

Audit Energi Awal Pada Pompa Distribusi Sampangan dan Pompa Transport Kaligarang Perumda Air Minum Tirta Moedal Kota Semarang

Ghalib Ghibran Wahab, Ervin Nurhayati

Departemen Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil, Perencanaan dan Kebumihan,
Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya, Indonesia

*Koresponden email: galibwahab44@gmail.com, ervin@enviro.its.ac.id

Diterima: 26 September 2024

Disetujui: 3 Oktober 2024

Abstract

Perumda Tirta Moedal Drinking Water Semarang City has seven units of water treatment plants (IPA) with a capacity of 2760 litres/second. To distribute the water produced by Perumda Tirta Moedal Drinking Water, Semarang City uses 145 units of water pumps, which causes high energy costs. Based on the Summary Book of BUMD Performance for the Implementation of Drinking Water Supply System (SPAM) in 2023, the energy cost of Perumda Tirta Moedal Drinking Water Semarang City is IDR 392/m³, where the value of this energy cost is higher than the national average. The high cost of energy, especially electricity, currently makes the company's operational burden even heavier if good energy management and efficiency are not carried out. The first step that can be taken is to carry out an energy audit to assess the efficiency of the pump and determine the Specific Energy Consumption (SEC) value. When carrying out an initial energy audit, data relating to flow, pressure and electrical parameters are collected. The samples in this initial energy audit are the Sample Distribution Pump and the Kaligarang Transport Pump which have a pump efficiency value of 42.96% and the Kaligarang Transport Pump which has a pump efficiency value of 54.95%. Based on the pump efficiency value, Perumda Tirta Moedal Drinking Water needs to take steps to improve energy efficiency.

Keywords: *energy audit, drinking water, pump efficiency, specific energy consumption*

Abstrak

Perumda Air Minum Tirta Moedal Kota Semarang memiliki tujuh unit Instalasi Pengolahan Air (IPA) dengan kapasitas mencapai 2760 liter/detik. Untuk mendistribusikan air yang diproduksi Perumda Air Minum Tirta Moedal Kota Semarang menggunakan pompa air sebanyak 145 unit yang menyebabkan tingginya biaya energi. Berdasarkan dari Buku Pedoman Summary Kinerja BUMD Penyelenggaraan Sistem Penyelenggaraan Air Minum (SPAM) tahun 2023, biaya energi Perumda Air Minum Tirta Moedal Kota Semarang adalah Rp 392/m³ dimana nilai biaya energi ini berada di atas rata-rata nasional. Mahalnya biaya energi terutama listrik saat ini menjadikan beban operasional perusahaan semakin berat apabila tidak dilakukan pengelolaan dan efisiensi energi yang baik. Langkah awal yang dapat dilakukan adalah dengan melaksanakan audit energi yang bertujuan untuk mengevaluasi efisiensi pompa dan menentukan nilai *Specific Energy Consumption* (SEC). Dalam melakukan audit energi awal dilakukan pengambilan data terkait debit, tekanan, dan parameter kelistrikan. Sampel dalam audit energi awal ini yaitu Pompa Distribusi Sampangan dan Pompa Transport Kaligarang yang memiliki nilai efisiensi pompa sebesar 42,96% dan Pompa Transport Kaligarang memiliki nilai efisiensi pompa sebesar 54,95%. Berdasarkan nilai efisiensi pompa tersebut Perumda Air Minum Tirta Moedal perlu melakukan langkah peningkatan efisiensi energi.

Kata kunci : *air minum, audit energi, efisiensi pompa, konsumsi energi spesifik*

1. Pendahuluan

Kota Semarang merupakan ibukota dari Provinsi Jawa Tengah yang berada antara garis 6°50' - 7°10' Lintang Selatan dan garis 109°35' - 110°50' Bujur Timur. Berdasarkan topografi wilayahnya, Kota Semarang memiliki elevasi tanah beragam dengan titik terendah di 1 meter di atas permukaan laut dan titik tertinggi berada 311 meter dari permukaan laut. [1]. Berdasarkan kondisi tersebut Sistem Penyediaan Air Minum (SPAM) Perumda Air Minum Tirta Moedal Kota Semarang tidak dapat menggunakan sistem gravitasi sepenuhnya dan menerapkan sistem pemompaan di sebagian wilayah layanannya. Sampai akhir tahun 2023, Perumda Air Minum Tirta Moedal Kota Semarang memiliki 7 (tujuh) unit Instalasi Pengolahan Air (IPA) dengan kapasitas produksinya mencapai 2760 liter/detik. Untuk mendistribusikan air yang

