

## AUDIT ENERGI AWAL PADA RUMAH POMPA KANDANGAN PDAM SURYA SEMBADA KOTA SURABAYA

Reza Rifaldi <sup>1)</sup>, Ali Masduqi <sup>2)</sup>, Dian Suci Hastuti <sup>3)</sup>

Fakultas Teknik Sipil, Perencanaan dan Kebumihan Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya, Indonesia <sup>1,2)</sup>

Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat, Jakarta, Indonesia <sup>3)</sup>

Corresponding Author:

[rifaldipupr2017@gmail.com](mailto:rifaldipupr2017@gmail.com) <sup>1)</sup>, [masduqi@its.ac.id](mailto:masduqi@its.ac.id) <sup>2)</sup>

### Abstrak

Pada tahun 2022, konsumsi energi PDAM Surya Sembada Kota Surabaya sebesar 91.893.660 kWh/tahun dengan biaya energi Rp. 409/m<sup>3</sup>. Mengacu pada Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral nomor 14 tahun 2012 tentang Manajemen Energi, pengguna energi yang menggunakan energi lebih besar atau sama dengan 6.000 ton minyak/tahun atau sekitar 70.000.000 kWh/tahun wajib melakukan manajemen energi. Salah satu langkah dalam manajemen energi adalah melaksanakan audit energi secara berkala. Audit energi ini bertujuan untuk mengevaluasi efisiensi pompa dan Konsumsi Energi Spesifik (KES) sehingga diketahui rekomendasi teknis yang tepat terhadap optimasi pompa yang saat ini beroperasi. Metode penelitian yang digunakan adalah metode deskriptif secara kuantitatif dan kualitatif dengan pendekatan studi kasus. Jenis audit yang diterapkan adalah audit energi awal. Dari hasil audit energi awal yang dilakukan, diketahui bahwa seluruh pompa memiliki nilai efisiensi pompa di atas 60% dan nilai KES kurang dari 0,4 kWh/m<sup>3</sup>. Hal tersebut mengindikasikan kondisi pompa eksisting masih sangat baik dan layak beroperasi. Nilai faktor daya ( $\cos \phi$ ) pada pompa 1 sebesar 0,813 sedangkan batasan minimum nilai faktor daya yaitu 0,85. Hal tersebut mengakibatkan PDAM akan terkena denda kVAr. Pemasangan kapasitor bank dapat menjadi solusi untuk menghindari denda kVAr yang diakibatkan nilai faktor daya kurang dari 0,85.

**Kata Kunci: Manajemen Energi, Audit Energi, Konsumsi Energi Spesifik, denda kVAr**

### Abstract

In 2022, PDAM Surya Sembada Surabaya City's energy consumption will be 91,893,660 kWh/year with energy costs of IDR. 409/m<sup>3</sup>. Referring to the Minister of Energy and Mineral Resources Regulation number 14 of 2012 concerning Energy Management, energy users who use energy greater than or equal to 6,000 tons of oil/year or around 70,000,000 kWh/year are required to carry out Energy Management. One of the steps in energy management is to carry out regular energy audits. This energy audit aims to evaluate pump efficiency and Specific Energy Consumption (SEC) so that appropriate technical recommendations for optimizing pumps currently operating are known. The research method used is a quantitative and qualitative descriptive method with a case study approach. The type of audit implemented is an initial energy audit. From the results of the initial energy audit carried out, it is known that all pumps have pump efficiency values above 60% and SEC values less than 0.4 kWh/m<sup>3</sup>. This indicates that the condition of the existing pump is still very good and suitable for operation. The power factor value ( $\cos \phi$ ) for pump 1 is 0.813, while the minimum power factor value is 0.85. This results in PDAM being subject to kVAr fines.

