

Audit Energi Awal Pada Pompa Distribusi IPA Waribang II Perumda Air Minum Tirta Sewakadarma Kota Denpasar

Maulana Nur Arif, Eddy Setiadi Soedjono

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

Koresponden email: maulana.nur.arif@gmail.com dan soedjono@enviro.its.ac.id

Diterima: 27 Juni 2025

Disetujui: 22 Juli 2025

Abstract

The energy cost at Perumda Air Minum Tirta Sewakadarma reached Rp452/m³, exceeding the national average of Rp380.13/m³. Despite this, no energy audit has been conducted in accordance with established standards. This study aims to conduct a preliminary energy audit and assess opportunities to enhance energy efficiency, particularly at the distribution pump of IPA Waribang II. The research involved primary data collection through field observations and secondary data. The audit revealed SEC of 0.23 kWh/m³, which is good. However, total pump efficiency was only 44.23%, below the recommended minimum of 60%. The distribution pump's capacity exceeds the IPA, prompting manual adjustment of motor speed using VSD to 1,250 rpm, down from its maximum 1,480 rpm, to match IPA output of 150 L/s. The optimization could be by forming a subzone aligned with IPA capacity and automating the VSD based on demand fluctuations. Alternatively, the pump could be replaced with one appropriately sized for the IPA. The voltage imbalance is 0.33%, indicating stable power supply. The power factor is measured at 0.91 and could be improved to 0.99 using capacitor bank to avoid reactive power penalties.

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

Abstrak

Biaya energi yang dikeluarkan oleh Perumda Air Minum Tirta Sewakadarma sebesar 452 Rp/m³, melebihi rata-rata nasional sebesar 380,13 Rp/m³. Walaupun demikian, belum pernah dilakukan audit energi sesuai pedoman yang berlaku. Penelitian ini bertujuan untuk melakukan audit energi awal dan menganalisis potensi peningkatan efisiensi energi khususnya pada Pompa Distribusi IPA Waribang II. Metode penelitian yang digunakan berupa pengumpulan data primer melalui survei lapangan dan data sekunder. Hasil audit menunjukkan nilai SEC sebesar 0,23 kWh/m³. Namun, efisiensi total pompa hanya 44,23%, lebih rendah dari standar minimum 60%. Kapasitas pompa distribusi lebih besar dari kapasitas IPA sehingga dilakukan pengaturan kecepatan motor pompa melalui VSD secara manual sebesar 1.250 rpm dari maksimum 1.480 rpm untuk mempertahankan debit 150 liter/detik sesuai kapasitas IPA. Optimasi yang dapat dilakukan yaitu pembentukan subzona baru dengan pemakaian air sesuai kapasitas IPA dan VSD dioperasikan secara otomatis mengikuti fluktuasi pemakaian air. Alternatif lainnya adalah penggantian pompa dengan spesifikasi sesuai kapasitas IPA. Nilai ketidakseimbangan tegangan terukur sebesar 0,33% yang berarti tidak menurunkan performa pompa. Faktor daya listrik terukur sebesar 0,91 dan dapat ditingkatkan menjadi 0,99 menggunakan *capacitor bank* untuk menghilangkan denda kVar.

Kata Kunci: *audit energi, air minum, efisiensi pompa, specific energy consumption*

1. Pendahuluan

Perusahaan Umum Daerah (Perumda) Air Minum Tirta Sewakadarma Kota Denpasar merupakan badan usaha milik Pemerintah Kota Denpasar yang bertugas menyelenggarakan layanan penyediaan air minum di seluruh wilayah Kota Denpasar [1]. Kota Denpasar merupakan ibu kota Provinsi Bali dengan luas daerah 125.980 km² yang terbagi dalam 4 kecamatan yaitu Kecamatan Denpasar Selatan (49.890 km²), Denpasar Utara (26.690 km²), Denpasar Timur (25.930 km²), dan Denpasar Barat (23.460 km²). Kondisi topografi Kota Denpasar berupa dataran dengan ketinggian 00-75 mdpl [2]. Pada topografi dataran, pengaliran air minum dari Instalasi Pengolahan Air (IPA) menuju pelanggan tidak dapat dilakukan dengan sistem gravitasi sehingga harus menggunakan sistem pemompaan.

