

14040 /H/02

TUGAS AKHIR
OE. 1701

**ANALISA KEANDALAN PONDASI TIANG PANCANG
JACKET TERHADAP STABILITAS SOIL PLUG**

PERPUSTAKAAN	
I T S	
Tgl. Terima	26 - 7 - 2000
Terima Dari	H
No. Agenda Prp.	21.1304



RSKe
624. 154
Efe
a-1
1999

Oleh :

SAMSUL EFENDI
NRP. 4394100014

JURUSAN TEKNIK KELAUTAN
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
1999



LEMBAR PENGESAHAN



LEMBAR PENGESAHAN

ANALISA KEANDALAN PONDASI TIANG PANCANG JACKET TERHADAP STABILITAS SOIL PLUG

TUGAS AKHIR

Diajukan Guna Memenuhi Salah Satu Syarat
Untuk Menyelesaikan Studi Program Sarjana

Pada

Jurusan Teknik Kelautan

Fakultas Teknologi Kelautan

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Surabaya

Surabaya, Agustus 1999

Mengetahui / Menyetujui

Dosen Pembimbing I,



Ir. Daniel M. Rosyid, Ph.D

NIP. 131 782 038

Dosen Pembimbing II,



Ir. W.A. Pratikto, M.Sc., Ph.D

NIP. 130 816 210



ABSTRAK



ABSTRAK

Tugas akhir ini menganalisa keandalan *pile* terhadap stabilitas soil plug bila diberikan beban aksial tertentu. Analisa dilakukan dengan menggunakan metode A.F.O.S.M (*Advanced First Order Second Moment*) dengan memakai perubah - perubah acak yaitu *unit skin friction resistant*, luas kulit bagian dalam *pile*, *unit weight per length of soil plug*, kedalaman *pile*, dan *unit end bearing capacity*. Data diperoleh dari data tanah dan data struktur tiang pancang jacket empat kaki milik Elf Petroleum Asia b.v. yang akan beroperasi di ladang minyak Maharaja Lela/Jamalulalam Brunei Darussalam. Untuk kondisi beban aksial target tetap (7864.637 Kips), diameter *pile* tetap (4.5 ft), ketebalan *pile* tetap (0.3 ft) untuk K (*horizontal stress coefficient*) sebesar 0.7 maka indeks keandalan $\beta = 1.756657$. Sedangkan untuk $K = 0.8, 0.9$,dan 1.0 pada kondisi yang sama , indeks keandalan β yang dihasilkan akan turun menjadi 1.728751, 1.723963, dan 1.719010. Bila K konstan sebesar 0.7 sedangkan kondisi beban aksial target tetap (7864.637 Kips),ketebalan *pile* tetap (0.3 ft),maka dengan diameter *pile* sebesar 4.5 ft , dihasilkan indeks keandalan $\beta = 1.756657$. Untuk kenaikan diameter *pile* menjadi 5.0 ft dan 5.5 ft maka terjadi penurunan indeks keandalan β menjadi 1.704234 dan 1.648877. Untuk kondisi beban aksial target tetap (7864.637 Kips) dengan K tetap (0.7) dan diameter *pile* tetap ($D_o = 4.5$ ft) maka pada ketebalan *pile* 0.3 ft, menghasilkan indeks keandalan β sebesar 1.756657. Dengan kenaikan ketebalan *pile* menjadi 0.5 ft dan 0.7 ft, menghasilkan kenaikan indeks keandalan $\beta = 1.779234$ dan 1.781621. Pada kondisi K tetap (0.7) , D_o tetap (4.5 ft), dan ketebalan *pile* tetap (0.3 ft) , dengan beban aksial target (7864.637 Kips) dicapai indeks keandalan β sebesar 1.756657. Dengan menaikkan beban aksial sebesar 8047.651 Kips, mengakibatkan naiknya indeks keandalan β menjadi 1.760727.

KATA PENGANTAR



KATA PENGANTAR

Bismillahirrohmaanirrohiim.

Alhamdulillahirobbil'almiin, segala puji dan syukur kehadirat Allah SWT karena berkat karunia - Nya, penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini dengan tepat waktu.

Penulis menyadari bahwa berbagai pihak telah membantu penulis dalam penyelesaian tugas akhir ini. Untuk itu penulis ingin menyampaikan rasa terima kasih dan penghargaan yang baik atas segala keikhlasannya. Rasa terima kasih tersebut terutama kepada :

1. Ayah, Ibu, dan saudara-saudaraku tercinta atas do'a restunya dan segala dukungannya.
2. Ir. Daniel M Rosyid, PhD. dan Ir. W.A. Pratikto, MSc.,PhD., selaku dosen pembimbing yang dengan segala kesabaran dan ketulusan beliau - beliau dalam membimbing dan mengarahkan penulis.
3. Ir. Mas Murtedjo, M.Eng selaku dosen wali yang memberikan pengarahan selama menempuh studi di ITS tercinta.
4. Ir. Eko B Djatmiko, MSc.,PhD., selaku ketua jurusan teknik kelautan beserta bapak-bapak dosen yang telah memberikan ilmunya.
5. Arek Laut '94 beserta kakak-kakak kelas angkatan '93 , '92 dan senior yang lain atas segala suasana yang mendukung selama penulis menempuh studi di ITS.
6. Arek-arek Mako dan Menwa ITS atas segala pelatihannya yang bermanfaat bagi penulis.
7. Teman - temanku : Mupid, Budi, Kopral, Suneo, Doraemon, Heny, Hesty, Santy, Back,DJ, dan lain-lain atas segala yang menyenangkan bersama penulis.
8. Serta semua pihak yang tidak sempat penulis sebutkan disini dan tanpa mengurangi rasa hormat dan terima kasih penulis.

Penulis menyadari bahwa tugas akhir ini jauh dari kesempurnaan, oleh sebab itu saran dan kritik untuk penyempurnaannya sangatlah diperlukan. Akhirnya semoga tugas akhir ini dapat memberikan manfa'at kepada pada pembaca.

Surabaya, Agustus 1999

Penulis

DAFTAR NOTASI



DAFTAR NOTASI

- Q : *Ultimate axial capacity*
Qs : *Total shear yield force (skin friction resistant)*
Qp : *Total end normal yield force (end bearing)*
fs : *Unit skin resistant*
As : Luasan kulit pile
q : *Unit end bearing capacity*
Ap : Luasan alas pile
Fc : *The ultimate compressive loading capacity*
 q_i : *Unit end bearing capacity soil plug*
 A_i : Luas alas soil plug
 f_i : *Unit skin friction resistant soil plug*
 A_{si} : Luasan kulit bagian dalam pile
 w_s : Berat tiap satuan panjang soil plug
L : Kedalaman pile
Qps : *End bearing capacity soil plug*
Qss : *Skin friction resistant soil plug*
Ws : Berat soil plug
 α : Koefisien adhesi
Cu : *Undrained shear strength*
Nc : *Bearing capacity factor*
 f : *Unit shear yield force (skin friction) capacity*
K : *Horizontal stress coefficient*
 $\tan \delta$: *Coefficient friction between pile and soil*
 q : *Unit end normal yield force (end bearing) capacity*
 N_q : *Bearing capacity factor*
 γ_s : *Submerged specific weight of the sand*
fz(z) : Probability density function dari z
 $\Phi_N()$: Fungsi distribusi normal standar

- β : Reliability index
 α : Vektor normal satuan
k : Resultan panjang vektor satuan α
Do : Diameter *pile*
t : Tebal *pile*



DAFTAR ISI



DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	
ABSTRAK	i
KATA PENGANTAR	ii
DAFTAR NOTASI	iii
DAFTAR ISI	v
DAFTAR TABEL	vii
DAFTAR GAMBAR	ix
BAB I PENDAHULUAN	I-1
I.1. Latar Belakang	I-1
I.2. Perumusan Masalah	I-3
I.3. Batasan Masalah	I-3
I.4. Tujuan	I-4
I.5. Manfaat	I-4
I.6. Metodologi dan Model Analisis	I-4
BAB II DASAR TEORI	II-1
II.1. Umum	II-1
II.2. Keandalan Pondasi Tiang Pancang	II-1
II.3. Beban Aksial Pada Tiang Pancang Jacket	II-2
II.3.1. Beban Mati (<i>Dead Load</i>)	II-2
II.3.2. Beban Hidup (<i>Live Load</i>)	II-3
II.4. Soil Plug Pada Pile	II-3
II.5. Kapasitas Daya Dukung Aksial Pile	II-4
II.6. Moda Kegagalan Sistem	II-7
II.7. Kondisi Tanah	II-7
II.8. Konsep Ketidakpastian	II-9
II.9. Perubah Acak dan Fungsi Kerapatan Peluang	II-10
II.10. Diagram Interferensi	II-13
II.11. Distribusi Peluang	II-16

DAFTAR TABEL



DAFTAR TABEL

	Hal
Tabel 2.1 Perubah - perubah Dasar	II-7
Tabel 2.2 Tipe Parameter Design Untuk Perhitungan Kapasitas Pile	II-9
Tabel 3.1 Kondisi Tanah	III-2
Tabel 3.2 Hubungan Beban Aksial, Kedalaman Pile (L), Luas Alas Soil Plug, Luas Kulit Pile Dalam	III-3
Tabel 3.3 Karakterisasi Perubah Dasar	III-6
Tabel 3.4. Kondisi Beban Aksial terhadap rata - rata L, Ai, dan Asi dengan diameter <i>pile</i> (Do) = 4.5 ft , tebal <i>pile</i> = 0.3 ft pada K (<i>Horizontal Stress Coefficient</i>): a. 0.7, b. 0.8, c. 0.9, d. 1.0	III-11
Tabel 3.5. Kondisi Beban Aksial terhadap rata - rata L, Ai, dan Asi dengan K (<i>Horizontal Stress Coefficient</i>) = 0.7, tebal <i>pile</i> = 0.3 ft pada diameter <i>pile</i> (Do) : a. 4.5 ft, b.5.0 ft, c.5.5 ft	III-12
Tabel 3.6. Kondisi Beban Aksial terhadap rata - rata L, Ai, dan Asi dengan K (<i>Horizontal Stress Coefficient</i>) = 0.7 , diameter <i>pile</i> (Do)= 4.5 ft pada tebal <i>pile</i> : a. 0.3ft, b.0.5, c.0.7	III-13
Tabel 3.7. Hasil Perhitungan Indeks Keandalan pada K tertentu, diameter <i>pile</i> (D ₀) = 4.5 ft, tebal <i>pile</i> = 0.3 ft, kondisi beban aksial :a. ke -1 (7864.637 Kips), b. ke-2 (8047.651 Kips) , c. ke-3 (8230.665 Kips), d. ke-4 (8413.678 Kips), e. ke-5 (596692 Kips).	III-14
Tabel 3.8. Hasil Perhitungan Indeks Keandalan pada diameter <i>pile</i> (D ₀) tertentu, K = 0.7, tebal <i>pile</i> = 0.3 ft, kondisi beban aksial : a. ke -1 (7864.637 Kips), b. ke-2 (8047.651 Kips), c. ke-3 (8230.665 Kips), d. ke-4 (8413.678 Kips), e. ke-5 (596692 Kips).	III-15

Tabel 3.9. Hasil Perhitungan Indeks Keandalan pada tebal *pile* tertentu,
K = 0.7, diameter *pile* (D_0) = 4.5 ft, kondisi beban aksial
: a. ke-1 (7864.637 Kips), b. ke-2 (8047.651 Kips), c. ke-3
(8230.665 Kips), d. ke-4 (8413.678 Kips), e. ke-5 (596692 Kips). III-16

DAFTAR GAMBAR



DAFTAR GAMBAR

	Hal
Gambar 1.1 Model Analisis	I-6
Gambar 2.1 Kapasitas pile dengan ujung terbuka	II-4
Gambar 2.2 Gaya yang terjadi pada pile	II-5
Gambar 2.3 Korelasi antara α dan C_u	II-8
Gambar 2.4 Perubah acak	II-10
Gambar 2.5 Grafik fungsi diskret	II-11
Gambar 2.6 Kurva PDF dan CDF	II-12
Gambar 2.7 Distribusi beban dan kekuatan yang saling lepas	II-13
Gambar 2.8 Distribusi beban dan kekuatan yang saling memotong	II-14
Gambar 2.9 Interferensi dua distribusi peluang (Beban-Kekuatan)	II-15
Gambar 2.10 Fungsi kerapatan peluang untuk $Z = R - Q$	II-19
Gambar 2.11 Definisi batas kegagalan	II-20
Gambar 2.12 Daerah batas	II-22
Gambar 3.1 Diagram Alir Iterasi Metode AFOSM	III-10
Gambar 3.2 Grafik Indeks Keandalan Pada Variasi Beban Aksial Terhadap Do	III-17
Gambar 3.3 Grafik Indeks Keandalan Pada Variasi Beban Aksial Terhadap K	III-17
Gambar 3.4 Grafik Indeks Keandalan Pada Varisai Beban Aksial Terhadap Ketebalan Pile	III-18
Gambar 3.5 Grafik Indeks Keandalan Pada Variasi Beban Aksial	III-18

BAB I

PENDAHULUAN

BAB I

PENDAHULUAN

I. 1. LATAR BELAKANG

Secara tradisional, perancangan suatu struktur biasanya menggunakan pendekatan deterministik yang biasanya tidak terlalu mempertimbangkan tentang variasi harga parameter-parameter dasar (misalnya : massa, dimensi , kekuatan, gaya gesekan). Padahal variabel-variabel tersebut tidak pernah absolut, tetapi mempunyai distribusi peluang yang mencerminkan ketidakpastian-ketidakpastian yang terkandung didalamnya. Bila ketidakpastian parameter-parameter perancangan tidak diantisipasi sebagaimana mestinya, dan hanya prosedur konvensional yang digunakan untuk menjamin keselamatan struktur , misalnya memakai angka keselamatan (*Safety Factor*) dari *Rules*, maka biasanya rancangan yang dihasilkan akan berlebihan (*Over Designed*). Untuk mereduksi hasil rancangan yang berlebihan dibutuhkan penilaian yang lebih rasional mengenai ketidakpastian-ketidakpastian yang berhubungan dengan struktur.

Dalam dekade terakhir ini banyak perancang maupun analis mulai menerapkan pendekatan probabilitas dalam rancangan maupun analisanya. Dengan menerapkan teknik analisa probabilistik, yang dimaksudkan untuk menilai aspek keselamatan struktur, akan diperoleh pijakan yang lebih rasional atas tingkat keselamatan / resiko struktur rancangannya.

Dalam hal pondasi, beberapa peneliti dan analis menerapkan pendekatan keandalan pada analisanya. Pengestimasian terhadap nilai rata-rata (*mean value*) dan standard deviasi dapat dilakukan pada defleksi lateral dan momen pile yang terpanjang pada lempung (*soft clay*) dan dapat digunakan variasi kurva p-y pada sebuah model

pondasi (Ruiz, 1984 & 1986). Analisa keandalan dapat dilakukan pada displacement lateral di atas pile yang diberi beban (Folse, 1989). Penyelidikan efek variasi tanah dapat dilakukan pada pile yang mengalami tarikan (*tension*) (Ronold, 1990). Analisa kegagalan dapat dilakukan pada kondisi lateral (*lateral failure*), rotasi (*rotational failure*), aksial (*axial failure*) terhadap pondasi yang dihitung sebagai suatu kesatuan kegagalan sistem (Cazzulo et al, 1986).

Pondasi tiang pancang atau pile pada jacket digunakan untuk mentransfer beban yang bekerja pada struktur ke lapisan tanah pendukung. Pada saat akan melakukan instalasi bangunan diatas jacket seperti *deck module*, peralatan, dan fasilitas produksi lainnya maka diperlukan gambaran tingkat keandalan pile akibat beban aksial tersebut. Karakteristik dari tanah sangat mempengaruhi kekuatan dari pile untuk stabil, karena gaya geser atau *skin friction resistant* dan gaya normal di bagian bawah pile atau *end bearing capacity* akan menentukan besarnya beban aksial yang dapat ditahan.

Dengan geometri pondasi pile untuk bangunan lepas pantai yang berongga, maka rongga tersebut akan terisi oleh properti material tanah tertentu yaitu *soil plug*. Hal ini akan mendukung adanya gaya geser (*skin friction resistant*) dan gaya normal pada bagian bawah (*end bearing capacity*). Bila kondisi *soil plug* tersebut tidak bergerak lagi maka pile tersebut akan stabil, namun bila sebaliknya maka pile akan mengalami kegagalan untuk menahan beban aksial.

Untuk itu diperlukan analisa keandalan pile terhadap stabilitas *soil plug* tersebut sehingga pile tersebut stabil. Untuk mengetahuinya maka diperlukan analisa kondisi tanah yang ada, gaya geser yang terjadi , *end bearing capacity*, dan keandalan pile terhadap stabilitas *soil plug* akibat beban aksial yang bervariasi, sehingga didapatkan

gambaran keandalan pile yang digunakan pada beban aksial tertentu. Dalam Tugas Akhir ini, untuk studi kasusnya dipilih pile jacket empat kaki milik Elf Petroleum Asia bv yang akan ditempatkan di ladang minyak Maharaja Lela / Jamalulallem Brunei Darussalam. Jacket tersebut akan ditempatkan di Laut Cina Selatan dengan koordinat 553034 m arah Timur dan 596593 m arah Utara, pada kedalaman 61 m dibawah Mean Sea Level. Data tanahnya dari *Geotechnical Site Investigation Maharajalela Field Offshore Brunei* pada *boring log* nomer ML - 2.

I.2. PERUMUSAN MASALAH

Dalam proses perancangan, analisa kekuatan struktur masih banyak menggunakan pendekatan deterministic. Dengan prosedur ini tingkat keselamatan struktur akan cenderung over design. Untuk mengatasi masalah tersebut, diusulkan untuk menggunakan metode probabilistik, yaitu teori keandalan yang dapat diharapkan menghasilkan rancangan yang lebih rasional. Sehingga masalah dalam Tugas Akhir ini dapat dirumuskan sebagai berikut : " *Bagaimana tingkat keandalan pile jacket terhadap stabilitas soil plug akibat beban aksial agar tidak mengalami pergerakan dengan mengambil studi kasus pile milik Elf Petroleum Asia bv yang akan digunakan di ladang minyak MaharajaLela / Jamalulallem Brunei Darussalam ?* "

I.3. BATASAN MASALAH

Untuk memperjelas masalah dan ruang lingkup permasalahan, maka dalam tugas akhir ini memerlukan beberapa batasan masalah dan asumsi-asumsi sebagai berikut :

1. Pile yang dianalisa sudah terpanjang pada kedalaman tertentu.
2. Analisa dilakukan pada geometri dari pile pada kondisi tanpa batter.
3. Struktur tanah dianggap tetap setelah pile terpanjang.
4. Pile dianggap sebagai suatu kesatuan yang kaku sehingga mengabaikan defleksi dari tiang pancang.
5. Beban yang dianalisa adalah beban aksial sedang beban lainnya tidak dianalisa.

I. 4. TUJUAN

Tugas akhir ini mempunyai tujuan yaitu :

Menentukan tingkat keandalan pile terhadap stabilitas soil plug akibat beban aksial pada kondisi tanah tertentu agar tidak bergerak sehingga tidak terjadi penurunan pada struktur.

I. 5. MANFAAT

Dengan analisa Tugas Akhir ini dapat diperoleh beberapa manfaat antara lain :

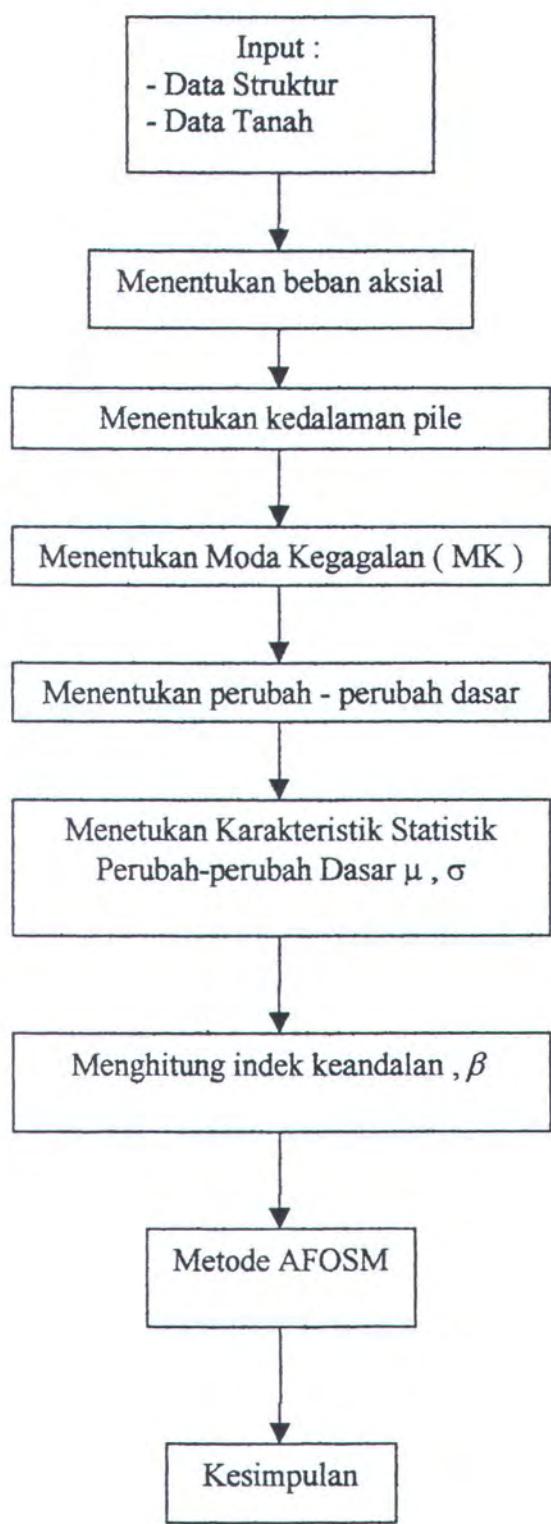
1. Memberikan gambaran tentang keandalan pondasi tiang pancang (*pile*) terhadap stabilitas *soil plug* akibat beban aksial.
2. Memberi masukan untuk pemakai teknik keandalan pada perancangan pile yang sesuai untuk kondisi lingkungan tanah tertentu.

I. 6. METODOLOGI DAN MODEL ANALISIS

Analisa dilakukan berdasarkan konsep-konsep yang digali dari referensi dan literatur. Berdasarkan data-data yang diperoleh berupa geometri pile, geometri struktur

jacket, dan data tanah maka dapat dimulai dengan menentukan beban aksial yang ada yaitu *dead load* yang tetap dan *life load* yang berubah-ubah selama operasional struktur. Dengan memasukkan beban aksial tersebut sebagai kapasitas beban tekan ultimate (*ultimate compressive loading capacity*) kedalam persamaan maka akan diperoleh kedalaman rata - rata penetrasi pile. Setelah itu dilakukan analisa kondisi tanah pada kedalaman yang bervariasi. Dan selanjutnya penentuan moda kegagalan yang akan ditinjau, dalam hal ini *soil plug* dalam kondisi bergerak. Kemudian menentukan perubah-perubah dasarnya. Selanjutnya menentukan karakteristik statistik perubah dasar berupa *mean value* dan standar deviasi.

Dengan studi keandalan *Advanced First Order Second Moment* (AFOSM) dapat diperoleh indeks keandalan pile pada variasi beban aksial tertentu dan kondisi pile tertentu sehingga dapat diperoleh gambaran keandalan pile terhadap stabilitas *soil plug* akibat beban aksial pada lingkungan tertentu. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada diagram berikut :



Gambar 1.1. Model Analisis

BAB II

DASAR TEORI

BAB II

DASAR TEORI

II. 1. Umum

Template adalah jenis bangunan lepas pantai yang biasanya terdiri dari pondasi tiang pancang (*pile*) yang terbuat dari pipa baja (*steel pipe*) dan terpanjang pada kolom-kolom struktur di dasar laut. Hal ini digunakan untuk mentransfer beban deck dan ketahanan terhadap gerakan sebelum kondisi badai. (Dawson, 1983). Dalam keadaan *compression loading* (beban tekan), pile memiliki kapasitas daya dukung tanah yaitu dari *vertical shear force* yang bekerja sepanjang pile dan *vertical normal force* yang bekerja pada bagian dasar pile (Dawson, 1983).

Dalam banyak kasus, *vertical shear force* yang merupakan kontribusi terbesar dari kapasitas daya dukung akan bertambah seiring dengan bertambahnya luas permukaan pile. Pemancangan pada pile digunakan untuk mentransfer beban - beban besar yang ada pada struktur bangunan atas (Dawson, 1983).

II. 2. Keandalan Pondasi Tiang Pancang

Keandalan suatu sistem adalah peluang komponen atau sistem tersebut untuk memenuhi tugas yang telah ditetapkan tanpa mengalami kegagalan selama kurun waktu tertentu apabila dioperasikan dengan benar dalam lingkungan tertentu (Rosyid, 1996).

Dalam dekade terakhir ini banyak perancang maupun analis mulai menerapkan pendekatan probabilitas dalam rancangan maupun analisanya. Dengan menerapkan teknik analisa probabilistik, yang dimaksudkan untuk menilai aspek keselamatan struktur,

akan diperoleh pijakan yang lebih rasional atas tingkat keselamatan / resiko struktur rancangannya.

Dalam hal pondasi, beberapa peneliti dan analis menerapkan pendekatan keandalan pada analisanya. Pengestimasian terhadap nilai rata-rata (*mean value*) dan standard deviasi dapat dilakukan pada defleksi lateral dan momen pile yang terpanjang pada lempung (*soft clay*) dan dapat digunakan variasi kurva p-y pada sebuah model pondasi (Ruiz, 1984 & 1986). Analisa keandalan dapat dilakukan pada displacement lateral di atas pile yang diberi beban (Folse, 1989). Penyelidikan efek variasi tanah dapat dilakukan pada pile yang mengalami tarikan (*tension*) (Ronold, 1990). Analisa kegagalan dapat dilakukan pada kondisi lateral (*lateral failure*), rotasi (*rotational failure*), aksial (*axial failure*) terhadap pondasi yang dihitung sebagai suatu kesatuan kegagalan sistem (Cazzulo et al, 1986).

II. 3. Beban Aksial Pada Tiang Pancang Jacket

Beban aksial yang akan didistribusikan kedalam lapisan tanah melalui pile terdiri dari dua bagian ,yaitu (Joeswan, 1998):

1. Beban Mati (*dead load*)
2. Beban Hidup (*live load*)

II.3.1. Beban Mati (*Dead Load*)

Beban mati (*dead load*) adalah berat struktur dan semua peralatan permanen serta struktur penunjang yang tidak berubah selama mode operasional. *Dead load* terdiri dari :

- Berat struktur platform di udara termasuk berat pile, grout, ballast, railing, decking, paint, superstructure, jacket, stiffeners, piping, conductors, dan lain-lain.

II.3.2. Beban Hidup (*Live Load*)

Beban hidup (*live load*) adalah beban yang berada di atas platform sebelum digunakan dan dapat berubah-ubah selama mode operasional. Live load terdiri dari :

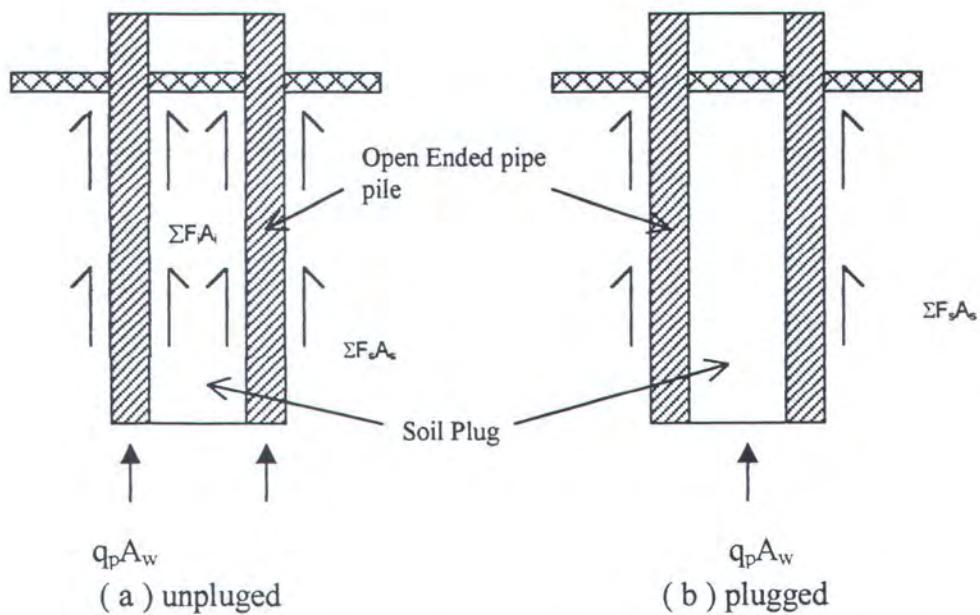
- Berat peralatan pengeboran yang dapat ditambah atau dikurangi dari platform.
- Berat tempat untuk tinggal (*living quarters*), heliport dan peralatan pendukung yang bervariasi lainnya, peralatan diving , dan lain-lain yang bisa ditambahkan dan dikurangi dari platform.
- Berat *consumable supplies* dan *liquid* dalam *storage tanks*.
- Gaya-gaya yang timbul dari struktur itu sendiri akibat operasi, pengeboran, penanganan material, vessel mooring, beban helikopter saat mendarat.

II. 4. Soil Plug Pada Pile

Tiang pancang yang digunakan dilingkungan lepas pantai biasanya menggunakan tiang pancang yang berongga (*open - ended pipe pile*) (Rennie, 1979). Rongga yang ada pada pile tersebut akan terisi oleh propertis material tanah dari lingkungan pile tersebut dan biasa disebut *soil plug*. Terdapat dua fenomena pada *soil plug* sebelum menerima beban aksial yaitu : (Rennie, 1979).

1. Jika penjumlahan *friction force* (gaya geser) yang ada di dalam pile lebih kecil dari gaya yang berada di bawah pile maka pile dinamakan *plug* dan tanah di dalam pile akan turun kebawah seiring dengan adanya beban aksial.
2. Jika gaya yang ada di bawah pile lebih kecil dari penjumlahan gaya geser yang ada di dalam pile ,maka pile tersebut dalam keadaan *unplugged* dan *soil plug* yang berada di dalam pile akan tetap.

Untuk memperjelas kondisi soil plug tersebut, maka dapat dilihat pada gambar 1 tentang kapasitas pile dengan ujung terbuka (*open-ended pile*) yaitu pada kondisi *unplugged* dan *plugged*.