#### History:

Received : 25 Februari 2024

Revised : 10 Maret 2024

Accepted : 29 Maret 2024

Published: 27 April 2024

**Publisher:** LPPM Universitas Darma Agung

**Licensed:** This work is licensed under

[Attribution-NonCommercial-No](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/)

[Derivatives 4.0 International \(CC BY-NC-ND 4.0\)](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/)



*Installing a capacitor bank can be a solution to avoid kVAr penalties resulting from a power factor value of less than 0.85.*

*Keywords: Energy Management, Energy Audit, Specific Energy Consumption, kVAr fines.*

## **PENDAHULUAN**

Secara topografi, sebagian besar wilayah Kota Surabaya merupakan dataran rendah dengan ketinggian 3-6 meter di atas permukaan laut pada kemiringan kurang dari 3 persen (Pemerintah Kota Surabaya, 2016). Kondisi tersebut berdampak pada Perusahaan Daerah Air Minum (PDAM) Surya Sembada Kota Surabaya tidak dapat mengandalkan sistem gravitasi dalam penyediaan air minum bagi masyarakat (Lubis 2023). Sampai dengan tahun 2022, PDAM Surya Sembada Kota Surabaya memiliki 6 unit Instalasi Pengolahan Air Minum (IPAM) yang memiliki kapasitas produksi sebesar 11.330 liter/detik. Dalam mendistribusikan air yang telah diolah, PDAM menggunakan sistem perpompaan pada 6 IPAM serta kombinasi gravitasi-pompa pada 2 sumber air baku. Konsumsi listrik untuk keperluan penggerak keseluruhan pompa air pada PDAM diperkirakan mencapai lebih dari 80% dari keseluruhan konsumsi listrik PDAM dan biaya ini bisa mencapai lebih dari 30% dari seluruh biaya operasional (Aalsey, 2018).

Biaya energi adalah beban energi, yaitu beban listrik, solar, gas, dan bahan bakar lainnya yang dikeluarkan PDAM untuk menghasilkan 1m<sup>3</sup> air (Kementerian PUPR, 2012). Berdasarkan Buku Kinerja BUMD Penyelenggaraan Sistem Penyelenggaraan Air Minum (SPAM) tahun 2022 (Direktorat Air Minum, 2022), biaya energi rata-rata nasional adalah Rp 356,34/m<sup>3</sup>. Biaya energi PDAM Surya Sembada Kota Surabaya di atas rata-rata nasional yaitu sebesar Rp 409/m<sup>3</sup> (Direktorat Air Minum, 2022). Tingginya biaya listrik ini disebabkan oleh pemakaian energi yang tidak sesuai dengan penambahan kapasitas produksi/distribusi air minum, umur peralatan, serta pemakaian energi yang tidak efisien (Mulyono, 2020). Biaya energi PDAM Surya Sembada Kota Surabaya pada tahun 2022 sebesar Rp. 147.654.439.569 (Direktorat Air Minum, 2022). Pengguna energi yang menggunakan energi lebih besar atau sama dengan 6.000 setara ton minyak per tahun wajib melakukan penghematan energi yang salah satunya dengan cara melaksanakan Audit Energi secara berkala (Kementerian ESDM, 2012). Pada tahun 2022, konsumsi energi PDAM Surya Sembada Kota Surabaya sebesar 91.893.660 kWh/tahun. Angka tersebut telah melebihi 6.000 ton minyak/tahun atau sekitar 70.000.000 kWh/tahun.

Besarnya biaya energi yang dikeluarkan, mengharuskan PDAM Surya Sembada Kota Surabaya melaksanakan evaluasi terhadap kinerja pompa yang terdapat pada tiap Instalasi Pengolahan Air Minum (IPAM) dan Rumah Pompa guna menghitung besarnya energi serta mengidentifikasi peluang-peluang penghematan energi. Pada tahap selanjutnya, perusahaan harus menginventarisasi instrumen dan peralatan yang terlibat dalam penggunaan energi. Langkah yang dapat dilakukan oleh PDAM adalah melakukan audit energi, namun sampai saat ini PDAM Surya Sembada Kota Surabaya belum melaksanakan audit energi.