diproduksi, Perumda Air Minum Tirta Moedal Kota Semarang menggunakan pompa, sehingga dapat menyebabkan meningkatnya biaya energi. Perumda Air Minum Tirta Moedal Kota Semarang memiliki jumlah pompa sebanyak 145 unit yang terdiri dari 12 jenis yaitu pompa distribusi, pompa transmisi, pompa intake, pompa transfer, pompa sumur, pompa dosing, pompa gas, pompa chlor, pompa backwash, pompa blower dan pompa reservoir.[2]. Konsumsi listrik untuk mengoperasikan pompa air di Perusahaan Daerah Air Minum (PDAM) dapat mencapai perkiraan 80% dari total konsumsi listrik yang digunakan. Adapun biaya yang dikeluarkan untuk penggunaan listrik ini dapat mencapai 30% dari biaya operasional perusahaan air minum [3].

Biaya energi adalah biaya yang dibutuhkan PDAM untuk menghasilkan produksi 1 m³ air, dalam hal ini beban listrik, solar, ataupun bahan bakar lain yang dikeluarkan PDAM. Berdasarkan Buku Summary Kinerja BUMD Penyelenggaraan Sistem Penyelenggaraan Air Minum (SPAM) tahun 2023, biaya energi rata-rata nasional adalah Rp 363,45/m³. Adapun biaya energi Perumda Air Minum Tirta Moedal Kota Semarang adalah Rp 392/m³ dimana nilai biaya energi ini berada di atas rata-rata nasional tersebut. [4]. Biaya terbesar yang dikeluarkan oleh PDAM adalah komponen biaya penggunaan listrik. Tingginya biaya listrik dapat disebabkan seperti penggunaan energi listrik yang bukan untuk peningkatan kapasitas produksi/distribusi serta usia instrumen peralatan serta penggunaan energi listrik yang tidak efisien. [5]. Kondisi sistem distribusi Perumda Air Minum Tirta Moedal yang bergantung kepada operasional pompa menjadikan beban biaya energi menjadi tinggi yang diakibatkan oleh besarnya konsumsi energi. Dengan semakin mahalnya biaya energi terutama listrik saat ini menjadikan beban operasional perusahaan semakin berat apabila tidak dilakukan pengelolaan dan efisiensi energi yang baik. Langkah yang dapat dilakukan oleh Perumda Air Minum Tirta Moedal Kota Semarang adalah melakukan audit energi yang saat ini memang belum dilakukan secara berkala oleh Perumda Air Minum Tirta Moedal Kota Semarang.

Audit energi adalah metode pengamatan atau analisa terkait terhadap aliran energi dan jumlah pemakaian energi tanpa mengganggu kegiatan hasil dari produksi. Maksud dan tujuan dari audit energi adalah untuk penilaian besarnya konsumsi energi suatu usaha, menghitung energi yang hilang, dan melakukan identifikasi langkah terkait dalam efisiensi penggunaan energi. [6]. Secara umumnya audit energi dapat dibedakan menjadi tiga kelompok yaitu survei energi (*walkthrough audit*), audit energi awal (*preliminary audit*), dan audit energi rinci (*detailed audit*). Audit energi awal (*Preliminary Audit*) melibatkan pengukuran terbatas dan pengumpulan data primer selama survei awal. Dalam proses ini, dilakukan identifikasi terkait masalah penggunaan energi dan perkiraan potensi penghematan energi yang dapat dilakukan [7]. Adapun audit energi awal (*Preliminary Audit*) dalam hal ini dilakukan di instalasi Pompa Distribusi Sampangan dan Pompa Transport Kaligarang.

