

Analisis Rugi Daya Pada Generator Sinkron Unit 1 Tiga Fasa 1,5 MW Di PLTM Logawa Baseh 1

Fadhlan Hafizh Firmansyah¹, Randi Adzin Murdiantoro², Rifqi Wibowo³, Fachrurroji⁴

^{1,2,3,4}Teknik Elektro, Universitas Peradaban, Indonesia

Article Info

Article history:

Received: 2 Desember 2025

Received in revised form: 15 Desember 2025

Accepted: 25 Desember 2025

Available online: 30 Desember 2025

Keywords:

Synchronous Generator

Power Losses

Mini Hydropower Plant

Kata Kunci:

Generator Sinkron

Rugi Daya

Pembangkit Listrik Tenaga Minihidro

ABSTRACT

POWER LOSS ANALYSIS OF A 1.5 MW THREE-PHASE SYNCHRONOUS GENERATOR UNIT 1 AT THE LOGAWA BASEH 1 MINI HYDROPOWER PLANT.

This research was conducted during an Industrial Internship at PT Sumarah Energi with the objective of analyzing power losses in a 1.5 megawatt synchronous generator Unit 1 at the Logawa Baseh 1 Mini Hydropower Plant. The generator functioned to convert mechanical energy from the turbine into electrical energy; however, power losses occurred during operation, reducing the effective output power. The analysis was carried out by collecting generator specification data, stator current, excitation current, and daily load data during August 2025. The data were quantitatively analyzed through calculations of copper losses, core losses, mechanical losses, and stray load losses. The results showed that copper losses were the largest component of power losses, ranging from 15.12 to 21.25 kilowatts and increasing with higher stator current. Core losses of 9.19 kilowatts and mechanical losses of 6.12 kilowatts remained constant, while stray load losses contributed the smallest portion, ranging from 0.15 to 0.21 kilowatts. The total power losses ranged from 30.58 to 36.77 kilowatts and were mainly influenced by load variations caused by fluctuations in river water discharge. This research demonstrated that daily load variations significantly affected total power losses, particularly copper losses, while core and mechanical losses remained stable in synchronous generators used in mini hydropower plants.

Penelitian ini dilakukan selama Praktik Kerja Lapangan di PT Sumarah Energi dengan tujuan menganalisis rugi daya pada generator sinkron Unit 1 berkapasitas 1,5 megawatt di Pembangkit Listrik Tenaga Minihidro Logawa Baseh 1. Generator tersebut berfungsi mengubah energi mekanik dari turbin menjadi energi listrik, namun dalam proses operasinya mengalami rugi daya yang mengurangi daya keluaran efektif. Analisis dilakukan dengan mengumpulkan data spesifikasi generator, arus stator, arus eksitasi, serta data pembebanan harian selama Agustus 2025. Data tersebut dianalisis secara kuantitatif melalui perhitungan rugi tembaga, rugi inti, rugi mekanik, dan rugi beban hilang. Hasil penelitian menunjukkan bahwa rugi tembaga merupakan komponen rugi daya terbesar dengan nilai antara 15,12 hingga 21,25 kilowatt dan meningkat seiring kenaikan arus stator. Rugi inti sebesar 9,19 kilowatt dan rugi mekanik sebesar 6,12 kilowatt bersifat konstan, sedangkan rugi beban hilang memberikan kontribusi paling kecil, yaitu antara 0,15 hingga 0,21 kilowatt. Total rugi daya berada pada kisaran 30,58 hingga 36,77 kilowatt dan dipengaruhi oleh variasi pembebanan akibat fluktuasi debit air sungai. Penelitian ini menunjukkan bahwa variasi pembebanan harian berpengaruh signifikan terhadap rugi daya total generator sinkron pada pembangkit listrik minihidro.

Corresponding author:

Fadhlan Hafizh Firmansyah

Teknik Elektro, Universitas Peradaban, Indonesia

Pagojengan, Brebes, Jawa Tengah

E-mail addresses: alamat_email@provider.com

1. Pendahuluan

Energi listrik menjadi salah satu kebutuhan utama dalam kehidupan modern. Hampir seluruh aktivitas manusia baik di sektor rumah tangga, industri, maupun transportasi, bergantung pada ketersediaan listrik yang stabil dan berkelanjutan. Dalam sistem tenaga listrik, proses pembangkitan memiliki peranan yang sangat penting karena menjadi tahap awal dari penyediaan energi listrik [1], [2]. Energi listrik dihasilkan melalui proses konversi energi mekanik menjadi energi listrik dengan menggunakan mesin listrik yang disebut generator. Generator berfungsi mengubah energi mekanik dari penggerak mula seperti turbin uap, air, gas, atau diesel menjadi energi listrik yang dapat disalurkan ke sistem tenaga listrik [1].

