

Analisis Pemakaian Energi Sendiri dan Potensi Penghematan Pada PLTU Barru

Ardiansyah Achmad^{1*}, Andreas Pangkung², A. M. Shiddiq Yunus³

^{1,2,3,4}Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Ujung Pandang, Makassar 90245, Indonesia

*E-Mail korespondensi: ardiansyah.achmad08@gmail.com

Abstract: Barru Steam Power Plant (PLTU Barru) faces challenges in the efficiency of its own energy consumption (host load), which affects operational costs and overall plant performance. This study analyzes selfconsumption energy usage and its saving potential through preliminary and detailed energy audits. Data was collected from daily monitoring of main equipment such as the Boiler Feed Pump (BFP), Primary Air Fan (PAF), and Induced Draft Fan (IDF). Audit results indicate that the BFP is the largest energy consumer, accounting for 27.83% (Unit 1) and 28.19% (Unit 2) of total consumption. Further analysis identified that applying a Variable Frequency Drive (VFD) to the BFP can optimize pump operation by adjusting motor speed according to load requirements. A simulation of inverter frequency setting at 48 Hz demonstrated energy savings of 55.90 kWh per day. In addition, findings revealed an increase in operational current on several pieces of equipment due to damaged isolation valves, which also contributed to energy waste. This study recommends periodic maintenance and the use of VFD technology to improve system efficiency. Implementing these recommendations not only reduces operational costs but also supports national energy conservation policies in line with ISO 50001 and Law No. 30 of 2007.

Keywords: Barru Steam Power Plant, own energy consumption, energy efficiency, Boiler Feed Pump, Variable Frequency Drive, energy audit.

Abstrak: Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) Barru memiliki tantangan dalam efisiensi pemakaian energi sendiri (host load), yang memengaruhi biaya operasional dan kinerja pembangkit. Penelitian ini menganalisis konsumsi energi pemakaian sendiri dan potensi penghematannya melalui audit energi awal dan rinci. Data dikumpulkan dari pemantauan harian peralatan utama seperti *Boiler Feed Pump* (BFP), *Primary Air Fan* (PAF), dan *Induced Draft Fan* (IDF). Hasil audit menunjukkan bahwa BFP merupakan konsumen energi terbesar, menyumbang 27,83% (Unit 1) dan 28,19% (Unit 2) dari total pemakaian. Analisis lebih lanjut mengidentifikasi bahwa penerapan *Variable Frequency Drive* (VFD) pada BFP dapat mengoptimalkan operasi pompa dengan menyesuaikan kecepatan motor sesuai kebutuhan beban. Simulasi pengaturan frekuensi inverter ke 48 Hz membuktikan penghematan energi sebesar 55,90 kWh per hari. Selain itu, temuan menunjukkan adanya peningkatan arus kerja pada beberapa peralatan akibat kerusakan *valve isolasi*, yang turut berkontribusi pada pemborosan energi. Penelitian ini merekomendasikan pemeliharaan berkala dan penggunaan teknologi VFD untuk meningkatkan efisiensi sistem. Implementasi rekomendasi ini tidak hanya mengurangi biaya operasional tetapi juga mendukung kebijakan konservasi energi nasional sesuai ISO 50001 dan Undang-Undang No. 30 Tahun 2007.

Kata Kunci: PLTU Barru, energi pemakaian sendiri, efisiensi energi, *Boiler Feed Pump*, *Variable Frequency Drive*, audit energi.

I. PENDAHULUAN

Manajemen energi merupakan strategi sistematis untuk mengoptimalkan penggunaan energi pada sektor industri, termasuk pembangkit listrik tenaga uap (PLTU), guna menekan biaya operasional dan dampak lingkungan [1]. Dalam konteks industri pembangkitan, efisiensi energi menjadi faktor penentu daya saing serta kinerja ekonomi pembangkit. Melalui penerapan sistem manajemen energi, konsumsi energi dapat ditekan seminimal mungkin tanpa menurunkan keluaran daya yang dibutuhkan. Salah satu standar internasional yang menjadi acuan utama dalam penerapan sistem ini adalah ISO 50001, yang menyediakan panduan terstruktur dalam hal perencanaan, pelaksanaan, pemantauan, dan peningkatan berkelanjutan terhadap efisiensi energi. Standar ini mendorong organisasi untuk mengurangi konsumsi energi, biaya, serta emisi gas rumah kaca melalui kebijakan berbasis pengukuran dan perbaikan berkelanjutan [1].

