



**UNIVERSITAS INDONESIA**

**OPTIMASI DISAIN CASING PADA SUMUR X  
CONOCOPHILLIPS INDONESIA, INC. LTD.**

**SKRIPSI**

**MUHAMMAD ANUGRAH**

**NPM : 0606042102**

**FAKULTAS TEKNIK  
DEPARTEMEN TEKNIK MESIN  
DEPOK  
DESEMBER 2008**



**UNIVERSITAS INDONESIA**

**OPTIMASI DISAIN CASING PADA SUMUR X  
CONOCOPHILLIPS INDONESIA, INC. LTD**

**SKRIPSI**

**Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik  
pada Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Indonesia**

**MUHAMMAD ANUGRAH**

**NPM : 0606042102**

**FAKULTAS TEKNIK  
DEPARTEMEN TEKNIK MESIN  
DEPOK  
DESEMBER 2008**

## HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

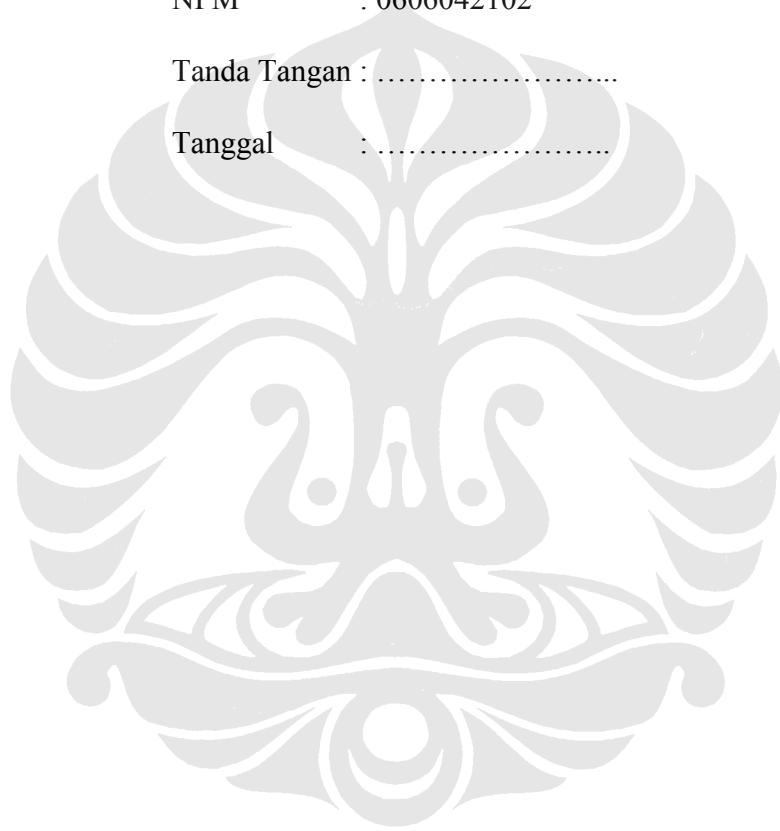
Skripsi ini adalah hasil karya saya sendiri, dan semua sumber baik yang dikutip maupun dirujuk telah saya nyatakan dengan benar

Nama : Muhammad Anugrah

NPM : 0606042102

Tanda Tangan : .....

Tanggal : .....



## HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh :  
Nama : Muhammad Anugrah  
NPM : 0606042102  
Program Studi : Teknik Mesin  
Judul Skripsi : Optimasi Disain *Casing* Pada Sumur X  
ConocoPhillips Indonesia Inc. Ltd.

**Telah berhasil dipertahankan di hadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Indonesia**

Ditetapkan di : .....  
Tanggal : .....

