UNIVERSITAS
GADJAH MADA

OPTIMALISASI ELECTRIC SUBMERSIBLE PUMP UNTUK SUMUR MINYAK
Dhyda Ardi Setyawan, Prof. Dr. Ir. Indarto, DEA
Universitas Gadjah Mada, 2010 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL i
HALAMAN PENGESAHAN ii
HALAMAN PERNYATAAN iii
NASKAH SOAL TUGAS AKHIR iv
HALAMAN PENGESAHAN HASIL UJIAN PENDADARAN v
KATA PENGANTAR vi
DAFTAR ISI viii
DAFTAR GAMBAR xii
DAFTAR TABEL xiv
DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN xv
INTISARI xviii

BAB I PENDAHULUAN 1-1
1.1. Latar Belakang 1-1
1.2. Rumusan Masalah 1-2
1.3. Batasan Masalah 1-3
1.4. Tujuan Penelitian 1-3
1.5. Manfaat Penelitian 1-4
1.6. Sistematika Penulisan Laporan 1-4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA 2-6
2.1. Electric Submersible Pump 2-6
2.1. Peralatan Bawah/Dasar Sumur 2-8
2.2.1. Motor Listrik 2-8
2.2.2. Sistem Pendinginan Motor 2-10
2.2.3. Protector 2-11
2.2.4. Intake atau Gas Separator 2-13
2.2.5. Pompa Sentrifugal 2-16
2.2.6. PSI (Pressing Sensing Instrument) 2-18
2.2.7. Kabel 2-19

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
OPTIMALISASI ELECTRIC SUBMERSIBLE PUMP UNTUK SUMUR MINYAK
Dhyda Ardi Setyawan, Prof. Dr. Ir. Indarto, DEA
Universitas Gadjah Mada, 2010 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

2.2.8. Check Valve 2-20
2.2.9. Bleeder Valve 2-21
2.2.10. Centralizer 2-21
2.3. Peralatan Atas/Permukaan Sumur 2-21
2.3.1. Wellhead 2-21
2.3.2. Junction Box 2-21
2.3.3. Switchboard 2-22
2.3.4. Transformer 2-23
2.4. Karakteristik Kerja Pompa 2-24
2.4.1. Dasar Kerja 2-24
2.4.2. Kinerja Pompa 2-24
2.4.2.1. Head Capacity Curve 2-25
2.4.2.2. Horsepower Curve 2-26
2.4.2.1. Grafik Efisiensi 2-26
BAB III DASAR TEORI 3-28
3.1. Kelakuan Aliran Fluida 3-28
3.2. Inflow Performance Relationship 3-29
3.2.1. Aliran Satu Fase 3-29
3.2.2. Indeks Produktivitas 3-31
3.2.2. Aliran Dua Fase 3-31
3.3. Laju Produksi Fluida 3-32
3.4. Bubble Point Pressure 3-34
3.5. Properti Minyak 3-34
3.6. Tingkat Kelarutan Gas 3-35
3.7. Volume Faktor Minyak 3-36
3.8. Volume Faktor Gas 3-37
3.9. Kecepatan Superficial 3-38
3.10. Pola Aliran 3-39
3.11. Bottom Hole Pressure 3-42
3.12. Static Fluid Level 3-42
3.13. Dynamic Fluid Level 3-43

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
OPTIMALISASI ELECTRIC SUBMERSIBLE PUMP UNTUK SUMUR MINYAK
Dhyda Ardi Setyawan, Prof. Dr. Ir. Indarto, DEA
Universitas Gadjah Mada, 2010 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

3.14. Drawdown 3-44
3.15. Pump Intake Pressure 3-44
3.16. Perkiraan Pump Setting Depth 3-45
3.16.1. Pump Setting Depth Minimum 3-45
3.16.1. Pump Setting Depth Maksimum 3-46
3.16.1. Pump Setting Depth Optimum 3-46
3.17. Total Dynamic Head 3-48
3.17.1. Net Vertical Lift 3-48
3.17.2. Friction Loss 3-48
3.17.3. Wellhead Pressure 3-49
3.18. Kerugian Tinggi Tekan (Head Loss) 3-50
3.18.1. Head Loss Mayor 3-50
3.18.2. Head Loss Minor 3-52