Di Indonesia, penerapan efisiensi energi memiliki landasan hukum yang kuat, sebagaimana tertuang dalam Undang-Undang No. 30 Tahun 2007 tentang Energi, khususnya Pasal 25, yang

mewajibkan pelaku industri untuk melaksanakan konservasi energi secara efisien dan berkelanjutan. Ketentuan ini diperkuat dengan Peraturan Menteri ESDM No. 14 Tahun 2012 yang mengatur kewajiban penerapan manajemen energi bagi pengguna energi dengan konsumsi besar, termasuk kewajiban melakukan audit energi secara berkala. Oleh karena itu, audit energi menjadi alat penting dalam mengidentifikasi peluang penghematan energi serta memastikan kesesuaian sistem dengan target efisiensi yang diatur pemerintah [1].

Dalam sistem PLTU, sebagian daya listrik yang dihasilkan digunakan untuk menggerakkan sistem pendukung operasi seperti motor induksi, pompa, kompresor, dan kipas utama (fan). Sistem ini dikenal sebagai pemakaian sendiri (*host load*), yang disuplai melalui Unit Auxiliary Transformer (UAT). UAT berfungsi menyalurkan energi listrik dari generator utama ke berbagai peralatan bantu pembangkit seperti *mill motor*, *air compressor*, *feed water pump*, dan *excitation system* [2][3]. Kondisi keandalan UAT dan efisiensi sistem bantu ini sangat berpengaruh terhadap performa keseluruhan pembangkit, sebab peningkatan beban internal akan menurunkan daya netto yang dapat disalurkan ke jaringan listrik nasional.

Salah satu komponen utama yang berkontribusi signifikan terhadap konsumsi energi sendiri adalah Boiler Feed Pump (BFP). Pompa ini berfungsi memompa air bertekanan tinggi menuju boiler, dan umumnya digerakkan oleh motor induksi berdaya besar. Motor induksi tiga fasa merupakan mesin listrik arus bolak-balik yang bekerja berdasarkan induksi elektromagnetik antara stator dan rotor, dengan karakteristik slip antara keduanya [4]. Kinerja pompa sentrifugal seperti BFP mengikuti hukum afinitas, yang menyatakan bahwa debit (*flow rate*), tekanan (*head*), dan daya (*power*) berbanding lurus dengan perubahan kecepatan putar impeler [5][6]. Artinya, setiap penurunan kecepatan motor akan menurunkan konsumsi daya secara signifikan, sesuai hubungan $P \propto N^3$.

Berbagai penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa penerapan Variable Frequency Drive (VFD) merupakan salah satu metode efektif dalam meningkatkan efisiensi energi pada motor induksi industri. VFD memungkinkan pengaturan kecepatan motor sesuai kebutuhan beban aktual tanpa kehilangan torsi signifikan [7][8]. Narkhede dan Naik [7] menunjukkan bahwa penerapan VFD pada sistem BFP dapat menurunkan konsumsi daya listrik secara substansial dengan menyesuaikan frekuensi inverter antara 45–50 Hz sesuai kebutuhan aliran air. Sementara itu, penelitian Handayani [8] menegaskan bahwa penggunaan VFD pada pompa sentrifugal aliran campur mampu meningkatkan kontrol terhadap *flow rate* serta menurunkan rugi energi akibat *throttling valve*.

