

ANALISIS PELUANG PENINGKATAN EFISIENSI ENERGI PADA INSTALASI POMPA WENDIT 3 PERUMDA AIR MINUM TUGU TIRTA KOTA MALANG

Qory Constantya, Agus Slamet, Gabriel Novianus Rumambo Pandin

Departemen Teknik Lingkungan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya

Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Republik Indonesia

Email: qconstantya@gmail.com, agusslamet@enviro.its.ac.id, gabrilp@yahoo.com

Abstrak

Permasalahan yang umum dialami dalam penyediaan air minum adalah tingginya biaya konsumsi energi dan kehilangan air (NRW). Instalasi Pompa Wendit 3 memberikan kontribusi biaya energi yang cukup besar untuk Perumda Air Minum Tugu Tirta Kota Malang yaitu Rp 621/m³ dengan nilai specific energy consumption (SEC) sebesar 0,5 kWh/m³. Tujuan penelitian mengkaji peningkatan efisiensi energi di Instalasi Pompa Wendit 3. Hasil penelitian didapatkan bahwa faktor penyebab tingginya konsumsi energi di Instalasi Pompa Wendit 3 ada 3 yaitu tidak efisiennya pompa 5, rendahnya faktor daya yang berdampak terkenanya denda kVarh dan terkenanya tarif waktu beban puncak. Potensi yang dapat dilakukan untuk peningkatan efisiensi energi yaitu peningkatan efisiensi pompa 5 dengan penyetelan ulang impeller dan pembersihan, penggunaan kapasitor bank serta pengaturan jam operasional pompa. Implementasi program peningkatan efisiensi energi diperkirakan dapat menurunkan biaya energi dari Rp 621,-/m³ menjadi Rp 411,-/m³.

Kata Kunci: efisiensi energi; konsumsi energi; efisiensi sistem pemompaan; instalasi pompa wendit 3

Abstract

A common problem experienced in drinking water supply are the high cost of energy consumption and non revenue water (NRW). The installation of the Wendit 3 Pump contributes a high energy cost to the Perumda Air Minum Tugu Tirta Kota Malang, which is Rp. 621/m³ and the specific energy consumption (SEC) value is 0.5 kWh/m³. The purpose of this study is to examine the increase in energy efficiency at the Pump Installation Wendit 3. The results showed that the factors causing the high energy consumption in the Pump Installation Wendit 3 are the inefficient pump 5, the low power factor which has an impact on the kVarh fine, and the peak load time (WBP) rate. The potential that can be done to increase energy efficiency is to increase the efficiency of pump 5 with impeller reset and cleaning, use a capacitor bank and regulate pump operating hours. The implementation of the energy efficiency improvement program can reduce energy costs from Rp. 621,-/m³ to Rp. 411,-/m³.

How to cite: Constantya Q., et. al (2022) Analisis Peluang Peningkatan Efisiensi Energi Pada Instalasi Pompa Wendit 3 Perumda Air Minum Tugu Tirta Kota Malang. *Syntax Literate: Jurnal Ilmiah Indonesia*, 6(11). <http://dx.doi.org/10.36418/Syntax-Literate.v6i11.4651>

E-ISSN: 2548-1398
Published by: [Ridwan Institute](#)

Keywords: *energy efficiency; energy consumption; pumping system efficiency; wendit 3 pump installation*

Received: 2021-10-20; Accepted: 2021-11-05; Published: 2021-11-20

Pendahuluan

Air merupakan kebutuhan dasar manusia yang selalu meningkat secara bertahap. Kebutuhan air yang meningkat ini memicu adanya amanat penyediaan akses air minum dan sanitasi yang aman dan layak yang tertuang dalam RPJMN 2020 – 2024. Salah satu cara untuk mencapai akses air minum yang aman dan layak yaitu dengan memperluas cakupan wilayah PDAM namun hal ini terkendala oleh biaya (Constantya, 2021). Biaya terbesar yang ditanggung oleh PDAM adalah biaya listrik atau energi yang mencapai 30% dari total biaya operasional (Asey et al., 2018; Mulyono, 2020). Tingginya biaya listrik atau energi disebabkan oleh beberapa hal yaitu penggunaan energi yang bukan untuk peningkatan kapasitas produksi/distribusi, umur peralatan dan penggunaan energi yang tidak efisien (Mulyono, 2020).

Sistem penyediaan air minum Perumda Air Minum Tugu Tirta Kota Malang didominasi oleh sistem pemompaan sebesar 73% dan sisanya menggunakan sistem gravitasi. Sekitar 80% dari total biaya produksi dan distribusi digunakan untuk biaya listrik atau energi terutama untuk biaya operasi pompa (D'Ercole, Righetti, Ugarelli, Berardi, & Bertola, 2016; Ghimire & Barkdoll, 2007; Huang et al., 2018). Berdasarkan Buku Kinerja BUMD Penyelenggara SPAM tahun 2020 (Direktorat Air Minum, 2020), standar biaya energi rata-rata nasional adalah Rp 352/m³. Biaya energi Perumda Air Minum Tugu Tirta Kota Malang diatas rata-rata nasional yaitu mencapai Rp 472/m³.