KETUA DEWAN PENGUJI SIDANG SKRIPSI

(Ir. Wahyu Nirbito, MSME)

NIP: 131 472 308

## KATA PENGANTAR/UCAPAN TERIMA KASIH

Puji syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT, karena atas berkat dan rahmat-Nya, penulis dapat menyelesaikan skripsi ini. Penulisan skripsi ini dilakukan dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk mencapai gelar Sarjana Teknik Jurusan Teknik Mesin pada Fakultas Teknik Universitas Indonesia. Penulis menyadari bahwa, tanpa bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak, dari masa perkuliahan sampai pada penyusunan skripsi ini, sangatlah sulit bagi penulis untuk menyelesaikan skripsi ini. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih kepada:

- (1) Ir. Wahyu Nirbito, MSME, selaku dosen pembimbing yang telah menyediakan waktu, tenaga, dan pikiran untuk mengarahkan penulis dalam penyusunan skripsi ini;
- (2) Ir. Boga Isa, selaku pembimbing dari ConocoPhillips Indonesia Inc. Ltd., yang telah menyediakan waktu, tenaga, dan pikiran serta telah banyak membantu dalam usaha memperoleh data yang penulis perlukan;
- (3) Bunda, Kak Dondin dan Kak Vay serta keluarga penulis yang telah memberikan dukungan material dan moral;
- (4) Mia Widiyari, atas momentum tak terformulasikan dengan ekuasi apapun juga di dunia ini, dan;
- (5) kepada sahabat-sahabat penulis (seluruh rekan dan atasan penulis di ConocoPhillips Indonesia Inc. Ltd. (*Geng Hore, friends in need are friends indeed*), seluruh rekan di Universitas Indonesia dan lain-lain yang tidak bisa dituliskan di sini) yang telah banyak membantu penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.

Akhir kata, semoga Allah SWT berkenan membalas segala kebaikan semua pihak yang telah membantu. Semoga skripsi ini membawa manfaat bagi pengembangan ilmu.

Depok, 5 Desember 2008

Penulis

*(Dan DIA-lah yang lebih tahu)*

## HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

---

Sebagai sivitas akademik Universitas Indonesia, saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Muhammad Anugrah  
NPM : 0606042102  
Program Studi : Teknik Mesin  
Departemen : Teknik Mesin  
Fakultas : Teknik  
Jenis karya : Skripsi

demikian pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Indonesia **Hak Bebas Royalti Noneksklusif (Non-exclusive Royalty-Free Right)** atas karya ilmiah saya yang berjudul : **OPTIMASI DISAIN CASING PADA SUMUR X CONOCOPHILLIPS INDONESIA INC. LTD.**, beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Indonesia berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (database), merawat, dan mempublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Depok  
Pada tanggal : 5 Desember 2008

Yang menyatakan

(Muhammad Anugrah)

## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS.....	ii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iii
KATA PENGANTAR/UCAPAN TERIMA KASIH.....	iv
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS.....	v
ABSTRAK.....	vi
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR GAMBAR.....	xii
DAFTAR TABEL.....	xiv
DAFTAR SINGKATAN.....	xv
DAFTAR SIMBOL DAN NOTASI.....	xvi
DAFTAR LAMPIRAN.....	xx
BAB 1. PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang Masalah.....	1
1.2. Tujuan Studi.....	4
1.3. Pembatasan Masalah.....	4
1.4. Metodologi.....	4
1.4.1. Teori.....	4
1.4.2. Studi Kasus Sumur X, COPI.....	5
1.5. Sistematika Penulisan.....	5
BAB 2. LANDASAN TEORI PERENCANAAN CASING.....	7
2.1. Tekanan Pori.....	7
2.1.1. Tekanan Normal.....	8
2.1.2. Tekanan Abnormal.....	8
2.1.3. Tekanan Pori Subnormal.....	15
2.2. Tekanan <i>Overburden</i> .....	17
2.3. Tekanan Rekah.....	18
2.4. <i>Well Control</i> .....	21
2.5. Proyeksi Tekanan Formasi dan Gradien Rekah.....	23
2.6. Prosedur Perencanaan <i>Setting</i> Kedalaman <i>Casing</i> .....	24
2.6.1. <i>Drive Pipe</i> atau <i>Conductor Casing</i> .....	26
2.6.2. <i>Surface Casing</i> .....	28
2.6.3. <i>Intermediate Casing</i> .....	30
2.6.4. <i>Production Casing</i> .....	35
2.6.5. <i>Liner</i> .....	36
2.6.6. <i>Tie-back String</i> .....	38
2.7. Kriteria Perencanaan <i>Setting Depth Casing</i> .....	39
2.8. Berat <i>Casing</i> dan <i>Grade Casing</i> .....	41
2.9. Pembebanan Yang Terjadi Pada <i>Casing</i> .....	43
2.9.1. Tekanan Burst.....	43
2.9.2. Tekanan <i>Collapse</i> .....	44
2.9.3. Beban <i>Tension</i> .....	44
2.9.4. Beban Biaksial.....	46
2.10. Metoda <i>Maximum Load Casing Design</i> .....	49