Selain itu, beberapa studi lain menyoroti metode tambahan untuk menekan konsumsi energi pompa melalui modifikasi desain mekanis. Ferdinand et al. [9] dan Yani et al. [10] menunjukkan bahwa pemangkasan impeler (*impeller trimming*) dapat menurunkan nilai getaran serta mengurangi daya listrik tanpa mengorbankan performa debit secara signifikan. Penelitian-penelitian tersebut memperkuat urgensi penerapan pendekatan konservasi energi yang bersifat kombinatorik—baik melalui kontrol kecepatan (VFD) maupun modifikasi komponen mekanis—dalam sistem PLTU modern.

Berdasarkan uraian di atas, penelitian ini difokuskan pada analisis pemakaian energi sendiri dan potensi penghematan energi di PLTU Barru, dengan penekanan pada evaluasi kinerja Boiler Feed Pump sebagai pengguna energi terbesar. Analisis dilakukan melalui audit energi awal dan rinci untuk membandingkan konsumsi aktual dengan data *commissioning*, sekaligus mensimulasikan penerapan Variable Frequency Drive (VFD) guna menilai potensi penghematan energi dan peningkatan efisiensi sistem. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan rekomendasi teknis bagi peningkatan efisiensi operasional PLTU, sekaligus mendukung penerapan kebijakan nasional konservasi energi sesuai ISO 50001 dan Undang-Undang No. 30 Tahun 2007.

II. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan audit energi eksploratif yang bertujuan untuk menganalisis konsumsi energi sendiri (*host load*) dan mengidentifikasi peluang penghematan pada PLTU Barru. Tahapan penelitian dilakukan secara sistematis mulai dari pengumpulan data operasional,

analisis teknis konsumsi energi, hingga simulasi penerapan sistem pengendalian kecepatan motor berbasis Variable Frequency Drive (VFD).

A. Pendekatan Penelitian

Penelitian ini bersifat kuantitatif-deskriptif, di mana data numerik hasil pengukuran aktual di lapangan digunakan untuk mengevaluasi kinerja sistem dan mengidentifikasi potensi efisiensi energi. Analisis dilakukan dengan membandingkan data konsumsi energi aktual terhadap data acuan saat *commissioning* serta hasil simulasi penerapan VFD.

B. Lokasi dan Objek Penelitian

Penelitian dilaksanakan di PLTU Barru, Sulawesi Selatan, dengan kapasitas pembangkitan 2×50 MW. Objek penelitian difokuskan pada sistem pemakaian energi sendiri (host load), khususnya pada peralatan utama yang beroperasi dengan suplai tegangan 6,3 kV dan 400 V, seperti:

- Boiler Feed Pump (BFP)
- Primary Air Fan (PAF)
- Induced Draft Fan (IDF)

Berdasarkan hasil audit awal, BFP dipilih sebagai fokus utama karena memiliki kontribusi konsumsi energi terbesar terhadap sistem pemakaian sendiri.

C. Tahapan Penelitian

Proses penelitian dibagi menjadi tiga tahapan utama sebagai berikut:

1. Audit Energi Awal

Tahap ini bertujuan untuk mendapatkan gambaran umum pola konsumsi energi sistem pemakaian sendiri.

Langkah-langkah yang dilakukan meliputi:

- Pengumpulan data konsumsi energi harian selama periode 2023 pada unit 1 dan unit 2.
- Analisis perbandingan antara daya listrik yang digunakan peralatan bantu terhadap total daya keluaran generator.
- Penentuan *baseline* konsumsi energi dan identifikasi peralatan dengan beban terbesar.

2. Audit Energi Rinci

Audit rinci dilakukan untuk mengetahui distribusi pemakaian energi pada setiap peralatan listrik utama.

Tahap ini mencakup:

- Pengukuran arus, tegangan, daya aktif, dan faktor daya pada setiap peralatan utama (BFP, PAF, IDF).
- Perhitungan konsumsi energi berdasarkan hasil pengukuran aktual dan durasi operasi.
- Analisis intensitas energi untuk menentukan efisiensi peralatan.
- Evaluasi kesesuaian hasil terhadap spesifikasi desain dan data *commissioning*.