Instalasi Pompa Wendit 3 memiliki 3 (tiga) pompa yang bekerja selama 24 jam/hari untuk mensupply air ke tandon Buring Bawah dan Mojolangu serta kontribusi biaya energi yang cukup besar untuk Perumda Air Minum Tugu Tirta Kota Malang yaitu Rp 621/m³. Selain itu, nilai *specific energy consumption (SEC)* Instalasi Pompa Wendit 3 sebesar 0,5 kWh/m³. Nilai SEC tersebut melebihi standart <0,4 kWh/m³ sehingga sistem Instalasi Pompa Wendit 3 dikategorikan tidak efisien. Sistem yang tidak efisien dapat disebabkan adanya kehilangan energi pada sistem. Kehilangan energi sistem penyediaan air bersih dapat terjadi pada sistem instalasi listrik, sistem pemompaan, sistem perpipaan dan sistem operasional (Balai Teknik Air Minum, 2019).

Biaya energi dan nilai SEC yang tinggi pada Instalasi Pompa Wendit 3 dapat juga disebabkan oleh beberapa faktor seperti pompa yang terlalu besar dari kebutuhan, menurunnya efisiensi pompa, kualitas daya yang buruk dan motor pompa yang bergerak secara konstan (BPSDM, 2018). Berdasarkan buku pedoman pelaksanaan efisiensi energi di PDAM, upaya-upaya yang dapat dilakukan untuk meningkatkan efisiensi energi sistem yaitu meningkatkan efisiensi pompa secara individu maupun total, meningkatkan kinerja sistem pemompaan secara keseluruhan, meningkatkan faktor daya, dan pergantian peralatan yang memiliki efisiensi tinggi (Kementerian PUPR,

2014). Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis peluang peningkatan efisiensi energi yang layak diterapkan dari aspek teknis.

Metode Penelitian

Identifikasi dan analisa faktor penyebab konsumsi energi tinggi perlu dilakukan analisis terlebih dahulu terhadap daya dan efisiensi pompa, kualitas daya dan sistem transmisinya. Analisis daya dan efisiensi pompa dilakukan dengan pengukuran terhadap debit dan head pompa sehingga dapat dihitung efisiensi pompa dan dibandingkan dengan ketentuan standarnya. Pengukuran debit pompa dilakukan pada pipa *discharge* pompa menggunakan alat *ultrasonic flow meter* Endress+Hauser tipe *prosonic flow 93T Portable*. Sedangkan Pengukuran tekanan dilakukan dengan menggunakan *pressure gauge* yang terpasang pada pipa *discharge* pompa.



Gambar 1
Alat Ukur Ultrasonic Flow Meter



Gambar 2
Alat Ukur Pressure Gauge

Kualitas daya diukur pada panel pompa instalasi pompa wendit 3 menggunakan *power meter* Panasonic tipe *KW9M Eco-power meter*. *Power meter* tersebut dirangkai dan dilengkapi dengan logger sehingga data dapat direkam setiap menit selama 1 jam. Variabel data yang didapatkan dari pengukuran kualitas daya adalah tegangan (volt),

arus (ampere), faktor daya, daya (watt) dan daya semu (VA). Setelah mengukur kualitas daya pada panel pompa kemudian dihitung nilai SEC-nya.



Gambar 3
Alat Ukur Power Meter

Analisis sistem transmisi dilakukan dengan melakukan pemodelan jaringan transmisi jalur Tandon Mojolangu dan Tandon Buring Bawah menggunakan EPANET 2.2 dan kemudian hasil pemodelan tersebut dibandingkan dengan standart ketentuan teknis yang berlaku. Dari ketiga analisis tersebut, dilakukan identifikasi faktor penyebab konsumsi energi yang tinggi. Faktor penyebab konsumsi energi yang tinggi tersebut kemudian diidentifikasi alternatif program yang dapat menurunkan konsumsi energi sesuai ketentuan teknis yang berlaku.

Hasil dan Pembahasan

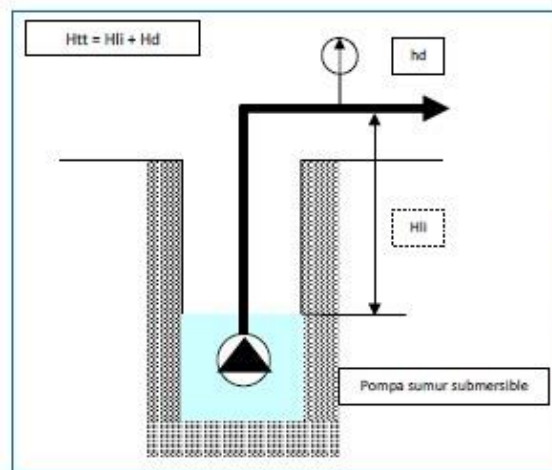
1. Analisis Kinerja Pompa dan Kualitas Daya

Daya pompa dapat dihitung berdasarkan hasil pengukuran debit dan tekanan pada pompa. Hasil pengukuran tersebut dihitung dengan persamaan berikut

$$P_w = \rho \times g \times Q \times H$$

Dimana P_w = daya kinerja pompa (Watt)
 ρ = massa jenis fluida (kg/m³)
 g = gravitasi (m/s²)
 Q = debit fluida (m³/s)
 H = head pompa (m)

Head pada daya pompa untuk menghitung efisiensi pompa menggunakan total head pompa. Total head merupakan selisih dari tekanan discharge di sisi keluaran dari pompa dan tekanan isap (suction) di muka mulut pompa (Kementerian PUPR, 2014). Untuk pompa submersible maka menggunakan total head pada Gambar 4



Gambar 4
Head Total Pompa Submersible
 Sumber : [Kementerian PUPR, 2014](#)

Kedalaman reservoir Wendit 3 yaitu 5,5 meter (Gambar 4.6) dan ketinggian air ketika pengukuran debit berlangsung yaitu 1 meter sehingga lifting head sebesar 4,5 meter.

