



HALAMAN PERSETUJUAN

AUDIT ENERGI PADA POMPA SUBMERSIBLE UNTUK MENGETAHUI PELUANG PENGHEMATAN ENERGI DI PDAM KUDUS

BURHANNUDIN

NIM. 201454132

Kudus, 17 Mei 2018

Menyetujui,

Pembimbing Utama,

Rianto Wibowo, ST., M.Eng
NIDN. 060037301

Pembimbing Pendamping,

Bachtiar Setya Nugraha, S.T., M.T.
NIDN. 0624077201

Mengetahui
Koordinator Skripsi Tugas Akhir

Qomaruddin, ST., MT.
NIDN. 0626097102

HALAMAN PENGESAHAN

AUDIT ENERGI PADA POMPA SUBMERSIBLE UNTUK MENGETAHUI PELUANG PENGHEMATAN ENERGI DI PDAM KUDUS

BURHANNUDIN

NIM. 201454132

Kudus, 20 Agustus 2018

Menyetujui,

Ketua Pengaji,



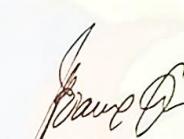
Rochmad Wimurso, S.T., M.T.
NIDN. 0612037201

Anggota Pengaji I,



Qomaruddin, ST., MT.
NIDN. 0626097102

Anggota Pengaji II,



Rianto Wibowo, ST., M.Eng.
NIDN. 060037301

Mengetahui,

Ketua Program Studi Teknik Mesin



Rianto Wibowo, ST., M.Eng.
NIDN. 060037301

PERNYATAAN KEASLIAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Burhannudin

NIM : 201454132

Tempat & Tanggal Lahir : Pati, 07 Mei 1997

Judul Skripsi/Tugas Akhir : Audit Energi Pada Pompa Submersible Untuk Mengetahui Peluang Penghematan Energi Di PDAM Kudus.

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa penulisan Laporan Tugas Akhir ini berdasarkan hasil penelitian, pemikiran dan pemaparan asli dari saya sendiri, baik untuk naskah laporan maupun kegiatan lain yang tercantum sebagai bagian dari Skripsi ini. Seluruh ide, pendapat, atau materi dari sumber lain telah dikutip dalam Skripsi dengan cara penulisan referensi yang sesuai.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan apabila di kemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik berupa pencabutan gelar dan sanksi lain sesuai dengan peraturan yang berlaku di Universitas Muria Kudus.

Demikian pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar tanpa paksaan dari pihak manapun.

Kudus, 20 Agustus 2018

Yang memberi pernyataan,



Burhannudin
NIM. 201454132

AUDIT ENERGI PADA POMPA SUBMERSIBLE UNTUK MENGETAHUI PELUANG PENGHEMATAN ENERGI DI PDAM KUDUS

Nama mahasiswa : Burhannudin

NIM : 201454132

Pembimbing :

1. Rianto Wibowo, S.T., M.Eng.
2. Bachtiar Setya Nugraha, S.T., M.T.

RINGKASAN

Pompa adalah salah satu mesin konversi energi yang digunakan pada sistem prosuksi air bersih, pendistribusian air bersih yang digunakan di Unit Produksi PDAM Kudus. Jenis pompa yang digunakan adalah pompa submersible yang berfungsi untuk mensirkulasikan air dari sumur kepada pelanggan. Dengan demikian perlu dilakukan evaluasi berupa audit dan penelitian untuk mengetahui penurunan nilai efisiensi energi yang digunakan agar dapat dilakukan tindakan berupa solusi untuk mengurangi penurunan nilai efisiensi energi. Pada audit energi pompa submersible diapatkan nilai efisiensi pompa total di SP Bae 1 sebesar 57 %, SP Bae 6 sebesar 50 %, SP PD 1 sebesar 51 %, SP Undaan 7 sebesar 53 %, dan SP Kec. Mejobo sebesar 64 %. Dari nilai efisiensi yang sudah didapatkan didapatkan kesimpulan bahwa efisiensi masih sesuai standar. Nilai Konsumsi Energi Spesifik (KES) selama bulan januari sampai juni 2018 di SP Bae 1 rata-rata sebesar $0,347 \text{ kWh/m}^3$, SP Bae 6 rata-rata sebesar $0,280 \text{ kWh/m}^3$, SP PD 1 rata-rata sebesar $0,639 \text{ kWh/m}^3$, SP Undaan 7 rata-rata sebesar $0,642 \text{ kWh/m}^3$, dan SP Kec. Mejobo rata-rata sebesar $0,484 \text{ kWh/m}^3$. Dari nilai KES yang sudah didapatkan kesimpulannya bahwa nilai KES rata-rata masing sangat efisien.