Gambar 2.1. Kapasitas Pile dengan ujung terbuka (Rennie ,1979)

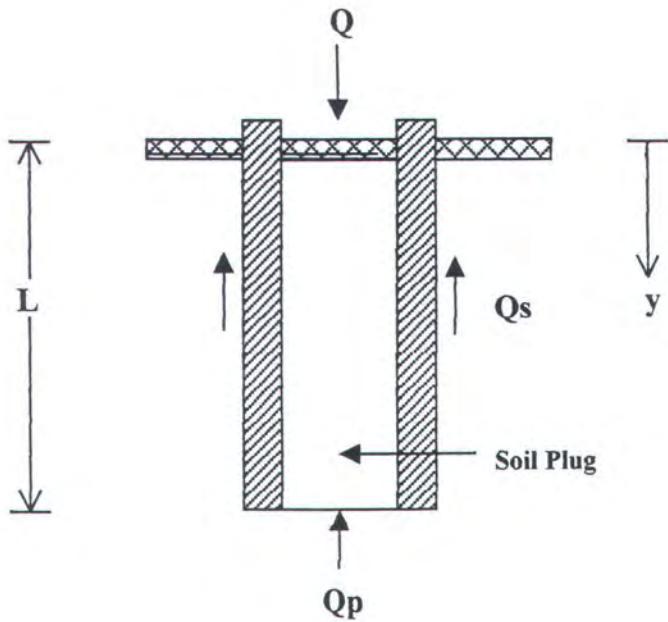
2. 5. Kapasitas Daya Dukung Aksial Pile

Pada kondisi pile yang menerima beban aksial tekan (*compressive*) maka akan terjadi gaya geser (*shear yield force*) yang bekerja sepanjang permukaan pile yang tertanam dalam tanah dan gaya normal yang bekerja pada bagian bawah dari pile (*end normal yield force*). Untuk pile yang berongga yang biasa digunakan pada pekerjaan di lepas pantai, maka kapasitas daya dukung aksial ultimate (*ultimate axial capacity*), Q dapat dirumuskan sebagai berikut (Dawson , 1983) :

$$Q = Q_s + Q_p \quad (2.1)$$

dimana :

- | | | |
|-------|--|--------|
| Q | : <i>Ultimate axial capacity</i> | [lb] |
| Q_s | : <i>Total shear yield force (skin friction resistant)</i> | [lb] |
| Q_p | : <i>Total end normal yield force (end bearing)</i> | [lb] |



Gambar 2.2. Gaya yang terjadi pada pile (Dawson, 1983)

Untuk mencari besarnya *skin friction resistant* pile digunakan persamaan sebagai berikut (Coyle, 1979) :

$$Q_s = f_s \cdot A_s \quad (2.2)$$

dimana :

Q_s	: <i>Skin friction resistant</i>	[lb]
f_s	: <i>Unit skin resistant</i>	[lb/ft ²]
A_s	: Luasan kulit pile	[ft ²]

Sedangkan end bearing capacity dirumuskan sebagai berikut, (Coyle, 1979) :

$$Q_p = q \cdot A_p \quad (2.3)$$

dimana :

Q_p	: <i>End bearing capacity</i>	[lb]
q	: <i>Unit end bearing capacity</i>	[lb/ft ²]
A_p	: Luasan alas pile	[ft ²]

Jika didefinisikan F_c adalah beban aksial kritis (*critical axial loading*) pada pile ditanah , maka kapasitas aksial Q_u , dapat dirumuskan : (Dawson , 1983)

$$Q_u = F_c \quad (2.4)$$

Kapasitas beban tekan ultimate (*the ultimate compressive loading capacity*), F_c pada pile dirumuskan ,sebagai berikut (Dawson, 1983) :

$$F_c = \pi D_0 f . L + q \frac{\pi D_0^2}{4} \quad (2.5)$$

Pada kondisi soil plug tidak bergerak secara umum diekspresikan hubungan sebagai berikut (Dawson , 1983) :

$$q_i \frac{\pi D_i^2}{4} < \pi D_i f_i . L + w_s L \quad (2.6)$$

atau

$$q_i A_i < f_i A_{si} + w_s L \quad (2.6)$$

dimana :

q_i	: <i>Unit end bearing capacity soil plug</i>	[lb/ft ²]
A_i	: Luas alas soil plug	[ft ²]
f_i	: <i>Unit skin friction resistant soil plug</i>	[lb/ft ²]
A_{si}	: Luasan kulit bagian dalam pile	[ft ²]
w_s	: Berat tiap satuan panjang soil plug	[lb /ft]
L	: kedalaman pile	[ft]

2. 6. Moda Kegagalan Sistem

Dengan mengacu pada gerak / stabilitas soil plug maka moda kegagalan pile terhadap stabilitas soil plug dapat ditentukan sebagai berikut :

$$MK(z) = (Q_{ss} + W_s) - Q_{ps} = 0 \quad (2.7) \text{ atau}$$

$$MK(z) = f_i A_{si} + w_s L - q_i A_i = 0 \quad (2.8)$$

dimana :

Q_{ps}	: <i>End bearing capacity soil plug</i>	[lb]
Q_{ss}	: <i>Skin friction resistant soil plug</i>	[lb]
W_s	: Berat soil plug	[lb]
f_i	: <i>unit skin friction resistant soil plug</i>	[lb/ft ²]
A_{si}	: Luas kulit bagian dalam pile	[ft ²]
w_s	: Berat tiap satuan panjang soil plug	[lb/ft]
L	: kedalaman pile	[ft]
q_i	: <i>unit end bearing capacity soil plug</i>	[lb/ft ²]
A_i	: Luas alas soil plug	[ft ²]

Dimana variabel – variabel perubah dasarnya sebagai berikut :

Tabel 2.1. Perubah – perubah dasar

Perubah Dasar
f_i (<i>Unit skin friction resistant soil plug</i>)
q_i (<i>Unit end bearing capacity soil plug</i>)
w_s (<i>Unit weight per length of the soil plug</i>)
A_{si} (<i>Luas kulit bagian dalam pile</i>)
L (<i>kedalaman pile</i>)

II. 7. Kondisi Tanah

Karena kondisi tanah berbeda-beda pada kedalaman tertentu, maka diperlukan perumusan pada f (*skin friction capacity*) dan q (*unit end bearing capacity*) pada tanah *clay* (lempung) dan tanah *sand* (pasir).

II. 7.1. Dengan menggunakan metode α maka

Untuk kondisi tanah *clay* (lempung), (Dawson , 1983)

$$f = \alpha C_u \quad \text{dan} \quad q = N_c C_u \quad (2.9)$$

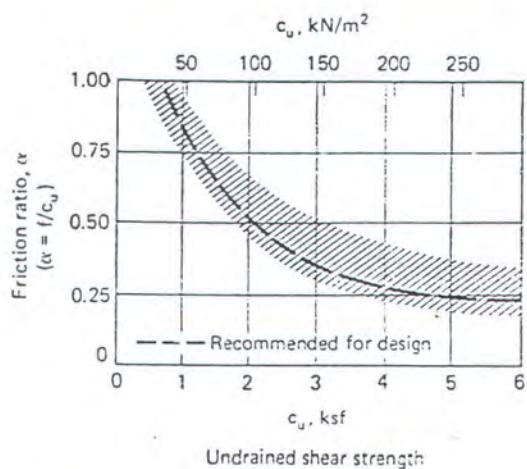
dimana :

α : Koefisien adhesi, untuk soft clay $\alpha = 1$

C_u : *undrained shear strength*

N_c : Bearing capacity factor, untuk consolidated normal , $N_c = 9$ (dalam praktek)

Korelasi antara α dan C_u dapat dilihat pada gambar di bawah ini :



Gambar 2.3. Korelasi antara α dan C_u

(Mc Carthy, 1982)

II. 7.2. Dengan metode γ , maka :

Untuk kondisi tanah pasir / *sand*, maka : (Dawson , 1983)

$$f = K\gamma_s y \tan\delta, \quad \text{dan} \quad q = N_q \gamma_s L \quad (2.10)$$

dimana :

f : *unit shear yield force (skin friction) capacity* [lb/ft²]

K : *Horizontal stress coefficient*

$\tan \delta$: *Coefficient friction between pile and soil*

q : *unit end normal yield force (end bearing) capacity* [lb/ft²]

N_q : *Bearing capacity factor*

γ_s	: Submerged specific weight of the sand	[lb/ft ³]
L	: Kedalaman pile	[ft]

Sebagai acuan dapat digunakan tabel dibawah ini :

Tabel 2.2. Tipe Parameter Design Untuk Perhitungan Kapasitas Pile

Clay	Sand
$\alpha = 1.0, 0 < C < 0.5 \text{ kips/ft}^2$	$\delta = 30^\circ, \gamma_s = 40 - 70 \text{ lb/ft}^3$
$\alpha = 1.25 - 0.5 C, 0.5 < C < 1.5 \text{ kips/ft}^2$	$K = 0.7 - 1.0, f(\max) = 2 \text{ kips/ft}^2$
$\alpha = 0.5, C > 1.5 \text{ kips/ft}^2$	$N_q = 40, q(\max) = 200 \text{ kips/ft}^2$
All clay, $N_c = 9$	

(Sumber : Based on criteria given by McClelland et.al (1976) dan the American Petroleum Institute (API, 1980).

II.8. Konsep ketidakpastian

Dalam setiap proses perancangan sistem rekayasa, akan ditemui ketidakpastian-ketidakpastian. Ketidakpastian tersebut dikarenakan oleh keterbatasan pengetahuan manusia tentang alam dan adanya ketidakseragaman variabel-variabel yang terdapat pada sistem rekayasa tersebut. Secara umum ketidakpastian - ketidakpastian dalam proses perancangan dikelompokkan menjadi 3 (tiga) bagian, yaitu (Rosyid, 1996) :

1. Ketidakpastian fisik

Adanya ketidakseragaman beban, sifat-sifat material dan ukuran - ukuran material.

2. Ketidakpastian statistik

Ketidakpastian yang diakibatkan ketidakseragaman kualitas dan kuantitas sampel data.

3. Ketidakpastian model

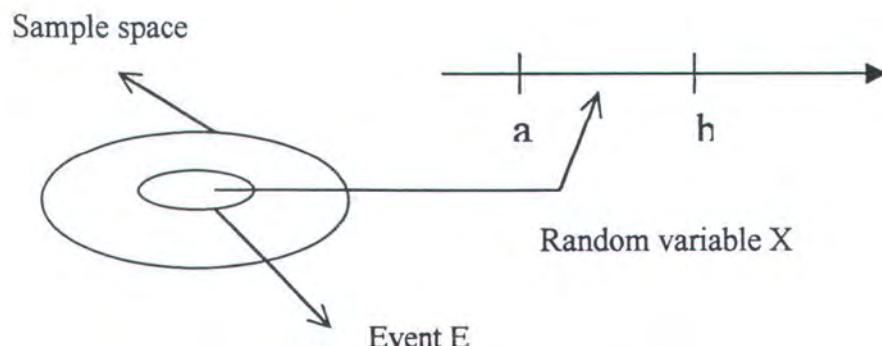
Ketidaksamaan antara sistem nyata dengan model yang dipakai untuk mewakili sifat-sifat sistem tersebut.

Analisa keandalan menitikberatkan pada perilaku dan pemilihan ketidakpastian secara rasional dan menyangkut masalah pengambilan keputusan yang rasional. Perilaku rasional dari ketidakpastian bisa dinyatakan sebagai berikut (Thoft-Christensen & Baker ,1982) :

" Semua besaran (kecuali konstanta fisik dan matematis) yang langsung masuk dalam perhitungan teknik, dalam kenyataannya tidak tentu. Kenyataan ketidakpastian ini secara implisit disebutkan dalam kode-kode, yaitu apa yang disebut faktor keamanan ".

II.9. Perubah Acak dan Fungsi Kerapatan Peluang

Perubah acak adalah suatu fungsi dari sebuah kejadian dalam satu ruang sampel yang dimasukkan dalam suatu garis R, seperti pada gambar berikut (Thoft-Christensen & Baker , 1982) :



Gambar 2.4. Perubah acak

Jika dalam ruang sampel tersebut diskret maka disebut perubah acak diskret dan bila dalam ruang sampel tersebut kontinyu maka disebut perubah acak kontinyu.



Bila kita ingin mengukur probabilitas kejadian P dari beberapa kejadian perubah acak maka digunakan analisa perhitungan dan grafik. Untuk fungsi diskret, fungsi probabilitasnya didefinisikan :

$$P_x(x) = P(X=x) \quad (2.11)$$

dimana , X = perubah acak

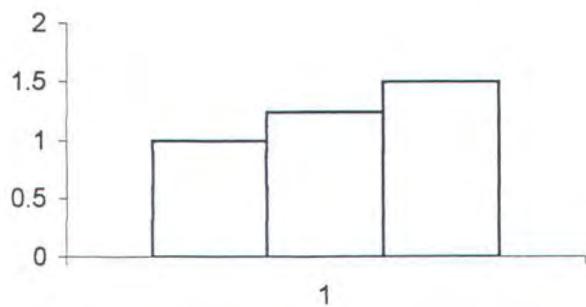
$x = X_1, X_2, \dots, X_n$

Sehingga *probability distribution function* (PDF) :

$$P_x(X) = P(X \leq x) = \sum_{x_i \leq x} P_x(x_i) \quad (2.12)$$

Arti fisik persamaan diatas adalah probabilitas dari suatu kejadian perubah acak X yang sama atau kurang dari x.

Contoh grafik untuk fungsi diskret ini adalah sebagai berikut (Thoft-Christensen & Baker , 1982) :



Gambar 2.5. Grafik fungsi diskret

Untuk fungsi kontinyu, *probability distribution function* didefinisikan :

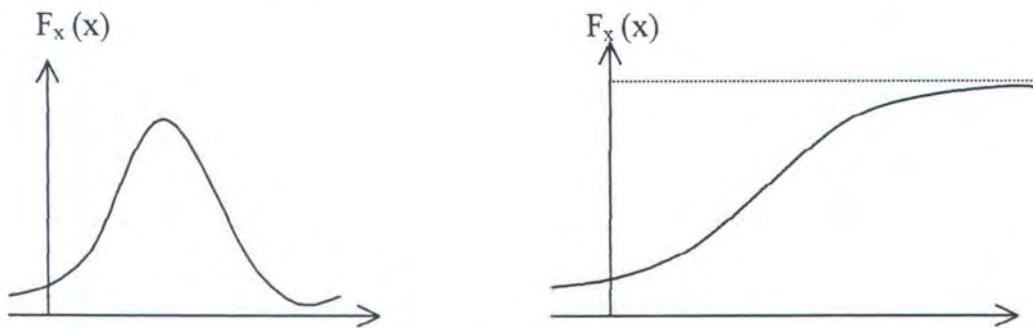
$$F_x(x) = P(X \leq x) \quad (2.13)$$

Persamaan ini dapat dianggap sebagai cumulative distribution function (CDF) yang sering digunakan untuk menurunkan fungsi probabilitas yang disebut *probability density function* (PDF) :

$$f_x(X) = \frac{df_x(X)}{dX} \quad (2.14)$$

$$F_x(X) = P(X \leq x) = \int_{-\infty}^x f_x(X)dx \quad (2.15)$$

Bila interval waktu $dx \approx 0$ maka diagram histrogram tersebut akan berubah menjadi suatu kurva yang menerus (Thoft-Christensen & Baker , 1982) , misalnya :



Gambar 2.6 Kurva PDF dan CDF

Dari gambar diatas didapatkan :

$$F_x(x) = 0 , \text{ bila } x = -\infty \quad (2.16)$$

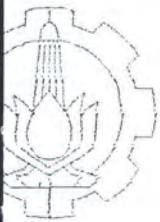
$$F_x(x) = 1 , \text{ bila } x = \infty \quad (2.17)$$

Dari persamaan (2.15)

$$F_x(X) = \int_{-\infty}^x f_x(X)dx$$

maka,

$$\int_{-\infty}^x f_x(X)dx = 1 \quad (2.16)$$



DEPARTEMEN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN
JURUSAN TEKNIK KELAUTAN

Kampus ITS - Sukolilo, Surabaya 60111 Telp. 5928105, 5994251-5 Psw. 1104-7 Telex 34224 Fax 5947254

TUGAS AKHIR (OE.1701)

No. 071/K03.4.4/PP/99

MATA KULIAH : **TUGAS AKHIR**
NOMOR MATA KULIAH : **OE.1701**
NAMA MAHASISWA : **Samsul Efendi**
NOMOR POKOK : **439.4100014**
TGL.DIBERIKAN TUGAS : **3 April 1999**
TGL.SELESAINYA TUGAS : **3 September 1999**
DOSEN PEMBIMBING : **1. Dr.Ir. Daniel M Rosyid
2. Dr.Ir. W.A. Pratikto,MSc**

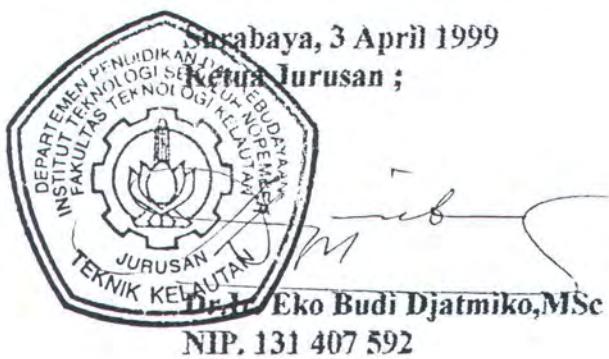
EMA/URAIAN/DATA-DATA YANG DIBERIKAN/JUDUL TUGAS AKHIR :

**ALISA KEANDALAN PONDASI TIANG PANCANG JACKET TERHADAP STABILITAS
DENGAN PLUG**

1

BUAT RANGKAP 4 :

Mahasiswa ybs.
Ekan FTK-ITS
Dosen Pembimbing
rsip Jurusan

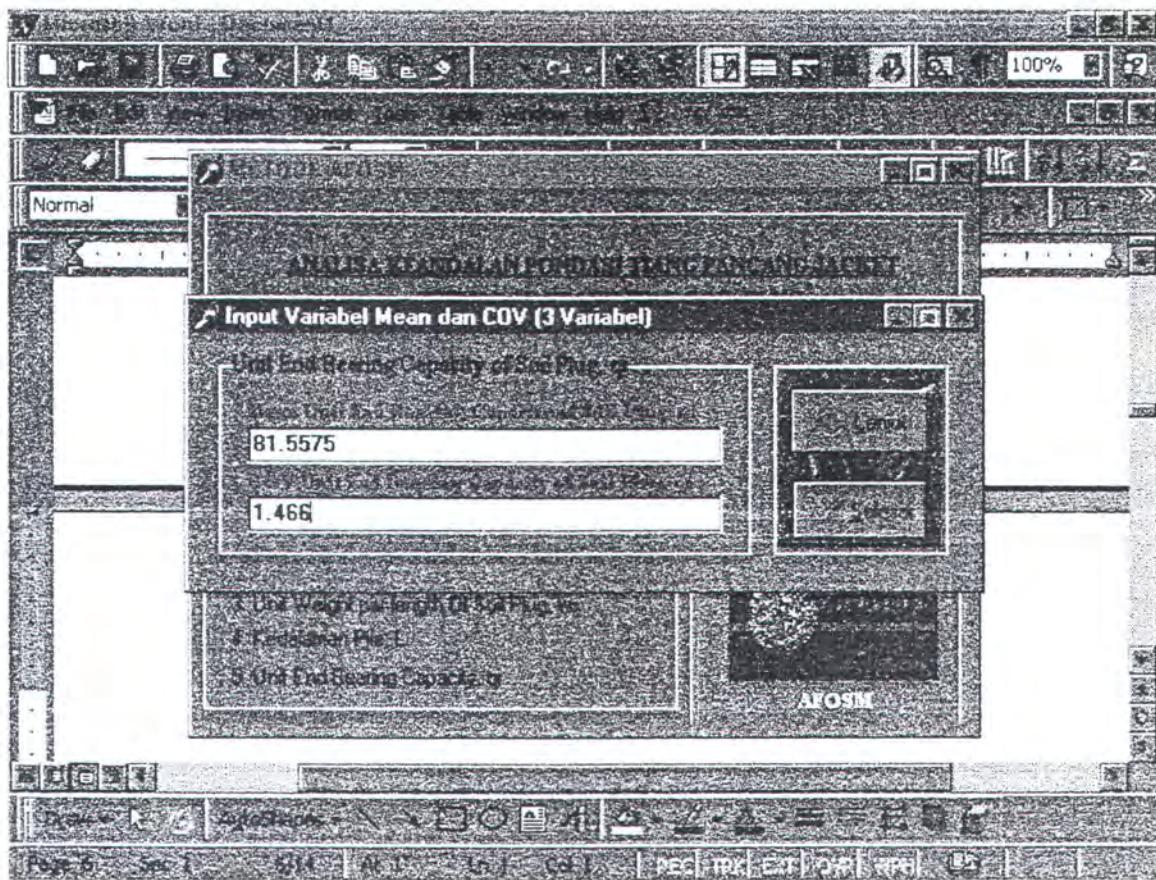


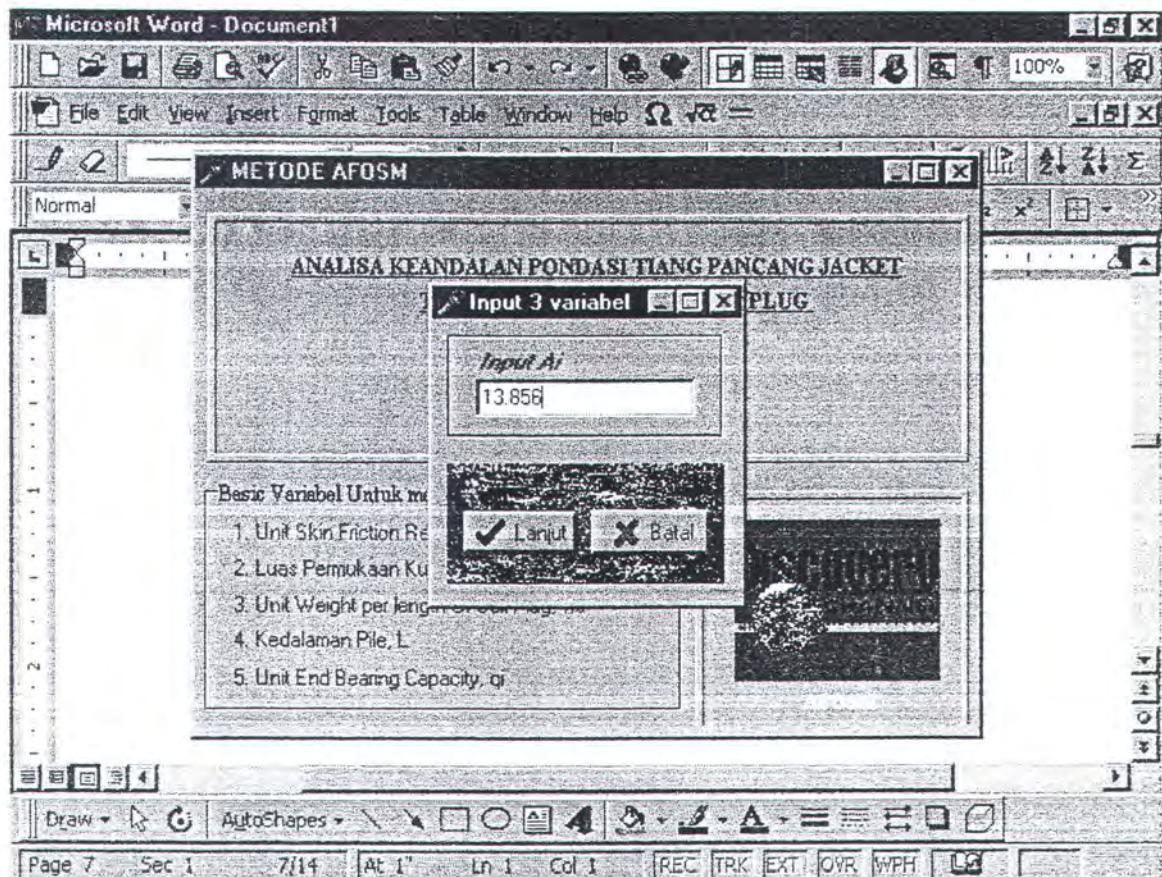
JURUSAN TEKNIK KELAUTAN
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

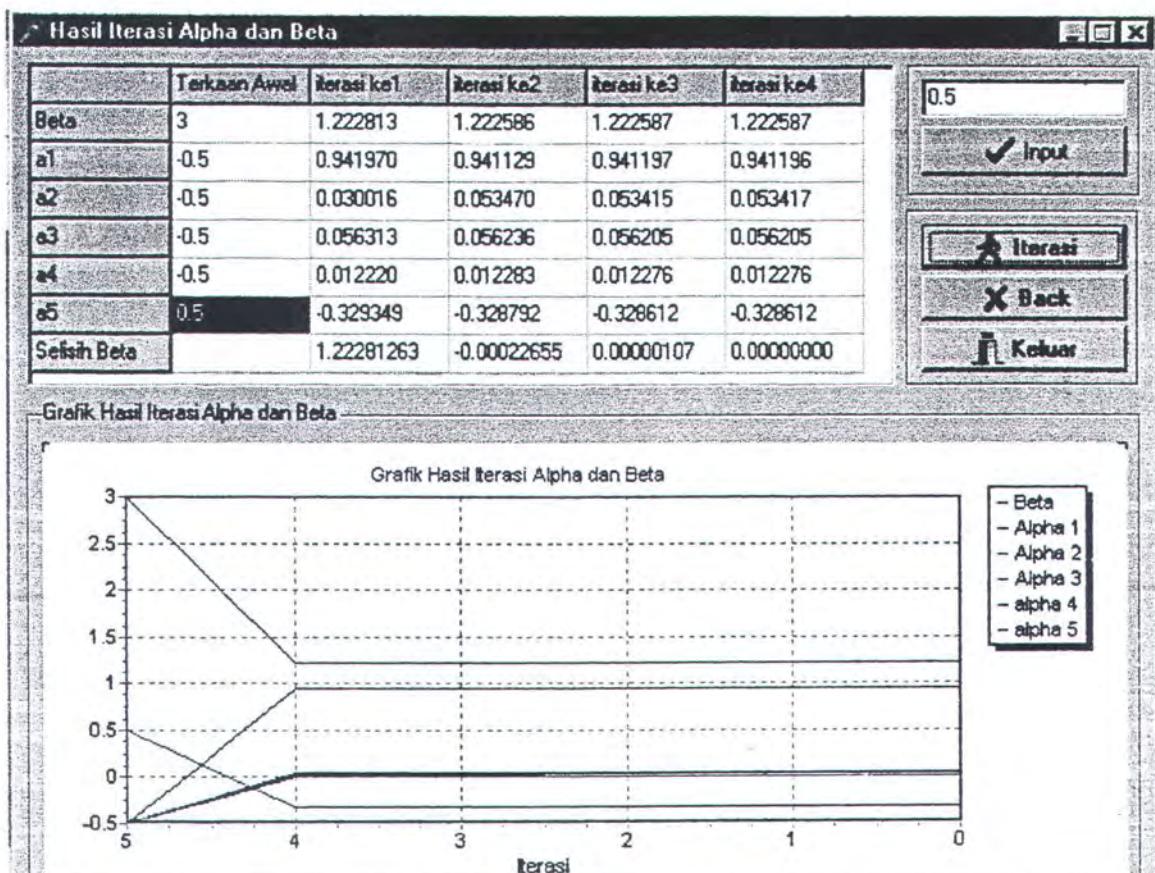
LEMBAR PRESENSI KONSULTASI TUGAS AKHIR

NAMA MAHASISWA : SAMSUL EFENDI
NOMOR POKOK / NRP : 43.94.100.014
NAMA DOSEN PEMBIMBING : 1. Ir. Daniel M Rosyid, PhD.
2. Ir. W.A. Pratikto, MSc, PhD.
TUGAS DIMULAI :
DISELESAIKAN :
JUDUL TUGAS AKHIR : Analisa Keandalan Pondasi Tiang Pancang
Jacket Terhadap Stabilitas Soil Plug

No	Tanggal	Konsultasi Mengenai	Tanda Tangan Dosen Pembimbing
1	05/04/1999	Bab I	wz
2	13/04/1999	Perbaikan Bab I, Model Analisis	wz
3	20/04/1999	Bab II	wz
4	3/05/1999	Perbaikan Bab II, III	wz
5	10/06/1999	MK(Z) harus eksplisit, penggunaan metode AFOSM	Dr. And
6	11/06/1999	Penentuan μ dan σ	Dr. And
7	21/06/1999	Bab III	Dr. And
8	19/07/1999	Perbaikan Bab III	Dr. And
9	23/07/1999	Hasil Program AFOSM	Dr. And
10	27/07/1999	Perubahan Basic Variable	Dr. And







**LAMPIRAN B
DATA TANAH**



GEOTECHNICAL SITE INVESTIGATION
MAHARAJA LELA FIELD
PLATFORM LOCATION ML-2
OFFSHORE BRUNEI DARUSSALAM

SWP

Final Report No.: B931/96-3

Client : ELF Petroleum Asia BV (Brunei Branch)
2nd Floor, RBA Plaza
Jalan Sultan Locked Bag 15
Bandar Seri Begawan 1999
Negara Brunei Darussalam.

Date of Investigation : 13 to 22 November 1996

Date of Report : 6 January 1997

3.0 INTERPRETATION OF RESULTS

3.1 Soil Stratigraphy

The soil stratigraphy disclosed by our field and laboratory studies for the ML-2 Platform location is presented on the boring logs, Plates 2 and 3. This stratigraphy is based on an integrated analysis of all available sampling test data and PCPT results. The major soil strata at this location is summarised below:

<u>Stratum</u>	<u>Penetration, m</u>	<u>Thickness, m</u>	<u>Description</u>
1	0.0 - 3.0	3.0	CLAY, silty, very soft
2	3.0 - 7.1	4.1	CLAY, silty, very soft to soft
3	7.1 - 10.4	3.3	SAND, clayey, loose
4	10.4 - 25.8	15.4	CLAY, firm to stiff
5	25.8 - 35.0	9.2	CLAY, silty, stiff
6	35.0 - 40.6	5.6	CLAY, very stiff
7	40.6 - 49.2	8.6	Interlayered SAND, silty, medium dense and CLAY, silty, stiff
8	49.2 - 54.5	5.3	SAND, medium dense to dense
9	54.5 - 70.0	15.5	CLAY, very stiff
10	70.0 - 72.0	2.0	SAND, dense
11	72.0 - 81.9	9.9	CLAY, very stiff

Detailed soil descriptions including textual and colour variations are also noted in the boring logs.