3. Analisis Peluang Penghematan Energi

Tahap ini bertujuan untuk menentukan strategi konservasi energi yang paling efektif berdasarkan hasil audit rinci.

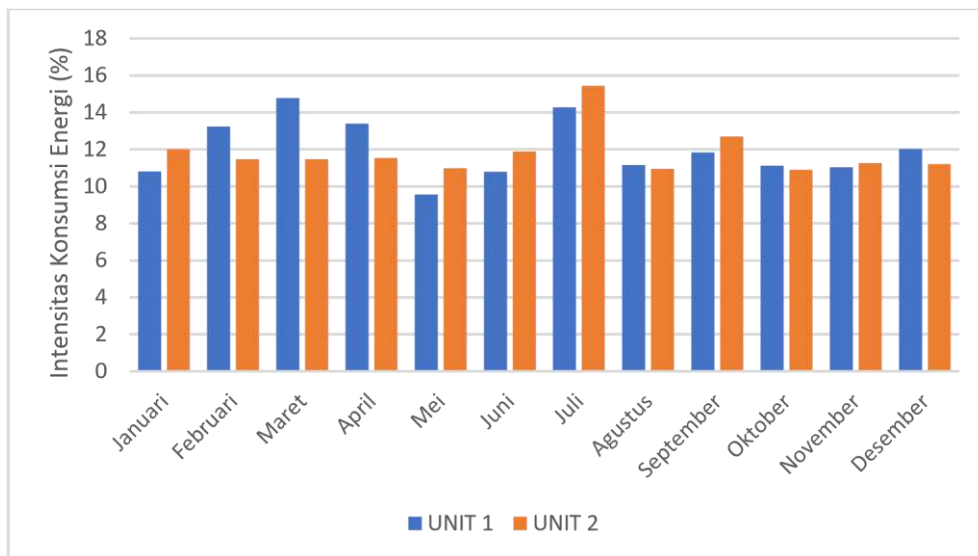
Langkah yang dilakukan meliputi:

- Analisis teknis konsumsi daya Boiler Feed Pump menggunakan hukum afinitas pompa sentrifugal ($P \propto N^3$).
- Simulasi penerapan Variable Frequency Drive (VFD) dengan variasi frekuensi operasi (45–50 Hz) untuk menilai potensi penghematan energi.
- Evaluasi perubahan *flow rate*, *current*, dan daya motor terhadap variasi frekuensi inverter.
- Perhitungan potensi penghematan energi harian (kWh/hari) dan dampaknya terhadap *lifetime* motor.
- Identifikasi faktor non-elektrikal yang berpengaruh terhadap efisiensi, seperti kondisi *isolation valve* dan *throttling loss*.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. AUDIT ENERGI AWAL

Pembangkit listrik pada PLTU Barru memiliki kapasitas 2 x 50 MW berdasarkan dari data commissioning penggunaan energi sendiri pada unit 1 sebesar 5.180,76 kW dengan daya yang diproduksi generator 57 MW sedangkan unit 2 penggunaan energi sendiri 5.071,8 kW dengan daya yang produksi generator 57 MW namun melihat kondisi unit terkini tidak mampu memproduksi dengan daya yang sama maka penulis melakukan pengambilan data setahun terakhir sebagai acuan analisis pemakaian energi sendiri.