Instalasi Pompa Distribusi Sampangan dan Pompa Transport Kaligarang merupakan salah satu instalasi pompa yang terdapat pada Perumda Air Minum Tirta Moedal Kota Semarang. Pompa Distribusi Sampangan mengalirkan air dari reservoir kaligarang berkapasitas 200 m³ dengan debit rata-rata 50 liter/detik ke zona aliran Kaligarang, DMA Gunung Talang dan DMA Talang Sari, sementara Pompa Transport Kaligarang mengalirkan air dari intake IPA Kaligarang III dengan debit rata-rata 250 liter/detik ke Reservoir Sultan Agung. [2] Audit energi awal di Pompa Distribusi Sampangan dan Pompa Transport Kaligarang bertujuan untuk mengevaluasi efisiensi pompa dan menentukan nilai *Specific Energy Consumption* (SEC). Selain itu, audit energi ini juga berfungsi sebagai langkah awal bagi Perumda Air Minum Tirta Moedal untuk melakukan audit energi menyeluruh.

2. Metode Penelitian

Audit energi awal ini dilaksanakan di rumah Pompa Distribusi Sampangan dan Pompa Transport Kaligarang di Perumda Air Minum Tirta Moedal Kota Semarang pada Mei 2024. Tujuan dari audit energi awal ini adalah untuk melakukan identifikasi dini serta menganalisis faktor-faktor yang dapat menjadi penyebab tingginya biaya dan pemakaian energi pada sistem pompa di Perumda Air Minum Tirta Moedal Kota Semarang.

Langkah pertama adalah pengambilan data terkait untuk melakukan analisis nilai kualitas daya, efisiensi pompa dan nilai SEC. Debit pompa diukur pada pipa *discharge* menggunakan *Ultrasonic Flowmeter Portable* (**Gambar 1**), sedangkan tekanan diukur dengan *pressure gauge* (**Gambar 2**) yang terpasang pada pipa *discharge* pompa.



Gambar 1. Alat Ukur Debit *Ultrasonic Flowmeter Portable*
Sumber : Dokumentasi Pribadi (2024)



Gambar 2. Alat Ukur Tekanan *Pressure Gauge*
Sumber : Dokumentasi Pribadi (2024)

Pengukuran kualitas daya pada instalasi pompa di Instalasi Pompa Distribusi Sampangan dan Pompa Transport Kaligarang dilakukan menggunakan *power meter* sebagaimana pada (**Gambar 3**). Alat ini mampu mengukur berbagai parameter listrik secara real-time, termasuk arus, tegangan, daya, faktor daya, frekuensi. *Power meter* tersebut tersambung dengan *logger* yang akan mengumpulkan data sehingga data dapat dilakukan rekaman setiap menit selama 1 jam dalam sehari.



Gambar 3. Alat Ukur Parameter Listrik *Power Meter Dilengkapi Logger*
Sumber : Dokumentasi Pribadi (2024)

Data yang diperoleh kemudian dibandingkan dengan nilai standar SEC, rasio perbandingan antara jumlah energi yang dikonsumsi (kWh) untuk setiap satuan volume air yang diproduksi dalam m^3 . SEC dinyatakan dalam satuan kWh/m^3 , SEC dapat dinyatakan hemat energi ketika nilainya $<0,4 kWh/m^3$. Jika nilai $SEC > 0,4 kWh/m^3$ maka dapat dinyatakan bahwa konsumsi energi yang digunakan tidak efisien. SEC ini merupakan nilai patokan bagi PDAM dalam melakukan penilaian dan audit efisiensi energi. Makin kecil nilai SEC, pemakaian energi semakin baik dan efisien. [8]. Efisiensi pompa merupakan nilai patokan efisiensi dalam sistem pompa secara keseluruhan. Hasil pengolahan data ini akan menentukan apakah pompa masih dalam kondisi baik digunakan dengan nilai efisiensi lebih 60%, memerlukan perbaikan *mayor*

apabila efisiensi kurang 50%, dan perbaikan *minor* apabila efisiensi 50-60%. [7]. Setelah melakukan pengambilan data dilakukan analisis data terkait nilai kinerja daya pompa dan kualitas daya pompa, menghitung nilai SEC pompa (kwh/m³) dan menghitung nilai efisiensi pompa selanjutnya dapat diberikan rekomendasi perbaikan pada instalasi pompa dan ditarik kesimpulan.