Kata kunci : audit energi, efisiensi, KES, pompa submersible, PDAM Kudus.

ENERGY AUDIT ON SUBMERSIBLE PUMPS TO KNOW ENERGY SAVING OPPURTUNITIES IN KUDUS PDAM

Student Name : Burhannudin

Student Identity Number : 201454132

Supervisor :

1. Rianto Wibowo, S.T., M.Eng.
2. Bachtiar Setya Nugraha, S.T., M.T.

ABSTRACT

The pump is one of the energy conversion machines used in the clean water production system, the distribution of clean water used in the Production Unit of the PDAM Kudus. The type of pump used is a submersible pump which serves to circulate water from the well to the customer. Thus it is necessary to evaluate in the form of audits and research to determine the decreases in energy efficiency values used so that action can be taken in the form of solutions to reduce the decrease in energy efficiency values. In the energy audit of submersible pumps, the total pump efficiency in SP Bae 1 is 57%, SP Bae 6 is 50%, SP PD 1 is 52%, SP Undaan 7 is 53%, and SP Kec. Mejobo is 64%. From the efficiency values that have been obtained, it can be concluded that efficiency is still in accordance with the standards. The value of Specific Energy Consumption (SEC) during January to June 2018 at SP Bae 1 averaged 0,347 kWh/m³, SP Bae 6 averaged 0,289 kWh/m³, SP PD 1 averaged 0,639 kWh³, SP Undaan 7 is an average of 0,642 kWh/m³, and SP Kec. Mejobo is an average of 0,484 kWh/m³. From the SEC value, the conclusion is that the average SEC value is very efficient.

Keywords : energy audit, efficiency, KES, submersible pump, PDAM Kudus.

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah, puji dan syukur kehadiran Allah Subhanahu Wa Ta'ala yang telah melimpahkan taufiq, rahmat, serta hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini yang berjudul “Audit Energi Pada Pompa Submersible Untuk Mengetahui Peluang Penghematan Energi Di PDAM Kudus”. Dengan baik dan lancar sesuai dengan waktu yang telah ditentukan.

Laporan Tugas Akhir ini di ajukan guna memenuhi syarat akhir untuk menyelesaikan pemdidikan Program Strata 1 pada Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muria Kudus.

Penulis menyadari bahwa penyusunan laporan tugas akhir ini tidak dapat selesai tanpa bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis dengan sepenuh hati megucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Moch. Dahlan, S.T., M.T. selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Muria Kudus.
2. Bapak Rianto Wibowo, S.T., M.Eng. selaku Ketua Program Studi Teknik Mesin Universitas Muria Kudus dan Dosen Pembimbing yang membimbing dan mengarahkan penulis dalam penyusunan laporan tugas akhir ini.
3. Bapak Bachtiar Stya Nugraha, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing yang membimbing dan mengarahkan penulis dalam penyusunan laporan tugas akhir ini.
4. Bapak Rochmad Winarso, S.T., M.T selaku dosen penguji I yang telah banyak memberikan masukan tambahan dalam penyusunan laporan tugas akhir ini.
5. Bapak Qomaruddin, S.T., M.T selaku dosen penguji II yang banyak memberikan masukan tambahan dalam penyusunan laporan tugas akhir ini.
6. Seluruh dosen, staf dan karyawan Teknik Mesin yang telah banyak membantu penulis dalam melaksanakan perkuliahan di Program Studi Teknik Mesin Universitas Muria Kudus.
7. Bapak Sucipto selaku Ketua Unit Produksi PDAM Kab. Kudus.