Generator sinkron terdiri atas tiga komponen utama, yaitu stator sebagai bagian diam, rotor sebagai bagian yang berputar, dan celah udara di antara keduanya yang menjadi tempat terjadinya proses induksi elektromagnetik [1], [3]. Pada pembangkit listrik, generator jenis ini berperan mengubah energi mekanik yang umumnya berasal dari aliran air yang menggerakkan rotor melalui poros yang terhubung dengan turbin menjadi energi listrik. Putaran rotor menghasilkan medan magnet berputar dari kumparan medan, yang kemudian menginduksi kumparan jangkar pada stator sehingga terbentuk fluks magnetik dan menghasilkan gaya gerak listrik (ggl) induksi pada ujung-ujung kumparan stator [4]. Karena karakteristiknya yang mampu menyediakan tegangan dan frekuensi stabil serta dapat bekerja paralel dengan generator lain dalam satu sistem, generator sinkron banyak diterapkan pada pembangkit skala besar seperti pembangkit air, termal, dan turbin gas [5], [6]. Selain itu, generator sinkron dikenal memiliki rentang daya yang luas, kemudahan pengoperasian, serta biaya pemeliharaan yang relatif rendah [7]. Meski demikian, seperti

mesin listrik pada umumnya, generator sinkron tetap mengalami berbagai rugi daya selama proses konversi energi berlangsung.

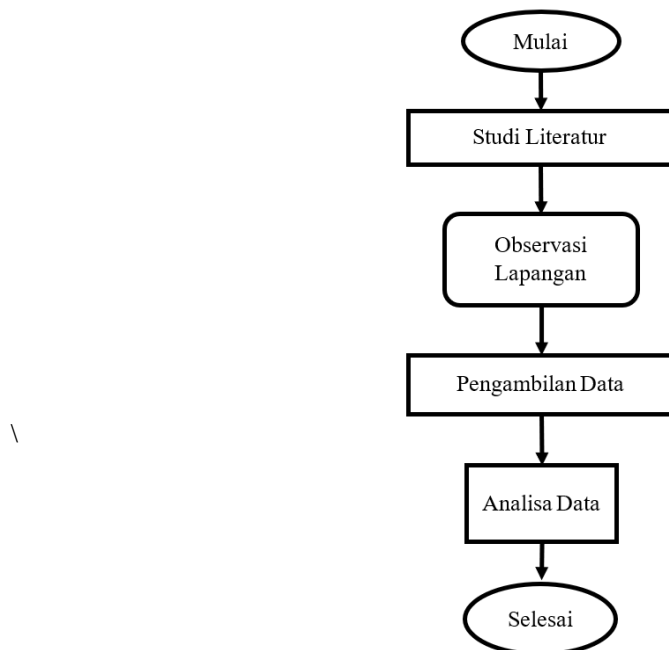
Dalam proses konversi energi, tidak seluruh energi mekanik dari penggerak mula dapat diubah menjadi energi listrik. Sebagian energi hilang dalam bentuk panas, gesekan, serta arus pusar pada material logam di dalam mesin [8], [9]. Energi yang hilang inilah yang disebut rugi daya dan menyebabkan daya keluaran listrik menjadi lebih kecil dibanding daya masukan mekanik. Rugi daya ini timbul akibat adanya resistansi pada lilitan stator dan rotor, histeresis dan arus eddy pada inti besi, serta gesekan mekanis pada bantalan dan hambatan udara [8], [10]. Secara umum, rugi daya dapat dikategorikan menjadi empat yaitu rugi tembaga (*copper loss*), rugi inti (*core losses*), rugi mekanik (*mechanical losses*), dan rugi beban hilang (*stray load losses*) [10], [11]. Rugi tembaga terjadi akibat resistansi listrik pada lilitan stator dan rotor sehingga menimbulkan panas ketika arus mengalir. Rugi besi timbul akibat histeresis magnetik dan arus eddy di inti besi yang terus berubah sesuai medan magnet yang berputar. Rugi mekanis disebabkan oleh gesekan pada bantalan serta hambatan udara yang dihadapi rotor saat berputar, sedangkan rugi beban hilang muncul akibat terdistorsinya fluks magnetik oleh arus beban serta adanya rugi-rugi hubung singkat pada komutator [8], [12].

Rugi daya yang terjadi pada generator sinkron tidak hanya menggambarkan adanya kehilangan energi di dalam sistem, tetapi juga dapat menunjukkan kondisi internal dari mesin tersebut [13], [14]. Misalnya, peningkatan rugi tembaga dapat menandakan kenaikan resistansi akibat pemanasan pada lilitan, sedangkan peningkatan rugi besi dapat menunjukkan terjadinya degradasi pada material inti atau peningkatan fluks magnetik. Selain itu, rugi mekanis yang tinggi dapat mengindikasikan adanya masalah pada sistem bantalan atau ketidakseimbangan rotor. Oleh karena itu, analisis rugi daya dapat digunakan sebagai dasar dalam kegiatan pemeliharaan dan diagnosis kondisi generator. Selain itu, rugi daya juga berdampak langsung terhadap kestabilan operasi generator. Rugi daya yang terlalu besar dapat menyebabkan peningkatan suhu komponen, mempercepat degradasi material, serta meningkatkan risiko kegagalan sistem [15]. Dalam jangka panjang, kondisi ini dapat mempengaruhi keandalan pembangkit listrik secara keseluruhan dan menimbulkan biaya perawatan yang tinggi [16], [17].

Dari permasalahan rugi daya yang terjadi pada generator sinkron, analisa yang mendalam terkait rugi-rugi daya pada generator unit 1 di Pembangkit Listrik Tenaga Minihidro Logawa Baseh 1 menjadi sangat penting untuk dilakukan guna mengetahui seberapa besar rugi daya yang terjadi. Hasil analisa ini akan memberikan informasi yang akurat mengenai besarnya kerugian daya pada generator, sehingga dapat dijadikan acuan dalam menilai performa generator serta memastikan bahwa energi listrik yang dihasilkan sesuai dengan kapasitas yang direncanakan.

