

Halaman Judul	i
Halaman Pengesahan	ii
Halaman Motto dan Persembahan	iii
Kata Pengantar	iv
Halaman Soal	vi
Intisari	vii
Daftar Isi	viii
Daftar Gambar dan Grafik	xiv
Daftar Tabel	xvi
Daftar Notasi dan Lambang	xvii
BAB I. PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang Masalah	2
1.2. Maksud dan Tujuan Penulisan	3
1.3. Rumusan Masalah	4
1.4. Batasan Masalah	4
BAB II. TINJAUAN UMUM TENTANG POMPA	5
2.1. Pengenalan Pompa	5
2.2. Pemakaian Pompa	6
2.3. Klasifikasi Pompa	7
2.3.1. Pompa Jenis Perpindahan Positif	7
2.3.1.1. Pompa Torak	7
2.3.1.2. Pompa Rotari	8
2.3.1.2. Pompa Diafragma	9
2.3.2. Pompa Dinamik	9
2.3.2.1. Pompa Sentrifugal	10
2.3.2.2. Pompa untuk keperluan spesifik	12
2.4. Parameter Pemilihan Pompa	12



BAB III. PENGETAHUAN DASAR TENTANG ESP	15
3.1. Komponen Peralatan di atas Permukaan	15
3.1.1. Wellhead	15
3.1.2. Junction Box	16
3.1.3. Switchboard	16
3.1.4. Transformer	16
3.2. Komponen Peralatan di dalam Tanah	16
3.2.1. Motor Listrik	16
3.2.2. Protector	16
3.2.3. Gas Separator	17
3.3. Pompa Sentrifugal	19
3.3.1. Impeller	19
3.3.2. Diffuser	19
3.3.3. Housing	20
3.3.4. Shaft	20
3.4. Kurva Performansi Pompa	20
BAB IV. DATA-DATA PERANCANGAN DAN PERHITUNGAN	22
4.1. Data-Data Lapangan	22
4.2. Perhitungan Data yang Diperlukan	23
4.2.1. Menentukan Specific Gravity Minyak	23
4.2.2. Menentukan Specific Gravity Rata-Rata	24
4.2.3. Menentukan Static Fluid Level	24
4.2.4. Menentukan Flowing Bottom Hole Pressure	25
4.2.5. Menentukan Datum	25
4.2.6. Menentukan Total Unusable Pressure	26
4.2.7. Menentukan Kapasitas Debit Maksimum Sumur	26
4.2.8. Menentukan Kapasitas Debit Baru Sumur	27
4.2.9. Menentukan Faktor Volume Formasi	27
4.2.10. Menentukan Kapasitas Debit Pompa Terkoreksi	28
4.2.11. Menentukan Total Dynamic Head	28
4.3. Pemilihan Pompa dengan Metode REDA	29



4.3.1. Pemilihan Jenis Pompa	29
4.3.2. Pemilihan Desain Kapasitas Pompa	30
4.3.3. Penentuan Jumlah Tingkat	30
4.3.4. Pemilihan Motor	31
4.3.5. Memeriksa Housing Burst Pressure	31
4.3.6. Memilih Protektor	32
4.3.7. Memilih Separator	33
BAB V. SPESIFIKASI DESAIN POMPA	34
5.1. Faktor Konversi Fluida terhadap Air	34
5.2. Pemilihan Putaran Pompa	36
5.3. Penentuan Head Tiap Tingkat Pompa	37
5.4. Penentuan Jumlah Tingkat Pompa	38
5.5. Pemilihan Jenis Pompa	39
5.6. Kecepatan Spesifik Pompa	40
5.7. Efisiensi Total Pompa	41
5.8. Daya Poros Pompa	42
5.9. Daya Motor (Daya Input Pompa)	42
5.10. Memastikan Pendinginan Motor	43
5.11. Pemilihan Bahan	44
5.12. Spesifikasi Perencanaan Pompa	45
BAB VI. PERANCANGAN IMPELLER	46
6.1. Tipe Impeller Pompa	46
6.2. Dimensi Impeller	49
6.2.1. Perencanaan Poros	49
6.2.2. Diameter Sisi Masuk Impeller	51
6.2.3. Sudut Sudu Sisi Masuk Impeller	55
6.2.4. Lebar Sudu Sisi Masuk Impeller	58
6.2.5. Diameter Sisi Keluar Impeller	59
6.2.6. Lebar Sudu Sisi Keluar Impeller	62
6.2.7. Pengecekan Jumlah Sudu	63
6.3. Segitiga Kecepatan	64