8. Saudara Abdur Rochim pembimbing lapangan khususnya masalah teknis di Unit Produksi PDAM Kab. Kudus.
9. Seluruh staf di Unit Produksi PDAM Kab. Kudus yang telah banyak membantu penulis dalam penulisan laporan tugas akhir.
10. Keluarga yang senantiasa memberikan dukungan berupa do'a, semangat, dan kasih sayang yang tak terhingga.
11. TIM audit energi di Unit Produksi PDAM Kab. Kudus.
12. Temanku seluruh mahasiswa Teknik Mesin Universitas Muria Kudus angkatan 2014 yang telah membantu dalam penyusunan laporan tugas akhir ini baik secara langsung maupun tidak langsung.

Penulis menyadari adanya kekurangan dan ketidak sempurnaan dalam penulisan laporan tugas akhir ini, karena itu penulis menerima kritik, saran dan masukan dari pembaca sehingga penulis dapat lebih baik di masa yang akan datang. Akhirnya penulis berharap semoga laporan akhir ini bisa bermanfaat khususnya bagi penulis dan umumnya bagi para pembaca.

Kudus, 20 Agustus 2018

Burhannudin

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERSETUJUAN	ii
HALAM PENGESAHAN.....	iii
PERNYATAAN KEASLIAN.....	iv
RINGKASAN	v
ABSTRACT	vi
KATA PENGANTAR.....	vii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR.....	xi
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR SIMBOL	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xv
DAFTAR ISTILAH DAN SINGKATAN	xvi
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah	3
1.3 Batasan Masalah	3
1.3 Tujuan	4
1.5 Manfaat	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Gambaran Unit Produksi PDAM Kudus.....	5
2.2 Audit Energi	6
2.2.1 Metode Pelaksanaan Audit Energi	7
2.2.2 Klasifikasi Audit Energi.....	9
2.2.3 Prosedur Pelaksanaan Audit Energi.....	13
2.2.4 Konsumsi Energi Spesifik (KES)	14
2.3 Motor Listrik	16
2.3.1 Klasifikasi Motor Listrik	16
2.3.2 Prinsip Kerja Motor Induksi	20
2.3.3 Kontrol Panel Motor Listrik Tiga Fase	24
2.3.4 Metode Start Motor Induksi	25
2.3.5 Sumber Daya Listrik	27
2.3.6 Perhitungan Motor Listrik.....	28
2.4 Pompa Submersible	30
2.4.1 Bagian Pompa Submersible	31
2.4.2 Cara Kerja Pompa Submersible	40
2.4.3 Dasar Perhitungan Pompa Submersible.....	40
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	
3.1 Metodologi Penelitian	45
3.1.1 Studi Literatur	46

3.1.2 Pengumpulan Data	46
3.1.3 Pengukuran Lapangan	50
3.1.4 Perhitungan	55
3.1.5 Pengolahan Data dan Analisa Data.....	58
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	
4.1 Hasil	59
4.1.1 Data Spesifikasi Motor Listrik	59
4.1.2 Data Spesifikasi Pompa Submersible	60
4.1.3 Data Konsumsi Energi Listrik dan Produksi Air	60
4.1.4 Data Pengukuran	63
4.1.5 Data Perhitungan.....	64
4.1.6 Perhitungan Sumber Daya Listrik.....	68
4.1.7 Perhitungan Konsumsi Energi Listrik (KES).....	71
4.2 Pembahasan.....	73
4.2.1 Analisa Kualitas Daya Listrik	73
4.2.2 Analisa Sumber Daya Listrik.....	75
4.2.3 Analisa Efisiensi Motor dan Efisiensi Pompa	78
4.2.4 Analisa Konsumsi Energi Spesifik (KES)	80
4.2.5 Analisa Peluang Hemat Energi	82
4.3 Rekomendasi Peluang Hemat Energi.....	83
BAB V PENUTUP	
5.1 Kesimpulan	87
5.2 Saran	87
DAFTAR PUSTAKA	88
LAMPIRAN	90
BIODATA PENULIS.....	108

