

Perhitungan Rugi-Rugi Daya Pada Unit Boiler Di Pusat Pengembangan Sumber Daya Manusia Minyak Dan Gas Bumi (PPSDM MIGAS) Cepu

Andy Arya Pratama

S1 Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya
e-mail: andy.17050874074@mhs.unesa.ac.id

Fendi Achmad, Joko, Puput Wanarti

S1 Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya
e-mail: fendiaachmad@unesa.ac.id, joko@unesa.ac.id, puputwanarti@unesa.ac.id

Abstrak

Secara keseluruhan, sektor industri Indonesia kini mengalami pertumbuhan pesat setiap tahunnya, dan hal ini berkorelasi erat dengan kebutuhan akan daya listrik yang cukup. Beban, sumber, dan distribusi merupakan tanda-tanda kualitas daya listrik yang buruk. Banyak hal yang dapat menyebabkan hilangnya daya listrik; salah satunya adalah ketika tegangan dan arus dikurangi oleh beban non-linier. Sistem kelistrikan yang meminimalkan kehilangan daya dapat meningkatkan efisiensi unit boiler di Pusat Pengembangan Sumber Daya Manusia dan Gas Bumi Cepu. Hilangnya daya unit boiler inilah yang menyebabkan hal ini. komputasi bertujuan untuk menemukan. Total rugi-rugi daya pada sistem distribusi Unit Boiler di PPSDM Migas adalah sebesar 0,00016%, yang ditentukan berdasarkan perhitungan dan pembahasan penelitian ini. Hal ini berdasarkan standar PLN (SPLN No. 72 Tahun 2014). Bila persentase kehilangan daya melebihi 10%, hal ini dianggap tidak dapat diterima. Tidak ada ruang untuk perbaikan karena statistik menunjukkan bahwa jumlah listrik yang hilang kurang dari 10%.

Kata Kunci: Rugi-rugi daya, PPSDM Migas, SPLN.

Abstract

As a whole, Indonesia's industrial sector is now experiencing rapid yearly expansion, which is closely correlated with the need for enough electrical power. The load, the source, and the distribution are all signs of poor electrical power quality. Many things may cause power loss; one of them is when voltage and current are reduced by non-linear loads. An electrical system that minimizes power loss could improve the efficiency of the boiler unit at the Cepu Human Resources and Natural Gas Development Center. The boiler unit's power loss is what this computation is aiming to find. The total power loss in the Boiler Unit distribution system at PPSDM Migas amounts to 0.00016%, as determined by this research's calculations and discussions. This is based on the PLN standard (SPLN No. 72 of 2014). When the percentage of power loss exceeds 10%, it is considered unacceptable. There was no room for improvement since the statistics showed that the amount of power loss was less than 10%.

Keywords: Power losses, PPSDM Migas, SPLN.

PENDAHULUAN

Saat ini, pesatnya pertumbuhan sektor industri di Indonesia setiap tahunnya berkorelasi erat dengan kebutuhan tenaga listrik dalam jumlah besar. Mengingat kualitas daya listrik sangat penting untuk mencegah rugi-rugi daya pada jaringan distribusi. Kerugian teknis dan kerugian non-teknis adalah dua kategori utama kerugian. Faktor teknis yang dapat menyebabkan kerugian antara lain jarak, konduktor, luas penampang, dan peralatan jaringan; faktor non-teknis mencakup hal-hal seperti instalasi yang salah dan jaringan yang memburuk.

Ketika beban non-linier mengurangi arus dan tegangan, termasuk lampu, printer, dan mesin fotokopi, kehilangan daya dapat terjadi. Pada peralatan listrik, motor, dan trafo, rugi-rugi daya akibat arus pada penghantar netral dapat

terjadi bila pemanfaatan beban pada setiap fasa tidak seimbang (Sugianto dkk., 2020).

Pengolahan yang efektif dan efisien diperlukan bagi PPSDM MIGAS untuk memaksimalkan potensi untuk dimiliki dalam bekerja di sektor migas dengan mengurangi pada rugi-rugi daya terhadap sistem kelistrikan yaitu pada unit boiler dapat meningkatkan efektivitas dan efisiensi produksi di PPSDM MIGAS Cepu.

Sebelumnya terdapat penelitian yang dilakukan oleh (Indra dkk. 2019) melihat kemungkinan pengurangan penurunan terhadap tegangan dan rugi-rugi daya pada aliran distribusi dengan melengkapi PLTMG Minyak Rawa dengan sumber energi listrik. "Perhitungan Susut Daya Unit Boiler Pada PPSDM MIGAS Cepu" hal tersebut judul penelitian guna melanjutkan penelitian-penelitian sebelumnya. Tujuannya adalah untuk mendapatkan data

yang akurat sehingga ketika kehilangan daya melebihi normal, hal ini dapat diatasi. Selain mempersiapkan kebutuhan energi listrik di masa depan, memperbaiki masalah saat ini juga dapat membantu memenuhi permintaan yang ada.