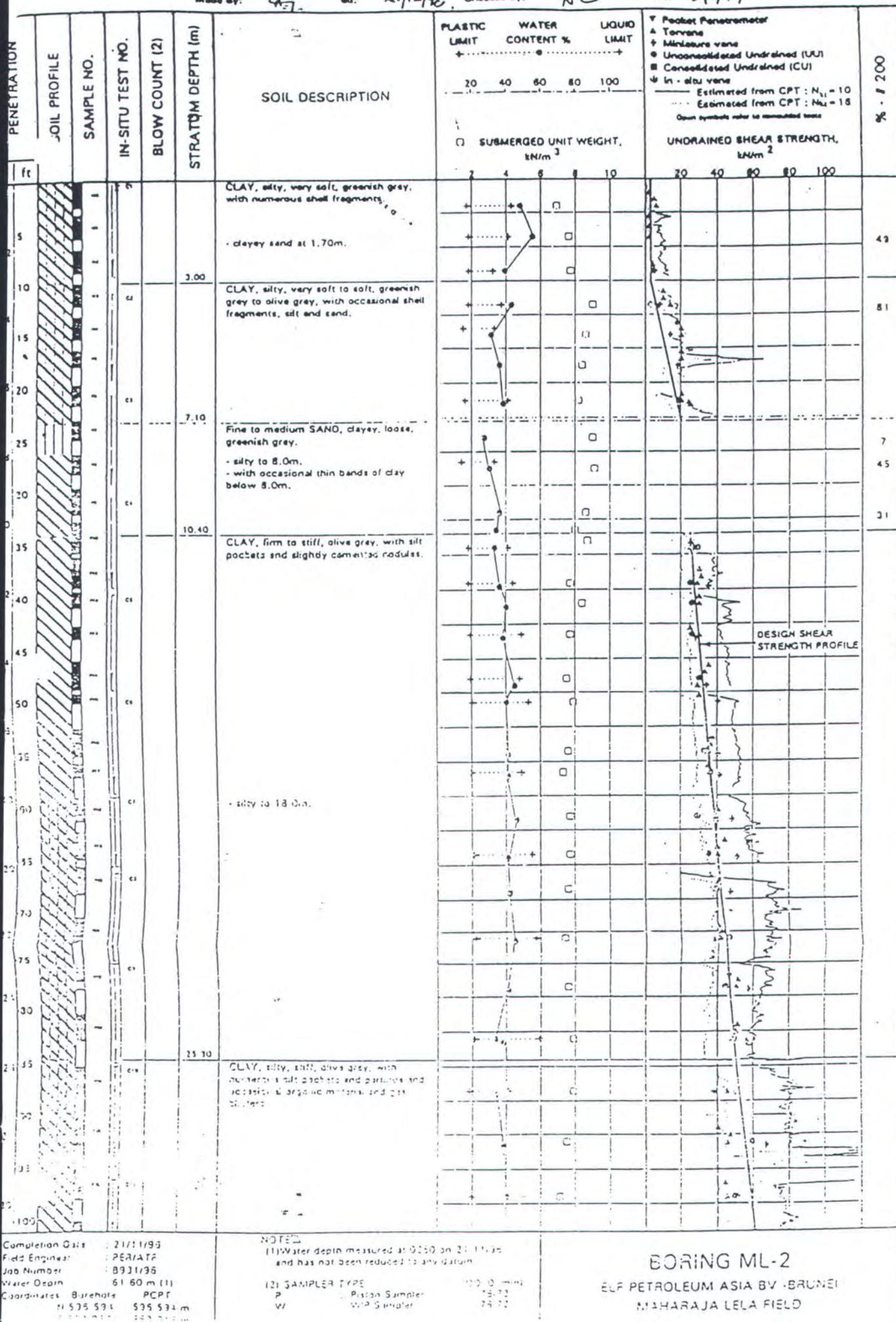
3.2 Soil Properties

The soils at this location generally comprise normally consolidated to slightly overconsolidated cohesive soils. These clays are intersected by sand layers with thickness varying from 2.0 to 5.0 m at various depths. Generally, the consistency of cohesive soils increases with depth. Where as the granular materials are judged to be medium dense to dense in condition, except for the shallow sand layer (7.0 to 10.40 m) which is loose in condition.

Inclusions like silt pockets, silt partings, organic matters, gas blisters and gas bubbles are observed at various depths.

Made By: *dh* dd: 20/12/96, Checked By: *NC*

dd: 31/12/97



Completion Date: 21/12/96
 Field Engineer: PER/ATF
 Job Number: B331/96
 Water Depth: 61.60 m (1)
 Coordinates: Borehole PCPT
 N 505 534 S 505 534 m
 E 120 534 W 120 534 m

(1) Water depth measured at 0250 on 21/12/96 and has not been reduced to any datum.
 (2) SAMPLER TYPE: P = Piston Sampler, W = Vane Sampler

BORING ML-2
 ELF PETROLEUM ASIA BV - BRUNEI
 MAHARAJA LELA FIELD

Made By:

• 3c / 17

Checked By: NJC

cc: 31137

Location Date 24.4.1983
 1 Engineer PERIATF
 Number 333196
 Water Depth 61.60 m (1)
 Coordinates Azimuthal PCPT
 1 535 574 112 31 17

(1) Water depth measured is 0.250 m. 21.11.06
and has not been reduced to any datum.

(2) SAMPLER TYPE P DD 10 mm
 P Piston Sampler 73 72
 S Syringe Sampler 73 72

SORING ML-2

ELF PETROLEUM ASIA BV - BRUNEI
MANARAJA LELA FIELD

LAMPIRAN C
DATA STRUKTUR



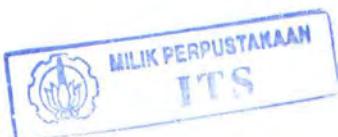
SPECIFICATION

Document No:	R&W
AN - 01 - Y- 01 - X00 - AP - 0001	B

ELF PETROLEUM ASIA B.V.
— BRUNEI BRANCH
Maharaja Lela / Jambiukutan Project Basic Engineering Study

Date of revision

Page

FIGURES

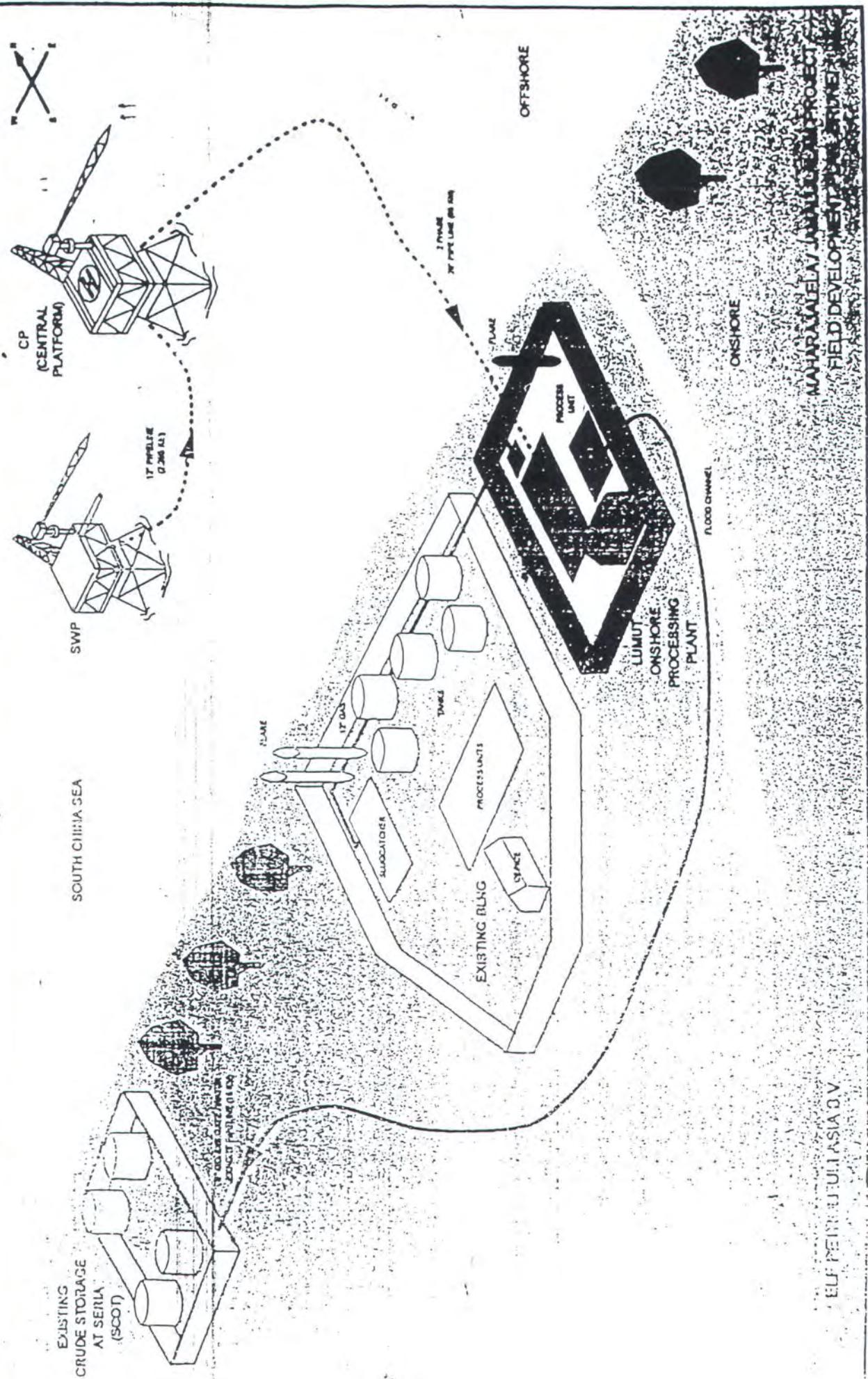


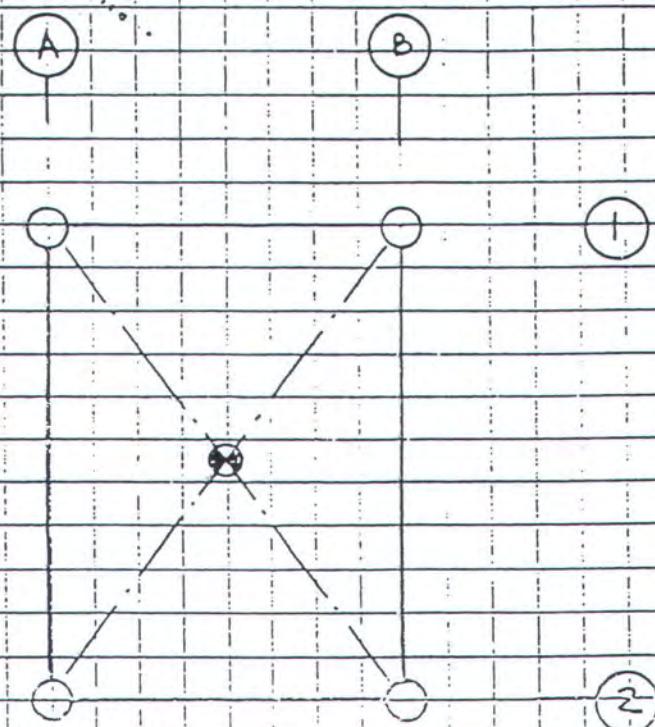
FIGURE 1

TECHNIK
TEN

TECHNIP GEOPRODUCTION (M) SDN. BHD.

Activity Code	Material Code	Order No	Rev
NC			
Issue	0	1	2
Date	10/11/17		
Calculated	TB		
Checked			
Approved			

CALCULATION NOTE



② PLATFORM GEOMETRIC CENTER

FIGURE 2

CALCULATION NOTE

ELF BRUNEI

NC	Activity Code		Material Code		Order No		Rev
	Issue	0	1	2	3	4	
	Date	14/11/97					
	Calculated	THE					
	Checked						
	Approved						

+18.50 m

MAIN DECK

+11.20 m

CELLAR DECK

+7.00 m W.P.

(+) 8.69 (Storm)

1.0m Beam Depth

(+) 4.25 (oprf)

min +1.5m Air Gap

+4.50 m

(+) 5.00 m

SUMP DECK

MSL

LAT

WAVES
GROWTH AREA
SPLASH ZONE

(-) 4.00

(-) 3.00m

(-) 1.00

1.30m

NOT TO SCALE

FIGURE 3

SPECIFICATION

Document No

Rev

BN - 01 - Y - 01 - X00 - AP - 0001

B

ELF PETROLEUM ASIA B.V.
BRUNEI BRANCH
Maharaja Lola / Jamatulalam Project Basic Engineering Study

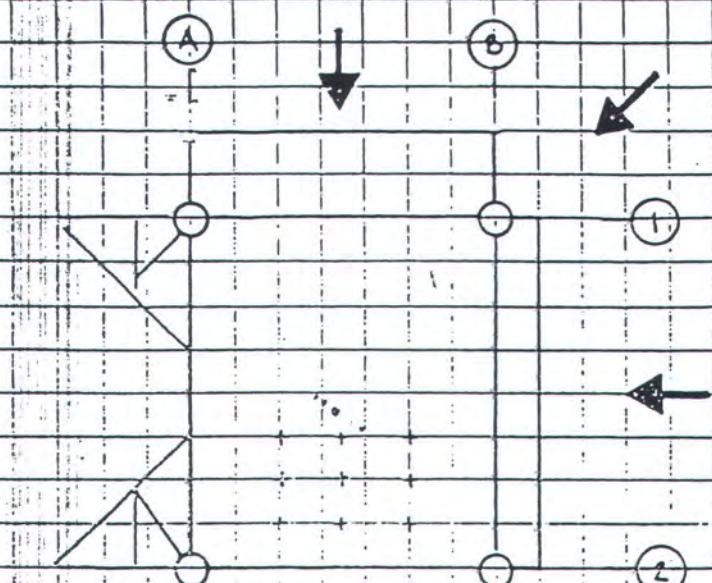
Date of revision

Page

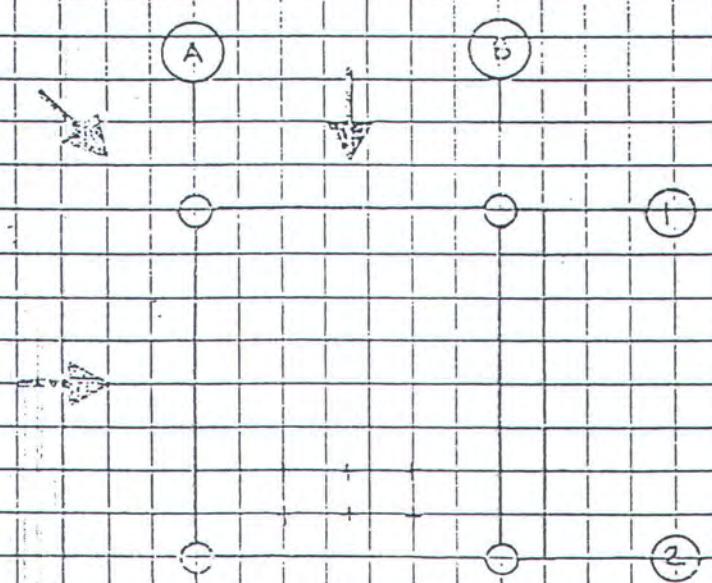
APPENDIX B

NC	Activity Code	Material Code	Order No	Rev
Issue	0	1	2	3
Date	16/07			
Calculated	TTS			
Checked				
Approved				

CALCULATION NOTE



CP - Wave, Current & Wind Direction



SWP - Wave, Current & Wind Direction

FIGURE 4

N.T.S.

SPECIFICATION

Document No

Rev

BN - 01 - Y - 01 - X00 - AP - 0001

B

ELF PETROLEUM ASIA B.V.
BRUNEI BRANCH
Maharaja Lela / Jemahul Islam Project Basic Engineering Study

Date of revision

Page

14

6.2 GROUT

(For Boat Fenders & Main legs)

Density : 2100 kg/m³Design compressive strength : 35 MN/m²**6.3 SEAWATER**

The following properties will be used :

Density : 1025 kg/m³Kinematic viscosity : 1.65×10^{-6} m²/sec
(sea temperature 7°C)**6.4 TIMBER**

The following properties will be used :

Density
" Keruing " timber : 740 kg/m³Density of " Selangan Batu "
timber : 960 kg/m³

ELF PETROLEUM ASIA B.V.
BRUNEI BRANCH
Maharaja Lela / Jamakudalem Project Basic Engineering Study

Date of revision

Page

1

DESIGN PREMISES STRUCTURAL**CONTENTS****1.0 INTRODUCTION**

- 1.1 GENERAL
- 1.2 CENTRAL PLATFORM -CP
- 1.3 SATELLITE WELLHEAD PLATFORM - SWP
- 1.4 DESIGN LIFE
- 1.5 SYSTEM OF UNITS
- 1.6 GLOBAL CONSTANTS
- 1.7 SOFTWARE

2.0 SITE CHARACTERISTICS

- 2.1 LOCATION OF PLATFORMS
- 2.2 WATER DEPTHS
- 2.3 SOIL DATA
- 2.4 DECK ELEVATIONS
- 2.5 ENVIRONMENTAL CONDITIONS
- 2.6 MARINE GROWTH
- 2.7 SPLASH ZONE
- 2.8 CORROSION ALLOWANCE
- 2.9 SEABED SLOPE

3.0 CODES AND STANDARDS

- 3.1 CODES
- 3.2 STANDARDS
- 3.3 PROJECT SPECIFICATIONS

4.0 DRILLING DATA

- 4.1 RIGS
- 4.2 DECK LAYOUT

5.0 STRUCTURAL DATA

- 5.1 DECKS
- 5.2 JACKETS AND PILES

Document No	Rev
BN - 01 - Y - 01 - X00 - AP - 0001	B

← ELF PETROLEUM ASIA B.V.
← BRUNEI BRANCH
Maharaja Lela / Jemakulalam Project Basic Engineering Study

Date of revision

Page

2

6.0 MATERIAL PROPERTIES

- 6.1 STEEL
- 6.2 GROUT
- 6.3 SEAWATER
- 6.4 TIMBER

APPENDICES

- APPENDIX A - FIGURES
- APPENDIX B - ENVIRONMENTAL DATA METOCLEAN DESIGN CRITERIA
- APPENDIX C - TENDER ASSISTED RIGS DATA
- APPENDIX D - SOIL DATA

FIGURES

- FIGURE 1 - PLATFORMS LOCATION
- FIGURE 2 - PLATFORMS GEOMETRIC CENTER
- FIGURE 3 - DECK ELEVATIONS AND WATER HEIGHTS
- FIGURE 4 - ENVIRONMENTAL LOAD DIRECTIONS

ELF PETROLEUM ASIA B.V.
—
BRUNEI BRANCH
Maharaja Lela / Jamalulalam Project Basic Engineering Study

Date of revision

Page

3

1.0 INTRODUCTION

1.1 GENERAL

The present document summarises :

- Basic data,
- Assumptions and options retained,
- Codes and standards,

and all other relevant informations which will be used for the Basic Engineering studies/design for the development of the Maharajalela / Jamalulalam (ML/JAM). The Phase 1 Basic Engineering, which is the current design phase, involved two platforms, namely,

- 1) The Central Platform - CP
- 2) The Satellite WEST Platform - SWP

Both platforms are based on the concept of minimum topsides facilities and unmanned in operation. Both gas and crude oil will be produced from the CP whereas only gas will be produced from the SWP. This document shall be kept up to date and revised during the different engineering phases.

1.2 CENTRAL PLATFORM - CP

The CP will be a four legged with 9 slots to accommodate 762 mm diameter (30") conductors. Two boatlandings will be provided for the platform. The platform will be designed to accommodate drilling by tender assisted rig as well as jack-up rig (for future workover or revisit). The deck will have skid beams, crane pedestal support and a vent boom. The deck will also provide supports for the future compressor module. The tender end will be at the platform south side. The top of steel for the main deck shall be set at EL.(+) 18.5m MSL.

1.3 SATELLITE WEST PLATFORM - SWP

The SWP will be a four legged with 6 slots to accommodate 762mm diameter (30") conductors. Two boatlandings will be provided for the platform. The platform will be designed to accommodate drilling by tender assisted rig as well as jack-up rig (for future workover or revisit). The deck will have skid beams, crane pedestal support and a vent boom. The tender end will be at the platform south side. Similar to CP, the main deck top of steel elevation shall be set at (+)18.50m M.S.L.

1.4 DESIGN LIFE

The design life of the structure shall be 20 years.

ELF PETROLEUM ASIA B.V.
— BRUNEI BRANCH
Maharaja Lela / Jamalulalam Project Basic Engineering Study

Date of revision

Page

4

1.5 SYSTEM OF UNITS

The International System of Units (SI Units) shall be used in all design analysis, engineering documents and drawings as shown below :-

Length	-	meters (m) or millimeter (mm)
Time	-	second (sec)
Mass	-	10^6 kilogram
Force	-	meganewton (MN)

1.6 GLOBAL CONSTANTS

The following constants shall be used :-

- Gravitational acceleration : 9.81 m/sec^2
 - The following conversion factors from Imperial to Metric units shall be used :

feet to meter	:	0.3048
kip to meganewton	:	0.004449
short ton to meganewton	:	0.008898
ksi to MN/m ²	:	6.8959

1.7 SOFTWARE

The following modules of the SESAM package are used for structural design and analyses:

	<u>Version</u>
FLOAT 3D	5.2 - 01
FRAMEWORK	2.2 - 01
GENSOD	5.8 - 01
LAUNCH 3D	5.2 - 01
PILGEN	5.8 - 01
PRE FRAME	6.4 - 01
PRE LAUNCH	5.1 - 02
PRE POST	5.9 - 03
PRESEL	6.2 - 01
SESTRA	6.7 - 02
SPLICE	5.8 - 01
WAJAC	5.5 - 03
WALOCO	5.4 - 04
PRE FEM	5.7 - 03
POST FEM	5.4 - 01
POST FESP	6.1 - 04

Final in-place file from SESAM will be converted to FASTRUDL at the end of basic engineering study.

ELF PETROLEUM ASIA B.V.
= BRUNEI BRANCH
Maharaja Leta / Jamatulalam Project Basic Engineering Study

Date of revision

Page

5

The following program is used for pile/conductor driveability analysis.

GRLWEAP

PC Version March 1992

2.0 SITE CHARACTERISTICS

2.1 LOCATION OF PLATFORMS

The platforms shall be orientated such that the platform North is parallel to the True North. The proposed location of the platforms are as follows (see Figure 1) :-

CP	E 555069 m N 597588 m
SWP	E 553034 m N 596593 m

The above co-ordinates is assumed at the center of the platform which is at the geometric center of the rectangle defined by the 4 legs axis at the main deck (see Figure 2).

2.2 WATER DEPTHS

The level of reference of water depths and tides is taken at Mean Sea Level (see Appendix B). Chart Datum (C.D.) = Lowest Astronomical Tide (L.A.T)

L.A.T = Mean Sea Level (M.S.L) - 1.3m

The water depths with respect to M.S.L are as follows :-

CP	57 m
SWP	61 m

No allowance of water depth tolerance and site subsidence shall be included.

ELF PETROLEUM ASIA B.V.
← BRUNEI BRANCH
Maharaja Lela / Jamalulalam Project Basic Engineering Study

Date of revision

Page

6

2.3 SOIL DATA

The soil characteristics used for the Basic Engineering phase 1 design shall be based on Fugro Sdn. Bhd.'s "Geotechnical Site Investigation Maharajalela Field Offshore Brunei, Report No. B931/96-2 and No. B931/96-3 for CP and SWP, respectively (see Appendix D).

Full non-linear soil-pile interaction will be considered for the piles. However the conductors will be fixed at 8D below the mudline, D being the outer diameter of the conductor.

2.4 DECK ELEVATIONS

Refer to Figure 3 in Appendix A showing the decks elevations, water heights, position of C.D., maximum crest elevation, etc.

The design air gap shall be 1.50m.

2.5 ENVIRONMENTAL CONDITIONS

The design environmental data shall be based on project specification number "IML/96.014 Environmental Data Metocean Design Criteria" (see Appendix B).

2.6 MARINE GROWTH

100mm radial thickness shall be applied to all members located between levels (-)12.0m to MSL, and 50mm from (-)12.00m down to (-)21.00m. The density of marine growth in air shall be taken as 1400 kg/m³.

2.7 SPLASH ZONE

The splash zone is assumed to be from (+)5.0m to (-)3.0m with respect to MSL.

2.8 CORROSION ALLOWANCE

Steel corrosion allowance of 12mm will be taken into account in the splash zone. This corrosion allowance is applicable to jacket legs and diagonal bracings. Protective coating shall be applied from -3.0m to entire top deck. Horizontal members at (+) 4.50m shall have corrosion allowance of 3mm.

2.9 SEALED SLOPE

No seabed slope shall be taken into consideration.

ELF PETROLEUM ASIA B.V.
BRUNEI BRANCH
Maharaja Loft / Jamalul Islam Project Basic Engineering Study

Date of revision

Page

7

3.0 CODES AND STANDARDS

The platform structures shall be designed to meet the requirements of the following codes and standards.

Any deviations from the following codes and standards shall be submitted to COMPANY for approval.

3.1 CODES

API RECOMMENDED PRACTICE 2A (RP 2A)

The API Recommended Practice for Planning, Designing and Constructing Fixed Offshore Platforms (Twentieth Edition, July 1, 1993).

AISC

The AISC Specification for the Design, Fabrication and Erection of Structural Steel for Buildings (Ninth Edition).

ANSI/AWS D1.1

The AWS Structural Welding Code - Steel (latest edition).

DNV (Det Norske Veritas)

Rules for the Design, Construction and Inspection of Fixed Offshore Structures (1990 edition), to be used for shape coefficients, and other items as advised by the Company. (shape coefficients for wave force calculations).

3.2 STANDARDS

RG STR. A02.P	Rev.0	Platform Modelling
RG STR. C01.P	Rev.0	Offshore Platforms Jacket Design
RG STR. C02.P	Rev.0	Offshore Platforms Deck Design
SGM 2121.MAS. P	Rev.H	General Characteristics of Materials for Fixed Offshore Steel Structures
RG GCB. C04.P	Rev. 0	Engineering for the Installation of Piles and Conductor Pipes by Driving
SGI 2121.GCB.P	Rev.0	Installation for the Installation of Piles and Conductor Pipes by Driving
RG-STR.M02.P	Rev.0	Offshore Structure Installation Studies

ELF PETROLEUM ASIA B.V.
BRUNEI BRANCH
Maharaja Lela / Jamakulalem Project Basic Engineering Study

Date of revision

Page

8

3.3 PROJECT SPECIFICATIONS

- IML/96.014 Environmental Data Metocean Design Criteria, dated 22/11/96
- B931/96-2 Geotechnical Site Investigation Maharaja Lela Field Platform Location JMB-1 Offshore Brunei Darussalam by FUGRO Sdn. Bhd. dated 6/01/97
- B931/96-3 Geotechnical Site Investigation Maharaja Lela Field platform location ML-2 Offshore Brunei Darussalam by Fugro Sdn. Bhd. dated 6/01/97

ELF PETROLEUM ASIA B.V.
BRUNEI BRANCH
Maharaja Lela / Jamakulalem Project Basic Engineering Study

Date of revision

Page

9

4.0 DRILLING DATA

4.1 RIGS

The current phase 1 Basic Engineering design will consider several tender assisted drilling rigs normally used for South East Asia platforms. The actual rig reactions used for the platform design shall be agreed with the COMPANY. The following are list of tender assisted rigs :-

- i) ILE DE SEIN
- ii) CHARLEY GRAVES
- iii) T-8
- iv) SEDCO 800
- v) TIOMAN T-2
- vi) DS 20

The rigs data are provided in Appendix C.

TIOMAN T-2 reactions will be used for the phase-1 work and this rig has the largest reactions.

4.2 DECK LAYOUT

The following requirements shall be considered for the deck layout :-

- (i) Well spacing of 2.0m in east-west direction and 2.0m in north-south direction.
- (ii) skid beams spacing at 13.72m (45ft) and running in the north-south direction.
- (iii) tender end is at south side of the platform.
- (iv) minimum clearance between top of skid beam and deck plate will be 300mm for gripper jacks access.
- (v) 9 number and 6 number of well slots for CP and SWP, respectively.
- (vi) the main deck for CP shall also be designed to accommodate the landing of S61N helicopter. (No such provision for SWP).
- (vii) the main deck shall be flushed, that is no gap in elevation is allowed between top of skid beam flange and the deck plating.

SPECIFICATIONDocument No
BN - 01 - Y - 01 - X00 - AP - 0001Rev
B

ELF PETROLEUM ASIA B.V.
BRUNEI BRANCH
Maharaja Lotte / Jamalul Islam Project Basic Engineering Study

Date of revision

Page

10

5.0 STRUCTURAL DATA**5.1 DECKS****5.1.1 Drilling Loads**

The drilling loads due to the tender assisted rig are given in Appendix C. However an increased of 80MT for drilling equipment load, as specified in Group Document RG.STR.CO2.P clause 5.1.4, shall not be considered. The reactions given in Appendix C consists of all possible drilling equipment and no additional equipment need to be considered.

A static load of 40MT shall be assumed for the widow-maker reaction applied at the tender end.

5.1.2 Uniformly Distributed Loads (UDL)

The UDL shall be as per Group Document RG.STR.CO2.P and are as follows:-

a) Drilling floor

A uniform load of 10 kN per square meter is applied to all the floor surface when the drilling equipment is not on the platform.

Unless otherwise specified, loads due to the landing of the helicopter used on the site are also applied to the drilling floor, but cannot be added to the load of 10 kN per square meter mentioned above.

b) Production floors

A uniform load of 5 kN square meter is applied to the surfaces free of equipment on all production floors and a load of 10kN/m² is applied to floors in Th. open air.

c) Room floors

A uniform load of 2.5 kN per square meter is applied to the surfaces free of equipment on all room floors.

d) Living quarter floors

Overloads on living quarters including furniture and equipment must be taken into account. These overloads depend on the characteristics of the local considered :

- premises seldom occupied (bedrooms, etc.) 1.75 kN per square meter

SPECIFICATION

Document No

Rev

BN - 01 - Y - 01 - X00 - AP - 0001

B

ELF PETROLEUM ASIA B.V.
BRUNEI BRANCH
Maharaja Lela / Jamakulatam Project Basic Engineering Study

Date of revision

Page

11

- catwalks 2.5 kN per square meter

- kitchens, meeting rooms,
refectories, etc. 5.0 kN per square meter

For the analysis of the structure, these overloads are weighted according to paragraph g).

e) Handling zones and equipment lowering zones
A uniform load of 10 kN per square meter is applied to all the surfaces of handling and equipment lowering zones.

f) Circulation and intervention zones - Stairways

A uniform load of 2 kN per square meter is applied to the free surfaces of the circulation and intervention zones, and stairways.

g) Weighting of loads

According to the element to be analysed, the drilling floor, production and living quarter loads have a coefficient KS, given in the table below :

Element calculated	KS
Plating and beams frame	1
Main structure (deck or module) including frame beams on various levels	0.5
Modules or deck supports, jacket	0.25

This coefficient shall not apply for local analyses

5.1.3

Environmental Loads

Environmental loads are as per the metocean design criteria (see Appendix B). Wind loads will be calculated in accordance with API RP 2A.