Dari hasil pengukuran kualitas daya dan daya kinerja pompa, dapat dihitung efisiensi pompa. Hasil perhitungan efisiensi pompa kemudian dilakukan perbandingan dengan standart efisiensi pompa yaitu $\geq 60\%$. Namun pada Instalasi Pompa Wendit 3 menggunakan pompa submersible sehingga standar nilai efisiensi dapat dikurangi 10% menjadi $\geq 50\%$ ([Kementerian PUPR, 2014](#)). Persamaan efisiensi pompa sebagai berikut

$$\eta_T = \frac{\text{Energi Output}}{\text{Energi Input}} = \frac{P_w}{P} \times 100\%$$

- Dimana η_T = efisiensi total sistem pompa (%)
 P_w = daya kinerja pompa (Watt)
 P = daya atau energi listrik yang digunakan (Watt)

Dari hasil pengukuran kualitas daya dan debit pompa, dapat dihitung *specific energy consumption* (SEC). Hasil perhitungan tersebut kemudian dilakukan perbandingan dengan standart SEC yaitu $\leq 0,4 \text{ kWh/m}^3$. Hasil pengukuran kinerja pompa dan kualitas daya serta hasil perhitungan efisiensi pompa dan SEC dapat dilihat pada Tabel 1

Tabel 1
Efisiensi Pompa dan Nilai SEC Instalasi Pompa Wendit 3

Pompa	Kinerja Pompa					Kualitas Daya					η_T (%)	SEC (kWh/m ³)
	H (m)	Q (m ³ /s)	ρ (kg/m ³)	g (m/s ²)	P _w (Watt)	U (V)	I (A)	Cos ϕ	P (Watt)	S (VA)		
1	80,98	0,1038	997	9,81	82196,72	224,94	272,39	0,82	151324,92	183843,44	54	0,40
5	75,88	0,1037	997	9,81	76966,26	223,75	292,22	0,80	156416,67	196127,88	49	0,42
6	75,88	0,1404	997	9,81	104147,60	221,54	304,01	0,83	167636,51	202050,32	62	0,33

Keterangan

Kriteria batas SEC = $\leq 0,4 \text{ kWh/m}^3$

nilai :

η_r = $\geq 50\%$

$\text{Cos } \varphi$ = $\geq 0,85$

 = Tidak sesuai standar

Berdasarkan Tabel 1 pompa 5 memiliki nilai efisiensi pompa dibawah 50% dan SEC diatas $0,4 \text{ kWh/m}^3$. Efisiensi pompa yang dibawah standar disebabkan karena daya hidrolis yang dihasilkan lebih kecil dari daya listrik yang dikeluarkan. Nilai SEC yang melebihi standar mengindikasikan tidak seimbangnya antara daya listrik yang dibutuhkan dengan produk yang dihasilkan yaitu debit air. Debit pompa 1 dan 5 hanya berbeda $0,0001 \text{ m}^3/\text{s}$ namun daya yang dibutuhkan untuk pompa 5 lebih besar $5.091,75 \text{ Watt}$ dibanding daya pompa 1. Hal ini menyebabkan nilai SEC pompa 5 lebih besar dari pompa 1.

2. Identifikasi Faktor Penyebab Tingginya Konsumsi Energi

Hasil analisis pada sub-bab 1 menunjukkan bahwa faktor penyebab tingginya konsumsi energi adalah tidak efisiensinya pompa 5 dan rendahnya faktor daya untuk keseluruhan sistem kelistrikan Instalasi Pompa Wendit 3. Penurunan efisiensi pompa dapat meningkatkan konsumsi energi dan biaya energi sehingga menimbulkan pemborosan (Winarto, 2019).

Identifikasi faktor penyebab tingginya konsumsi energi dapat dilakukan juga dengan analisis rekening listrik. Berdasarkan analisis rekening listrik, ada 2 penyebab tingginya konsumsi energi di Instalasi Pompa Wendit 3. Pertama, terkenanya tarif waktu beban puncak (WBP) karena seluruh pompa di Wendit 3 beroperasi selama 24 jam/hari. Struktur tarif listrik terbagi menjadi 2 yaitu luar waktu beban puncak (LWBP) pada pukul 23.00-17.00 dan waktu beban puncak (WBP) dimana pada siang hari tariff listrik lebih murah (Marchi, Simpson, & Lambert, 2017). Operasional pompa selama 24 jam/hari menyebabkan biaya listrik tinggi karena tarif WBP lebih mahal $\pm \text{Rp } 500$ dari tarif luar waktu beban puncak (LWBP).

Kedua, sistem kelistrikan terkena denda kVarh yang disebabkan rendahnya faktor daya. Hal ini sesuai dengan analisis pada poin 4.2 dimana ketiga pompa Wendit 3 memiliki faktor daya dibawah 0,85. Faktor daya yang kecil akan menghasilkan arus yang besar dan rugi-rugi daya akan semakin besar sehingga PLN memberikan batas minimal faktor daya sebesar 0,85 (Putra, 2017). Industri yang memiliki faktor daya yang rendah akan terkena pinalti disinsentif untuk biaya kelebihan pemakaian daya reaktif atau biasa disebut denda kVarh (Noor Hidayat, Wibowo, & Prasetya, 2020).