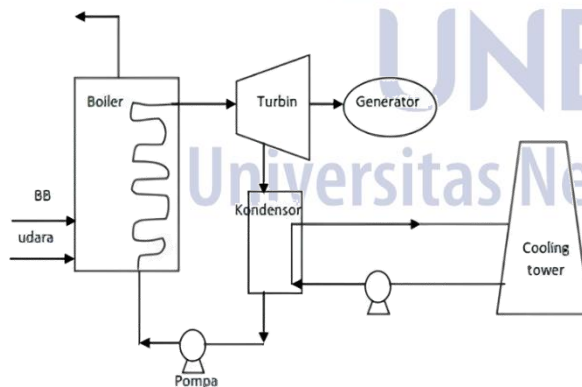
Sehubungan dengan hal tersebut di atas maka penulis akan melakukan penelitian yang bertajuk “Perhitungan Susut Daya Pada Unit Boiler Pada Pusat Pengembangan Sumber Daya Manusia Minyak dan Gas Bumi (PPSDM Migas) Cepu” untuk mengetahui agregat rugi-rugi daya aktif dan reaktif pada sistem kelistrikan. dari Satuan. Untuk mengatasi dan memperbaiki rugi-rugi daya yang melebihi aturan SPLN, maka perlu dilakukan perbandingan boiler dengan SPLN No. 17 Tahun 2014. (PT. PLN (Persero), 2014).

a. Unit Boiler

Boiler adalah bejana tertutup yang menghasilkan uap bertekanan untuk digunakan dalam proses yang berlangsung di luar boiler. Proses pembakaran termasuk bahan bakar gas, cair, atau padat merupakan sumber uap yang biasa digunakan untuk boiler ini. Uap bertekanan yang dihasilkan memiliki beberapa kegunaan di sektor minyak dan gas, termasuk produksi listrik, pengilangan, pemanasan, pembanjiran uap, dan banyak lagi (Joniarta dkk., 2024). Untuk memahami apa itu PLTU dan cara kerjanya, simak berikut ini:

1. Boiler

Proses pembakaran bahan bakar berlangsung di dalam boiler. Air akan dipanaskan hingga menjadi uap super panas menggunakan energi panas yang dihasilkan selama pembakaran. Kipas udara utama dan kipas udara sekunder bekerja sama untuk mensirkulasikan udara melalui tungku, memastikan pembakaran berlangsung secara merata. Gambar 1.



Gambar 1. Rangkaian unit boiler (Joniarta dkk., 2024)

Produk samping pembakaran yang akan terbawa oleh siklon antara lain abu terbang dan sebagian batubara yang terbakar. Batubara yang terbakar sebagian akan disaring keluar dari keluaran tungku oleh siklon ini. Batubara tersebut akan didaur ulang dan dibakar kembali di dalam

tungku, sedangkan abu terbang akan didaur ulang dan digunakan kembali untuk memanaskan air. Fluida kerja dipanaskan di dalam tungku, bucu, dan saluran setelah memasuki komponen melalui pipa-pipanya.

2. Turbin

Turbin merupakan mesin yang mengambil panas dan mengubahnya menjadi energi mekanik yaitu gerak rotasi. Rotor turbin adalah salah satu dari banyak komponennya; itu bagian yang berputar dan terdiri dari poros dan bilah. Rotor berputar karena tumbukan aliran fluida, yaitu uap.

3. Generator

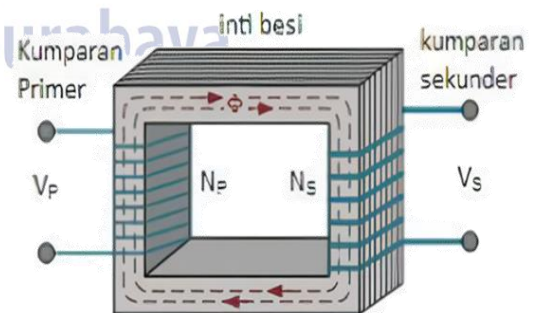
Energi mekanik atau gerak dapat diubah menjadi energi listrik dengan menggunakan generator. Generator pada unit boiler di pusat pengembangan PPSDM Migas digerakkan oleh sambungan yang dipasang pada poros yang sama dengan rotor turbin. Karena generator dan turbin sama-sama menggunakan rotor, pengaturan ini menjamin putaran keduanya saling melengkapi.

