

## DAFTAR ISI

	<b>Halaman</b>
<b>HALAMAN JUDUL .....</b>	<b>ii</b>
<b>HALAMAN PENGESAHAN .....</b>	<b>iii</b>
<b>PERNYATAAN KEASLIAN KARYA ILMIAH.....</b>	<b>iv</b>
<b>KATA PENGANTAR.....</b>	<b>v</b>
<b>HALAMAN PERSEMBAHAN .....</b>	<b>vi</b>
<b>RINGKASAN .....</b>	<b>vii</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>viii</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>xii</b>
<b>DAFTAR TABEL .....</b>	<b>xiv</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN .....</b>	<b>xvi</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN.....</b>	<b>1</b>
<b>BAB II TINJAUAN UMUM LAPANGAN “BIL” .....</b>	<b>4</b>
2.1. Tinjauan Geografis dan Sejarah PT. Pertamina EP Cepu Lapangan “BIL” .....	4
2.2. Struktur Geologi Lapangan BIL .....	5
2.3. Stratigrafi Umum Lapangan BIL .....	6
2.4. Karakteristik <i>Reservoir</i> .....	8
2.5. <i>Petroleum System</i> Cekungan Jawa Timur Bagian Utara .....	9
2.6. Sejarah Produksi Lapangan “BIL” .....	10
<b>BAB III TEORI DASAR <i>ELECTRIC SUBMERSIBLE PUMP</i> .....</b>	<b>11</b>
3.1. <i>Electrical Submersible Pump</i> .....	11
3.1.1. Prinsip Kerja ESP .....	11
3.1.2. Peralatan <i>Electric Submersible Pump</i> .....	12
3.1.2.1. Peralatan Di bawah Permukaan.....	12
3.1.2.2. Peralatan Di Atas Permukaan.....	20
3.2. Kinerja <i>Electric Submersible Pump</i> (ESP) .....	22
3.2.1. Kurva Kelakuan ESP ( <i>Pump Performance Curve</i> ).....	22
3.2.1.1. <i>Head Capacity Curve</i> .....	23

**DAFTAR ISI**  
**(Lanjutan)**

	<b>Halaman</b>
3.2.1.2. <i>Efficiency Curve</i> .....	23
3.2.1.3. <i>Brake Horse Power</i> .....	25
3.2.2. Metodologi Penentuan <i>Cavity Pump</i> Pada <i>Electric Submersible Pump</i> .....	25
3.2.2.1. Penentuan Laju Produksi dan Tekanan Alir Maksimum .....	25
3.2.2.2. Kurva <i>Inflow Performance Relationship</i> .....	26
3.2.3. Kinerja Aliran Fluida dalam Pipa Vertikal .....	29
3.2.3.1. Sifat fisik Fluida .....	29
3.2.3.2. <i>Friction Loss</i> .....	30
3.2.3.3. Gradien Tekanan Fluida .....	31
3.2.4. <i>Tubing Intake Performance</i> .....	32
3.2.5. Kondisi Kerja Perforasi.....	33
3.2.6. Perhitungan <i>Pressure Drop</i> Perforasi .....	34
3.2.7. Menentukan <i>Pump Setting Depth</i> .....	39
3.2.7.1. <i>Pump Setting Depth</i> Minimum.....	39
3.2.7.2. <i>Pump Setting Depth</i> Maksimum .....	40
3.2.7.3. <i>Pump Setting Depth</i> Optimum .....	41
3.2.8. Penentuan Jumlah Tingkat Pompa ( <i>Stages Pompa</i> ).....	42
3.2.9. Kurva <i>Intake Pompa</i> .....	43
3.2.10. Pemilihan Peralatan Pendukung Pompa.....	44
3.2.10.1. Pemilihan Motor.....	45
3.2.10.2. Pemilihan Kabel Listrik .....	45
3.2.10.3. Pemilihan <i>Switchboard</i> dan <i>Transformer</i> .....	46
<b>BAB IV PENENTUAN CAVITY PUMP BERDASARKAN ANALISA PUMP SETTING DEPTH PADA SUMUR NBL.....</b>	<b>48</b>
4.1. Data <i>Existing</i> Sumur NBL .....	48