2. Metode Penelitian

Tahapan penelitian yang digunakan dalam laporan Praktik Kerja Lapangan ini dilakukan secara bertahap untuk memperoleh hasil yang optimal dan alur pelaksanaannya dapat dilihat pada Gambar 2.1 berikut.



Gambar 2. 1 Tahapan Penelitian

Sesuai gambar 2.1 tahapan penelitian dimulai dengan studi literatur, studi literatur dilakukan untuk memperoleh pemahaman teoritis yang mendukung penelitian mengenai rugi daya pada generator sinkron. Kegiatan ini dilakukan dengan menelusuri berbagai sumber referensi yang relevan, seperti buku teks, jurnal ilmiah nasional, dan jurnal internasional. Literatur yang dikaji membahas konsep dasar generator sinkron, prinsip kerja generator, jenis-jenis rugi daya yang terjadi selama operasi, serta metode perhitungan rugi daya total [8], [10]. Referensi yang

diperoleh digunakan sebagai landasan teori dalam menganalisis data penelitian sehingga hasil yang diperoleh memiliki dasar ilmiah yang kuat dan tersusun secara sistematis [14].

Selanjutnya melakukan observasi lapangan dilakukan dengan cara mengamati secara langsung objek penelitian di PT Sumarah Energi, khususnya di PLTM Logawa Baseh 1. Observasi ini bertujuan untuk mengetahui kondisi operasional generator sinkron Unit 1 tiga fasa berkapasitas 1,5 MW saat beroperasi. Data yang diperoleh dari observasi meliputi kondisi panel kontrol, parameter operasi generator, serta aktivitas operator dalam mengawasi dan menjaga kestabilan kinerja generator [3], [18]. Melalui observasi lapangan, memperoleh gambaran nyata mengenai sistem kerja generator sehingga data yang digunakan dalam penelitian lebih akurat dan sesuai dengan kondisi di lapangan.

Lalu melakukan pengambilan data pada penelitian ini difokuskan pada generator sinkron Unit 1 di PLTM Logawa Baseh 1. Data yang dikumpulkan meliputi spesifikasi generator, data pembebanan generator, serta arus stator seperti pada Tabel 2.1, 2.2, dan 2.3. Pengumpulan data dilakukan melalui dua sumber, yaitu data primer dan data sekunder. Data primer diperoleh dengan melakukan pencatatan langsung terhadap parameter operasi generator setiap jam selama jadwal kerja yang berlangsung [16], [19]. Pada kondisi tertentu, seperti hari libur atau keterbatasan waktu pencatatan, data diambil dari arsip perusahaan sebagai data sekunder. Selain itu, data sekunder juga mencakup dokumen teknis generator yang digunakan sebagai pendukung dalam proses analisis rugi daya [20].

Tabel 2. 1 Data spesifikasi generator unit 1

Parameter	Nilai
Tipe	SFW1500-6/1430-W
Kapasitas	1500 kW
Tegangan	6300 V
Arus	171,8 A
Faktor daya	0,8
Frekuensi	50 Hz
Kecepatan	1000 rpm
Kelas insulasi	Kelas F
Fasa/Hubungan	3 / Y
Tegangan eksitasi	51,8 V
Arus eksitasi	287,5 A
Resistansi belitan stator (24°C)	0,1627 Ω
Resistansi belitan rotor (24°C)	0,1295 Ω
Pole	6
Efisiensi beban 100%	98%