4. Kondensor

Peralatan yang disebut kondensor digunakan untuk mengubah uap yang dihasilkan oleh turbin menjadi air. Prinsip dasar kondensor adalah mengubah uap dengan memasukkannya ke dalam ruangan melalui pipa. Di sepanjang sisi tabung, Anda dapat melihat pipa-pipa yang mengalirkan uap.

b. Transformator

Istilah "transformator" mengacu pada perangkat listrik yang menggunakan konsep induksi elektromagnetik untuk mengubah level tegangan listrik arus bolak-balik (AC) tanpa mengubah frekuensi. Menaikkan atau menurunkan tegangan AC merupakan penggunaan trafo yang paling umum (Umpel dkk., 2023). Distribusi daya listrik tidak dapat dijamin secara tepat karena sebagian besar trafo dihubungkan secara permanen ke suatu beban. Hal ini karena kerugian terjadi sepanjang prosedur ini. Simbol dan detail konstruksi trafo ditunjukkan pada gambar 2.



Gambar 2. Kontruksi Transformator (Umpel dkk., 2023)

c. Rugi-rugi daya losses

Kehilangan daya yang tidak dapat dihindari merupakan akibat dari proses distribusi itu sendiri. Dari

gardu induk atau trafo distribusi sampai ke konsumen, tenaga listrik mengalami penurunan tegangan dan rugi-rugi daya akibat adanya hambatan pada saluran distribusi. Rugi-rugi daya dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut (1):

$$P_{losses} = \sqrt{3} \cdot I^2 \cdot R \quad (1)$$

Keterangan:

P_{losses} = Rugi daya (Watt)

R = Tahanan saluran (Ω/Km)

I = Arus yang mengalir (A)

(Sumber : Pasaribu dkk., 2023)

Jenis kerugian yang paling umum adalah kerugian teknis dan kerugian non teknis. Pertimbangan seperti sifat material atau jaringan, luas penampang konduktor, jarak, dan faktor kerja semuanya berkontribusi terhadap kerugian teknis. Sebaliknya, kerugian non-teknis dapat terjadi karena hal-hal seperti pencurian, kerusakan material atau peralatan jaringan, atau pemasangan yang tidak tepat (Sugianto dkk., 2020). Minimnya gardu induk menyebabkan hilangnya daya mulai dari gardu distribusi hingga akhirnya sampai ke konsumen. Tiga penyebab utama hilangnya daya pada jaringan distribusi listrik adalah kapasitansi, induktansi, dan resistansi konduktor. Rute distribusi utama atau sekunder berpotensi mengabaikan kapasitansi karena jarak yang ditempuh kecil (Manalu dkk., 2023).

Besar dan arah arus yang mengalir ke bawah kawat sama dengan arus di ujung penerima ketika arus kapasitif pada saluran diabaikan (N. Dewi dkk., 2023).

$$I = \frac{p}{\sqrt{3} \cdot V \cdot \cos \varphi} \quad (2)$$

Besarnya daya pada saluran tiga fasa adalah :

$$P = \sqrt{3} \cdot V \cdot I \cdot \cos \varphi \quad (3)$$

Keterangan:

P = daya beban pada ujung penerima saluran (watt)

V = tegangan fasa (Volt)

Cos φ = faktor daya beban

Menghitung persentase rugi daya menggunakan persamaan (4).

$$\text{Persentase rugi daya} = \left(\frac{\text{Rugi daya}}{\text{Daya terpasang}} \right) \cdot 100\% \quad (4)$$

METODE

Pendekatan ilmiah dalam mengumpulkan data untuk tujuan tertentu dikenal dengan teknik penelitian (Darmadi, 2013).

Berdasarkan setting penyebab masalah di dunia nyata, penelitian dimulai dengan mengevaluasi teori-teori yang akan diterapkan dan temuan penelitian sebelumnya. Penelitian ini akan menggunakan metodologi kuantitatif, yaitu metodologi yang mengandalkan observasi langsung terhadap suatu hal untuk mengumpulkan dan menganalisis data.

Dengan mengumpulkan data parameter sistem sebagai masukan, maka diperlukan metode ini untuk membandingkan rugi-rugi daya yang terdapat di unit boiler berada di lokasi PPSDM Migas Cepu.

Dalam suatu penelitian, orang-orang yang ikut serta disebut dengan subjek. Titik fokus investigasi yakni pada unit boiler yang berada di lokasi dalam PPSDM Migas Cepu.

Metode pengumpulan informasi kinerja dan pengoperasian boiler PPSDM Migas tersedia dalam penelitian ini. Fasilitas yang dimaksud adalah Pusat Pengembangan Sumber Daya Manusia Migas Cepu. Metode yang berpotensi membantu meliputi:

a. Observasi Secara Langsung

Salah satu cara untuk mengamati operasional boiler adalah dengan turun ke lapangan dan melihatnya beraksi. Hal ini membuka jalan bagi pengamat di lokasi untuk mengamati proses, memeriksa peralatan, dan membuat catatan selama proses berlangsung.