2.10.1.	<i>Surface Casing</i> .....	50
2.10.2.	<i>Intermediate Casing</i> .....	53
2.10.3.	<i>Production Casing</i> .....	57
BAB 3.	DISAIN, PERENCANAAN DAN OPTIMASI SISTEM CASING PADA SUMUR X .....	68
3.1.	Data Tekanan Pori dan Tekanan Rekah .....	68
3.2.	Disain Konservatif ConocoPhillips Indonesia Inc. Ltd.....	69
3.3.	Perhitungan <i>Casing Seat Selection</i> .....	73
3.4.	Perhitungan <i>Grade Casing</i> .....	79
3.4.1.	<i>Conductor/Surface Section</i> .....	81
3.4.2.	<i>Production Casing</i> .....	104
3.4.3.	Beban <i>Tension</i> .....	111
3.4.4.	Beban Biaksial/Triaksial .....	114
3.5.	Perhitungan Penghematan Biaya.....	117
BAB 4.	KESIMPULAN DAN SARAN .....	120
4.1.	Kesimpulan .....	120
4.2.	Saran.....	125
	DAFTAR PUSTAKA .....	127
	LAMPIRAN .....	129
A.	CONOCOPHILLIPS, SEJARAH DAN PROFIL PERUSAHAAN.....	A-1
B.	STUDI UNTUK SUMUR X EKSPLORASI, <i>CONDUCTOR ASSESSMENT</i> UNTUK BEBAN LINGKUNGAN .....	B-1
C.	STANDAR API UNTUK CASING DAN TUBING.....	C-1
D.	DAFTAR KONVERSI .....	D-1