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Motor Listrik Asinkron.....	16
Gambar 2.2	Motor DC.....	17
Gambar 2.3	Motor Sinkron	18
Gambar 2.4	Motor Induksi Sangkar Tupai.....	19
Gambar 2.5	Motor Induksi Belitan.....	20
Gambar 2.6	Arah Putaran Motor Induksi.....	21
Gambar 2.7	Grafik <i>Torque-Speed</i> Motor Induksi AC Tiga Fase	22
Gambar 2.8	Kontrol Panel Motor Tiga Fase	24
Gambar 2.9	Diagram Segitiga Daya.....	27
Gambar 2.10	Pompa Sebmersible	31
Gambar 2.11	Bagian Pompa Submersible.....	32
Gambar 2.12	PSI (<i>Pressure Sensing Instrument</i>).....	34
Gambar 2.13	Jenis <i>Labyrinth Type Protector</i>	36
Gambar 2.14	Unit Pompa Benam Listrik.....	38
Gambar 2.15	Kabel.....	39
Gambar 2.16	<i>Head Total pompa submersible</i>	41
Gambar 3.1	Diagram Alir Penelitian.....	45
Gambar 3.2	Manometer.....	47
Gambar 3.3	<i>Watermeter</i>	48
Gambar 3.4	<i>Clampmeter</i> (tang ampere)	48
Gambar 3.5	Peso Meter	48
Gambar 3.6	Motor Pompa Submersible	49
Gambar 3.7	Pompa Submersible	49
Gambar 3.8	Pembacaan Debit	51
Gambar 3.9	Pembacaan <i>Manometer</i>	51
Gambar 3.10	Pembacaan Peso Meter.....	52
Gambar 3.11	Pengukuran Tegangan Motor Listrik.....	53
Gambar 3.12	Pengukuran Arus Motor Listrik.....	54
Gambar 4.1	Diagram Segitiga Daya SP Bae 1	76
Gambar 4.2	Diagram Segitiga Daya SP Bae 6	76
Gambar 4.3	Diagram Segitiga Saya SP PD 1.....	77
Gambar 4.4	Diagram Segitiga Daya SP Undaan 7.....	77
Gambar 4.5	Diagram Segitiga Daya SP Kec. Mejobo	78
Gambar 4.6	Grafik Konsumsi Energi Spesifik (KES)	80
Gambar 4.7	Perubahan Diagram Segitiga Daya SP Bae 6	83

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Standar Nilai Konsumsi Energi Spesifik (KES)	15
Tabel 2.2	Standar Efisiensi Motor Induksi Tiga Fase 50 Hz	30
Tabel 2.3	Kriteria dan Tindakan Pada Efisiensi Pompa Total.....	44
Tabel 4.1	Spesifikasi Motor Listrik	59
Tabel 4.2	Spesifikasi Pompa Submersible.....	60
Tabel 4.3.	Konsumsi Energi Listrik dan Produksi Air di SP Bae 1	60
Tabel 4.4	Konsumsi Energi Listrik dan Produksi Air di SP Bae 6.....	61
Tabel 4.5	Konsumsi Energi Listrik dan Produksi Air di SP PD 1	61
Tabel 4.6	Konsumsi Energi Listrik dan Produksi Air di SP Undaan 7.....	62
Tabel 4.7	Konsumsi Energi Listrik dan Produksi Air di SP Kec. Mejobo	62
Tabel 4.8	Hasil Pengukuran Motor Listrik Tiga Fase.....	63
Tabel 4.9	Hasil Pengukuran Pompa Submersible.....	64
Tabel 4.10	Hasil Perhitungan.....	68
Tabel 4.11	kWh Pada Bulan Juni 2018.....	69
Tabel 4.12	Data Nilai Faktor Daya Pada Bulan Juni 2018.....	70
Tabel 4.13	Hasil Perhitungan Daya Kelistrikan Motor Tiga Fase	71
Tabel 4.14	Konsumsi Energi Spesifik (KES) di SP Bae 1	71
Tabel 4.15	Konsumsi Energi Spesifik (KES) di SP Bae 6	72
Tabel 4.16	Konsumsi Energi Spesifik (KES) di SP PD 1.....	72
Tabel 4.17	Konsumsi Energi Spesifik (KES) di SP Undaan 7	72
Tabel 4.18	Konsumsi Energi Spesifik (KES) di SP Kec. Mejobo.....	73
Tabel 4.19	Kualitas Arus Motor Listrik Tiga Fase	74
Tabel 4.20	Kualitas Tegangan Motor Listrik Tiga Fase	75
Tabel 4.21	Nilai Efisiensi Motor Listrik dan Pompa Submersible.....	78