b. Wawancara

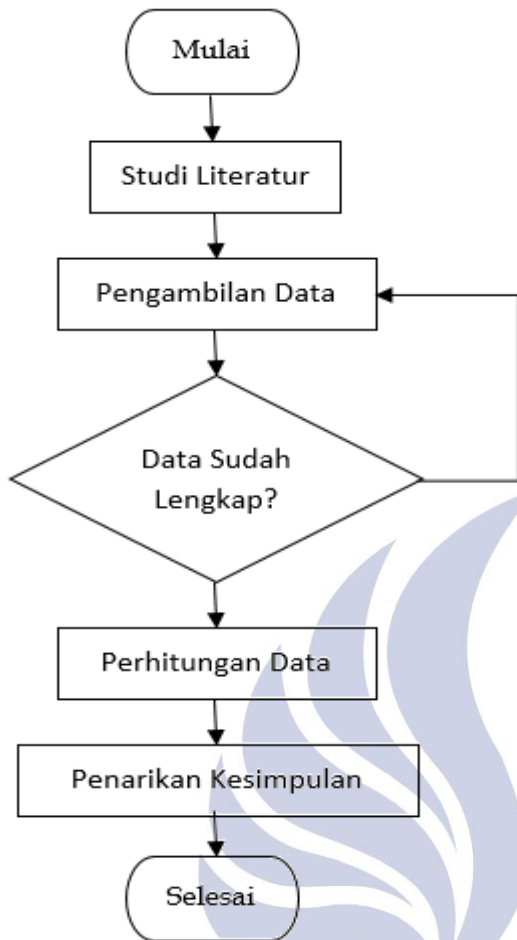
Bicaralah dengan siapa pun yang bekerja dengan boiler, seperti operator, teknisi, atau siapa pun yang mempunyai andil dalam menjaga boiler tetap berjalan dengan baik. Wawasan langsung mengenai permasalahan, praktik terbaik, dan peluang perbaikan dapat diperoleh melalui wawancara.

c. Perhitungan Data Historis

Boiler harus memiliki data pengoperasiannya, seperti konsumsi bahan bakar, produksi uap, kinerja efisiensi, dan banyak lagi, diukur dan dicatat. Perangkat lunak manajemen data atau sistem manajemen energi mungkin merupakan alat yang berguna untuk tujuan ini, karena perangkat lunak tersebut memungkinkan seseorang untuk mengamati tren dan pola kinerja.

Berdasarkan artikel yang relevan dan penelitian terdahulu, maka "Penghitungan rugi-rugi daya yang terdapat di unit boiler pada PPSDM Migas Cepu" diselesaikan dengan menggunakan studi literatur yaitu teknik analisis data. Dengan asumsi perkiraan rugi-rugi daya yang diperlukan sama dengan SPLN, kita dapat melanjutkan ke tahap berikutnya. Ketika angka-angka telah dihitung, tugas terakhir dapat dibuat. Mengingat hasil dan sumber yang digunakan

Gambar 3 merupakan diagram alir yang menggambarkan desain penelitian.



Gambar 3. Diagram Alir Penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Sistem Distribusi PPSDM Migas

Fasilitas yang telah dilayani oleh jaringan PT PLN sejak tahun 2010 adalah: Gedung induk, gedung sertifikasi, gedung PTSA, klinik, lab dasar, pengolahan air, pemadam kebakaran, transportasi, gedung COE, lab instrumen, lab pengeboran, laboratorium mekanik, tukang las serta adaq laboratorium untuk inspeksi, dan laboratorium kelistrikan. Masing-masing fasilitas tersebut memiliki 1 unit trafo step down 20 kV/0,38 kV dengan spesifikasi kapasitas 2770 kVA. Namun ketika terjadi gangguan pada saluran distribusi atau bisa pemadaman di PT PLN, maka yang terjadi pada beban-beban tersebut dilindungi menggunakan cara penyambungan pada kabel di saluran sisi utama trafo 1, 2, dan 3 berada di dalam jaringan distribusi TM pembangkit listrik di PPSDM Migas.

Seluruh boiler dan beban pendukungnya masih dilayani oleh pembangkit listrik PPSDM Migas yang menggunakan jaringan sistem tegangan menengah. Jaringan ini terdiri dari trafo 8, 9, 10, 13, dan 14. Sistem distribusi yang ada nampaknya merupakan jaringan radial dengan dua trafo; ini meningkatkan tegangan keluaran 400 volt dari generator menjadi 6.100 volt, yang kemudian

diteruskan ke trafo distribusi, yang menurunkannya menjadi 400 volt, 380 volt, dan 220 volt.

Saluran Penghantar

Saluran bawah tanah digunakan untuk penyaluran tenaga listrik di PPSDM Migas Cepu pada saluran utama. “N2XSEFGbY 3 x 95 mm² – Cu / XLPE / CTS / PVC / SFWA / PVC. (Copper Conductor) Standard Specification: IEC 60502-2 (Data Power Plant di PPSDM Migas Cepu Tahun 2020)”. Tabel 1 menampilkan statistik kelistrikan kabel.

