43       .005
540  SOIL          P-Y   0.00  0.005064.6  3.816646.5  5.089545.7  7.6211087.  9.14
541  SOIL          P-Y 15686. 15.2420055. 34.29
542  SOIL P-Y      SLOCSM   7 202.43       .005
543  SOIL          P-Y   0.00  0.00317.99  1.14456.25  3.43691.29 11.43995.45 34.29
544  SOIL          P-Y 995.45342.90995.45342.90
545  SOIL P-Y      SLOCSM   7 206.69       .005
546  SOIL          P-Y   0.00  0.00317.99  1.14456.25  3.43691.29 11.43995.45 34.29
547  SOIL          P-Y 995.45342.90995.45342.90
548  SOIL P-Y      SLOCSM   7 210.63       .005
549  SOIL          P-Y   0.00  0.00317.99  1.14456.25  3.43691.29 11.43995.45 34.29
550  SOIL          P-Y 995.45342.90995.45342.90
551  SOIL P-Y      SLOCSM   7 210.63       .005
552  SOIL          P-Y   0.00  0.00230.92  1.14331.32  3.43502.01 11.43722.89 34.29
553  SOIL          P-Y 722.89342.90722.89342.90
554  SOIL P-Y      SLOCSM   7 216.54       .005
555  SOIL          P-Y   0.00  0.00246.20  1.14353.24  3.43535.21 11.43770.70 34.29
556  SOIL          P-Y 770.70342.90770.70342.90
557  SOIL P-Y      SLOCSM   7 223.10       .005
558  SOIL          P-Y   0.00  0.00263.17  1.14377.59  3.43572.10 11.43823.82 34.29
559  SOIL          P-Y 823.82342.90823.82342.90
560  SOIL P-Y      SLOCSM   7 229.66       .005
561  SOIL          P-Y   0.00  0.00280.14  1.14401.93  3.43608.99 11.43876.95 34.29
562  SOIL          P-Y 876.95342.90876.95342.90
563  *
564  **
565  END
```

Input *Scouring* 2 Kaki 21 m

```
PSIOPT +ZENG          SM    0.01   0.001999                  100     1.0   490.0
PLTRQ SD   DT        MT        TS   DA   AL   AS   UC             XH
PLGRUP
*** PILE GROUP ***
PLGRUP PL3          35.86 1.430  29.0  11.6   50.   40.22
PLGRUP PL3          35.90 0.950  29.0  11.6   50.   159.5
PLGRUP PL3          35.86 1.430  29.0  11.6   50.    5.0                0.7636
*
PLGRUP PL2          35.86 1.430  29.0  11.6   50.   33.33
PLGRUP PL2          35.90 0.950  29.0  11.6   50.   159.5
PLGRUP PL2          35.86 1.430  29.0  11.6   50.    5.0                0.7636
*
PLGRUP PL1          35.86 1.430  29.0  11.6   50.   43.91
PLGRUP PL1          35.90 0.950  29.0  11.6   50.    165.
PLGRUP PL1          35.86 1.430  29.0  11.6   50.     5.                0.7636
*
*** PILE ***
PILE
*** PILE
* LEG B3
PILE  001P101P PL3                                              SOL  SOL
*LEG B2
PILE  002P102P PL2                                              SOL  SOL
*LEG A1
PILE  003P103P PL1                                             SOL1 SOL1
*
SCOUR     4.5
*********************************************************************************
** SOIL DATA FOR PILE ***********************************************************
*********************************************************************************
*** T-Z CURVE ***
```

Input *Scouring* 1 Kaki 21 m

```
PSIOPT +ZENG          SM    0.01   0.001999                  100     1.0   490.0
PLTRQ SD   DT        MT        TS   DA   AL   AS   UC             XH
PLGRUP
*** PILE GROUP ***
PLGRUP PL3          35.86 1.430  29.0  11.6   50.   40.22
PLGRUP PL3          35.90 0.950  29.0  11.6   50.   159.5
PLGRUP PL3          35.86 1.430  29.0  11.6   50.    5.0                0.7636
*
PLGRUP PL2          35.86 1.430  29.0  11.6   50.   33.33
PLGRUP PL2          35.90 0.950  29.0  11.6   50.   159.5
PLGRUP PL2          35.86 1.430  29.0  11.6   50.    5.0                0.7636
*
PLGRUP PL1          35.86 1.430  29.0  11.6   50.   43.91
PLGRUP PL1          35.90 0.950  29.0  11.6   50.    165.