3. Hasil dan Pembahasan

Pengambilan data debit aliran pompa dilaksanakan menggunakan alat *Ultrasonic Flow Meter Portabel* pada lokasi pipa *discharge* dari instalasi pompa ke dalam sistem distribusi untuk mendapatkan nilai debit yang dapat dialirkan oleh pompa distribusi. Langkah pertama adalah *input* data diameter luar pipa, jenis material bahan pipa, dan massa jenis fluida ke dalam *Ultrasonic Flow Meter Portabel*. Setelah memasukkan variabel nilai tersebut, jarak sensor *Ultrasonic Flow Meter Portabel* akan di kalkulasi oleh alat tersebut secara otomatis. Kemudian, pasang sensor sesuai dengan jarak yang telah ditetapkan dan *Ultrasonic Flow Meter Portabel* yang melakukan *record* data setiap menit dalam satu jam. Sementara pengambilan data tekanan dilakukan dengan pembacaan nilai pada *Pressure Gauge* terpasang di pipa *ouput* pompa. Hasil Analisa pengukuran debit aliran serta tekanan pada pompa dapat diamati pada **Tabel 1**.

Tabel 1. Hasil Pengukuran Debit dan Tekanan

Nama Pompa	Debit (liter/Detik)	Debit (m ³ /detik)	Tekanan (meter)	Tekanan (bar)
Pompa Distribusi Sampangan	46	0,046	52,10	5,21
Pompa Transport Kaligarang	256	0,256	56,75	5,67

Sumber : Hasil Pengukuran, 2024

Hasil pengukuran debit aliran dan tekanan di lapangan selanjutnya dibandingkan dengan debit aliran dan tekanan dari spesifikasi Pompa Distribusi Sampangan dan Pompa *Transport* Kaligarang. Spesifikasi pompa eksiting tertera pada **Tabel 2**.

Tabel 2. Spesifikasi Pompa Eksisting

Nama Pompa	Jenis Pompa	Merk Pompa	Debit (liter/detik)	Tekanan (meter)
Pompa Distribusi Sampangan	<i>Sentrifugal End Suction Pump</i>	Ebara	125	50
Pompa <i>Transport</i> Kaligarang	<i>Horizontal Split Case Pump</i>	Nijhuis	320	70

Sumber : Inventaris Pompa Perumda Air Minum Tirta Moedal, 2024

Berdasarkan spesifikasi pompa pada **Tabel 2**, debit aliran untuk Pompa Distribusi Sampangan berdasarkan pengukuran lapangan sebesar 46 liter/detik bekerja jauh dibawah spesifikasi pompa sebesar 125 liter/detik, untuk tekanan Pompa Distribusi Sampangan berdasarkan pengukuran lapangan sebesar 52,10 meter sudah bekerja sesuai spesifikasi pompa bahkan berada diatas spesifikasi tekanannya yaitu 50 meter. Sementara Debit aliran untuk Pompa *Transport* Kaligarang berdasarkan pengukuran lapangan sebesar 256 liter/detik bekerja dibawah spesifikasi pompa sebesar 320 liter/detik, untuk tekanan Pompa *Transport* Kaligarang Pompa *Transport* Kaligarang berdasarkan pengukuran lapangan sebesar 56,75 meter sudah bekerja dibawah spesifikasi pompa sebesar 70 meter.

Tekanan pompa yang melebihi spesifikasinya berdampak pada efisiensi pompa dimana pompa akan bekerja dengan mengkonsumsi lebih banyak energi untuk menghasilkan tekanan lebih tinggi yang menyebabkan kinerja pompa akan menurun seiring dengan perjalanan waktu. Tekanan berlebihan dapat menyebabkan penurunan tekanan di area tertentu dalam pompa, yang dapat menyebabkan kavitasi. Kavitasi dapat merusak impeller dan bagian lain dari pompa. [9].