Pada bulan Maret 2025, jumlah pelanggan Perumda Air Minum Tirta Sewakadarma berjumlah 91.858 SR (Sambungan Rumah) yang tersebar di seluruh Kota Denpasar. Untuk melayani pelanggan sebanyak itu, Perumda Air Minum Tirta Sewakadarma memiliki empat IPA yaitu IPA Ayung Belusung (500 liter/detik), IPA Paket Belusung (50 liter/detik), IPA Waribang I (150 liter/detik), dan IPA Waribang

II (150 liter/detik). Keempat IPA mengalirkan air minum ke tujuh zona pelayanan yaitu Zona I *Booster Jalur Barat*, Zona II *Booster Jalur Selatan*, Zona III *Booster Atas Reservoir*, Zona IV *Ayung Gravitasi*, Zona V *Penet*, Zona VI *Waribang II*, dan Zona VII *Waribang I + Petanu*. Pada setiap zona terdapat sumur bor yang berfungsi menambah debit air kepada pelanggan. Adapun sumur bor yang dikelola oleh Perumda Air Minum Tirta Sewakadarma terdiri dari sembilan belas Sumur Bor (SB) yaitu SB E1 Subita, SB E2 Kecubung, SB TPW 4 Panjer, SB 6 Panjer, SB Tonja, SB Ubung, SB Sedap Malam I, SB Sedap Malam II, SB Penatih I, SB Badak Agung, SB Br Gunung, SB Sida Karya, SB Pelagan, SB Kebo Iwa, SB Singkep, SB Mahendradata, SB Tukad Badung, SB Waribang, dan SB Belusung. Dari empat IPA dan Sembilan belas sumur bor tersebut, didapatkan jumlah pompa distribusi sebanyak 37 unit pompa.

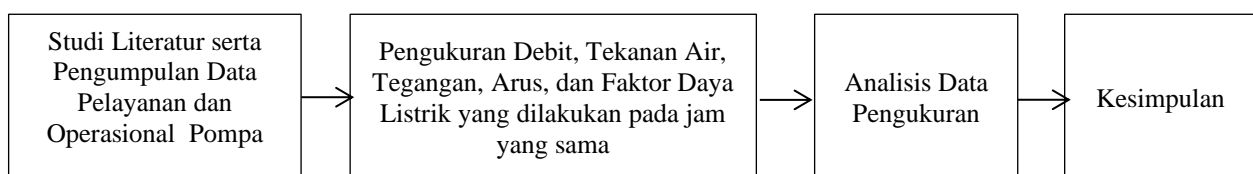
Dalam operasional sehari-hari, sistem pemompaan membutuhkan energi listrik dari PLN. Semakin banyak pompa yang digunakan, semakin banyak juga energi listrik yang dibutuhkan dan akan mengakibatkan tingginya biaya energi yang harus dikeluarkan. Biaya energi adalah beban energi yang dikeluarkan oleh BUMD Air Minum untuk menghasilkan 1 m³ air. Pada tahun 2023, biaya energi yang dikeluarkan oleh Perumda Air Minum Tirta Sewakadarma adalah sebesar 452 Rp/m³. Biaya ini masih lebih tinggi dari rata-rata biaya energi BUMD Air Minum Nasional sebesar 380,13 Rp/m³ [3]. Hal ini mengindikasikan bahwa audit energi perlu dilakukan.

Audit energi memiliki fungsi untuk menganalisa penyebab inefisiensi energi, mengetahui potensi penghematan energi yang dapat dilakukan, memilih dan merencanakan kegiatan pelaksanaan efisiensi energi sesuai yang diperlukan, serta menggali dan menunjukkan alternatif sumber dana untuk pelaksanaan efisiensi energi [4]. Pada tahun 2019 dan 2023, Perumda Air Minum Tirta Sewakadarma pernah melakukan evaluasi penggunaan energi listrik karena adanya permasalahan seperti penggunaan *genset* di IPA Belusung karena pemadaman listrik, tidak sesuai biaya pemakaian listrik dibandingkan dengan target bulanan yang telah ditetapkan, dan pemutusan serta pengurangan daya listrik PLN karena terdapat beberapa sumur bor yang tidak digunakan lagi. Evaluasi penggunaan energi listrik yang dilakukan tidak mengacu pada pedoman pelaksanaan energi yang berlaku sehingga hasil evaluasi tidak dapat dipakai sebagai bahan kajian efisiensi energi secara rinci dan mendalam. Oleh karena itu, diperlukan audit energi sesuai dengan pedoman pelaksanaan audit energi.