PLGRUP PL1          35.86 1.430  29.0  11.6   50.     5.                0.7636
*
*** PILE ***
PILE
*** PILE
* LEG B3
PILE  001P101P PL3                                                 SOL  SOL
*LEG B2
PILE  002P102P PL2                                                SOL1 SOL1
*LEG A1
PILE  003P103P PL1                                                SOL1 SOL1
*
SCOUR     4.5
*****************************************************************************
** SOIL DATA FOR PILE ********************************************************
*****************************************************************************
*** T-Z CURVE ***
```

LAMPIRAN 4

Hasil Analisis Pengaruh *scouring* pada Kaki Jacket

Scouring Pada 1 Kaki

1 LEG SCOURING MEMBER GROUP UNITY SUMMARY ON DECK							
CRITICAL GROUP MEMBER		SCOURING (m)					
		0	3,2	9,5	13,2	16,1	21
DESCRIPTION	MEMBER GROUP	MAX. UC	MAX. UC	MAX. UC	MAX. UC	MAX. UC	MAX. UC
MAIN DECK	MD1	0,62	0,62	0,62	0,62	0,62	0,62
CELLAR DECK	CD1	0,60	0,60	0,60	0,60	0,6	0,6
DECK LEG	DL1	0,21	0,21	0,21	0,21	0,21	0,21
CRANE	JB1	0,79	0,79	0,79	0,79	0,79	0,79

1 LEG SCOURING MEMBER GROUP UNITY SUMMARY ON JACKET							
CRITICAL GROUP MEMBER		SCOURING (m)					
		0	3,2	9,5	13,2	16,1	21
DESCRIPTION	MEMBER GROUP	MAX. UC	MAX. UC	MAX. UC	MAX. UC	MAX. UC	MAX. UC
JACKET LEG	LG4	0,29	0,29	0,29	0,29	0,28	0,28
PILE	PL2	0,73	0,82	0,75	0,72	0,68	0,64
D.BRACE	BR1	0,64	0,65	0,63	0,62	0,61	0,59
H.BRACE	H23	0,41	0,51	0,6	0,63	0,66	0,68

1 LEG SCOURING JOINT CAN LOAD UC							
NO	JOINT CAN	SCOURING (m)					
		0	3,2	9,5	13,2	16,1	21
1	303L	0,464	0,482	0,491	0,501	0,511	0,52
2	302L	0,429	0,430	0,457	0,475	0,491	0,503
3	301L	0,458	0,455	0,487	0,500	0,511	0,518
4	203L	0,660	0,834	0,994	1,044	1,087	1,119
5	202L	0,432	0,457	0,478	0,481	0,483	0,482
6	201L	0,469	0,498	0,555	0,574	0,586	0,594
7	103L	0,539	0,567	0,357	0,301	0,268	0,253
8	102L	0,297	0,306	0,389	0,416	0,436	0,45
9	101L	0,292	0,304	0,387	0,414	0,436	0,45
10	1006	0,033	0,033	0,032	0,032	0,032	0,032
11	1005	0,036	0,036	0,035	0,035	0,035	0,035
12	1004	0,038	0,038	0,038	0,038	0,038	0,038
13	1003	0,366	0,366	0,366	0,366	0,366	0,366
14	374	0,141	0,144	0,145	0,145	0,144	0,144
15	373	0,148	0,149	0,15	0,149	0,149	0,149
16	320	0,087	0,088	0,088	0,088	0,089	0,089
17	310	0,189	0,191	0,194	0,196	0,197	0,197
18	270	0,121	0,132	0,142	0,145	0,148	0,15
19	250	0,118	0,126	0,136	0,141	0,145	0,148
20	230	0,163	0,160	0,159	0,158	0,157	0,157
21	220	0,076	0,068	0,068	0,068	0,068	0,068
22	210	0,119	0,117	0,113	0,111	0,11	0,109
23	130	0,430	0,441	0,43	0,439	0,452	0,459
24	120	0,371	0,406	0,411	0,412	0,413	0,414
25	110	0,428	0,439	0,427	0,419	0,41	0,4

1 LEG SCOURING JOINT CAN STRENGTH UC							
NO	JOINT CAN	SCOURING (m)					
		0	3,2	9,5	13,2	16,1	21
1	303L	0,833	0,833	0,833	0,833	0,833	0,833