Three different directions will be considered for this phase 1 Basic Engineering design, that is, two orthogonal and one diagonal (see figure 4).

ELF PETROLEUM ASIA B.V.
BRUNEI BRANCH
Mahenja Lela / Jernakulalam Project Basic Engineering Study

Date of revision

Page

12

5.1.4

Other Loads

The crane load for the CP and SWP shall have a capacity of 22.5 MT dynamic.

No vent boom design or analysis will be carried out during this phase 1 design. Vent boom is assumed at 48m and 34m in length, angled at 45° and cantilever on the north side of the deck for both CP and SWP respectively. A reaction load of 48 MT and 34 MT will be assumed for the CP and SWP vent boom, respectively.

5.2 JACKETS AND PILES

5.2.1

Jackets

This jacket legs will have a batter of 1/10 in both directions for the north legs and a single batter of 1/8 for the south legs. The single batter on the south legs is to accommodate the approach of jack-up rigs.

The jackets will have three bays. The upper level of the jacket (sump deck) will be at elevation +4.5m (MSL).

5.2.2

Boatlanding

Two boatlandings will be provided for each of the platform located at east and west side of the platform.

Preliminary boatlanding configuration will be proposed, however no analysis or design will be performed for this current phase 1 design. Appropriate wave loading will be accounted for the jacket design.

5.2.3

Mudmat / On-bottom Stability

No analysis will be performed in relation to on-bottom stability of the jacket during this phase 1 design. Preliminary sizing of timber mudmat will be performed for loading purpose.

5.2.4

Piles

The piles will be designed following the API RP-2A recommendations. No drivability studies will be performed during this phase 1 design. The pile size for CP and SWP shall be 1524 mm and 1372 mm diameter, respectively.

5.2.5

Cathodic Protection

Cathodic protection will be by sacrificial anodes. The design life will be 20 years. No design shall be performed during this phase 1 design. Weight of anodes will be calculated based on preliminary hand calculations.



26 August 98

PT Gunanusa Utama Fabricators
Jl. Bendungan Hilir Raya No. 60
Jakarta 10210, Indonesia

10 Science Park Drive
DNV Technology Centre
Singapore 118224
Tel. (+65) 779-6363
Fax. (+65) 779-5239
Reg. No. 198200541Z

Attn: Mr Bambang Nuryudha

Dear Sir

PRELIMINARY RESULTS FOR WEIGHING OF SWP DECK

Weighing of the SWP Deck was conducted in the yard of PT Gunanusa Utama Fabricators, at Grenyang, Celigon, West Java, Indonesia, on the 26th of August 98. The weighing operation was performed in accordance with the agreed procedures (SL/LP/980181 OPI dated 17 July 98).

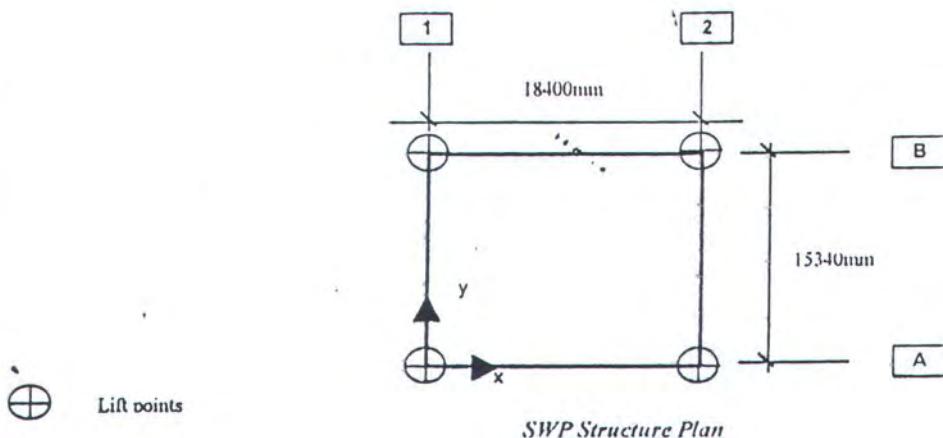
Attached please find the preliminary results of the above weighing operation.

Yours faithfully

Steven Au
Engineer
Materials Technology
Structural Testing Services

Inc.

RESULTS FOR THE WEIGHING OF SWP DECK



Configuration	Flat Jack Identification			
	B1	B2	A2	A1
1	SWP D1	SWP D2	SWP D3	SWP D4

Configuration	Measured Load (tonne)				Total (tonne)
	B1	B2	A2	A1	
1-1	254.17	144.48	112.02	240.95	751.62
1-2	258.90	142.04	116.18	237.38	754.50
1-3	258.66	136.85	117.59	234.19	747.29
1-4	257.48	135.84	117.25	233.55	744.12
Ave (tonne)	257.30	139.80	115.76	236.52	749.38

1. Relative variation width (RVW) of measurement = 1.39 %

2. Total weight = 749.38 tonnes

3. Centre of gravity :-

From line 1

$$x = \frac{18400(139.80 + 115.76)}{749.38}$$

$$= 6275 \text{ mm}$$

From line A

$$y = \frac{15340(257.30 + 139.80)}{749.38}$$

$$= 8129 \text{ mm}$$



P.T. GUNANUSA UTAMA FABRICATORS

CALCULATION SHEET

ATURE _____ DATE _____
LE _____ JOB No. _____
ECT _____ SHEET No. _____

WEIGHING RESULT

ACTUAL LOAD ON EACH WEIGHING POINT :

POINT	LOAD MEASUREMENT (T)				AVERAGE LOAD (T)
	1 ST	2 ND	3 TH	4 TH	
A1	241	237.4	234.2	233.6	236.6
A2	112	116.2	117.5	117.3	115.8
B2	114.5	145	136.9	135.8	133.1
B1	254.2	258.4	258.7	257.5	257.2
TOTAL	721.7	757	747.3	744.2	742.7

NOTE :

DATE OF WEIGHING : 27 AUGUST 1998

TIME : 14.00 - 16.00 WIB

ACTUAL WEIGHING EXCLUDING - LIFTING PADETE , HATCH COVER , TOT TANK,
LIFTING SLING & SHACKLES

CORRECTING LOAD

- GAS TUBE = 16 EA
- LTG- 400 = 3 EA
- RECTIFIER = 3 EA
- HIDROTEST TANK = 1 UNIT (FULLY CONTAINED WATER)
- WELDING MACHINE = 4 EA
- POMP = 1 EA
- SCHAFFOLDING & PIPE SUPPORTS

LEAD SECTION

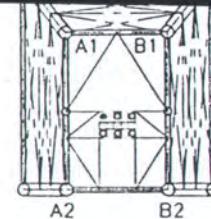
1st ADD-ON

PILE GENERAL ARRANGEMENT

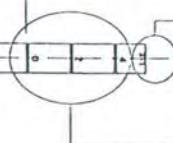
SCALE 1 : 750

2nd ADD-ON

3rd ADD-ON



KEY PLAN



SEE DETAIL 6
SEE NOTE - 3

SEE DETAIL 1

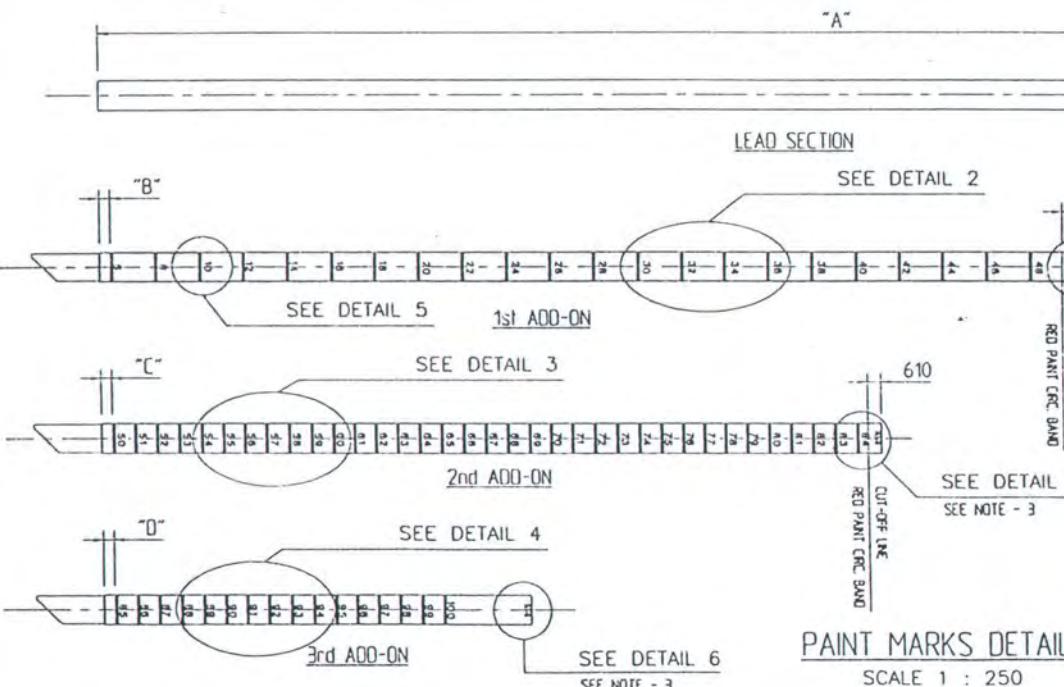
NOTES

- 1 - ALL DIMENSIONS ARE IN MILLIMETER, UNLESS OTHERWISE NOTED.
- 2 - FCR DETAILS DRAWING REFER NO. 804100-F-DJ-2729 SHT. 2 OF 4.
- 3 - FOR PILES MARK REFER PILE IDENTIFICATION NOS TABLE.

PILE SECTION	PILE IDENTIFICATION NOS			
	LEG A2	LEG B2	LEG B1	LEG A1
LEAD SECTION	A2-1	B2-1	B1-1	A1-1
1st ADD-ON	A2-2	B2-2	B1-2	A1-2
2nd ADD-ON	A2-3	B2-3	B1-3	A1-3
3rd ADD-ON	A2-4	B2-4	B1-4	A1-4

PAINT MARKS DETAILS

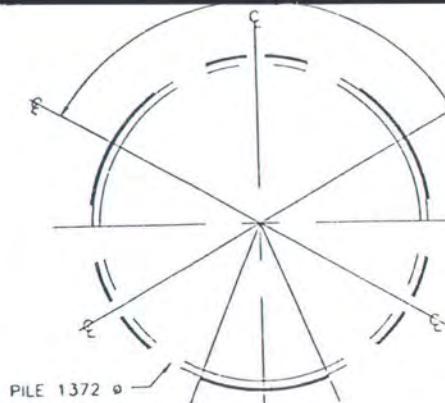
SCALE 1 : 250



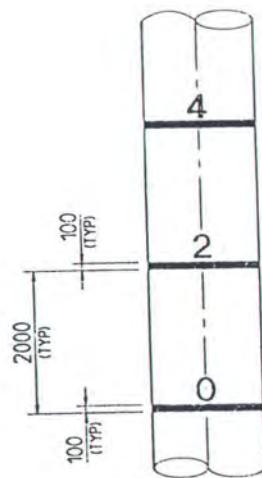
LEG	PILE SECTION LENGTHS (mm)				VAR. DIMENSIONS (mm)			
	LEAD SECTION	1st ADD-ON	2nd ADD-ON	3rd ADD-ON	" A "	" B "	" C "	" D "
A2 & B2	73000	44610	35610	19473	67477	477	477	477
A1 & B1	73000	44610	35610	20754	67983	983	983	983

G	24-09-96	SCALE FOR CONSTRUCTION	Mr.	V
A	20-0-11	SCALE FOR COMMENTS/APPRAISAL	Mr.	X
Arch.	Date	Signature	Proj. No.	Chk'd
ELF PETROLEUM ASIA BV MAWARAJA LELA / JAMALLULAH DEVELOPMENT PROJECT				
SWP JACKET - PILE MAKE-UP AND MARING DETAILS				
Drawing No.	804100 1F 0J 2729	Date	01/04	
Saijepem Asia Sdn Bhd				
Scale AS NOTED				
Drawing No. 804100 1F 0J 2729 Date 01/04 Scale AS NOTED				

A3 EED 1023

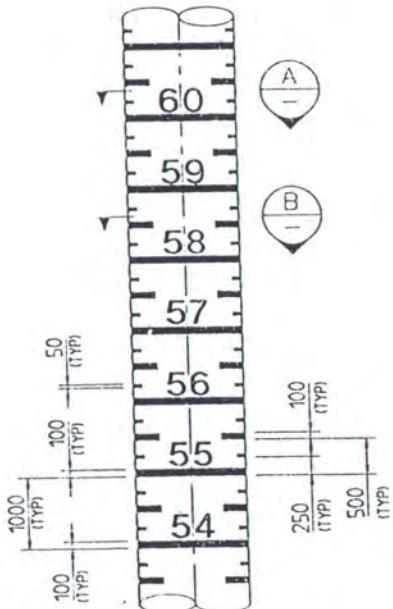


SECTION
SCALE 1:25



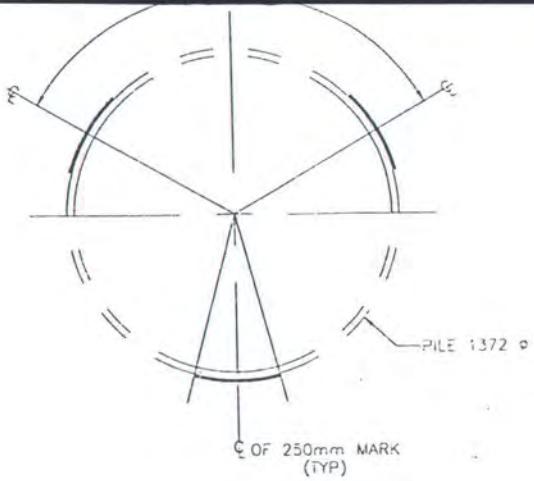
DETAIL
SCALE 1:75

DETAIL
SIMILAR

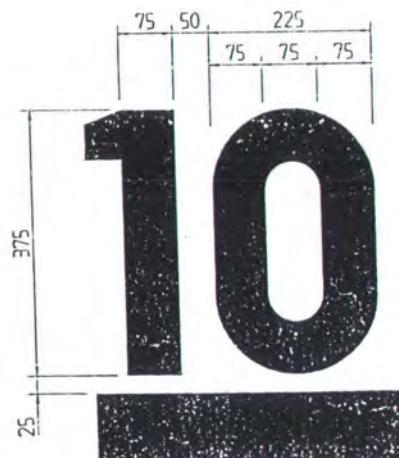


DETAIL
SCALE 1:75

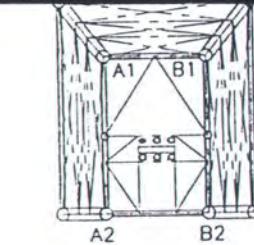
DETAIL
SIMILAR



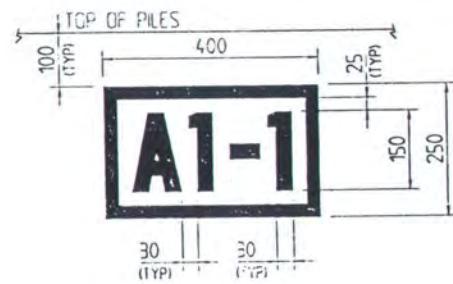
SECTION
SCALE 1:25



DETAIL
(TYPICAL)
SCALE 1:75



KEY PLAN



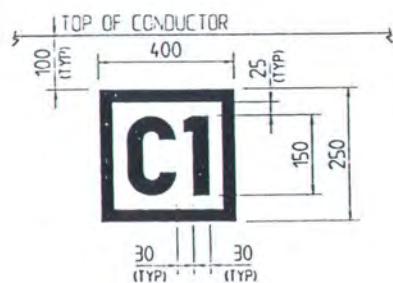
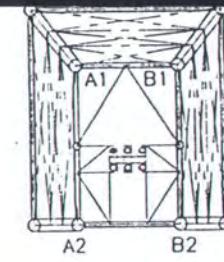
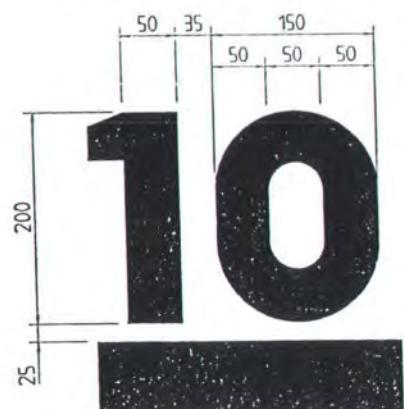
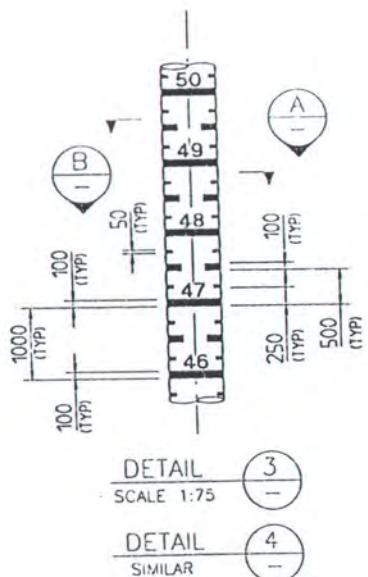
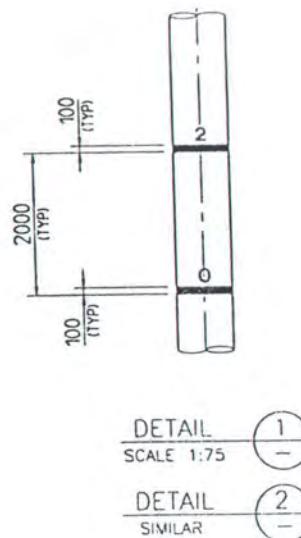
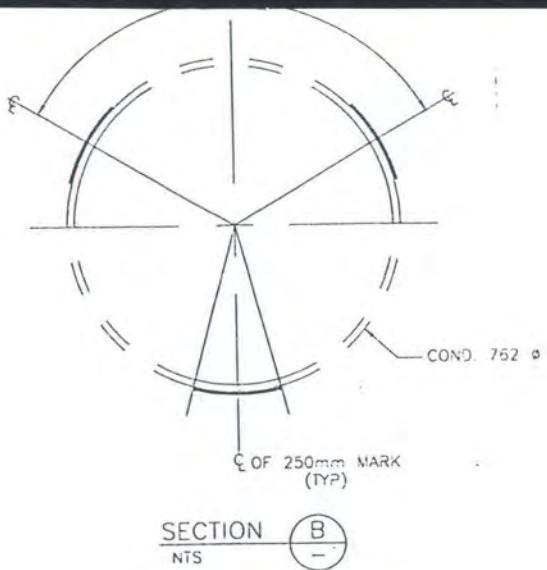
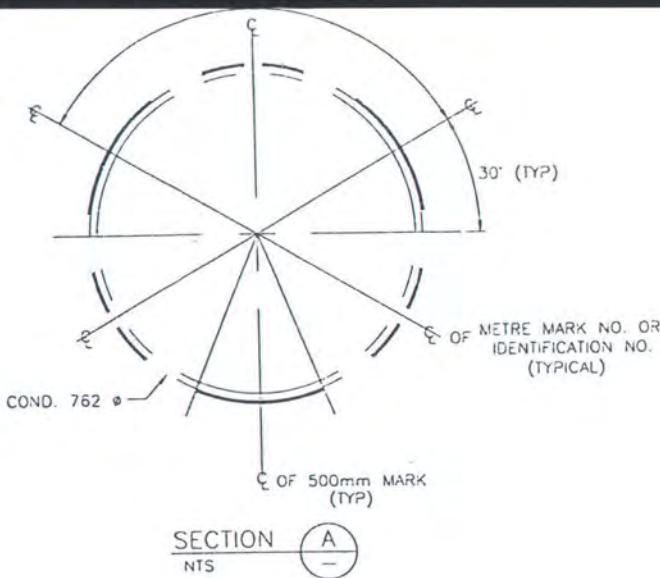
DETAIL
(TYPICAL)
SCALE 1:10

NOTES

- 1 - ALL DIMENSIONS ARE IN MILLIMETER, UNLESS OTHERWISE NOTED.
- 2 - FOR PLAN DRAWING REFER NO. 804100-1F-DJ-2729 SHT. 1 OF 4.

TOP OF PAINT MARK

2	2-01-01	FILE FOR CONTRACTOR	Rev	5	5c
A	2-01-02	FILE FOR CONTRACTOR APPROVAL	Rev	6	6c
Rev	Date	Issue	Proposed	On 2	Accepted
20					
ELF PETROLEUM ASIA B.V. MAHAKAM LELA / SARAWAK DEVELOPMENT PROJECT					
SWP JACKET - FILE MAKE-UP AND MARKING DETAILS					
804100	1F	0J	2729	Sheet	02, 04
Printed	1/0			Printed	
Saipem Asia Sdn Bhd					
The drawing is the property of Saipem Asia Sdn Bhd and must not be copied or reproduced without prior written permission.					
Drawing No. C-0421-079-204					



DETAIL
(TYPICAL)
SCALE 1:10

NOTES

- 1 - ALL DIMENSIONS ARE IN MILLIMETER, UNLESS OTHERWISE NOTED.
- 2 - FOR PLAN DRAWING REFER NO. 804100-1F-DJ-2729 SHT. 3 OF 4.

B	26-07-98	ISSUE FOR CONSTRUCTION	Rev	04	Date	04	Ver
A	26-07-97	ISSUE FOR COMMENTS/ APPROVAL	Cur	04	Mon	04	Vt
Rev	Cur	Date	Mon	Day	Year	Mon	Cur
ELF PETROLEUM ASIA BV							
MAHARAJA LELA / SAMULLALAM DEVELOPMENT PROJECT							
SWP JACKET - CONDUCTOR MAKE-UP AND MARKING DETAILS							
Drawn by	804100-1F-DJ-2729			Sheet	04/04		
Check by				Date	AS NOTED		
The drawing is the property of Elf Petroleum Asia BV and is subject to its terms and conditions.							
Date/Ver Name: C:\DATA\DJ-2729\04.dwg							
Software:							

LEAD SECTION

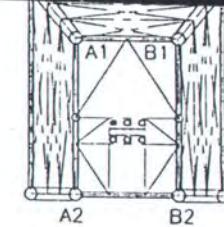
1st ADD-ON

CONDUCTOR GENERAL ARRANGEMENT

SCALE 1 : 750

2nd ADD-ON

3rd ADD-ON



KEY PLAN

"A"

LEAD SECTION

SEE DETAIL 2

SEE DETAIL 5

SEE DE

610

SEE DETAIL 4

[SEE DETAIL](#)

77 - 2 - 3 - 4 - 5 - 6 - 7

Arch. ADD-ON

PAINT MARKS DETAILS

SCALE 1 : 200

SEE DETAIL 6
SEE NOTE - 3

SEE NOTE - 3

CONDUCTOR SECTION	CONDUCTOR IDENTIFICATION NO.
	ID. SEQUENCE NO.
LEAD SECTION	C1
1st ADD-ON	C2
2nd ADD-ON	C3
3rd ADD-ON	C4

NOTE

- 1 - ALL DIMENSIONS ARE IN MILLIMETER, UNLESS OTHERWISE NOTED
 2 - FOR DETAILS DRAWING REFER NO 804100-F-DJ-2729 SHT. 4 OF 4.
 3 - FOR CONDUCTOR MARK REFER CONDUCTOR IDENTIFICATION NOS TABLE

B	26-01-18	ISSUE FOR CONSTRUCTION	Plan	<i>[Signature]</i>	<i>[Signature]</i>
A	26-01-17	ISSUE FOR COMMENTS/APPRAISAL	Plan	<i>E</i>	<i>[Signature]</i>
Rev.	Date	Issue	Printed	On Site	As Issued
ELF PETROLEUM ASIA BV MAHARAJA LELA / JAMULLALAM DEVELOPMENT PROJECT					
SWP JACKET - CONDUCTOR MAKE-UP AND MARKING DETAILS					
Drawing No.	8041001F0J2729	Sheet	03	04	
 Saipem Asia Sdn Bhd Suite 1001, 10th Floor, Wisma Permai, Jalan 16/16A, Petaling Jaya, Selangor Darul Ehsan, Malaysia <small>SAIPEM GROUP OF COMPANIES</small>			 Scale AS NOTED		
Not to scale. To the property of Saipem Sdn Bhd or its subsidiary or its joint venture.					
Date of issue: 26/01/2018 E&P/23-2729-3/2018					

ELF PETROLEUM ASIA B.V.
BRUNEI BRANCH
Maharaja Lela / Jamalulalam Project Detailed Engineering

Date of revision

July/98

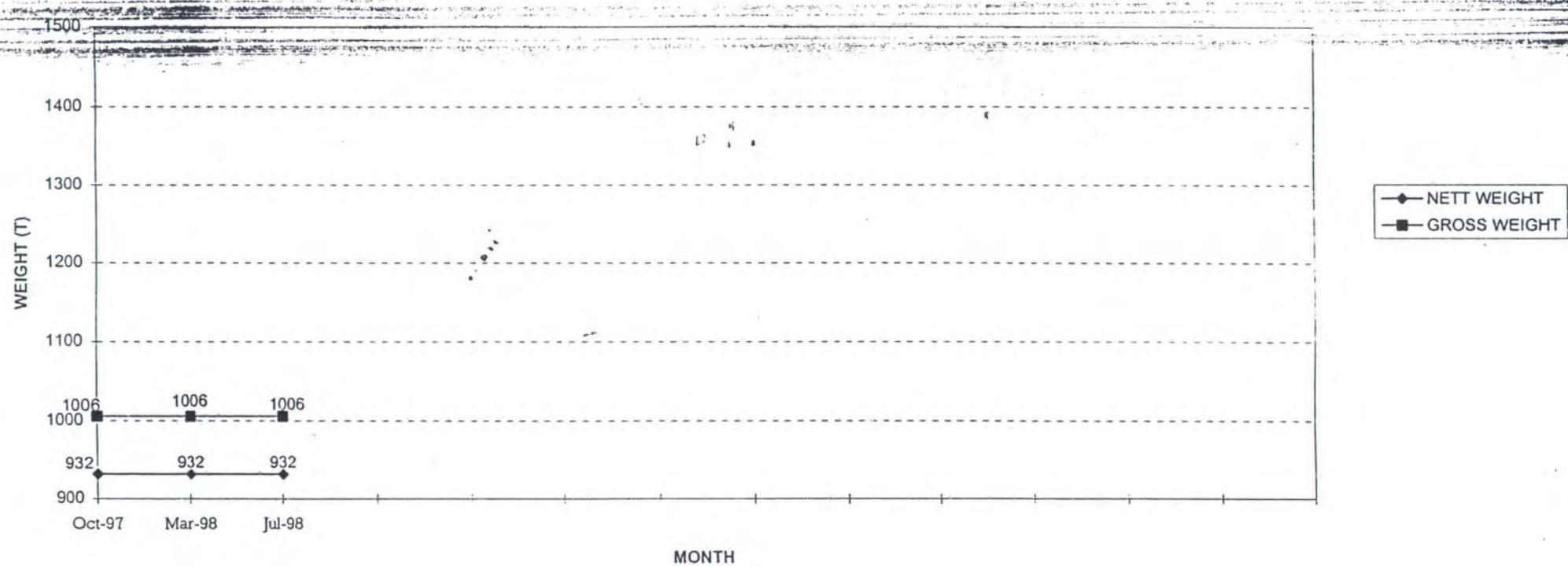
Page

A33

15th august 98

SWP JACKET

SWP SUBSTRUCTURE LIFT WEIGHT MONITORING CURVE



FILE NAME: DWMC.XLS

A34

OPERATOR : ELP
 FIELD : ML/JAM DEVELOPMENT
 PLATFORM : SWP
 SUB-ASSEMBLY : JACKET

SUMMARY TABLE
 LIFTING

DATE : 13/07/98
 BY : LIM
 CHECKED : KA
 REVISION : 3

ITEM	BRANCH OF TECHNOLOGY	DRY WEIGHT (1) (MT)	TOLERANCE (2) (MT)	CONTINGENCY (3) (MT)	VARIATION FOR LIFTING (4) (MT)	TARGET LIFT WEIGHT (1) + (2) + (3) - (4) (MT)	CENTRE OF GRAVITY IN MT		
							X	Y	Z
1	STRUCTURALS	2202.48	110.12	66.07	1429.42	949.25	-0.14	1.81	-28.51
2	MECHANICALS								
3	PIPING								
4	ELECTRICALS								
5	INSTRM./TELECOM								
6	ARCHITECTURAL								
7	HVAC								
8	SAFETY								
9	LIFTING SLINGS AND SHACKLES	53.20	2.66	1.60	0.00	57.46	0.00	6.61	-9.89
		2255.68	112.78	67.67	1429.42	1006.71	-0.14	2.08	-27.45

**DATA ACQUISITION TABLE
(DETAILED ENGINEERING PHASE)**

OPERATOR : ELF
FIELD : ML/JAM DEVELOPMENT
PLATFORM : SWP
SUB-ASSEMBLY : JACKET

**SUMMARY TABLE
OPERATION**

DATE : 13/07/98
BY : LIM
CHECKED : KA
REVISION : 3

ITEM	BRANCH OF TECHNOLOGY	DRY WEIGHT (1) (MT)	TOLERANCE (2) (MT)	CONTINGENCY (3) (MT)	INVENTORY LOAD (4) (MT)	TARGET DRY WEIGHT (1) + (2) + (3) - (4) (MT)	CENTRE OF GRAVITY (M)		
							X	Y	Z
1.1	STRUCTURAL - JACKET	878.94	43.95	26.37	0.00	949.25	-0.14	1.81	-28.51
1.2	STRUCTURAL - PILE	923.47	46.17	27.70	0.00	997.34	0.00	4.99	-74.34
1.3	STRUCTURAL - CONDUCTOR	303.33	15.17	9.10	0.00	327.59	-0.19	-1.58	-64.82
1.4	STRUCTURAL - BOATLANDING 1	48.37	2.42	1.45	0.00	52.24	-11.42	4.91	1.85
1.5	STRUCTURAL - BOATLANDING 2	48.37	2.42	1.45	0.00	52.24	11.42	4.91	1.85
2	MECHANICALS								
3	PIPING								
4	ELECTRICALS								
5	INSTRML/TELECOM								
6	ARCHITECTURAL								
7	HVAC								
8	SAFETY								
9	JACKET BUOYANCY AT MSL	-694.55	0.00	0.00	0.00	-694.55	0.08	2.13	-25.65
		1507.93	110.12	66.07	0.00	1684.12	-0.15	3.09	-62.01