Mengacu pada latar belakang ini, maka audit energi awal pada Perumda Air Minum Tirta Sewakadarma Kota Denpasar perlu dilaksanakan. Penelitian ini bertujuan untuk melakukan audit energi awal. Adapun lingkup audit energi awal pada penelitian ini dilakukan di Pompa Distribusi IPA Waribang II. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis potensi peningkatan efisiensi energi yang dapat dilakukan. Penelitian ini menghasilkan *output* berupa hasil kajian audit energi awal khususnya pada Pompa Distribusi IPA Waribang II dan diharapkan dapat menjadi masukan serta bahan pertimbangan bagi Perumda Air Minum Tirta Sewakadarma dalam upaya pelaksanaan audit energi secara menyeluruh.

2. Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode pengumpulan data yang mencakup data primer dan data sekunder. Data primer digunakan untuk mendapatkan informasi aktual sistem pemompaan distribusi yang relevan dan akurat [5]. Data primer berupa hasil pengukuran dan evaluasi kinerja Pompa Distribusi IPA Waribang II, sementara data sekunder diperoleh dari berbagai dokumen pendukung yang relevan. Data yang dibutuhkan dalam penelitian ini berupa wilayah pelayanan; operasional Pompa Distribusi IPA Waribang II; data hidrolis seperti debit dan tekanan air; serta data kelistrikan seperti tegangan listrik, arus listrik, dan faktor daya listrik. Data yang diperoleh kemudian diolah dan dianalisis sehingga didapatkan potensi optimasi sistem pompa untuk meningkatkan efisiensi energi. Pengukuran data kelistrikan, debit, dan tekanan air dilakukan selama 6 x 24 jam pada bulan April 2025. Skematik metode penelitian dapat dilihat pada **Gambar 1**.



Gambar 1. Metode Penelitian
 Sumber: Dokumentasi Pribadi, 2025

Pengumpulan Data Wilayah Pelayanan dan Operasional Pompa

Data wilayah pelayanan dan operasional pompa didapatkan dari data sekunder dan data primer. Data sekunder diperoleh dari dokumen yang dimiliki oleh Perumda Air Minum Tirta Sewakadarma yang mencakup informasi mengenai wilayah pelayanan serta skematik aliran air pada sistem distribusi. Sementara itu, data primer dikumpulkan melalui wawancara langsung dengan operator IPA Waribang II serta pegawai Bagian Distribusi. Wawancara ini difokuskan pada pengumpulan data operasional pompa berupa informasi teknis dan kondisi aktual di lapangan yang tidak tercantum dalam dokumen tertulis.

Pengukuran Debit dan Tekanan pada Pompa Distribusi

Pengukuran debit pada Pompa Distribusi IPA Waribang II menggunakan alat ukur *Electromagnetic Flow Meter* yang terpasang pada pipa *discharge* menuju jaringan distribusi seperti pada **Gambar 2**.



Gambar 2. *Electromagnetic Flow Meter*
Sumber: Dokumentasi Pribadi, 2025

Pengukuran tekanan dilakukan melalui pembacaan manometer digital yang terpasang pada pipa *discharge* Pompa Distribusi IPA Waribang II seperti **Gambar 2**. Besaran tekanan air ditunjukkan dalam satuan bar atau kg/cm^2 yang dapat dikonversikan ke satuan meter ($1 \text{ bar} = 1 \text{ kg/cm}^2 = 10 \text{ m}$).



Gambar 3. Manometer Digital
Sumber: Dokumentasi Pribadi, 2025

Pengukuran Kelistrikan pada Pompa Distribusi

Pengukuran kelistrikan dilakukan untuk menghitung daya input motor pompa dan nilai *Specific Energy Consumption* (SEC). Alat yang digunakan untuk pengukuran kelistrikan adalah *power meter portable* jenis HIOKI 3286-20 seperti **Gambar 3**. Alat ini dapat mengukur tegangan, arus listrik, dan faktor daya listrik ($\text{Cos } \phi$).

