

MOTTO

“Sesungguhnya Allah tidak mengubah keadaan sesuatu kaum sehingga mereka mengubah keadaan yang ada pada diri mereka sendiri”

(Terjemahan Surat Ar-Ra'd ayat 11)

“Barang siapa keluar untuk mencari ilmu, maka dia berada di jalan Allah”

(Terjemahan Hadist Riwayat Tarmidzi)

Never forget what you are, because the rest of the world will not. Wear it like an armor and it can never be used to hurt you

(Tyrion Lannister in Serial Game of Throne Session 1)

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : **Akhmad Faz Fero**

NIM : **20120130140**

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa Tugas Akhir yang berjudul: **Studi Kasus Analisis Efisiensi Energi Pompa Injeksi di PT. Pertamina EP Tanjung Field** adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali jika disebutkan sumbernya dan belum pernah diajukan pada instansi manapun, serta bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya, tanpa adanya tekanan dan paksaan dari pihak manapun serta bersedia mendapat sanksi akademik bila ternyata di kemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Yogyakarta, 2016

Yang menyatakan,

Akhmad Faz Fero

NIM. 20120130140

PERSEMBAHAN

Dia memberikan hikmah (ilmu yang berguna) kepada siapa yang dikehendaki-Nya. Barang siapa yang mendapat hikmah itu sesungguhnya ia telah mendapat kebajikan yang banyak. dan tiadalah yang menerima peringatan melainkan orang-orang yang bertawakal. (Q.S. Al-Baqarah: 269)

Skripsi ini saya persembahkan untuk:

- ❖ Ibunda tercinta, Ibu. Zaitun Nia dan Ayahanda tercinta Almarhum Bpk. Fathorrachim, kakak yang tersayang Rizqa Fatrania, terimakasih atas kasih sayang, nasehat dan dukungan yang kalian berikan selama ini.
- ❖ Bapak. Tito Hadji Agung Santoso, S.T., M.T. dan Bapak. Muhammad Budi Nur Rahman, S.T., M.Eng. Selaku dosen pembimbing tugas akhir.
- ❖ Bapak Sudarisman, M.Sc., Ph.D. Selaku dosen penguji tugas akhir.
- ❖ Rekan- rekan seperjuangan penyelesaian Tugas Akhir.
- ❖ Teman-teman Teknik Mesin UMY semua angkatan, terutama TM 2012 yang selalu memberi dukungan satu sama lain.
- ❖ Terima kasih kepada Universitas Muhammadiyah Yogyakarta yang telah memfasilitasi selama penyelesaian tugas ahir ini.

KATA PENGANTAR



Assalamu'alaikum Wr.Wb.

Syukur Alhamdulillah kami panjatkan kehadirat Allah SWT atas rahmat dan hidayah-Nya sehingga kami bisa menyelesaikan Tugas Akhir kami dengan judul ” Studi Kasus Analisis Efisiensi Energi Pompa Injeksi di PT. Pertamina EP Tanjung *Field* ”. Tugas akhir ini disusun guna memenuhi persyaratan akademis menyelesaikan Program Strata-1 pada Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta. Dengan terselesaikannya Tugas Akhir ini kami ucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Novi Caroko, S.T., M.Eng. Selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.
2. Bapak Tito Hadji Agung S., S.T., M.T. Selaku Dosen Pembimbing 1 tugas akhir Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.
3. Bapak Muh. Budi Nur Rahman S.T., M.Eng. Selaku Dosen Pembimbing 2 tugas akhir Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.
4. Bapak Sudarisman, M.Sc., Ph.D. Selaku Dosen Penguji Tugas Akhir ini.
5. Kedua Orang Tua kami yang tercinta yang telah membesarkan, membimbing, mendo'akan dan selalu memberikan kasih sayang yang tiada ternilai harganya, dan selalu memberikan dukungan secara moral dan materi.
6. Bapak Irwan Zuhri selaku *Field Manager* PT Pertamina EP yang telah memberikan izin untuk melakukan kegiatan penelitian studi kasus.
7. Bapak Muhammad Yunus selaku *HR Ast. Manager*, Bapak Rilman dan Ibu Tuti selaku staff HR yang telah memberikan izin dan memberikan pengarahan selama melaksanakan kegiatan penelitian studi kasus.