**DATA ACQUISITION TABLE
(DETAILED ENGINEERING PHASE)**

OPERATOR : ELF
FIELD : ML/JAM DEVELOPMENT
PLATFORM : SWP
SUB-ASSEMBLY : JACKET
BRANCH OF TECHNOLOGY : STRUCTURAL

DATE : 13/07/98-
BY : LIM
CHECKED : KA
REVISION : 3

VARIATION ACCORDING TO LATEST INDEX	ITEM	DESCRIPTION	STATUS	YARD CODE	INSTALLATION CODE	DRY WEIGHT (MT)	TOLERANCE (MT)	INVENTORY LOAD (MT)	LIFT WEIGHT (M)		
									X	Y	Z
	1	JACKET ROW A - M0007	IFC			69.17	3.46	0.00	-9.71	1.58	-22.57
	2	JACKET ROW B - M0008	IFC			70.46	3.52	0.00	9.75	1.72	-23.02
	3	JACKET ROW I - M0009	IFC			180.44	9.02	0.00	-0.01	12.97	-25.60
	4	JACKET ROW 2 - M0010	IFC			172.96	8.65	0.00	0.00	-9.00	-25.34
	5	JACKET HORIZ. FRAME AT EL(+)-4.5 & (-)13.000 - M0011	IFC			64.02	3.20	0.00	0.00	-0.50	-3.95
	6	JACKET HORIZ. FRAME AT EL(-)36.00 - M0012	IFC			36.53	1.83	0.00	0.00	0.94	-36.00
	7	JACKET HORIZ. FRAME AT EL(-)61.00 - M0013	IFC			78.61	3.93	0.00	0.01	3.64	-59.19
	8	JACKET WALKWAY - M0015 & M0016	IFC			6.31	0.32	0.00	0.00	0.00	0.00
	9	CONDUCTOR GUIDE FRAMING - M0018	IFC			3.93	0.20	0.00	0.53	-1.92	-24.28
	10	PREINSTALLED CONDUCTOR - M0052	IFC			32.48	1.62	0.00	-2.08	-1.41	-31.00
	11	CONDUCTOR GUIDE-M0019	IFC			2.51	0.13	0.00	-2.08	-1.14	-48.96
	12	MUDMAT - M0022 & M0023	IFC			61.68	3.08	0.00	0.05	3.00	-61.27
	13	ANODES - M0024	IFC			45.53	2.28	0.00	0.00	2.50	-36.00
	14	CAISSON SUPPORTS - M0026	IFC			1.02	0.05	0.00	-4.36	1.20	-7.46
	15	CAISSON - M0027	IFC			15.69	0.78	0.00	-4.36	1.20	-11.03
	16	CAISSON SECTIONS - M0028	IFC			0.25	0.01	0.00	-4.36	1.20	5.30
	17	FIRE WATER PUMP CAISSON - M0036	IFC			0.43	0.02	0.00	3.09	6.11	1.52
	18	RISER CLAMP - M0037	IFC			0.22	0.01	0.00	6.09	8.11	-27.49
	19	PILE TO JACKET CONNECTION - M0040	IFC			10.79	0.54	0.00	0.00	0.91	-8.07
	20	TRANSITION & STABBING GUIDE - M0041	IFC			15.35	0.77	0.00	0.00	0.09	8.01
	21	UPENDING PADEYES - M0045	IFC			6.09	0.30	0.00	0.00	0.00	5.10
	22	LIFTING PADEYES - M0046	IFC			4.49	0.22	0.00	0.00	2.11	24.77
						878.94	43.95		-0.14	1.81	-28.51

DATA ACQUISITION TABLE
(DETAILED ENGINEERING, CONSTRUCTION, INSTALLATION PHASE)

OPERATOR : ELF
FIELD : ML/JAM DEVELOPMENT
PLATFORM : SWP
SUB-ASSEMBLY : PILE
BRANCH OF TECHNOLOGY : STRUCTURAL

DATE : 13/07/98
BY : LIM
CHECKED : KA
REVISION : 3

ELF PETROLEUM ASIA B.V.
ML/JAM DEVELOPMENT

CONTRACTOR : TPGM

DISCIPLINE : STRUCTURAL

REF. DWG. No. : M00045 & M0046 (SLING & SHACKLE)

SATELLITE WELLHEAD PLATFORM (SWP) - JACKET
WEIGHT CONTROL REPORT

DATE : 16/07/98

BY : LIM

CHECKED : KA

REVISION : 3

**NOTE : THE FINAL C.O.G.s ARE COMPUTED
BASED ON LIFT WEIGHT**

(DETAILED ENGINEERING, CONSTRUCTION, INSTALLATION PHASE)

OPERATOR : ELF

FIELD : ML/JAM DEVELOPMENT

PLATFORM : SWP

SUB-ASSEMBLY : CONDUCTOR

BRANCH OF TECHNOLOGY : STRUCTURAL

DATE : 13/07/98

BY : LIM

CHECKED : THC

REVISION : 2

CONTRACTOR : TPGM
DISCIPLINE : STRUCTURAL
REF. DWG. No. : BL1 - SUMMARY

SATELLITE WELLHEAD PLATFORM (SWP) - JACKET
WEIGHT CONTROL REPORT

DATE : 13/07/98
BY : LIM
CHECKED : KA
REVISION : 3

**NOTE : THE FINAL C.O.G.s ARE COMPUTED
BASED ON LIFT WEIGHT**

ELF PETROLEUM ASIA B.V.
ML/JAM DEVELOPMENT

CONTRACTOR : TPGM
DISCIPLINE : STRUCTURAL
REF. DWG. No. : BL2 - SUMMARY

SATELLITE WELLHEAD PLATFORM (SWP) - JACKET
WEIGHT CONTROL REPORT

DATE : 13/07/98
BY : LIM
CHECKED : KA
REVISION : 3

**NOTE : THE FINAL C.O.G.s ARE COMPUTED
BASED ON LIFT WEIGHT**

Document No	Rev
BN-01-Y-02-X00-AP-005	3

ELF PETROLEUM ASIA B.V.
BRUNEI BRANCH
Maharaja Lela / Jamalulalam Project Detailed Engineering

Date of revision

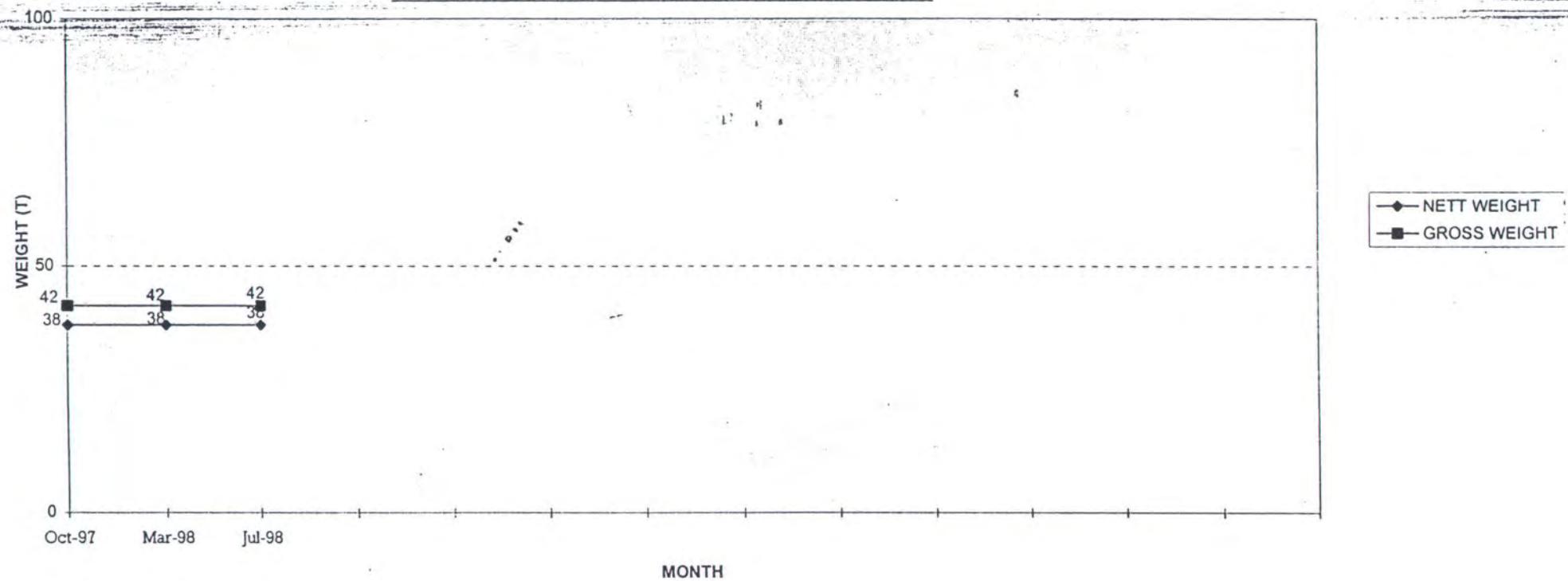
July/98

Page

A53

SWP VENT BOOM

SWP VENT BOOM LIFT WEIGHT MONITORING CURVE



FILE NAME: DWMC.XLS

A54

**DATA ACQUISITION TABLE
(DETAILED ENGINEERING PHASE)**

OPERATOR : ELF
FIELD : ML/JAM DEVELOPMENT
PLATFORM : SWP
SUB-ASSEMBLY : VENT BOOM

SUMMARY TABLE
LIFTING

DATE : 13/07/98
BY : LIM
CHECKED : KA
REVISION : 3

A55

DATA ACQUISITION TABLE
(DETAILED ENGINEERING PHASE)

OPERATOR : ELF
FIELD : ML/JAM DEVELOPMENT
PLATFORM : SWP
SUB-ASSEMBLY : VENT BOOM

SUMMARY TABLE
OPERATION

DATE : 13/07/98
BY : LIM
CHECKED : KA
REVISION : 3

ITEM	BRANCH OF TECHNOLOGY	OPERATION WEIGHT (1) (MT)	TOLERANCE (2) (MT)	CONTINGENCY (3) (MT)	INVENTORY LOAD (4) (MT)	TARGET DRY WEIGHT (1) + (2) + (3) - (4) (MT)	CENTRE OF GRAVITY (M)		
							X	Y	Z
1	STRUCTURAL	30.29	1.51	0.91	0.00	32.72	-5.07	22.43	26.59
2	MECHANICALS								
3	PIPING	5.10	0.51	0.25	0.00	5.86	-5.30	25.00	27.00
4	ELECTRICALS								
5	INSTRM/TELECOM								
6	ARCHITECTURAL								
7	HVAC								
8	SAFETY								
		35.39	2.02	1.16	0.00	38.58	-5.10	22.80	26.65

A56

OPERATOR : ELF
FIELD : ML/JAM DEVELOPMENT
PLATFORM : SWP
SUB-ASSEMBLY : VENT BOOM
BRANCH OF TECHNOLOGY : STRUCTURAL

DATE : 13/07/98
BY : LIM
CHECKED : KA
REVISION : 3

FILE NAME :SVENSUMS.XLS

A57

ELF PETROLEUM ASIA B.V.
ML/JAM DEVELOPMENT

CONTRACTOR : TPGM
DISCIPLINE : PIPING
REF. DWG. No.

SATELLITE WELLHEAD PLATFORM (SWP) - VENT BOOM
WEIGHT CONTROL REPORT

DATE : 13/07/98
BY : LIM
CHECKED : KA
REVISION : 3

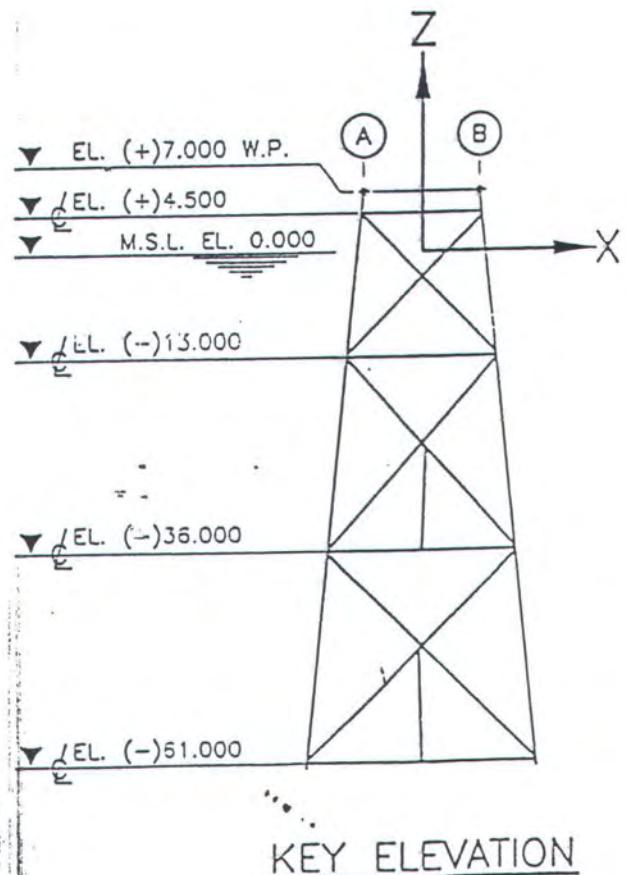
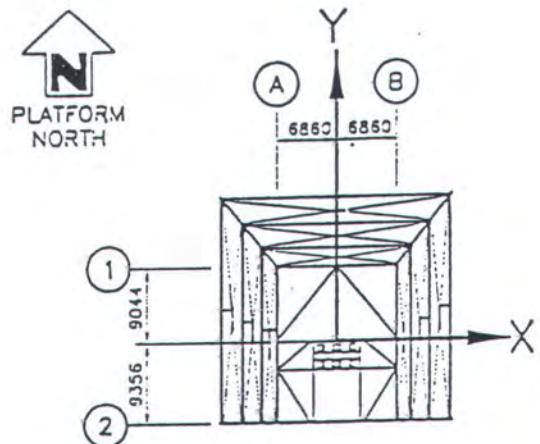
**NOTE : THE FINAL C.O.G.s ARE COMPUTED
BASED ON LIFT WEIGHT**

CALCULATION NOTE

SWP JACKET

Activity Code	Material Code	Order No	Rev
NC			
Issue	0	1	2
Date	7/18		
Calculated	✓		
Checked			
Approved			

A54

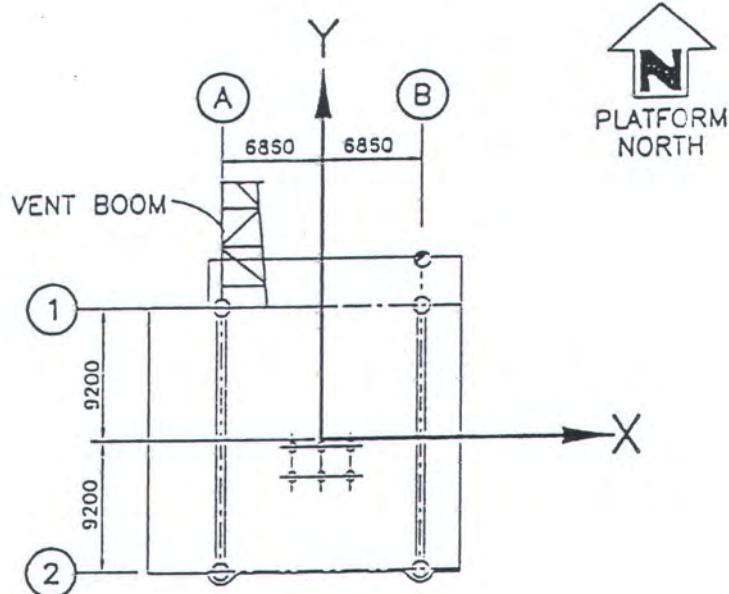


Activity Code	Material Code	Order No	Rev
NC			
Issue	0	1	2
Date	7/98		
Calculated	JL		
Checked			
Approved			

A65

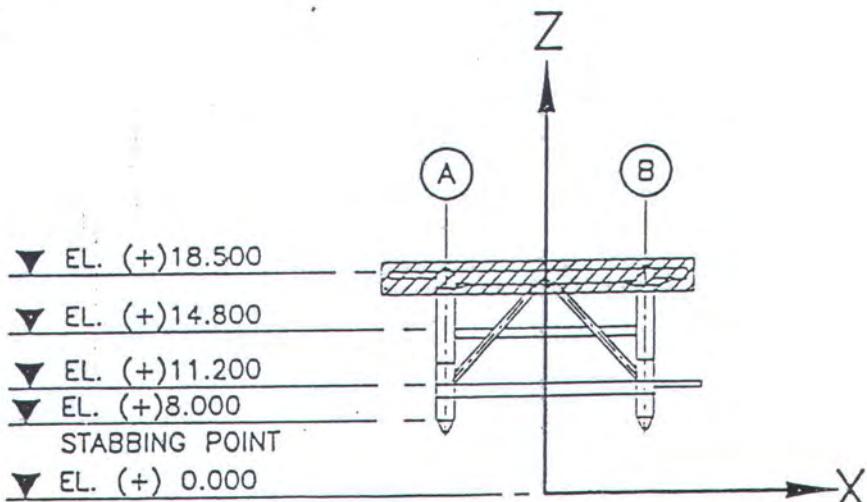
CALCULATION NOTE

SWP DECK



KEY PLAN

N.T.S



KEY ELEVATION

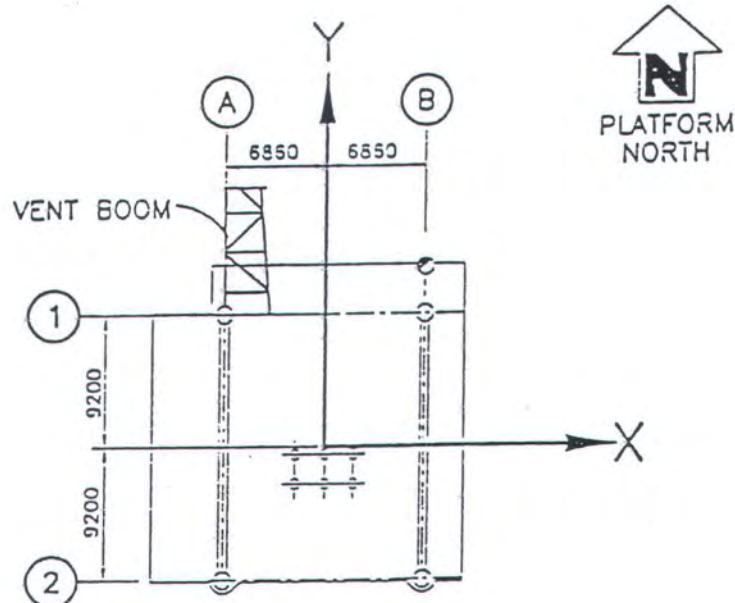
N.T.S

CALCULATION NOTE

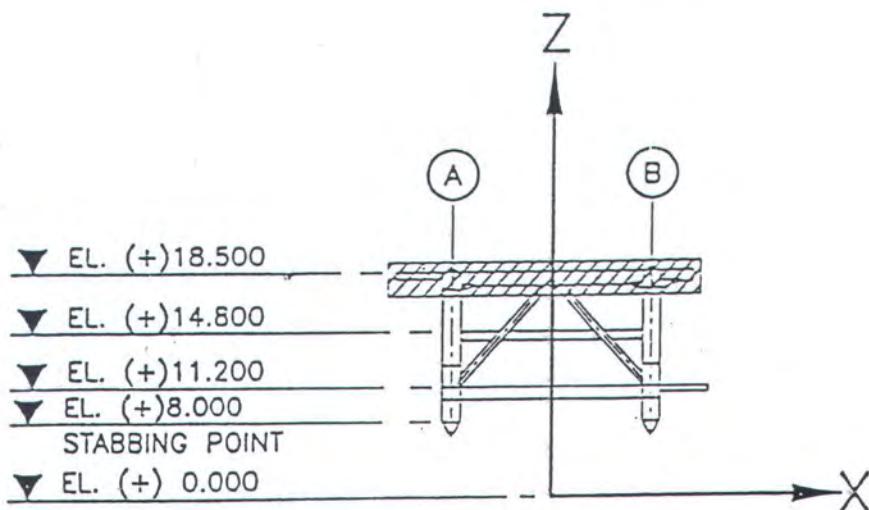
SWP VENT BOOM

Activity Code	Material Code	Order No	Rev
NC			
Issue	0	1	2
Date	7/98		
Calculated	✓		
Checked			
Approved			

A66

KEY PLAN

N.T.S

KEY ELEVATION

N.T.S

**ELF PETROLEUM ASIA B.V.
BRUNEI BRANCH
Maharaja Lela / Jamalulalam Project Detailed Engineering**

Date of revision

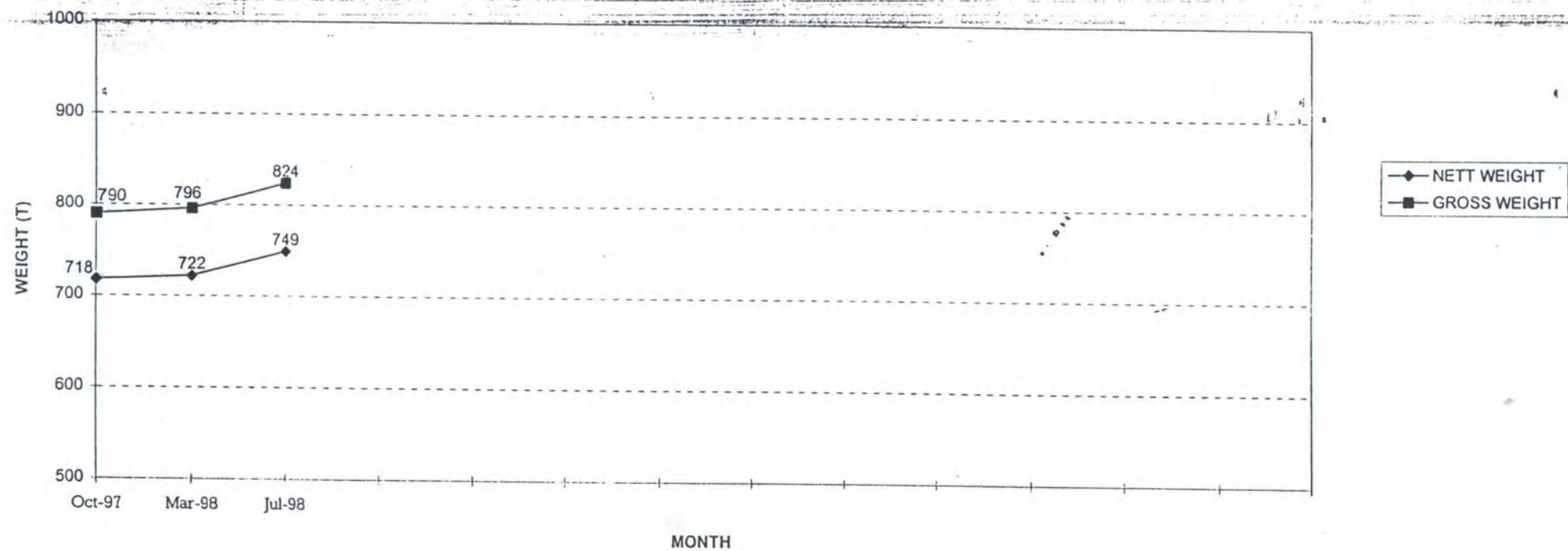
July/98

Page

A4 3

SWP DECK

SWP DECK LIFT WEIGHT MONITORING CURVE



FILE NAME: DWM.C.XLS

44

**DATA ACQUISITION TABLE
(DETAILED ENGINEERING PHASE)**

OPERATOR : ELF
FIELD : ML/JAM DEVELOPMENT
PLATFORM : SWP
SUB-ASSEMBLY : DECK

**SUMMARY TABLE
LIFTING**

DATE : 16/07/98
BY : LIM
CHECKED : KA
REVISION : 3

۱۴۵

**DATA ACQUISITION TABLE
(DETAILED ENGINEERING PHASE)**

OPERATOR : ELF
FIELD : ML/JAM DEVELOPMENT
PLATFORM : SWP
SUB-ASSEMBLY : DECK

SUMMARY TABLE OPERATION

DATE : 16/07/98
BY : LIM
CHECKED : KA
REVISION : 3

(DETAILED ENGINEERING PHASE)

OPERATOR : ELF
FIELD : ML/JAM DEVELOPMENT
PLATFORM : SWP
SUB-ASSEMBLY : DECK
BRANCH OF TECHNOLOGY : STRUCTURAL

DATE : 10/07/98
BY : LIM
CHECKED : KA
REVISION : 3

VARIATION ACCORDING TO LATEST INDEX	ITEM	DESCRIPTION	STATUS	YARD CODE	INSTALLATION CODE	DRY WEIGHT (MT)	TOLERANCE (MT)	INVENTORY	LIFT WEIGHT (MT)		
									LOAD (MT)	X	Y
	1	MAIN DECK FRAMING - M0101	IFC			45.98	2.30	0.00	0.66	1.44	17.78
	2	MAIN DECK SECONDARY BEAM - M0102	IFC			16.39	0.82	0.00	-1.50	2.60	18.34
	3	MEZZ. DECK FRAMING - M0103	IFC			43.68	2.18	0.00	0.71	1.81	14.48
	4	CELLAR DECK FRAMING - M0104	IFC	L		69.87	3.49	0.00	-0.57	3.69	10.84
	5	TRUSS ROW A & B - M0105	IFC			74.29	3.71	0.00	1.44	2.56	13.65
	6	TRUSS ROW 1 & 2 - M0106	IFC			5.36	0.27	0.00	0.00	0.00	14.24
	7	JOINT DETAILS - SHEET 1 - M0107	IFC			6.14	0.31	0.00	0.00	0.00	17.70
	8	JOINT DETAILS - SHEET 2 - M0108	IFC			14.47	0.72	0.00	2.00	-2.00	18.00
	9	JOINT DETAILS - SHEET 3 - M0109	IFC			10.01	0.50	0.00	0.00	0.00	18.00
	10	JOINT DETAILS - SHEET 4 - M0110	IFC			8.49	0.42	0.00	0.00	3.00	14.40
	11	JOINT DETAILS - SHEET 5 - M0111	IFC			6.00	0.30	0.00	0.00	-1.00	13.00
	12	JOINT DETAILS - SHEET 6 - M0112	IFC			14.99	0.75	0.00	0.00	0.00	10.75
	13	SKID BEAM - M0116	IFC			32.50	1.63	0.00	0.00	0.00	17.50
	14	STABBING POINT - M0118	IFC			1.95	0.10	0.00	0.00	0.00	8.00
	15	PADEYES - M0121	IFC			6.95	0.35	0.00	0.00	0.00	17.60
	16	MAIN DECK FLOORING & MISC - M0123,M0126 & M0128	IFC			45.40	2.27	0.00	-1.13	1.50	18.52
	17	MEZZ DECK FLOORING & MISC - M0124 & M0126	IFC			13.94	0.70	0.00	1.00	1.50	14.96
	18	CELLAR DECK FLOORING & MISC - M0125 & M0126	IFC			20.42	1.02	0.00	-1.00	2.50	11.35
	19	STAIRWAY 1A - 1E - M0132 & M0133	IFC			3.69	0.18	0.00	8.97	-5.00	11.68
	20	STAIRWAY 2A - 2D - M0134 & M0135	IFC			3.86	0.19	0.00	-10.00	12.00	11.67
	21	SECURITY DOOR - M0137 & M0138	IFC			1.27	0.06	0.00	0.00	0.00	9.44
	22	REMOVABLE HATCH COVER - M0139	IFC			3.51	0.18	0.00	0.00	-1.60	18.64
	23	MEZZ. DECK HATCH COVER - M0140	IFC			3.35	0.17	0.00	0.00	-1.60	14.80
	24	CELLAR DECK CONDUCTOR GUIDE - M0141	IFC			1.28	0.06	0.00	0.00	-1.60	11.05
	25	ACCESS HATCH COVER - M0142	IFC			0.27	0.01	0.00	7.76	4.70	18.50
	26	MISC SERVICE PLATFORM - M0145	IFC			0.61	0.03	0.00	-4.66	10.00	16.36
	27	NORTH BURNER BOOM SUPPORT - M0147	IFC			0.32	0.02	0.00	0.00	11.54	11.20
	28	BURNER BOOM SUPPORT - M0148	IFC			0.26	0.01	0.00	-11.86	0.00	11.20
	29	CRANE BOOM REST - M0149 & M0150	IFC			3.93	0.20	0.00	2.35	12.20	21.30
	30	WIDOW MAKER - M0152	IFC			3.36	0.17	0.00	0.00	-10.76	13.38
	31	WEATHER SHELTER - M0155	IFC			1.92	0.10	0.00	-7.87	10.71	12.85
	32	ESDV SERVICE PLATFORM - M0170	IFC			7.17	0.36	0.00	3.18	6.50	8.00
	33	MONORAIL - M0171	IFC			0.35	0.02	0.00	-7.56	-2.20	14.00
	34	Drip PAN - M0173, M0174 & M0175	IFC			5.06	0.25	0.00	1.43	7.25	10.68
	35	GUTTER DETAILS - M0176 & M0177	IFC			1.89	0.09	0.00	-1.13	1.50	18.13
	36	VENT BOOM SUPPORT - M0168 & M0169	IFC			13.51	0.68	0.00	-3.86	12.65	17.30
		TOTAL WEIGHT				492.44	24.62		0.07	2.19	14.80

ML/JAM DEVELOPMENT

CONTRACTOR : TPGM
 DISCIPLINE : MECHANICAL
 REF. DWG. No.