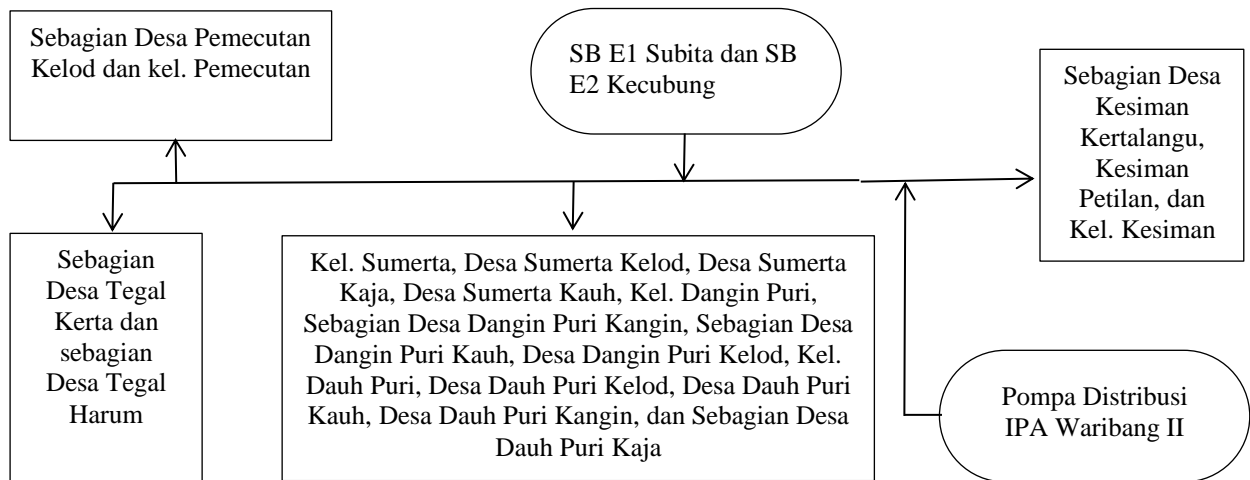


Gambar 4. *Power Meter*
Sumber: Dokumentasi Pribadi (2025)

3. Hasil dan Pembahasan

Wilayah Pelayanan Pompa Distribusi IPA Waribang II

Pompa Distribusi IPA WARibang II merupakan salah satu sistem pompa pada zona VI Waribang II bersama dengan pompa sumur bor yaitu SB E1 Subita dan SB E2 Kecubung seperti dalam skematik pada **Gambar 4** [6]. Pompa Distribusi IPA Waribang II memiliki fokus pelayanan di sebagian Desa Kesiman Kertalangu, Kesiman Petilan, dan Kel. Kesiman. Namun, masih terdapat sambungan pipa dengan wilayah pelayanan SB E1 Subita dan SB E2 Kecubung yaitu Kel. Sumerta, Desa Sumerta Kelod, Desa Sumerta Kaja, Desa Sumerta Kauh, Kel. Dangin Puri, Sebagian Desa Dangin Puri Kangin, Sebagian Desa Dangin Puri Kauh, Desa Dangin Puri Kelod, Kel. Dauh Puri, Desa Dauh Puri Kelod, Desa Dauh Puri Kauh, Desa Dauh Puri Kangin, dan Sebagian Desa Dauh Puri Kaja. Pada sambungan pipa tersebut dilakukan pengendalian aliran air menggunakan *Gate Valve* sehingga sebagian besar aliran air dari Pompa Distribusi IPA Waribang II mengalir ke fokus wilayah pelayanannya dan sebagian kecil mengalir ke wilayah pelayanan sumur bor. Lingkup penelitian ini adalah Sistem Pompa Distribusi IPA Waribang II sehingga tidak membahas sumur bor yang ada di Zona VI.



Gambar 5 Skematik Wilayah Pelayanan
Sumber: Perumda Air Minum Tirta Sewakadarma, 2022

Analisis Daya Hidrolis pada Pompa Distribusi

Sistem distribusi menggunakan pompa tipe sentrifugal yang digerakkan oleh energi listrik dari PLN. Energi listrik tersebut diubah menjadi energi kinetik melalui motor penggerak. Motor ini kemudian memutar poros pompa yang terhubung langsung dengan *impeller*. Saat *impeller* berputar, air yang berada di dalamnya terdorong oleh sudu-sudu *impeller* lalu menciptakan gaya sentrifugal yang menyebabkan air mengalir dari bagian tengah *impeller* menuju saluran di antara sudu dan keluar dengan kecepatan tinggi. Air tersebut kemudian mengalir melalui saluran pelebar (*volute* atau *diffuser*) yang mengubah energi kecepatan menjadi energi tekanan (*head* tekanan) sehingga air yang keluar dari pompa memiliki tekanan yang lebih tinggi. Proses pengisapan air dari pipa *suction* terjadi karena pelepasan air oleh *impeller* menciptakan ruang vakum di antara sudu-sudu yang menyebabkan air dari pipa hisap (*suction*) tertarik masuk ke dalam pompa [7]. Dalam mengukur daya kinerja pompa diperlukan pengukuran debit serta tekanan pada pompa. Perhitungan energi hidrolis pada pompa distribusi menggunakan **Persamaan (1)** [4]. Hasil Perhitungan Daya Hidrolis Pompa ditampilkan pada **Tabel 1**.

$$Ph = 0,163 \times Q \times H \dots \dots \dots (1)$$

dengan,

- Ph = Daya Hidrolis Pompa (kW);
- Q = Debit Air (m³/menit);
- H = Tekanan Pompa (m).