8. Bapak Hendro Pratomo selaku *Production Operation Ast. Manager* beserta jajaran staff, Ibu Emy, Bapak Aulia, yang telah memberikan izin melakukan kegiatan penelitian di fungsi *Production Operation*.
9. Bapak Darmansyah Daud selaku *Ast. Manager HSSE* yang telah memberikan izin memasuki wilayah kerja PT. Pertamina EP.
10. Bapak Samudji selaku *Supervisor* instalasi WTP & WIP sekaligus pembimbing lapangan yang telah memberikan arahan, pelajaran, dan saran sehingga penyusun dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini.
11. Seluruh staff WTP & WIP, Bapak Misdiono, Bapak Murad, Bapak Rahmat, Bapak Pauzi, Bapak Fauzi R., Bapak Aidilah, Bapak Cristiand yang telah membuka wawasan penyusun tentang dunia kerja di instalasi pengolahan air bersih dan re-injeksi air.
12. Seluruh staff dan pekerja di wilayah kerja PT Pertamina EP Tanjung *field*.
13. Teman-teman penyusun, Untung, Wawan, Sumardi, Ardi, Fauzi, Sulis, Wahyu, Komeng, dan seluruh rekan teknik mesin UMY yang telah memberikan semangat dan dukungan yang sangat besar selama penyusun menjalani kegiatan penelitian.
14. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu yang telah membantu dan memberikan semangat selama pelaksanaan kerja praktek.

Penyusun menyadari bahwa Tugas Akhir ini memiliki banyak kekurangan disebabkan karena kelemahan serta keterbatasan kemampuan dari penyusun, namun penyusun berharap laporan ini dapat bermanfaat bagi pembaca.

Semoga Allah *subhanahu wa ta'ala* senantiasa melimpahkan rahmat, nikmat, hidayah serta taufiq-Nya kepada kita semua sehingga kita senantiasa mendapat petunjuk-Nya.

Wassalamu 'alaikum Wr.Wb.

Yogyakarta, 2016

Akhmad Faz Fero
NIM. 20120130140

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
MOTTO	iii
LEMBAR PERNYATAAN	iv
PERSEMBAHAN	v
INTISARI	vi
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR LAMPIRAN	xvi
DAFTAR NOTASI	xvii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	2
1.3. Batasan Masalah	2
1.4. Tujuan	3
1.5. Manfaat Penelitian	3
1.6. Metode Penelitian	4
1.7. Sistematika Penulisan	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKAN DAN DASAR TEORI	6
2.1. Tinjauan Pustaka	6
2.2. Dasar Teori	7
2.2.1. Pengertian Pompa	7
2.2.2. Pompa Sentrifugal	9

2.2.3. Prinsip Kerja Pompa Sentrifugal	10
2.2.4. Klasifikasi Pompa Sentrifugal	11
2.2.5. Bagian- Bagian Pompa Sentrifugal	18
2.2.6. Kelebihan dan Kekurangan Pompa Sentrifugal	20
2.2.7. Dasar Perhitungan Pompa	20
2.2.8. Peluang Efisiensi Energi	28
2.2.9. Perbandingan Peluang Efisiensi Energi	39
2.2.10. Injeksi Air / <i>Waterflood</i> EOR	40
BAB III METODOLOGI STUDI KASUS.....	41
3.1. Diagram Alir Studi Kasus	41
3.2. Alat dan Bahan Studi Kasus	43
3.3. Tempat dan Waktu Studi Kasus	49
3.4. Fokus dan Ruang Lingkup Studi Kasus	49
3.5. Sumber Data	50
3.6. Prosedur Pengumpulan Data	50
3.7. Prosedur Pengolahan dan Perhitungan Data	51
3.8. Prosedur Analisis Data dan Pembahasan	52
BAB IV HASIL STUDI KASUS DAN PEMBAHASAN.....	54
4.1. Hasil Studi Kasus	54
4.1.1. Proses Sistem Injeksi di Instalasi WIP	54
4.1.2. Data Pompa Injeksi	55
4.1.3. Perhitungan Data Pompa Injeksi	56
4.1.4. Hasil Perhitungan Data Pompa Injeksi	64
4.2. Pembahasan	67
4.2.1. Pembahasan Hasil Perhitungan Data Pompa Injeksi	67
4.2.2. Pembahasan Efisiensi Energi dan Biaya Operasional Pompa Injeksi	73
4.2.3. Upaya Peningkatan Efisiensi Energi Pompa Injeksi	80