Tabel 2. 2 Data Pembebanan Generator Unit 1 PLTM Logawa Baseh 1

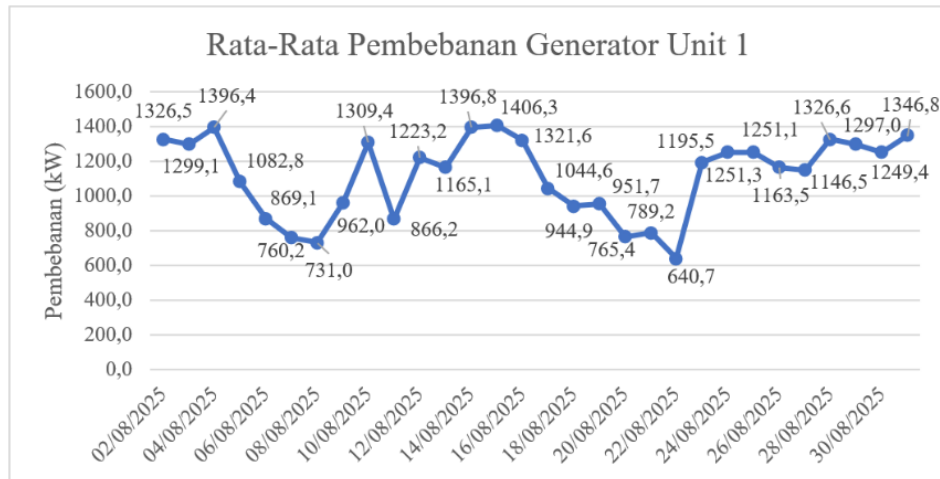
Tanggal	Pembebanan (kW)								Rata-Rata
	09.00	10.00	11.00	12.00	13.00	14.00	15.00	16.00	
02/08/2025	1319	1321	1326	1324	1326	1324	1338	1334	1326,5
03/08/2025	1292	1299	1302	1298	1297	1300	1262	1343	1299,1
04/08/2025	1398	1400	1396	1400	1398	1395	1393	1391	1396,4
05/08/2025	1104	1102	1097	1041	1091	-	-	1062	1082,8
06/08/2025	884,3	885,7	873,3	873,6	809,2	877,8	875,4	873,5	869,1
07/08/2025	765,7	-	-	758,3	769,7	793,8	682,4	791,4	760,2
08/08/2025	800,7	794,5	-	677,4	678,1	721,1	722,4	723	731,0
09/08/2025	656,1	658	657,3	658,3	1220	1281	1279	1286	962,0
10/08/2025	1312	1313	1305	1303	1309	1309	1313	1311	1309,4
11/08/2025	922,1	920,7	890,1	868,3	836,1	831,4	831,6	829,3	866,2
12/08/2025	984,6	944	1231	1334	1430	1459	1203	1200	1223,2
13/08/2025	1114	1201	1195	1192	1200	1205	1111	1103	1165,1
14/08/2025	1331	1340	1416	1417	1411	1405	1429	1425	1396,8
15/08/2025	1400	1401	1403	1402	1401	1411	1413	1419	1406,3
16/08/2025	1341	1319	1321	1320	1320	1315	1321	1316	1321,6
17/08/2025	1167	1046	1049	1049	1046	985,5	956,6	1058	1044,6
18/08/2025	1021	1022	1023	1016	843,2	790,4	919,2	924,5	944,9
19/08/2025	897,8	906,1	907,2	913	911,3	1003	1036	1039	951,7
20/08/2025	852,2	-	-	767,3	775,7	781,1	660,5	755,8	765,4
21/08/2025	770,3	769,4	775,4	777,1	780,4	778,3	775,3	887,2	789,2
22/08/2025	642,7	637,8	640	643,4	641,4	-	639,2	640,6	640,7
23/08/2025	651,1	1183	1278	1291	1290	1298	1288	1285	1195,5
24/08/2025	1248	1253	1248	1253	1257	1252	1251	1248	1251,3
25/08/2025	1253	1256	1250	1250	1253	1251	1249	1247	1251,1
26/08/2025	1160	1162	1162	1160	1162	1163	1162	1177	1163,5
27/08/2025	1105	1106	1110	1107	1112	1110	1109	1413	1146,5
28/08/2025	1344	1339	1334	1341	1337	1304	1306	1308	1326,6
29/08/2025	1307	1309	-	-	-	1213	1284	1372	1297,0
30/08/2025	1215	1194	1194	1190	1176	1340	1340	1346	1249,4
31/08/2025	1349	1347	1349	1343	1345	1342	1348	1351	1346,8

Tabel 2. 3 Data Arus Stator

Tanggal	Arus (A)								Rata-Rata Arus (A)
	09.00	10.00	11.00	12.00	13.00	14.00	15.00	16.00	
02/08/2025	117	115	115	115	115	116	116	115	115
03/08/2025	111	113	113	113	113	113	110	118	113
04/08/2025	120	120	121	121	120	119	119	118	120
05/08/2025	97	97	97	93	96	-	-	92	95
06/08/2025	80	81	80	79	74	80	80	79	79
07/08/2025	72	-	-	69	69	71	64	71	69
08/08/2025	72	73	-	61	61	65	65	65	66
09/08/2025	63	64	64	63	109	114	113	112	88
10/08/2025	116	114	114	114	114	114	114	115	114
11/08/2025	89	86	83	82	78	79	79	79	82
12/08/2025	84	84	105	113	124	127	106	106	106
13/08/2025	99	106	105	104	106	105	97	96	102
14/08/2025	116	116	120	119	117	119	123	123	119
15/08/2025	121	121	120	118	118	121	120	120	120
16/08/2025	115	114	114	113	113	114	114	113	114
17/08/2025	102	94	94	95	94	90	88	96	94
18/08/2025	92	93	91	90	77	77	81	84	85
19/08/2025	84	84	85	84	84	92	94	95	88
20/08/2025	82	-	-	68	68	69	60	71	70
21/08/2025	74	72	73	73	72	73	71	79	73
22/08/2025	64	64	65	63	62	-	59	59	62
23/08/2025	62	104	112	112	112	113	113	113	105
24/08/2025	109	110	109	110	110	110	111	106	109
25/08/2025	111	114	114	114	113	112	112	109	112
26/08/2025	102	102	103	102	102	101	101	102	102
27/08/2025	98	98	98	96	98	98	98	122	101
28/08/2025	117	114	114	113	114	111	111	111	113
29/08/2025	114	114	-	-	-	105	111	117	112
30/08/2025	105	105	105	104	102	115	115	115	108
31/08/2025	123	123	124	123	124	124	124	125	124

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Data Pembebanan Generator Unit 1



Gambar 3. 1 Grafik Rata-Rata Pembebanan Harian

Untuk melihat kecenderungan operasi pembebanan, data pembebanan per jam dihitung menjadi rata-rata pembebanan harian sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 3.1. Hasil perhitungan menunjukkan bahwa rata-rata pembebanan harian generator sinkron Unit 1 PLTM Logawa Baseh 1 selama Agustus 2025 berada pada kisaran 640,7 kW hingga 1406,3 kW. Nilai tertinggi terjadi pada 15 Agustus 2025 sebesar 1406,3 kW, sedangkan nilai terendah tercatat pada 22 Agustus 2025 sebesar 640,7 kW.