Tabel 1. Daya Hidrolis Pompa

No	Nama Pompa	Debit(Q)		H (m)	Ph (kW)
		liter/detik	m ³ /menit		
1	Pompa Distribusi IPA Waribang II	152,73	9,16	37,67	56,27

Sumber: Hasil Perhitungan, 2025

Analisis Kinerja Pompa Distribusi

Kinerja pompa dapat dinilai berdasarkan besaran efisiensi pompa dan nilai SEC (*Specific Energy Consumption*). Efisiensi pompa ditentukan oleh rasio antara energi hidrolis yang dihasilkan dengan total energi listrik yang dikonsumsi oleh motor pompa. Biaya konsumsi energi akan meningkat apabila efisiensi pompa berada di bawah nilai standar yang disarankan [8]. Selain itu, konsumsi energi dalam suatu sistem proses dapat dievaluasi melalui nilai *Specific Energy Consumption* (SEC), yaitu jumlah energi listrik (dalam kW) yang digunakan untuk menghasilkan satuan volume air dalam periode waktu tertentu [3]. SEC mencerminkan rasio antara energi yang dikonsumsi dengan volume produksi yang dihasilkan dan biasanya dinyatakan dalam satuan kWh/m³. *Specific Energy Consumption* (SEC) dianggap tidak efisien apabila nilainya melebihi 0,4 kWh/m³ air yang dipompa.

Dalam perhitungan daya input listrik motor pompa diperlukan pengukuran data tegangan listrik, arus listrik, dan faktor daya listrik ($\cos \phi$) sesuai **Persamaan (2)**. Setelah itu, efisiensi pompa dan nilai SEC dapat dihitung menggunakan **Persamaan (3)** dan **Persamaan (4)** [4].

$$P_i = (1,73 \times V \times I \times \cos \phi) / 1000 \dots \dots \dots (2)$$

$$\eta = P_h / P_i \times 100\% \dots \dots \dots (3)$$

$$SEC = kWh / 1000 \text{ m}^3 \dots \dots \dots (4)$$

Dengan,

P_i = Daya Input Listrik Motor Pompa (kW)

V = Tegangan Listrik (Volt)

I = Arus Listrik (Ampere)

$\cos \phi$ = Faktor daya listrik

η = Efisiensi Total Pompa (%)

P_h = Daya Hidrolis Pompa (kW)

SEC = Specific Energy Consumption (kWh/m³)

Data hasil pengukuran, perhitungan efisiensi pompa, nilai SEC dapat dilihat pada **Tabel 2**.

Tabel 2. Efisiensi Pompa dan Nilai SEC

No	Lokasi	Tegangan (Volt)	Arus (Ampere)	$\cos \phi$	P_i kW	P_h kW	η (%)	SEC (kWh/m ³)
1	Pompa Distribusi IPA Waribang II	400,69	201,74	0,91	127,22	56,27	44,23	0,23

Sumber: Hasil Perhitungan, 2025

Efisiensi pompa didapatkan sebesar 44,23%. Ini berarti Pompa Distribusi IPA Waribang II membutuhkan perbaikan total *impeller* atau penggantian pompa keseluruhan sesuai dengan **Tabel 3** [4].

Tabel 3. Tindakan Perbaikan Berdasarkan Nilai Efisiensi Pompa

No	Kriteria Efisiensi Pompa	Tindakan Perbaikan
1	$\eta \geq 60\%$	Pompa masih baik, tidak diperlukan tindakan apapun
2	$\eta = 55 \text{ s/d } 60\%$	Penyetelan kembali <i>impeller</i> , pembersihan
3	$\eta = 50 \text{ s/d } 55\%$	Rekondisi, perbaikan <i>impeller</i> dan penyetelan kembali
4	$\eta \leq 50\%$	Perbaikan total <i>impeller</i> atau penggantian pompa keseluruhan

Sumber: Kementerian Pekerjaan Umum dan IUWASH, 2014

Rendahnya efisiensi pompa merupakan salah satu faktor utama yang menyebabkan tingginya biaya energi di Perumda Air Minum Tirta Sewakadarma Kota Denpasar. Hal ini bisa terjadi karena pompa memiliki kapasitas lebih besar dari kebutuhan seperti dalam **Tabel 4**.