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1-1 Diagram Alir Aktifitas Studi Disain <i>Casing</i> .....	5
Gambar 2-1 Sungai Artesis Penyebab Tekanan Abnormal.....	9
Gambar 2-2 Tekanan Abnormal yang Disebabkan Oleh <i>Uplift</i> dan Erosi.....	11
Gambar 2-3 Kondisi Awal Sebelum Intrusi Kubah Garam Terjadi.....	12
Gambar 2-4 Kubah Garam Telah Mengintrusi Formasi .....	12
Gambar 2-5 Kondisi Formasi Sebelum Terjadi Gas <i>Pinch Out</i> .....	13
Gambar 2-6 Gas Telah Mengalami <i>Pinch Out</i> .....	14
Gambar 2-7 Contoh dari Tekanan Pori dan Tekanan Rekah .....	18
Gambar 2-8 Poisson's Ratio [3].....	20
Gambar 2-9 Contoh Proyeksi Tekanan Formasi dan Gradien Rekah [2] .....	23
Gambar 2-10 Contoh Skematik <i>Casing</i> yang Tipikal Pada Sebuah Sumur Minyak/Gas.....	25
Gambar 2-11 Penentuan Setting Depth Marine Conductor [1].....	28
Gambar 2-12 Tentative Intermediate Setting Depth [5] .....	34
Gambar 2-13 Kedalaman Intermediate Didasarkan Pertimbangan Pipe Sticking [5]	35
Gambar 2-14 Seleksi Kedalaman Liner Terdalam [5].....	37
Gambar 2-15 Konfigurasi Akhir [5].....	38
Gambar 2-16 Kondisi Pembebanan <i>Burst</i> [1].....	43
Gambar 2-17 Tekanan <i>Collapse</i> [1].....	44
Gambar 2-18 Beban <i>Tension</i> [1].....	45
Gambar 2-19 Kurva Elips Beban Biaksial [2] .....	47
Gambar 2-20 Kurva Elips Beban Biaksial Antara <i>Tension</i> dan <i>Collapse Resistance</i> [2] .....	47
Gambar 2-21 Beban <i>Burst</i> Pada <i>Surface Casing</i> [9].....	51
Gambar 2-22 Beban <i>Collapse</i> Pada <i>Surface Casing</i> [9].....	52
Gambar 2-23 Beban <i>Burst</i> Pada <i>Intermediate Casing</i> [9] .....	53
Gambar 2-24 Beban <i>Collapse</i> Pada <i>Intermediate Casing</i> [9].....	56
Gambar 2-25 Beban <i>Burst</i> Pada <i>Production Casing</i> [9].....	58
Gambar 2-26 Beban <i>Collapse</i> Pada <i>Production Casing</i> [9] .....	60
Gambar 2-27 Beban <i>Tension</i> .....	62
Gambar 2-28 Pada Suatu Bagian <i>Casing</i> Digunakan Lebih dari Satu <i>Grade</i> .....	64
Gambar 2-29 Kurva Elips Beban Biaksial.....	66
Gambar 3-1 Disain <i>Casing</i> Sumur-sumur Explorasi COPI di Lapangan yang Sama	70
Gambar 3-2 Disain <i>Casing</i> Konservatif Sumur X COPI .....	71
Gambar 3-3 Diagram Alir Proses Perhitungan Untuk Optimasi Disain <i>Casing</i> .....	73
Gambar 3-4 Plot Estimasi Tekanan Pori dan Tekanan Rekah Sumur X .....	74
Gambar 3-5 Disain <i>Casing</i> Secara Teoritis Dapat Menggunakan 1 Bagian Saja .....	75
Gambar 3-6 <i>Returns/cuttings</i> Pengeboran yang Kembali ke <i>Seabed</i> .....	76
Gambar 3-7 Rencana Pengeboran Sumur X .....	80
Gambar 3-8 Spesifikasi <i>Casing</i> yang Akan Digunakan dari Permukaan Hingga 1140 ft TVDSS.....	82
Gambar 3-9 Perhitungan Tekanan <i>Collapse</i> Pada <i>Surface Casing</i> .....	85
Gambar 3-10 Tumpuan/ <i>Beam</i> Pada Pemodelan <i>Environmental Loads</i> [24] .....	88
Gambar 3-11 Profil Kecepatan Angin 1 - 10 Tahun Pada Area Lapangan Sumur X [12].....	90

Gambar 3-12 Profil <i>Significant Wave</i> 1 - 10 Tahun Pada Lapangan Sumur X [12]..	91
Gambar 3-13 Diagram Alir Perhitungan <i>Environmental Load</i> .....	93
Gambar 3-14 Pembebanan Yang Mengakibatkan <i>Shear Stress</i> .....	98
Gambar 3-15 Disain <i>Production Casing</i> Berdasarkan Beban <i>Burst</i> .....	105
Gambar 3-16 Disain <i>Production Casing</i> Berdasarkan Beban <i>Collapse</i> .....	108
Gambar 3-17 <i>Summary</i> Sistem <i>Casing</i> Pada Sumur X.....	111
Gambar 3-18 13-3/8 inch <i>Casing Triaxial Design Limit</i> .....	114
Gambar 3-19 9-5/8 inch <i>Casing Triaxial Design Limit</i> .....	115
Gambar 3-20 Skematik Sistem <i>Casing</i> yang Telah Dioptimasi.....	116
Gambar 4-1 Diagram Alir Operasi dengan Menggunakan Disain <i>Casing</i> Konservatif .....	122
Gambar 4-2 Diagram Alir Operasi dengan Menggunakan Disain <i>Casing</i> yang Telah Dioptimasi .....	123

