

Audit Energi Sederhana Pada Pompa Distribusi IPA 2 Pramuka PAM Bandarmasih Kota Banjarmasin

Alvin Rahmadiar Alam*, Adhi Yuniarto

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

*Koresponden email: alvin.rahmadiar@pu.go.id, adhy@its.ac.id

Diterima: 10 Oktober 2024

Disetujui: 22 Oktober 2024

Abstract

In 2022, the energy cost of PT. Air Minum Bandarmasih Kota Banjarmasin will be Rp. 586/m³ while the national average energy cost was Rp. 363.45/m³. In 2023, IPA 2 Pramuka distributed 41,152,457 m³ at an energy cost of Rp. 479.13/m³. A key step in energy management is to conduct regular energy audits. Energy audits are conducted to assess pump efficiency and determine Specific Energy Consumption (SEC), which facilitates technical recommendations for energy management. The first results of the energy audit at the IPA 2 Pramuka distribution unit of PT. Air Minum Bandarmasih revealed a power factor ($\cos \phi$) of less than 0.85, which is detrimental to energy efficiency. The pump efficiency was 50-60%, indicating that minor pump adjustments were needed. In addition, the SEC in 2023 was slightly above 0.4 kWh/m³ (about 0.40094 kWh/m³). The proposed improvement measures were the repair of the pump and regular maintenance, as well as the installation of a capacitor bank to improve the energy efficiency of the distribution unit of IPA 2 Pramuka.

Keywords: *energy audit, energy consumption, energy management*

Abstrak

Pada tahun 2022 biaya energi PT. Air Minum Bandarmasih Kota Banjarmasin sebesar Rp. 586/m³, sedangkan biaya energi rata-rata nasional adalah Rp 363,45/m³. Pada tahun 2023 IPA 2 Pramuka mendistribusikan 41.152.457 m³ dengan biaya energi sebesar Rp. 479,13/m³. Salah satu langkah dalam manajemen energi adalah melaksanakan audit energi secara berkala. Audit energi bertujuan untuk mengevaluasi efisiensi pompa dan mengetahui besaran konsumsi energi spesifik (SEC) sehingga dapat dilakukan penanganan atau rekomendasi teknis dalam manajemen energi. Dari hasil audit energi sederhana pada unit distribusi IPA 2 Pramuka mendapati nilai faktor daya ($\cos \Theta$) yang berada kurang dari 0,85. Hal tersebut berpengaruh terhadap efisiensi energi. Sedangkan untuk nilai efisiensi pompa didapatkan sebesar 50%-60% yang menunjukkan diperlukannya perbaikan minor pada pompa dan nilai SEC pada tahun 2023 sedikit melebihi standar 0,4 kWh/m³ (sebesar 0,40094 kWh/m³). Usaha perbaikan yang diusulkan adalah perbaikan pompa dan perawatan berkala serta pemasangan kapasitor bank untuk penanganan efisiensi energi pada unit distribusi IPA 2 Pramuka.

Kata Kunci: *audit energi, konsumsi energi spesifik, manajemen energi*

1. Pendahuluan

PT. Air Minum Bandarmasih dikenal juga dengan nama PAM Bandarmasih merupakan Perusahaan Daerah Air Minum yang terletak di Kota Banjarmasin, Provinsi Kalimantan Selatan yang memiliki kondisi topografi relatif datar. Kondisi tersebut mengakibatkan PAM Bandarmasih menggunakan sistem perpompaan dalam penyediaan air minum bagi Masyarakat Kota Banjarmasin. PAM Bandarmasih memiliki 2 unit Instalasi Pengolahan Air (IPA) dengan kapasitas produksi 2400 L/dt. Dalam mendistribusikan air PAM Bandarmasih menggunakan sistem perpompaan pada IPA 1 A. Yani dan IPA 2 Pramuka serta dibantu dengan 3 unit *booster* yaitu booster S. Parman, booster Gerilya, dan booster Banua Anyar. Konsumsi listrik untuk mengoperasikan pompa di PDAM diperkirakan mencapai lebih dari 80% dari total konsumsi listrik PDAM, dengan biaya mencapai lebih dari 30% dari total biaya operasional (Aalsey, 2018).