Audit energi adalah langkah awal penting dalam menerapkan konversi dan mengelola energi dalam suatu sistem produksi. Tujuan dari audit energi adalah menilai seberapa besar konsumsi energi, menghitung energi yang terbuang, dan mengidentifikasi langkah-langkah untuk menggunakan energi dengan lebih efisien (Soolany 2018). Secara umum, audit energi dapat dibagi 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 (*Preliminary Audit*) merupakan kegiatan pengukuran terbatas dan pengumpulan data primer dilakukan pada survei pendahuluan ini. Diharapkan permasalahan keenergian dan perkiraan penghematan energi telah dapat diidentifikasi. Audit energi awal sering disebut juga dengan istilah audit sederhana, karena dalam audit ini lebih difokuskan pada pengumpulan data umum, seperti data pemakaian energi bulanan, baik rekening bulanan PLN, maupun pemakaian energi dari *genset* cadangan, yang dipakai oleh peralatan sistem pengelolaan air bersih, serta hasil produksinya dalam kurun waktu yang sama. Selain itu juga dilakukan peninjauan lapangan, tanpa melakukan pengukuran, untuk mendapatkan gambaran besarnya obyek yang akan diaudit dan peluang konservasi energi (Kementerian PUPR, 2014). Dalam hal ini, Audit energi awal dilakukan pada Rumah Pompa Kandangan.

Rumah pompa Kandangan merupakan salah satu rumah pompa yang terdapat pada PDAM Surya Sembada Kota Surabaya yang melayani 21.009 SR dengan total pemakaian air sebulan sebesar 578.512 m<sup>3</sup>. Rumah pompa yang dibangun pada tahun 2019 ini difungsikan untuk menambah tekanan pada Kecamatan Benowo dan sekitarnya, mengingat tekanan dari *booster* Putatgede tidak dapat menjangkau area layanan dikarenakan kurangnya sisa tekan dan panjangnya pipa eksisting. Selain itu, pembangunan rumah pompa Kandangan juga berfungsi sebagai peningkatan layanan akses air bersih yang semula masih terdapat *intermitten*, diharapkan dengan dibangunnya rumah pompa Kandangan tersebut, warga memperoleh hak yang sama atas akses air bersih di Surabaya.

Audit energi awal pada Rumah Pompa Kandangan bertujuan untuk mengetahui kondisi efisiensi pompa dan nilai KES. Selain itu, audit energi ini pada Rumah Pompa Kandangan juga merupakan proyek pendahuluan dan langkah awal PDAM Surya Sembada untuk melakukan audit energi secara menyeluruh baik pada IPAM, rumah pompa dan bangunan pendukung lainnya.

## **METODE PENELITIAN**

Preliminary Audit energi dilakukan di PDAM Surya Sembada, Surabaya, Jawa Timur, khususnya di Rumah Pompa Kandangan, pada bulan Agustus 2023. Tujuan audit ini adalah untuk mengidentifikasi serta menganalisis faktor-faktor yang menyebabkan tingginya biaya energi di PDAM Surya Sembada. Langkah pertama melibatkan analisis biaya dan konsumsi energi yang ada di lokasi audit, serta penilaian terhadap daya dan

efisiensi pompa, serta kualitas sistem transmisi energinya. Evaluasi terhadap daya dan efisiensi pompa dilakukan dengan mengukur debit dan head pompa untuk menghitung efisiensi pompa, kemudian dibandingkan dengan spesifikasi pompa yang ada. Debit pompa diukur di pipa discharge menggunakan alat ultrasonic flow meter, sedangkan tekanan diukur menggunakan pressure gauge.