SATELLITE WELLHEAD PLATFORM (SWP) - DECK
 WEIGHT CONTROL REPORT

DATE : 10/07/98
 BY : LIM
 CHECKED : THC
 REVISION : 2

ITEM No.	DESCRIPTION	TAG NO	BASE WEIGHT (MT)				LIFT WEIGHT C.O.G. LOCATION (M)		
			LIFT	DRY	OPERATING	HYDROTEST	X	Y	Z
1	METHANOL INJECTION (ELECTRIC)	WGX-805	0.75	0.75	0.76	0.77	-9.26	5.70	11.95
2	METHANOL INJECTION (HAND)	WGA-805	0.75	0.75	0.76	0.77	-9.40	7.50	11.45
3	METHANOL INJECTION (GAS)	WGC-805	0.75	0.75	0.76	0.77	-9.26	3.70	11.95
4	CORR. INHIB. INJECTION	WGC-800A	0.75	0.75	0.76	0.77	-9.40	7.50	11.45
5	CORR. INHIB. INJECTION	WGC-800B	0.75	0.75	0.76	0.77	-9.40	7.50	11.45
6	METHANOL INJECTION PUMP	WGC-806	0.75	0.75	0.76	0.77	-9.30	2.00	11.70
7	DEMULSIFER INJECTION	WGC-807A	0.75	0.75	0.76	0.77	-9.30	2.00	11.70
8	DEMULSIFER INJECTION	WGC-807B	0.75	0.75	0.76	0.77	-9.30	2.00	11.70
9	VENT K O (H)	WDA-320	6.16	6.16	18.32	20.09	0.80	8.10	9.50
10	CLOSED DRAIN (H)	WDA-321	1.65	1.65	4.31	4.31			
11	POWER GAS SCRUBBER (V)	WDS-920	2.67	2.67	3.21	3.45	3.86	10.70	13.00
12	INSTR. GAS SCRUBBER (V)	WDS-821	2.00	2.00	2.35	2.77	1.36	10.70	13.00
13	DECICANT DRYERS	WDF-823 A/B	1.00	1.00	1.30	1.30			
14	INSTRUMENT GAS FILTER	WIF-822 A/B	1.00	1.00	1.30	1.30			
15	WASH WATER TANK	WTA-900	1.00	1.00	4.80	5.00	-4.66	10.20	16.00
16	METHANOL STORAGE TANK	WTA-805	3.28	3.28	9.05	10.57	-5.50	4.20	15.70
17	METHANOL PREPARATION TANK	WTA-806	1.85	1.85	4.46	4.46	-2.16	9.20	19.10
18	DEMULSIFIER STORAGE TANK	WTA-807A/B/C	1.95	1.95	5.55	6.00	-4.31	9.95	19.10
19	CORR. INHIB. TOTE TANK	WTA-800 A/B/C	1.95	1.95	5.55	6.00	-4.86	8.55	19.10
20	GAS LAUNCHER	WDG-600	1.50	1.50	1.50	6.50	8.06	2.36	14.80
21	POWER / INST. GAS EXCHANGER	WEB-824	0.50	0.50	0.60	0.65	5.66	5.30	15.50
22	PORTABLE GENERATOR	TBA	1.50	1.50	1.70	1.70	3.16	8.15	19.00
23	PEDESTAL CRANE		40.00	40.00	62.50	62.50	6.86	12.20	23.80
24	LIQUID RECOVERY PUMP	WGC-320A	0.50	0.50	0.52	0.53	-3.51	7.40	5.50
25	LIQUID RECOVERY PUMP	WGC-320B	0.50	0.50	0.52	0.53	-3.51	5.80	5.50
26	LIQUID RECOVERY PUMP	WGC-320C	0.50	0.50	0.52	0.53	-3.51	3.80	5.50
27	OPEN DRAIN SUMP PUMP	WGC-720	1.50	1.50	1.70	1.70	-4.36	1.36	4.80
28	SUMP CAISSON PUMP	WGC-721	0.50	0.50	0.51	0.52	-4.36	1.36	4.80
29	METHANOL TOTE TANK	WTA-808A/B	1.30	1.30	3.70	4.00	-2.16	9.20	19.10
NOTE : THE FINAL C.O.G.s ARE COMPUTED BASED ON LIFT WEIGHT			78.81				2.47	9.32	18.01
				78.81					
					140.05				
						150.51			

TOTAL MECHANICAL WEIGHT

110.14 115.31 184.54 200.58 1.69 8.84 16.34

A48

CONTRACTOR : TPGM
 DISCIPLINE : MECHANICAL
 REF. DWG. No.

SATELLITE WELLHEAD PLATFORM (SWP) - DECK
 WEIGHT CONTROL REPORT

DATE : 10/07/98
 BY : LIM
 CHECKED : KA
 REVISION : 3

ITEM No.	DESCRIPTION	TAG NO.	BASE WEIGHT (MT)				LIFT WEIGHT C.O.G. LOCATION (M)			
			LIFT	DRY	OPERATING	HYDROTEST	X	Y	Z	
30	FIRE WALL AO			1.80	1.80	1.80	1.80	-8.11	10.70	13.00
31	WEATHER SHELTER ROOF AO			0.15	0.15	0.15	0.15	-8.11	10.70	13.00
32	BURNER BOOM			0.00	5.17	5.17	5.17	-28.00	0.00	11.20
33	INST / POWER GAS EXCHANGER	WEB-825		0.50	0.50	1.50	1.50	4.86	5.30	15.50
34	CO2 PURGING SYSTEM	WUD-860		1.00	1.00	1.00	1.00	-6.36	5.20	11.50
35	WELLHEAD HYDRANT PANEL	WNF-100		2.00	2.00	2.00	2.00	5.36	5.26	12.00
36	TEST SEPARATOR	WDS-101	24.88	24.88	31.87	37.45	0.00	7.76	12.00	
37	BATTERY PACK	WPG-102		0.50	0.50	0.50	0.50	1.36	11.45	11.50
38	MAIN DECK SAFETY LOAD			0.20	0.20	0.20	0.20	-1.13	1.00	18.50
39	CELLAR DECK SAFETY LOAD			0.30	0.30	0.30	0.30	0.00	2.25	11.50
NOTE : THE FINAL C.O.G.s ARE COMPUTED BASED ON LIFT WEIGHT				31.33			-0.27	7.63	12.13	
				36.50		44.49	50.07			

**ELF PETROLEUM ASIA B.V.
ML/JAM DEVELOPMENT**

CONTRACTOR : TPGM
DISCIPLINE : PIPING
REF. DWG. No.

SATELLITE WELLHEAD PLATFORM (SWP) - DECK
WEIGHT CONTROL REPORT

DATE : 14/07/98
BY : LIM
CHECKED : KA
REVISION : 3

NOTE : THE FINAL C.O.G.s ARE COMPUTED
BASED ON LIFT WEIGHT

ELF PETROLEUM ASIA B.V.
ML/JAM DEVELOPMENT

CONTRACTOR : TPGM
DISCIPLINE : E & I - CEGELEC
REF. DWG. No.

SATELLITE WELLHEAD PLATFORM (SWP) - DECK
WEIGHT CONTROL REPORT

DATE : 16/07/98
BY : LIM
CHECKED : KA
REVISION : 3

ITEM No.	DESCRIPTION	TAG NO	BASE WEIGHT (MT)			LIFT WEIGHT C.O.G. LOCATION (M)		
			LIFT	DRY	OPERATING	X	Y	Z
1	CABLE TRAY,SUPPORT,CABLE,IMPULSE LINE, FIELD INST,FUSIBLE PLUG LOOP & MISC		0.45	0.45	0.45	-6.36	5.50	5.36
2	CABLE TRAY,SUPPORT,CABLE,IMPULSE LINE, FIELD INST,FUSIBLE PLUG LOOP & MISC		0.35	0.35	0.35	3.80	5.50	5.36
3	CABLE TRAY,SUPPORT,CABLE & MISC		0.06	0.06	0.06	3.80	-3.50	5.36
4	CABLE TRAY,SUPPORT,CABLE,IMPULSE LINE, FIELD INST,FUSIBLE PLUG LOOP & MISC		1.80	1.80	1.80	-3.75	7.20	11.70
5	CABLE TRAY,SUPPORT,CABLE,IMPULSE LINE, FIELD INST,FUSIBLE PLUG LOOP & MISC		3.10	3.10	3.10	4.80	7.20	11.70
6	CABLE TRAY,SUPPORT,CABLE,IMPULSE LINE, FIELD INST,FUSIBLE PLUG LOOP & MISC		0.15	0.15	0.15	-3.50	-3.00	11.70
7	CABLE TRAY,SUPPORT,CABLE,IMPULSE LINE, FIELD INST,FUSIBLE PLUG LOOP & MISC		0.20	0.20	0.20	4.50	-3.00	11.70
8	CABLE TRAY,SUPPORT,CABLE,IMPULSE LINE, FIELD INST & MISC		0.70	0.70	0.70	-6.86	7.50	15.30
9	CABLE TRAY,SUPPORT,CABLE,IMPULSE LINE, FIELD INST & MISC		0.70	0.70	0.70	6.00	7.50	15.30
10	IMPULSE LINE & MISC		0.10	0.10	0.10	-4.50	-2.00	15.30
11	IMPULSE LINE & MISC		0.03	0.03	0.03	5.50	-3.50	15.30
12	CABLE TRAY,SUPPORT,CABLE & TRUNKING		0.15	0.15	0.15	-7.50	4.25	19.00
13	CABLE TRAY,SUPPORT,CABLE ,TRUNKING & FIELD INST.		0.30	0.30	0.30	4.25	8.50	19.00
14	CABLE TRAY,SUPPORT,CABLE,TRUNKING & MISC		0.08	0.08	0.08	-5.75	-3.75	19.00
NOTE : THE FINAL C.O.G.s ARE COMPUTED BASED ON LIFT WEIGHT			8.17	8.17	8.17	0.73	6.23	12.18

ELF PETROLEUM ASIA B.V.
ML/JAM DEVELOPMENT

CONTRACTOR : TPGM
DISCIPLINE : CTS
REF. DWG. No.

SATELLITE WELLHEAD PLATFORM (SWP) - DECK
WEIGHT CONTROL REPORT

DATE : 16/07/98
BY : LIM
CHECKED : KA
REVISION : 3

Selanjutnya untuk menentukan mean (μ), standard deviasi (σ), varian (VAR) dan Covariannya adalah :

$$\mu = \int_{-\infty}^x x \cdot f(x) dx \quad (2.17)$$

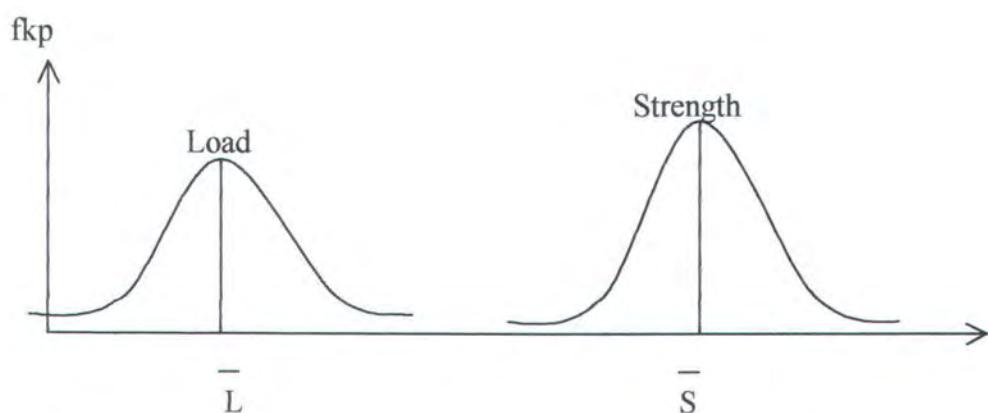
$$VAR(x) = \int_{-\infty}^x (x - \mu)^2 \cdot f(x) dx \quad (2.18)$$

$$\sigma = \sqrt{VAR} \quad (2.19)$$

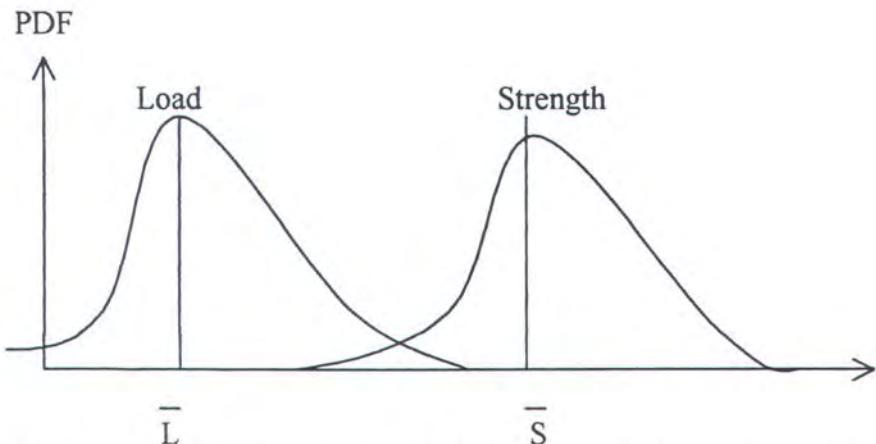
$$COV = \frac{\sigma_x}{\mu_x} \quad (2.20)$$

II.10. Diagram Interferensi

Apabila suatu sistem diasumsikan memiliki kekuatan yang terdistribusi dengan fungsi kerapatan peluang (f_{kp_s}), dan efek pembebanannya terdistribusi dengan fungsi f_{kp_l} . Apabila kedua fkp tersebut terpisah sama sekali maka dapat dikatakan bahwa sistem tersebut memiliki keandalan $K= 1$, atau tidak pernah gagal.



Gambar 2.7 Distribusi beban dan kekuatan yang saling lepas



Gambar 2.8. Distribusi beban dan kekuatan yang saling memotong

Pada kedua gambar (2.7) dan (2.8) diatas (O'Connor ,1991) setiap distribusinya mempunyai nilai rata-rata (mean) dengan \bar{L} (μ_L) dan \bar{S} (μ_S) sedangkan nilai simpangan bakunya (standard deviasi) dinotasikan σ_L dan σ_S . Seperti telah dijelaskan diatas bila kedua distribusinya saling lepas maka sistem dikatakan tidak pernah gagal (gambar 2.7). Sebaliknya bila kedua distribusinya saling memotong (*overlap*) maka sistem akan mengalami kegagalan (gambar 2.8).

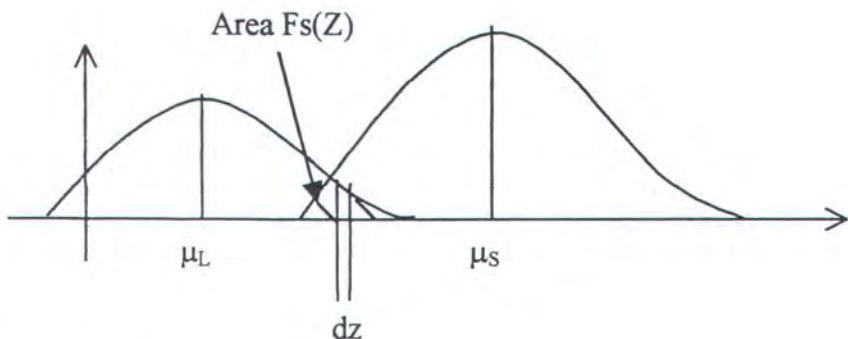
Dari distribusi kekuatan dan pembebahan diatas, dapat ditentukan 2 (dua) faktor (O'Connor ,1991) :

$$\text{Safety Factor (SF)} = \frac{\mu_S - \mu_L}{\sqrt{(\sigma_S^2 + \sigma_L^2)}} \quad (2.21)$$

dan,

$$\text{Loading Roughness (LR)} = \frac{\sigma_L}{\sqrt{(\sigma_S^2 + \sigma_L^2)}} \quad (2.22)$$

Sebuah contoh yang sederhana, pada gambar (2.9) memperlihatkan fungsi kerapatan peluang (*Probability Density Function*, pdf) untuk variabel beban (Z) dan kekuatan (S).



Gambar 2.9. Interferensi dua distribusi peluang (Beban-Kekuatan)

Kita tetapkan suatu fungsi sederhana $g(s,z)$ yang disebut fungsi keadaan batas, yang menerangkan batas aman (*safety margin*) M antara kekuatan dan beban yang bekerja, yaitu :

$$M = g(s,z) = S - M \quad (2.23)$$

S dan M adalah variabel acak dan dapat diasumsikan mempunyai distribusi nilai. Beberapa keadaan berikut menerangkan kemungkinan yang dapat terjadi pada keandalan sistem tersebut :

- (i) $M = g(s,z) < 0$, keadaan dimana sistem mengalami kegagalan, artinya beban Z melebihi kekuatan S.
- (ii) $M = g(s,z) > 0$, keadaan aman, artinya beban Z lebih kecil dari kekuatan S.
- (iii) $M = g(s,z) = 0$, keadaan dimana batas garis antara keadaan aman dan gagal

Peluang terjadinya kegagalan pada keadaan pertama (i), dapat diterangkan secara sederhana sebagai berikut :

Pada gambar (2.9) diatas, menunjukkan bahwa peluang harga beban Z yang berada pada interval dz , $(z-dz/2 ; z+dz/2)$ adalah $f_S(z) dz$. Kegagalan akan terjadi jika harga kekuatan S lebih kecil dari harga Z dan peluang kejadian ini adalah hasil fungsi distribusi kumulatif (*Cumulative Distribution Function* ; CDF) kekuatan pada nilai Z, $F_S(Z)$ yang ditulis sebagai berikut :

$$\int_0^z f_S(z) dz \quad (2.24)$$

Dengan memakai persamaan (2.24) maka peluang kejadiannya adalah $F_S(Z)$
 $f_X(z) dz$, untuk total peluang kejadian P_f adalah :

$$P_f = \int_0^\infty F_S(Z) f_Z(z) dz \quad (2.25)$$

II.11. Distribusi Peluang

Distribusi Peluang yang sering ditemui dilapangan adalah Distribusi Normal dan Log Normal.

II.11.1.Distribusi Normal (Gaussian)

Persamaan distribusi normal ditulis sebagai berikut (Walpole & Myers ,1986) :

$$f(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \exp\left[-\frac{1}{2}\left(\frac{x-\mu}{\sigma}\right)^2\right] \quad (2.26)$$

dimana μ adalah rata-rata (mean), σ adalah standar deviasi. Populasi yang mengikuti distribusi ini mempunyai variasi yang bentuknya sama yang ditentukan oleh nilai ratanya (nilai kecondongannya = 0). Karena ekor dari distribusi normal adalah simetris maka lebar ekor sebelah kiri sama dengan sebelah kanannya.

Sebuah alasan yang penting sehingga distribusi ini diaplikasikan secara luas adalah ketika beberapa distribusi saling ber-interferensi tanpa mempertimbangkan bagaimana bentuk distribusinya maka hasil peluang distribusi gabungan dapat didekati dengan distribusi normal. Distribusi normal ini sangat cocok untuk quality control dan beberapa observasi keandalan. Standarisasi fungsi distribusi (seperti : $\mu=0$ dan $\sigma=1$) :

$z = (x-\mu)/\sigma$ sehingga persamaan 2.26 dapat ditulis :

$$f(x) = \frac{1}{2} \exp\left(-\frac{1}{2}Z^2\right) \quad (2.27)$$

II.11.2.Distribusi Log Normal

Persamaan distribusi Log normal ditulis sebagai berikut (Walpole&Myers ,1986)

$$f(x) = \begin{cases} \frac{1}{x\sigma_y\sqrt{(2\pi)}} \exp\left[-\frac{1}{2}\left(\frac{\ln x - \mu_y}{\sigma_y}\right)^2\right] & (x \geq 0) \\ 0 & (x < 0) \end{cases} \quad (2.28)$$

Distribusi ini mempunyai daerah yang tajam sehingga sering lebih cocok untuk data keandalan. Distribusi ini muncul sebagai distribusi terbatas pada saat sebuah variabel acak dihasilkan dari beberapa variabel acak yang bebas dan terdistribusi secara identik (Ship Structure Committe ,1990). Distribusi ini dapat dikatakan distribusi normal dengan variabel $\ln x$. Mean dan Standar Deviasi-nya adalah :

$$\mu_x = \exp(\mu + \sigma^2/2) \quad (2.29)$$

$$\sigma_x = [\exp(2\mu + 2\sigma^2) - \exp(2\mu + 2\sigma^2)]^{0.5} \quad (2.30)$$

$$\mu_y = 2 \ln(\mu_x) - 0.5 \ln(\sigma_x^2 + \mu_x^2) \quad (2.31)$$

$$\sigma_y = \sqrt{\ln \frac{(\sigma_x^2 + \mu_x^2)}{\mu_x^2}} \quad (2.32)$$

dimana μ dan σ adalah Mean dan Standard Deviasi dalam data ln.

Jika, $\mu \gg \sigma$, Distribusi Log Normal akan mendekati Distribusi Normal.

II.12. Metode Mean Value First Order Second Moment (MVFOSM)

Dalam metode MVFOSM ini, masukan yang diperlukan dalam perhitungan adalah harga rata-rata (*mean values* atau *first order*) dan simpangan baku (*standard deviation* atau *second moment*) dari perubah-perubah acak tersebut. Jadi distribusi atau fungsi kerapatan peluang fkp perubah-perubah tersebut tidak diperlukan secara langsung.

Suatu sistem dikatakan gagal jika kekuatan (*resistace*) sistem R kurang dari beban yang diterimanya Q (*load*). Dalam teori keandalan perbedaan antara R dan Q dinamakan fungsi keandalan (*reliability function*) Z,

$$Z = R - Q \quad (2.33)$$

Jika diasumsikan R dan Q adalah variabel random independen dan mempunyai distribusi normal yang diketahui harga rata-rata dan simpangan bakunya, maka fungsi keandalan Z yang terdistribusi normal juga dapat dicari harga rata-rata dan simpangan bakunya :

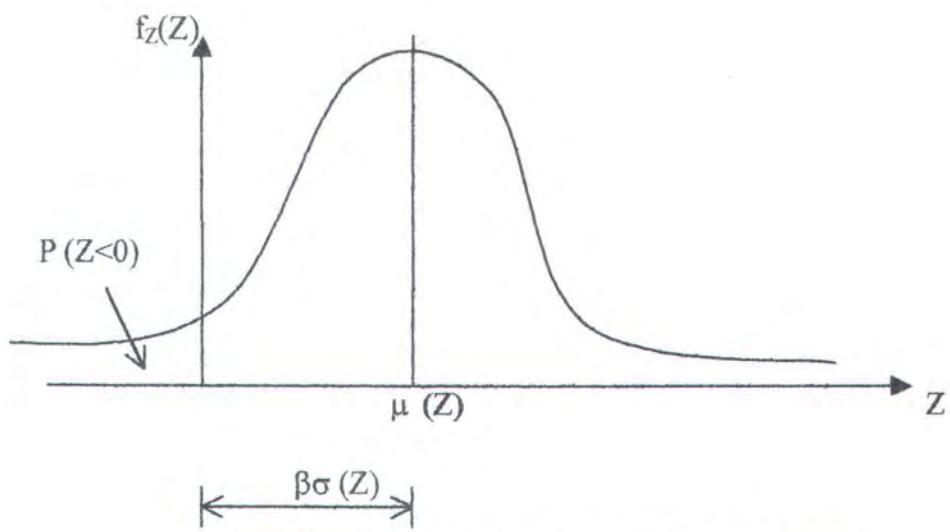
$$Z \approx R - Q \quad (2.34)$$

$$\sigma^2 = \sigma^2_R + \sigma^2_Q \quad (2.35)$$

$$\sigma^2_R \approx \sum \left[\frac{\partial R}{\partial x_i} \frac{x_i}{R} \right]_{X_i=\bar{x}_i}^2 \quad (2.36)$$

$$V = \frac{\sigma}{\bar{R}} \quad (2.37)$$

$$V^2 R \approx \sum \left[\frac{\partial R}{\partial x_i} \frac{x_i}{R} \right]_{X_i=\bar{x}_i}^2 . V^2_i \quad (2.38)$$



Gambar 2.10 Fungsi kerapatan peluang untuk $Z = R-Q$

Probabilitas kegagalan dari gambar diatas (Vrouwenvelder, Karadeniz & Van Manen, 1984) dapat dihitung dari :

$$P(z < 0) = \int_0^{\infty} f_Z(z) dz = \Phi_N(-\beta) \quad (2.39)$$

$$\beta = \frac{\mu z}{\sigma z} \quad (2.40)$$

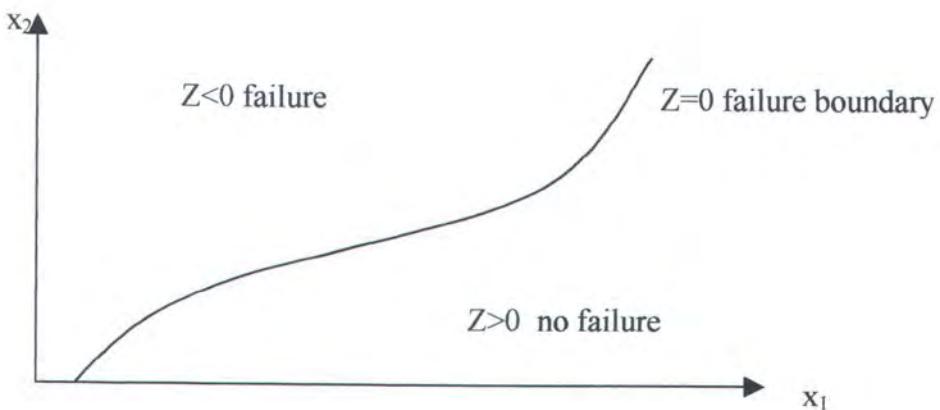
dimana :

$f_Z(z)$ = probability density function dari z

$\Phi_N(\cdot)$ = fungsi distribusi normal standar

β = reliability index

Bila fungsi keandalan dengan n variabel stokastik, misalnya $x_1, x_2, x_3, \dots, x_n$ dan diasumsikan x adalah mutually independen dengan nilai rata-rata dan simpangan baku diketahui, maka fungsi tersebut gagal jika berharga negatif dan sebaliknya, seperti gambar berikut (Vrouwenvelder, Karadeniz & Van Manen, 1984) :



Gambar 2.11 Definisi batas kegagalan

Titik-titik dengan harga $Z = 0$ disebut batas bidang gagal (*failure boundary*). Dengan memakai formula seri Taylor orde pertama, beberapa linierisasi titik x_i^* , fungsi Z menjadi :

$$z = z(x_1, \dots, x_n) + \sum_{i=1}^n (x_i - x_i^*) \frac{\partial z}{\partial x_i} \quad (2.41)$$

$\partial z / \partial x_i$ adalah derivatif parsial yang dievaluasi pada titik x_i^* . Maka rata-rata dan varian z adalah :

$$\mu(z) = z(x_1^*, \dots, x_n^*) + \sum_{i=1}^n (x_i^* - \bar{x}_i) \frac{\partial z}{\partial x_i} \quad (2.42)$$

$$\sigma^2(z) = \sum_{i=1}^n \left[\sigma(x_i) \frac{\partial z}{\partial x_i} \right]^2 \quad (2.43)$$

Maka probabilitas kegagalannya :

$$P(z < 0) = \Phi_N(-\beta) \quad (2.44)$$

dimana,

$$\beta = \frac{\mu(z)}{\sigma(z)} \quad (2.45)$$



Metode MVFOSM ini mempunyai tiga kekurangan (Ship Structure Committe, 1990) :

Pertama, jika fungsi batas $g(x)$ tidak linier dan linierisasi mengambil tempat pada nilai mean dari x_i , kesalahan mulai terjadi pada pertambahan jarak dari titik linierisasi karena pengabaian orde yang lebih tinggi.

Kedua, metode ini tidak mampu menghasilkan nilai yang sama untuk pengambilan fungsi batas yang berbeda pada persoalan yang sama. Jadi indeks keamanan b tergantung pada bagaimana formulasi fungsi keadaan batas.

Ketiga, pada metode MVFOSM, indeks keandalan β dapat dihubungkan dengan probabilitas kegagalan jika variabel x_i terdistribusi normal dan fungsi batas $g(x)$ adalah linier dalam x_i . Bahwa kebanyakan variabel acak dasar mengikuti distribusi Weibull atau distribusi Eksponensial, sehingga membutuhkan normalisasi distribusi.

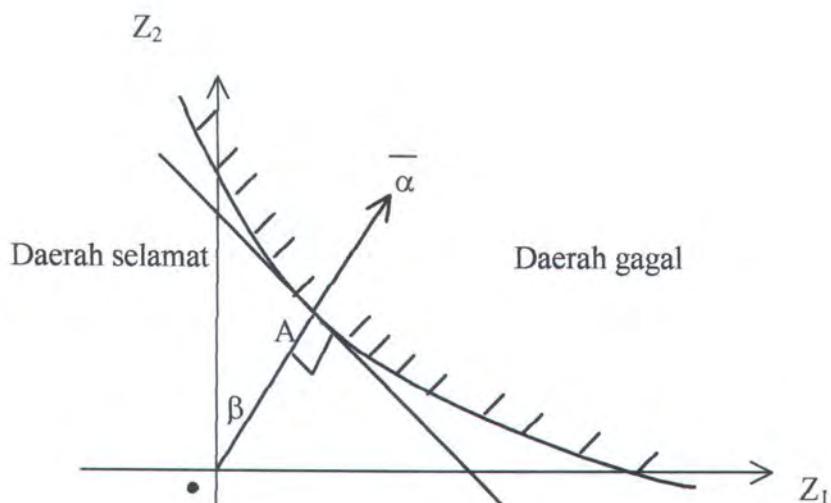
II.13. Indeks Keandalan Hashofer dan Lind

Kekurangan pertama dan kedua metode MVFOSM dapat dihindari dengan menggunakan cara yang diberikan oleh *Hashofer dan Lind*. Prosedur yang diterapkan oleh *Hashofer dan Lind* yaitu variabel x (variabel pada fungsi batas) ditransformasikan ke distribusi normal standar :

$$y_i = \frac{x_i - \bar{x}_i}{\sigma x_i} \quad (2.46)$$

Indeks keandalan *Hasofer dan Lind* didefinisikan sebagai jarak terpendek dari titik pusat O ke permukaan bidang gagal pada sistem koordinat variabel-variabel normal

standar. Pada gambar (2.12), indeks keandalan sama dengan jarak OA. Titik A disebut design point.