Biaya energi merupakan total pengeluaran PDAM untuk listrik, solar, gas, dan bahan bakar lainnya yang dibutuhkan untuk menghasilkan 1 meter kubik air (Kementerian PUPR, 2012). Berdasarkan Buku Kinerja BUMD Penyelenggaraan Sistem Penyelenggaraan Air Minum (SPAM) tahun 2022 (Direktorat Air Minum, 2023), biaya energi rata-rata nasional adalah Rp 363,45/m³. Biaya energi PAM Bandarmasih pada Tahun 2022 sebesar Rp 586/m³ (Direktorat Air Minum, 2023). Penyebab biaya listrik yang tinggi adalah penggunaan energi yang tidak sesuai dengan peningkatan kapasitas produksi/distribusi air minum, usia

peralatan yang sudah tua, dan penggunaan energi yang kurang efisien (Mulyono, 2020). Biaya energi PAM Bandarmasih pada tahun 2023 sebesar Rp. 29.585.456.509 (Data PAM Bandarmasih, 2023).

Karena besarnya biaya energi yang dikeluarkan PAM Bandarmasih dibanding dengan biaya energi rata-rata nasional, maka PAM Bandarmasih perlu melakukan evaluasi kinerja pompa di setiap Instalasi Pengolahan Air (IPA) dan unit booster guna menghitung penggunaan energi dan mengidentifikasi peluang untuk mengurangi pengeluaran energi. Selanjutnya melakukan inventarisasi peralatan dan instrumen yang terlibat dalam penggunaan energi serta melakukan audit energi yang hingga saat ini belum dilaksanakan oleh PAM Bandarmasih.

Audit energi merupakan langkah awal yang krusial dalam menerapkan konversi dan manajemen energi dalam sistem produksi. Tujuannya adalah untuk mengevaluasi konsumsi energi, menghitung energi yang terbuang, serta mengidentifikasi langkah-langkah untuk meningkatkan efisiensi penggunaan energi (Soolany 2018). Secara umum, audit energi dapat dibedakan menjadi tiga jenis utama: survei energi (*walkthrough audit*), audit energi awal (*preliminary audit*), dan audit energi rinci (*detail audit*) (Kementerian PUPR, 2014).

Audit energi awal, atau yang sering disebut sebagai *Preliminary Audit*, merupakan pengukuran terbatas dan pengumpulan data primer pada tahap survei pendahuluan. Pada tahap ini, diharapkan masalah terkait energi dan estimasi potensi penghematan energi dapat diidentifikasi. Audit ini mencakup pengumpulan data umum seperti penggunaan energi bulanan dari rekening PLN dan genset cadangan yang digunakan oleh sistem pengelolaan air bersih, serta produksinya dalam periode yang sama. Selain itu, audit ini juga melibatkan peninjauan lapangan tanpa pengukuran yang mendalam untuk memahami secara umum objek yang akan diaudit dan potensi untuk menghemat energi (Kementerian PUPR, 2014).

Pada PAM Bandarmasih, audit energi awal dilakukan di unit distribusi IPA 2 Pramuka untuk zona pelayanan BTBS (Banjarmasin Timur dan Banjarmasin Selatan) yang merupakan unit pelayanan terbesar pada PAM Bandarmasih. Zona BTBS merupakan salah satu zona pelayanan air terbesar pada pelayanan air minum di PAM Bandarmasih. Zona BTBS melayani kurang lebih 80.310 SR. Zona BTBS terbagi menjadi 57 DMA. Jumlah pompa distribusi yang melayani zona BTBS adalah 6 pompa dengan pengaturan 4 unit pompa operasi dan 2 unit pompa cadangan.

Audit energi awal pada unit distribusi IPA 2 Pramuka bertujuan untuk mengetahui kondisi efisiensi pompa dan nilai SEC. Selain itu, audit energi ini pada unit distribusi IPA 2 Pramuka juga merupakan proyek pendahuluan dan langkah awal PAM Bandarmasih untuk melakukan audit energi secara menyeluruh baik pada unit IPA, unit booster dan bangunan pendukung lainnya.