2	302L	0,664	0,664	0,663	0,663	0,663	0,663
3	301L	0,708	0,710	0,71	0,710	0,71	0,709
4	203L	1,094	1,094	1,094	1,095	1,07	1,07
5	202L	1,082	1,082	1,082	1,082	1,082	1,082
6	201L	1,099	1,099	1,1	1,100	1,1	1,1
7	103L	1,060	1,060	1,06	1,060	1,06	1,06
8	102L	0,806	0,806	0,806	0,806	0,806	0,806
9	101L	0,806	0,806	0,806	0,806	0,806	0,806
10	1006	0,799	0,798	0,798	0,798	0,798	0,798
11	1005	0,800	0,800	0,8	0,800	0,8	0,8
12	1004	0,520	0,520	0,52	0,520	0,52	0,52
13	1003	0,550	0,550	0,55	0,550	0,55	0,55
14	374	0,341	0,342	0,342	0,343	0,343	0,343
15	373	0,337	0,336	0,336	0,336	0,336	0,336
16	320	0,398	0,398	0,398	0,398	0,398	0,398
17	310	0,651	0,650	0,65	0,649	0,649	0,649
18	270	0,490	0,490	0,488	0,487	0,487	0,486
19	250	0,480	0,396	0,399	0,400	0,401	0,402
20	230	0,379	0,379	0,377	0,377	0,377	0,377
21	220	0,380	0,380	0,38	0,380	0,38	0,38
22	210	0,378	0,380	0,38	0,381	0,381	0,382
23	130	0,502	0,502	0,503	0,504	0,504	0,505
24	120	0,497	0,497	0,498	0,498	0,498	0,498
25	110	0,501	0,501	0,502	0,503	0,503	0,503

1 LEG SCOURING PILE COMPRESSION CRITICAL LOAD									
SCOURING (m)	PL3			PL2			PL1		
	CAPACITY	CRITICAL LOAD	SF	CAPACITY	CRITICAL LOAD	SF	CAPACITY	CRITICAL LOAD	SF
	KIPS	KIPS		KIPS	KIPS		KIPS	KIPS	
0	-4054,3	-1667	2,432	-3929,6	-1672,1	2,350	-3080,5	-2157,8	1,428
3,2	-4054,3	-1696,9	2,389	-3929,6	-1703,9	2,306	-3058,3	-2188,8	1,397
9,5	-4054,3	-1700,9	2,384	-3929,6	-1707,9	2,301	-2931,5	-2188,6	1,339
13,2	-4054,3	-1698,9	2,386	-3929,6	-1705,9	2,304	-2855,7	-2171,9	1,315
16,1	-4054,3	-1695,3	2,391	-3929,6	-1702,3	2,308	-2748,6	-2177,5	1,262
21	-4054,3	-1691,2	2,397	-3929,6	-1698,4	2,314	-2577,5	-2169,8	1,188

1 LEG SCOURING PILE TENSION CRITICAL LOAD									
SCOURING (m)	PL3			PL2			PL1		
	CAPACITY	CRITICAL LOAD	SF	CAPACITY	CRITICAL LOAD	SF	CAPACITY	CRITICAL LOAD	SF
	KIPS	KIPS		KIPS	KIPS		KIPS	KIPS	
0	2708,5	697,7	3,882	2582,7	683,4	3,779	3161,5	222,6	14,203
3,2	2708,5	726,8	3,727	2582,7	712	3,627	3140,2	244,8	12,828
9,5	2708,5	735,4	3,683	2582,7	720,3	3,586	2980,9	246,9	12,073
13,2	2708,5	732,2	3,699	2582,7	717	3,602	2891,6	247,4	11,688
16,1	2708,5	726,8	3,727	2582,7	711,6	3,629	2778,5	244,2	11,378
21	2708,5	720	3,762	2582,7	704,6	3,665	2595,1	241,7	10,737

Scouring Pada 2 Kaki

2 LEG SCOURING MEMBER GROUP UNITY SUMMARY ON DECK							
CRITICAL GROUP MEMBER		SCOURING (m)					
		0	3,2	9,5	13,2	16,1	21
DESCRIPTION	MEMBER GROUP	MAX. UC	MAX. UC	MAX. UC	MAX. UC	MAX. UC	MAX. UC
MAIN DECK	MD1	0,62	0,62	0,62	0,62	0,62	0,62
CELLAR DECK	CD1	0,60	0,60	0,60	0,60	0,6	0,6
DECK LEG	DL1	0,21	0,21	0,21	0,21	0,21	0,21
CRANE	JB1	0,79	0,79	0,79	0,79	0,79	0,79

2 LEG SCOURING MEMBER GROUP UNITY SUMMARY ON JACKET							
CRITICAL GROUP MEMBER		SCOURING (m)					
		0	3,2	9,5	13,2	16,1	21
DESCRIPTION	MEMBER GROUP	MAX. UC	MAX. UC	MAX. UC	MAX. UC	MAX. UC	MAX. UC