3. Identifikasi Faktor Penyebab Tingginya Konsumsi Energi

Hasil analisis sub-bab 2 menunjukkan bahwa faktor yang menyebabkan tingginya konsumsi energi di Instalasi Pompa Wendit 3 adalah tidak efisiennya pompa 5, rendahnya faktor daya sistem kelistrikan dan operasi pompa secara 24 jam/hari. Berdasarkan Buku Pedoman Pelaksanaan Efisiensi Energi di PDAM (Kementerian PUPR, 2014), kondisi tersebut dapat dilakukan upaya penghematan konsumsi listrik dan penghematan biaya dengan cara peningkatan efisiensi pompa, penggunaan kapasitor bank dan pengaturan jam operasional.

a. Peningkatan Efisiensi Pompa

Efisiensi pompa dapat dipengaruhi oleh bentuk impeller, jumlah sudu impeller dan sudut sudu keluar impeller (Akbar & Martianis, 2019; Musyafa & Siregar, 2015; Siregar & Damanik, 2020; Thoharudin, Nugroho, & Unjanto, 2014). Permasalahan yang dapat terjadi pada impeller yaitu penyumbatan dan mengalami retak (Gusniar, 2014; Muhtadin, 2017). Pompa 5 Instalasi Pompa Wendit 3 yang tidak efisien, perlu dilakukan pengecekan kondisi dengan cara overhaul. Overhaul merupakan kegiatan pembongkaran komponen lalu diperiksa dengan teliti agar data yang didapat valid sehingga langkah perbaikan selanjutnya tepat dan performa mesin kembali seperti semula (Muhtadin, 2017). Overhaul di Perumda Air Minum Tugu Tirta Kota Malang dilaksanakan jika terjadi permasalahan pada pompa sehingga pompa tidak beroperasi, namun ketika penelitian berlangsung tidak ada kegiatan overhaul di Instalasi Pompa Wendit 3. Oleh sebab itu, tindakan yang diperlukan untuk peningkatan efisiensi pompa dilakukan berdasarkan kriteria efisiensi pompa yang telah diterbitkan oleh Kementerian PUPR. Kriteria dan rekomendasi tindakan dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2
Rekomendasi Tindakan untuk Peningkatan Efisiensi Pompa

Efisiensi Pompa	Tindakan
$\eta_T \geq 50\%$	Pompa masih baik, tidak diperlukan tindakan apapun
$\eta_T = 45 - 50\%$	Penyetelan kembali impeller, pembersihan
$\eta_T = 40 - 45\%$	Rekondisi, perbaikan impeller dan penyetelan kembali
$\eta_T \leq 40\%$	Perbaikan total impeller atau penggantian pompa secara keseluruhan

Sumber : Kementerian PUPR, 2014

Pompa 5 Instalasi Pompa Wendit 3 memiliki efisiensi pompa sebesar 46% sehingga tindakan yang dapat dilakukan adalah pembersihan dan penyetelan kembali impeller. Tindakan ini termasuk dalam penghematan energi tanpa biaya karena untuk melakukan tindakan tersebut dilakukan oleh tim mekanik dari Perumda Air Minum Tugu Tirta Kota Malang.

Tindakan pembersihan dan penyetelan kembali impeller merupakan salah satu *predictive maintenance*. *Predictive maintenance* merupakan tindakan perawatan yang bersifat pengamatan terhadap objek dengan melakukan

pengamatan-pengamatan tertentu (Alfalah, 2018; Gusniar, 2014). Optimasi pompa tersebut dapat meningkatkan efisiensi pompa sebesar 5,87% sehingga produksi pompa juga semakin meningkat (Putra, 2018). Peningkatan produksi pompa 5 Instalasi Pompa Wendit 3 dapat dihitung sebagai berikut

$$\begin{aligned}\eta T &= \eta T \text{ awal} + \text{peningkatan} \\ &= 49 + 5,87 \\ &= 55 \quad \% \quad (\text{Memenuhi Standar})\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}P_w \text{ akhir} &= \eta T \times P \\ &= 55 \times 156416,67 \\ &= 86147,9 \\ &= 1 \quad \text{Watt}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}Q \text{ akhir} &= \frac{PW}{H \times g \times \rho} \\ &= \frac{86147,91}{75,88 \times 9,81 \times 997} \\ &= 0,1161 \quad \text{m}^3/\text{s}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}SEC \text{ akhir} &= \frac{P}{Q \times 3600 \times 1000} \\ &= \frac{156416,67}{0,1161 \times 3600 \times 1000} \\ &= 0,37 \quad (\text{kWh/m}^3) \quad (\text{Memenuhi Standar})\end{aligned}$$

Penyetellan kembali impeller dan pembersihan dapat meningkatkan efisiensi pompa 5 menjadi 55% sehingga merubah kondisi pompa 5 menjadi efosien. Penyetellan kembali impeller dan pembersihan juga dapat meningkatkan debit pompa 5 menjadi 0,1161 m³/s. Peningkatan debit pompa akan berpengaruh terhadap SEC dimana nilai SEC berbanding terbalik dengan debit pompa. Nilai SEC pompa 5 turun menjadi 0,37 kWh/m³ dan nilai tersebut telah memenuhi standar SEC.