Tabel 4. Kinerja Hidrolis dan Spesifikasi Pompa

Kapasitas IPA (liter/detik)	Kinerja Hidrolis Pompa			Spesifikasi Pompa dari Nameplate		
	Tekanan (m)	Debit Pompa (liter/detik)	Kecepatan Putaran Motor (rpm)	Tekanan (m)	Debit (liter/detik)	Kecepatan Putaran Motor (rpm)
150	37,67	152,73	1.250	60	200	1.480

Sumber: Inventaris Perumda Air Minum Tirta Sewakadarma, 2025

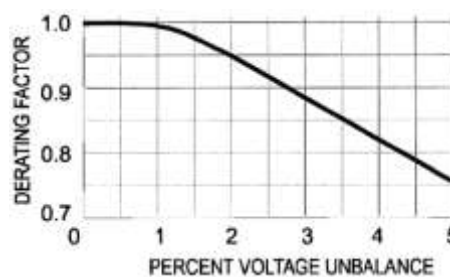
Pompa Distribusi IPA Waribang II terdiri dari 1 pompa cadangan dan 1 pompa beroperasi selama 24 jam dengan pergantian pompa setiap 1-2 bulan sekali. Putaran motor pompa diatur secara manual sebesar 1.250 rpm selama 24 jam menggunakan VSD. Hal ini dilakukan untuk menjaga debit air sebesar 150 liter/detik karena kapasitas pompa melebihi kapasitas IPA.

Kelebihan kapasitas pompa dapat diturunkan dengan menggunakan VSD. Namun, Operasional VSD tidak optimal karena dioperasikan secara manual. Penurunan putaran motor pompa mengakibatkan tekanan pompa akan turun bersamaan dengan debit. Solusi permasalahan ini adalah dengan melakukan pembatasan debit air menggunakan subzona yang secara khusus dilayani oleh Pompa Distribusi IPA Waribang II. Setelah itu, VSD dapat dijalankan dengan otomatis sesuai fluktuasi pemakaian pelanggan. Walaupun pompa oversized, pemakaian VSD yang dioperasikan secara otomatis dapat meningkatkan efisiensi energi karena pompa beroperasi sesuai kebutuhan [9]. Alternatif lain yang bisa dilakukan adalah mengganti pompa yang sesuai kapasitas IPA.

Berdasarkan data pada Tabel 2, Pompa Distribusi IPA Waribang II masih efisien sebagaimana ditunjukkan dari nilai SEC sebesar 0,23 kWh/m³ yang masih berada di bawah nilai ambang batas 0,4 kWh/m³. Walaupun demikian, berdasarkan data dari Perumda Air Minum Tirta Sewakadarma, nilai SEC total seluruh sistem kelistrikan di Perumda Air Minum Tirta Sewakadarma masih berada di atas 0,4 kWh/m³. Itu artinya rata-rata sistem perpompaan eksisting berjalan dengan tidak efisien. Maka dari itu, diperlukan upaya audit energi secara keseluruhan untuk memastikan sistem pompa mana yang memiliki nilai SEC > 0,4 kWh/m³ agar dapat dilakukan optimasi. Adapun nilai SEC yang melebihi 0,4 kWh/m³ dapat diperbaiki dengan penggunaan VSD yang memungkinkan pompa beroperasi berdasarkan fluktuasi pemakaian air pelanggan tanpa membebani sistem dengan tekanan berlebih sehingga akan menurunkan konsumsi daya [10].

Analisis Ketidakseimbangan Tegangan Listrik pada Pompa Distribusi

Salah satu faktor yang mempengaruhi kualitas daya listrik adalah ketidakseimbangan tegangan (*unbalance voltage*). Kondisi ini umumnya terjadi pada sistem kelistrikan dengan lebih dari satu fasa. Batas maksimum ketidakseimbangan tegangan sebaiknya tidak melebihi 1% karena akan menurunkan performa pompa sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 5 [11].