DAFTAR SIMBOL

Simbol	Keterangan	Satuan	Nomor Persamaan
KES	Konsumsi Energi Spesifik	kWh/m ³	1
P	Daya Aktif	Watt	2,4,5,6,15
φ	Sudut	Derasat	2,3,5,6
I_r	Arus Antar Fase	Ampere	2,3,7,8
V_r	Tegangan Antar Fase	Volt	2,3,8
Q_I	Daya Reaktif	VAR	2,4,5,6
S	Daya Nyata	VA	4,5
P_i	Daya <i>Input</i>	kW	7,9,12,13
V_p	Tegangan Rata-rata Antar Fase	Volt	7,17
I_{ukur}	Arus Terukur Rata-rata Antar Fase	Ampere	8
V_{ukur}	Tegangan Terukur Rata-rata Antar Fase	Volt	8
LF	<i>Load Factor</i>	Desimal	8,9
η_m	Efisiensi Motor	%	9,12
H_{tot}	<i>Head Total</i>	m	10
H_{lif}	<i>Head Lifting</i>	m	10,11
$H_{discharge}$	<i>Head Discharge</i>	m	10
$P_{hidrolis}$	Daya Hidrolis	kW	11,12,13
g	Percepatan Grafitasi	m/det ²	11
ρ	Massa Jenis <i>Fluida</i>	Kg/m ³	11
Q	Debit Aliran	m ³ /detik	11
η_p	Efisiensi Pompa	%	12
η_{tot}	Efisiensi Pompa Total	%	13
V_u	Presentase Ketidakseimbangan Tegangan	%	14

V_{\max}	Tegangan Maxsimum	Volt	14
V_{\min}	Tegangan Minimum	Volt	14
ΔQ	Selisih Antara Q1 dengan Q2	kVAR	16
X_c	Tahanan Kapasitif	Ω	17,18
C	Kapasitor	μF	18
f	Fequensi	Hz	18



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1	Tabel. Penggunaan Energi PLN dan Produksi Air Tahun 2018 di SP Bae 1	90
	Tabel. Tarif Dasar Listrik	90
Lampiran 2	Tabel. Penggunaan Energi PLN dan Produksi Air Tahun 2018 di SP Bae 6	91
Lampiran 3	Tabel. Penggunaan Energi PLN dan Produksi Air Tahun 2018 di SP PD 1	92
Lampiran 4	Tabel. Penggunaan Energi PLN dan Produksi Air Tahun 2018 di SP Undaan 7	93
Lampiran 5	Tabel. Penggunaan Energi PLN dan Produksi Air Tahun 2018 di SP Kec. Mejobo.....	94
Lampiran 6	Tabel. Spesifikasi Motor Listrik Tiga Fase	95
	Tabel. Spesifikasi Pompa Submersible	95
Lampiran 7	Tabel. Hasil Pengukuran Motor Listrik Tiga Fase	96
	Tabel. Hasil Pengukuran Pompa Submersible	96
Lampiran 8	Dokumentasi Kegiatan Pengukuran Arus Tiap Fase.....	97
	Dokumentasi Kegiatan Pengukuran Tegangan Antar Arus.....	97
Lampiran 9	Dokumentasi Kegiatan Pengukuran kedalaman Sumur Produksi.....	98

DAFTAR ISTILAH DAN SINGKATAN

AEA	: Audit Energi Awal
AET	: Audit Energi Terinci
BPAM	: Badan Pengolahan Air Minum
DOL	: <i>Direct In Line</i>
ESDM	: Energi Sumber Daya Manusia
IKE	: Intensitas Konsumsi Energi
KES	: Konsumsi Energi Spesifik
kV	: Kilo Volt
kW	: Kilo Watt
kWh	: Kilo Watt Hour
LF	: <i>Load Factor</i>
LWBP	: Luar Waktu Beban Puncak
PDAM	: Perusahaan Daerah Air Minum
PD	: Produksi Dawe
PLN	: Perusahaan Listrik Negara
PPE	: Peluang Penghematan Energi
SP	: Sumur Produksi
VSD	: <i>Variable Speed Drive</i>
WBP	: Waktu Beban Puncak