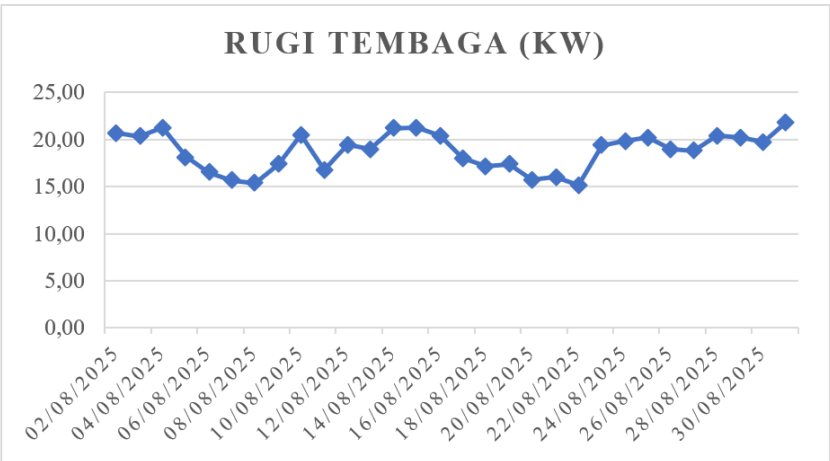
Grafik rata-rata pembebanan menunjukkan pola fluktuatif yang dipengaruhi oleh ketersediaan debit air sungai. Pada awal bulan, pembebanan relatif stabil di atas 1000 kW, kemudian mengalami penurunan signifikan pada 6-8 Agustus. Selanjutnya, pembebanan berfluktuasi hingga mencapai titik terendah pada 22 Agustus, sebelum kembali meningkat dan stabil di atas 1100 kW pada akhir bulan. Hal ini menunjukkan bahwa generator sinkron Unit 1 selama Agustus 2025 umumnya beroperasi pada tingkat beban menengah hingga tinggi dengan fluktuasi yang dipengaruhi oleh debit air [21], [22].

3.2 Hasil Rugi Daya Generator

Berdasarkan hasil perhitungan rugi daya generator sinkron pada bulan Agustus 2025 yang dapat dilihat pada Tabel 3.1, dapat diamati bahwa komponen rugi daya terbesar berasal dari rugi tembaga. Nilai rata-rata rugi tembaga per hari berada pada kisaran 15,12 kW hingga 21,25 kW. Dari Gambar 3.2, rata-rata rugi tembaga menunjukkan adanya fluktuasi rugi tembaga yang cukup signifikan, dengan titik terendah pada tanggal 22 Agustus 2025 dan titik tertinggi pada tanggal 15 Agustus 2025. Hal ini sesuai dengan karakteristik rugi tembaga yang bergantung pada besarnya arus beban yang mengalir pada kumparan generator. Semakin besar arus yang melewati belitan, semakin tinggi pula rugi tembaganya [10], [23].