**DAFTAR ISI**  
**(Lanjutan)**

	<b>Halaman</b>
4.2. Pembuatan Kurva IPR Sumur NBL.....	51
4.2.1 Perhitungan <i>Productivity Index</i> Sumur NBL : .....	51
4.3. Membuat Kurva <i>Tubing Intake Performance</i> (TIP) .....	54
4.4. Penentuan <i>Pressure Drop</i> Pada Sumur NBL.....	57
4.5. Evaluasi <i>Electrical Submersible Pump</i> Terpasang Sumur NBL.....	60
4.5.1. Penentuan <i>Spesific Gravity</i> Fluida Campuran .....	60
4.5.2. Penentuan Pump Intake Pressure (PIP).....	61
4.5.3. Penentuan <i>Total Dynamic Head</i> (TDH).....	61
4.5.4. Evaluasi Pompa Terpasang .....	62
4.6. Perencanaan <i>Electric Submersible Pump</i> Sumur NBL.....	63
4.6.1. Perubahan <i>Pump Setting Depth</i> (PSD) dengan Tipe Pompa dan Jumlah <i>Stages</i> Tetap.....	64
4.6.1.1. Menentukan Frekuensi Optimum Pompa .....	64
4.6.1.2. Langkah Perhitungan Analisa <i>Pump Setting Depth</i> .....	66
4.6.2. <i>Pump Setting Depth</i> Tetap Dengan Tipe dan Jumlah <i>Stage</i> Berubah . 70	
4.6.2.1. Langkah Perhitungan Metode Perubahan Tipe Pompa dan Jumlah <i>Stages</i> Tanpa Merubah <i>Pump Setting Depth</i> (PSD) .....	71
4.6.2.2. Hasil Perhitungan Metode Perubahan Tipe Pompa dan Jumlah <i>Stages</i> Tanpa Merubah <i>Pump Setting Depth</i> (PSD).....	78
4.6.3. <i>Pump Setting Depth</i> (PSD), Tipe dan Jumlah <i>Stage</i> Pompa Berubah 78	
4.6.3.1. Langkah Perhitungan Metode Perubahan <i>Pump Setting Depth</i> (PSD), Tipe Pompa, dan Jumlah <i>Stages</i> .....	78
4.6.3.2. Hasil Perhitungan Metode Perubahan <i>Pump Setting Depth</i> (PSD), Tipe Pompa, dan Jumlah <i>Stages</i> .....	86
4.7. Hasil Skenario Perencanaan <i>Electric Submersible Pump</i> .....	86
4.8. Pemilihan Peralatan Pendukung ESP Sumur NBL.....	87

**DAFTAR ISI**  
**(Lanjutan)**

	<b>Halaman</b>
4.8.1. Pemilihan Motor .....	87
4.8.2. Pemilihan Kabel .....	87
4.8.3. Pemilihan <i>Transformator</i> dan <i>Switchboard</i> .....	89
<b>BAB V PEMBAHASAN</b> .....	<b>91</b>
<b>BAB VI KESIMPULAN</b> .....	<b>96</b>
<b>DAFTAR PUSTAKA</b> .....	<b>97</b>
<b>LAMPIRAN</b> .....	<b>98</b>

## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar</b>	<b>Halaman</b>
Gambar 1. 1. Diagram Alir Analisa <i>Pump Setting Depth</i> .....	3
Gambar 2. 1. Peta Lokasi Pertamina EP Cepu Lapangan BIL. ....	4
Gambar 2. 2. Kolom Stratigrafi dan Litologi Jawa Timur Bagian Utara.....	7
Gambar 2. 3. <i>Play Typse</i> Jawa Timur Bagian Utara .....	9
Gambar 3. 1. Susunan Lengkap Peralatan Pompa Reda .....	13
Gambar 3. 2. Motor Pompa ESP .....	14
Gambar 3. 3. <i>Seal Section</i> atau <i>Protector</i> .....	16
Gambar 3. 4. Gas Separator atau Intake Section.....	17
Gambar 3. 5. Skema <i>Impeller</i> dan <i>Diffuser</i> .....	18
Gambar 3. 6. Junction Box ESP .....	21
Gambar 3. 7. Pump Performance Curve AN550/50 Hz.....	23
Gambar 3. 8. <i>Upthrust &amp; Downthrust</i> .....	24
Gambar 3. 9. Kurva <i>Inflow Performance Relationship</i> 2 Fasa .....	29
Gambar 3. 10. Grafik <i>Friction Loss</i> Hazen-William .....	31
Gambar 3. 11. Pola Aliran Duns and Ros .....	33
Gambar 3. 12. Kurva IPR untuk Penentuan Densitas Perforasi.....	36
Gambar 3. 13. Plot Kurva Tubing Intake pada Kurva IPR .....	37
Gambar 3. 14. Transfer $\Delta P$ antara Kurva IPR dan <i>Tubing Intake</i> .....	37
Gambar 3. 15. Plot Pressure Drop akibat Lubang Perforasi untuk Satu Densitas Perforasi .....	38
Gambar 3. 16. Plot Pressure Drop Akibat Lubang Perforasi untuk Beberapa Densitas Perforasi Tertentu.....	38
Gambar 3. 17. Berbagai Posisi Pompa pada Kedalaman Sumur .....	40
Gambar 3. 18. Penempatan <i>Pump Setting Depth</i> ESP .....	41
Gambar 3. 19. Grafik <i>Voltage Drop</i> .....	46
Gambar 4. 1. Profil Sumur NBL .....	50
Gambar 4. 2. Kurva IPR Sumur NBL .....	53
Gambar 4. 3. Plot Kurva IPR Dengan Kurva TIP Sumur NBL .....	54

## DAFTAR GAMBAR

(Lanjutan)

<b>Gambar</b>	<b>Halaman</b>
Gambar 4. 4. <i>Kurva Tubing Intake Performance</i> .....	56
Gambar 4. 5. Plot Kurva IPR dan TIP Sumur NBL.....	56
Gambar 4. 6. Kurva IPR Sumur NBL Terhadap Efek Perforasi.....	60
Gambar 4. 7. <i>Pump Performance Curve P6/48.2Hz</i> .....	63
Gambar 4. 8. <i>Pump Performance Curve P6/60Hzg (Katalog Baker Huges)</i> .....	65
Gambar 4. 9. Kurva Sensitivitas Frekuensi Optimum Sumur NBL.....	66
Gambar 4. 10. Kurva IPR Vs PIP@PSDasumsi .....	69
Gambar 4. 11. Grafik Pressure vs Depth Pompa P6/60hz Pada PSD 7400ft.....	70
Gambar 4. 12. Kurva IPR vs PIP@Stages Asumsi Pada Tipe Pompa P4L/60hz 74	
Gambar 4. 13. Kurva IPR vs PIP@Stages Asumsi Pada Tipe Pompa P4/60hz..	75
Gambar 4. 14. Kurva IPR vs PIP@Stages Asumsi Pada Tipe Pompa FLEX7/60hz .....	76
Gambar 4. 15. Grafik <i>Pressure vs Depth</i> Pompa P4/60hz Pada PSD 6548ft .....	77
Gambar 4. 16. <i>Grafik Head Capacity vs TDH@PSD6900ft</i> .....	81
Gambar 4. 17. <i>Grafik Head Capacity vs TDH@PSD6300ft</i> .....	83
Gambar 4. 18. <i>Grafik Head Capacity vs TDH@PSD6900ft</i> .....	84
Gambar 4. 19. <i>Grafik Pressure vs Depth</i> Pompa P4/60hz Pada PSD 6900ft .....	85
Gambar 4. 20. <i>Cable Voltage Drop/1000 ft</i> .....	88