b. Penggunaan Kapasitor Bank

Rendahnya faktor daya dikarenakan tingginya daya reaktif akibat penggunaan beban induktif pada sistem kelistrikan (Basudewa, 2020; Hajar & Rahayuni, 2020; Noor Hidayat et al., 2020). Untuk menurunkan daya reaktif perlu diberi beban kapasitif dapat berupa kapasitor (Ritonga, 2019). Penggunaan kapasitor bank bertujuan untuk memperbesar nilai faktor daya atau dengan kata lain untuk memperkecil nilai sudut ϕ sehingga nilai $\cos \phi$ besar (Kementerian PUPR, 2014). Selain meningkatkan nilai faktor daya serta menurunkan daya reaktif, penggunaan kapasitor bank juga dapat menurunkan biaya energi (Basudewa, 2020; Prayogo & Joko, 2018; Rachman, 2005) Kapasitor dapat

ditempatkan secara individu atau di panel induk (Prayogo & Joko, 2018). Pompa 1, 5 dan 6 memiliki nilai faktor daya yang rendah sehingga pemasangan kapasitor bank dilakukan di panel induk. Kebutuhan kapasitor dapat dihitung sebagai berikut

P (Daya Aktif)	=	475,38	kW
S (Daya Semu)	=	582,02	kVA
Cos φ	=	0,82	
φ	=	0,62	
Tan φ	=	0,71	
V (Tegangan)	=	377,89	Volt
f (Frekuensi)	=	50,0	Hz

Data-data diatas merupakan hasil pengukuran kualitas daya yang telah dibahas pada sub-bab 4.2. Kemudian ditentukan faktor daya sistem kelistrikan yang diinginkan. Pada penelitian ini faktor daya ditentukan 0,97 dimana masih meluangkan 0,12 diatas standart PLN. Hal ini sebagai upaya preventif adanya rugi-rugi daya lain yang timbul.

Cos φ'	=	0,97
φ'	=	0,25
Tan φ'	=	0,25

Setelah faktor daya sistem kelistrikan ditentukan, maka langkah selanjutnya menghitung daya semu setelah dilakukan pemasangan kapasitor. Perhitungan daya semu tersebut sebagai berikut

$$S' = \frac{P}{\cos \varphi'}$$

$$= \frac{475,38}{0,97}$$

$$= 490,08 \text{ kVA}$$

Kemudian dilakukan perhitungan terhadap penurunan daya reaktif setelah dilakukan pemasangan kapasitor. Perhitungan daya reaktif yaitu sebagai berikut

$$Q' = \sqrt{S'^2 - P^2}$$

$$= \sqrt{490,08^2 - 475,38^2}$$

$$= 119,14 \text{ kVAR}$$

Langkah selanjutnya adalah menghitung kompensasi daya reaktif sebagai berikut

$$Q_c = P(\tan \varphi - \tan \varphi')$$

$$= 475,38 (\tan 0,71 - \tan 0,25')$$

$$= 218,04 \text{ kVAR}$$

$$= 300 \text{ kVAR}$$

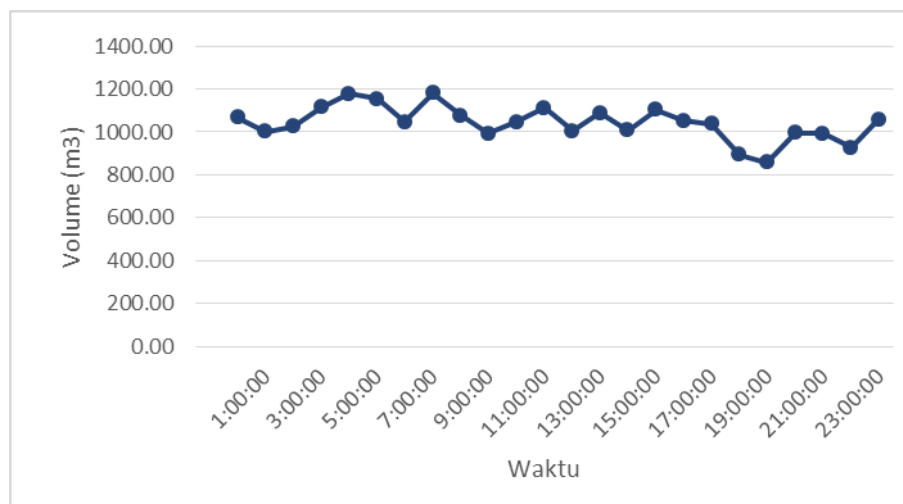
Instalasi pompa wendit 3 terdiri dari 6 pompa sehingga kompensasi daya reaktif sebesar 300 kVAR 6 step. Setiap step diperlukan 50 kVAR. Perencanaan

panel kapasitor bank ditambahkan 2 step sebagai cadangan sehingga kompensasi daya reaktif yang dibutuhkan 400 kVAR 8 step.