Pengukuran kualitas daya pada instalasi pompa pada Rumah Pompa Kandangan dilakukan menggunakan *power meter analyzer*. Besaran listrik yang dapat diukur oleh power meter analyzer antara lain arus, tegangan, daya, faktor daya, frekuensi bahkan total harmonik distortion secara *real time* monitoring (Badruzzaman, 2012). Setelah variabel tersebut diperoleh kemudian dibandingkan dengan nilai standar KES. KES merupakan besaran yang menunjukkan hasil perbandingan antara energi yang terpakai dengan produk yang dihasilkan pompa (USAID IUWASH PLUS, 2018). Satuan KES dinyatakan dalam kWh/m<sup>3</sup>. Ketentuan batas maksimal KES yaitu 0,4 kWh/m<sup>3</sup> dan apabila nilai KES di atas batas tersebut maka sistem dinyatakan tidak efisien atau unefisien. Efisiensi pompa dan motor pompa merupakan efisiensi dari sistem pompa. Hasil analisis data ini dapat digunakan untuk menentukan apakah pompa masih dapat dipergunakan ( $\eta > 60\%$ ), perlu perbaikan mayor ( $\eta < 50\%$ ) atau perlu perbaikan minor ( $50\% < \eta < 60\%$ ).

Data konsumsi energi spesifik diperoleh dari pompa air baku dan pompa distribusi yang sedang beroperasi. Pengumpulan data primer dilakukan menggunakan perangkat power meter analyzer, tang ampere, dan stroboscope. Power meter analyzer berperan dalam mengukur parameter kelistrikan seperti tegangan, arus, frekuensi, faktor daya, dan harmonisa, sementara stroboscope digunakan untuk mengukur kecepatan putaran motor pompa. Penggunaan power meter analyzer disesuaikan dengan pompa yang memiliki arus di bawah 100 ampere, sedangkan tang ampere digunakan untuk pompa yang memiliki arus di atas 100 A.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### A. Hasil

Pengukuran debit pompa dilakukan pada pipa discharge menggunakan alat *ultrasonic flow meter*. Langkah pertama yang dilakukan adalah memasukkan data dimensi pipa, jenis material pipa dan jenis fluida pada *ultrasonic flow meter*. Setelah memasukkan variabel diatas, maka jarak *transducer ultrasonic* didapatkan secara otomatis dari alat tersebut. Kemudian *transducer* dipasang sesuai jarak yang ditentukan dan *ultrasonic flow meter* diatur untuk dapat merekam data setiap menit selama 1 jam. Pengukuran tekanan dilakukan dengan menggunakan *pressure gauge* yang terpasang pada pipa *discharge* pompa. Hasil pengukuran debit dan tekanan pompa dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Debit dan Tekanan pada Rumah Pompa Kandangan

Pompa	Debit (l/s)	Debit (m <sup>3</sup> /s)	Tekanan (bar)	Tekanan (m)
1	54,311	0,0543	4	43,98

3	53,903	0,0539	4	44,03
4	54,097	0,0541	4	44,51

Daya kinerja pompa dapat dihitung berdasarkan hasil pengukuran debit dan head total pada pompa. Head pompa dapat dilihat pada Gambar 1.

Gambar 1. Kurva Head-Kapasitas dari Pompa dan Sistem

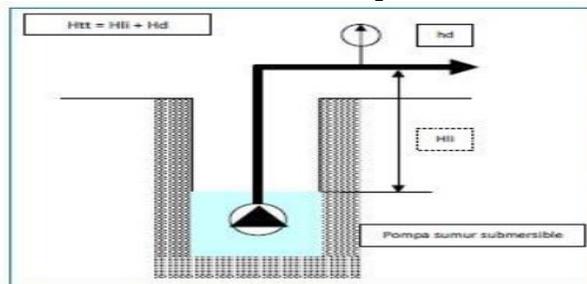


Sumber: Sularso & Tahara, 2000

*Head system* adalah tekanan yang diperlukan untuk menggerakkan cairan melalui sistem pipa atau tekanan yang dibutuhkan untuk mengatasi kerugian gesek, ditambah dengan tekanan statis sistem. Kurva head-kapasitas dari pompa mencerminkan kemampuan pompa dalam menghasilkan head  $H$  yang bergantung pada kapasitas  $Q$ . Titik di mana kurva head-kapasitas dari pompa dan sistem bertemu menandakan titik kerja pompa dan sistem, di mana tekanan yang dibutuhkan oleh sistem sejajar dengan tekanan yang disediakan oleh pompa (Sularso & Tahara, 2000).