2. Metode Penelitian

PAM Bandarmasih belum pernah melakukan audit energi selama beroperasi. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui data konsumsi energi pada sistem penyediaan air minum PAM Bandarmasih. *Preliminary Audit* dilakukan di PAM Bandarmasih, pada unit pompa distribusi IPA 2 Pramuka untuk pelayanan zona BTBS (Banjarmasin Timur dan Banjarmasin Selatan). Tujuan audit ini adalah untuk mengidentifikasi serta menganalisis faktor-faktor yang menyebabkan tingginya biaya energi di PAM Bandarmasih. Langkah pertama penelitian diawali dengan analisis biaya dan konsumsi energi yang ada di lokasi audit, serta penilaian terhadap daya dan efisiensi pompa, serta kualitas sistem transmisi energinya.

Dalam melakukan evaluasi terhadap daya dan efisiensi pompa, dilakukan pengumpulan data primer dan sekunder yaitu pengukuran debit dan head pompa untuk menghitung efisiensi pompa, kemudian dibandingkan dengan data spesifikasi pompa. Pengukuran debit pompa pada pipa menggunakan alat *ultrasonic flow meter*, sedangkan pengukuran tekanan diukur menggunakan *pressure gauge*. Pembacaan dilakukan secara bersama-sama dan dilakukan tiap saat agar mendapatkan hasil yang optimal.

Dalam pengukuran kualitas daya pada instalasi pompa di unit distribusi IPA 2 Pramuka, digunakan *power meter*. Alat ini mampu mengukur berbagai parameter listrik seperti arus, tegangan, daya, faktor daya, frekuensi, dan total harmonik distorsi tersebut dirangkai dan dilengkapi dengan *logger* sehingga data dapat direkam setiap saat. Satuan SEC dinyatakan dalam kWh/m³, dengan batas maksimal SEC adalah 0,4 kWh/m³. Apabila nilai SEC melebihi batas ini, maka sistem dianggap tidak efisien.

Efisiensi pompa dan motor pompa mencerminkan efisiensi SEC keseluruhan sistem pompa. Hasil analisis ini digunakan untuk menentukan kondisi pompa dengan kriteria sebagai berikut:

- Pompa dapat digunakan ($\eta > 60\%$);
- Pompa perlu perbaikan minor ($50\% < \eta < 60\%$);
- Pompa memerlukan perbaikan mayor ($\eta < 50\%$).



Gambar 1. Alat Ukur *Ultrasonic Flow Meter*



Gambar 2. Alat Ukur Tekanan

Setelah mengumpulkan data dan menganalisis kinerja serta kualitas daya pompa, menghitung nilai SEC pompa (kWh/m^3) dan menghitung efisiensi pompa, kami dapat memberikan rekomendasi untuk perbaikan instalasi pompa. Berdasarkan hasil penelitian ini, kami dapat menarik kesimpulan yang akan menjawab tujuan dari penelitian ini.



Gambar 3. Alat Ukur Penggunaan Energi

3. Hasil Dan Pembahasan

Untuk mengambil data debit aliran pompa, menggunakan alat *Ultrasonic Flow Meter Portabel* yang dipasang pada pipa output pompa distribusi. Langkah awal melibatkan penginputan data seperti diameter luar pipa, jenis material pipa, dan jenis fluida ke dalam *Ultrasonic Flow Meter Portabel*. Setelah nilai-nilai tersebut dimasukkan, alat akan menghitung secara otomatis jarak yang dibutuhkan untuk penempatan sensor *Ultrasonic Flow Meter Portabel*. Setelah jarak sensor ditentukan, sensor dipasang sesuai dengan pengaturan tersebut.

Selanjutnya, *Ultrasonic Flow Meter Portabel* diatur untuk merekam data setiap menit selama satu jam untuk mendapatkan informasi yang akurat mengenai debit aliran. Sementara itu, pengukuran tekanan dilakukan dengan membaca nilai pada *Pressure Gauge* yang terpasang di pipa output dari pompa.