JACKET LEG	LG4	0,29	0,29	0,28	0,28	0,29	0,29
PILE	PL2	0,73	0,82	0,86	0,86	0,85	0,8
D.BRACE	BR1	0,64	0,65	0,64	0,63	0,62	0,61
H.BRACE	H23	0,41	0,51	0,79	0,94	1,12	1,29

2 LEG SCOURING JOINT CAN LOAD UC							
NO	JOINT CAN	SCOURING (m)					
		0	3,2	9,5	13,2	16,1	21
1	303L	0,464	0,482	0,563	0,608	0,654	0,693
2	302L	0,429	0,430	0,496	0,540	0,588	0,632
3	301L	0,458	0,455	0,412	0,410	0,435	0,469
4	203L	0,660	0,834	1,281	1,478	1,701	1,905
5	202L	0,432	0,457	0,468	0,463	0,467	0,462
6	201L	0,469	0,498	0,541	0,568	0,641	0,703
7	103L	0,539	0,567	0,478	0,432	0,394	0,39
8	102L	0,297	0,306	0,285	0,279	0,27	0,255
9	101L	0,292	0,304	0,417	0,450	0,48	0,499
10	1006	0,033	0,033	0,032	0,031	0,031	0,03
11	1005	0,036	0,036	0,036	0,035	0,035	0,034
12	1004	0,038	0,038	0,038	0,038	0,038	0,038
13	1003	0,366	0,366	0,365	0,364	0,364	0,363
14	374	0,141	0,144	0,146	0,145	0,144	0,144
15	373	0,148	0,149	0,151	0,151	0,151	0,152
16	320	0,087	0,088	0,092	0,094	0,096	0,098
17	310	0,189	0,191	0,198	0,201	0,205	0,208
18	270	0,121	0,132	0,153	0,162	0,171	0,18
19	250	0,118	0,126	0,156	0,172	0,193	0,211
20	230	0,163	0,160	0,171	0,183	0,201	0,22
21	220	0,076	0,068	0,071	0,072	0,074	0,076
22	210	0,119	0,117	0,117	0,125	0,136	0,157
23	130	0,430	0,441	0,415	0,388	0,346	0,32
24	120	0,371	0,406	0,438	0,445	0,448	0,447
25	110	0,428	0,439	0,432	0,427	0,419	0,418

2 LEG SCOURING JOINT CAN STRENGTH UC							
NO	JOINT CAN	SCOURING (m)					
		0	3,2	9,5	13,2	16,1	21
1	303L	0,833	0,833	0,833	0,833	0,833	0,833
2	302L	0,664	0,664	0,663	0,663	0,663	0,663
3	301L	0,708	0,710	0,712	0,713	0,713	0,712
4	203L	1,094	1,094	1,095	1,095	0,968	0,977
5	202L	1,082	1,082	1,09	1,089	1,088	1,087
6	201L	1,099	1,099	1,088	1,088	1,089	1,09
7	103L	1,060	1,060	1,06	1,060	1,06	1,06
8	102L	0,806	0,806	0,806	0,806	0,806	0,806
9	101L	0,806	0,806	0,806	0,806	0,806	0,806
10	1006	0,799	0,798	0,798	0,798	0,798	0,798
11	1005	0,800	0,800	0,8	0,800	0,8	0,8
12	1004	0,520	0,520	0,52	0,520	0,52	0,52
13	1003	0,550	0,550	0,55	0,550	0,55	0,55
14	374	0,341	0,342	0,343	0,344	0,344	0,345
15	373	0,337	0,336	0,336	0,336	0,336	0,336
16	320	0,398	0,398	0,398	0,398	0,398	0,399
17	310	0,651	0,650	0,65	0,650	0,649	0,649
18	270	0,490	0,490	0,489	0,489	0,489	0,49
19	250	0,480	0,395	0,399	0,401	0,403	0,404
20	230	0,379	0,379	0,378	0,380	0,38	0,379
21	220	0,380	0,380	0,379	0,378	0,378	0,378
22	210	0,378	0,380	0,381	0,383	0,384	0,386
23	130	0,502	0,502	0,502	0,502	0,501	0,501
24	120	0,497	0,497	0,498	0,499	0,499	0,499
25	110	0,501	0,501	0,503	0,503	0,503	0,504

2 LEG SCOURING PILE COMPRESSION CRITICAL LOAD									
SCOURING (m)	PL3			PL2			PL1		
	CAPACITY	CRITICAL LOAD	SF	CAPACITY	CRITICAL LOAD	SF	CAPACITY	CRITICAL LOAD	SF
	KIPS	KIPS		KIPS	KIPS		KIPS	KIPS	
0	-4054,3	-1667	2,432	-3929,6	-1672,1	2,350	-3080,5	-2157,8	1,428
