

TUGAS AKHIR

OPTIMASI POMPA *ELECTRIC SUBMERSIBLE* (ESP) DENGAN *UP-SIZE PUMP* UNTUK MENINGKATKAN LAJU ALIR PRODUKSI PADA SUMUR CINTA C-14 DI LAPANGAN CNOOC SES Ltd

Diajukan Guna Memenuhi Syarat Kelulusan Mata Kuliah Tugas Akhir Pada Program Sarjana Strata Satu (S1)



Nama : Mickhael Gultom

NIM : 41311110025

Program Studi : Teknik Mesin

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MERCU BUANA
JAKARTA
2014**

SURAT PERNYATAAN

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Mickhael Gultom
NIM : 41311110025
Jurusan : Teknik Mesin
Fakultas : Teknik
Judul Skripsi : OPTIMASI POMPA *ELECTRIC SUBMERSIBLE* (ESP)
DENGAN *UP-SIZE PUMP* UNTUK MENINGKATKAN LAJU
ALIR PRODUKSI PADA SUMUR CINTA C-14 DI
LAPANGAN CNOOC SES Ltd.

Dengan ini menyatakan bahwa hasil penulisan Laporan Tugas Akhir yang telah saya buat ini merupakan hasil karya saya sendiri dan benar keasliannya. Apabila ternyata di kemudian hari penulisan Laporan Tugas Akhir ini merupakan hasil karya plagiat atau penjiplakan terhadap karya orang lain, maka saya bersedia mempertanggungjawabkan sekaligus bersedia menerima sanksi berdasarkan aturan di Universitas Mercu Buana.

Demikian, pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar dan tidak dipaksakan.

UNIVERSITAS
MERCU BUANA

Penulis,



[Mickhael Gultom]

LEMBAR PENGESAHAN

OPTIMASI POMPA *ELECTRIC SUBMERSIBLE* (ESP) DENGAN *UP-SIZE PUMP* UNTUK MENINGKATKAN LAJU ALIR PRODUKSI PADA SUMUR CINTA C-14 DI LAPANGAN CNOOC SES Ltd

Diajukan Guna Memenuhi Syarat Kelulusan Mata Kuliah Tugas Akhir Pada Program Sarjana Strata Satu (S1)



Disusun Oleh :

Nama : Mickhael Gultom

NIM : 41311110025

Program Studi : Teknik Mesin

UNIVERSITAS
MERCU BUANA

Pembimbing

(Dr.Ing. Darwin Sebayang)

Mengetahui

Koordinator TA/Kaprodi

(Imam Hidayat,ST,MT)

KATA PENGANTAR

Puji Syukur penulis haturkan kepada Allah Yang Maha Kuasa atas berkat dan karunianya sehingga Tugas Akhir ini dapat diselesaikan dan diajukan sebagai persyaratan untuk memperoleh gelar Sarjana 1 Teknik Mesin Universitas Mercubuana

Pada kesempatan ini penulis mengucapkan banyak terima kasih yang tak terhingga kepada berbagai pihak yang telah memberikan dukungan moril dan material dalam menuntut ilmu dan menyelesaikan Tugas Akhir ini.

Untuk itu dengan segala kerendahan hati, penulis haturkan banyak terima kasih kepada :

1. Bapak Morhan Gultom dan Ibu Vonny Taloko, selaku kedua orang tua penulis yang tak henti-hentinya memberikan doa, dukungan serta motivasi kepada penulis sehingga membuat penulis selalu semangat untuk menyusun tugas akhir ini.
2. Lady dan Ketrin, selaku kakak kandung dan adik kandung penulis yang memberikan motivasi dan dukungannya untuk menyelesaikan tugas akhir ini.
3. Bapak Dr.Ing.Darwin Sebayang, selaku kepala Program ketua jurusan Teknik Mesin dan selaku dosen pembimbing Tugas Akhir kami. Bapak yang selalu meluangkan waktunya demi membimbing kami, yang tak pernah kenal waktu demi membimbing kami. Terima kasih banyak atas bimbingannya selama ini.
4. Seluruh dosen-dosen Jurusan Teknik Mesin dan Dosen-dosen Program studi Teknik Mesin yang telah banyak sekali memberikan kami ilmu pengetahuan dalam segala bidang.
5. PT. Trijaya Global Marindo yang telah memberikan kami kesempatan untuk menimba ilmu.