BAB IV METODOLOGI PENELITIAN 4-55
4.1. Studi dan Analisa Electric Submersible Pump 4-55
4.2. Pengenalan Downhole Tools Equipment Beserta Insatlasi 4-56
4.3. Pengenalan Proses Produksi dan Pengambilan Data . 4-56
4.4. Alat Penelitian 4-56
4.5. Analisa Fluida Sumur 4-57
4.5.1. IPR Sumur dengan Metode Vogel 4-57
4.5.2. Laju Produksi pada Setiap Kedalaman Sumur . 4-57
4.5.3. Pola Aliran di dalam sumur 4-59
4.5.4. Efek Aliran Fluifa di sekitar Intake 4-60
4.5.5. Perencanaan Pump Setting Depth 4-60
4.5.6. Pemilihan Electric Submersible 4-61
4.6. Tata Laksana Penelitian 4-62
4.7. Analis Hasil Penelitian 4-62

BAB V HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN 5-64
5.1 Pembuatan Kurva IPR Sumur B-5 5-64

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
OPTIMALISASI ELECTRIC SUBMERSIBLE PUMP UNTUK SUMUR MINYAK
Dhyda Ardi Setyawan, Prof. Dr. Ir. Indarto, DEA
Universitas Gadjah Mada, 2010 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

5.2. Analisa Fluida Sumur B-5..... 5-65
5.3. Optimasi Sumur B-5..... 5-72
5.4. Pembuatan Kurva IPR Sumur B-7 5-79
5.5. Analisa Fluida Sumur B-5..... 5-80
5.6. Optimasi Sumur B-5..... 5-85

BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN..... 5-94
6.1. Kesimpulan 6-95
6.2. Saran 6-96

DAFTAR PUSTAKA 101
LAMPIRAN

UNIVERSITAS
GADJAH MADA

OPTIMALISASI ELECTRIC SUBMERSIBLE PUMP UNTUK SUMUR MINYAK
Dhyda Ardi Setyawan, Prof. Dr. Ir. Indarto, DEA
Universitas Gadjah Mada, 2010 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

DAFTAR TABEL

Tabel 5.1. Tabulasi perhitungan IPR sumur B-5 5-64
Tabel 5.2. Perhitungan laju produksi sumur B-5 5-67
Tabel 5.5. Prediksi pola aliran sumur B-5 5-70
Tabel 5.4. Perhitungan laju produksi sumur B-5 kondisi optimasi..... 5-73
Tabel 5.5. Prediksi pola aliran sumur B-5kondisi optimasi 5-75
Tabel 5.6. Tabulasi perhitungan IPR sumur B-7 5-79
Tabel 5.7. Perhitungan laju produksi sumur B-7 5-81
Tabel 5.8. Prediksi pola aliran sumur B-7 5-84
Tabel 5.9. Perhitungan laju produksi sumur B-7 kondisi optimasi..... 5-87
Tabel 5.10. Prediksi pola aliran sumur B-7 kondisi optimasi..... 5-90