3,2	-4054,3	-1696,8	2,389	-3902,3	-1704,2	2,290	-3058,3	-2188,7	1,397
9,5	-4054,3	-1717,4	2,361	-3784,7	-1701,3	2,225	-2931,5	-2194,5	1,336
13,2	-4054,3	-1717,4	2,361	-3701,1	-1691,5	2,188	-2855,7	-2171	1,315
16,1	-4054,3	-1713,7	2,366	-3576,9	-1662,7	2,151	-2748,6	-2161,4	1,272
21	-4054,3	-1700,3	2,384	-3416,9	-1630,8	2,095	-2577,5	-2130,6	1,210

2 LEG SCOURING PILE TENSION CRITICAL LOAD									
SCOURING (m)	PL3			PL2			PL1		
	CAPACITY	CRITICAL LOAD	SF	CAPACITY	CRITICAL LOAD	SF	CAPACITY	CRITICAL LOAD	SF
	KIPS	KIPS		KIPS	KIPS		KIPS	KIPS	
0	2708,5	697,7	3,882	2582,7	683,4	3,779	3161,5	222,6	14,203
3,2	2708,5	727,1	3,725	2545,0	711,5	3,577	3140,2	248,2	12,652
9,5	2524,3	750,2	3,365	2406,6	730,5	3,294	2980,9	258,1	11,549
13,2	2708,5	744,7	3,637	2312,6	680,2	3,400	2891,6	247,2	11,697
16,1	2708,5	752,1	3,601	2181,3	650	3,356	2778,5	234,2	11,864
21	2708,5	738,3	3,669	2010,1	613,7	3,275	2595,1	216,1	12,009

Scouring Pada 3 Kaki

3 LEG SCOURING MEMBER GROUP UNITY SUMMARY ON DECK							
CRITICAL GROUP MEMBER		SCOURING (m)					
		0	3,2	9,5	13,2	16,1	21
DESCRIPTION	MEMBER GROUP	MAX. UC	MAX. UC	MAX. UC	MAX. UC	MAX. UC	MAX. UC
MAIN DECK	MD1	0,62	0,62	0,62	0,62	0,62	0,62
CELLAR DECK	CD1	0,60	0,60	0,60	0,60	0,6	0,6
DECK LEG	DL1	0,21	0,21	0,21	0,22	0,23	0,24
CRANE	JB1	0,79	0,79	0,79	0,79	0,79	0,79

3 LEG SCOURING MEMBER GROUP UNITY SUMMARY ON JACKET							
CRITICAL GROUP MEMBER		SCOURING (m)					
		0	3,2	9,5	13,2	16,1	21
DESCRIPTION	MEMBER GROUP	MAX. UC	MAX. UC	MAX. UC	MAX. UC	MAX. UC	MAX. UC
JACKET LEG	LG4	0,29	0,29	0,28	0,29	0,28	0,29
PILE	PL2	0,73	0,82	1	1,05	1,05	1,01
D.BRACE	BR1	0,64	0,65	0,61	0,56	0,49	0,43
H.BRACE	H23	0,41	0,51	0,89	1,08	1,35	1,64

3 LEG SCOURING JOINT CAN LOAD UC							
NO	JOINT CAN	SCOURING (m)					
		0	3,2	9,5	13,2	16,1	21
1	303L	0,464	0,482	0,675	0,804	0,995	1,225
2	302L	0,429	0,431	0,476	0,506	0,549	0,61
3	301L	0,458	0,455	0,39	0,337	0,307	0,328
4	203L	0,660	0,834	1,533	1,899	2,362	2,817
5	202L	0,432	0,457	0,525	0,581	0,642	0,698
6	201L	0,469	0,498	0,567	0,665	0,78	0,892
7	103L	0,539	0,567	0,585	0,571	0,557	0,587
8	102L	0,297	0,306	0,308	0,305	0,293	0,272
9	101L	0,292	0,304	0,307	0,299	0,281	0,268
10	1006	0,033	0,033	0,032	0,031	0,031	0,03
11	1005	0,036	0,036	0,035	0,034	0,033	0,033
12	1004	0,038	0,038	0,039	0,039	0,039	0,039
13	1003	0,366	0,366	0,366	0,366	0,366	0,366
14	374	0,141	0,144	0,157	0,169	0,186	0,204
15	373	0,148	0,149	0,157	0,167	0,179	0,192
16	320	0,087	0,088	0,101	0,111	0,126	0,144
17	310	0,189	0,191	0,193	0,192	0,193	0,194
18	270	0,121	0,132	0,173	0,194	0,224	0,255
19	250	0,118	0,126	0,163	0,184	0,216	0,249
20	230	0,163	0,160	0,18	0,204	0,238	0,276
21	220	0,076	0,068	0,072	0,077	0,09	0,109
22	210	0,119	0,117	0,123	0,139	0,173	0,214
23	130	0,430	0,441	0,417	0,390	0,344	0,291