6. Pak Ryan Putra selaku Marine Supervisor di PT.Trijaya Global Marindo.
7. Pak Jumarman, pak Wasirun, pak Kuntoro, dan para crew Barge Cosl 221.
8. Seluruh teman-teman Program Studi Teknik Mesin yang telah bersama-sama memberikan semangat serta doa yang tulus.
9. Semua pihak yang telah membantu secara langsung dan tidak langsung hingga Skripsi ini dapat diselesaikan.

Terima kasih yang sebesar-besarnya kepada semua pihak yang telah membantu penulis dalam proses serta terselesainya Tugas Akhir ini. Semoga Tuhan yang maha esa senantiasa membalas dengan pahala yang melimpah kepadanya, dan dengan segala kerendahan hati, penulis mengharapkan permohonan maaf atas segala kesalahan serta kekhilafan yang pernah penulis lakukan selama penyusunan Tugas Akhir ini.

Penulis sangat menyadari bahwa laporan Tugas Akhir ini masih sangatlah jauh dari sempurna, maka dari itu penulis sangat mengharapkan saran dan kritik yang bersifat membangun, agar penulis dapat mengetahui dimana saja kekurangan penulis. Semoga laporan Tugas Akhir ini tentang **“OPTIMASI POMPA *ELECTRIC SUBMERSIBLE* (ESP) DENGAN *UP-SIZE PUMP* UNTUK MENINGKATKAN LAJU ALIR PRODUKSI PADA SUMUR CINTA C-14 DI LAPANGAN CNOOC SES Ltd“** dapat berguna serta bermanfaat khususnya bagi penulis, dan bagi para pembaca pada umumnya“.

Jakarta, 10 Desember 2014

Hormat Kami

Mickhael Gultom

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
LEMBAR PERNYATAAN.....	ii
LEMBAR PENGESAHAN.....	iii
ABSTRAK.....	iv
KATA PENGANTAR.....	vi
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR TABEL.....	xii
DAFTAR GAMBAR.....	xiii
NOMENKLATUR.....	xv
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang Masalah.....	1
1.2 Maksud dan Tujuan Penulisan.....	4
1.3 Batasan Masalah.....	4
1.4 Metodologi Penelitian.....	4
1.5 Sistematika Penulisan.....	5
BAB II LANDASAN TEORI	
2.1 Teori Optimasi.....	7
2.2 Optimasi model pengambilan keputusan.....	9
2.2.1 Pengaruh ketersediaan data terhadap permodelan.....	9
2.2.2 Penyelesaian terhadap model pengambilan keputusan.....	10
2.2.3 Pengantar <i>Linier Programming</i>	10
2.2.4 Kelebihan dan kekurangan <i>Linier Programming</i>	12
2.3 Teori Pompa <i>ESP</i>	13
2.3.1 Produktivitas Formasi.....	14

2.3.2	<i>Productivity Index (PI)</i>	14
2.3.3	<i>Inflow Performance Relationship (IPR)</i>	15
2.3.3.1	Kurva IPR satu Fasa.....	16
2.3.3.2	Kurva IPR dua Fasa	17
2.3.3.3	Kurva IPR tiga Fasa	18
2.4	Aliran fluida dalam pipa.....	20
2.4.1	Sifat fisik fluida.....	20
2.4.2	<i>Friction Loss</i>	23
2.5	<i>Electric Submersible Pump (ESP)</i>	25
2.5.1	Peralatan <i>ESP</i>	26
2.5.2	Peralatan dibawah permukaan.....	27
2.5.3	Peralatan diatas permukaan.....	39
2.6	Dasar perencanaan <i>ESP</i>	45
2.6.1	Pengumpulan data teknis yang diperlukan.....	45
2.6.2	Perhitungan <i>Specific Gravity</i> rata-rata dan <i>Gradient fluida</i>	46
2.6.3	Penentuan laju aliran produksi optimum (<i>Q_{opt}</i>).....	46
2.6.4	Penentuan Datum.....	46
2.6.5	Penentuan kedalaman pompa.....	46
2.6.5.1	<i>Pump setting depth</i> minimum	48
2.6.5.2	<i>Pump setting depth</i> maximum.....	49
2.6.5.3	<i>Pump setting depth</i> optimum	49
2.6.6	Perhitungan <i>Pump Intake Pressure (PIP)</i>	50
2.6.7	Perhitungan <i>Nett Vertical Lift (H_d)</i>	50
2.6.8	Perhitungan besarnya <i>Friction Loss</i> di <i>Tubing (H_f)</i>	51
2.6.9	Perhitungan total <i>Dynamic Head (TDH)</i>	51
2.6.10	Penentuan jenis pompa dan motor	52
2.6.11	Penentuan jenis kabel dan besarnya <i>Voltage</i>	53

2.6.12	Pemilihan <i>Switchboard</i> dan <i>Transformer</i>	54
BAB III METODOLOGI PENELITIAN		
3.1	Diagram alir penelitian.....	56
3.2	Data Lapangan	57
3.3	Data lapangan dan evaluasi sumur pada kondisi sekarang	59
3.4	Penentuan laju alir produksi optimum	60
3.5	Evaluasi <i>ESP</i>	62
BAB IV ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN		
4.1	Analisa Data	65
4.2	Pembahasan.....	76
4.2.1	Optimasi laju aliran dengan menurunkan <i>Pwf</i>	77
4.2.2	Optimasi Laju Aliran dengan menggunakan <i>ESP</i>	78
4.2.3	Rekapitulasi hasil Analisa Data	79
4.2.4	Perbandingan hasil produktifitas setelah optimasi <i>ESP</i>	81
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN		
5.1	Kesimpulan	82
5.2	Saran.....	82
DAFTAR PUSTAKA		83
LAMPIRAN		

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Konstanta C_n untuk masing-masing A_n	19
Tabel 2.2	Diameter dan seri pompa	36
Tabel 3.1	Data hasil sumur cinta C-14.....	58
Tabel 3.2	Hasil perhitungan kurva IPR sumur cinta C-14.....	60
Tabel 4.1	Pemilihan pompa.....	70
Tabel 4.2	Hasil pemilihan pompa	75
Tabel 4.3	Rekapitulasi hasil desain ulang ESP	80
Tabel 4.4	Komparasi produktivitas sumur cinta C-14 sebelum dan sesudah optimasi <i>ESP</i> atau <i>size-Up pump</i>	81



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Kurva PI dan P_{wf}	15
Gambar 2.2 R_s sebagai fungsi tekanan	21
Gambar 2.3 Hubungan factor volume formasi minyak dengan tekanan.....	22
Gambar 2.4 Hubungan viskositas minyak dengan tekanan reservoir	22
Gambar 2.5 Grafik <i>friction loss</i> berdasarkan persamaan <i>William -Hazen</i>	25
Gambar 2.6 Jenis pompa <i>ESP</i>	26
Gambar 2.7 Susunan lengkap peralatan <i>ESP</i>	27
Gambar 2.8 <i>Entry Guide</i>	28
Gambar 2.9 <i>PSI Down Hole Unit</i> dan <i>surface readout</i>	29
Gambar 2.10 Motor <i>ESP</i>	30
Gambar 2.11 <i>Protector</i>	32
Gambar 2.12 <i>Gas separator</i>	33
Gambar 2.13 Pompa <i>ESP</i>	35
Gambar 2.14 <i>Difuser</i> dan <i>Impeller</i>	36
Gambar 2.15 <i>Electric Cable</i>	38
Gambar 2.16 <i>Automatic Diverter Valve</i>	39
Gambar 2.17 <i>Wellhead</i>	40
Gambar 2.18 <i>Junction Box</i>	41
Gambar 2.19 <i>Switchboard</i>	42
Gambar 2.20 <i>Transformer</i>	43
Gambar 2.21 <i>Variable speed drive</i>	45
Gambar 2.22 Berbagai posisi pompa pada kedalaman sumur	48
Gambar 3.1 Diagram Alir	56
Gambar 3.2 <i>Well completion</i> sumur cinta C-14.....	57
Gambar 3.3 Kurva optimasi IPR sumur cinta C-14	61
Gambar 4.1 <i>Pump perforation curve</i> pada SN 3600	70

NOMENKLATUR

A	= Konstanta A
A_n	= Konstanta persamaan ($n= 0, 1$ dan 2)
API	= <i>American Petroleum Institute</i> , °API
A_t	= Luas butiran pasir pada kondisi test, Sq-ft.
A_z	= Luas butiran pasir pada kondisi lapangan, sq-ft
B	= Konstanta B
BHP	= <i>Bottom Hole Pressure</i> , Psi
B_z	= Faktor volume formasi, Bbl/STB
C	= Koefisien friksi; 94 (tubing lama > 10 tahun) dan 120 (tubing baru)
C_b	= Kompresibilitas total batuan, psi^{-1}
C_n	= Konstanta untuk masing-masing harga A_n
D	= Kedalaman lubang mid.perforasi (datum), ft
F	= Faktor formasi, fraksi
FOP	= <i>Fluid Over Pump</i> , ft
G	= Shear Modulus, psi
G/C_b	= Kriteria kekuatan dasar formasi, psi^2
G_f	= Gradien tekanan, psi/ft
GR_{log}	= <i>Gamma ray log</i> (pembacaan pada <i>slip log</i> , API unit)
GR_{max}	= <i>Gamma ray maximum</i> , API unit
GR_{min}	= <i>Gamma ray minimum</i> , API unit
h	= Ketebalan formasi produktif, ft.
H_d	= <i>Net vertikal lift</i> , ft
H_f	= <i>Friction loss</i> pada tubing, ft
HP	= Horse power, HP
ID	= Diameter dalam pipa, inch

I_m	= Amper motor, A
K_z	= Permeabilitas Formasi. mD
L	= Panjang kabel, ft
m	= Faktor sementasi batuan
MD	= <i>Measurement Depth</i> , psi
N	= Jumlah lubang sumur
OD	= Diameter luar pipa, inch
P_b	= Tekanan <i>Bubble Point</i> , psi
P_c	= <i>Casing Head Pressure</i> , psi
PI	= <i>Productivity Index</i> , bpd/psi
PIP	= <i>Pump Intake Pressure</i> , psi
P_r	= Tekanan formasi, Psi.
P_s	= Tekanan statis reservoir, psi
PSD	= Kedalaman letak pompa dr permukaan, ft
P_{wf}	= Tekanan alir dasar sumur, psi
Q	= Laju produksi, BPD
Q_{max}	= Laju produksi total maksimum, BPD
Q_o	= Laju produksi minyak, BOPD
Q_w	= Laju produksi air, BWPD
Q_t	= Laju produksi cairan total, BFPD
Q_z	= Laju Produksi Kritis Kepasiran, STB/D
r_e	= Jari-jari pengurasan sumur, ft.
Ro	= Resistivitas batuan yang dijenuhi dengan air 100 %, Ω -m.
r_w	= Jari-jari sumur, ft.

R_w = Resistivitas air formasi, Ω -m.
 SFL = *Static Fluid Level*, ft
 SG_f = *Spesific gravity* fluida
 SG_{mix} = SG rata-rata fluida
 SG_o = *Spesific gravity* minyak
 SG_w = *Spesific gravity* air
 TDH = *Total Dynamic Head*, ft
 THP = *Tubing Head Pressure*, psi
 TVD = *True Vertical Depth*, ft
 U = *Poisson's ratio*
 V = Kecepatan aliran fluida, ft/s
 V_{clay} = Kandungan lempung, fraksi
 $Volt$ = Tegangan, Volt
 WC = *Water cut*, fraksi
 WFL = *Working Fluid Level*, ft
 WHT = *Well Head Temperature*, °F

 b = Densitas batuan, gr/cc

 t = *Interval transite time*, μ s/ft

 tf = *Transit time mud filtrat*, μ s/ft (*fresh mud*: 189 μ s/ft, *salt mud*: 185 μ s/ft)

 tm = Kecepatan matriks, μ s/ft

V_{kabel} = *Voltage Drop Kabel*, Volt

μ_z = Viskositas fluida, Cp

$1/Cb$ = Modulus batuan, psi

\emptyset = Porositas, fraksi

p = Tekanan *Hidrostatik*

GOR = *Gas Oil Ratio*, %