BAB V PENUTUP	90
5.1. Kesimpulan	90
5.2. Saran	91
DAFTAR PUSTAKA	92
LAMPIRAN	95

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Klasifikasi Pompa	8
Gambar 2.2. Pompa sentrifugal	10
Gambar 2.3. Pompa <i>radial flow</i>	11
Gambar 2.4. Pompa <i>mixed flow</i>	12
Gambar 2.5. Pompa <i>axial flow</i>	12
Gambar 2.6. Pompa <i>Volute</i>	13
Gambar 2.7. Pompa <i>Diffuser</i>	13
Gambar 2.8. Impeler Tertutup (<i>closed impeller</i>)	14
Gambar 2.9. Impeler setengah terbuka (<i>semi open impeller</i>).....	15
Gambar 2.10. Impeler terbuka (<i>open impeller</i>)	15
Gambar 2.11. <i>Single stage impeller</i>	16
Gambar 2.12. <i>Multi stage impeller</i>	16
Gambar 2.13. Posisi horizontal pompa sentrifugal.....	17
Gambar 2.14. Posisi vertikal pompa sentrifugal	17
Gambar 2.15. Komponen utama pompa sentrifugal.....	18
Gambar 2.16. <i>Total Dynamic Head</i> pompa	22
Gambar 2.17. <i>Head</i> total pompa terpasang	23
Gambar 2.18. Kurva <i>head</i> , efisiensi, dan daya.....	27
Gambar 2.19. Perubahan tekanan pada sisi isap pompa.....	28
Gambar 2.20. Kurva kinerja pompa sentrifugal yang diberikan oleh pemasok ..	30
Gambar 2.21. Instalasi pompa secara paralel	31
Gambar 2.22. Kurva kinerja pompa yang dipasang paralel	31
Gambar 2.23. Skema kran pengendali aliran pada sistem pemompaan	32
Gambar 2.24. Kurva pengendalian aliran pompa dengan kran	33
Gambar 2.25. Skema pengendali by-pass pada sistim pemompaan.....	33
Gambar 2.26. Kurva karakteristik pengendali by-pass pada sistim pemompaan	34
Gambar 2.27. Kurva penurunan diameter impeler pada kinerja pompa sentrifugal.....	35

Gambar 2.28. Kurva variasi frekuensi pada kinerja pompa sentrifugal	38
Gambar 2.29. Kurva variasi frekuensi berpengaruh pada kecepatan putar motor pompa	39
Gambar 2.30. Metode injeksi air	40
Gambar 3.1. Diagram alir studi kasus	42
Gambar 3.2. Layar kontrol PLC <i>Water Injection Plant</i> (WIP)	44
Gambar 3.3. <i>Suction pressure gauge</i> pompa injeksi	44
Gambar 3.4. <i>Discharge pressure gauge</i> pompa injeksi.....	45
Gambar 3.5. <i>Pressure gauge</i> setelah melewati <i>control valve</i>	45
Gambar 3.6. <i>Power & facilities daily report</i>	46
Gambar 3.7. <i>Water Injection Plant</i> (WIP) <i>daily report</i>	46
Gambar 3.8. Pompa injeksi SPX David Brown 34 B dan C	48
Gambar 3.9. <i>Control valve north header</i>	48
Gambar 4.1. Proses injeksi	54
Gambar 4.2. Grafik hubungan <i>head</i> pompa ketika pompa bekerja individual pada debit bervariasi	68
Gambar 4.3. Grafik hubungan <i>head</i> pompa ketika pompa B dan C bekerja paralel pada debit bervariasi.....	70
Gambar 4.4. Grafik hubungan efisiensi pompa dengan pompa kerja individual, dan paralel pada debit bervariasi.....	71
Gambar 4.5. Skema sistem pompa injeksi.....	74
Gambar 4.6. Kontrol PLC <i>Water Injection Plant</i> (WIP).....	75
Gambar 4.7. Skema sistem pompa B individual pada tanggal 15-Juni-2016....	76
Gambar 4.8. Grafik hubungan biaya operasional ketika pompa bekerja individual dan paralel pada debit bervariasi selama 1 bulan.....	77
Gambar 4.9. Grafik hubungan kerugian biaya operasional dengan reduksi tekanan ketika pompa bekerja individual dan paralel selama 1 bulan.....	79
Gambar 4.10. Kondisi bagian dalam pipa injeksi 6 in	83
Gambar 4.11. <i>Medium voltage drive</i> ABB AC2000MV	86