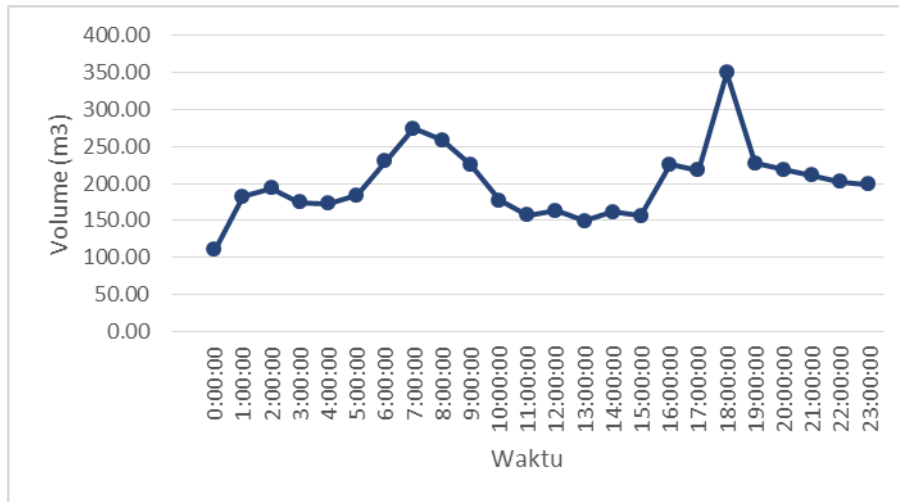
c. Pengaturan Jam Operasional Pompa

Pengaturan jam operasional memanfaatkan kapasitas reservoir semaksimal mungkin untuk menampung air ketika Luar Waktu Beban Puncak (LWBP) (Kementerian PUPR, 2014). Kegiatan ini biasanya disebut dengan *pump scheduling* dimana operasional pompa diganti dari tarif WBP menjadi tarif yang lebih rendah (Salomons & Housh, 2020). Dengan sistem kerja tersebut, *pump scheduling* dapat meningkatkan efisiensi energi pada sistem (Luna, Ribau, Figueiredo, & Alves, 2019).

Pengaturan jam operasional pompa perlu dilakukan analisa terhadap fluktuasi pemakaian air terlebih dahulu. Data tersebut dapat menentukan jam operasi pompa untuk memenuhi kebutuhan pelanggan. Fluktuasi pemakaian air pelanggan didapatkan dari fluktuasi level air Tandon Mojolangu dan Buring Bawah. Dari level air tersebut dapat dihitung volume air dengan melihat dimensi dari tandon. Fluktuasi pemakaian air di Mojolangu dan Buring Bawah dapat dilihat pada Gambar 5 dan Gambar 6



Gambar 5
Fluktuasi Pemakaian Air di Mojolangu



Gambar 6
Fluktuasi Pemakaian Air di Buring Bawah

Debit pompa 1 dan 6 Instalasi Pompa Wendit 3 sebagai supply air sesuai dengan hasil pengukuran pada sub-bab 4.1 sebesar 0,1038 m³/s dan 0,1404 m³/s. Debit pompa 5 menggunakan nilai pada poin 3.1 yaitu 0,1161 m³/s. Dari data fluktuasi pemakaian air pelanggan dan debit pompa, maka dapat dilakukan skema *pump scheduling* sebagai berikut.

Tabel 3
Skema Pengaturan Jam Operasional Instalasi Pompa Wendit 3

Waktu	Demand (m3)			Supply (m3)			
	Mojolang u	Buring Bawah	Total	P1	P5	P6	Total
0:00:00	1066,49	110,81	1177,30	373,73	418,03	505,369	1297,13
1:00:00	1001,03	182,18	1183,21	373,73	418,03	505,369	1297,13
2:00:00	1024,75	193,49	1218,24	373,73	418,03	505,369	1297,13
3:00:00	1114,07	174,42	1288,49	373,73	418,03	505,369	1297,13
4:00:00	1177,58	173,05	1350,63	373,73	418,03	505,369	1297,13
5:00:00	1152,73	184,50	1337,23	373,73	418,03	505,369	1297,13
6:00:00	1046,68	230,58	1277,26	373,73	418,03	505,369	1297,13
7:00:00	1181,22	274,62	1455,84	373,73	418,03	505,369	1297,13
8:00:00	1076,72	259,16	1335,88	373,73	418,03	505,369	1297,13
9:00:00	993,57	226,19	1219,77	373,73	418,03	505,369	1297,13
10:00:00	1045,18	176,99	1222,17	373,73	418,03	505,369	1297,13
11:00:00	1113,04	157,34	1270,37	373,73	418,03	505,369	1297,13
12:00:00	1005,01	163,67	1168,68	373,73	418,03	505,369	1297,13
13:00:00	1087,43	149,69	1237,12	373,73	418,03	505,369	1297,13
14:00:00	1007,82	161,78	1169,60	373,73	418,03	505,369	1297,13
15:00:00	1101,54	156,05	1257,59	373,73	418,03	505,369	1297,13
16:00:00	1053,33	225,71	1279,04	373,73	418,03	505,369	1297,13
17:00:00	1037,48	217,63	1255,11	373,73	418,03	505,369	1297,13
18:00:00	893,20	349,85	1243,05	OFF	418,03	505,369	923,40
19:00:00	857,70	227,57	1085,27	OFF	418,03	505,369	923,40
20:00:00	994,01	218,77	1212,78	OFF	418,03	505,369	923,40

Waktu	Demand (m3)			Supply (m3)			
	Mojolangu	Buring Bawah	Total	P1	P5	P6	Total
21:00:00	992,29	211,49	1203,78	373,73	418,03	505,369	1297,13
22:00:00	926,63	202,06	1128,69	373,73	418,03	505,369	1297,13
23:00:00	1058,35	199,31	1257,66	373,73	418,03	505,369	1297,13
Total			29834,77				30009,93

Skema pengaturan jam operasional pompa yang dapat diterapkan yaitu pompa 5 dan 6 beroperasi selama 24 jam/hari sedangkan pompa 1 beroperasi pukul 21.00 – 17.00.