6.3.1. Sisi Masuk Impeller	64
6.3.2. Sisi Keluar Impeller	66
6.4. Desain Bentuk Sudu	68
6.5. Desain Lebar Lajuan Impeller	70
6.6. Pemeriksaan Kekuatan Impeller	70
6.7. Berat Impeller	71
BAB VII. DIFFUSER, SALURAN MASUK DAN SALURAN KELUAR	82
7.1. Diffuser	82
7.1.1. Konstruksi Diffuser	82
7.1.2. Perancangan Diffuser	82
7.1.2.1. Sisi Masuk Diffuser	84
7.1.2.2. Sisi Keluar Diffuser	88
7.1.2.3. Tebal Minimum Rumah Diffuser	89
7.1.3. Desain Bentuk Sudu Diffuser	91
7.1.4. Berat Diffuser	91
7.2. Saluran Masuk	96
7.3. Saluran Buang	98
BAB VIII. PERANCANGAN KOMPONEN PENDUKUNG	100
8.1. Gaya Dorong Aksial Pompa	100
8.1.1. Gaya Aksial pada Impeller	101
8.1.2. Gaya Aksial pada Poros	105
8.1.3. Gaya Aksial Statis	106
8.2. Gaya Radial	107
8.3. Perancangan Pasak	107
8.3.1. Ukuran Pasak	108
8.3.2. Pemeriksaan Kekuatan Pasak	108
8.3.3. Pemeriksaan Kekuatan Hub terhadap alur pasak	110
8.4. Pemeriksaan Poros	111
8.4.1. Pemeriksaan terhadap Tegangan Geser	112
8.4.2. Pemeriksaan terhadap Konsentrasi Tegangan	112
8.4.3. Pemeriksaan terhadap Beban Tekuk	114



8.4.4. Pemeriksaan poros terhadap Perosaasi' untir	116
8.4.5. Pemeriksaan Poros terhadap Putaran Kritis	117
8.4.6. Pemeriksaan terhadap Penerus gaya aksial pada poros	120
8.5. Perencanaan Bantalan	120
8.5.1. Bantalan Radial Bus	121
8.5.2. Bantalan Aksial	124
8.6. Perencanaan Kopling	125
8.7. Perencanaan Housing Pompa	128
8.8. Perencanaan Baut dan Ulir	131
8.8.1. Perencanaan Baut pada housing pompa	131
8.8.2. Perencanaan Ulir pada housing pompa	132
BAB IX. EFISIENSI POMPA	135
9.1. Efisiensi Volumetris	135
9.2. Efisiensi Hidrolis	136
9.3. Efisiensi Mekanis	136
9.3.1. Kerugian pada Bantalan	136
9.3.2. Kerugian karena Gesekan Cakra	136
9.3.3. Kerugian Gesek Impeller dengan Diffuser	137
9.4. Efisiensi Total Pompa	138
BAB X. KARAKTERISTIK POMPA DAN KURVA PRESTASI	139
10.1. Hubungan antara Head terhadap Kapasitas	139
10.1.1. Head Euler terhadap Kapasitas	139
10.1.2. Head Teoritis terhadap Kapasitas	140
10.1.3. Head Hidrolis terhadap Kapasitas	141
10.1.4. Head Aktual terhadap Kapasitas	143
10.2. Hubungan antara Daya dan Efisiensi terhadap Kapasitas	146
10.2.1. Daya terhadap Kapasitas	146
10.2.1.a. Fluid Horse Power	147
10.2.1.b. Leakage Horse Power	147
10.2.1.c. Disk Friction Horse Power	147
10.2.1.d. Hydraulic Horse Power	148