## DAFTAR TABEL

<b>Tabel</b>	<b>Halaman</b>
Tabel III-1. Tipe Motor ESP .....	13
Tabel III-2. Tipe Protector ESP .....	15
Tabel III-3. Tipe Motor ESP .....	19
Tabel IV-1. Data yang Digunakan pada Sumur NBL .....	48
Tabel IV-2. Laju Fluida Sumur NBL Pada Berbagai Harga Pwf .....	52
Tabel IV-3. TIP (Q vs Pwf) Berdasarkan Pipesim.....	55
Tabel IV-4. Pengaruh Densitas Perforasi Terhadap <i>Pressure Drop</i> Untuk Interval 13,4 ft dan Densitas Perforasi 12 SPF pada Sumur NBL .....	58
Tabel IV-5. Pengaruh Densitas Perforasi Terhadap <i>Pressure Drop</i> Untuk Interval 13,4 ft dan Densitas Perforasi 8 SPF pada Sumur NBL .....	59
Tabel IV-6. Pengaruh Densitas Perforasi Terhadap <i>Pressure Drop</i> Untuk Interval 13,4 ft dan Densitas Perforasi 5 SPF pada Sumur NBL .....	59
Tabel IV-7. Data Hasil Evaluasi Pompa ESP Terpasang pada Sumur NBL .....	63
Tabel IV-8. Sensitivitas Frekuensi pada Pompa P6 Sumur NBL .....	66
Tabel IV- 9. Tabulasi Perhitungan <i>Pressure Intake</i> (P3) Pada PSD 7400ft .....	69
Tabel IV-10. Pemilihan Tipe Pompa .....	71
Tabel IV-11. Tabulasi <i>Head/stages</i> Pompa P4/60hz .....	72
Tabel IV-12. Tabulasi Perhitungan TDH Pada Tipe Pompa P4L/60hz.....	73
Tabel IV-13. Tabulasi Perhitungan <i>Pump Intake</i> (P3) Pada <i>Stage</i> Asumsi Pada Tipe Pompa P4L/60hz .....	73
Tabel IV-14. Tabulasi Perhitungan TDH Pada Tipe Pompa P4/60hz .....	74
Tabel IV-15. Tabulasi Perhitungan <i>Pump Intake</i> (P3) Pada <i>Stage</i> Asumsi Pada Tipe Pompa P4/60hz.....	75
Tabel IV-16. Tabulasi Perhitungan TDH Pada Tipe Pompa FLEX7/60hz.....	76
Tabel IV-17. Tabulasi Perhitungan <i>Pump Intake</i> (P3) Pada <i>Stage</i> Asumsi Pada Tipe Pompa FLEX7/60hz .....	76
Tabel IV-18. Tabulasi Hasil Dari Beberapa Tipe Pompa .....	78

## DAFTAR TABEL

(Lanjutan)

	<b>Halaman</b>
Tabel IV-19. Tipe Pemilihan Pompa .....	79
Tabel IV-20. Tabulasi Perhitungan TDH@PSD6900ft Pada Tipe Pompa P4/60hz .....	81
Tabel IV-21. Tabulasi Perhitungan <i>Head Capacity</i> Pada Tipe Pompa P4/60hz..	81
Tabel IV-22. Tabulasi Perhitungan TDH@PSD6300ft Pada Tipe Pompa FLEX7/60hz.....	82
Tabel IV-23. Tabulasi Perhitungan <i>Head Capacity</i> Pada Tipe Pompa FLEX7/60hz.....	82
Tabel IV-24. Tabulasi Perhitungan TDH@PSD6900ft Pada Tipe Pompa P4L/60hz.....	83
Tabel IV-25. Tabulasi Perhitungan <i>Head Capacity</i> Pada Tipe Pompa P4L/60hz.....	84
Tabel IV-26. Tabulasi Hasil Perhitungan Dari Beberapa Pompa .....	86
Tabel IV-27. Tabulasi Hasil Perencanaan ESP Pada Sumur NBL .....	86
Tabel IV-28. Spesifikasi tipe Motor ESP Sumur NBL .....	87
Tabel IV-29. Hasil Sebelum dan Sesudah Evaluasi ESP Sumur NBL .....	89
Tabel IV-30. Hasil Design Peralatan Pendukung ESP Sumur NBL.....	89



## DAFTAR LAMPIRAN

	<b>Halaman</b>
LAMPIRAN A. <i>Post Job Report</i> Sumur NBL .....	98