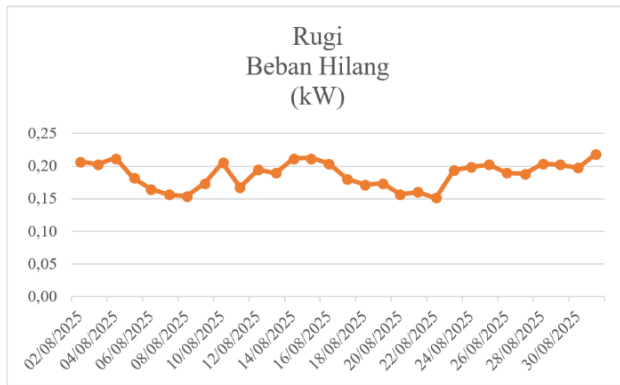
Tabel 3. 1 Hasil Perhitungan Rugi Daya

Tanggal	Rugi Tembaga Stator (kW)	Rugi Tembaga Rotor (kW)	Rugi Tembaga (kW)	Rugi Beban Hilang (kW)	Rugi Besi (kW)	Rugi Mekanik (kW)	Rugi Daya Total (kW)
02/08/2025	7,79	12,85	20,65	0,21	9,18	6,12	36,16
03/08/2025	7,48	12,85	20,33	0,20	9,18	6,12	35,84
04/08/2025	8,37	12,85	21,23	0,21	9,18	6,12	36,74
05/08/2025	5,31	12,85	18,17	0,18	9,18	6,12	33,65
06/08/2025	3,67	12,85	16,52	0,17	9,18	6,12	31,99
07/08/2025	2,81	12,85	15,66	0,16	9,18	6,12	31,12
08/08/2025	2,54	12,85	15,40	0,15	9,18	6,12	30,86
09/08/2025	4,52	12,85	17,37	0,17	9,18	6,12	32,85
10/08/2025	7,64	12,85	20,49	0,20	9,18	6,12	36,00
11/08/2025	3,92	12,85	16,78	0,17	9,18	6,12	32,25
12/08/2025	6,61	12,85	19,46	0,19	9,18	6,12	34,96
13/08/2025	6,13	12,85	18,98	0,19	9,18	6,12	34,47
14/08/2025	8,31	12,85	21,17	0,21	9,18	6,12	36,69
15/08/2025	8,40	12,85	21,25	0,21	9,18	6,12	36,77
16/08/2025	7,58	12,85	20,43	0,20	9,18	6,12	35,94
17/08/2025	5,18	12,85	18,03	0,18	9,18	6,12	33,52
18/08/2025	4,27	12,85	17,13	0,17	9,18	6,12	32,61
19/08/2025	4,52	12,85	17,37	0,17	9,18	6,12	32,85
20/08/2025	2,84	12,85	15,69	0,16	9,18	6,12	31,16
21/08/2025	3,16	12,85	16,01	0,16	9,18	6,12	31,48
22/08/2025	2,27	12,85	15,12	0,15	9,18	6,12	30,58
23/08/2025	6,49	12,85	19,34	0,19	9,18	6,12	34,84
24/08/2025	7,02	12,85	19,87	0,20	9,18	6,12	35,38
25/08/2025	7,39	12,85	20,25	0,20	9,18	6,12	35,75
26/08/2025	6,11	12,85	18,96	0,19	9,18	6,12	34,45
27/08/2025	5,95	12,85	18,80	0,19	9,18	6,12	34,29
28/08/2025	7,52	12,85	20,37	0,20	9,18	6,12	35,88
29/08/2025	7,38	12,85	20,24	0,20	9,18	6,12	35,75
30/08/2025	6,88	12,85	19,73	0,20	9,18	6,12	35,23
31/08/2025	8,97	12,85	21,83	0,22	9,18	6,12	37,35

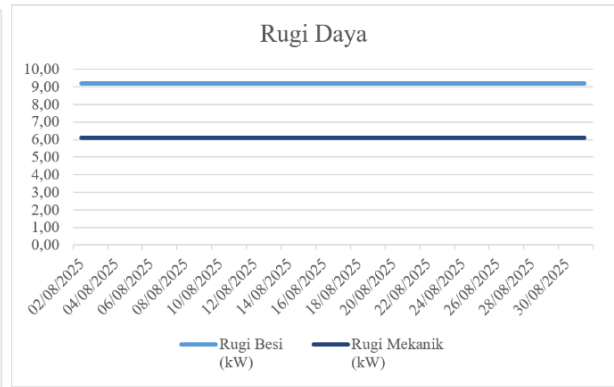


Gambar 3. 1 Grafik Rugi Tembaga

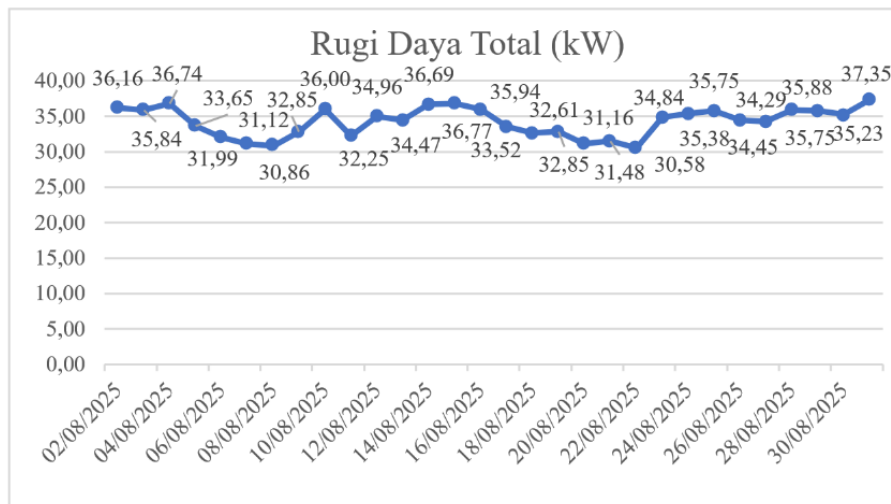
Berdasarkan gambar 3.3, rugi beban hilang berada pada kisaran yang lebih kecil dibanding rugi tembaga, yaitu antara 0,15 kW hingga 0,21 kW. Nilai ini mengalami perubahan seiring fluktuasi beban generator [10]. Rugi besi dan rugi mekanik selalu konstan yang dapat dilihat pada gambar 3.4, masing-masing bernilai 9,19 kW dan 6,12 kW setiap harinya. Hal ini dapat terjadi karena keduanya tidak dipengaruhi oleh variasi beban pada saat generator beroperasi [10], [24].



Gambar 3. 2 Grafik Rugi Beban Hilang



Gambar 3. 3 Grafik Rugi Besi dan Rugi Mekanik



Gambar 3. 4 Grafik Rugi Daya Total

Jika ditinjau dari total rugi daya generator pada gambar 3.5, nilai rata-rata rugi daya per hari berkisar antara 30,58 kW hingga 36,77 kW. Nilai terendah terjadi pada tanggal 22 Agustus 2025 yang sejalan dengan rendahnya rugi tembaga pada hari tersebut, sedangkan nilai tertinggi tercatat pada tanggal 15 Agustus 2025 akibat rugi tembaga yang mencapai titik tertinggi selama bulan Agustus. Grafik total rugi daya memperlihatkan tren yang mengikuti pola rugi tembaga, menunjukkan bahwa faktor utama yang memengaruhi besar kecilnya rugi daya pada generator adalah besarnya beban yang mengalir [10], [25].

Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa variasi beban pada generator memberikan pengaruh langsung terhadap besar kecilnya rugi daya yang muncul selama operasi. Klasifikasi tingkat rugi daya tersebut juga dapat diamati melalui kondisi pembebanan generator. Pada PLTM Logawa Baseh 1, pembebanan dikategorikan menjadi tiga level, yaitu pembebanan kecil (<600 kW), pembebanan sedang (600-1000 kW), dan pembebanan besar (>1000 kW). Data operasi menunjukkan bahwa walaupun rugi daya pada bulan Agustus 2025 mengalami fluktuasi, nilai tersebut masih berada dalam batas yang wajar dan tidak mengganggu kinerja sistem secara keseluruhan. Berdasarkan hasil analisis, rugi tembaga merupakan komponen rugi daya yang memberikan kontribusi terbesar terhadap total rugi daya generator. Sebaliknya, rugi *stray load* memberikan kontribusi paling kecil, sementara rugi besi dan rugi mekanik cenderung bersifat konstan selama proses operasi.

4. Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian, dapat disimpulkan bahwa rugi daya terbesar pada generator sinkron Unit 1 PLTM Logawa Baseh 1 adalah rugi tembaga, dengan kisaran nilai antara 15,12 kW hingga 21,25 kW. Besar kecilnya rugi tembaga sangat dipengaruhi oleh perubahan beban generator, sehingga ketika beban meningkat maka rugi tembaga juga meningkat secara proporsional. Rugi *stray load* memberikan kontribusi paling kecil terhadap total rugi daya, yaitu sekitar 0,15 kW hingga 0,21 kW. Sementara itu, rugi besi yang bernilai 9,19 kW dan rugi mekanik sebesar 6,12 kW bersifat konstan dan tidak dipengaruhi oleh variasi pembebanan.

Total rugi daya generator dalam periode bulan Agustus berada pada kisaran 30,58 kW hingga 36,77 kW, dan fluktuasi yang terjadi masih berada dalam batas yang wajar. Perubahan total rugi daya tersebut mengikuti pola rugi tembaga sebagai komponen paling dominan. Selain itu, variasi pembebanan generator juga menjadi faktor utama dalam menentukan besar kecilnya rugi daya yang muncul, di mana pada PLTM Logawa Baseh 1 pembebanan dikategorikan menjadi tiga tingkat, yaitu pembebanan kecil (<600 kW), pembebanan sedang (600-1000 kW), dan pembebanan besar (>1000 kW). Berdasarkan klasifikasi tersebut, perubahan beban tidak hanya berpengaruh langsung terhadap rugi tembaga, tetapi juga memberikan dampak pada rugi *stray load*, sementara rugi besi dan rugi mekanik tetap stabil sepanjang operasi.