Gambar 2.12 Daerah batas

Pada gambar 2.12 (Thoft-Christensen & Murotsu, 1986) menerangkan bahwa vektor α mempunyai arah tegak lurus dengan bidang A. Pada beberapa kasus berdimensi-
n

$$\bar{\alpha} = (\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_n) \quad (2.47)$$

dan jarak β dapat dicari dengan menggunakan iterasi persamaan n+1

$$f(\beta\alpha_1, \beta\alpha_2, \dots, \beta\alpha_n) = 0 \quad (2.48)$$

Untuk memperoleh titik A dapat dilakukan dengan menyelesaikan persamaan berikut :

$$\alpha = -\frac{1}{k} \frac{\delta f}{\delta z_i} (\beta\bar{\alpha}) \quad i = 1, \dots, n \quad (2.49)$$

dimana bidang kegagalan diekspresikan sebagai :

$$f(\bar{z}) = f(z_1, z_2, \dots, z_n) = 0 \quad (2.50)$$

$$\bar{z}_i = \bar{\beta}\alpha_i \quad (2.51)$$

dan

$$k = \sqrt{\sum_{i=1}^n \left[\frac{\partial f}{\partial z_i} (\bar{\beta}\alpha) \right]^2} \quad (2.52)$$

Prosedur ini yang diajukan oleh *Hasofer dan Lind* disebut *Advanced First Order Second Moment (AFOSM) Method*.

Prosedur AFOSM dapat diringkas sebagai berikut :

1. Tentukan failure function untuk moda kegagalan yang ditinjau.
2. Karakterisasi perubah-perubah dasarnya, x_i .
3. Transformasikan setiap perubah dasar menjadi perubah dasar baku, y_i^* .
4. Definisikan sebuah vektor satuan α_i^* dengan $z_i^* = \beta \alpha_i^*$.
5. Untuk persamaan - persamaan (2.49) sampai (2.50):
 - a. Tentukan $\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_n$, percobaan dan β percobaan.
 - b. Hitung α_i dan β yang baru sampai konvergen.

BAB III

ANALISA KEANDALAN SISTEM DENGAN METODA AFOSM

BAB III

ANALISA KEANDALAN SISTEM

DENGAN METODE AFOSM

III.1. Pengumpulan data

Untuk melakukan analisa keandalan pondasi tiang pancang jacket terhadap stabilitas soil plug diperlukan data-data sebagai berikut :

1. Data struktur
2. Data tanah

Data struktur diperoleh dari struktur SWP Jacket milik Elf Petroleum Asia bv antara lain :

- Kedalaman perairan : 61 m
- Diameter luar pile : 1372 mm
- Diameter dalam pile : 1280 mm
- Bahan pile : High strength steel
- Yield strength : 345 MPa
- Density pile di udara : 7850 Kg/m³
- Modulus Elastisitas pile : 210,000 MN/m²
- Shear Modulus : 77,000 MN/m²
- Target dead loads : 3167.05 Ton
- Live loads (temporary) : 49.23 Ton
- Poisson's ratio : 0.3

Data tanah diperoleh dari investigasi geofisika pada daerah ladang minyak Maharajalela / Jamalulalaman Brunei Darussalam pada boring log nomer ML-2 dan dapat ditabelkan sebagai berikut :

Tabel 3.1 Kondisi Tanah

No	Kedalaman (m)	Ketebalan (m)	Jenis Tanah	γ (kips/ft ³)	C_u (kips/ft ²)
1	0 - 3	3.00	clay	0.477	0.055
2	3 - 7.1	4.10	clay	0.531	0.292
3	7.1 - 10.4	3.30	sand	0.554	-
4	10.4 - 25.8	15.40	clay	0.509	0.792
5	25.8 - 35.0	9.20	clay	0.458	2.548
6	35.0 - 40.6	5.60	clay	0.465	1.566
7	40.6 - 49.2	8.60	interlayer	0.463	1.641
8	49.2 - 54.5	5.30	sand	0.449	-
9	54.5 - 70.0	15.50	clay	0.568	2.946
10	70.0 - 72.0	2.00	sand	0.543	-
11	72.0 - 81.9	9.90	clay	0.611	4.214

III.2. Persiapan analisa

Sebagai persiapan dari analisa, diperlukan estimasi dari kedalaman pile yang akan dianalisa stabilitas soil plugnya. Dengan menggunakan metode LRFD (*Load Resistant Factor Design*) dimana beban aksial yang bekerja terdiri dari dead load dan live load sedangkan daya dukung ultimate sebagai resistant-nya.

Dengan berpedoman pada ANSI (*American National Standard Institute*) A58.1 - 1982 pada semua situasi umum dari perancangan termasuk bahan yang terbuat dari baja (steel) yang terdiri dari dead load (D_n) dan live load (L_n) saja serta R (resistant), maka metode LRFD ditetapkan sebagai berikut :

$$0.9 R \geq 1.1 D_n + 1.66 L_n \quad (3.1)$$

Dengan mengambil ruas kanan sama dengan ruas kiri maka estimasi terhadap kedalaman pile dapat dilakukan sebagai berikut :

$$\diamond \quad 0.9 P_u = 1.1 D_n + 1.66 L_n \quad (3.2)$$

$$\diamond \quad P_u = Q_p + Q_s, \text{ sesuai dengan persamaan (2.5)} \quad (3.3)$$

♦ Variasi ruas kanan

Hasil dari estimasi kedalaman pile (L) yang menerima beban aksial dengan variasi interval live load sebesar 50 Ton dapat ditabelkan sebagai berikut :

Tabel 3.2 Hubungan Beban Aksial, kedalaman pile (L), Luas Alas Soil Plug (A_i), Luas Kulit Pile Dalam (A_{si})

No	Beban Aksial (Ton)	Beban Aksial (Kips)	L (ft)	A_i (ft ²)	A_{si} (ft ²)
1	3566.755	7864.637	387.6302	13.856	5116.017
2	3649.755	8047.650	393.7757	13.856	5197.126
3	3732.755	8230.664	399.9212	13.856	5278.235
4	3815.755	8413.678	406.0667	13.856	5359.345
5	3898.755	8596.692	412.2121	13.856	5440.454

III.3. Prosedur perhitungan keandalan dilakukan sebagai berikut:

III.3.1. Penetapan Moda Kegagalan / Keadaan Batas (*limit state*).

Kondisi soil plug yang stabil dapat diformulasikan sebagai berikut (Dawson, 1983):

$$q_i \cdot A_i \leq f_i \cdot A_{si} + w_s \cdot L \quad (3.4)$$

Dalam tugas akhir ini moda kegagalan sistem diformulasikan sebagai berikut :

$$FK = f_i \cdot A_{si} + w_s \cdot L - q_i \cdot A_i = 0 \quad (3.5)$$

Keterangan :

f_i : Unit Skin Friction Resistant

A_{si} : Luas permukaan kulit pile bagian dalam

w_s : Unit Weight per length of soil plug

L : Kedalaman pile

q_i : *Unit End Bearing Capacity of soil plug*

A_i : Luas Alas soil plug

III.3.2. Penentuan dan karakterisasi perubah - perubah dasar

Komponen perubah dasar pada persamaan diatas adalah f , w_s , dan q dan perubah tersebut dimodelkan dengan fungsi distribusi peluang tertentu.

III.3.2.1. f_i (*Unit Skin Friction Resistant Soil Plug*)

Untuk mengetahui besarnya *unit skin friction resistant* (f_i) menggunakan dua buah metode antara lain :

1. Metode α bila kondisi tanahnya *clay / lempung*

$$f = \alpha C_u$$

dimana : f : *unit skin friction resistant*

α : koefisien adhesi, disesuaikan menurut tabel 2.2

C_u : *undrained shear strength*, diperoleh dari data lapangan

2. Metode γ bila kondisi tanahnya *pasir / sand*

$$f = K \gamma y \tan \delta$$

dimana: K : *Horizontal Stress Coefficient*, K sesuai dengan tabel 2.2 untuk pile.

γ : *Submerged specific weight of sand*, diperoleh dari data lapangan.

y : kedalaman pile

$\tan \delta$: *Coeficient friction between pile and soil*

Untuk keperluan analisa keandalan ini *unit skin friction resistant* memakai pendekatan distribusi log normal .

III.3.2.2. Luas permukaan kulit pile bagian dalam (A_{si})

Untuk mencari A_{si} menggunakan formulasi sebagai berikut :

$$A_{si} = \pi D_o L$$

dimana : D_o : Diameter dalam pile

L : Kedalaman pile

A_{si} (Luas permukaan kulit pile bagian dalam) ini memakai pendekatan distribusi normal.

III.3.2.3. w_s (Unit Weight per length of soil plug)

Unit weight per length of soil plug ditentukan dengan memakai formulasi :

$$w_s = \gamma \cdot A_s$$

dimana: γ : submerged specific weight of soil plug

A_s : Luas penampang soil plug

Unit weight per length of soil plug ini memakai pendekatan distribusi normal.

III.3.2.4. Kedalaman pile (L)

Dengan memberikan variasi beban aksial pada pile maka pile akan tertanam di dalam tanah. Untuk perhitungan kedalaman pile dapat dilihat pada tabel 3.2. Kedalaman pile ini memakai pendekatan distribusi normal.

III.3.2.5. q (Unit End Bearing Capacity)

Unit end bearing capacity ditentukan dengan dua metode yaitu :

1. Metode α bila kondisi tanahnya clay / lempung

$$q = N_c \cdot C_u$$

dimana : q : *unit end bearing capacity*

N_c : *Bearing capacity factor*, untuk praktik dipakai $N_c=1$

C_u : *undrained shear strength*, diperoleh dari data lapangan.

2. Metode γ bila kondisi tanahnya pasir / sand

$$q = N_q \cdot \gamma \cdot L$$

dimana : N_q : *bearing capacity factor*, disesuaikan dengan tabel 2.2

γ : *submerged specific weight of soil plug*

L : kedalaman pile , dari estimasi kedalaman pile.

Karakterisasi dari perubah dasar ditabelkan sebagai berikut :

Tabel 3.3 Karakterisasi Perubah Dasar

Perubah dasar	Mean (μ)	COV	Tipe distribusi
f_i (kips/ ft^2)	2.107	0.20	log normal
w_s (kips/ ft)	7.08	0.10	normal
q_i (kips/ ft^2)	37.926	0.20	normal
L (ft)	Bervariasi	0.02	normal
As_i (ft^2)	Bervariasi	0.02	normal

III.4. Perhitungan Keandalan dengan metode AFOSM

- ♦ Normalisasi perubah dasar

Normalisasi perubah dasar (f_i , A_{si} , w_s , L , q_i) sebagai deterministik

- Unit Skin Friction Resistant (f_i)

$$Z_1 = (f_i - \mu_{fi}) / \sigma_{fi}$$

$$f_i = Z_1 \cdot \sigma_{fi} + \mu_{fi}$$

- Luas permukaan kulit pile bagian dalam (A_{si})

$$Z_2 = (A_{si} - \mu_{Asi}) / \sigma_{Asi}$$

$$A_{si} = Z_2 \cdot \sigma_{Asi} + \mu_{Asi}$$

- Unit Weight per Length of soil plug (w_s)

$$Z_3 = (w_s - \mu_{ws}) / \sigma_{ws}$$

$$w_s = Z_3 \cdot \sigma_{ws} + \mu_{ws}$$

- Kedalaman pile (L)

$$Z_4 = (L - \mu_L) / \sigma_L$$

$$L = Z_4 \cdot \sigma_L + \mu_L$$

- Unit End Bearing Capacity Soil Plug (q_i)

$$Z_5 = (q_i - \mu_{qi}) / \sigma_{qi}$$

$$q_i = Z_5 \cdot \sigma_{qi} + \mu_{qi}$$

III.5. Fungsi bidang batas (*Failure Surface*) pada sistem koordinat

$$\begin{aligned} ♦ F(Z_i) &= (Z_1 \cdot \sigma_{fi} + \mu_{fi}) \cdot (Z_2 \cdot \sigma_{Asi} + \mu_{Asi}) + (Z_3 \cdot \sigma_{ws} + \mu_{ws}) \cdot (Z_4 \cdot \sigma_L + \mu_L) \\ &\quad - (Z_5 \cdot \sigma_{qi} + \mu_{qi}) A_i = 0 \end{aligned} \quad (3.6)$$

- ♦ Menentukan unit vektor β sehingga $Z_i = \beta \alpha_i$

$$f_i = \beta \alpha_1 \cdot \sigma_{fi} + \mu_{fi}$$

$$Asi = \beta \alpha_2 \cdot \sigma_{Asi} + \mu_{Asi}$$

$$ws = \beta \alpha_3 \cdot \sigma_{ws} + \mu_{ws}$$

$$L = \beta \alpha_4 \cdot \sigma_L + \mu_L$$

$$qi = \beta \alpha_5 \cdot \sigma_{qi} + \mu_{qi}$$

- ♦ Fungsi Batas ditulis kembali sebagai fungsi dari $\beta \alpha_i$

$$\begin{aligned} F(\beta \alpha_i) = & (\beta \alpha_1 \cdot \sigma_{fi} + \mu_{fi}) (\beta \alpha_2 \cdot \sigma_{Asi} + \mu_{Asi}) + (\beta \alpha_3 \cdot \sigma_{ws} + \mu_{ws}) \\ & (\beta \alpha_4 \cdot \sigma_L + \mu_L) - (\beta \alpha_5 \cdot \sigma_{qi} + \mu_{qi}) A_i = 0 \end{aligned} \quad (3.7)$$

- ♦ Menghitung indeks keandalan (β) dengan menyelesaikan persamaan (3.8) berikut

$$\beta = \frac{\mu_5 A_i}{\beta \alpha_1 \alpha_2 \sigma_1 \sigma_2 + \alpha_1 \sigma_1 \mu_2 + \alpha_2 \sigma_2 \mu_1 + \beta \alpha_3 \alpha_4 \sigma_3 \sigma_4 + \alpha_3 \sigma_3 \mu_4 + \alpha_4 \sigma_4 \mu_3 - \alpha_5 \sigma_5 \cdot A_i}$$

$$\alpha_j = -\frac{1}{k} \left[\frac{\delta(FK)}{\delta Z_j} \right] \quad j = 1, 2, \dots, n \quad (3.9)$$

$$\alpha_1 = -\frac{1}{k} [\sigma_1 Z_2 \sigma_2 + \sigma_1 \mu_2] \quad (3.10)$$

$$\alpha_2 = -\frac{1}{k} [Z_1 \sigma_1 \sigma_2 + \mu_1 \sigma_2] \quad (3.11)$$

$$\alpha_3 = -\frac{1}{k} [\sigma_3 Z_4 \sigma_4 + \sigma_3 \mu_4] \quad (3.12)$$

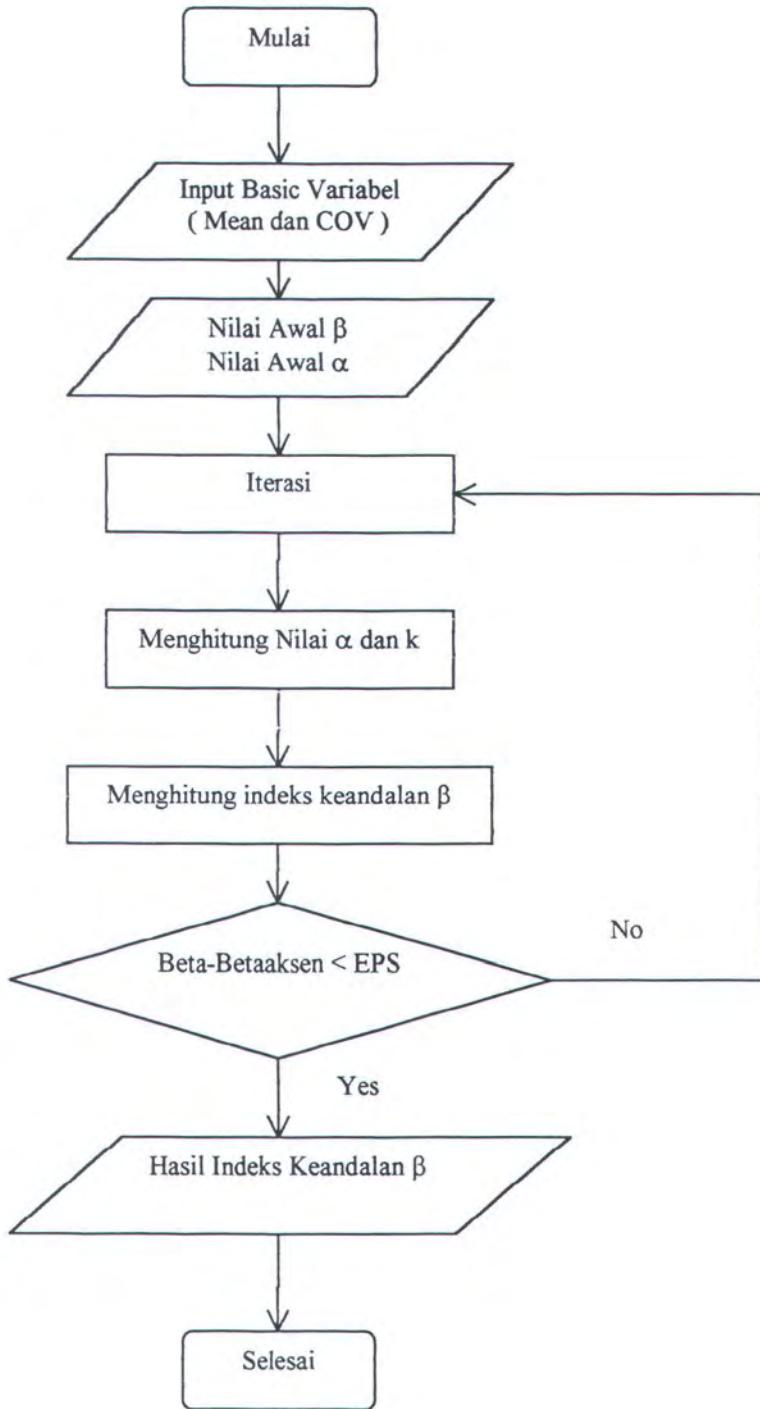
$$\alpha_4 = -\frac{1}{k} [Z_3 \sigma_3 \sigma_4 + \mu_3 \sigma_4] \quad (3.13)$$

$$\alpha_5 = -\frac{1}{k} [-\sigma_5 A_i] \quad (3.14)$$

$$k = \left[\sum_{j=1}^n \left(\frac{\delta(FK)}{\delta Z_j} \right)^2 \right]^{0.5} \quad (3.15)$$

$$k = \left[\begin{aligned} & (\sigma_1 Z_2 \sigma_2 + \sigma_1 \mu_2)^2 + (Z_1 \sigma_1 \sigma_2 + \mu_1 \sigma_2)^2 + (\sigma_3 Z_3 \sigma_4 + \sigma_3 \mu_4)^2 \\ & + (Z_3 \sigma_3 \sigma_4 + \mu_3 \sigma_4)^2 + (-\sigma_5 A_i)^2 \end{aligned} \right]^{0.5} \quad (3.16)$$

Persamaan (3.8) indeks keandalan (β) diatas diselesaikan secara iterasi dengan memasukkan harga awal untuk β , α_1 , α_2 , α_3 , α_4 , α_5 hasilnya dicari dengan menggunakan program komputer. Untuk lebih jelasnya, maka dibuat diagram alir program sebagai berikut :



Gambar 3.1 Diagram Alir Iterasi Metode AFOSM

Tabel 3.4. Kondisi Beban Aksial terhadap rata - rata L, Ai, dan Asi dengan diameter *pile*

(Do) = 4.5 ft , tebal *pile* = 0.3 ft pada K (*Horizontal Stress Coefficient*): a. 0.7,

b. 0.8, c. 0.9, d. 1.0

a. K = 0.7

No	Beban Aksial (Ton)	Beban Aksial (Kips)	L (ft)	Ai (ft ²)	Asi (ft ²)
1	3566.755	7864.637	371.934	13.860	4909.530
2	3649.755	8047.651	378.081	13.860	4990.673
3	3732.755	8230.665	384.228	13.860	5071.815
4	3815.755	8413.678	390.376	13.860	5152.958
5	3898.755	8596.692	396.523	13.860	5234.101

b. K = 0.8

No	Beban Aksial (Ton)	Beban Aksial (Kips)	L (ft)	Ai (ft ²)	Asi (ft ²)
1	3566.755	7864.637	365.795	13.860	4368.634
2	3649.755	8047.651	371.942	13.860	4442.049
3	3732.755	8230.665	378.089	13.860	4515.464
4	3815.755	8413.678	384.236	13.860	4588.879
5	3898.755	8596.692	390.383	13.860	4662.294

c. K = 0.9

No	Beban Aksial (Ton)	Beban Aksial (Kips)	L (ft)	Ai (ft ²)	Asi (ft ²)
1	3566.755	7864.637	359.655	13.860	4295.312
2	3649.755	8047.651	365.802	13.860	4368.727
3	3732.755	8230.665	371.950	13.860	4442.142
4	3815.755	8413.678	378.097	13.860	4515.557
5	3898.755	8596.692	384.244	13.860	4588.972

d. K = 1.0

No	Beban Aksial (Ton)	Beban Aksial (Kips)	L (ft)	Ai (ft ²)	Asi (ft ²)
1	3566.755	7864.637	353.516	13.860	4221.990
2	3649.755	8047.651	359.663	13.860	4295.405
3	3732.755	8230.665	365.810	13.860	4368.820
4	3815.755	8413.678	371.957	13.860	4442.235
5	3898.755	8596.692	378.105	13.860	4515.650

Tabel 3.5. Kondisi Beban Aksial terhadap rata - rata L, Ai, dan Asi dengan K (*Horizontal Stress Coefficient*) = 0.7, tebal *pile* = 0.3 ft pada diameter *pile* (Do) : a. 4.5 ft, b.5.0 ft, c.5.5 ft

a. Diameter *pile* (Do) = 4.5 ft

No	Beban Aksial (Ton)	Beban Aksial (Kips)	L (ft)	Ai (ft ²)	Asi (ft ²)
1	3566.755	7864.637	371.934	13.860	4909.530
2	3649.755	8047.651	378.081	13.860	4990.673
3	3732.755	8230.665	384.228	13.860	5071.815
4	3815.755	8413.678	390.376	13.860	5152.958
5	3898.755	8596.692	396.523	13.860	5234.101

b. Diameter *pile* (Do) = 5.0 ft

No	Beban Aksial (Ton)	Beban Aksial (Kips)	L (ft)	Ai (ft ²)	Asi (ft ²)
1	3566.755	7864.637	345.518	17.356	5103.791
2	3649.755	8047.651	351.050	17.356	5185.513
3	3732.755	8230.665	356.583	17.356	5267.236
4	3815.755	8413.678	362.115	17.356	5348.958
5	3898.755	8596.692	367.648	17.356	5430.681

c. Diameter *pile* (Do) = 5.5 ft

No	Beban Aksial (Ton)	Beban Aksial (Kips)	L (ft)	Ai (ft ²)	Asi (ft ²)
1	3566.755	7864.637	323.904	21.246	5293.524
2	3649.755	8047.651	328.934	21.246	5375.720
3	3732.755	8230.665	333.963	21.246	5457.917
4	3815.755	8413.678	338.993	21.246	5540.114
5	3898.755	8596.692	344.023	21.246	5622.311

Tabel 3.6. Kondisi Beban Aksial terhadap rata - rata L, Ai, dan Asi dengan K (Horizontal Stress Coefficient) = 0.7 , diameter pile (Do)= 4.5 ft pada tebal pile : a. 0.3ft, b.0.5, c.0.7

a. Tebal pile = 0.3 ft

No	Beban Aksial (Ton)	Beban Aksial (Kips)	L (ft)	Ai (ft ²)	Asi (ft ²)
1	3566.755	7864.637	371.934	13.860	4909.530
2	3649.755	8047.651	378.081	13.860	4990.673
3	3732.755	8230.665	384.228	13.860	5071.815
4	3815.755	8413.678	390.376	13.860	5152.958
5	3898.755	8596.692	396.523	13.860	5234.101

b. Tebal pile = 0.5 ft

No	Beban Aksial (Ton)	Beban Aksial (Kips)	L (ft)	Ai (ft ²)	Asi (ft ²)
1	3566.755	7864.637	371.934	12.571	4909.530
2	3649.755	8047.651	378.081	12.571	4990.673
3	3732.755	8230.665	384.228	12.571	5071.815
4	3815.755	8413.678	390.376	12.571	5152.958
5	3898.755	8596.692	396.523	12.571	5234.101

c. Tebal pile = 0.7 ft

No	Beban Aksial (Ton)	Beban Aksial (Kips)	L (ft)	Ai (ft ²)	Asi (ft ²)
1	3566.755	7864.637	371.934	11.346	4441.955
2	3649.755	8047.651	378.081	11.346	4515.370
3	3732.755	8230.665	384.228	11.346	4588.785
4	3815.755	8413.678	390.376	11.346	4662.200
5	3898.755	8596.692	396.523	11.346	4735.615

Tabel 3.7. Hasil Perhitungan Indeks Keandalan pada K tertentu, diameter *pile* (D_0) = 4.5

ft, tebal *pile* = 0.3 ft, kondisi beban aksial : a. ke -1 (7864.637 Kips), b. ke-2 (8047.651 Kips), c. ke-3 (8230.665 Kips), d. ke-4 (8413.678 Kips), e. ke-5 (596692 Kips).

1 ft = 0.3048 m

a. Kondisi beban aksial ke -1 (7864.637 Kips)

No	Horizontal Stress Coefficient, K	indeks keandalan, β
1	0.7	1.756657
2	0.8	1.728751
3	0.9	1.723963
4	1.0	1.719010

b. Kondisi beban aksial ke -2 (8047.651 Kips)

No	Horizontal Stress Coefficient, K	indeks keandalan, β
1	0.7	1.760727
2	0.8	1.733387
3	0.9	1.728757
4	1.0	1.723969

c. Kondisi beban aksial ke -3 (8230.665 Kips)

No	Horizontal Stress Coefficient, K	indeks keandalan, β
1	0.7	1.764668
2	0.8	1.737872
3	0.9	1.733392
4	1.0	1.728763

d. Kondisi beban aksial ke -4 (8413.678 Kips)

No	Horizontal Stress Coefficient, K	indeks keandalan, β
1	0.7	1.768239
2	0.8	1.742215
3	0.9	1.737878
4	1.0	1.733398

e. Kondisi beban aksial ke -5

No	Horizontal Stress Coefficient, K	indeks keandalan, β
1	0.7	1.772184
2	0.8	1.746421
3	0.9	1.742220
4	1.0	1.737884

Tabel 3.8. Hasil Perhitungan Indeks Keandalan pada diameter *pile* (D_0) tertentu, $K = 0.7$, tebal *pile* = 0.3 ft, kondisi beban aksial : a. ke -1 (7864.637 Kips), b. ke-2 (8047.651 Kips), c. ke-3 (8230.665 Kips), d. ke-4 (8413.678 Kips), e. ke-5 (596692 Kips).