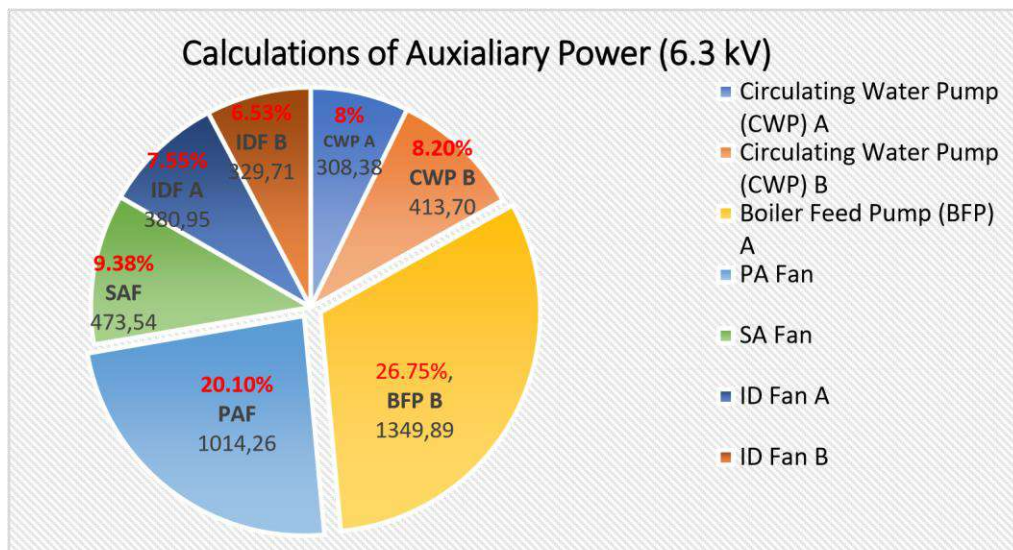


Gambar 1 Grafik intensitas konsumsi energi unit 1 dan 2 pada audit energi awal periode tahun 2023

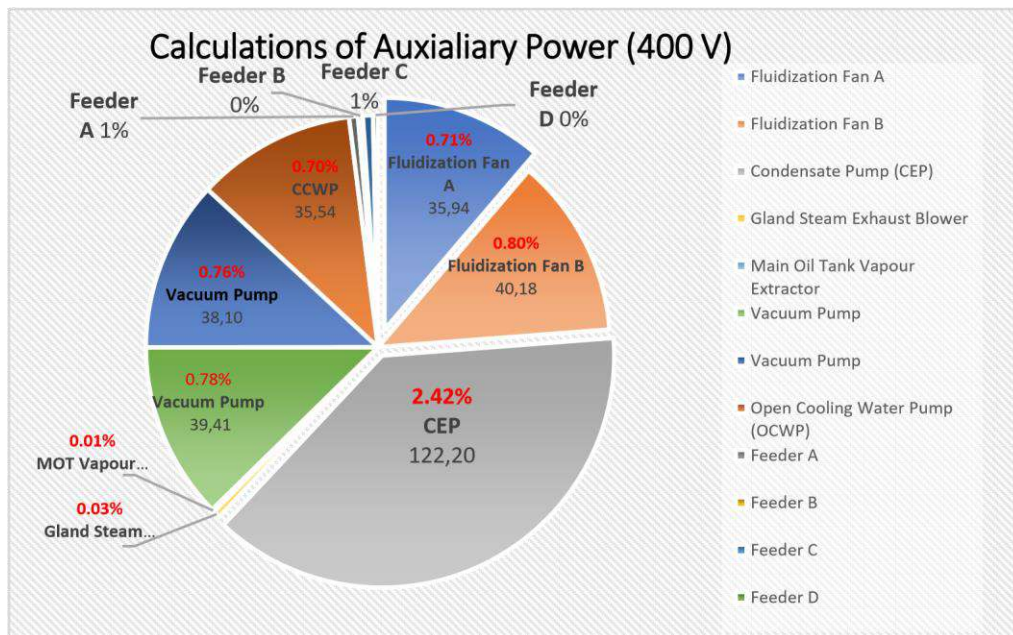
Dapat dilihat pada grafik bahwa UNIT 1 dan UNIT 2 memiliki pola konsumsi yang berbeda sepanjang tahun. UNIT 1 menunjukkan fluktuasi yang signifikan, dengan tingkat konsumsi tertinggi mencapai 15% pada bulan Maret dan terendah 10% pada bulan Mei. Sementara itu, UNIT 2 cenderung lebih konsisten, dengan tingkat konsumsi yang berkisar antara 11% hingga 15%, dan mencapai puncaknya pada bulan Juli. Selain itu, UNIT 1 umumnya memiliki intensitas konsumsi yang sedikit lebih rendah dibandingkan UNIT 2, kecuali pada bulan Juli. Temuan ini menunjukkan bahwa meskipun UNIT 1 dapat mencapai tingkat konsumsi yang tinggi, pengelolaan energi yang lebih baik diperlukan untuk menjaga kestabilan konsumsi sepanjang tahun.