24	120	0,371	0,406	0,49	0,526	0,562	0,591
25	110	0,428	0,439	0,417	0,391	0,346	0,293

3 LEG SCOURING JOINT CAN STRENGTH UC							
NO	JOINT CAN	SCOURING (m)					
		0	3,2	9,5	13,2	16,1	21
1	303L	0,833	0,833	0,832	0,846	0,846	0,846
2	302L	0,664	0,664	0,663	0,663	0,663	0,663
3	301L	0,708	0,710	0,712	0,712	0,711	0,709
4	203L	1,094	1,094	1,095	1,078	1,081	1,082
5	202L	1,082	1,082	1,081	1,082	1,082	1,082
6	201L	1,099	1,099	1,099	1,099	1,099	1,098
7	103L	1,060	1,060	1,06	1,060	1,06	1,06
8	102L	0,806	0,806	0,806	0,806	0,806	0,806
9	101L	0,806	0,806	0,806	0,806	0,806	0,806
10	1006	0,799	0,798	0,798	0,798	0,798	0,798
11	1005	0,800	0,800	0,8	0,800	0,8	0,8
12	1004	0,520	0,520	0,52	0,520	0,519	0,519
13	1003	0,550	0,550	0,55	0,550	0,55	0,55
14	374	0,341	0,342	0,343	0,344	0,346	0,347
15	373	0,337	0,336	0,335	0,335	0,337	0,338
16	320	0,398	0,398	0,397	0,396	0,396	0,396
17	310	0,651	0,650	0,65	0,650	0,65	0,65
18	270	0,490	0,490	0,49	0,491	0,492	0,494
19	250	0,480	0,396	0,401	0,511	0,516	0,522
20	230	0,379	0,379	0,381	0,382	0,382	0,389
21	220	0,380	0,380	0,378	0,378	0,378	0,378
22	210	0,378	0,380	0,387	0,391	0,396	0,402
23	130	0,502	0,502	0,502	0,501	0,501	0,501
24	120	0,497	0,497	0,498	0,498	0,497	0,497
25	110	0,501	0,501	0,501	0,501	0,501	0,501

3 LEG SCOURING PILE COMPRESSION CRITICAL LOAD									
SCOURING (m)	PL3			PL2			PL1		
	CAPACITY	CRITICAL LOAD	SF	CAPACITY	CRITICAL LOAD	SF	CAPACITY	CRITICAL LOAD	SF
	KIPS	KIPS		KIPS	KIPS		KIPS	KIPS	
0	-4054,3	-1667	2,432	-3929,6	-1672,1	2,350	-3080,5	-2157,8	1,428
3,2	-4025,4	-1708,2	2,357	-3902,3	-1701,1	2,294	-3058,3	-2188,7	1,397
9,5	-3902,5	-1717,6	2,272	-3784,7	-1725,1	2,194	-2931,5	-2199,6	1,333
13,2	-3829,3	-1716,2	2,231	-3701,1	-1721,8	2,150	-2855,7	-2174,5	1,313
16,1	-3701	-1701,1	2,176	-3576,9	-1711,6	2,090	-2748,6	-2136,5	1,286
21	-3535	-1678,8	2,106	-3416,9	-1690,3	2,021	-2577,5	-2074,4	1,243

3 LEG SCOURING PILE TENSION CRITICAL LOAD									
SCOURING (m)	PL3			PL2			PL1		
	CAPACITY	CRITICAL LOAD	SF	CAPACITY	CRITICAL LOAD	SF	CAPACITY	CRITICAL LOAD	SF
	KIPS	KIPS		KIPS	KIPS		KIPS	KIPS	
0	2708,5	697,7	3,882	2582,7	683,4	3,779	3161,5	222,6	14,203
3,2	2668,8	726,6	3,673	2545,0	711,3	3,578	3140,2	241,2	13,019
9,5	2524,3	750,2	3,365	2406,6	730,5	3,294	2980,9	258,1	11,549
13,2	2439,7	744,7	3,276	2312,6	725,3	3,188	2891,6	245,6	11,774
16,1	2304,1	718,1	3,209	2181,3	702,6	3,105	2778,5	216,8	12,816
21	2126,4	685,1	3,104	2010,1	668,7	3,006	2595,1	174,8	14,846

LAMPIRAN 5

Hasil Analisis Kombinasi *P-delta Effect* dan *scouring*

PDELTA 15% & 3 LEG SCOURING MEMBER GROUP UNITY SUMMARY ON DECK							
CRITICAL GROUP MEMBER		SCOURING (m)					
		0	3,2	9,5	13,2	16,1	21
DESCRIPTION	MEMBER GROUP	MAX. UC	MAX. UC	MAX. UC	MAX. UC	MAX. UC	MAX. UC
MAIN DECK	MD1	0,62	0,63	0,63	0,63	0,63	0,63