Tabel 1. Data Elektrik kabel N2XSEFGbY – 6/10 KV

Nom. Crocc Sect. (mm ²)	Conductor		
	DC Resistance At 20°C Max (Ω/km)	AC Resistance At 90°C Max (Ω/km)	Inductance (mH/km)
25	0.727	0.927	0.342
35	0.524	0.668	0.325
50	0.387	0.494	0.296
70	0.268	0.342	0.296
95	0.193	0.247	0.303
120	0.153	0.196	0.276
150	0.124	0.160	0.268
185	0.0991	0.128	0.262
240	0.0754	0.099	0.055

(Sumber : Data PPSDM Migas, 2020)

Saluran listrik utama di PPSDM Migas Cepu menggunakan N2XSEFGbY yang memiliki luas permukaan 95 mm². Nilai Resistansinya yakni 0,247 ohm/km untuk naii reaktansinya yakni 0,095 ohm/km, seperti terlihat pada tabel 2.

Diperoleh nilai 0,095 dengan memasukkan angka-angka berikut ke dalam rumus reaktansi induktif:

$$XL = 2 \cdot \pi \cdot f \cdot L$$

$$XL = 2 \cdot 3,14 \cdot 50 \cdot (0,303 \text{ mH dari tabel})$$

$$XL = 2 \cdot 3,14 \cdot 50 \cdot 0,000303 \text{ mH}$$

$$XL = 0,095 \Omega$$

Dimana:

XL = Reaktansi Induktif (Ω)

π = 3,14 atau 22/7

F = Frekuensi (Hz)

L = Nilai Induktansi Induktor (H)

(Mangera dkk., 2023)

Nilai reaktansi, resistansi, panjang saluran kabel antar trafo, dan karakteristik data lainnya tercantum pada Tabel 1.

Tabel 2. Panjang Saluran Kabel Transformator

Kabel	Panjang (Km)	R (Ω)	X (Ω)
Busbar dengan Trafo 1	0,435	0,107	0,041
Trafo 1 dengan Trafo 2	0,145	0,035	0,013
Trafo 2 dengan Trafo 3	0,340	0,063	0,032
Trafo 3 dengan Trafo 4	0,490	0,095	0,121
Trafo 4 dengan Trafo 15	1,765	0,341	0,436
Trafo 15 dengan Trafo 5	1,000	0,193	0,247
Trafo 5 dengan Trafo 12A	1,900	0,367	0,469
Trafo 12A/B dengan Trafo 11	0,195	0,038	0,048
Trafo 11 dengan Trafo 6A/B	0,525	0,101	0,130
Trafo 6A/B dengan Trafo 7	0,920	0,178	0,223
Trafo 7 dengan Trafo 8/10	0,150	0,003	0,037
Busbar dengan Trafo 8/10	0,190	0,247	0,095
Busbar dengan Trafo 9	0,200	0,049	0,019
Busbar dengan Trafo 13	0,200	0,049	0,019
Busbar dengan Trafo 14	0,015	0,004	0,002

(Sumber : Data PPSDM Migas, 2020)

Dalam analisa ini yang difokuskan adalah rugi-rugi daya pada unit boiler PPSDM Migas Cepu. Karena unit boiler terhubung ke jaringan trafo 8, saluran kabel data antara busbar dan trafo 8/10 akan digunakan. Berdasarkan Tabel 2, busbar dan trafo 8/10 mempunyai panjang saluran 0,190 Km, resistansi 0,247 Ω , dan impedansi 0,095 Ω . Unit boiler ditenagai oleh generator, seperti yang ditunjukkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Data Kapasitas Generator PPSDM Migas

NO.	ID	Merek	KVA	KV
1	G1nCumminsII	Newage Stamford	1000	0,4
2	G2 Cummins V	Newage Stamford	1030	0,4
3	G8nCumminsIII	ONANn	1000	0,4
4	G9nCumminsIV	ONANn	640	0,4

(Sumber : Data PPSDM Migas, 2020)

Keempat pembangkit penyedia minyak dan gas PPSDM tersebut terbagi antara unit boiler dan kilang. Generator kedua yaitu G2 Cummins V dengan daya 876 KW digunakan untuk mensuplai unit boiler pada pembahasan kali ini.

Tabel 4. Data Kapasitas Primer Mover PPSDM Migas

NO.	ID	Merek	Kapasitas	Rpm
1	G1CumminsII	Cummins	n1020/950BHP	1500n
2	G2CumminsV	Cummins	n1020/950BHP	1500n
3	G8CumminsII	Cummins	n1020/950BHP	1500n
4	G9CumminsIV	Cummins	n740HP	1500n

(Sumber : Data PPSDM Migas, 2020)

Berdasarkan Tabel 4, generator kedua, G2 CumminsV, sedang digunakan. Prime mover 2 (G2 CumminsV) dengan kapasitas yang sama (1020/950 BPH) dan 1500 RPM juga akan digunakan dalam pembahasan ini.