4. Penurunan Biaya Energi

Biaya energi Instalasi Pompa Wendit 3 pada tahun 2020 sebesar Rp 621/m³. Biaya energi rata-rata setelah dilakukan implementasi peningkatan efisiensi energi Rp 376.456.527,-/bulan atau Rp 12.342.836,-/hari dengan volume air yang di supply sebesar 30.009,93 m³/hari. Dari data-data tersebut maka dapat dihitung biaya energi Instalasi Pompa Wendit 3 setelah dilakukan implementasi peningkatan efisiensi energi sebagai berikut

$$\begin{aligned}
 \text{Biaya Energi} &= \frac{\text{Biaya energi rata – rata (Rp)}}{\text{Volume air (m3)}} \\
 &= \frac{\text{Rp 12.342.836,-/hari}}{30.009,93 \text{ m3/hari}} \\
 &= \text{Rp 411/m}^3
 \end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan tersebut, maka dengan mengimplementasikan program peningkatan efisiensi energy dapat menurunkan biaya energi sebesar Rp 210/m³.

Kesimpulan

Faktor penyebab tingginya konsumsi energi di Instalasi Pompa Wendit 3 ada 3 yaitu tidak efisiennya pompa 5, rendahnya faktor daya untuk keseluruhan sistem kelistrikan yang berdampak terkenanya denda kVarh dan terkenanya tarif waktu beban puncak (WBP). Potensi peningkatan efisiensi energi yang dapat diterapkan di Instalasi Pompa Wendit 3 yaitu peningkatan efisiensi pompa 5 dengan penyetelan kembali impeller dan pembersihan, Penggunaan kapasitor bank 400 kVar 8 step serta Pengaturan jam operasional pompa dengan skema pompa 5 dan 6 beroperasi selama 24 jam/hari sedangkan pompa 1 beroperasi pukul 21.00 – 17.00. Implementasi peningkatan efisiensi energi di Instalasi Pompa Wendit 3 dapat menurunkan biaya energi dari Rp 621,-/m³ menjadi Rp 411,-/m³. Gagasan selanjutnya dari penelitian ini yaitu perlu kajian lebih lanjut implementasi peningkatan efisiensi energi terhadap jaringan transmisi wendit 3 serta analisis finansialnya.

BIBLIOGRAFI

- Akbar, Irfan, & Martianis, Erwen. (2019). Analisa Pengaruh Beberapa Bentuk Impeller Sudu Pompa terhadap Kecepatan Aliran dan Kinerja Pompa. *Seminar Nasional Industri Dan Teknologi (SNIT), Politeknik Negeri Bengkalis Analisa*, 252–260. [Google Scholar](#)
- Alfalah, W. (2018). Pemeliharaan Preventif Pompa Vakum STG PLTGU Unit 1 Tambak Lorok Semarang. *Jurnal PowerPlant*, 6(2), 117–138. Retrieved from <https://stt-pln.e-journal.id/powerplant/article/view/397>. [Google Scholar](#)
- Aalsey, Fernanda Khaira, Arsyad, M. Iqbal, Studi, Program, Elektro, Teknik, Teknik, Jurusan, Teknik, Fakultas, Tanjungpura, Universitas, & Energi, Intensitas Konsumsi. (2018). *Audit Energi Listrik Pada Perusahaan Daerah Air Minum (PDAM) Tirta Khatulistiwa*. [Google Scholar](#)
- Balai Teknik Air Minum. (2019). *Efisiensi Energi*. [Google Scholar](#)
- Basudewa, Danang Aji. (2020). Analisa Penggunaan Kapasitor Bank terhadap Faktor Daya Pada Gedung IDB Laboratory UNESA. *Jurnal Teknik Elektro*, 09(03), 697–707. [Google Scholar](#)
- BPSDM. (2018). Modul 02 Efisiensi Energi. In *Kementerian PUPR*. <https://doi.org/10.31292/jta.v3i3.129>. [Google Scholar](#)
- Constantya, Qory. (2021). Energy Efficiency in the Distribution System. *International Journal of Science and Research (IJSR)*, 10(1), 1317–1321. <https://doi.org/10.21275/SR21121082240>.
- D'Ercole, Marianna, Righetti, Maurizio, Ugarelli, Rita Maria, Berardi, Luigi, & Bertola, Paolo. (2016). An Integrated Modeling Approach to Optimize the Management of a Water Distribution System: Improving the Sustainability while Dealing with Water Loss, Energy Consumption and Environmental Impacts. *Procedia Engineering*, 162, 433–440. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2016.11.085>. [Google Scholar](#)
- Direktorat Air Minum. (2020). *Buku Kinerja BUMD Air Minum 2020*. [Google Scholar](#)
- Ghimire, Santosh R., & Barkdoll, Brian D. (2007). Issues in energy consumption by municipal drinking water distribution systems. *Restoring Our Natural Habitat - Proceedings of the 2007 World Environmental and Water Resources Congress*, 1–10. [https://doi.org/10.1061/40927\(243\)471](https://doi.org/10.1061/40927(243)471). [Google Scholar](#)
- Gusniar, Iwan Nugraha. (2014). Optimalisasi Sistem Perawatan Pompa Sentrifugal di Unit Utility PT.ABC. *Jurnal Ilmiah Solusi*, 1(1), 77–86. [Google Scholar](#)
- Hajar, Ibnu, & Rahayuni, Suni Meninda. (2020). Analisis Perbaikan Faktor Daya Menggunakan Kapasitor Bank Di Plant 6 PT. Indocement Tunggal Prakarsa Tbk.