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1.	Perbandingan berbagai opsi penghematan energi pada pompa.....	39
Tabel 3.1.	Spesifikasi motor dan pompa injeksi.....	43
Tabel 3.2.	Hasil pengujian laboratorium air terproduksi (<i>produced water</i>).....	47
Tabel 4.1.	Data pompa injeksi desain.....	55
Tabel 4.2.	Data pompa injeksi B	55
Tabel 4.3.	Data pompa injeksi C	55
Tabel 4.4.	Data pompa injeksi B dan C paralel	56
Tabel 4.5.	Hasil perhitungan pompa injeksi desain.....	64
Tabel 4.6.	Hasil perhitungan biaya operasional pompa injeksi desain.....	64
Tabel 4.7.	Hasil perhitungan pompa injeksi B individual	64
Tabel 4.8.	Hasil perhitungan biaya operasional pompa injeksi B individual	65
Tabel 4.9.	Hasil perhitungan pompa injeksi C individual	65
Tabel 4.10.	Hasil perhitungan biaya operasional pompa injeksi C individual	65
Tabel 4.11.	Hasil perhitungan pompa injeksi B dan C paralel	65
Tabel 4.12.	Hasil perhitungan pompa injeksi B dan C paralel lanjutan	66
Tabel 4.13.	Hasil perhitungan biaya operasional pompa injeksi B dan C paralel pada tanggal 20-Juni-2016.....	66
Tabel 4.14.	Hasil perhitungan biaya operasional pompa injeksi B dan C paralel pada tanggal 26-Juli-2016.....	66
Tabel 4.15.	Hasil perhitungan biaya operasional pompa injeksi B dan C paralel pada tanggal 01-Agustus-2016	66
Tabel 4.16.	Data <i>Performance Certified</i> Pompa SPX David Brown 34	67
Tabel 4.17.	Hasil perhitungan <i>head</i> pompa ketika pompa bekerja individual pada debit bervariasi	68
Tabel 4.18.	Hasil perhitungan <i>head</i> pompa ketika pompa bekerja paralel pada debit bervariasi.....	69
Tabel 4.19.	Hasil perhitungan efisiensi pompa injeksi pada debit bervariasi	71
Tabel 4.20.	Hasil perhitungan biaya operasional pompa injeksi	77

Tabel 4.21. Hasil perhitungan biaya operasional dan kerugian biaya operasional pompa injeksi	79
Tabel 4.22. Spesifikasi motor listrik terpasang	86
Tabel 4.23. Spesifikasi <i>medium voltage drive</i> ABB AC2000MV	87
Tabel 4.23. Metode meningkatkan efisiensi energi pompa injeksi	89