Prinsip kerja sistem pemompaan adalah mengubah energi listrik menjadi energi hidrolik dengan melalui dua tahapan konversi [10]. *Electric drive* yang biasanya digunakan adalah motor. Motor akan mentransformasikan energi listrik kedalam bentuk energi mekanik yang kemudian dialirkan ke pompa ke *rotating shaft*. Energi mekanik tersebut diubah oleh pompa menjadi energi hidrolik. Energi hidrolik pompa dapat diperoleh dengan menggunakan persamaan (1)

$$P_w = \rho \times g \times Q \times H \quad \dots\dots\dots (1)$$

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)

Tabel 3. Hasil Perhitungan Daya Hidrolis Pompa

Pompa	Daya Kinerja Pompa				Daya Hidrolis (kW)
	H (m)	Q (m ³ /s)	g (m/s ²)	ρ (kg/m ³)	
Pompa Distribusi Sampangan	52,10	0,046	998	9,81	23,463
Pompa Transport Kaligarang	56,75	0,256	998	9,81	142,08

Sumber : Hasil Analisa, 2024

Kinerja pompa akan sebanding dengan nilai debit dan head pompa yang dapat diamati dari **Tabel 3**, dimana nilai daya kinerja pompa (P_w) untuk Pompa Distribusi Sampangan adalah 23,463 kW, sedangkan untuk Pompa Transport Kaligarang adalah 142,089 kW. Kualitas daya pada kedua pompa tersebut diambil datanya dengan bantuan alat *Power Meter* yang dihubungkan dengan *logger*. Sejumlah data yang dikumpulkan dari mencakup nilai tegangan (volt), arus (ampere), faktor daya ($\cos \phi$), daya (watt), serta daya semu (VA). Hasil analisa kualitas daya yang dilakukan dapat dilihat pada **Tabel 4**.

Tabel 4. Kualitas Daya Pompa

Pompa	I (A)	U (V)	Cos ϕ	Daya Input (kW)
Pompa Distribusi Sampangan	127,49	380	0,65	54,55
Pompa Transport Kaligarang	454,1	380	0,86	258,56

Sumber : Hasil Analisa, 2024

Berdasarkan **Tabel 4**, daya input pompa (P_h) untuk Pompa Distribusi Sampangan adalah 54,55 kW, sedangkan untuk Pompa *Transport* Kaligarang adalah 258,56 kW. Nilai $\cos \phi$ untuk Pompa Distribusi Sampangan adalah 0,65, untuk Pompa Distribusi Sampangan adalah 0,86. Standar nilai $\cos \phi$ (faktor daya) untuk pompa biasanya tergantung pada jenis pompa dan aplikasi spesifiknya, untuk pompa air bersih dan limbah, faktor daya biasanya di atas 0,85 [11]. Pompa Distribusi Sampangan memiliki nilai $\cos \phi$ dibawah nilai ideal 0,85 akan berpengaruh ke efisiensi energi yang rendah karena faktor daya rendah berarti sebagian besar daya yang ditarik dari sumber tidak digunakan untuk melakukan kerja nyata, tetapi disimpan dan dilepaskan dalam bentuk daya reaktif. Nilai $\cos \phi$ yang <0,85 tidak sesuai ketentuan PLN sehingga pompa akan dikenakan biaya lebih yang disebut denda kVAR [12].

Denda kVAR adalah tarif lebih yang dikenakan oleh PLN untuk membangkitkan beban induktif suatu perangkat motor yang menghasilkan daya reaktif. Sehingga nilai $\cos \phi$ yang rendah mempengaruhi efisiensi pompa dan biaya operasional Perumda Air Minum Tirta Moedal Kota Semarang. Solusi untuk menurunkan daya reaktif dapat berupa penggunaan kapasitor *bank* [13]. Pemanfaatan alat kapasitor *bank* akan mampu memperbesar nilai faktor daya atau dengan kata lain untuk mengecilkan nilai sudut ϕ sehingga nilai ($\cos \phi$) akan meningkat [7]. Selain menambah nilai faktor daya dan mengurangi nilai daya reaktif, penggunaan kapasitor bank juga dapat menekan dari segi biaya energi [14].