UNIVERSITAS
GADJAH MADA

OPTIMALISASI ELECTRIC SUBMERSIBLE PUMP UNTUK SUMUR MINYAK
Dhyda Ardi Setyawan, Prof. Dr. Ir. Indarto, DEA
Universitas Gadjah Mada, 2010 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Insatalasi *Electric Submersible Pump* 2-7
Gambar 2.2. Motor *Electric Submersible Pump* 2-9
Gambar 2.3. *Casting shroud* (selubung pelindung) 3-10
Gambar 2.4. *Labyrinth Path Type Protector* 3-12
Gambar 2.5. *Rotary Gas Separator*..... 3-15
Gambar 2.6. Posisi Impeler 2-17
Gambar 2.7. *Pressure Sensing Instrument* 2-19
Gambar 2.8. Kabel 2-20
Gambar 2.9. *Junction Box* 2-22
Gambar 2.10. *Switchboard* 2-23
Gambar 2.11. Kurva *performance* 2-25
Gambar 3.1. Diagram Fase untuk Minyak Hitam..... 3-29
Gambar 3.2. Kurva IPR di Atas dan di Bawah *Bubble Point Pressure* 3-30
Gambar 3.3. Diagram Tingkat Kelarutan Gas 3-35
Gambar 3.4 Diagram volume faktor minyak..... 3-36
Gambar 3.5. Pola Aliran dalam aliran vertical ke atas..... 3-40
Gambar 3.6. Diagram metode *Mukherjee dan Brill*..... 3-41
Gambar 3.7. Perforasi..... 3-42
Gambar 3.8 *Bottom Hole Pressure* 3-44
Gambar 3.9. Intake Pompa 3-45
Gambar 3.10. Berbagai posisi pompa pada kedalaman sumur 3-47
Gambar 3.11. Grafik *William-Hazen* 3-49
Gambar 3.12. *Moody Diagram*..... 5-52
Gambar 3.12. *Sudden and gradual contraction* 5-53
Gambar 4.1. Langkah perhitungan menentukan jenis pompa dan stages optimum 5-55
Gambar 5.1. Kurva IPR pada sumur B-5 5-65
Gambar 5.2 Grafik hubungan antara laju produksi dengan kedalaman pada sumur B-5..... 5-68

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
OPTIMALISASI ELECTRIC SUBMERSIBLE PUMP UNTUK SUMUR MINYAK
Dhyda Ardi Setyawan, Prof. Dr. Ir. Indarto, DEA
Universitas Gadjah Mada, 2010 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

Gambar 5.3. Grafik hubungan *free gas* dengan kedalaman pada sumur B-5 5-69
Gambar 5.4. Optimasi laju produksi B-5..... 5-72
Gambar 5.5. Grafik hubungan antara laju produksi dengan kedalaman pada Sumur B-5 kondisi optimasi 5-73
Gambar 5.6. Hubungan *free gas* dengan kedalaman pada sumur B-5 kondisi optimasi..... 5-74
Gambar 5.7 *Pump performance curve* IND7500-60Hz 5-78
Gambar 5.8 Kurva IPR pada sumur B-7 5-80
Gambar 5.9 Grafik hubungan antara laju produksi dengan kedalaman pada sumur B-7..... 5-82
Gambar 5.10 Grafik hubungan free gas dengan kedalaman pada sumur B-7 5-83
Gambar 5.11 Optimasi Laju Produksi sumur B-7 5-86
Gambar 5.12 Grafik hubungan antara laju produksi dengan kedalaman pada Sumur B-7 kondisi optimasi 5-88
Gambar 5.13. Hubungan *free gas* dengan kedalaman pada sumur B-7 kondisi optimasi..... 5-89
Gambar 5.14. *Pump performance curve* IND3000-60Hz 5-93

UNIVERSITAS
GADJAH MADA

OPTIMALISASI ELECTRIC SUBMERSIBLE PUMP UNTUK SUMUR MINYAK
Dhyda Ardi Setyawan, Prof. Dr. Ir. Indarto, DEA
Universitas Gadjah Mada, 2010 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN

A = Luas penampang pipa, ft^2.

API = American Petroleum Institute.

B = Volume faktor cairan, bbl/stb.

bbl = Barrel.

BFPD = Barrel fluid per day.

B_g = Volume faktor gas, ft^3/scf.

B_o = Volume faktor minyak, bbl/stb.

B_{ob} = Volume faktor minyak pada tekanan *bubble point.*

B_w = Volume faktor air, bbl/stb.

c_o = Tingkat kompresi minyak saat *undersaturated.*

Cp = Centipoise.

d = diameter dalam pipa, ft.

D = diameter impeller, in.