Daftar Pustaka

- [1] Perawati, “Karakteristik Generator Sinkron Yang Beban Berat Dan Tidak Konstan,” vol. 2, hal. 115–120, 2017.
- [2] M. P. U. D. P. R. R. Indonesia, *Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Dan Perumahan Rakyat Republik Indonesia Nomor 09/Prt/M/2016 Tentang Tata Cara Pelaksanaan Kerjasama Pemerintah Dan Badan Usaha Dalam Pemanfaatan Infrastruktur Sumber Daya Air Untuk Pembangunan Pembangkit Listrik Tenaga Air*. 2016.
- [3] H. H. T. Lukas, Daniel Rohi, “Studi Kinerja Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA) di Daerah Aliran Sungai (DAS) Brantas,” *J. Tek. Elektro*, vol. 10, no. 1, hal. 17–23, 2017, doi: 10.9744/jte.10.1.17-23.
- [4] D. Supena, R. M. Yunus, E. Dewi J, dan H. Budiman, “Analisis Sistem Kerja Generator Ac (Sinkron) Di Plta Parakan Kondang Sumedang,” *Reka Elkomika*, hal. 80–85, 2018.
- [5] C. Gao, Y. Sun, W. Zheng, dan W. Wang, “Transient power equalization control strategy of virtual synchronous generator in isolated island microgrid with heterogeneous power supply,” *Sci. Rep.*, 2023, doi: 10.1038/s41598-023-39121-6.
- [6] H. Satya Aliputa, S. Marsudi, dan M. Taufiq, “Studi Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Air Run of River (PLTA ROR) Baliem Kabupaten Jayawijaya,” *Fak. Tek. Univ. Brawijaya*, no. 0341, 2016.
- [7] M. D. Bejarano, A. Sordo-Ward, I. Gabriel-Martin, dan L. Garrote, “Tradeoff between economic and environmental costs and benefits of hydropower production at run-of-river-diversion schemes under different environmental flows scenarios,” *J. Hydrol.*, vol. 572, no. March, hal. 790–804, 2019, doi: 10.1016/j.jhydrol.2019.03.048.
- [8] Z. Muna, Syahputra, Fauzan, dan Julianto, “Studi Perubahan Beban Terhadap Tugi-Rugi Daya Outpur Generator Sinkron Tiga Phase 20 MW Pada Generator Turbin Gas Unit 2 Pada PT Pupuk Iskandar Muda,” *J. Tektro*, vol. 7, no. 1, hal. 112–117, 2023.
- [9] A. N. Azhiimah, S. Muslim, dan K. Khusnul, “Kajian Kritis Terhadap Beberapa Studi Kelayakan Potensi Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (Pltmh) Di Indonesia,” *Rang Tek. J.*, vol. 2, no. 2, hal. 337–347, 2019.
- [10] H. F. Wibowo, P. Jannus, dan B. Nainggolan, “Analisis Efisiensi dan Rugi-rugi Daya Pada Generator Terhadap Kinerja Generator PLTMG SPBG Klender,” hal. 1652–1660, 2024.
- [11] F. Likadja, A. S. Sampeallo, dan C. R. D. N. R. Amaral, “Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (Pltmh) Memanfaatkan Outlet Kondensor Pltu Ii Ntt Di Desa Bolok Kecamatan Kupang Barat, Kabupaten Kupang,” *J. Media Elektro*, vol. VIII, no. 2, hal. 155–163, 2019, doi: 10.35508/jme.v0i0.1858.
- [12] M. Farhan, “Pengaruh Pembebanan Terhadap Arus Eksitasi Generator Unit 2 Pltmh Curug,” *J. Simetrik*, vol. 11, no. 1, hal. 398–403, 2021, doi: 10.31959/js.v11i1.653.
- [13] Arzul, “Analisis Rugi Daya Akibat Partial Discharge pada Generator Turbin Gas di North Duri Cogeneration Plant,” *JUTIN J. Tek. Ind. Terintegrasi*, vol. 6, no. 1, hal. 95–106, 2023.
- [14] A. Nurdin, A. Azis, dan R. A. Rozal, “Peranan Automatic Voltage Regulator Sebagai Pengendali Tegangan Generator Sinkron,” *J. Ampere*, vol. 3, no. 1, hal. 163–176, 2018, doi: 10.31851/ampere.v3i1.2144.
- [15] A. Tanjung, Z. Maulana, dan H. Yuwendius, “Analisis Generator Sinkron Unit 2 Akibat Overheating Di Pembangkit Listrik Tenaga Gas MPP Balai Pungut,” *SainETin (Jurnal Sain, Energi, Teknol. Ind.)*, vol. 7, no. 2, hal. 64–73, 2023, doi: 10.31849/sainetin.vxix.xxx.
- [16] R. Ichsan, Yuslan Basir, dan Y. W. D. Utari, “Analisis Fluktuasi Beban Terhadap Efisiensi Generator Sinkron di PT. Pembangkit Listrik Palembang Jaya,” *J. Ampere*, vol. 6, no. 2, hal. 91, 2021.
- [17] A. Zuhakim, Y. S. Handayani, dan I. Priyadi, “Pengaruh Sistem Eksitasi Terhadap Generator Sinkron Tiga Fasa Di Unit 1 PT. PLN Indonesia Power ULPL TA Musi,” *Teknosia*, vol. 17, no. 1, hal. 1–12, 2023, doi: 10.33369/teknosia.v17i1.28708.
- [18] R. Azharny, “Analisa Perbandingan Efisiensi Generator Sinkron Unit 1 Dan 2 Di Plta Sipansihaporas,” 2021.
- [19] D. Masyari *et al.*, “Analisa Perubahan Beban Terhadap Kinerja Pada Generator Unit 7 Di Pt Pln Nusantara Power,” *J. TEKTRON*, vol. 8, no. 2, hal. 230–234, 2024.
- [20] R. Fadilah, S. Yahya, dan S. M. Iman, “Analisis Pengaruh Pembebanan Terhadap Efisiensi Generator 55 MW Unit 3 di PLN Indonesia Power UBP Kamojang,” *Pros. Ind. Res. Work. Natl. Semin.*, vol. 15, no. 1, hal. 139–147, 2024, doi: 10.35313/irwns.v15i1.6206.
- [21] Z. A. Angelina, “Analisa Pengaruh Perubahan Beban Terhadap Efisiensi Generator PLTMG Gunung Belah,” 2022. [Daring]. Tersedia pada: <https://repository.pnj.ac.id/id/eprint/9617/>
- [22] M. Noer, “Analisa Pengaruh Pembebanan Terhadap Efisiensi Generator Di Pltg Borang Dengan Menggunakan Software Matlab,” *J. Ampere*, vol. 2, no. 2, hal. 103, 2017, doi: 10.31851/ampere.v2i2.1774.
- [23] A. Ardiansyah, R. Syahputra, dan Maimun, “Studi Pengaruh Perubahan Beban Terhadap Efisiensi Generator Sinkron 3 Fasa 2.470 KVA Pada PLTMG Di PT. Pertamina Hulu Rokan Field Rantau,” vol. 8, no. 1, hal. 47–53, 2024.
- [24] R. C. Pamungkas, “Studi Sistem Eksitasi Pada Generator Sinkron Pembangkit Listrik Tenaga Uap Unit 3 Dan 4 Di Pjb Up Gresik,” hal. 1–8, 2018.
- [25] N. A. Kartono, C. G. Indra Partha, W. G. Ariastina, I. A. D. Giriantari, I. N. Satya Kumara, dan I. W. Sukerayasa, “Analisis Pengaruh Variasi Debit Air Terhadap Kecepatan Putaran Turbin Crossflow Pada Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro,” *J. SPEKTRUM*, vol. 10, no. 2, hal. 43, 2023, doi: 10.24843/spektrum.2023.v10.i02.p6.