Dengan menggunakan data hasil analisa kualitas daya dan daya kinerja pompa, efisiensi pompa diketahui sesuai pada **Tabel 5**. Hasil analisa perhitungan efisiensi ini kemudian dibandingkan dengan standar efisiensi pompa yang sebaiknya $\geq 60\%$. [7]. Adapun persamaan efisiensi pompa sebagaimana ditampilkan pada persamaan (2).

$$\text{Efisiensi pompa total, } \eta_T = \frac{\text{Phidrolis}}{\text{Pinput motor}} \times 100\% \dots\dots (2)$$

Dimana P_w = daya kinerja pompa (Watt)
 P_h = daya hidrolis (Watt)
 η_T = efisiensi total sistem pompa (%)

Tabel 5. Nilai Efisiensi Pompa

Pompa	Daya Hidrolis (kW)	Daya Input (kW)	η_T (%)
Pompa Distribusi Sampangan	23,46	54,55	42,96
Pompa Transport Kaligarang	142,08	258,56	54,95

Sumber : Hasil Analisa, 2024

Berdasarkan **Tabel 5** diketahui efisiensi pompa berada dibawah 60% akan mempengaruhi nilai efisiensi pompa yang akan membuat konsumsi energi meningkat sehingga biaya energi sehingga menimbulkan pemborosan biaya [15].

Tabel 6. Rekomendasi Tindakan Efisiensi Pompa

Kriteria Efisiensi pompa	Tindakan
$\eta_t \geq 60\%$	Pompa masih baik, tidak diperlukan Tindakan apapun
$\eta_t = 55\% - 60\%$	Penyetelan kembali <i>impeller</i> , pembersihan
$\eta_t = 50\% - 55\%$	Rekondisi, perbaikan <i>impeller</i> dan penyetelan kembali
$\eta_t \leq 50\%$	Perbaikan total <i>impeller</i> atau penggantian pompa keseluruhan

Sumber : Kementerian PUPR, 2018

Berdasarkan **Tabel 5**, nilai efisiensi Pompa Distribusi Sampangan sebesar 42,96% dan nilai efisiensi Pompa Transport Kaligarang sebesar 54,95%. Apabila nilai efisiensi pompa Pompa Distribusi Sampangan dan Pompa Transport Kaligarang dibandingkan dengan rekomendasi tindakan efisiensi pompa pada **Tabel 6** penanganan yang diperlukan adalah rekondisi, perbaikan *impeller* dan penyetelan kembali pada instalasi Pompa Transport Kaligarang sedangkan untuk Pompa Distribusi Sampangan diperlukan perbaikan total *impeller* atau penggantian pompa keseluruhan. Dalam audit energi awal juga perlu dilakukan perhitungan nilai SEC, adapun SEC merupakan rasio perbandingan antara jumlah energi yang dikonsumsi (kWh) untuk setiap satuan volume air yang diproduksi (m^3). Semakin rendah nilai SEC, maka penggunaan energi untuk produksi dan distribusi air semakin efisien [7]. Persamaan SEC secara umum dilihat pada persamaan (3).

$$SEC = \frac{\text{Jumlah energi (kWh)}}{\text{Produksi air (m}^3\text{)}} \dots\dots\dots (3)$$

Nilai SEC untuk Instalasi Pompa Distribusi Sampangan dan dan Pompa Transport Kaligarang yang berada di IPA Kaligarang pada bulan Mei 2024 dapat diamati hasilnya pada **Tabel 7**.

Tabel 7. Nilai SEC

Pompa	Pemakaian Energi (kWh)	Jumlah Air Terdistribusi (m^3)	Nilai SEC
Pompa Distribusi Sampangan	38.370	143.588,3	0,267
Pompa Transport Kaligarang	151.231	932.905,4	0,162

Sumber : Hasil Analisa, 2024

Berdasarkan **Tabel 7** besaran nilai SEC pada Pompa Distribusi Sampangan yaitu 0,267 dan nilai SEC Pompa *Transport* Kaligarang yaitu 0,162. Nilai SEC dinyatakan hemat energi ketika nilainya $<0,4$ kWh/ m^3 . Jika nilai SEC $> 0,4$ kWh/ m^3 , maka dapat dinyatakan bahwa konsumsi energi boros. SEC ini merupakan nilai patokan bagi PDAM dalam melaksanakan efisiensi energi. Makin kecil nilai SEC, dari standar yang ditentukan maka pemakaian energi akan makin efisien dan baik [7].