Tabel 5. Data Kapasitas Transformator PPSDM Migas

NO	ID	KVA	KV
1	Transformator 17 Step Up	1600	0,4/6,1
2	Transformator 18 Step Up	800	0,4/6,1
3	Transformator 19 Step Up	630	0,4/6,1
4	Transformator 8 Step Down	630	6,1/0,38
5	Transformator 10 Step Down	200	6,1/0,4
6	Transformator 13 Step Down	630	6,1/0,38
7	Transformator 14 Step Down	200	6,1/0,38
8	Transformator 1 Step Down	500	6,1/0,38
9	Transformator 2 Step Down	500	6,1/0,38
10	Transformator 3 Step Down	630	6,1/0,38

(Sumber: Data Power Plant PPSDM Migas, 2020)

Karena PLN kini menyuplai keseluruhan pada beban yang ada pada trafo 1, 2, dan 3, maka satu-satunya saat PLTD harus turun tangan adalah saat PLN mati. Karena unit boiler terletak pada trafo distribusi (10), maka rugi-rugi daya trafo tersebut menjadi fokus khusus pembahasan ini.

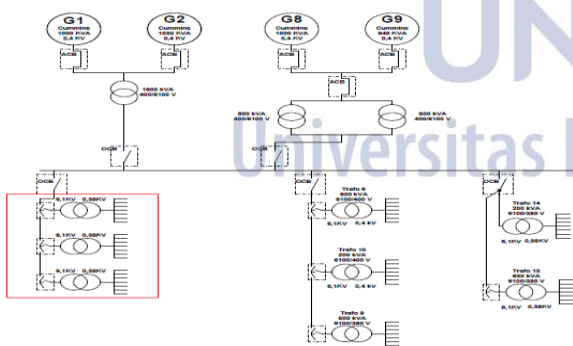
Tabel 6. Data Beban Unit Boiler

Beban	Beban Operasi	Beban Terpasang (KW)	Total Operasi (KW)	Panjang Kabel Saluran (Meter)
Boiler Fun	1	15	15	200
Fuel Pump	1	2,2	2,2	200
Pompa Feed Water + Boiler	1	15	15	200
Boiler Compressor 1	1	45	45	200
Boiler Compressor 2	1	37	37	200
Fan Boiler Compressor	1	4	4	200
Air Dryer	1	1,9	1,9	200
Pompa In Take Water	2	0,25	0,5	200
TOTAL			120,6	

(Sumber : Data PPSDM Migas, 2020)

Setelah dilakukan pendataan keadaan sistem kelistrikan Unit Boiler PPSDM Cepu Migas, dilakukan perhitungan dengan mempertimbangkan data yang diperoleh dan keadaan lapangan saat ini. Keseluruhan sistem kelistrikan PPSDM Migas dapat ditunjukkan pada Gambar 2. Trafo 10 menjadi subjek utama penelitian ini.

Single Line Diagram PPSDM Migas



Gambar 1. Single Line Diagram PPSDM Migas

(Sumber: Data PPSDM Migas, 2020)

Perhitungan Rugi-rugi Daya Pada Unit Boiler

Untuk mengetahui rugi-rugi daya pada suatu unit boiler, kalkulator rugi-rugi daya ini menggunakan beberapa perhitungan. Membandingkan variabel hasil pengujian sesuai dengan SPLN No. 17 Tahun 2014. Apabila rugi-rugi

daya melebihi persyaratan SPLN, maka perbaikan dapat dilakukan dengan cepat:

Hasil perhitungan rugi-rugi daya dengan Standar

- Hasil perhitungan rugi daya pada beban boiler fun
 Hasil perhitungan manual dengan menggunakan persamaan (2) yaitu $I = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot V \cdot \cos\phi}$. Nilai dari perhitungan I arus yang diperoleh yakni sebesar 26.81A. Kemudian menghitung dengan persamaan (1) yaitu $P_{losses} = \sqrt{3} \cdot I^2 \cdot R$. 307,5W” merupakan hasil perhitungan rugi-rugi daya. Selanjutnya, gunakan persamaan (4) untuk mendapatkan persentase yang menghasilkan kehilangan daya sebesar 0,02% pada boiler. Lalu kami bandingkan rugi-rugi daya yang dihitung dengan standar PLN, yaitu paling banyak 10%.
- Hasil perhitungan rugi daya pada fuel pump
 Hasil perhitungan manual dengan menggunakan persamaan (2) yaitu $I = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot V \cdot \cos\phi}$. Nilai dari perhitungan I arus yang diperoleh yakni sebesar 3.93A. Kemudian menghitung dengan persamaan (1) yaitu $P_{losses} = \sqrt{3} \cdot I^2 \cdot R$. 6,507W” merupakan hasil perhitungan rugi-rugi daya. Persentasenya kemudian ditentukan menggunakan persamaan (4), yang menghasilkan kehilangan daya sebesar 0,003% ketika pompa bahan bakar dibebani. Selanjutnya, hasil perhitungan rugi-rugi daya tersebut kami bandingkan dengan standar SPLN yaitu sebesar 10%.
- Hasil perhitungan rugi daya pada pompa feed warter + boiler
 Hasil perhitungan manual dengan menggunakan persamaan (2) yaitu $I = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot V \cdot \cos\phi}$. Nilai dari perhitungan I arus yang diperoleh yakni sebesar 26.811A. Kemudian menghitung dengan persamaan (1) yaitu $P_{losses} = \sqrt{3} \cdot I^2 \cdot R$. Nilai dari perhitungan rugi daya yang didapat sebesar 307.527W”. Persentasenya kemudian dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan (4), yang menyebabkan hilangnya daya sebesar 0,0205% pada beban pompa bahan bakar. Temuan perhitungan rugi daya tersebut kemudian dibandingkan dengan benchmark SPLN 10%.
- Hasil perhitungan rugi daya pada boiler compressor 1
 Hasil perhitungan manual dengan menggunakan persamaan (2) yaitu $I = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot V \cdot \cos\phi}$. Nilai dari perhitungan I arus yang diperoleh yakni sebesar 80.435A. Kemudian menghitung dengan persamaan (1) yaitu $P_{losses} = \sqrt{3} \cdot I^2 \cdot R$.” Angka sebesar 27,67,882W diperoleh dari perhitungan rugi-rugi daya. Selanjutnya, gunakan persamaan (4) untuk mendapatkan persentase, yang menghasilkan kehilangan daya sebesar 0,06% ketika pompa bahan bakar diberi beban. Selanjutnya, hasil perhitungan rugi-rugi daya tersebut kami bandingkan dengan standar SPLN yaitu sebesar 10%.

e. Hasil perhitungan rugi daya pada boiler compressor 2 Hasil perhitungan manual dengan menggunakan persamaan (2) yaitu $I = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot v \cdot \cos\phi}$. Nilai dari perhitungan I arus yang diperoleh yakni sebesar 66.136A. Kemudian menghitung dengan persamaan (1) yaitu $P_{losses} = \sqrt{3} \cdot I^2 \cdot R$. Nilai dari perhitungan rugi daya yang didapat sebesar 1871.256W. Kemudian menghitung persentase menggunakan persamaan (4) yang di dapat rugi daya pada beban fuel pump sebesar 0.05%. Dari hasil perhitungan rugi daya kemudian di bandingkan dengan standar SPLN maksimal 10%.

f. Hasil perhitungan rugi daya pada fan boiler compressor

Hasil perhitungan manual dengan menggunakan persamaan (2) yaitu $I = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot v \cdot \cos\phi}$. Nilai dari perhitungan I arus yang diperoleh yakni sebesar 7.149A. Kemudian menghitung dengan persamaan (1) yaitu $P_{losses} = \sqrt{3} \cdot I^2 \cdot R$. Nilai dari perhitungan rugi daya yang didapat sebesar 21.864W. Kemudian menghitung persentase menggunakan persamaan (4) yang di dapat rugi daya pada beban fuel pump sebesar 0.005%. Dari hasil perhitungan rugi daya kemudian di bandingkan dengan standar SPLN maksimal 10%.

g. Hasil perhitungan rugi daya pada air dryer Hasil perhitungan manual dengan menggunakan persamaan (2) yaitu $I = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot v \cdot \cos\phi}$. Nilai dari perhitungan I arus yang diperoleh yakni sebesar 3.396A. Kemudian menghitung dengan persamaan (1) yaitu $P_{losses} = \sqrt{3} \cdot I^2 \cdot R$. Nilai dari perhitungan rugi daya yang didapat sebesar 4.933W. Kemudian menghitung persentase menggunakan persamaan (4) yang di dapat rugi daya pada beban fuel pump sebesar 0.002%. Dari hasil perhitungan rugi daya kemudian di bandingkan dengan standar SPLN maksimal 10%.

h. Hasil perhitungan rugi daya pada pompa in take water Hasil perhitungan manual dengan menggunakan persamaan (2) yaitu $I = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot v \cdot \cos\phi}$. Nilai dari perhitungan I arus yang diperoleh yakni sebesar 0.893A. Kemudian menghitung dengan persamaan (1) yaitu $P_{losses} = \sqrt{3} \cdot I^2 \cdot R$. Nilai dari perhitungan rugi daya yang didapat sebesar 0.196W. Kemudian menghitung persentase menggunakan persamaan (4) yang di dapat rugi daya pada beban fuel pump sebesar 0.0003%. Dari hasil perhitungan rugi daya kemudian di bandingkan dengan standar SPLN maksimal 10%.

i. Total rugi-rugi daya pada unit boiler Hasil perhitungan manual dengan menggunakan persamaan (2) yaitu $I = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot v \cdot \cos\phi}$. Nilai dari perhitungan I arus yang diperoleh yakni sebesar 0.2155A. Kemudian

menghitung dengan persamaan (1) yaitu $P_{losses} = \sqrt{3} \cdot I^2 \cdot R$. Nilai dari perhitungan rugi daya yang didapat sebesar 0.0198W. Kemudian menghitung persentase menggunakan persamaan (4) yang di dapat rugi daya pada beban fuel pump sebesar 0.00016%." Dari hasil perhitungan rugi daya kemudian di bandingkan dengan standar SPLN maksimal 10%.