Tekanan hidraulis yang digunakan untuk mengukur efisiensi pompa disebut total head pompa. Total head adalah perbedaan antara tekanan discharge di sisi keluar pompa dan tekanan isap di inlet pompa (Kementerian PUPR, 2014). Untuk pompa submersible, total head yang digunakan sesuai dengan yang tergambar dalam Gambar 2.

Gambar 2. Head Total Pompa Submersible



Sumber: Kementerian PUPR, 2014

Hasil perhitungan daya pompa dapat dilihat pada Tabel 2. Contoh perhitungan daya pompa sebagai berikut

Pompa 1

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

$$= 997 \times 9,81 \times 0,0543 \times 43,98$$

$$= 23.361,85 \text{ Watt}$$

Hasil pengukuran debit dan tekanan kemudian dibandingkan dengan spesifikasi pada pompa yang dapat dilihat pada Tabel 2.

**Tabel 2. Perbandingan Debit dan Tekanan Hasil Pengukuran dengan Spesifikasi Pompa**

Pompa	Hasil Pengukuran		Spesifikasi	
	Debit (l/s)	Tekanan (m)	Debit (l/s)	Tekanan (m)
1	54,311	43,98	55	45
3	53,903	44,03	55	45
4	54,097	44,51	55	45

Nilai debit dan tekanan berdasarkan hasil pengukuran (aktual) berada di bawah nilai spesifikasi dari pompa. Penurunan debit aktual sekitar 6% dan untuk tekanan aktual terjadi penurunan dari 6% hingga 16%. Penurunan tekanan tertinggi terjadi pada pompa 3 yaitu 16%. Kinerja pompa menurun seiring perjalanan waktu. Pemeliharaan dan perawatan dapat dilakukan untuk menjaga dan meningkatkan kinerja pompa, namun kinerja pompa sesuai dengan spesifikasi tidak akan diperoleh (Winarto, 2019).

**Tabel 3. Daya Kinerja Pompa pada Rumah Pompa Kandangan**

Pompa	Daya Kinerja Pompa				
	H (m)	Q (m <sup>3</sup> /s)	$\rho$ (kg/m <sup>3</sup> )	g (m/s <sup>2</sup> )	Daya Hidrolis (Watt)
1	43,98	0,0543	997	9,81	23.361,85
3	44,03	0,0539	997	9,81	23.212,71
4	44,51	0,0541	997	9,81	23.550,22

Daya kinerja pompa berbanding lurus dengan debit dan *head* pompa. Berdasarkan Tabel 3, daya kinerja pompa 4 lebih besar dari pompa 1 dan 3 karena debit pompa 4 paling besar yaitu 0,0543 m<sup>3</sup>/s. Daya kinerja pompa 4 lebih besar dari pompa 1 dan 3 yaitu sebesar 44,51 m.

Kualitas daya pada Rumah Pompa Kandangan diukur menggunakan *Power Meter Analyzer*. Variabel data yang didapatkan dari pengukuran kualitas daya adalah tegangan (volt), arus (ampere), faktor daya, daya (watt) dan daya semu (VA). Hasil pengukuran kualitas daya dapat dilihat pada tabel 4.

**Tabel 4. Kualitas Daya Pompa pada Rumah Pompa Kandangan**

Pompa	U (V)	I (A)	Cos $\phi$	Daya Input (Watt)	Daya Hidrolis (Watt)
1	214,27	90,30	0,813	27.213,162	23.361,85
3	220,61	88,77	0,869	29.440,876	23.212,71
4	207,57	90,51	0,880	28.601,114	23.550,22

Dari hasil pengukuran kualitas kinerja dan daya pompa, efisiensi pompa dapat dihitung. Kemudian, efisiensi pompa yang dihitung dibandingkan dengan standar efisiensi pompa, yang ditetapkan sebesar  $\geq 60\%$  (Kementerian PUPR, 2014). Selain itu, dari hasil pengukuran kualitas daya dan debit pompa, Koefisien Efisiensi Sistem (KES) juga dapat dihitung. Hasil perhitungan KES tersebut kemudian dibandingkan dengan standar KES, yang ditetapkan sebesar  $\leq 0,4 \text{ kWh/m}^3$ .