Dengan kombinasi pengukuran debit aliran menggunakan *Ultrasonic Flow Meter Portabel* dan pengukuran tekanan menggunakan *Pressure Gauge*, didapatkan data yang komprehensif untuk analisis kinerja pompa distribusi serta evaluasi terhadap sistem distribusi secara keseluruhan. Hasil pengukuran debit aliran dan tekanan pompa dapat dilihat pada **Tabel 1**.

Tabel 1. Hasil Pengukuran Debit dan Tekanan

Nama Pompa	Debit (L/dt)	Debit (M ³ /Detik)	Tekanan (Meter)	Tekanan (Bar)
Pompa A	196	0,196	8,49	0,85
Pompa B	194,4	0,194	8,50	0,85
Pompa C	194,6	0,194	8,53	0,85

Sumber: Hasil Pengukuran, 2024

Hasil pengukuran debit aliran dan tekanan di lapangan selanjutnya dibandingkan dengan debit aliran dan tekanan dari spesifikasi Pompa Distribusi IPA 2 Pramuka. Spesifikasi pompa eksisting dapat dilihat pada **Tabel 2**.

Tabel 2. Spesifikasi Pompa Eksisting IPA 2 Pramuka

Nama Pompa	Jenis Pompa	Merk Pompa	Debit (L/dt)	Tekanan (Meter)	Tahun
Pompa A	<i>Centrifugal End Suction Pump</i>	Torishima	250	60	2014
Pompa B	<i>Centrifugal End Suction Pump</i>	Torishima	250	60	2015
Pompa C	<i>Centrifugal End Suction Pump</i>	Torishima	250	60	2015

Sumber: Data Sekunder, 2024

Berdasarkan **Tabel 2**, nilai pengukuran debit dan tekanan pada Pompa Distribusi IPA 2 Pramuka berada di bawah nilai spesifikasi pompa. Didapatkan data pengukuran debit yang diukur lapangan rata-rata adalah 195 L/dt, angka tersebut berada di bawah spesifikasi pompa sebesar 250 L/dt. Sedangkan, data

pengukuran tekanan terbaca sebesar 0,85 bar, sesuai dengan spesifikasi atau berada jauh di bawah spesifikasi pompa (60 meter).

• **Pemakaian Energi**

Pada IPA 2 pada tahun 2022 total biaya dalam penggunaan energi yang dikeluarkan selama 1 tahun sebesar Rp. 19.303.234.448. Pada tahun 2023 biaya yang dikeluarkan untuk menggunakan energi selama 1 tahun sebesar Rp. 19.717.372.461. Terdapat penurunan penggunaan biaya dalam penggunaan energi sebesar Rp. 414.138.013. Perbandingan penggunaan energi pada IPA 2 tahun 2022 dan 2023 dapat dilihat pada **Tabel 3**.

Tabel 3. Penggunaan energi IPA 2 Tahun 2022 dan 2023

Sumber Energi		Tahun 2022		Tahun 2023
Solar	Rp	18.899.437.459	Rp	19.348.123.228
PLN	Rp	403.796.989	Rp	369.249.232
Total	Rp	19.303.234.448	Rp	19.717.372.461

Dari penggunaan energi total dapat diketahui biaya energi yang dikeluarkan. Nilai biaya energi didapatkan dari total biaya pemakaian energi selama setahun dibagi total produksi selama setahun. Perhitungan biaya energi pada IPA 2 tahun 2022 dan 2023 dapat dilihat pada **Tabel 4**.