PENUTUP

Simpulan

Berdasarkan data yang dikumpulkan, maka disimpulkan sistem yang berada distribusi Unit Boiler PPSDM Migas mengalami total kehilangan daya sebesar 0,00016%. Sesuai peraturan PLN (SPLN No. 72 Tahun 2014), bahwa nilai rugi daya maksimum yang diperbolehkan adalah sebesar 10%. Investigasi juga menemukan bahwa jumlah pemadaman listrik kurang dari 10%, oleh karena itu tidak perlu dilakukan perbaikan.

Saran

Berikut beberapa rekomendasi untuk penelitian lebih lanjut:

1. Dari perhitungan terlihat jelas bahwa semua pihak khususnya pekerja PPSDM Migas Cepu harus bahu membahu memastikan sistem kelistrikan Unit Boiler dapat berfungsi dengan baik.
2. Hasil perhitungan Power Loss pada Unit Boiler di PPSDM Migas Cepu diharapkan dapat menjadi acuan perhitungan selanjutnya.
3. Penting untuk melakukan evaluasi secara berkala untuk memverifikasi bahwa semua peralatan berfungsi dengan baik dan memenuhi kriteria yang disyaratkan. Untuk menjaga nilai kehilangan daya tetap konsisten sesuai standar, perbaikan segera dilakukan ketika masalah terdeteksi atau ketika peralatan tidak berfungsi secara efisien.

DAFTAR PUSTAKA

- Arfita, Yuana, Dewi., Asnal, Effendi., & Ridwan. (2018). *Stability analysis of 20 kV system at PT PLN (PERSERO) rayon muaralabuh before and after interconnection by IPP (PLTMH PT. SKE)*. MATEC Web of Conferences, 215.
- Nurhaliza, Dewi., Salahuddin, S., & Habib, Muharry. Yusdartono. (2023). *Studi Drop Tegangan pada Jaringan Distribusi 20 Kv Antara Gardu Induk Sigli dengan Gardu Hubung Express Trienggadeng Menggunakan Software Etap*. Jurnal Energi Elektrik, 12(1), 31.
- Ade, Indra., Abrar, Tanjung., & Usaha, Situmeang. (2019). *Analisis Profil Tegangan Dan Rugi Daya Jaringan Distribusi 20 kV PT PLN (Persero) Rayon*

Siak Sri Indrapura Dengan Beroperasinya PLTMG Rawa Minyak. SainETIn (Jurnal Sain, Energi, Teknologi & Industri), 4(1), 25–31.

I. Wayan. Joinarta., Rashid. Ridho. Al. Buhori., & Made. Wijana. (2024). *Analisis Efisiensi Boiler Cfb Unit 3 Menggunakan Metode Langsung Di Pt Pln Indonesia Power Omu Jeranjang. Energy, Materials and Product Design, 3(1), 156–162.*

Jodi. Trinaldi. Manalu., Sukisan. M. Panggabean., Janter. Napitupulu., Joslen. Sinaga., & Jumari. (2023). *Analisa Rugi-Rugi Daya Pada Saluran Distribusi Tegangan Menengah 20 Kv Di Pt.Pln (Persero) Up3 Sibolga. Jurnal Teknologi Energi Uda: Jurnal Teknik Elektro, 12(1), 15.*

Paulus. Mangera., Muhamad. Rusdi., & Adi. Pria. Fridana. (2023). *Analisis Rugi Tegangan Jaringan Distribusi 20 KV Pada Penyulang Kómpi C PT . PLN (Persero) UP3 Merauke UP3 Merauke jari.... 12(01).*

PT. PLN (Persero). (2014). *Edaran Direksi Pt. Pln (Persero).*

Sugianto., Arif. Jaya., & Bayu. Adrian. Ashadq. (2020). *Analisis Rugi-Rugi Daya Jaringan Distribusi Penyulang POLDA Area Makassar Utara Dengan ETAP 12.6. PROtek : Jurnal Ilmiah Teknik Elektro, 7(1), 51–54.*

Afrizal. Tomi., Muliadi, & Syukri. (2023). *Analisis Efisiensi Transformator Daya. Jurnal Teknik Elektro, 3(1), 8–13.*

Timoti. Umpel., Glanny. M. C. Mangindaan., & Maickel. Tuegeh. (2023). *Analisis Pengaruh Ketidakseimbangan Beban Pada Arus Netral Dan Rugi-Rugi Daya (Losses) Transformator Daya PLTU Amurang PT PJB Services.*