B. AUDIT ENERGI RINCI

Dari hasil analisis audit energi awal dapat dilihat jika dirata-ratakan pemakaian energi sendiri PLTU Barru unit 1 dan unit 2 berada dikisaran 14% dari hasil produksi, nilai ini lebih besar jika mengacu pada kontrak kinerja. Oleh karena itu diperlukan audit energi lanjutan yakni audit energi rinci berdasarkan penggunaan peralatan listrik pada PLTU Barru.



Gambar 2 Diagram distribusi pemakaian energi Listrik unit 1 pada motor 6300 Volt



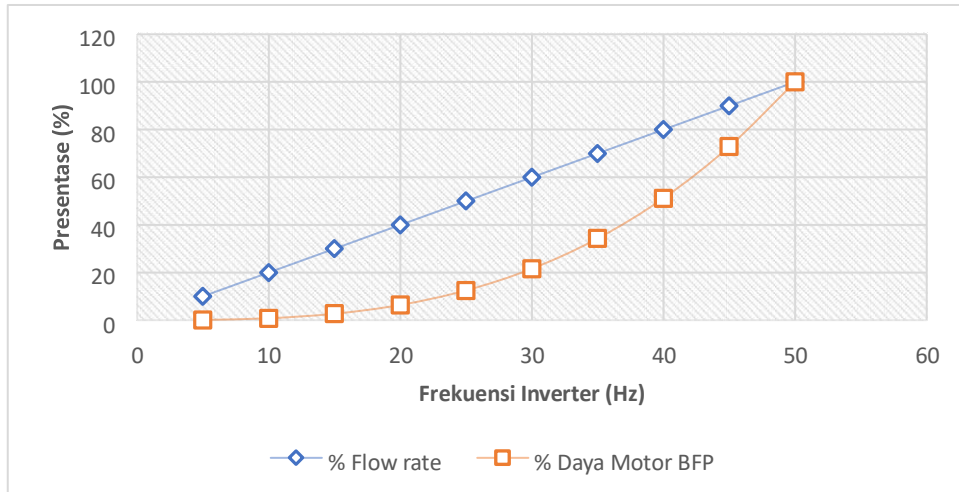
Gambar 3 Diagram distribusi pemakaian energi Listrik unit 1 pada motor 400 Volt

Berdasarkan dari hasil perhitungan audit rinci Boiler Feed Pump (BFP) merupakan pengguna energi terbesar pada motor Listrik hingga mencapai 26% dari total penggunaan energi motor 6,3 kV.

C. ANALISA PELUANG PENGHEMATAN ENERGI

Motor pada Boiler *Feed Pump* memiliki konsumsi daya yang cukup tinggi, mencapai sekitar 28% dari total konsumsi energi listrik pada unit 1 dan unit 2. Dalam pengoperasiannya, Boiler *Feed Pump* saat ini menggunakan sistem sirkulasi untuk mengurangi aliran selama proses pengisian drum boiler, sementara motor beroperasi konstan pada putaran maksimum, terlepas dari kebutuhan aktual aliran. Untuk mengoptimalkan penggunaan energi, direkomendasikan penerapan *Variable Frequency Drive* (VFD) pada motor Boiler *Feed Pump*. Dengan VFD, kecepatan motor dapat disesuaikan sesuai

kebutuhan operasional, sehingga beban berlebih dapat dikurangi dan konsumsi energi dapat diturunkan. Penyesuaian ini memungkinkan penghematan energi yang signifikan karena motor tidak perlu beroperasi pada kecepatan maksimum secara terus-menerus.