CELLAR DECK	CD1	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60
DECK LEG	DL1	0,21	0,22	0,23	0,23	0,24	0,24
CRANE	JB1	0,79	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80

PDELTA 15% & 3 LEG SCOURING MEMBER GROUP UNITY SUMMARY ON JACKET							
CRITICAL GROUP MEMBER		SCOURING (m)					
		0	3,2	9,5	13,2	16,1	21
DESCRIPTION	MEMBER GROUP	MAX. UC	MAX. UC	MAX. UC	MAX. UC	MAX. UC	MAX. UC
JACKET LEG	LG4	0,29	0,31	0,30	0,30	0,30	0,30
PILE	PL2	0,73	0,86	1,07	1,13	1,14	1,1
D.BRACE	BR1	0,64	0,69	0,64	0,60	0,53	0,46
H.BRACE	H23	0,41	0,52	0,89	1,1	1,37	1,68

PDELTA 15% & 3 LEG SCOURING JOINT CAN LOAD UC							
NO	JOINT CAN	SCOURING (m)					
		0	3,2	9,5	13,2	16,1	21
1	303L	0,464	0,506	0,658	0,751	0,878	1,015
2	302L	0,429	0,473	0,53	0,565	0,603	0,627
3	301L	0,458	0,484	0,482	0,481	0,48	0,481
4	203L	0,660	0,845	1,545	1,920	2,408	2,898
5	202L	0,432	0,479	0,534	0,591	0,653	0,734
6	201L	0,469	0,518	0,584	0,689	0,812	0,925
7	103L	0,539	0,613	0,62	0,588	0,539	0,492
8	102L	0,297	0,318	0,324	0,322	0,314	0,328
9	101L	0,292	0,316	0,324	0,317	0,301	0,275
10	1006	0,033	0,035	0,034	0,033	0,032	0,03
11	1005	0,036	0,041	0,038	0,037	0,034	0,034
12	1004	0,038	0,039	0,039	0,039	0,039	0,039
13	1003	0,366	0,368	0,368	0,369	0,369	0,37
14	374	0,141	0,146	0,16	0,174	0,194	0,215
15	373	0,148	0,147	0,157	0,168	0,183	0,198
16	320	0,087	0,091	0,097	0,104	0,113	0,124
17	310	0,189	0,191	0,196	0,202	0,208	0,213
18	270	0,121	0,133	0,173	0,196	0,227	0,263
19	250	0,118	0,123	0,16	0,184	0,218	0,255
20	230	0,163	0,160	0,18	0,205	0,242	0,287
21	220	0,076	0,069	0,073	0,078	0,09	0,111
22	210	0,119	0,116	0,122	0,140	0,177	0,22
23	130	0,430	0,468	0,446	0,415	0,365	0,322
24	120	0,371	0,419	0,519	0,571	0,64	0,725
25	110	0,428	0,465	0,444	0,414	0,361	0,311

PDELTA 15% & 3 LEG SCOURING JOINT CAN STRENGTH UC							
NO	JOINT CAN	SCOURING (m)					
		0	3,2	9,5	13,2	16,1	21
1	303L	0,833	0,833	0,832	0,848	0,847	0,869
2	302L	0,664	0,664	0,664	0,664	0,664	0,664
3	301L	0,708	0,715	0,717	0,718	0,717	0,717
4	203L	1,094	1,095	1,096	1,078	1,081	1,082
5	202L	1,082	1,082	1,081	1,084	1,084	1,085
6	201L	1,099	1,100	1,101	1,101	1,1	1,099
7	103L	1,060	1,060	1,06	1,060	1,06	1,06
8	102L	0,806	0,806	0,806	0,806	0,806	0,806
9	101L	0,806	0,806	0,806	0,806	0,806	0,806
10	1006	0,799	0,799	0,799	0,799	0,799	0,799
11	1005	0,800	0,800	0,8	0,800	0,8	0,8
12	1004	0,520	0,520	0,52	0,520	0,52	0,519
13	1003	0,550	0,550	0,55	0,550	0,55	0,55
14	374	0,341	0,343	0,344	0,345	0,346	0,346
15	373	0,337	0,336	0,336	0,335	0,337	0,339
16	320	0,398	0,398	0,398	0,398	0,398	0,399
17	310	0,651	0,651	0,65	0,650	0,649	0,649
18	270	0,490	0,491	0,491	0,491	0,492	0,495
19	250	0,480	0,396	0,501	0,511	0,517	0,521
20	230	0,379	0,379	0,382	0,382	0,383	0,39
21	220	0,380	0,380	0,378	0,378	0,378	0,379
22	210	0,378	0,381	0,387	0,391	0,397	0,402