Tabel 4. Perhitungan biaya energi IPA 2 Tahun 2022 dan 2023

Indikator	Tahun 2022	Tahun 2023
Biaya pemakaian Energi (Rp)	19.303.234.448	19.717.372.461
Produksi (m ³)	41.745.732	41.152.457
Biaya Energi (Rp/m³)	462,40	479,13

• **Audit Energi**

- **Menghitung daya input (Pi)**

Daya input yaitu daya listrik yang di butuhkan oleh motor sebagai penggerak pompa (kW) dengan persamaan;

$$P_i = 1,73 \times V_p \times i \times \frac{\cos \Theta}{1000} \dots\dots\dots(1)$$

Dimana:

- P_i* : Daya input ke motor (kW)
- V_p* : Tegangan rata-rata antar phasa (Volt)
- i* : Arus rata-rata antar phasa (A)

Standar nilai faktor daya (*cos Θ*) untuk pompa biasanya bervariasi tergantung pada jenis pompa dan aplikasi khususnya. Untuk pompa air bersih dan limbah, biasanya nilai *cos φ* di atas 0,85 (NEMA, 2016). Denda kVAR mengindikasikan kelebihan daya yang diberikan oleh PLN untuk mengimbangi daya reaktif dari peralatan motor induktif. Oleh karena itu, nilai *cos Θ* yang rendah akan berdampak pada efisiensi energi.

- **Menghitung daya hidrolis (Ph)**

Perhitungan daya hidrolis pada pompa distribusi ditampilkan pada **Tabel 3** dengan menggunakan persamaan berikut:

$$P_w = \rho \times g \times Q \times H \dots\dots\dots(2)$$

Dimana:

- P_h* = daya kinerja pompa (Watt)
- ρ* = massa jenis fluida (kg/m³)
- g* = gravitasi (m/s²)

Q = debit fluida (m³/s)
H = head pompa (m)

- **Menghitung efisiensi energi**

Efisiensi pompa dihasilkan dari perbandingan daya hidrolis dan daya input dari suatu sistem pemompaan, secara persamaan dapat dihitung sebagai berikut:

$$Efisiensi pompa = \frac{P_i}{P_h} 100\% \dots\dots\dots(3)$$

Hasil pengukuran pompa distribusi IPA 2 Pramuka dapat dilihat pada **Tabel 5**.

Tabel 5. Perhitungan efisiensi pompa distribusi IPA 2

No	Pompa	I (A)	V (volt)	Cos Θ	P _i (kW)	Q (m ³ /s)	H (m)	P _h (kW)	η Pompa (%)
1	Pompa A	61,88	400,97	0,72	30,94	0,19	8,5	16,70	53,96
2	Pompa A	60,12	400,92	0,71	29,64	0,19	8,5	16,62	56,09
3	Pompa A	60,65	400,95	0,71	29,59	0,19	8,5	16,67	56,22

Berdasarkan hasil perhitungan di atas didapatkan efisiensi ketiga pompa distribusi pada IPA 2 Pramuka berada dikisaran 50% - 60%. Kemudian, efisiensi pompa yang dihitung dibandingkan dengan standar efisiensi pompa, yang ditetapkan sebesar ≥ 60% (Kementerian PUPR, 2014) penanganan yang diperlukan adalah pompa perlu perbaikan minor (50% < η > 60%).

Sedangkan nilai faktor daya (Cos Θ) pada ke-3 pada unit distribusi IPA 2 Pramuka pompa kurang dari 0,85. dengan nilai cos φ di bawah standar ideal 0,85, yang dapat mengakibatkan efisiensi energi yang rendah karena sebagian besar daya yang digunakan dari sumber tidak dimanfaatkan untuk melakukan kerja, melainkan disimpan dan dilepaskan sebagai daya reaktif. Penurunan nilai cos φ di bawah 0,85 juga tidak sesuai dengan persyaratan PLN, yang berpotensi menyebabkan denda kVAR untuk pompa tersebut.

- **Specific Energy Consumption (SEC)**

Merupakan rasio perbandingan antara jumlah energi yang dikonsumsi (kWh) untuk setiap satuan volume air yang diproduksi (m³). Semakin rendah nilai SEC, maka penggunaan energi untuk produksi dan distribusi air semakin efisien. Persamaan SEC secara umum dapat dilihat pada persamaan berikut:

$$SEC = \frac{Jumlah\ energi\ (kWh)}{Produksi\ air\ (m^3)} \dots\dots\dots(4)$$

Pada industri air minum di Indonesia, penggunaan daya yang dinyatakan efisien apabila nilai SEC ≤ 0,4. Nilai SEC dijadikan patokan bagi PDAM dalam pengelolaan energi pada instalasi produksi maupun distribusi. Secara umum, perhitungan SEC pada PAM Bandarmasih dapat dilihat pada **Tabel 6**.