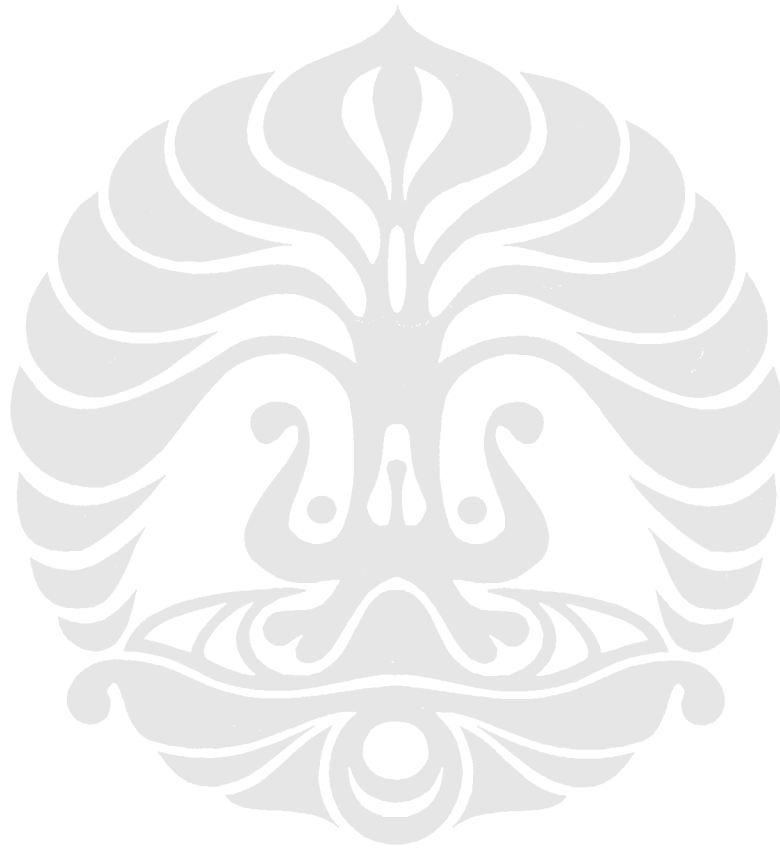


## DAFTAR TABEL

Tabel 2-1 Letak Kedalaman <i>Casing</i> oleh SWB USA [4] .....	29
Tabel 2-2 Harga <i>Trip Margin</i> Minimum untuk Setiap Harga Dh, Dp, dan Y Tertentu [5] .....	33
Tabel 2-3 Karakteristik <i>Casing API Grade</i> [7].....	41
Tabel 2-4 Karakteristik <i>Casing Non-API Grade</i> [7].....	42
Tabel 2-5 Rasio <i>Tension Stress</i> (X) dan Rasio <i>Collapse</i> (Y) [1] .....	48
Tabel 2-6 Pasangan harga X dan Y .....	67
Tabel 3-1 Tabel Estimasi Tekanan Pori dan Tekanan <i>Frac</i> (Rekah) Sumur X [10]..	68
Tabel 3-2 Pilihan <i>Casing</i> untuk 13-3/8 inch .....	83
Tabel 3-3 Pemilihan <i>Grade Surface Casing</i> N-80; 68 lbs/ft.....	86
Tabel 3-4 Kesimpulan Perhitungan <i>Loads</i> akibat <i>Wave</i> dan <i>Current</i> untuk Periode Satu Tahun .....	97
Tabel 3-5 Kesimpulan Perhitungan <i>Loads</i> akibat <i>Wave</i> dan <i>Current</i> untuk Periode 10 Tahun .....	97
Tabel 3-6 Kesimpulan dari Analisa Struktural - Satu Tahun <i>Environmental Design</i> .....	102
Tabel 3-7 Kesimpulan dari Analisa Struktural - 10 Tahun <i>Environmental Design</i> .	102
Tabel 3-8 <i>Grade Casing</i> yang Dapat Dijadikan Pilihan untuk Bagian <i>Intermediate</i> .....	106
Tabel 3-9 Pemilihan <i>Grade</i> dari <i>Production Casing</i> .....	109
Tabel 3-10 Perbandingan Disain dengan Stok .....	110
Tabel 3-11 Komparasi Total Biaya Untuk Disain <i>Casing</i> Yang Belum Dioptimasi [13] .....	117
Tabel 3-12 Komparasi Total Biaya Untuk Disain <i>Casing</i> Yang Sudah Dioptimasi [13] .....	117