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1	Surat keterangan penelitian Tugas Akhir.....	96
Lampiran 2	Lembar pengesahan penilitian Tugas Akhir	97
Lampiran 3	<i>Daily Report</i> Pompa B 15-Juni-2016	98
Lampiran 4	<i>Daily Report</i> Pompa B 07-Juli-2016	99
Lampiran 5	<i>Daily Report</i> Pompa C 12-Juni-2016	100
Lampiran 6	<i>Daily Report</i> Pompa C 18-Juli-2016	101
Lampiran 7	<i>Daily Report</i> Pompa B dan C 20-Juni-2016.....	102
Lampiran 8	<i>Daily Report</i> Pompa B dan C 26-Juli-2016.....	103
Lampiran 9	<i>Daily Report</i> Pompa B dan C 01-Agustus-2016.....	104
Lampiran 10	<i>Record Water Injection</i> bulan Juni 2016	105
Lampiran 11	<i>Record Water Injection</i> bulan Juli 2016	106
Lampiran 12	Komponen Pompa Injeksi SPX David Brown 34.....	107
Lampiran 13	Surat keterangan dan tes performansi pompa injeksi	108
Lampiran 14	Kurva karakteristik pompa injeksi	109
Lampiran 15	Tehnikal data motor listrik ABB 3 fasa pompa injeksi	110
Lampiran 16	Tehnikal data ABB AC <i>drive</i> 2000MV	111
Lampiran 17	<i>Piping Layout Water Injection Plant (WIP)</i>	112
Lampiran 18	<i>Piping Layout South Header Injection Line</i>	113
Lampiran 19	<i>Piping Layout North Header Injection Line</i>	114
Lampiran 20	Peta lokasi Pertamina EP Tanjung <i>field</i>	115

DAFTAR NOTASI

A	= Luas penampang pipa	(m ²)
BHP	= <i>Brake Horse Power</i> / Daya poros	(kW)
D	= Diameter impeler	(in)
Ed	= Head sisi <i>discharge</i>	(m)
Es	= Head sisi <i>suction</i>	(m)
f	= Frekuensi	(Hz)
H	= <i>Head</i> total pompa	(m)
H_L	= <i>Head losses</i> pada sisi <i>suction</i> ke <i>discharge</i>	(m)
H_{ST}	= <i>Head</i> statis	(m)
H_p	= <i>Head</i> perbedaan tekanan permukaan	(m)
H_v	= <i>Head</i> perbedaan kecepatan	(m)
I	= <i>Ampere</i>	(A)
k	= konstanta rumus $\eta_{paralel}$ 0.1021 SI	
\dot{m}	= Laju aliran massa	(kg/s)
η_{motor}	= Efisiensi Motor	(%)
$\eta_{paralel}$	= Efisiensi pompa bekerja paralel	(%)
η_{pompa}	= Efisiensi pompa	(%)
η_{sistem}	= Efisiensi sistem	(%)
\emptyset	= Faktor daya / <i>Power Factor</i>	
p	= Jumlah <i>poles</i> motor listrik	
P_{GD}	= Tekanan pada <i>discharge</i>	(N/m ²)
P_{Gs}	= Tekanan pada <i>suction</i>	(N/m ²)
P_{disc}	= Tekanan <i>discharge</i> terukur	(Psi)
P_{in}	= Daya <i>input</i> / Daya masuk	(kW)
P_{sis}	= Tekanan sistem terukur	(Psi) (m)
P_{suct}	= Tekanan <i>suction</i> terukur	(Psi)
Q	= Kapasitas aliran /Debit (<i>barrell per day</i>)	(bpd) (m ³ /s)
ΣQ	= Total debit paralel	(L/s)

R_p	= Biaya	(Rupiah)
SG	= <i>Specific gravity</i>	
t	= Waktu	(jam)
TDH	= <i>Total Dynamic Head</i> / Total head dinamis	(m)
V	= <i>Voltage</i>	(V)
v	= Kecepatan aliran	(m/s)
V_D	= Kecepatan aliran <i>discharge</i>	(m/s)
V_S	= Kecepatan aliran <i>suction</i>	(m/s)
WHP_{sis}	= <i>Water Horse Power</i> / Daya air menuju sistem	(kW)
WHP	= <i>Water Horse Power</i> / Daya air	(kW)
Z	= Head elevasi	(m)
g	= Kecepatan gravitasi	(m/s ²)
γ	= Berat jenis	(kg/m ³)
ρ	= Massa jenis	(kg/m ³)
ω	= Kecepatan putar	(rpm)