Tabel 6. Perhitungan SEC IPA 2 Pramuka Tahun 2022 dan 2023

No	Tahun	Pemakaian Energi (kWh)	Volume Produksi (m ³)	Nilai SEC
1.	2022	16.242.349	41.131.628	0,39489
2.	2023	16.499.784	41.152.457	0,40094

Berdasarkan di atas, hasil perhitungan SEC pada IPA 2 Pramuka pada tahun 2022 lebih kecil dari 0,4 kWh/m³ dan pada tahun 2023 lebih besar 0,4 kWh/m³ yang dihasilkan dari korelasi dari nilai efisiensi pompa yang telah didapatkan. Hasil audit energi pada pompa distribusi IPA 2 Pramuka,

seluruh pompa perlu dilakukan perbaikan minor. Hal tersebut dikarenakan usia pompa yang kurang dari 4 tahun serta perawatan yang dilakukan secara berkala..

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil audit energi awal (preliminary audit) yang dilaksanakan pada pompa distribusi IPA 2 Pramuka, Nilai SEC pada sistem penyediaan air minum (SPAM) unit IPA 2 Pramuka pada tahun 2022 tahun 2022 kurang dari 0,4 kWh/m³ dan pada tahun 2023 melebihi 0,4 kWh/m³ hal tersebut adalah korelasi dari nilai efisiensi pompa, bahwa seluruh unit pompa yang berada pada lokasi penelitian memiliki nilai efisiensi pompa dengan nilai antara 50% - 60%. Angka tersebut mengindikasikan bahwa seluruh unit pompa saat ini perlu dilakukan perbaikan minor untuk meningkatkan kinerja pompa. Sedangkan nilai faktor daya (Cos Θ) pada ke-3 pada unit distribusi IPA 2 Pramuka pompa kurang dari 0,85, jika tidak ditanggulangi dengan segera, akan berakibat terhadap denda kVAr dan kinerja pompa akan menurun. Salah satu solusi untuk mengatasinya yaitu dengan pemasangan kapasitor bank.

5. Daftar Pustaka

- 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.
- Badan Pendukung Pengembangan Sistem Penyediaan Air Minum. (2012). *Petunjuk Teknis Penilaian Kinerja PDAM*. Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat. Jakarta.
- Badruzzaman, Y. (2012). *Real Time Monitoring Data Besaran Listrik Gedung Laboratorium Teknik Sipil Politeknik Negeri Semarang*. Jurnal Jtet, 1(2), 50-59.
- Direktorat Air Minum. (2022). *Buku Kinerja BUMD Air Minum 2023*. Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat.
- Lubis, Anggi Fitriansyah. (2023). "Evaluasi Perhitungan Debit Air Minum PDAM Tirtanadi Cabang Sunggal (Studi Kasus Komplek Grand Gading Mutiara)."
- PT. Air Minum Bandarmasih Kota Banjarmasin (2023). *Annual Report 2023 PAM Bandjarmasin Kota Banjarmasin*.
- Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Nomor 14 Tahun 2012 tentang Manajemen Energi. (2012). Jakarta
- Peraturan Daerah Nomor 10 Tahun 2016 tentang Rencana Pembangunan Jangka Menengah Daerah Kota Surabaya Tahun 2016-2021. (2016) Surabaya
- Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat. (2014). Pedoman Pelaksanaan Efisiensi Energi di PDAM.
- Mulyono. (2020). Implementasi Demand Side Management (DSM) Pada Instalasi Pengolahan Air PDAM Mulia Baru. *Energi dan Kelistrikan*, 12(1), 43-52.
- Sularso, & Tahara, H. (2000). Pompa dan Kompresor: Pemilihan, Pemakaian dan Pemeliharaan. In *Perawatan dan Pemeliharaan Kompresor*.
- Winarto, S. (2019). *Optimalisasi Energi pada Pompa Kali Solo I*. *Swara Patra*, 9(1), 58-72.