Gambar 4 Perubahan Frekuensi Putaran Terhadap Presentase flow rate dan Daya yang dibutuhkan

Dari gambar menunjukkan kenaikan frekuensi inverter diikuti dengan kenaikan flow rate dan daya motor Boiler Feed Pump, meskipun keduanya memiliki laju peningkatan yang berbeda. Pada awalnya, flow rate cenderung meningkat lebih cepat dibandingkan pemakaian daya motor Boiler Feed Pump yang cukup rendah. Namun, keduanya sama-sama menunjukkan peningkatan seiring dengan kenaikan frekuensi yang lebih tinggi. Penyesuaian frekuensi inverter ini dapat mempengaruhi performa flow rate dan konsumsi daya motor secara keseluruhan.

Tabel 1 Presentase konsumsi Daya Boiler Feed Pump A dengan Inverter

Operasi Pompa (%)	Frekuensi (Inverter) (Hz)	Speed (Rpm)	Flow rate (T / h)	Current (A)	Power (kW)
100	50	2985	215	145.6	1397.40
99	49.5	2955.2	212.9	144.1	1383.43
98	49	2925.3	210.7	142.7	1369.45
97	48.5	2895.5	208.6	141.2	1355.48
96	48	2865.6	206.4	139.8	1341.50
95	47.5	2835.8	204.3	138.3	1327.53
94	47	2805.9	202.1	136.8	1313.56
93	46.5	2776.1	200.0	135.4	1299.58
92	46	2746.2	197.8	133.9	1285.61
91	45.5	2716.4	195.7	132.5	1271.63
90	45	2686.5	193.5	131.0	1257.66

Mengacu pada lampiran tabel 1 rata-rata penggunaan flow rate dalam sehari pada beban maksimum yakni 205.55 Ton/jam (T/h) maka dengan menurunkan frekuensi Inverter pada frekuensi 48 Hz atau pada 96% operasi pompa penggunaan Inverter sebagai *Variabel Frequency Drive* lebih hemat, dengan flow rate 206.4 ton/jam (T/h) yang masih diatas penggunaan rata-rata dalam sehari ditemukan

penghematan 55.90 kWh atau 1341.51 kWh/hari. Penurunan speed motor di 2865.6 rpm dari kondisi 100% atau 2985 rpm pada frekuensi 50 Hz juga menjaga lifetime peralatan motor karena terhindar dari pengoperasian motor pada putaran maksimum secara kontinyu.

Selain pemakaian daya yang besar dikarenakan motor *Boiler Feed Pump* beroperasi pada putaran maksimum, hasil analisis menunjukkan bahwa arus kerja pada *Boiler Feed Pump* mengalami peningkatan dibandingkan saat *commissioning* di setiap unit. Hal ini disebabkan oleh kerusakan pada beberapa *valve* isolasi di jalur *feed water*, yang seharusnya berfungsi untuk menahan aliran *feed water* ke jalur lain. Akibatnya, aliran tetap terjadi di jalur yang seharusnya tertutup, menyebabkan pembagian tekanan dan meningkatkan beban kerja pompa. Kondisi ini tidak hanya menurunkan efisiensi operasional, tetapi juga meningkatkan konsumsi energi.

Dengan memperbaiki *valve* isolasi dan menerapkan sistem *Variable Frequency Drive*, diharapkan *Boiler Feed Pump* dapat beroperasi lebih efisien sesuai kebutuhan aktual, yang pada akhirnya dapat menurunkan konsumsi energi dan meningkatkan performa sistem secara keseluruhan.

IV. KESIMPULAN

Setelah melakukan konservasi energi dalam penelitian ini maka dapat kami simpulkan bahwa:

- a. Pemakaian energi sendiri pada system PLTU Barru pada motor listrik berkapasitas 6,3 kV konsumsi tertinggi ada pada *Boiler Feed Pump* yakni di rata-rata perhari 27,83% untuk unit 1 dan 28,19% untuk unit 2. Jika dibandingkan dengan kondisi saat *commissioning* nilai tersebut mengalami kenaikan terutama pada unit 1 yakni 2% dari hasil *commissioning* sedangkan unit 2 cenderung stabil ini diakibatkan motor pada boiler *feed pump* unit 2 telah dilakukan penggantian pada tahun 2019 begitu juga dengan *Primary Air Fan* yang memiliki presentase tertinggi setelah boiler *feed pump*, pada unit 1 persentase pemakaian energi 20,88% mengalami penurunan walaupun tidak signifikan yang nilai awal *commissioning* 21,68% sedangkan pada unit 2 pada saat *commissioning* 21,96% sekarang menurun di 18,59% hal ini juga dikarenakan penggantian pada Motor fan.
- b. Berdasarkan hasil analisa dengan melakukan penambahan *Variabel Frequency Drive* pada *Boiler feed Pump* nilai penghematan yang ditemukan 55,90 kWh atau 1341,51 kWh/hari. Penurunan speed motor di 2865,6 rpm dari kondisi 100% atau 2985 rpm pada frekuensi 50 Hz juga menjaga lifetime peralatan motor karena terhindar dari pengoperasian motor pada putaran maksimum secara kontinyu.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Legino, S., Januwarsono, S., & Arianda, R. (2017). Analisis Potensi Penghematan pada PLTU Unit 5 dengan Audit Energi pada Motor Pemakaian Sendiri di PT PJB Muara Karang. *Jurnal Energi & Kelistrikan*, 9(1), 1–7.
- [2] Ali, M., & Fahreza, F. K. (2024). The Unit Auxiliary Transformer Analysis by Dissolve Gas Analysis and Breakdown Voltage Test. *Jurnal Edukasi Elektro (JEE)*, 8(2), 139–148. <https://doi.org/10.21831/jee.v8i2.72759>
- [3] Gian Prangkozolla. (2021). Uji Kelayakan Belitan Unit Auxiliary Transformer (UAT) PLTU Rembang. Laporan Hasil Penelitian. Magelang: Universitas Tidar.
- [4] Sarjono, Gianto, R., & Hiendo, A. (2020). Evaluasi Kinerja Motor Induksi 3 Fasa 100 HP/75 KW pada Panel Star-Delta di PDAM Tirta Raya Adi Sucipto Kubu Raya. *Jurnal Teknik Elektro Universitas Tanjungpura, Pontianak*.
- [5] Septiani, Z. D., Rozi, K., & Kiono, B. F. T. (2023). Perbandingan Hasil Pengujian Performa Pompa dan Perhitungan Teoritis pada Karakteristik Pompa terhadap Kecepatan Putar Impeller. *Jurnal Teknik Mesin (JTM)*, 11(4), 43–50.
- [6] Yani, A. (2022). Analisis Karakteristik Pompa Air Type Sentrifugal Kapasitas 34 Liter/menit dengan Daya Pompa 125 Watt. *Jurnal Sains Terapan*, 5(1). <https://doi.org/10.31982/jst.v5i1.658>
- [7] Narkhede, J., & Naik, S. (2016). Boiler Feed Pump Control Using Variable Frequency Drive. *International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET)*, Mumbai.

- [8] Handayani, S. U. (2023). Karakteristik Pompa Sentrifugal Aliran Campur dengan Variable Frequency Drive. *ROTASI: Jurnal Teknik Mesin*, 15(1), 45–58. <https://ejournal.undip.ac.id/index.php/rotasi>
- [9] Ferdinand, A., Suprianti, Y., & Prayogo, S. (2024). Trimming Impeller sebagai Upaya Penurunan Nilai Vibrasi pada Pompa Sirkulasi Air Pendingin Katalis. *Prosiding Seminar Nasional dan Workshop Riset Industri ke-15 (IRONS)*, Bandung, 24–25 Juli 2024.
- [10] Yani, A., Ratnawati, D. I., Ridhuan, K., Raharjo, D., Daud, D., & Hernawan, R. (2023). Analysis of the Performance and Electricity Consumption of Centrifugal Pumps Using Trimming Impellers. *International Journal of Engineering Trends and Technology*, 71(5), 282–289. <https://doi.org/10.14445/22315381/IJETT-V71I5P230>