1 ft = 0.3048 m

a. Kondisi beban aksial ke -1

No	Diameter <i>Pile</i> , D_0 (ft)	indeks keandalan, β
1	4.5	1.756657
2	5.0	1.704234
3	5.5	1.648877

b. Kondisi beban aksial ke- 2

No	Diameter <i>Pile</i> , D_0 (ft)	indeks keandalan, β
1	4.5	1.760727
2	5.0	1.708988
3	5.5	1.654316

c. Kondisi beban aksial ke- 3

No	Diameter <i>Pile</i> , D_0 (ft)	indeks keandalan, β
1	4.5	1.764668
2	5.0	1.713595
3	5.5	1.659592

d. Kondisi beban aksial ke- 4

No	Diameter <i>Pile</i> , D_0 (ft)	indeks keandalan, β
1	4.5	1.768239
2	5.0	1.718061
3	5.5	1.664712

e. Kondisi beban aksial ke- 5

No	Diameter <i>Pile</i> , D_0 (ft)	indeks keandalan, β
1	4.5	1.772184
2	5.0	1.722395
3	5.5	1.669684

Tabel 3.9. Hasil Perhitungan Indeks Keandalan pada tebal *pile* tertentu, $K = 0.7$, diameter *pile* (D_0) = 4.5 ft, kondisi beban aksial : a. ke -1 (7864.637 Kips), b. ke-2 (8047.651 Kips), c. ke-3 (8230.665 Kips), d. ke-4 (8413.678 Kips), e. ke-5 (596692 Kips).

$$1 \text{ ft} = 0.3048 \text{ m}$$

a. Kondisi beban aksial ke -1

No	Tebal <i>pile</i> (ft)	indeks keandalan, β
1	0.3	1.756657
2	0.5	1.779234
3	0.7	1.781621

b. Kondisi beban aksial ke -2

No	Tebal <i>pile</i> (ft)	indeks keandalan, β
1	0.3	1.760727
2	0.5	1.782928
3	0.7	1.785299

c. Kondisi beban aksial ke -3

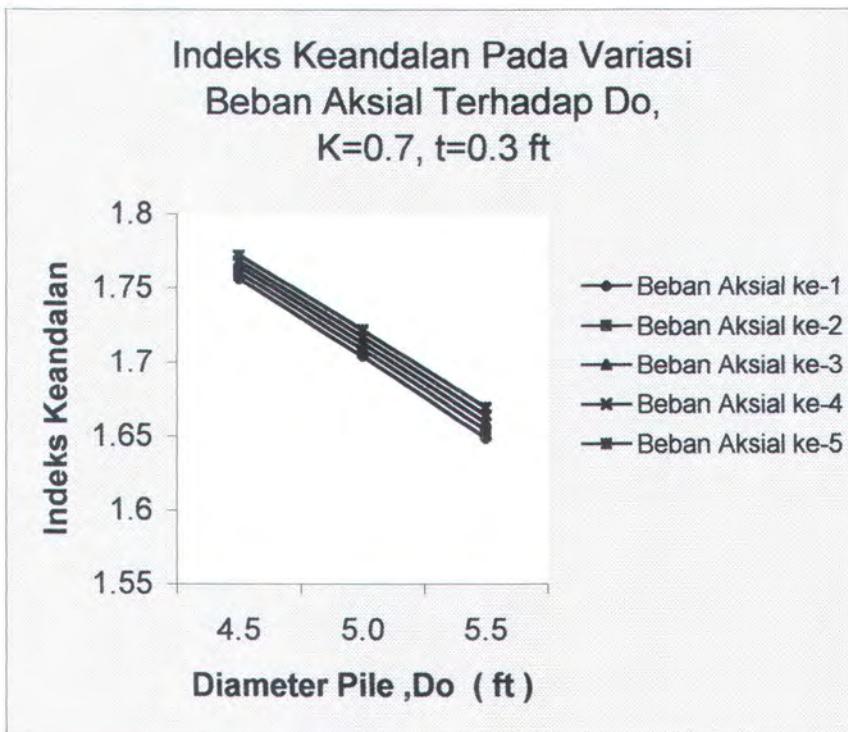
No	Tebal <i>pile</i> (ft)	indeks keandalan, β
1	0.3	1.764668
2	0.5	1.786505
3	0.7	1.78886

d. Kondisi beban aksial ke -4

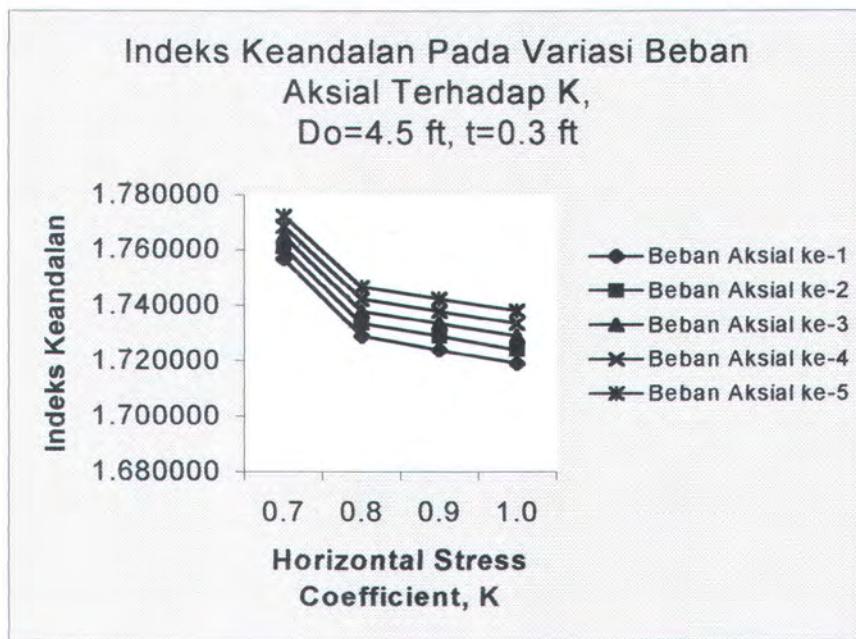
No	Tebal <i>pile</i> (ft)	indeks keandalan, β
1	0.3	1.768239
2	0.5	1.789969
3	0.7	1.792469

e. Kondisi beban aksial ke -5

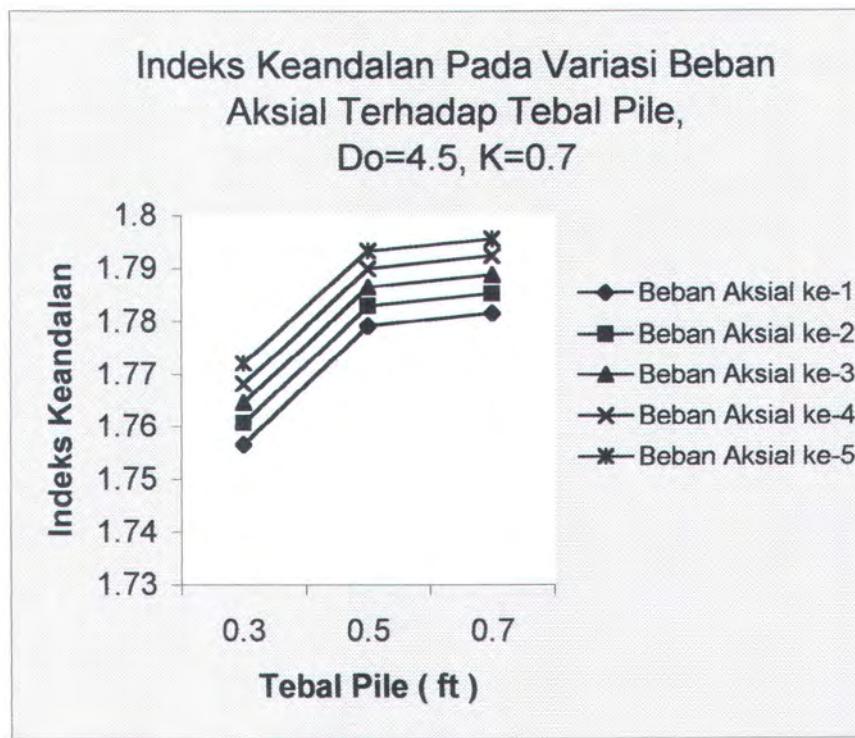
No	Tebal <i>pile</i> (ft)	indeks keandalan, β
1	0.3	1.772184
2	0.5	1.793326
3	0.7	1.79565



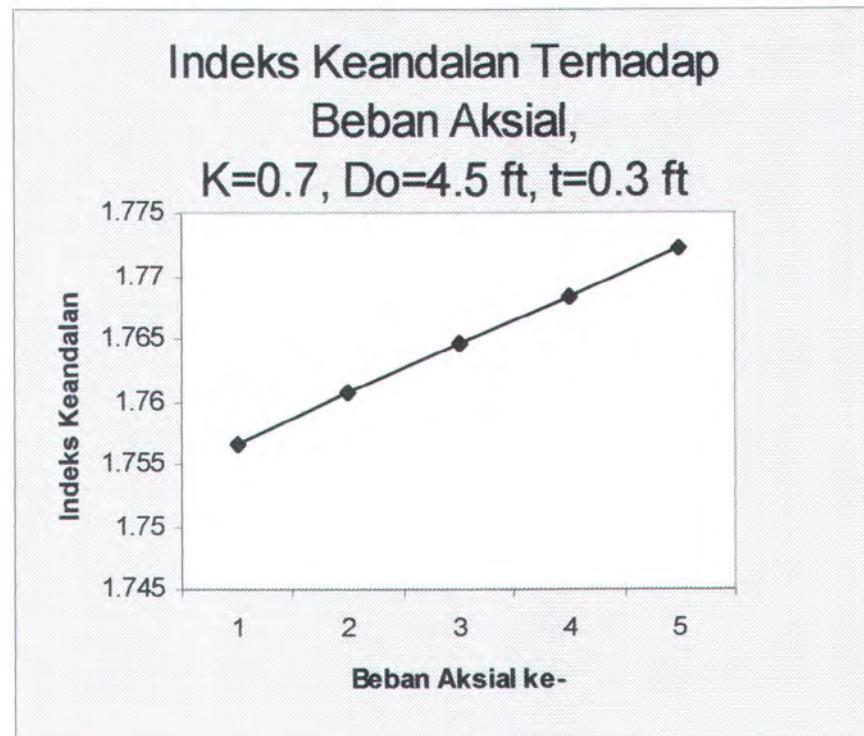
Gambar 3.2 Grafik Indeks Keandalan Pada Variasi Beban Aksial Terhadap Do



Gambar 3.3 Grafik Indeks Keandalan Pada Variasi Beban Aksial Terhadap K



Gambar 3.4 Grafik Indeks Keandalan Pada Variasi Beban Aksial Terhadap Tebal Pile



Gambar 3.5 Grafik Indeks Keandalan Pada Variasi Beban Aksial

BAB IV

ANALISA HASIL PERHITUNGAN

BAB IV

ANALISA HASIL PERHITUNGAN

Analisa keandalan pondasi tiang pancang terhadap stabilitas *soil plug* ini dilakukan dengan variasi beban aksial terhadap *horizontal stress coefficient*, K. Pada kondisi diameter pile tetap (4.5 ft), tebal pile tetap (0.3 ft), dan beban aksial target tetap (7864.637 Kips) dengan *horizontal stress coefficient* , K sebesar 0.7 menghasilkan indeks keandalan $\beta = 1.756657$. Jika harga K mengalami kenaikan menjadi 0.8, 0.9, dan 1.0 maka indeks keandalan β menurun menjadi 1.728751, 1.723963, dan 1.719010. Hal ini menunjukkan bahwa semakin tinggi harga K (*horizontal stress coefficient*) mengakibatkan menurunnya indeks keandalan β . Dari hasil yang diperoleh maka dengan adanya penambahan harga K maka indeks keandalan cenderung menurun (Tabel 3.7). Hal ini dapat dijelaskan bahwa harga K (*horizontal stress coefficient*) yang semakin besar, akan memberikan kontribusi besar terhadap *skin friction resistant pile* sehingga rata-rata kedalaman *pile* akan turun. Dan hal inilah yang menyebabkan indeks keandalan menurun.

Untuk analisa selanjutnya pada variasi beban aksial terhadap diameter *pile*, Do. Pada kondisi tebal pile tetap (0.3 ft), dan beban aksial target tetap (7864.637 Kips) untuk *horizontal stress coefficient* , K tetap (0.7) , denngan diameter pile sebesar 4.5 ft , menghasilkan indeks keandalan $\beta = 1.756657$. Jika diameter pile dinaikkan menjadi 5.0 ft dan 5.5 ft mengakibatkan menurunnya indeks keandalan β menjadi 1.704234 dan 1.648877. Hal ini menunjukkan bahwa semakin tinggi diameter pile akan menyebabkan indeks keandalan β mengalami penurunan.



menghasilkan kecenderungan turunnya indeks keandalan ketika diameter *pile* bertambah. Hal ini dapat dilihat pada Tabel 3.8. Dengan kondisi beban aksial yang sama, adanya penambahan diameter *pile* akan mengakibatkan berkurangnya rata-rata kedalaman *pile* sehingga indeks keandalannya semakin berkurang.

Pada kondisi beban aksial target tetap (7864.637 Kips), K tetap (0,7), dan diameter pile tetap (4.5 ft), untuk ketebalan pile 0.3 ft menghasilkan indeks keandalan β sebesar 1.756657. Dengan menaikkan harga ketebalan pile menjadi 0.5 dan 0.7 menyebabkan naiknya indeks keandalan β menjadi 1.779234 dan 1.781621. Hal ini menunjukkan bahwa semakin naik ketebalan pile, mengakibatkan indeks keandalan β mengalami kenaikan. Perhitungan mengenai hal ini dapat dilihat pada tabel 3.9. Dengan adanya beban aksial yang sama dihasilkan rata-rata kedalaman yang sama. Dengan ketebalan *pile* yang semakin besar pada diameter *pile* yang tetap mengakibatkan *soil plug* didalam *pile* semakin stabil (*rigid*), hal ini yang menyebabkan naiknya indeks keandalan pada kenaikan ketebalan *pile*.

Sampai saat ini belum ada persyaratan khusus mengenai batasan indeks keandalan terhadap stabilitas *soil plug*. Namun dari hasil perhitungan yang dilakukan, indeks keandalan yang dihasilkan berkisar antara 1.66 sampai 1.79, dalam hal ini memberikan kontribusi peluang kegagalan antara 0.0485 sampai 0,0446. Sehingga dapat dikatakan sistem dalam keadaan aman.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

V.1 Kesimpulan

Dari hasil analisa perhitungan dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Pada kondisi diameter *pile* tetap (4.5 ft), tebal *pile* tetap (0.3 ft), dan beban aksial target tetap (7864.637 Kips) dengan *horizontal stress coefficient*, K sebesar 0.7 menghasilkan indeks keandalan $\beta = 1.756657$. Jika harga K mengalami kenaikan menjadi 0.8, 0.9, dan 1.0 maka indeks keandalan β menurun menjadi 1.728751, 1.723963, dan 1.719010. Hal ini menunjukkan bahwa semakin tinggi harga K (*horizontal stress coefficient*) mengakibatkan menurunnya indeks keandalan β .
2. Pada kondisi tebal *pile* tetap (0.3 ft), dan beban aksial target tetap (7864.637 Kips) untuk *horizontal stress coefficient*, K tetap (0.7), dengan diameter *pile* sebesar 4.5 ft, menghasilkan indeks keandalan $\beta = 1.756657$. Jika diameter *pile* dinaikkan menjadi 5.0 ft dan 5.5 ft mengakibatkan menurunnya indeks keandalan β menjadi 1.704234 dan 1.648877. Hal ini menunjukkan bahwa semakin tinggi diameter *pile* akan menyebabkan indeks keandalan β mengalami penurunan.
3. Pada kondisi beban aksial target tetap (7864.637 Kips), K tetap (0,7), dan diameter *pile* tetap (4.5 ft), untuk ketebalan *pile* 0.3 ft menghasilkan indeks keandalan β

4. Dengan harga K konstan (0.7), Do konstan (4.5 ft), dan ketebalan *pile* konstan (0.3 ft), untuk kondisi beban aksial target sebesar 7864.637 Kips menghasilkan indeks keandalan β sebesar 1.756657. Bila harga beban aksial dinaikkan menjadi 8047.651 Kips, mengakibatkan naiknya indeks keandalan β menjadi 1.760727. Hal ini dapat disimpulkan bahwa dengan naiknya beban aksial menyebabkan indeks keandalan β mengalami kenaikan.

V.2 Saran

Pada analisis ini hanya mempertimbangkan beban aksial yang bekerja pada *pile* tanpa menganalisa beban lingkungan. Untuk itu perlu dilakukan analisa lebih lanjut akibat beban lingkungan.

Untuk analisa yang lebih mendalam dapat dilakukan pada *pile* yang terintegrasi dan dilakukan optimasi terhadap parameter-parameter perancangan seperti diameter *pile*, ketebalan *pile*.

DAFTAR PUSTAKA



DAFTAR PUSTAKA

- Coduto, D.P., " Foundation Design ", Prentice-Hall Inc., Englewood Cliffs, New Jersey, 1994.
- Dawson, T.H., " Offshore Structural Engineering ", Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs, New Jersey, 1983.
- Esrig, M.E., and Kirby, R.C., " Advanced In General Effective Stress Method For The Prediction Of Axial Capacity For Driven Piles In Clay ", OTC 3406, The 11th Annual Offshore Technology Conference, Houston, 1979.
- Firjanto, E.D., " Pengembangan Perangkat Lunak Penunjang Praktikum Mata Kuliah Analisa Keandalan dan Resiko ", TA Teknik Kelautan, ITS, Surabaya, 1998.
- Mc Carthy D.F., " Essential Of Soil Mechanics And Foundations ", A Reston Publishing Co., Inc., Reston, Virginia, 1982.
- O'Connor P.D.T., " Practical Reliability Engineering ", John Willey & Sons Ltd, Chicester, 1991.
- Pratikto, W.A., Armono, H.D., Suntoyo, " Perencanaan Fasilitas Pantai Dan Laut ", BPFE, Yogyakarta, 1997.
- Poulos, H.G., and Davis, E.H., " Pile Foundation Analysis And Design ", John Willey & Sons, Inc., Canada, 1980.
- Pramono, D., " Mudah Menguasai Delphi 3 Jilid I ", P.T. Elex Media Komputindo, Jakarta, 1999.
- Pramono, D., " Mudah Menguasai Delphi 3 Jilid II ", P.T. Elex Media Komputindo, Jakarta, 1999.
- Proceedings of ICOSSAR'89 , " The 5th International Conference on Structural Safety and Reliability ", San Francisco, 1989.
- Rosyid, D.M., " Analisa Keandalan Dan Resiko ", Diktat Kuliah, FTK – ITS, Surabaya, 1996.
- Rennie, A., " Soil Mechanics : Introduction and Pile Foundation ", West European Graduate Education Marine Technology, Fugro-Cesco-Int, London, 1979.
- Ship Structure Committe, " An Introduction to Structural Reliability Theory ", SSC-351, 1990.

Thoft-Cristensen, Palle, dan Murotsu Yoshisada, " Aplication of Structural System Reliability Theory ", Springer-Verlag Berlin, Heidelberg, 1986.

Walpole, R.E., Myers R.H., " Ilmu Peluang dan Statistika untuk Insinyur dan Ilmuwan ", Penerbit ITB, Bandung, 1986.



LAMPIRAN A

LISTING DAN RUNNING PROGRAM



```
unit Mainmenu;

interface

uses
  Windows, Messages, SysUtils, Classes, Graphics, Controls, Forms, Dialogs,
  ExtCtrls, StdCtrls, Buttons;

type
  TForm1 = class(TForm)
    StaticText2: TStaticText;
    Bevel2: TBevel;
    StaticText3: TStaticText;
    StaticText4: TStaticText;
    Bevel3: TBevel;
    StaticText6: TStaticText;
    Bevel1: TBevel;
    Bevel4: TBevel;
    Bevel5: TBevel;
    Bevel6: TBevel;
    SpeedButton2: TSpeedButton;
    Image2: TImage;
    Label1: TLabel;
    Image3: TImage;
    Label2: TLabel;
    SpeedButton3: TSpeedButton;
    Label3: TLabel;
    Label4: TLabel;
    StaticText1: TStaticText;
    StaticText7: TStaticText;
    StaticText8: TStaticText;
    StaticText9: TStaticText;
    Label6: TLabel;
    Label7: TLabel;
    StaticText5: TStaticText;
    StaticText10: TStaticText;
    StaticText11: TStaticText;
    StaticText12: TStaticText;
    SpeedButton1: TSpeedButton;
    procedure SpeedButton1Click(Sender: TObject);
    procedure SpeedButton2Click(Sender: TObject);
    procedure SpeedButton3Click(Sender: TObject);
  private
    { Private declarations }
  public
    { Public declarations }
  end;

var
  Form1: TForm1;

implementation

uses uinput, frmAbout;

{$R *.DFM}
```

```
58 procedure TForm1.SpeedButton1Click(Sender: TObject);
59 begin
60     frminput.show;
61 end;
62
63 procedure TForm1.SpeedButton2Click(Sender: TObject);
64 begin
65     frmmc.reset;
66     frmmc.show;
67 end;
68
69
70 procedure TForm1.SpeedButton3Click(Sender: TObject);
71 begin
72     form1.hide;
73     About.show;
74 end;
75
76 end.
```

```

unit uinput;

interface

uses
  Windows, Messages, SysUtils, Classes, Graphics, Controls, Forms, Dialogs,
  StdCtrls, ExtCtrls, Buttons;

type
  Tfrminput = class(TForm)
    Label2: TLabel;
    BitBtn1: TBitBtn;
    BitBtn2: TBitBtn;
    Edit1: TEdit;
    Edit2: TEdit;
    Label3: TLabel;
    Label4: TLabel;
    Bevel1: TBevel;
    Image1: TImage;
    Bevel2: TBevel;
    procedure BitBtn1Click(Sender: TObject);
    procedure FormShow(Sender: TObject);
    procedure BitBtn2Click(Sender: TObject);
    procedure FormClose(Sender: TObject; var Action: TCloseAction);
  private
    { Private declarations }
  public
    { Public declarations }
    index:byte;
    procedure reset;
  end;

const
  Alabel : array[1..5,1..3]of string=
  ('Unit Skin Friction Resistant fi','Mean Unit Skin Friction Resistant fi',
   'COV Unit Skin Friction Resistant fi'),('Luas Permukaan kulit Pile bagian
dalam, Asi',
   'Mean Luas permukaan kulit Pile bag. dalam, Asi','COV Luas permukaan kulit
bag.dalam, Asi'),
  ('Unit Weight per Length of Soil Plug, ws',
   'Mean Unit Weight per Length of Soil Plug, ws',
   'COV Unit Weight per Length of Soil Plug, ws'),('Kedalaman Pile, L','Mean
Kedalaman Pile, L',
   'COV Kedalaman Pile, L'),
  ('Unit End Bearing Capacity of Soil Plug, qi',
   'Mean Unit End Bearing Capacity of Soil Plug, qi',
   'COV Unit End Bearing Capacity of Soil Plug, qi'));
var
  frminput: Tfrminput;
  k,modaaksen,betaaksen,modi,B,
  a1,alaksen,a2,a2aksen,a3,a3aksen,
  a4,a4aksen,a5,a5aksen:real;
  z1,z2,z3,z4,z5:real;
  derivz1,derivz2,derivz3,derivz4,derivz5:real;
  COV1,COV2,COV3,COV4,COV5,moda:real;
  S1,M1,S2,M2,S3,M3,S4,M4,S5,M5:real;
  Ai:real;

```

```
implementation

uses uhasil, input3, usampul, Mainmenu;
{$R *.DFM}

procedure Tfrminput.BitBtn1Click(Sender: TObject);
var
  a,b:real;
  code:integer;
begin
  if index<5 then
  begin
    val(edit1.text,a,code);
    if code<>0 then
    begin
      exit;
    end;
    val(edit2.text,b,code);
    if code<>0 then
    begin
      exit;
    end;
  case index of
  1:begin
    m1:=a;
    cov1:=b;
    end;
  2:begin
    m2:=a;
    cov2:=b;
    end;
  3:begin
    m3:=a;
    cov3:=b;
    end;
  4:begin
    m4:=a;
    cov4:=b;
    end;
  5:begin
    m5:=a;
    cov5:=b;
    end;
  end;
  inc(index);
  label2.caption:=alabel[index,1];
  label3.caption:=alabel[index,2];
  label4.caption:=alabel[index,3];
  edit1.setfocus;
  end;
  edit1.text:='';
  edit2.text:='';
end;

procedure Tfrminput.FormShow(Sender: TObject);
begin
```

```
    reset;
end;

procedure tfrminput.reset;
begin
  index:=1;
  label2.caption:=alabel[1,1];
  label3.caption:=alabel[1,2];
  label4.caption:=alabel[1,3];
  edit1.setfocus;
end;

procedure Tfrminput.BitBtn2Click(Sender: TObject);
var
  a,b:real;
  code:integer;
begin
  if index=5 then
  begin
    val(edit1.text,a,code);
    if code<>0 then
    begin
      exit;
    end;
    val(edit2.text,b,code);
    if code<>0 then
    begin
      exit;
    end;
    m5:=a;
    cov5:=b;
    s1:=cov1*m1;
    s2:=cov2*m2;
    s3:=cov3*m3;
    S4:=COV4*m4;
    s5:=cov5*m5;
    frminput.hide;
    threevar.show;
  end;
end;
end;

procedure Tfrminput.FormClose(Sender: TObject; var Action: TCloseAction);
begin
  form1.show;
end;
end.
```

```
1 unit uhasil;
2
3 interface
4
5 uses
6   Windows, Messages, SysUtils, Classes, Graphics, Controls, Forms,
7   Dialogs,
8   Grids, StdCtrls, Buttons, TeEngine, Series, ExtCtrls, TeeProcs,
9   Chart,
10  DBChart, TeeFunci, QrTee, QuickRpt, Db, DBTables, DBCtrls;
11
12 type
13  Tfrmhasil = class(TForm)
14    BitBtn1: TBitBtn;
15    BitBtn2: TBitBtn;
16    BitBtn3: TBitBtn;
17    Edit1: TEdit;
18    BitBtn4: TBitBtn;
19    DataSource1: TDataSource;
20    Table1: TTable;
21    StringGrid1: TStringGrid;
22    Bevel1: TBevel;
23    Bevel2: TBevel;
24    Bevel3: TBevel;
25    Label1: TLabel;
26    QRDBChart1: TQRDBChart;
27    QRChart1: TQRChart;
28    Series1: TLineSeries;
29    Series2: TLineSeries;
30    Series3: TLineSeries;
31    Series4: TLineSeries;
32    Series5: TLineSeries;
33    Series6: TLineSeries;
34    procedure FormCreate(Sender: TObject);
35    procedure StringGrid1SelectCell(Sender: TObject; ACol, ARow:
36 Integer;
37      var CanSelect: Boolean);
38    procedure BitBtn1Click(Sender: TObject);
39    procedure BitBtn3Click(Sender: TObject);
40    procedure BitBtn2Click(Sender: TObject);
41    procedure BitBtn4Click(Sender: TObject);
42  private
43    { Private declarations }
44  public
45    { Public declarations }
46    sbaris,skolom:longint;
47    procedure resetdata;
48    procedure plotdata(jumlah:integer);
49
50  end;
51
52 var
53  frmhasil: Tfrmhasil;
54
55 implementation
56 uses uinput, Mainmenu;
57
```

```
58 {$R *.DFM}
59
60 procedure Tfrmhasil.FormCreate(Sender: TObject);
61 var
62   baris,kolom:byte;
63 begin
64   resetdata;
65   with stringgrid1 do
66   begin
67     Cells[0,1]:='Beta';
68     for baris:=2 to 6 do
69     begin
70       cells[0,baris]:='a'+inttostr(baris-1);
71     end;
72     cells[0,7]:='Selisih Beta';
73     cells[1,0]:='Terkaan Awal';
74     for kolom:= 2 to 9 do
75     begin
76       cells[kolom,0]:=' Iterasi ke'+inttostr(kolom-1);
77     end;
78   end;
79 end;
80
81
82 procedure Tfrmhasil.StringGrid1SelectCell(Sender: TObject; ACol,
83   ARow: Integer; var CanSelect: Boolean);
84 begin
85   if acol=1 then
86   begin
87     edit1.text:=stringgrid1.cells[skolom,sbaris];
88     skolom:=acol;
89     sbaris:=arow;
90     edit1.setfocus;
91   end;
92 end;
93
94 procedure Tfrmhasil.BitBtn1Click(Sender: TObject);
95 begin
96   stringgrid1.cells[skolom,sbaris]:=edit1.text;
97 end;
98
99
100 procedure tfrmhasil.resetdata;
101 begin
102   table1.last;
103   while not table1.BOF do
104   begin
105     table1.delete;
106     table1.prior;
107   end;
108 end;
109
110 procedure tfrmhasil.plotdata(jumlah:integer);
111 var i:integer;
112 begin
113   table1.first;
114   table1.edit;
```

```

115     for i:= 0 to jumlah do
116 begin
117     table1.append;
118     table1.fields[0].value:=b;
119     table1.fields[1].value:=a1;
120     table1.fields[2].value:=a2;
121     table1.fields[3].value:=a3;
122     table1.fields[4].value:=a4;
123     table1.fields[5].value:=a5;
124     table1.next;
125   end;
126 end;
127
128
129 procedure Tfrmhasil.BitBtn3Click(Sender: TObject);
130 var
131   s:string;
132   kolom:byte;
133 begin
134   resetdata;
135   with stringgrid1 do
136 begin
137     b:=strtofloat(cells[1,1]);
138     a1:=strtofloat(cells[1,2]);
139     a2:=strtofloat(cells[1,3]);
140     a3:=strtofloat(cells[1,4]);
141     a4:=strtofloat(cells[1,5]);
142     a5:=strtofloat(cells[1,6]);
143     table1.append;
144     table1.Fields[0].value:=b;
145     table1.fields[1].value:=a1;
146     table1.Fields[2].value:=a2;
147     table1.fields[3].value:=a3;
148     table1.Fields[4].value:=a4;
149     table1.fields[5].value:=a5;
150     table1.next;
151   end;
152   b:=0.0;
153   moda:=0.0;
154   kolom:=1;
155   screen.cursor:=crhourglass;
156 repeat
157   inc(kolom);
158   stringgrid1.colcount:=kolom+1;
159   stringgrid1.Cells[kolom,0]:='iterasi ke'+inttostr(kolom-1);
160   z1:=b*a1;
161   z2:=b*a2;
162   z3:=b*a3;
163   z4:=b*a4;
164   z5:=b*a5;
165   betaaksen:=B;
166   modaaksen:=moda;
167   a1aksen:=a1;
168   a2aksen:=a2;
169   a3aksen:=a3;
170   a4aksen:=a4;
171   a5aksen:=a5;

```



```

172     derivz1:=(s1*z2*s2)+(s1*m2);
173     derivz2:=(s1*s2*z1)+(m1*s2);
174     derivz3:=(s3*z4*s4)+(s3*m4);
175     derivz4:=(z3*s3*s4)+(m3*s4);
176     derivz5:=-s5*ai;
177
178 k:=sqrt(sqr(derivz1)+sqr(derivz2)+sqr(derivz3)+sqr(derivz4)+sqr(derivz
179 5));
180     a1:=-derivz1/k;
181     a2:=-derivz2/k;
182     a3:=-derivz3/k;
183     a4:=-derivz4/k;
184     a5:=-derivz5/k;
185
186 B:=(m5*ai/(B*a1*a2*s1*s2+a1*s1*m2+a2*s2*m1+B*a3*a4*s3*s4+a3*s3*m4+a4*s
187 4*m4-a5*s5*ai));
188     moda:=(B*a1*s1+m1)*(b*a2*s2+m2)+(b*a3*s3+m3)*(b*a4*s4+m4)-
189 (B*a5*s5+m5)*ai;
190     with stringgrid1 do
191 begin
192     modi:=B-betaaksen;
193     str(b:1:6,s);
194     cells[kolom,1]:=s;
195     table1.Append;
196     table1.Fields[0].value:=b;
197     str(a1:1:6,s);
198     cells[kolom,2]:=s;
199     table1.Fields[1].value:=a1;
200     str(a2:1:6,s);
201     cells[kolom,3]:=s;
202     table1.Fields[2].value:=a2;
203     str(a3:1:6,s);
204     cells[kolom,4]:=s;
205     table1.Fields[3].value:=a3;
206     str(a4:1:6,s);
207     cells[kolom,5]:=s;
208     table1.Fields[4].value:=a4;
209     str(a5:1:6,s);
210     cells[kolom,6]:=s;
211     table1.Fields[5].value:=a5;
212     table1.next;
213     str(modi:1:8,s);
214     cells[kolom,7]:=s;
215 end;
216 until abs(modi)<=0.000001;
217 screen.cursor:=crdefault;
218 end;
219
220 procedure Tfrmhasil.BitBtn2Click(Sender: TObject);
221 begin
222     resetdata;
223     frmhasil.Hide;
224     frminput.show;
225     frminput.reset;
226 end;
227
228 procedure Tfrmhasil.BitBtn4Click(Sender: TObject);

```

```
229 begin
230     frmhasil.Hide;
231     form1.Show;
232 end;
233
234 end.
```

```
unit usampul;

interface

uses
  Windows, Messages, SysUtils, Classes, Graphics, Controls, Forms, Dialogs,
  StdCtrls, Buttons, jpeg, ExtCtrls;

type
  Tfrmsampul = class(TForm)
    Image1: TImage;
    Label1: TLabel;
    BitBtn1: TBitBtn;
    Bevel1: TBevel;
    Label2: TLabel;
    Label3: TLabel;
    Label4: TLabel;
    Label5: TLabel;
    Label6: TLabel;
    Bevel2: TBevel;
    procedure BitBtn1Click(Sender: TObject);
  private
    { Private declarations }
  public
    { Public declarations }
  end;

var
  frmsampul: Tfrmsampul;

implementation

uses uinput;

{$R *.DFM}

procedure Tfrmsampul.BitBtn1Click(Sender: TObject);
begin
  frminput.show;
  frmsampul.hide;
end;

end.
```

```
unit frmAbout;

interface

uses
  Windows, Messages, SysUtils, Classes, Graphics, Controls, Forms, Dialogs,
  StdCtrls, ExtCtrls, Buttons;

type
  TAbout = class(TForm)
    Memo1: TMemo;
    SpeedButton1: TSpeedButton;
    Image1: TImage;
    procedure SpeedButton1Click(Sender: TObject);
  private
    { Private declarations }
  public
    { Public declarations }
  end;

var
  About: TAbout;

implementation

uses Mainmenu;

{$R *.DFM}

procedure TAbout.SpeedButton1Click(Sender: TObject);
begin
  About.hide;
  FORM1.SHOW;
end;

end.
```