Gambar 6. Nilai Penurunan Performa Motor terhadap Ketidakseimbangan Tegangan
Sumber: National Electrical Manufacturers Association, 2009

Hasil pengukuran ketidakseimbangan tegangan listrik pada pompa distribusi IPA Waribang II dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Nilai Ketidakseimbangan Tegangan

No	Lokasi	Tegangan (Volt)			Rata-rata	Unbalance (%)
		RS	ST	TR		
1	Pompa Distribusi IPA Waribang II	400,82	402,00	399,25	400,69	0,33

Sumber: Hasil Pengukuran, 2025

Berdasarkan hasil pengukuran, kualitas daya pada Pompa Distribusi IPA Waribang II masih berada dalam batas yang diperbolehkan ($< 1\%$) sehingga tidak menyebabkan penurunan kinerja motor pompa. Jika ketidakseimbangan tegangan nilainya di atas 1% , maka perbaikan yang dapat dilakukan adalah dengan memasang *Electronic Load Controller* (ELC) berbasis mikrokontroler yang berfungsi untuk menstabilkan tegangan dan frekuensi listrik [12]. Metode lain yang dapat dilakukan adalah dengan memasang *Dynamic Voltage Restorer* (DVR) untuk mengatasi masalah penurunan dan kenaikan tegangan listrik (*Voltage Sag and Swell*) [13].

Analisis Faktor Daya Listrik

Selain ketidakseimbangan tegangan, faktor daya listrik juga berperan penting dalam menentukan kualitas daya suatu instalasi. Nilai faktor daya listrik yang rendah umumnya disebabkan oleh tingginya konsumsi daya reaktif akibat dominasi beban induktif dalam sistem kelistrikan [14]. Arus listrik yang meningkat akibat rendahnya faktor daya akan memicu kerugian energi yang lebih besar dalam sistem distribusi. Oleh karena itu, PLN menetapkan batas minimum faktor daya listrik sebesar 0,85 [15]. Pelanggan yang menggunakan energi listrik dengan faktor daya listrik di bawah angka tersebut akan dikenakan denda akibat kelebihan daya reaktif. Berdasarkan hasil pengukuran, nilai faktor daya listrik yang terukur sebesar 0,91. Hasil ini menunjukkan bahwa Pompa Distribusi IPA Waribang II memiliki nilai faktor daya listrik melebihi 0,85 sehingga tidak dikenakan denda kVar.

Langkah utama yang sudah dilakukan oleh Perumda Air Minum Tirta Sewakadarma dalam mengurangi denda kVar yaitu dengan pemasangan *Capacitor Bank* sebesar 600 kVar seperti **Gambar 6**. Dengan pemasangan *Capacitor Bank*, nilai faktor daya listrik yang tercatat di PLN menunjukkan nilai 0,99 dan tidak menimbulkan denda kVar. *Capacitor Bank* terpasang sebenarnya dibuat untuk memperbaiki faktor daya listrik yang berasal dari dua sistem pompa distribusi yaitu Sistem Pompa Distribusi IPA Waribang I dan IPA Waribang II. Kontrol besaran kVar yang dibutuhkan menggunakan sistem otomatisasi dengan menyesuaikan kebutuhan kVar eksisting.



Gambar 7. *Capacitor Bank*
Sumber: Dokumentasi Pribadi, 2025

4. Kesimpulan

Dari hasil audit energi awal pada Pompa Distribusi IPA Waribang II, ditemukan beberapa faktor yang menyebabkan tingginya konsumsi energi yaitu rendahnya efisiensi pompa sebesar 44,23%. Nilai ini berada di bawah standard 60%. Efisiensi pompa yang rendah akan berdampak langsung pada peningkatan biaya energi dan dapat menyebabkan terjadinya pemborosan. Kondisi ini terjadi akibat penurunan debit dan tekanan yang dihasilkan oleh pompa menggunakan VSD untuk membatasi debit agar sesuai dengan kapasitas IPA. Langkah optimasi yang dapat dilakukan adalah dengan membuat subzona sehingga debit pelanggan dari wilayah yang dilayani akan sesuai dengan kapasitas IPA dan VSD dijalankan dengan otomatis sesuai fluktuasi pemakaian pelanggan. Alternatif lain yang bisa dilakukan adalah penggantian pompa dengan spesifikasi sesuai dengan kapasitas IPA.

Nilai ketidakseimbangan tegangan sudah sesuai standard yaitu 0,33% (dibawah 1%) sehingga daya listrik tergolong stabil dan tidak akan merusak motor pompa. Faktor daya listrik yang dihasilkan pompa sudah baik yaitu 0,91 dan penambahan *capacitor bank* membuat faktor daya listrik naik menjadi 0,99. Hal ini menandakan bahwa denda kVar tidak dibebankan oleh PLN. Dengan dilakukannya penelitian ini, didapatkan bahwa perumda air minum masih memiliki potensi peningkatan efisiensi energi yaitu dengan perbaikan jaringan distribusi berupa pembentukan subzona baru maupun penggantian pompa yang sesuai kapasitas IPA. Metode audit energi bisa diterapkan oleh seluruh perumda air minum untuk menganalisa penyebab inefisiensi energi sehingga dapat dilakukan upaya penghematan energi yang tepat sasaran.

5. Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Dosen dan Akademisi dari Institut Teknologi Sepuluh Nopember yang telah memberikan kritik dan saran untuk perbaikan penelitian ini. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada Perumda Air Minum Tirta Sewakadarma yang telah membantu penyediaan alat, bahan, dan tempat untuk penelitian ini.

6. Singkatan

<i>Perumda</i>	Perusahaan Umum Daerah
<i>SR</i>	Sambungan Rumah
<i>IPA</i>	Instalasi Pengolahan Air
<i>BUMD</i>	Badan Usaha Milik Daerah
<i>SEC</i>	<i>Specific Energy Consumption</i>
<i>SB</i>	Sumur Bor
%	Persentase
<i>rpm</i>	<i>Rotation per minutes</i>
<i>VSD</i>	<i>Variable Speed Drive</i>

7. Referensi

- [1] Pemerintah Kota Denpasar. (2019). Peraturan Daerah Kota Denpasar Nomor 7 Tahun 2019 tentang Perusahaan Umum Daerah Air Minum Tirta Sewakadarma.
- [2] BPS Kota Denpasar. (2025). Kota Denpasar dalam Angka. Badan Pusat Statistik Kota Denpasar. Denpasar.
- [3] Kementerian Pekerjaan Umum. (2025). Kinerja BUMD Air Minum Tahun 2024. Kementerian Pekerjaan Umum. Jakarta.
- [4] Kementerian Pekerjaan Umum dan USAID IUWASH. (2014). Pedoman Pelaksanaan Efisiensi Energi di PDAM. Kementerian Pekerjaan Umum. Jakarta.
- [5] U. Sulung dan M. Muspawi. (2024). Memahami Sumber Data Penelitian: Primer, Sekunder, dan Tersier. *Jurnal Edu Research*, vol. 5, no. 3, hlm. 110–116. <https://doi.org/10.47827/jer.v5i3.238>.
- [6] Perumda Air Minum Tirta Sewakadarma. (2022). Review Rencana Pengamanan Air Minum. Perumda Air Minum Tirta Sewakadarma. Denpasar.
- [7] M. A. Siregar dan W. S. Damanik. (2020). Pengaruh Variasi Sudut Keluar Impeler Terhadap Performance Pompa Sentrifugal. *Jurnal Rekayasa Material, Manufaktur dan Energi*, vol. 3, no. 2, hlm. 166–174.
- [8] S. Winarto. (2019). Optimalisasi Energi pada Pompa Kali Solo I. *Jurnal Swara Patra*, vol. 9, no. 1, hlm. 58–72.
- [9] K. H. Mendonça, H. P. Gomes, J. M. M. Villanueva, dan S. de T. M. Bezerra. (2021). Performance Of Oversized Pumps Controlled By Variable Frequency Drives In Water Supply Systems. *Journal of Urban and Environmental Engineering*, vol. 16, no. 2, hlm. 186–192.
- [10] D. O. W. Nugroho, T. Soehartanto, dan T. A. Wibowo. (2020). Performance of Water Pump on Distribution and Transmission Process using Variable Speed Drive. *Journal of Engineering*, vol. 6, no. 2, hlm. 2337–8530.
- [11] National Electrical Manufacturers Association. (2009). NEMA MG-1: Motors and Generators. National Electrical Manufacturers Association. Washington, D.C.
- [12] A. Najmurokhman dan Kurnia A. (2010). Perancangan Electronic Load Controller Berbasis Mikrokontroler sebagai Stabilizer Tegangan dan Frekuensi. *Jurnal Teknik*, vol. IX, no. 2, hlm. 99–109.
- [13] Winarso. (2013). Perbaikan Kualitas Tegangan Menggunakan Dynamic Voltage Restorer (DVR). *Jurnal Ilmiah Foristek*, vol. 3, no. 1, hlm. 236–241.
- [14] D. A. Basudewa, W. Aribowo, M. Widyartono, dan A. C. Hermawan. (2020). Analisa Penggunaan Kapasitor Bank terhadap Faktor Daya pada Gedung IDB Laboratory UNESA. *Jurnal Teknik Elektro*, vol. 9, no. 3, hlm. 697–707.
- [15] R. Y. D. Putra, S. Anam, dan F. Budiman. (2017). Perancangan kVarh Meter untuk Metering Beban Induktif pada Jaringan Tegangan Menengah. *Undergraduate Thesis*. Institut Teknologi Sepuluh Nopember.