DFL = Dynamic liquid level, ft.

f = koefisien gesekan.

f = Frekuensi (*Hertz*).

F_L = Friction Loss, ft.

f_o = Fraksi minyak.

FOP = Fluida yang berada di atas pompa, ft.

f_w = Fraksi air.

g = percepatan gravitasi, ft/s^2.

GLR = Rasio gas/cairan, scf/stb.

H = Shut-off head cairan yang dipompakan, ft.

h = Kedalaman, ft.

H_D = *Net vertical lift*, ft.

h_f = Head loss mayor, ft.

h_l = Head loss minor, ft.

HP = Horse power.

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
OPTIMALISASI ELECTRIC SUBMERSIBLE PUMP UNTUK SUMUR MINYAK
Dhyda Ardi Setyawan, Prof. Dr. Ir. Indarto, DEA
Universitas Gadjah Mada, 2010 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

H_T = *Wellhead pressure*, psi.

ID = Inside diameter, in.

k = Permeabilitas efektif, mD.

K = koefisien resistansi valve atau fitting berdasarkan bentuk dan ukurannya.

L = panjang pipa (ft).

LLC = Static liquid level, ft.

L_{per} = Mid perforasi, ft.

MD = Measured Depth, ft.

N = Putaran *Synchronous* (RPM).

N_{gV} = Nilai kecepatan cairan.

N_{lV} = Nilai kecepatan cairan.

OD = Outside diameter, ft.

p = Jumlah kutub.

P_b = *bubble point pressure*, psi.

PI = Produktivitas Indexs, bpd/psi.

PIP = Tekanan *intake* pompa, psi.

P_I = input brake hp.

p_{pcm} = Tekanan pseudocritical, psia.

p_{pr} = Tekanan pseudoreduced, psia.

p_r = Tekanan reservoir, psi.

Ps = Tekanan statis dasar sumur, psi

PSD = *Pump setting depth* (TVD), ft.

psi = Pound per square inch.

P_{wf} = Tekanan alir dasar sumur, psi.

q = laju produksi, bbl/d.

q_g = Laju produksi gas, scf/d.

q_l = Laju produksi cairan, ft^3/s.

q_{max} = Laju alir maksimum, bbl/d.

q_o = Laju produksi minyak, bbl/d.

q_{sc} = Laju produksi di permukaan, stb/d.

UNIVERSITAS
GADJAH MADA

OPTIMALISASI ELECTRIC SUBMERSIBLE PUMP UNTUK SUMUR MINYAK
Dhyda Ardi Setyawan, Prof. Dr. Ir. Indarto, DEA
Universitas Gadjah Mada, 2010 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

q_w = Laju produksi air, bbl/d.

r_e = Jari-jari pengurasan sumur, ft.

r_w = Jari-jari sumur, ft.

R = Rasio gas/minyak, scf/stb.

R_s = Tingkat kelarutan gas, scf/stb.

Rs = Tingkat kelarutan gas, scf/stb.

Re = bilangan Reynolds.

S = jumlah stage (tingkat).

SP.GR = *specific gravity.*

stb = Stock Tank Barrel.

T = Suhu, ^oF.

TDH = Total Dynamic Head, ft.

T_{pcm} = Suhu pseudocritical, ^oF.

T_{pr} = Suhu pseudoreduced, ^oF.

TVD = True vertical depth.

V_{sl} = Kecepatan superficial cairan, ft/s.

V_{sg} = Kecepatan superficial gas, ft/s.

V = kecepatan aliran dalam pipa, ft^2/s.

V = kecepatan rata-rata aliran di dalam pipa, ft/s.

Z = Faktor kompresi gas.

μ = Viskositas cairan, cP.

ρ_l = densitas cairan, lbm/ft^3.

γ_{API} = API *gravity.*

γ_l = specific gravity cairan.

γ_g = specific gravity gas.

γo = *Specific gravity* minyak.

γw = *Specific gravity* air.

σ_l = tegangan permukaan cairan, dynes/cm.