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil pemeriksaan audit energi awal (*preliminary audit*) yang dilakukan di instalasi pompa di Perumda Air Minum Tirta Moedal yaitu Pompa Distribusi Sampangan dan Pompa *Transport* Kaligarang, maka dapat diambil kesimpulan bahwa instalasi Pompa Distribusi Sampangan memiliki nilai efisiensi pompa sebesar 42,96% dan Pompa *Transport* Kaligarang memiliki nilai efisiensi pompa sebesar 54,95%. Angka tersebut apabila mengacu kepada Buku Pedoman Efisiensi Energi yang dikeluarkan Kementerian PUPR terkait rekomendasi dan tindakan efisiensi pompa diperlukan rekondisi, perbaikan impeller dan penyetelan kembali pada Pompa *Transport* Kaligarang sedangkan pada Pompa Distribusi Sampangan diperlukan penggantian impeller secara menyeluruh atau substitusi pompa secara keseluruhan.

Nilai SEC untuk Pompa Distribusi Sampangan dan Pompa *Transport* Kaligarang pada saat dilaksanakan pemeriksaan audit masih berada dalam standar kriteria, yaitu kurang dari 0,4 kWh/m³. Hal lain yang dapat menjadi perhatian Perumda Air Minum Tirta Moedal Kota Semarang yaitu nilai faktor daya ($\cos \phi$) pada Pompa Distribusi Sampangan pada saat dilaksanakan pemeriksaan nilainya 0,65. Nilai tersebut berada di bawah ambang batas kriteria nilai untuk pompa air minum yaitu 0,85. Nilai faktor daya ($\cos \phi$) akan berpengaruh ke nilai efisiensi pompa dan biaya operasional Perumda Air Minum Tirta Moedal Kota Semarang salah satu cara yang dapat dilakukan untuk menambah nilai faktor daya ($\cos \phi$) dengan pemasangan dan penggunaan kapasitor bank.

5. Referensi

- [1] Kota Semarang Dalam Angka. Badan Pusat Statistik (BPS) Kota Semarang. 2023. Semarang.
- [2] Profil Perumda Air Minum Tirta Moedal. 2023. Semarang.
- [3] Alsey, F. k. & Arsyad, M. I. (2019). Audit Energi Listrik pada Perusahaan Daerah Air Minum (PDAM) Tirta Khatulistiwa. 2, 1-6. Jurnal S1 Teknik Elektro UNTAN.
- [4] Direktorat Air Minum. (2023). Buku Kinerja BUMD Air Minum 2023. Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat.
- [5] Constantya, Q., Slamet, A., Pandin, G.N.R., 2021. Analisis Peluang Peningkatan Efisiensi Energi pada Instalasi Pompa Wendit 3 Perumda Air Minum Tugu Tirta Kota Malang. Jurnal Ilmiah Indonesia.
- [6] Burhanuddin, M., Nisworo, S., & Pravitasari, D. (2021). Audit Energi Pada Pompa Submersible di Pdam Guna Memperoleh Peluang Penghematan Energi. Jurusan Teknik Elektro Universitas Tidar.
- [7] Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat. (2018). Buku Pedoman Pelaksanaan Efisiensi Energi di PDAM.
- [8] USAID IUWASH PLUS. (2018). Panduan Penyusunan Audit Efisiensi Energi.
- [9] Zhang, J., Wang, Z., & Chen, H. (2017). Effects of Overpressure on Pump Efficiency and Longevity. International Journal of Fluid Machinery and Systems, 10(3), 211-220.
- [10] Stoffel, B. (2015). *Pumps: Basic concepts and applications*. Springer.
- [11] National Electrical Manufacturers Association. (2016). *NEMA MG 1-2016: Motors and Generators*. Rosslyn, VA: National Electrical Manufacturers Association.
- [12] Rifaldi, R., Masduqi, A., & Hastuti, D. S. (2024). *Audit Energi Awal Pada Rumah Pompa Kandangan, PDAM Surya Sembada Kota Surabaya*. Jurnal Darma Agung.
- [13] Ritonga, Maswar Mujahidy. (2019). Penggunaan Kapasitor Bank Sebagai Media untuk Perbaikan Faktor Daya pada Gedung Pelayanan Kesehatan. Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
- [14] Basudewa, Danang Aji. (2020). Analisa Penggunaan Kapasitor Bank terhadap Faktor Daya Pada Gedung IDB Laboratory UNESA. Jurnal Teknik Elektro, 09(03), 697-707.
- [15] Winarto, S. (2019). Optimalisasi Energi pada Pompa Kali Solo I. Swara Patra, 9(1), 58-72.