10.2.1.1 Efisiensi terhadap Kapasitas

BAB XI. PENUTUP

Daftar Pustaka

Lampiran



Gambar dan Grafik	halaman
2.1 Grafik penentuan jenis pompa	13
2.2 Diagram untuk menentukan jenis impeller	14
3.1 Protector	17
3.2 Separator	19
3.3 Instalasi sistem pompa benam listrik	21
4.1 Visualisasi SFL dan WFL	24
4.2 Visualisasi Datum dan Perforasi	25
4.3 Visualisasi TUP	26
5.1 Diagram koreksi untuk pompa minyak dengan kapasitas kecil	35
5.2 Efisiensi total pompa	37
6.1 Tipe impeller menurut kecepatan spesifik	48
6.2 Profil suatu impeller pompa sentrifugal	49
6.3 Grafik penentuan efisiensi volumetris	52
6.4 Grafik untuk menentukan K_{cm1} dan K_{cm2}	54
6.5 Profil dan segitiga kecepatan masuk dari sebuah impeller double curvature	56
6.6 Segitiga kecepatan masuk setelah penambahan sudut jatuh	56
6.7 Grafik untuk menentukan sudut sisi keluar impeller	60
6.8 Penampang sudu impeller	62
6.9 Segitiga kecepatan impeller	65
6.10 Segitiga kecepatan fluida pada sisi masuk impeller	67
6.11 Segitiga kecepatan fluida pada sisi keluar impeller	67
6.12 Metode desain sudu	69
6.13 Grafik penentuan harga c_m dan w	69
6.14 Penampang impeller	72
6.15 Impeller yang direncanakan	73
6.16 Grafik penentuan harga c_m dan w (A_1A_2)	74
6.17 Grafik sudut β (A_1A_2)	74



6.18	Grafik penentu	70
6.19	Grafik sudut β (B_1B_2)	76
6.20	Grafik penentuan harga c_m dan w (C_1C_2)	78
6.21	Grafik sudut β (C_1C_2)	78
6.22	Grafik penentuan harga c_m dan w (lebar sudu)	80
7.1	Impeller dan Diffuser	83
7.2	Grafik untuk menentukan K_{cv}	86
7.3	Profil diffuser pengarah balik	89
7.4	Penampang diffuser	92
7.5	Bentuk sudu diffuser yang direncanakan	93
7.6	Grafik untuk menentukan harga c dan c_m	94
7.7	Grafik sudut α	94
7.8	Macam-macam saluran masuk	97
7.9	Saluran masuk ESP	98
7.10	Saluran buang	99
8.1	Gaya dorong impeller	101
8.2	Gaya dorong poros	101
8.3	Distribusi tekanan pada impeller	103
8.4	Gaya geser pada pasak	109
8.5	Faktor konsentrasi tegangan	113
8.6	Kondisi ujung poros	115
8.7	Putaran kritis	118
8.8	Kurva karakteristik bantalan	123
8.9	Bantalan aksial	124
8.10	Profil ulir	132
10.1	Karakteristik head terhadap kapasitas	140
10.2	Rugi-rugi hidrolis	142
10.3	Shock losses dan friction losses	142
10.4	Grafik hubungan kapasitas dengan head	145
10.5	Karakteristik head aktual	145
10.6	Karakteristik daya pompa	146
10.7	Grafik hubungan kapasitas dengan daya dan efisiensi	150



Tabel	halaman
5.1 Faktor cadangan dari penggerak mula pompa	44
5.2 Efisiensi transmisi	44
6.1 Perhitungan sudut β (A_1A_2)	75
6.2 Perhitungan sudut β (B_1B_2)	77
6.3 Perhitungan sudut β (C_1C_2)	79
6.4 Perhitungan harga c_m dan w	80
6.5 Perhitungan lebar sudu impeller	81
7.1 Perhitungan sudut sudu diffuser (metode koordinat polar)	95
8.1 Faktor koreksi	112
8.2 Konstanta kondisi ujung poros	115
8.3 Harga ψ	121
8.4 Faktor empiris	126
10.1 Perhitungan head untuk berbagai kapasitas	144
10.2 Perhitungan daya dan efisiensi untuk berbagai kapasitas	149