## DAFTAR SINGKATAN

- FP: Frac Pressure (tekanan rekah)  
FG: Frac Gradient  
MSL: Mean Sea Level (level batas air laut)  
PP: Pore Pressure (tekanan pori)  
SW: Sea Water



## DAFTAR SIMBOL DAN NOTASI

$D_{ic}$	= <i>setting depth selection, feet</i>
$D_s$	= <i>setting depth marine conductor, feet</i>
$D_{sc}$	= <i>setting depth surface casing, feet</i>
$EMW_{kick}$	= berat lumpur ekivalen pada kedalaman <i>surface casing</i> , ppg
$G_{af}$	= gradien fluida di annulus, psi/ft
$G_f$	= gradien formasi, psi/ft
$G_{sw}$	= gradien seawater, psi/ft
$\Delta M$	= tambahan densitas lumpur akibat kick, ppg
$MW_{ic}$	= berat lumpur untuk <i>setting depth intermediate casing</i> , ppg
OMW	= berat lumpur sebelum ada <i>kick</i> , ppg
AP	= tekanan diferensial, psi
P	= berat lumpur tekanan formasi, ppg
d	= d-eksponen
R	= laju pengeboran, ft/hr
WOB	= <i>weight on bit</i> , 1000 lbs/in <i>bit diameter</i>
RPM	= kecepatan putar
$d_{corr}$	= d-exsponent terkoreksi
$\rho_{mc}$	= densitas lumpur pada tekanan formasi normal (~ 9 ppg)
$\rho_{mc}$	= densitas lumpur pada saat sirkulasi, ppg
P	= tekanan pori formasi ekivalen, ppg EMW
$G_n$	= gradient hidrostatis normal, 9 ppg
p	= tekanan, $ML^{-1}T^{-2}$
F	= gaya yang bekerja pada daerah luas ybs, $MLT^{-2}$
A	= luas permukaan yang menerima gaya, $L^2$
p	= berat jenis, $ML^{-3}$
g	= percepatan gravitasi, $LT^{-2}$
$\gamma$	= gradient tekanan hidrostatis, $ML^{-2}T^{-2}$
h	= ketinggian, L
$G_{ob}$	= gradient tekanan overburden, psi/ft
$l_i$	= ketebalan ke-i, ft