23	130	0,502	0,502	0,502	0,502	0,502	0,502
24	120	0,497	0,497	0,498	0,498	0,498	0,498
25	110	0,501	0,501	0,501	0,501	0,501	0,501

PDELTA 15% & 3 LEG SCOURING PILE COMPRESSION CRITICAL LOAD									
SCOURING (m)	PL3			PL2			PL1		
	CAPACITY	CRITICAL LOAD	SF	CAPACITY	CRITICAL LOAD	SF	CAPACITY	CRITICAL LOAD	SF
	KIPS	KIPS		KIPS	KIPS		KIPS	KIPS	
0	-4054,3	-1667	2,432	-3929,6	-1672,1	2,350	-3080,5	-2157,8	1,428
3,2	-4020	-1765,5	2,277	-3897,1	-1772,1	2,199	-3053,8	-2297,4	1,329
9,5	-3886,3	-1792,3	2,168	-3769,1	-1800,9	2,093	-2915,7	-2310,9	1,262
13,2	-3807,4	-1794,5	2,122	-3680,3	-1805,5	2,038	-2833,2	-2289,7	1,237
16,1	-3675,4	-1789,4	2,054	-3552,5	-1803,5	1,970	-2723,1	-2236,7	1,217
21	-3503,6	-1788,6	1,959	-3386,9	-1806,2	1,875	-2545,8	-2161,2	1,178

PDELTA 15% & 3 LEG SCOURING PILE TENSION CRITICAL LOAD									
SCOURING (m)	PL3			PL2			PL1		
	CAPACITY	CRITICAL LOAD	SF	CAPACITY	CRITICAL LOAD	SF	CAPACITY	CRITICAL LOAD	SF
	KIPS	KIPS		KIPS	KIPS		KIPS	KIPS	
0	2708,5	697,7	3,882	2582,7	683,4	3,779	3161,5	222,6	14,203
3,2	2674,2	819,4	3,264	2550,2	802,3	3,179	3144,7	284,3	11,061
9,5	2540,5	848,6	2,994	2422,2	827,9	2,926	2996,6	317,5	9,438
13,2	2461,6	846,7	2,907	2333,4	826,4	2,824	2914,1	304,2	9,580
16,1	2329,6	830,3	2,806	2205,7	809,5	2,725	2804,0	270,7	10,358
21	2157,8	812	2,657	2040,1	790,4	2,581	2626,7	221,2	11,875

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BIODATA PENULIS

Miftahul Rizal Imamy, lahir di Surabaya pada tanggal 27 Maret 1998. Merupakan anak pertama dari tiga bersaudara dari pasangan Bapak Kompol Kemadji yang berdinas sebagai POLRI dan Ibu Siti Hamilah S.Pd. yang berdinas sebagai Guru PNS. Penulis menempuh pendidikan S1 Program Studi Teknik Kelautan, Fakultas Teknologi Kelautan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya tahun 2016-2020. Penulis menempuh Pendidikan sekolah dasar di SD Muhammadiyah 1 Taman, Sidoarjo pada tahun 2004-2010. Kemudian melanjutkan Pendidikan di SMPN 1 Taman, Sidoarjo pada tahun 2010-2013. Penulis melanjutkan Pendidikan menengah atas di SMAN 10 Surabaya pada tahun 2013-2016. Pada tahun 2016, penulis mengikuti SBMPTN dan melanjutkan pendidikan Strata 1 di Departemen Teknik Kelautan, Fakultas Teknologi Kelautan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya. Selama Kuliah penulis aktif di berbagai organisasi kemahasiswaan di antaranya: Kepala Divisi Relasi Himpunan Mahasiswa Departemen Teknik Kelautan (HIMATEKLA FTK ITS : 2018-2019). Penulis juga aktif dalam berbagai kegiatan keilmiahan dan merupakan anggota Studio Gambar (2017-2018) kemudian Laboratorium Hidrodinamika (2019-2020) Departemen Teknik Kelautan FTK ITS. Penulis menjalani kerja praktek selama dua bulan di Minarak Brantas Gas, Inc., Sidoarjo pada bulan Juli-September tahun 2019.