- A : Luas penampang
 A_h : Luas penampang hub
 B_g : Faktor volume gas
BHP : Daya kuda rem
b : Lebar spline
 b_1 : Lebar sisi masuk impeller
 b_2 : Lebar sisi keluar impeller
 b_4 : Lebar sisi masuk diffuser
 b_5 : Lebar sisi keluar diffuser
 c_o : Kecepatan aksial
 c_{u1} : Kecepatan keliling pada sisi masuk impeller
 c_{u2} : Kecepatan keliling pada sisi keluar impeller
 c_{m1} : Kecepatan radial sisi masuk impeller
 c_{m2} : Kecepatan radial sisi keluar impeller
 C_p : Faktor koreksi Pfleiderer
D : Diameter luar sleeve coupling
 d_1 : Diameter sisi masuk impeller
 d_2 : Diameter sisi keluar impeller
 d_4 : Diameter sisi masuk diffuser
 d_5 : Diameter sisi keluar diffuser
 d_{sh} : Diameter poros
 d_h : Diameter hub depan
 d_h' : Diameter hub belakang
 d_m : Diameter garis alir pusat
 D_{out} : Diameter luar housing
 D_{in} : Diameter dalam housing
E : Modulus elastisitas
 F_1 : Gaya aksial impeller
 F_M : Gaya momentum fluida



- F_s : Gaya aksial
- FS : Faktor keamanan
- g : Percepatan gravitasi
- G : Modulus geser
- h : Tinggi spline
- h_h : Kerugian hidrolis
- h_s : Kerugian akibat turbulensi
- h_{fd} : Kerugian akibat gesekan dan difusi
- H : Head
- H_{act} : Head aktual
- H_{gen} : Rugi-rugi panas bantalan
- H_{th} : Head teoritis
- $H_{th\sim}$: Head Euler
- K_m : Koefisien momen lengkung
- K_t : Koefisien momen puntir
- K_{m1} : Koefisien kecepatan
- L : Panjang *sleeve coupling*
- L_{sh} : Panjang poros
- l : Panjang spline
- n : Putaran
- N_{sf} : Kecepatan spesifik yang menyatakan bilangan bentuk
- N_{sp} : Kecepatan spesifik dinamis
- N_{sq} : Kecepatan spesifik kinematis
- P_{cr} : Beban kritis poros
- P_B : Tekanan luasan bawah impeller (*bottom shroud*)
- P_D : Tekanan buang
- P_{df} : Kerugian akibat gesekan cakram
- P_m : Daya motor
- p_m : Tekanan rata-rata
- P_{sh} : Daya poros
- P_T : Tekanan luasan atas impeller (*top shroud*)
- Q : Kapasitas pompa
- Q_L : Kerugian akibat gesekan cakram



- s : Tebal sudu
- S_{f1} : Faktor keamanan untuk puntiran
- S_{f2} : Faktor keamanan untuk konsentrasi tegangan
- S.G. : Specific Gravity
- SSU : Viskositas Saybolt Universal
- T : Momen puntir, torsi
- u : Kecepatan keliling
- W : Berat
- z : Jumlah sudu
- α : Faktor konsentrasi tegangan
- α_4 : Sudu inlet diffuser
- α_5 : Sudu outlet diffuser
- β_1 : Sudu inlet impeller
- β_2 : Sudu outlet impeller
- δ : Sudut inklinasi
- γ : Berat jenis
- η : Efisiensi
- η_m : Efisiensi mekanis
- η_h : Efisiensi hidrolis
- η_v : Efisiensi volumetris
- ϕ_1 : Koefisien penyempitan pada sisi masuk impeller
- ϕ_2 : Koefisien penyempitan pada sisi keluar impeller
- μ : Koefisien gesekan
- ν : Viskositas
- θ : Kenaikan temperatur
- ρ : Massa jenis
- σ : Kekuatan tarik
- τ : Kekuatan geser
- υ : Poisson's ratio
- ω : Kecepatan angular



“**S**ering dan banyak tertawa, dihormati orang bijak dan menarik perhatian anak-anak, mengakui kritik yang jujur dan bertahan terhadap pengkhianatan kawan palsu, menghargai keindahan, menemukan yang terbaik di antara yang lainnya, meninggalkan dunia dengan sedikit lebih baik, apakah dengan anak yang sehat, sejalur taman atau keadaan sosial yang lebih baik, mengetahui bahwa kehidupan dapat dilalui dengan lebih mudah karena Anda pernah hidup. Inilah sebuah keberhasilan.”

RALPH WALDO EMERSON

Tugas Akhir ini, penulis persembahkan kepada :

- ***Papa dan Mama tercinta***
- ***Nike, adikku tersayang***