$\rho_i$	= berat jenis rata-rata ke-i, gr/cc
$D_n$	= kedalaman, ft
$D_{wt}$	= ketebalan cairan, ft
$D_b$	= ketebalan batuan ( $D-D_w$ ), ft
$\rho_w$	= berat jenis cairan, gr/cc
$\rho_b$	= berat jenis rata-rata batuan, gr/cc
$P_f$	= tekanan rekah, psi
$P_{ob}$	= tekanan overburden, psi
$P$	= tekanan formasi, psi
$D$	= kedalaman, ft
$\mu$	= rasio poissons
$F_c$	= gradien tekanan rekah yang telah dikoreksi, psi/ft
$D_w$	= ketinggian air laut, ft
$X$	= Perbandingan beban tension tensile strength
$Y$	= Perbandingan collapse aktual dengan collapse rating
$w$	= Berat casing di udara, lb/feet
$OD$	= Diameter luar casing, in
$t$	= Ketebalan casing, in
$W$	= berat casing dalam lumpur, lb/ft
$\rho_m$	= densitas lumpur, ppg
$P_{burst}$	= Tekanan Burst resistance casing, psi
$\psi$	= Yield strength casing, psi
$A$	= luas penampang dinding casing, inch <sup>2</sup>
$BHP$	= tekanan dasar sumur, psi
$BF$	= Bouyancy Factor, lbs
$D$	= kedalaman, feet
$D_1$	= kedalaman kolom lumpur 1, feet
$D_2$	= kedalaman kaki casing, feet
$D_3$	= kedalaman puncak kolom lumpur terberat setelah lost, feet
$OD$	= diameter luar casing, in
$G_{fr}$	= gradien tekanan rekah, ppg
$H_g$	= tinggi kolom gas, feet

$H_m$	= tinggi kolom lumpur terberat, feet
$H_s$	= tinggi kolom semen, feet
$P_i$	= tekanan injeksi, psi
$L$	= panjang casing, feet
$L_i$	= panjang intermediate casing, feet
$L_m$	= tinggi kolom lumpur, feet
$L_{m1}$	= tinggi kolom lumpur 1, feet
$L_{m2}$	= tinggi kolom lumpur 2 (lumpur terberat) setelah lost, feet
$L_{pd}$	= panjang production casing, feet
$L_s$	= panjang surface casing, feet
$P$	= tekanan, psi
$P_{BOP}$	= tekanan SOP, psi
$P_{cs}$	= tekanan di casing shoe, psi
$P_e$	= tekanan luar casing (back-up), psi
$P_f$	= tekanan formasi, psi
$P_{fr}$	= tekanan rekah, psi
$P_g$	= tekanan di kolom gas, psi
$P_m$	= tekanan di kolom lumpur, psi
$P_s$	= tekanan di permukaan, psi
THP	= tubing head pressure, psi
TN	= kedalaman titik netral, feet
$T_s$	= beban tension dipermukaan, lbs
wa	= unit berat casing, lbs/ft
WM	= berat casing, lbs
$\rho_g$	= densitas gas, ppg
$\rho_{m1}$	= densitas lumpur saat casing dipasang, ppg
$\rho_{m2}$	= densitas lumpurtersebu, ppg
$\rho_{et}$	= densitas packer fluid, ppg /
$\rho_m$	= densitas semen, ppg
$P_{pr}$	= Tekanan pseudo reduced
$T_{pr}$	= Temperatur pseudo reduced / C
$T_f$	= Temperatur formasi, °F

$P_c$	= Tekanan kritis, psi
$T_c$	= Temperatur kritis, °R
$\rho$	= Gradient gas, psi/ft
$R$	= Konstanta gas = 96,355
$P_f$	= Tekanan formasi, psi
$T_f$	= Temperatur formasi, °R (= °F + 460)
$Z$	= Faktor kompresibilitas gas
$P_{fr}$	= tekanan rekah, psi
$G_{fr}$	= gradien tekanan rekah, ppg





## DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN.....	129
A. CONOCOPHILLIPS, SEJARAH DAN PROFIL PERUSAHAAN.....	A-1
B. STUDI UNTUK SUMUR X EKSPLORASI, <i>CONDUCTOR ASSESSMENT</i> UNTUK BEBAN LINGKUNGAN.....	B-1
C. STANDAR API UNTUK CASING DAN TUBING.....	C-1
D. DAFTAR KONVERSI.....	D-1