Hasil perhitungan efisiensi pompa dan KES dapat dilihat pada Tabel 5.

**Tabel 5. Efisiensi Pompa dan KES pada Rumah Pompa Kandangan**

Pompa	Daya Input (Watt)	Daya Hidrolis (Watt)	Cos $\phi$	$\eta T$ (%)	KES (kWh/m <sup>3</sup> )
1	27.213,162	23.361,85	0,813	85,848	0,139
3	29.440,876	23.212,71	0,869	78,845	0,152
4	28.601,114	23.550,22	0,880	82,340	0,147

Keterangan

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

$\eta T$  =  $\geq 60\%$

Cos  $\phi$  =  $\geq 0,85$

## B. Pembahasan

Berdasarkan tabel 5, seluruh pompa pada Rumah Pompa Kandangan memiliki nilai efisiensi pompa di atas 60% dan nilai KES di bawah 0,4 kWh/m<sup>3</sup>. Hal tersebut dikarenakan usia pompa yang kurang dari 4 tahun serta perawatan yang dilakukan secara berkala. Nilai faktor daya (Cos  $\phi$ ) pada pompa 1 kurang dari 0,85, jika tidak ditanggulangi dengan segera, akan berakibat terhadap denda kVAR dan kinerja pompa yang menurun.

## SIMPULAN

Berdasarkan hasil audit energi awal (*preliminary audit*) yang dilaksanakan pada Rumah Pompa Kandangan, maka dapat diambil kesimpulan bahwa seluruh unit pompa yang berada pada lokasi penelitian memiliki nilai efisiensi pompa di atas 60%. Angka tersebut mengindikasikan bahwa seluruh unit pompa saat ini masih dalam tingkat efisiensi yang sangat baik. Nilai KES untuk seluruh pompa pada saat dilakukan audit masih berada dalam kriteria teknik, yaitu di bawah 0,4 kWh/m<sup>3</sup>. Nilai faktor daya (Cos  $\phi$ ) pompa 1 pada saat dilakukan audit sebesar 0,813. Nilai tersebut berada di bawah nilai minimal yaitu 0,85. Jika tidak diperbaiki dengan segera akan mengakibatkan denda kVAR dan kinerja pompa yang menurun. Salah satu solusi untuk mengatasinya yaitu dengan pemasangan kapasitor bank.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih disampaikan kepada Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat yang telah memberikan dukungan pendanaan selama menjalani tugas belajar dan penelitian di PDAM Surya Sembada Kota Surabaya. Terima kasih juga disampaikan kepada PDAM Surya Sembada Kota Surabaya yang telah memberikan dukungan data, tempat, dan fasilitas selama penelitian ini.

## DAFTAR PUSTAKA

- Aalsey, 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 2022*. 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)." PDAM Surya Sembada Kota Surabaya (2022). *Annual Report 2021 PDAM Surya Sembada*. Surabaya.
- 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.
- Soolany, Christian. 2018. "AUDIT ENERGI PROSES PRODUKSI ARANG DARI TEMPURUNG KELAPA." *JTI-UNUGHA (Jurnal Teknologi Industri-UNUGHA)* 2(1).
- Sularso, & Tahara, H. (2000). Pompa dan Kompresor: Pemilihan, Pemakaian dan Pemeliharaan. In *Perawatan dan Pemeliharaan Kompresor*.
- USAID IUWASH PLUS. (2018). *Panduan Penyusunan Audit Efisiensi Energi*.
- Winarto, S. (2019). *Optimalisasi Energi pada Pompa Kali Solo I*. *Swara Patra*, 9(1), 58-72.