Unit Citeureup. *Jurnal Ilmiah Setrum*, 9(1), 8–16. [Google Scholar](#)

Huang, Chenfan, Li, Yue, Li, Xuyao, Wang, Hongtao, Yan, Jinyue, Wang, Xin, Wu, Jiang, & Li, Fengting. (2018). Understanding the water-energy nexus in urban water supply systems with city features. *Energy Procedia*, 152, 265–270. <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2018.09.121> [Google Scholar](#)

Kementerian PUPR. (2014). *Pedoman Pelaksanaan Efisiensi Energi di PDAM*. [Google Scholar](#)

Luna, Tiago, Ribau, João, Figueiredo, David, & Alves, Rita. (2019). Improving energy efficiency in water supply systems with pump scheduling optimization. *Journal of Cleaner Production*, 213, 342–356. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.12.190>. [Google Scholar](#)

Marchi, Angela, Simpson, Angus R., & Lambert, Martin F. (2017). Pump Operation Optimization Using Rule-based Controls. *Procedia Engineering*, 186, 210–217. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2017.03.229>. [Google Scholar](#)

Muhtadin, Meirza. (2017). Perawatan Korektif Pompa Sentrifugal Between Bearing (3003 J) Di Pt. Pupuk Kujang Cikampek. [Google Scholar](#)

Mulyono. (2020). Implementasi Demand Side Management (DSM) Pada Instalasi Pengolahan Air PDAM Mulia Baru. *Energi Dan Kelistrikan*, 12(1), 43–52. <https://doi.org/https://doi.org/10.33322/energi.v12i1.934>.

Musyafa, Achmad Aliyin, & Siregar, Indra Herlamba. (2015). Pengaruh Jumlah Sudu Sentrifugal Impeller Terhadap Kapasitas Dan Efisiensi Pompa Sentrifugal. *Teknik Mesin, Universitas Negeri Surabaya*, 03, 136–144. [Google Scholar](#)

Noor Hidayat, Mohammad, Wibowo, Sigi Syah, & Prasetya, Moch. Guntur Eka. (2020). Kajian Manajemen Energi Listrik pada Stasiun Pompa Air. *ELPOSYS: Jurnal Sistem Kelistrikan*, 7(3), 27–32. <https://doi.org/10.33795/elposys.v7i3.15> [Google Scholar](#)

Prayogo, Muhammad Danang Putro, & Joko. (2018). Efektifitas Penggunaan Kapasitor Bank Untuk Faktor Daya Pada Batu Night Spectacular (BNS). *Jurnal Teknik Elektro*, 07(01), 63–69. [Google Scholar](#)

Putra, Arihandanu. (2018). Evaluasi Penggunaan ESP Rerun dalam Mengedepankan Operational Excellence in Cost Reduction di BOB PT. BSP – Pertamina Hulu.

Putra, Rahadian Yunanto Dwi. (2017). *Perancangan KVARH Meter untuk Metering Beban Induktif pada Jaringan Tegangan Menengah*. Institut Teknologi Sepuluh Nopember. [Google Scholar](#)

Rachman, Maman. (2005). *Pengaruh Pemasangan Capasitor Bank Terhadap Tingkat Pelayanan Air Bersih di PDAM Tirta Raharja Soreang Kabupaten Bandung*.

[Google Scholar](#)

Ritonga, Maswar Mujahidy. (2019). *Penggunaan Kapasitor Bank Sebagai Media untuk Perbaikan Faktor Daya pada Gedung Pelayanan Kesehatan*. Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Salomons, Elad, & Housh, Mashor. (2020). Practical real-time optimization for energy efficient water distribution systems operation. *Journal of Cleaner Production*, 275, 124148. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.124148>. [Google Scholar](#)

Siregar, Munawar Alfansury, & Damanik, Wawan Septiawan. (2020). Pengaruh Variasi Sudut Keluar Impeler Terhadap Performance Pompa Sentrifugal. *Jurnal Rekayasa Material, Manufaktur Dan Energi Pengaruh*, 3(2), 166–174. <https://doi.org/https://doi.org/10.30596/rmme.v3i2.5278>. [Google Scholar](#)

Thoharudin, Nugroho, Arif Setyo, & Unjanto, Stefanus. (2014). Optimasi Tinggi Tekan Dan Efisiensi Pompa Sentrifugal dengan Perubahan Jumlah Sudu Impeler dan Sudut Sudu Keluar Impeler (β_2) Menggunakan Simulasi Computational Fluid Dynamics. *Prosiding Seminar Nasional Aplikasi Sains & Teknologi (SNAST)*, (November), 211–216. [Google Scholar](#)

Winarto, Sonden. (2019). Optimalisasi Energi pada Pompa Kali Solo I. *Swara Patra*, 9(1), 58–72. [Google Scholar](#)

Copyright holder:

Qory Constantya, Agus Slamet, Gabriel Novianus Rumambo Pandin (2021)

First publication right:

Syntax Literate: Jurnal Ilmiah Indonesia

This article is licensed under:

