

ANALISIS PENGARUH *PARTIAL DISCHARGE* PADA KINERJA GENERATOR PLTU TERHADAP EFISIENSI, DAYA TAHAN, DAN STABILITAS OPERASIONAL GENERATOR 23 KV

Muhammad Rizki; Umar. S.T., M.T.
Teknik Elektro, Fakultas Teknik

Abstrak

Generator merupakan salah satu peralatan utama pada PLTU yang berfungsi mengubah energi mekanik menjadi energi listrik. Kinerja generator sangat dipengaruhi oleh kondisi sistem isolasi stator dan rotor. Salah satu gangguan yang dapat menurunkan kualitas isolasi adalah *Partial Discharge*. *Partial Discharge* yang terjadi secara terus-menerus dapat menyebabkan degradasi isolasi, meningkatnya rugi-rugi daya, serta menurunkan stabilitas operasional generator. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh *Partial Discharge* terhadap efisiensi, daya tahan, dan stabilitas operasional generator 23 kV di PLTU Suralaya. Parameter yang dianalisis meliputi *Partial Discharge Intensity* (PDI) Level, *Maximum charge magnitude* (Qmax), jumlah kejadian pelepasan muatan listrik (*Pulse Count*), efisiensi generator, temperatur, tegangan, arus, dan histori gangguan generator. Hasil penelitian menunjukkan bahwa generator memiliki efisiensi rata-rata sebesar 93,43% dengan tegangan operasi stabil pada kisaran 23 kV. Aktivitas *Partial Discharge* tertinggi terjadi pada Week 3 dengan nilai PDI sebesar 22,8 mW dan Qmax sebesar 253 mV, sedangkan *Pulse Count* tertinggi terjadi pada Week 4 sebesar 7816 PPS. Aktivitas *Partial Discharge* masih berada pada kategori *Low* hingga *Medium* sehingga belum memberikan pengaruh signifikan terhadap performa generator.

Kata Kunci: *Partial Discharge*, Generator 23 kV, Efisiensi, Daya Tahan, Stabilitas Operasional.

Abstract

The generator is one of the main equipment in a steam power plant (PLTU) that functions to convert energy into electrical mechanical energy. Generator performance is greatly influenced by the condition of the stator and rotor insulation system. One of the disturbances that can reduce the quality of insulation is *Partial Discharge*. *Partial Discharge* that occurs continuously can cause insulation degradation, increase power losses, and reduce the operational stability of the generator. This study aims to analyze the effect of *Partial Discharge* on the efficiency, durability, and operational stability of the 23 kV generator at the Suralaya Steam Power Plant. The parameters analyzed include the *Partial Discharge Intensity Level* (PDI), *Maximum Charge Magnitude* (Qmax), the number of electrical discharge events (*Pulse Count*), generator efficiency, temperature, voltage, current, and generator fault history. The results showed that the generator had an average efficiency of 93.43% with stable operating voltage around 23 kV. The highest *Partial Discharge* activity occurred in Week 3 with a PDI value of 22.8 mW and Qmax of 253 mV, while the highest *Pulse Count* occurred in Week 4 at 7816 PPS. The *Partial Discharge* activity was still categorized as *Low* to *Medium*, indicating that it had not significantly affected generator performance.

Keywords: *Partial Discharge*, 23 kV Generator, Efficiency, Durability, Operational Stability.

1. PENDAHULUAN

Generator sinkron merupakan salah satu peralatan utama pada PLTU yang berfungsi mengubah energi mekanik dari turbin menjadi energi listrik. Generator bekerja secara kontinu dalam sistem pembangkitan sehingga membutuhkan kondisi operasi yang stabil dan sistem isolasi yang baik agar mampu menjaga kontinuitas penyaluran daya listrik. Pada generator tegangan menengah seperti 23 kV, sistem isolasi stator dan rotor memiliki peranan penting dalam menjaga keamanan dan keandalan operasi generator. Salah satu gangguan yang sering terjadi pada sistem isolasi generator adalah *Partial Discharge*. *Partial Discharge* (PD) merupakan pelepasan muatan listrik lokal yang terjadi pada sebagian material isolasi akibat adanya rongga udara, kelembaban, kontaminasi, penuaan material, maupun tegangan lebih. Aktivitas *Partial Discharge* (PD) yang berlangsung secara terus-menerus dapat menyebabkan degradasi isolasi, peningkatan temperatur lokal, rugi-rugi daya, hingga kerusakan permanen pada generator (Amir & Juliawan, 2022).

menurunnya kualitas isolasi akibat aktivitas *Partial Discharge* yang tidak terdeteksi sejak dini. Kondisi tersebut dapat menyebabkan penurunan efisiensi generator, meningkatnya frekuensi gangguan, berkurangnya daya tahan peralatan, serta terganggunya stabilitas operasional unit pembangkit. Apabila tidak dilakukan monitoring dan penanganan yang tepat, maka risiko trip generator dan outage sistem pembangkit akan semakin besar. Berdasarkan beberapa penelitian terdahulu, monitoring *Partial Discharge* menjadi salah satu metode penting dalam mendeteksi kondisi sistem isolasi generator (Sari, 2022). Parameter seperti *Partial Discharge Intensity* (PDI) Level, *Maximum charge magnitude* (Qmax), dan *Pulse Count* dapat digunakan untuk mengetahui tingkat aktivitas PD dan kondisi isolasi generator. Selain itu, kondisi operasi generator seperti temperatur, tegangan, arus, dan beban juga memiliki hubungan terhadap peningkatan aktivitas *Partial Discharge* (Arfiansyah et al., 2024).

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh *Partial Discharge* terhadap efisiensi, daya tahan, dan stabilitas operasional generator 23 kV di PT PLN Indonesia Power UBP Suralaya. Data penelitian diperoleh dari sistem monitoring generator dan data operasi lapangan yang meliputi nilai *Partial Discharge*, daya input, daya output, tegangan generator, serta efisiensi generator. Hasil penelitian diharapkan dapat memberikan informasi mengenai hubungan antara aktivitas *Partial Discharge* dengan performa generator sehingga dapat digunakan sebagai dasar evaluasi kondisi generator dan penerapan strategi predictive maintenance. Selain itu, penelitian ini diharapkan mampu

membantu meningkatkan keandalan operasi generator, mengurangi risiko kerusakan isolasi, serta memperpanjang umur operasi generator pada sistem pembangkit listrik (Widodo et al., 2023).

2. METODE

Proses monitoring *Partial Discharge* pada generator digunakan beberapa parameter untuk mengetahui kondisi sistem isolasi generator. Parameter yang digunakan meliputi PDI (*Partial Discharge Intensity*) dengan satuan milliwatt, Qmax (*Maximum Charge Magnitude*) dengan satuan millivolt, dan *Pulse Count* atau PPS (*Pulse Per Second*). *Partial Discharge Intensity* (PDI) digunakan untuk menunjukkan tingkat intensitas aktivitas pelepasan muatan listrik pada sistem isolasi generator, sedangkan Qmax menunjukkan nilai maksimum muatan pelepasan yang terdeteksi selama proses monitoring berlangsung. Selain itu, *Pulse Count* digunakan untuk menunjukkan jumlah pulsa pelepasan muatan listrik yang terjadi dalam satu satuan waktu tertentu. Pada sistem monitoring *Partial Discharge* juga digunakan beberapa sensor seperti CC (*Coupling Capacitor*), RTD (*Resistance Temperature Detector*), dan *capacitive sensor* atau sensor kapasitif. Sensor CC dan *capacitive sensor* digunakan untuk mendeteksi sinyal *Partial Discharge* pada *winding* generator, sedangkan RTD digunakan untuk memonitor temperatur stator dan *winding* generator selama generator beroperasi. *Winding* merupakan kumparan generator yang berfungsi sebagai tempat terjadinya induksi elektromagnetik untuk menghasilkan energi listrik, sedangkan stator merupakan bagian diam generator tempat *winding* dipasang (Sipahutar et al., 2024). Selain itu, parameter pendukung seperti tegangan generator dalam satuan kV (*Kilovolt*), daya generator dalam satuan MW (*Megawatt*), faktor daya, getaran generator, serta *purity H2* (*Hydrogen Purity*) juga digunakan untuk mengetahui kondisi operasional generator selama proses monitoring berlangsung. *Hydrogen Purity* merupakan tingkat kemurnian gas hidrogen yang digunakan sebagai media pendingin generator untuk menjaga temperatur generator tetap stabil selama operasi berlangsung. Semakin tinggi nilai PDI, Qmax, dan *Pulse Count*, maka semakin tinggi pula aktivitas *Partial Discharge* yang terjadi pada sistem isolasi generator. Kondisi tersebut dapat menjadi indikasi awal terjadinya degradasi isolasi yang berpotensi mempengaruhi efisiensi, daya tahan, dan stabilitas operasional generator (Widodo et al., 2023).

Data utama berupa data *Partial Discharge* yang meliputi nilai PDI Level, Qmax, *Pulse Count*, *phase angle*, *jenis discharge*, *possible cause*, dan *overall status* generator. *Phase angle* merupakan sudut fase terjadinya aktivitas *Partial Discharge* pada siklus gelombang AC generator yang digunakan untuk mengetahui pola pelepasan muatan listrik pada sistem isolasi generator. *Jenis discharge* digunakan untuk mengidentifikasi tipe pelepasan muatan listrik yang terjadi pada sistem isolasi generator, seperti *slot discharge*, *surface discharge*, maupun *internal discharge*. *Possible cause* merupakan indikasi penyebab munculnya aktivitas *Partial Discharge* berdasarkan hasil analisis pola

discharge pada sistem monitoring generator, seperti degradasi isolasi, kelembaban, kontaminasi, rongga udara pada isolasi, maupun tekanan listrik berlebih (Safitra et al., 2023). Sedangkan *overall status* menunjukkan kondisi umum sistem isolasi generator berdasarkan hasil evaluasi aktivitas *Partial Discharge* selama proses monitoring berlangsung, apakah berada pada kondisi *normal*, *warning*, atau *critical* (Setiawan, 2023). Aktivitas *Partial Discharge* pada generator dapat dikategorikan berdasarkan nilai PDI Level dan *Pulse Count* yang terdeteksi selama proses monitoring berlangsung. Nilai PDI Level digunakan untuk menunjukkan tingkat intensitas aktivitas discharge, sedangkan *Pulse Count* digunakan untuk menunjukkan frekuensi pelepasan muatan listrik yang terjadi pada sistem isolasi generator. Berdasarkan kategori monitoring *Partial Discharge*, nilai PDI sebesar 0–30 mW termasuk kategori *Low*, 31–50 mW termasuk kategori *Medium*, dan di atas 50 mW termasuk kategori *High*. Sedangkan untuk *Pulse Count*, nilai 0–5000 PPS termasuk kategori *Low*, 5001–10000 PPS termasuk kategori *Medium*, dan di atas 10000 PPS termasuk kategori *High*.

Tabel 1. Nameplate Generator Unit 6

Parameter	Nilai
Nama Peralatan	Generator Unit 6
Jenis Generator	Generator Sinkron 3 Fasa
Kapasitas Maksimum	600 MW
Tegangan Nominal	23 kV
Frekuensi	50 Hz
Faktor Daya (Power Factor)	0,85
Arus Nominal	±19.253 A
Putaran Nominal	3000 rpm
Jumlah Fasa	3 Fasa
Sistem Pendingin	Hydrogen Cooling (H2)
Jenis Eksitasi	Static Excitation
Standar Operasi	IEC / IEEE
Prime Mover	Steam Turbine
Jenis Pembangkit	PLTU
Sistem Koneksi	Interkoneksi Grid PLN

Tabel *nameplate* generator menunjukkan spesifikasi utama Generator Unit 6 yang digunakan sebagai acuan dalam proses operasional dan analisis performa generator. Generator yang digunakan merupakan generator sinkron tiga fasa dengan kapasitas maksimum sebesar 600 MW dan tegangan nominal sebesar 23 kV. Kapasitas tersebut menunjukkan kemampuan maksimum generator dalam menghasilkan daya listrik pada kondisi operasi penuh (*full load*).

Generator bekerja pada frekuensi sistem sebesar 50 Hz sesuai standar sistem tenaga listrik di Indonesia dengan faktor daya (*power factor*) sebesar 0,85. Nilai faktor daya tersebut menunjukkan kemampuan generator dalam menyalurkan daya aktif terhadap daya semu pada sistem tenaga listrik. Selain itu, generator memiliki arus nominal sebesar ± 19.253 A yang menunjukkan besarnya arus maksimum yang dapat dialirkan generator pada kondisi operasi normal.

Generator Unit 6 menggunakan sistem pendingin gas hidrogen (*Hydrogen Cooling*) untuk menjaga temperatur generator tetap stabil selama beroperasi pada pembebanan tinggi. Sistem pendingin tersebut digunakan karena gas hidrogen memiliki kemampuan pelepasan panas yang lebih baik dibanding udara sehingga dapat meningkatkan efisiensi pendinginan generator. Generator juga menggunakan sistem eksitasi statis (*Static Excitation*) yang berfungsi untuk mengatur kestabilan tegangan generator selama proses operasi berlangsung (Putra & Gusnita, 2024).

Teknik pengumpulan data dilakukan melalui beberapa tahapan, yaitu observasi lapangan, dokumentasi data historis perusahaan, wawancara dengan operator dan teknisi pemeliharaan, serta studi literatur dari buku, jurnal ilmiah, dan standar IEEE/IEC yang berkaitan dengan sistem isolasi generator dan *Partial Discharge* (Safitra et al., 2023). Observasi lapangan dilakukan untuk mengetahui kondisi operasi generator dan sistem monitoring *Partial Discharge* yang digunakan perusahaan. Tahapan penelitian diawali dengan identifikasi masalah berdasarkan kondisi generator dan aktivitas *Partial Discharge* pada unit pembangkit. Setelah itu dilakukan studi literatur untuk memperoleh teori dan referensi yang mendukung penelitian. Tahap berikutnya adalah pengumpulan data *Partial Discharge* dan data operasi generator dari sistem monitoring perusahaan. Data yang diperoleh kemudian dikelompokkan berdasarkan unit generator, tingkat aktivitas PD, serta kondisi operasi generator.

Efisiensi generator dihitung menggunakan persamaan:

$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100\% \quad (1)$$

Keterangan:

η = efisiensi (%)

P_{out} = daya keluaran listrik

P_{in} = daya masukan mekanik

Sedangkan daya generator tiga fasa dihitung menggunakan persamaan:

$$P = \sqrt{3} V I \cos \cdot \phi \quad (2)$$

Keterangan:

P = daya aktif

V = tegangan

I = arus

$\cos \varphi$ = faktor daya

Hasil pengolahan data kemudian dianalisis secara deskriptif untuk mengetahui pengaruh *Partial Discharge* terhadap efisiensi, daya tahan, dan stabilitas operasional generator. Data hasil analisis dibandingkan dengan standar kondisi normal generator dan referensi monitoring *Partial Discharge* untuk menentukan tingkat keparahan kondisi isolasi generator. Tahap akhir penelitian adalah penarikan kesimpulan berdasarkan hasil analisis yang telah dilakukan serta penyusunan rekomendasi pemeliharaan dan monitoring generator. Rekomendasi tersebut diharapkan dapat membantu perusahaan dalam meningkatkan keandalan generator, mengurangi risiko kerusakan isolasi, serta memperpanjang umur operasi generator pada sistem pembangkit listrik (Tambunan et al., 2026).

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini menyajikan hasil penelitian dan pembahasan mengenai pengaruh *Partial Discharge* terhadap efisiensi, daya tahan, dan stabilitas operasional Generator Unit 6. Hasil penelitian diperoleh dari data monitoring operasional generator dan data *Partial Discharge* selama periode *Week 1* sampai *Week 4* tahun 2026. Data yang digunakan meliputi parameter operasional generator seperti daya input, daya output, efisiensi generator, dan tegangan generator, serta parameter *Partial Discharge* berupa nilai PDI Level, Qmax, dan *Pulse Count* pada beberapa titik sensor generator. Pembahasan dilakukan secara bertahap berdasarkan hasil monitoring *Week* generator untuk mengetahui perkembangan aktivitas *Partial Discharge* selama generator beroperasi. Hasil penelitian disajikan dalam bentuk tabel dan grafik agar mempermudah proses analisis dan interpretasi data. Grafik digunakan untuk menunjukkan trend perubahan nilai *Partial Discharge* pada setiap sensor generator, sedangkan tabel digunakan untuk memperlihatkan data hasil monitoring secara rinci.

Bagian pembahasan juga dilakukan analisis hubungan antara peningkatan aktivitas *Partial Discharge* terhadap kondisi operasi generator. Analisis dilakukan dengan membandingkan hasil monitoring *Partial Discharge* terhadap kondisi efisiensi generator, kestabilan tegangan, serta kondisi sistem pendinginan generator selama periode penelitian.

3.1 Operasional Generator dan *Partial Discharge Week 1*

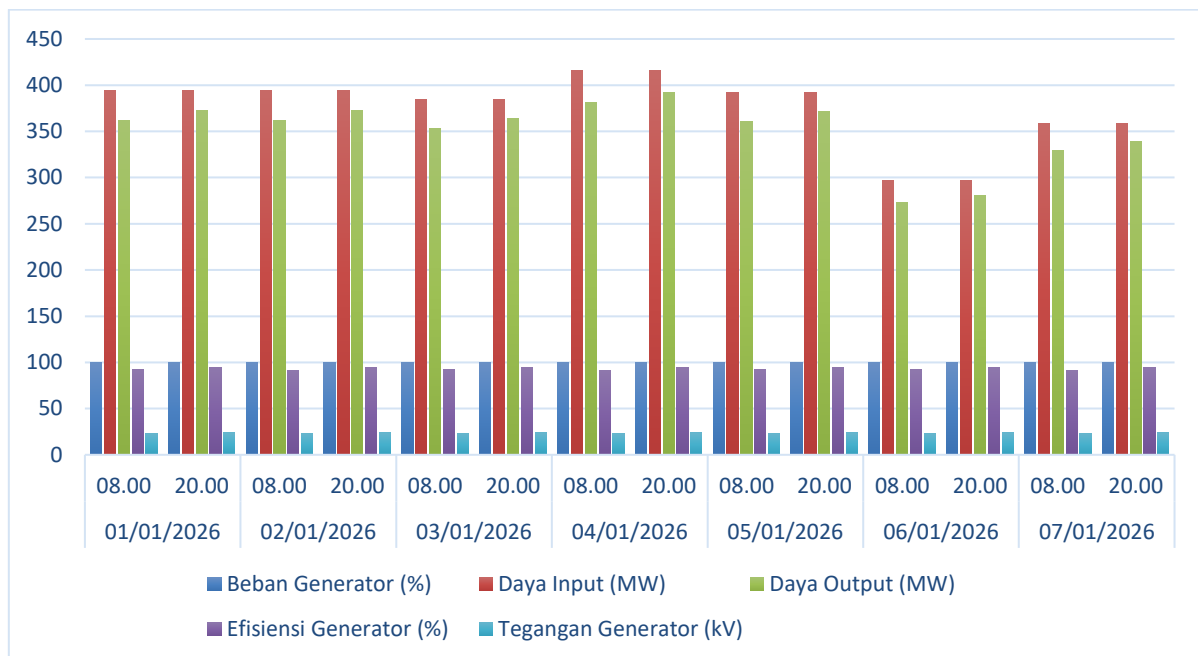
Week 1 dilakukan monitoring kondisi operasional generator dan aktivitas *Partial Discharge* pada Generator Unit 6 selama periode 01 Januari 2026 sampai 07 Januari 2026. Monitoring dilakukan untuk mengetahui kondisi sistem isolasi generator berdasarkan nilai PDI Level, Qmax, dan *Pulse Count* pada

beberapa titik sensor generator. Selain data *Partial Discharge*, dilakukan juga pengamatan terhadap parameter operasional generator yang meliputi daya input, daya output, efisiensi generator, dan tegangan generator selama generator beroperasi pada beban penuh.

Hasil monitoring *Week 1* disajikan dalam bentuk tabel dan grafik untuk mempermudah proses analisis kondisi generator. Selanjutnya dilakukan pembahasan terhadap hasil monitoring guna mengetahui tingkat aktivitas *Partial Discharge* serta pengaruhnya terhadap efisiensi, daya tahan, dan stabilitas operasional generator.

Tabel 2. Tabel Operasional Generator Unit 6 *Week 1*

Tanggal	Waktu Operasional	Beban Generator (%)	Daya Input (MW)	Daya Output (MW)	Efisiensi Generator (%)	Tegangan Generator (kV)
01/01/2026	08.00	100	394,60420	362,24	91,8	22,993
	20.00	100	394,60414	373,11	94,5	23,683
02/01/2026	08.00	100	394,13019	361,41	91,7	22,995
	20.00	100	394,13028	372,26	94,4	23,685
03/01/2026	08.00	100	384,75165	353,58	91,9	22,978
	20.00	100	384,75125	364,19	94,6	23,668
04/01/2026	08.00	100	415,63387	380,72	91,6	22,966
	20.00	100	415,63361	392,14	94,3	23,655
05/01/2026	08.00	100	392,47913	360,29	91,8	22,965
	20.00	100	392,47942	371,10	94,5	23,655
06/01/2026	08.00	100	297,13867	272,77	91,8	22,965
	20.00	100	297,13920	280,95	94,5	23,655
07/01/2026	08.00	100	358,86027	329,07	91,7	22,957
	20.00	100	358,86014	338,94	94,4	23,646



Gambar 1. Grafik Operasional Generator Unit 6 Week 1

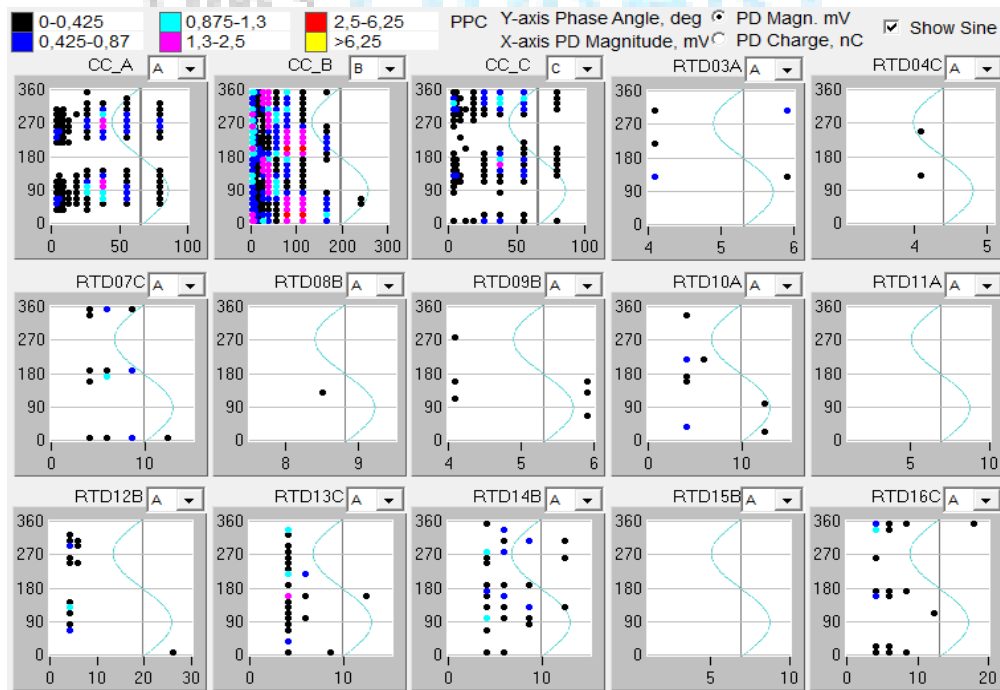
Berdasarkan hasil monitoring operasional Generator Unit 6 pada *Week 1*, generator beroperasi secara kontinu pada beban penuh sebesar 100% selama periode 01 Januari 2026 sampai 07 Januari 2026. Nilai daya input generator berada pada kisaran 297,13 MW sampai 415,63 MW, sedangkan daya output generator berada pada kisaran 272,77 MW sampai 392,14 MW. Nilai efisiensi generator berada pada rentang 91,6% sampai 94,657% dengan tegangan generator relatif stabil pada kisaran 22,95 kV sampai 23,68 kV.

Grafik operasional generator *Week 1* menunjukkan bahwa perubahan daya input dan daya output generator mengikuti pola pembebanan generator selama operasi berlangsung. Nilai daya output tertinggi terjadi pada tanggal 04 Januari 2026 pukul 20.00 sebesar 392,142 MW dengan efisiensi sebesar 94,348%. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa generator masih mampu bekerja secara optimal pada kondisi pembebanan tinggi. Penurunan daya generator terjadi pada tanggal 06 Januari 2026 dengan daya input sebesar 297,13 MW dan daya output sebesar 272,77 MW. Penurunan tersebut dipengaruhi oleh perubahan kondisi operasi sistem pembangkit maupun kebutuhan daya pada sistem tenaga listrik.

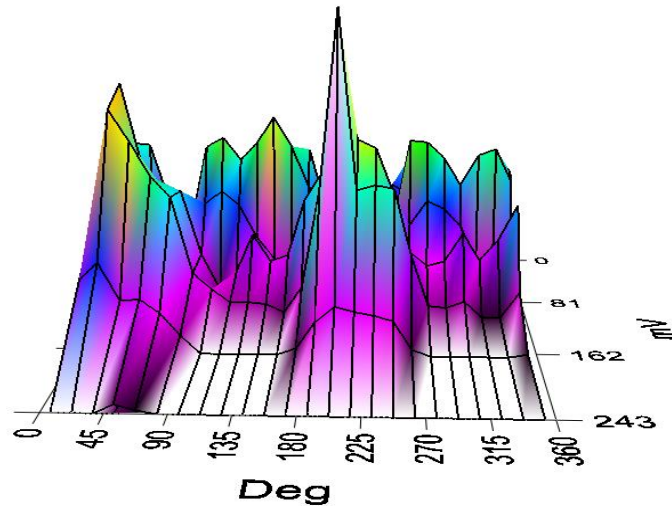
Nilai efisiensi generator selama *Week 1* masih tergolong stabil meskipun terjadi fluktuasi daya generator. Stabilitas efisiensi tersebut menunjukkan bahwa sistem konversi energi listrik pada generator masih bekerja dengan baik dan rugi-rugi daya generator masih berada dalam batas normal. Tegangan generator juga menunjukkan kondisi yang stabil sehingga sistem eksitasi generator masih bekerja secara optimal selama generator beroperasi.

Tabel 3. Tabel *Partial Discharge* Generator Unit 6 Week 1

Generator	Tanggal Data	Pressure (kg/cm ²) & Purity H2 (%)		Point Sensor	PDI level (mW)	Qmax (mV)	Pulse Count (PPS)
SLA-6	01 Jan 2026 - 07 Jan 2026	4,86	94,73	CC A	3,1	113	1692
				CC B	20,7	242	7355
				CC C	2,2	110	1202
				RTD 3A	0	0	0
				RTD 4C	0	0	0
				RTD 7C	0,2	12	183
				RTD 8B	0	9	28
				RTD 9B	0	0	0
				RTD 10A	0	6	3
				RTD 11A	0	0	0
				RTD 12B	0	6	5
				RTD 13C	0	8	30
				RTD 14B	0,2	12	194
				RTD 15B	0	0	0
				RTD 16C	0	8	58



Gambar 2. Hasil monitoring pola *Partial Discharge* pada Generator Unit 6 Week 1 menggunakan sistem InsulGard



Gambar 3. Grafik 3D Pola *Partial Discharge* Generator Unit 6 Week 1

Berdasarkan hasil monitoring *Partial Discharge* Week 1, sensor CC B menunjukkan aktivitas PD tertinggi dibanding sensor lainnya dengan nilai PDI Level sebesar 20,7 mW, Qmax sebesar 242 mV, dan *Pulse Count* sebesar 7355 PPS. Sedangkan sensor CC A dan CC C menunjukkan aktivitas PD yang lebih rendah dengan nilai PDI masing-masing sebesar 3,1 mW dan 2,2 mW. Grafik pola *Partial Discharge* menunjukkan bahwa titik sensor CC B memiliki pola discharge yang lebih dominan dibanding sensor lainnya. Hal tersebut terlihat dari sebaran magnitude PD yang cukup tinggi pada sudut fase tertentu. Selain itu, grafik 3D PD Pattern menunjukkan adanya konsentrasi pelepasan muatan listrik pada beberapa titik phase angle yang mengindikasikan adanya tekanan listrik pada sistem isolasi *winding* generator. Meskipun aktivitas *Partial Discharge* masih berada pada kategori LOW, nilai *Pulse Count* yang cukup tinggi pada sensor CC B menunjukkan adanya aktivitas pelepasan muatan listrik lokal secara berulang pada sistem isolasi generator. Kondisi tersebut dapat menjadi indikasi awal degradasi isolasi apabila terjadi secara terus-menerus selama generator beroperasi (Savira, 2025).

3.2 Operasional Generator dan *Partial Discharge* Week 2

Week 2 dilakukan monitoring lanjutan terhadap kondisi operasional generator dan aktivitas *Partial Discharge* pada Generator Unit 6 selama periode 08 Januari 2026 sampai 14 Januari 2026. Monitoring dilakukan untuk mengetahui perkembangan kondisi sistem isolasi generator berdasarkan perubahan nilai PDI Level, Qmax, dan *Pulse Count* pada setiap sensor generator dibandingkan hasil monitoring Week 1.

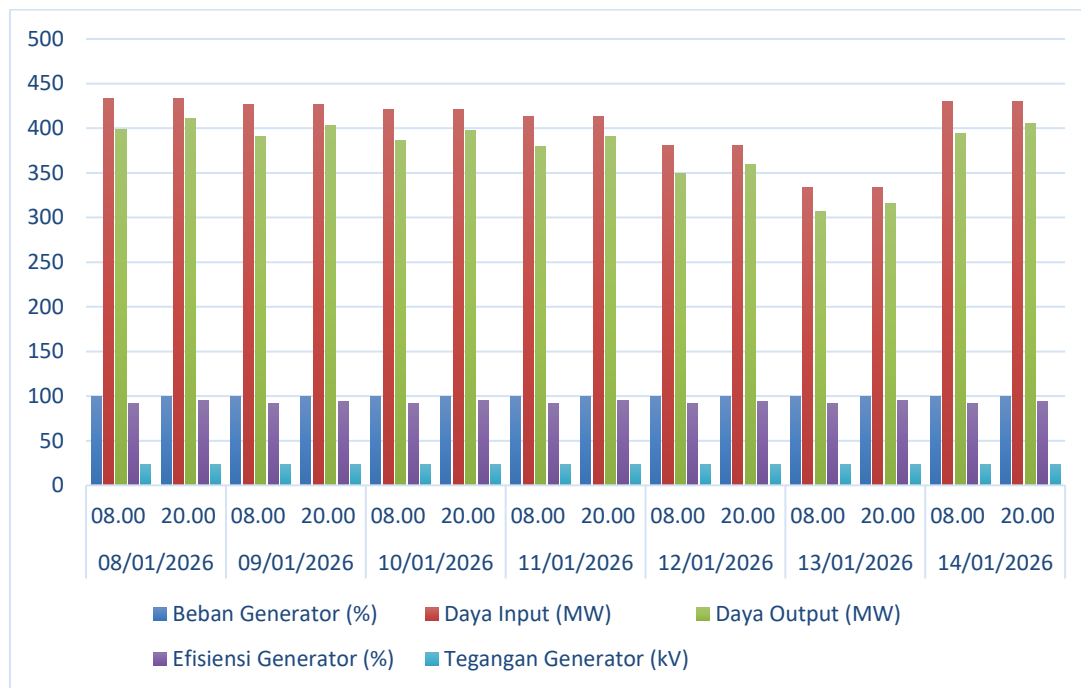
Monitoring *Partial Discharge*, dilakukan juga pengamatan terhadap parameter operasional generator yang meliputi daya output generator, efisiensi generator, tegangan generator, dan kondisi pendingin generator selama generator beroperasi pada beban penuh. Analisis dilakukan untuk

mengetahui hubungan antara aktivitas *Partial Discharge* terhadap kondisi performa generator selama periode *Week 2*.

Hasil monitoring *Week 2* disajikan dalam bentuk tabel, grafik, dan pola distribusi *Partial Discharge* untuk mempermudah proses analisis kondisi generator. Selanjutnya dilakukan pembahasan terhadap perubahan aktivitas *Partial Discharge* pada setiap sensor generator serta pengaruhnya terhadap efisiensi, daya tahan, dan stabilitas operasional generator dibandingkan *Week* sebelumnya.

Tabel 4. Tabel Operasional Generator Unit 6 *Week 2*

Tanggal	Waktu Operasional	Beban Generator (%)	Daya Input (MW)	Daya Output (MW)	Efisiensi Generator (%)	Tegangan Generator (kV)
08/01/2026	08.00	100	433,6586026	398,532	91,9	22,957
	20.00	100	433,6583665	410,488	94,6	23,647
09/01/2026	08.00	100	426,6425281	390,804	91,6	22,959
	20.00	100	426,6428541	402,529	94,3	23,649
10/01/2026	08.00	100	420,8577987	386,347	91,8	22,959
	20.00	100	420,8579225	397,938	94,5	23,648
11/01/2026	08.00	100	413,6546689	379,734	91,8	22,961
	20.00	100	413,6546312	391,127	94,5	23,651
12/01/2026	08.00	100	380,7251018	349,124	91,7	22,905
	20.00	100	380,7254555	359,599	94,4	23,593
13/01/2026	08.00	100	333,9476304	306,897	91,9	22,953
	20.00	100	333,9478327	316,105	94,6	23,642
14/01/2026	08.00	100	429,8265983	393,721	91,6	22,992
	20.00	100	429,8268114	405,533	94,3	23,683



Gambar 4. Grafik Operasional Generator Unit 6 Week 2

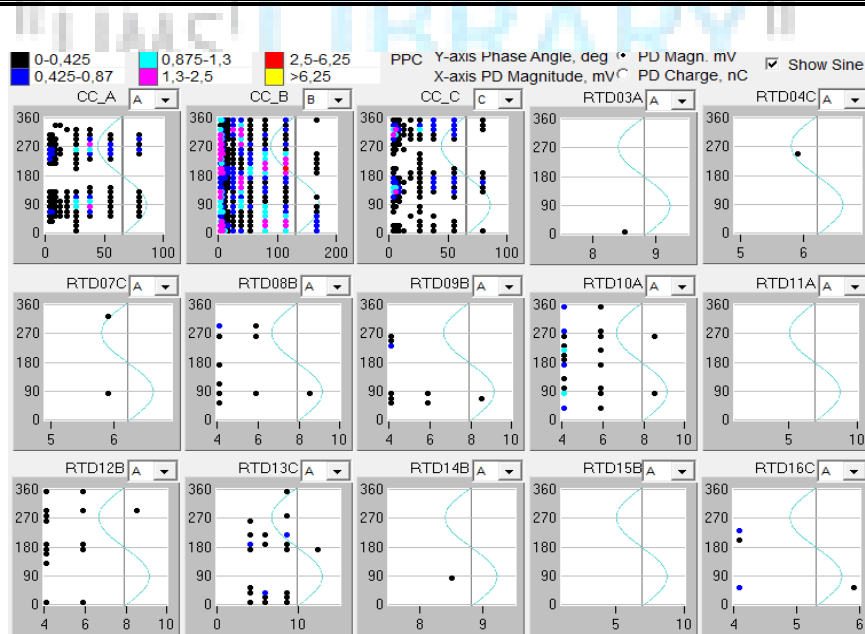
Hasil monitoring operasional Generator Unit 6 pada *Week 2* menunjukkan bahwa generator tetap beroperasi pada kondisi beban penuh sebesar 100% selama periode 08 Januari 2026 sampai 14 Januari 2026. Nilai daya input generator berada pada kisaran 333,94 MW sampai 433,65 MW, sedangkan daya output generator berada pada kisaran 306,89 MW sampai 410,48 MW. Nilai efisiensi generator berada pada rentang 91,6% sampai 94,657% dengan tegangan generator berada pada kisaran 22,90 kV sampai 23,68 kV.

Grafik operasional generator *Week 2* memperlihatkan bahwa performa generator mengalami peningkatan dibanding *Week* sebelumnya. Daya output tertinggi terjadi pada tanggal 08 Januari 2026 pukul 20.00 sebesar 410,488 MW dengan efisiensi sebesar 94,657%. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa generator mampu mempertahankan performa operasi yang baik saat bekerja pada pembebanan maksimum.

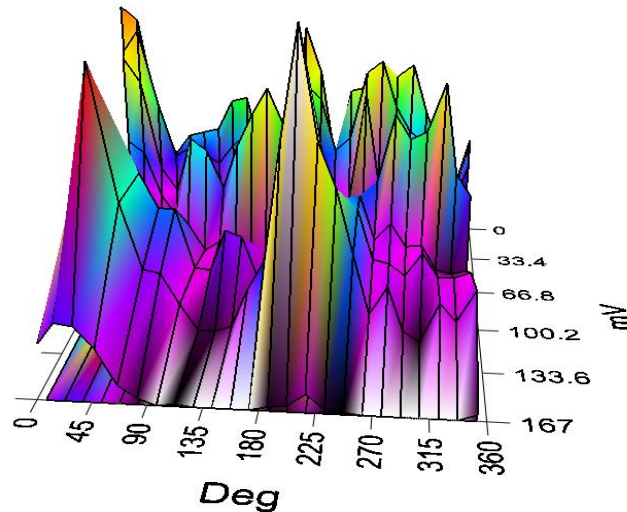
Perubahan daya generator terjadi pada tanggal 13 Januari 2026 ketika daya input menurun menjadi 333,94 MW dan daya output menjadi 306,89 MW. Meskipun terjadi penurunan daya, nilai efisiensi generator masih berada pada kondisi stabil sehingga performa generator tetap tergolong baik. Tegangan generator selama *Week 2* juga menunjukkan kondisi yang stabil tanpa adanya fluktuasi tegangan yang signifikan.

Tabel 5. Tabel *Partial Discharge* Generator Unit 6 Week 2

Generator	Tanggal Data	Pressure (kg/cm ²) & Purity H2 (%)		Point Sensor	PDI level (mW)	Qmax (mV)	Pulse Count (PPS)
SLA-6	08 Jan 2026 - 14 Jan 2026	4,96	94	CC A	2,3	113	1353
				CC B	15,9	238	6890
				CC C	1,8	109	1315
				RTD 3A	0	0	0
				RTD 4C	0	0	0
				RTD 7C	0	0	0
				RTD 8B	0	6	9
				RTD 9B	0	6	3
				RTD 10A	0	6	3
				RTD 11A	0	0	0
				RTD 12B	0	7	21
				RTD 13C	0,1	12	113
				RTD 14B	0	0	0
				RTD 15B	0	0	0
				RTD 16C	0	0	0



Gambar 5. Hasil monitoring pola *Partial Discharge* pada Generator Unit 6 Week 2 menggunakan sistem InsulGard



Gambar 6. Grafik 3D Pola *Partial Discharge* Generator Unit 6 Week 2

Hasil monitoring *Partial Discharge* Week 2 menunjukkan bahwa sensor CC B masih menjadi titik dengan aktivitas PD tertinggi dengan nilai PDI sebesar 15,9 mW, Qmax sebesar 238 mV, dan *Pulse Count* sebesar 6890 PPS. Nilai tersebut mengalami penurunan dibanding Week 1 sehingga menunjukkan kondisi isolasi generator relatif lebih stabil.

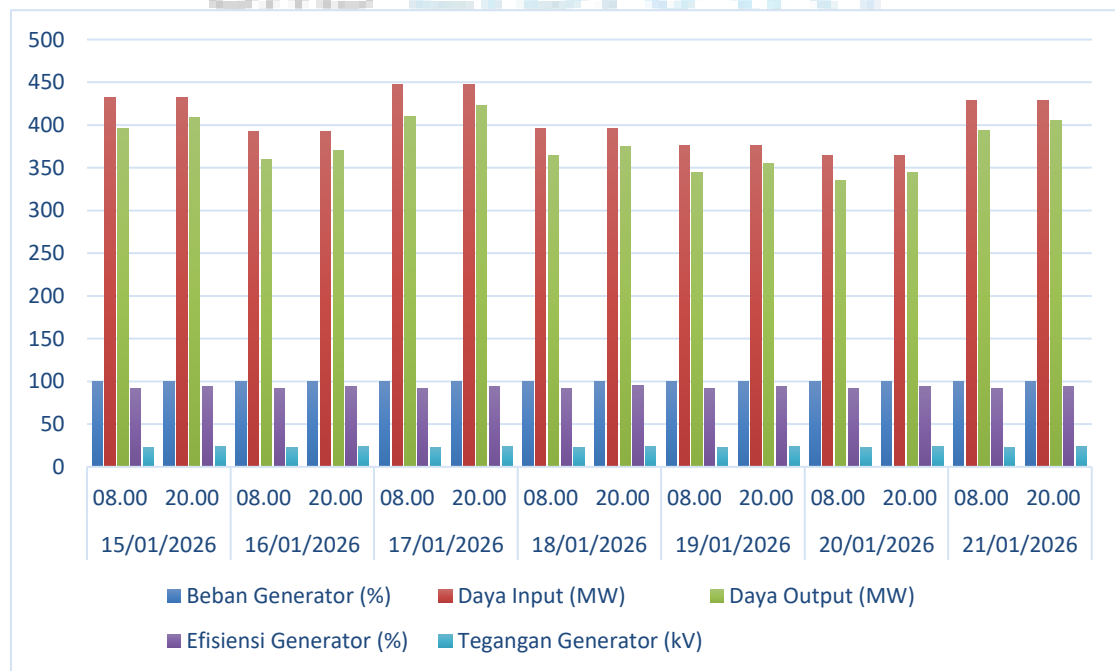
Grafik pola discharge menunjukkan bahwa aktivitas PD masih terkonsentrasi pada sensor CC B, namun intensitas pelepasan muatan listrik lebih rendah dibanding Week 1. Selain itu, sebagian besar sensor RTD menunjukkan nilai PD mendekati nol sehingga kondisi isolasi pada area tersebut masih dalam kondisi baik. Secara keseluruhan, aktivitas *Partial Discharge* pada Week 2 masih berada dalam kategori aman, namun monitoring tetap diperlukan karena adanya aktivitas discharge berulang pada sensor CC B yang dapat mempengaruhi umur isolasi generator dalam jangka panjang.

3.3 Operasional Generator dan *Partial Discharge* Week 3

Week 3 dilakukan monitoring kondisi operasional generator dan aktivitas *Partial Discharge* pada Generator Unit 6 selama periode 15 Januari 2026 sampai 21 Januari 2026. Monitoring dilakukan untuk mengetahui perubahan tingkat aktivitas *Partial Discharge* pada sistem isolasi generator berdasarkan nilai PDI Level, Qmax, dan *Pulse Count* pada masing-masing sensor generator. Selain data *Partial Discharge*, dilakukan juga pengamatan terhadap parameter operasional generator seperti daya output generator, efisiensi generator, tegangan generator, dan kondisi pendinginan generator selama generator beroperasi pada beban penuh. Data tersebut digunakan untuk menganalisis pengaruh aktivitas *Partial Discharge* terhadap kondisi operasi dan performa generator selama Week 3.

Tabel 6. Tabel Operasional Generator Unit 6 Week 3

Tanggal	Waktu	Beban Generator (%)	Daya Input (MW)	Daya Output (MW)	Efisiensi Generator (%)	Tegangan Generator (kV)
15/01/2026	08.00	100	431,8233925	396,413	91,8	22,985
	20.00	100	431,8230852	408,306	94,5	23,675
16/01/2026	08.00	100	391,9469145	359,807	91,8	22,986
	20.00	100	391,9464010	370,601	94,5	23,676
17/01/2026	08.00	100	447,2120384	410,093	91,7	22,982
	20.00	100	447,2117818	422,396	94,4	23,672
18/01/2026	08.00	100	396,0638513	363,982	91,9	23,011
	20.00	100	396,0636826	374,902	94,6	23,702
19/01/2026	08.00	100	376,0016135	344,417	91,6	22,989
	20.00	100	376,0016111	354,750	94,3	23,679
20/01/2026	08.00	100	364,7510152	334,841	91,8	22,975
	20.00	100	364,7513590	344,887	94,5	23,665
21/01/2026	08.00	100	428,8283807	393,664	91,8	22,976
	20.00	100	428,8279713	405,474	94,5	23,666



Gambar 7. Grafik Operasional Generator Unit 6 Week 3

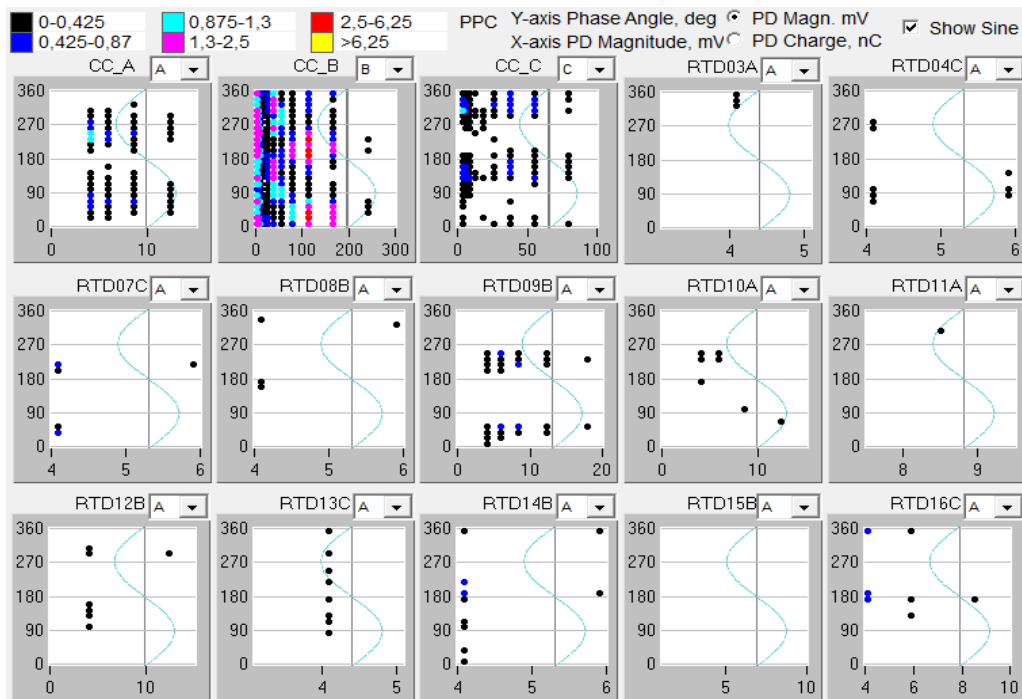
Monitoring operasional Generator Unit 6 pada *Week 3* menunjukkan bahwa generator masih beroperasi secara normal pada beban penuh sebesar 100% selama periode 15 Januari 2026 sampai 21 Januari 2026. Nilai daya input generator berada pada kisaran 364,75 MW sampai 447,21 MW, sedangkan daya output generator berada pada kisaran 334,84 MW sampai 422,39 MW. Efisiensi generator berada pada rentang 91,6% sampai 94,657% dengan tegangan generator berada pada kisaran 22,97 kV sampai 23,70 kV.

Grafik operasional generator *Week 3* menunjukkan adanya peningkatan daya output generator dibandingkan *Week* sebelumnya. Nilai daya output tertinggi terjadi pada tanggal 17 Januari 2026 pukul 20.00 sebesar 422,396 MW yang menjadi nilai tertinggi selama periode monitoring *Week 1* sampai *Week 3*. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa generator bekerja pada kondisi pembebanan tinggi dengan performa operasi yang masih stabil.

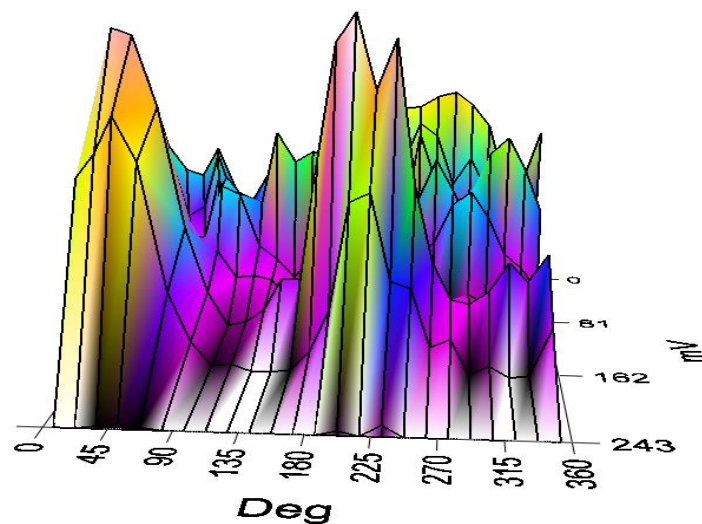
Efisiensi generator selama *Week 3* masih menunjukkan kondisi yang stabil meskipun aktivitas operasional generator mengalami peningkatan. Stabilitas tegangan generator selama *Week 3* juga menunjukkan bahwa sistem eksitasi generator masih mampu menjaga kestabilan operasi generator dengan baik selama proses pembebanan berlangsung.

Tabel 7. Tabel *Partial Discharge* Generator Unit 6 *Week 3*

Generator	Tanggal Data	Pressure (kg/cm ²) & Purity H ₂ (%)		Point Sensor	PDI level (mW)	Qmax (mV)	Pulse Count (PPS)
SLA-6	15 Jan 2026 - 21 Jan 2026	4,96	95,108	CC A	4,2	162	1975
				CC B	22,8	253	7667
				CC C	1,2	96	888
				RTD 3A	0	0	0
				RTD 4C	0	0	0
				RTD 7C	0	0	0
				RTD 8B	0	6	9
				RTD 9B	0,2	17	212
				RTD 10A	0	5	8
				RTD 11A	0	0	0
				RTD 12B	0	0	0
				RTD 13C	0	6	0
				RTD 14B	0	0	0
				RTD 15B	0	0	0
				RTD 16C	0	0	0



Gambar 8. Hasil monitoring pola *Partial Discharge* pada Generator Unit 6 Week 3 menggunakan sistem InsulGard



Gambar 9. Grafik 3D Pola *Partial Discharge* Generator Unit 6 Week 3

Berdasarkan hasil monitoring *Partial Discharge* Week 3, sensor CC B kembali menunjukkan aktivitas PD tertinggi dengan nilai PDI sebesar 22,8 mW, Qmax sebesar 253 mV, dan *Pulse Count* sebesar 7667 PPS. Nilai tersebut merupakan aktivitas PD tertinggi selama periode Week 1 sampai Week 3. Grafik pola discharge menunjukkan adanya peningkatan sebaran magnitude PD pada sensor CC B dibanding

Week sebelumnya. Pola discharge terlihat lebih dominan pada beberapa phase angle sehingga menunjukkan adanya peningkatan tekanan listrik pada sistem isolasi *winding* generator. Kenaikan nilai *Pulse Count* dan *Qmax* menunjukkan bahwa aktivitas pelepasan muatan listrik terjadi lebih intensif dibanding Week sebelumnya. Kondisi tersebut dapat menjadi indikasi awal degradasi isolasi generator apabila tidak dilakukan monitoring dan preventive maintenance secara berkala

3.4 Operasional Generator dan *Partial Discharge* Week 4

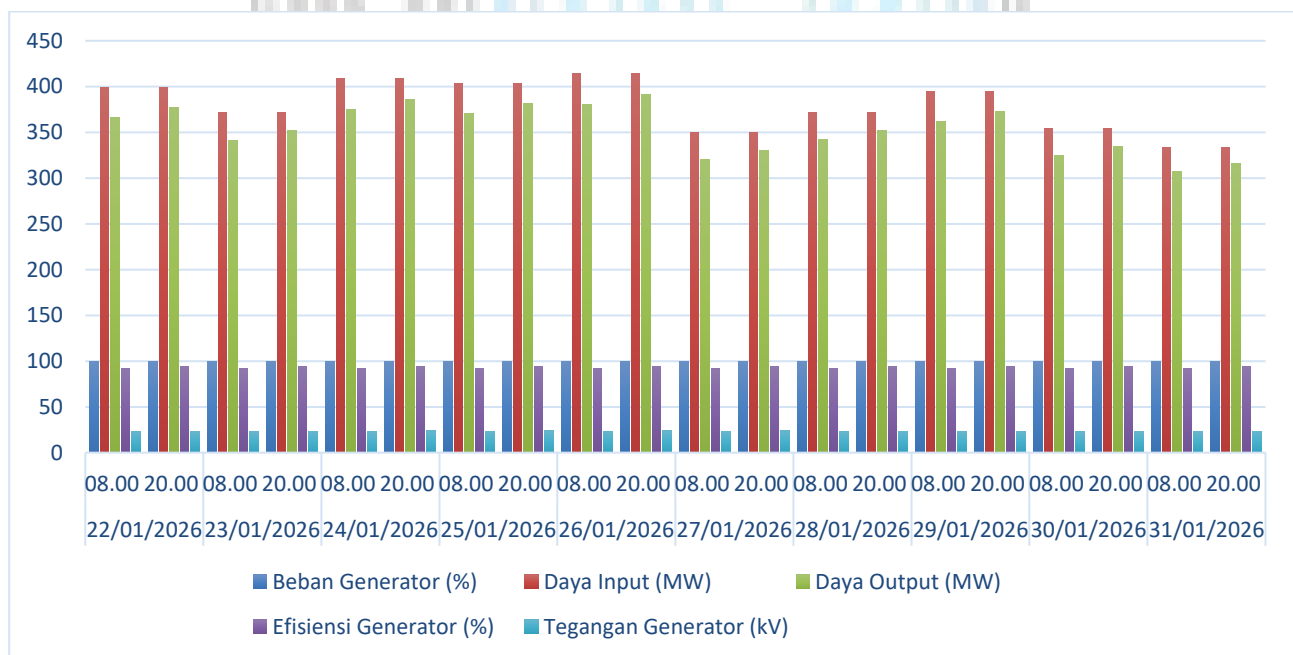
Week 4 merupakan tahap akhir monitoring kondisi Generator Unit 6 pada periode penelitian Januari 2026. Pada tahap ini dilakukan evaluasi terhadap perkembangan aktivitas *Partial Discharge* yang terjadi pada sistem isolasi generator setelah dilakukan pengamatan secara bertahap dari Week 1 sampai Week 3. Monitoring dilakukan selama periode 22 Januari 2026 sampai 31 Januari 2026 menggunakan data operasional generator dan sistem monitoring *Partial Discharge* online. Analisis pada Week 4 difokuskan untuk melihat kecenderungan perubahan aktivitas *Partial Discharge* pada masing-masing sensor generator, terutama pada sensor yang sebelumnya menunjukkan aktivitas discharge dominan. Selain itu, dilakukan evaluasi terhadap kondisi pendinginan generator, kestabilan tegangan, efisiensi generator, serta kontinuitas operasi generator selama periode pengamatan berlangsung.

Data hasil monitoring disajikan dalam bentuk tabel operasional generator, tabel *Partial Discharge*, grafik operasional, pola distribusi discharge, serta visualisasi grafik 3D *Partial Discharge*. Penyajian data tersebut digunakan untuk mempermudah proses identifikasi pola discharge dan mengetahui kemungkinan adanya peningkatan tekanan listrik pada sistem isolasi generator.

Tabel 8. Tabel Operasional Generator Unit 6 Week 4

Tanggal	Waktu Operasional	Beban Generator (%)	Daya Input (MW)	Daya Output (MW)	Efisiensi Generator (%)	Tegangan Generator (kV)
22/01/2026	08.00	100	399,0266350	365,907	91,7	22,956
	20.00	100	399,0270087	376,885	94,4	23,646
23/01/2026	08.00	100	371,6780075	341,572	91,9	22,955
	20.00	100	371,6777417	351,819	94,6	23,645
24/01/2026	08.00	100	408,7751602	374,438	91,6	22,977
	20.00	100	408,7749608	385,671	94,3	23,667
25/01/2026	08.00	100	403,1485555	370,090	91,8	23,007
	20.00	100	403,1484654	381,193	94,5	23,690
26/01/2026	08.00	100	414,0436059	380,092	91,8	23,004

	20.00	100	414,0438268	391,495	94,5	23,694
27/01/2026	08.00	100	349,4209011	320,418	91,7	22,980
	20.00	100	349,4213931	330,032	94,4	23,670
28/01/2026	08.00	100	371,8671919	341,745	91,9	22,943
	20.00	100	371,8668456	351,998	94,6	23,632
29/01/2026	08.00	100	394,6024723	361,455	91,6	22,953
	20.00	100	394,6029593	372,300	94,3	23,642
30/01/2026	08.00	100	354,0475488	325,015	91,8	22,960
	20.00	100	354,0474226	334,766	94,5	23,650
31/01/2026	08.00	100	333,9476304	306,897	91,9	22,953
	20.00	100	333,9478327	316,105	94,6	23,642



Gambar 10. Grafik Operasional Generator Unit 6 Week 4

Hasil monitoring operasional Generator Unit 6 pada *Week 4* menunjukkan bahwa generator tetap beroperasi pada kondisi beban penuh sebesar 100% selama periode 22 Januari 2026 sampai 31 Januari 2026. Nilai daya input generator berada pada kisaran 333,94 MW sampai 414,04 MW, sedangkan daya output generator berada pada kisaran 306,89 MW sampai 391,49 MW. Nilai efisiensi generator berada pada rentang 91,6% sampai 94,657% dengan tegangan generator berada pada kisaran 22,94 kV sampai 23,69 kV.

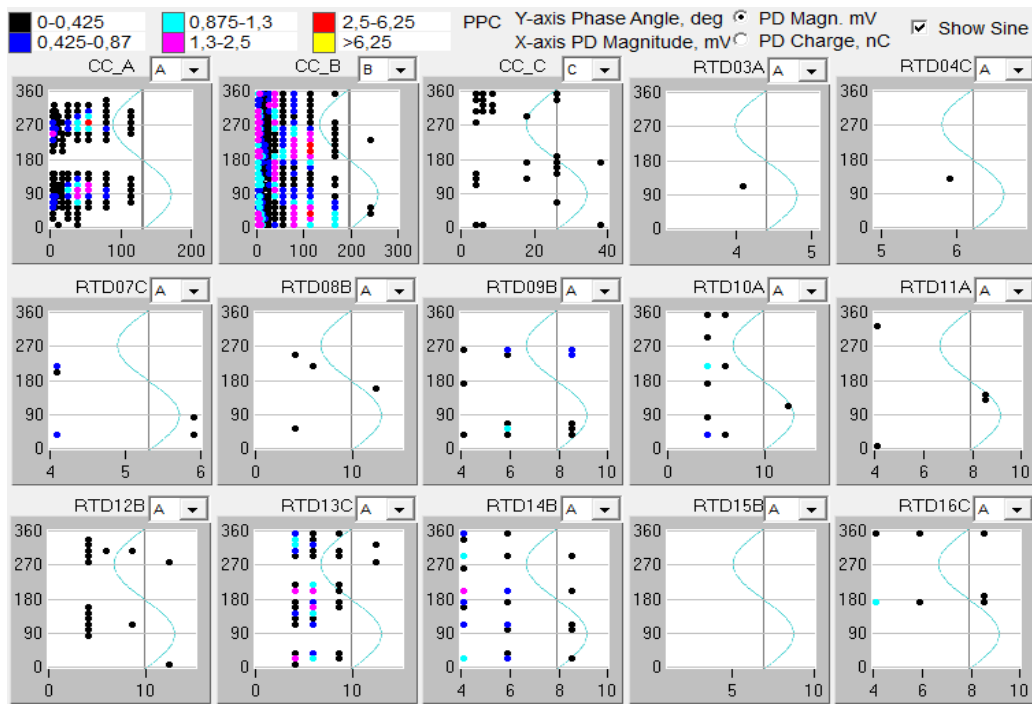
Grafik operasional generator *Week 4* menunjukkan bahwa kondisi operasional generator masih relatif stabil meskipun terjadi fluktuasi daya input dan daya output pada beberapa waktu operasi. Nilai

daya output tertinggi terjadi pada tanggal 26 Januari 2026 pukul 20.00 sebesar 391,495 MW dengan efisiensi generator sebesar 94,554%.

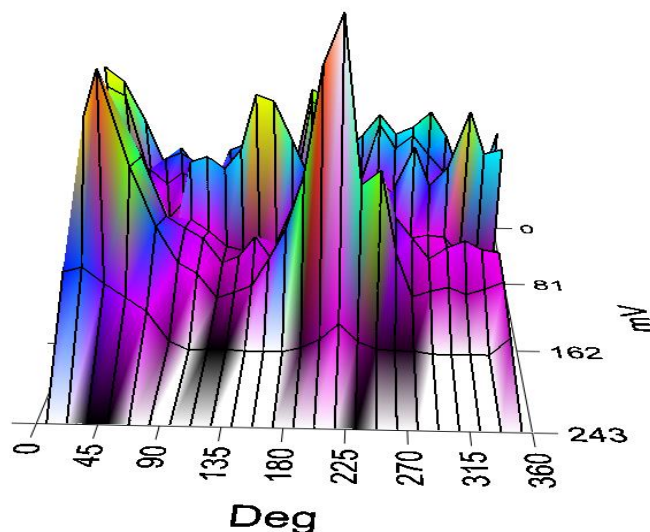
Kondisi tegangan generator selama *Week 4* masih menunjukkan kestabilan sehingga sistem eksitasi generator masih mampu menjaga kestabilan tegangan generator selama proses operasi berlangsung. Nilai efisiensi generator juga masih berada pada kondisi stabil sehingga performa operasional generator selama *Week 4* masih tergolong baik.

Tabel 9. Tabel *Partial Discharge* Generator Unit 6 *Week 4*

Generator	Tanggal Data	Pressure (kg/cm ²) & Purity H ₂ (%)		Point Sensor	PDI level (mW)	Qmax (mV)	Pulse Count (PPS)
SLA-6	22 Jan 2026 - 31 Jan 2026	4,97	90,67	CC A	4	161	2028
				CC B	20	241	7816
				CC C	0	31	36
				RTD 3A	0	0	0
				RTD 4C	0	0	0
				RTD 7C	0	0	0
				RTD 8B	0	6	9
				RTD 9B	0,2	12	184
				RTD 10A	0	6	12
				RTD 11A	0	0	0
				RTD 12B	0	0	0
				RTD 13C	0,5	12	506
				RTD 14B	0,1	10	124
				RTD 15B	0	0	0
				RTD 16C	0	0	0



Gambar 11. Hasil monitoring pola *Partial Discharge* pada Generator Unit 6 Week 4 menggunakan sistem InsulGard



Gambar 12. Grafik 3D Pola *Partial Discharge* Generator Unit 6 Week 4

Hasil monitoring *Partial Discharge* Week 4 menunjukkan bahwa sensor CC B masih memiliki aktivitas PD tertinggi dengan nilai PDI sebesar 20 mW, Qmax sebesar 241 mV, dan *Pulse Count* sebesar 7816 PPS. Nilai *Pulse Count* tersebut merupakan nilai tertinggi selama periode pengamatan Week 1 sampai Week 4. Selain itu, nilai purity H2 pada Week 4 mengalami penurunan menjadi 90,67%, lebih rendah dibanding Week sebelumnya. Penurunan purity H2 dapat mempengaruhi efektivitas

sistem pendinginan generator sehingga berpotensi meningkatkan temperatur dan aktivitas *Partial Discharge* pada sistem isolasi generator.

Grafik pola discharge menunjukkan bahwa aktivitas PD masih dominan pada sensor CC B dengan pola discharge yang lebih rapat dibanding *Week* sebelumnya. Kondisi tersebut menunjukkan adanya aktivitas pelepasan muatan listrik lokal secara terus-menerus pada *winding* generator sehingga perlu dilakukan evaluasi dan monitoring lanjutan untuk mencegah degradasi isolasi yang lebih serius.

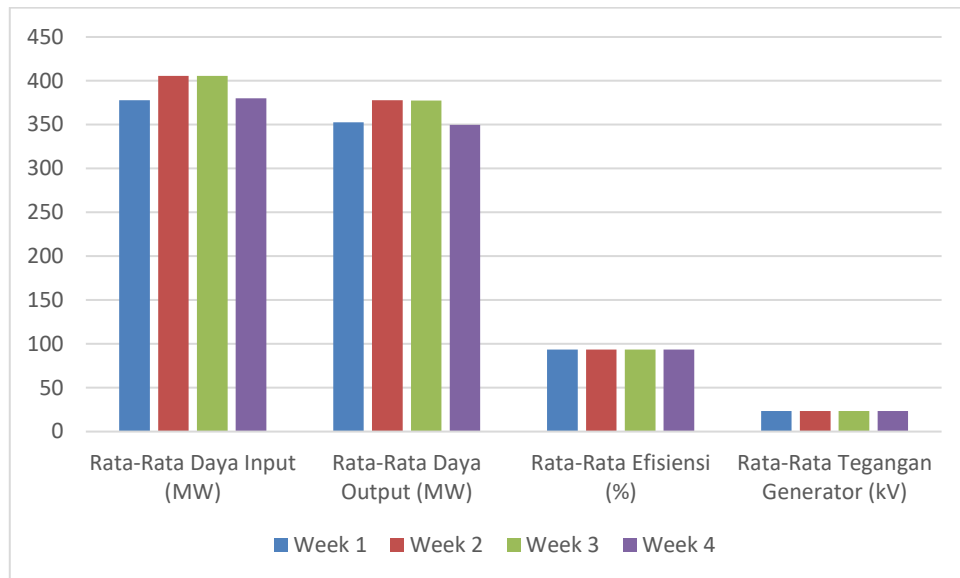
3.5 Analisis Perbandingan Operasional dan *Partial Discharge* 4 Week

bagian ini dilakukan analisis rata-rata *Week* berdasarkan data operasional generator dan data *Partial Discharge* selama periode *Week* 1 sampai *Week* 4 pada Generator Unit 6. Analisis rata-rata *Week* dilakukan untuk mengetahui perkembangan kondisi operasional generator serta perubahan aktivitas *Partial Discharge* selama periode penelitian. Parameter operasional generator yang dianalisis meliputi daya input, daya output, efisiensi generator, dan tegangan generator. Sedangkan parameter *Partial Discharge* yang dianalisis meliputi nilai PDI Level, Qmax, dan Pulse Count. Data tersebut disajikan dalam bentuk tabel dan grafik untuk mempermudah proses identifikasi perubahan kondisi generator selama periode monitoring.

Analisis rata-rata *Week* digunakan untuk mengetahui hubungan antara aktivitas *Partial Discharge* terhadap performa generator secara keseluruhan, terutama terhadap efisiensi, daya tahan, dan stabilitas operasional generator selama generator beroperasi pada beban penuh.

Tabel 10. Tabel Rata-Rata per *Week* Operasional Generator Unit 6

Week	Rata-Rata Daya Input (MW)	Rata-Rata Daya Output (MW)	Rata-Rata Efisiensi (%)	Rata-Rata Tegangan Generator (kV)
Week 1	377,97	352,63	93,43	23,29
Week 2	405,61	377,92	93,43	23,28
Week 3	405,52	377,35	93,43	23,29
Week 4	380,06	349,86	93,48	23,28



Gambar 13. Grafik Rata-Rata per Week Operasional Generator Unit 6

Berdasarkan Tabel dan Grafik Rata-Rata Operasional Generator Unit 6, kondisi operasional generator selama periode *Week 1* sampai *Week 4* menunjukkan performa yang relatif stabil. Nilai rata-rata daya input generator berada pada kisaran 377,97 MW sampai 405,61 MW, sedangkan rata-rata daya output generator berada pada kisaran 349,86 MW sampai 377,92 MW. Nilai daya output tertinggi terjadi pada *Week 3* sebesar 376,68 MW yang menunjukkan bahwa generator mampu bekerja secara optimal pada kondisi pembebanan tinggi.

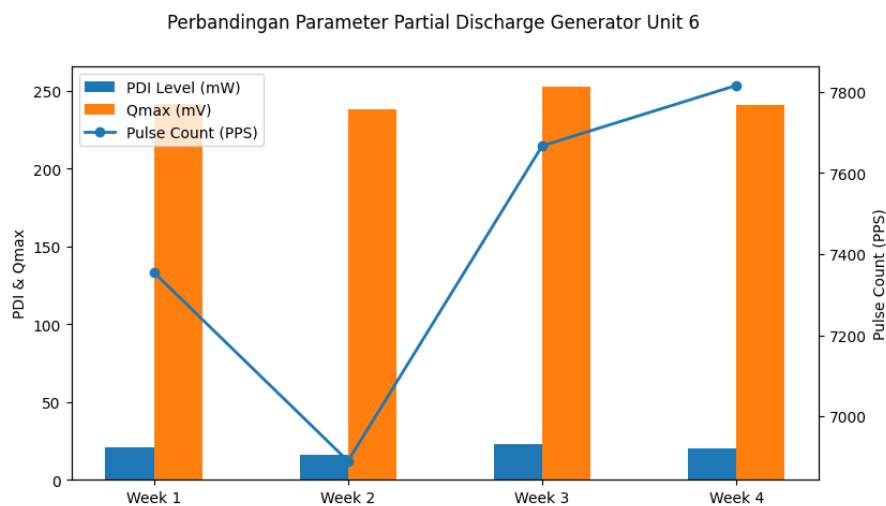
Grafik rata-rata operasional generator memperlihatkan bahwa perubahan daya input dan daya output generator pada setiap *week* tidak mengalami fluktuasi yang signifikan. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa sistem pembebanan generator selama periode penelitian masih berada pada kondisi stabil. Selain itu, nilai efisiensi generator juga menunjukkan hasil yang relatif konstan dengan rata-rata sebesar 93,43% pada setiap *week*. Stabilitas efisiensi tersebut menunjukkan bahwa proses konversi energi mekanik menjadi energi listrik pada generator masih berlangsung dengan baik dan rugi-rugi daya generator masih berada dalam batas normal.

Rata-rata tegangan generator selama periode monitoring berada pada kisaran 23,28 kV sampai 23,29 kV. Nilai tersebut masih sesuai dengan spesifikasi operasional Generator Unit 6 yang menggunakan sistem tegangan 23 kV. Stabilitas tegangan generator menunjukkan bahwa sistem eksitasi generator masih mampu menjaga kestabilan tegangan selama generator beroperasi pada beban penuh. Secara keseluruhan, hasil rata-rata operasional generator menunjukkan bahwa kondisi Generator Unit 6 masih berada pada kondisi operasi yang aman dan stabil selama periode penelitian berlangsung. Meskipun aktivitas Partial Discharge masih terdeteksi pada beberapa sensor generator, performa operasional generator belum menunjukkan penurunan yang signifikan terhadap efisiensi maupun kestabilan operasi generator. Namun demikian, aktivitas Partial Discharge yang terjadi secara

terus-menerus tetap perlu dimonitor karena berpotensi menyebabkan degradasi isolasi generator dalam jangka Panjang (Armedia et al., 2025).

Tabel 11. Tabel Rata-Rata *Week Partial Discharge* Generator Unit 6

Week	PDI Level (mW)	Qmax (mV)	Pulse Count (PPS)
Week 1	20,7	242	7355
Week 2	15,9	238	6890
Week 3	22,8	253	7667
Week 4	20	241	7816



Gambar 14. Grafik Rata-Rata *Week Partial Discharge* Generator Unit 6

Berdasarkan tabel rata-rata *Week Partial Discharge*, diperoleh bahwa nilai PDI Level tertinggi terjadi pada *Week 3* sebesar 22,8 mW, sedangkan nilai terendah terjadi pada *Week 2* sebesar 15,9 mW. Nilai Qmax tertinggi juga terjadi pada *Week 3* sebesar 253 mV. Sementara itu, nilai *Pulse Count* tertinggi terjadi pada *Week 4* sebesar 7816 PPS. Grafik *Partial Discharge* menunjukkan adanya fluktuasi aktivitas discharge selama periode monitoring *Week 1* sampai *Week 4*. Pada *Week 2* terjadi penurunan nilai PDI Level dan *Pulse Count* dibanding *Week 1*, namun pada *Week 3* dan *Week 4* aktivitas discharge kembali meningkat.

Kondisi tersebut menunjukkan bahwa pelepasan muatan listrik lokal pada sistem isolasi generator masih terjadi secara berulang selama generator beroperasi. Selain itu, grafik juga menunjukkan bahwa peningkatan nilai *Pulse Count* diikuti dengan kenaikan nilai PDI Level dan Qmax pada beberapa *Week* pengamatan. Hal tersebut menunjukkan adanya hubungan antara intensitas pelepasan muatan listrik dengan magnitude *Partial Discharge* pada sistem isolasi generator. Meskipun aktivitas *Partial Discharge* masih berada pada kategori LOW, peningkatan nilai *Pulse Count* dan Qmax menunjukkan adanya indikasi awal degradasi isolasi generator (Setiawan, 2023). Aktivitas discharge yang

berlangsung secara terus-menerus dapat menyebabkan kerusakan mikro pada material isolasi sehingga berpotensi mempengaruhi efisiensi, daya tahan, dan stabilitas operasional generator dalam jangka panjang. Oleh karena itu, monitoring *Partial Discharge* secara berkala sangat penting untuk mendeteksi kondisi isolasi generator sejak dini sehingga tindakan preventive maintenance dapat dilakukan sebelum terjadi kerusakan yang lebih serius pada generator.

3.6 Analisis Pengaruh *Partial Discharge* terhadap Efisiensi Generator

Hasil monitoring operasional dan pengujian *Partial Discharge* pada Generator Unit 6 selama periode *Week 1* sampai *Week 4* menunjukkan bahwa aktivitas *Partial Discharge* memiliki pengaruh terhadap performa efisiensi generator. Berdasarkan hasil pengamatan, nilai PDI Level mengalami fluktuasi pada setiap *week* dengan nilai tertinggi terjadi pada *Week 3* sebesar 22,8 mW, sedangkan nilai terendah terjadi pada *Week 2* sebesar 15,9 mW. Selain itu, nilai *Qmax* dan *Pulse Count* juga menunjukkan peningkatan pada beberapa periode operasi generator.

Aktivitas *Partial Discharge* yang meningkat menunjukkan adanya pelepasan muatan listrik lokal pada sistem isolasi *winding* generator. Kondisi tersebut dapat menyebabkan terjadinya rugi-rugi daya tambahan pada generator akibat degradasi isolasi secara bertahap. Semakin tinggi aktivitas *Partial Discharge*, maka semakin besar kemungkinan terjadinya peningkatan temperatur lokal pada *winding* generator yang dapat mempengaruhi efisiensi konversi energi listrik generator (Wibowo et al., 2024).

Berdasarkan hasil rata-rata operasional generator, nilai efisiensi generator selama periode penelitian masih berada pada kisaran 93,43%. Nilai tersebut menunjukkan bahwa performa generator masih tergolong baik meskipun aktivitas *Partial Discharge* masih terdeteksi pada beberapa sensor generator. Namun demikian, peningkatan aktivitas discharge pada *Week 3* menunjukkan adanya indikasi tekanan listrik pada sistem isolasi generator yang berpotensi menimbulkan rugi-rugi daya lebih besar apabila terjadi secara terus-menerus dalam jangka panjang.

Hubungan antara aktivitas *Partial Discharge* dan efisiensi generator dapat dilihat dari perubahan nilai daya output generator selama periode monitoring berlangsung. Pada *Week 3*, ketika aktivitas discharge mengalami peningkatan, generator tetap mampu menghasilkan daya output tinggi sebesar 376,68 MW. Akan tetapi, peningkatan aktivitas discharge tersebut tetap perlu menjadi perhatian karena dapat mempercepat penurunan kualitas isolasi generator dan mempengaruhi efisiensi generator pada jangka waktu operasional yang lebih Panjang (Ramadhan, 2025).

Secara keseluruhan, aktivitas *Partial Discharge* pada Generator Unit 6 selama periode penelitian belum memberikan pengaruh signifikan terhadap efisiensi generator. Meskipun demikian, monitoring berkala tetap diperlukan untuk mencegah peningkatan aktivitas discharge yang dapat menurunkan performa generator di masa mendatang.

3.7 Analisis Pengaruh *Partial Discharge* terhadap Daya Tahan Generator

Aktivitas *Partial Discharge* yang terjadi secara terus-menerus pada sistem isolasi generator dapat mempengaruhi daya tahan atau umur operasi generator. Hasil monitoring selama periode *Week 1* sampai *Week 4* menunjukkan bahwa aktivitas *Partial Discharge* masih berada pada kategori *Low* hingga *Medium* berdasarkan nilai PDI Level dan *Pulse Count* yang terdeteksi pada sistem monitoring generator.

Nilai *Pulse Count* tertinggi terjadi pada *Week 4* sebesar 7816 PPS dengan nilai Q_{max} sebesar 241 mV. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa frekuensi pelepasan muatan listrik pada *winding* generator masih cukup tinggi meskipun nilai PDI Level masih berada pada kategori rendah. Aktivitas discharge yang terjadi secara berulang dapat menyebabkan degradasi bertahap pada material isolasi generator akibat tekanan listrik dan panas lokal yang muncul selama generator beroperasi.

Kondisi daya tahan generator juga dipengaruhi oleh sistem pendinginan generator. Hasil monitoring menunjukkan bahwa nilai *purity H2* pada *Week 4* mengalami penurunan dibanding *week* sebelumnya. Penurunan kualitas pendinginan generator dapat meningkatkan temperatur *winding* generator sehingga mempercepat proses penuaan isolasi akibat aktivitas *Partial Discharge*. Performa operasional generator selama penelitian masih tergolong stabil, aktivitas *Partial Discharge* yang terus muncul pada sensor CC B dan beberapa sensor RTD menunjukkan adanya indikasi awal degradasi isolasi generator (Refikhanata, 2024). Apabila kondisi tersebut tidak dilakukan monitoring dan pemeliharaan secara berkala, maka dapat memperpendek umur operasi generator dan meningkatkan risiko terjadinya gangguan sistem tenaga listrik.

Berdasarkan hasil analisis tersebut dapat diketahui bahwa aktivitas *Partial Discharge* memiliki hubungan terhadap daya tahan generator, khususnya pada kualitas isolasi *winding* generator. Semakin tinggi aktivitas discharge yang terjadi, maka semakin besar potensi penurunan umur isolasi generator dalam jangka panjang.

3.8 Analisis Pengaruh *Partial Discharge* terhadap Stabilitas Operasional Generator

Stabilitas operasional generator merupakan salah satu parameter penting dalam menjaga kontinuitas sistem pembangkit tenaga listrik. Berdasarkan hasil monitoring operasional Generator Unit 6 selama periode penelitian, generator masih menunjukkan kondisi operasi yang stabil meskipun aktivitas *Partial Discharge* masih terdeteksi pada beberapa sensor generator.

Nilai daya input dan daya output generator selama *Week 1* sampai *Week 4* menunjukkan perubahan yang relatif stabil tanpa adanya fluktuasi yang signifikan. Rata-rata daya input generator berada pada kisaran 377,97 MW sampai 405,61 MW, sedangkan daya output generator berada pada kisaran 349,86 MW sampai 377,92 MW. Selain itu, nilai efisiensi generator juga tetap berada pada kisaran 93,43% selama periode penelitian berlangsung.

Kondisi tegangan generator selama proses monitoring juga menunjukkan kestabilan pada kisaran 23,28 kV sampai 23,29 kV. Stabilitas tegangan tersebut menunjukkan bahwa sistem eksitasi generator masih bekerja dengan baik meskipun terdapat aktivitas *Partial Discharge* pada sistem isolasi generator.

Aktivitas discharge yang meningkat pada *Week 3* dan *Week 4* belum memberikan pengaruh signifikan terhadap kestabilan operasional generator. Namun demikian, peningkatan nilai *Pulse Count* dan *Qmax* menunjukkan bahwa terdapat aktivitas pelepasan muatan listrik yang cukup aktif pada *winding* generator. Apabila aktivitas discharge tersebut terus meningkat, maka dapat menyebabkan gangguan isolasi yang berpotensi menimbulkan gangguan operasi generator seperti penurunan tegangan, peningkatan rugi-rugi daya, hingga gangguan trip generator (Destryana & Aribowo, 2025).

Hasil penelitian menunjukkan bahwa kondisi operasional Generator Unit 6 selama periode penelitian masih berada pada kondisi stabil dan aman untuk beroperasi. Aktivitas *Partial Discharge* yang terjadi masih berada pada batas aman sehingga belum mempengaruhi kestabilan operasi generator secara signifikan.

4. PENUTUP

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan mengenai analisis *Partial Discharge* terhadap performa Generator Unit 6 selama periode *Week 1* sampai *Week 4*, dapat disimpulkan bahwa kondisi operasional generator masih berada pada kondisi stabil dan aman selama proses monitoring berlangsung. Hasil analisis operasional generator menunjukkan bahwa rata-rata daya input generator berada pada kisaran 377,97 MW sampai 405,61 MW, sedangkan rata-rata daya output generator berada pada kisaran 349,86 MW sampai 377,92 MW dengan nilai efisiensi rata-rata sebesar 93,43%. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa generator masih mampu bekerja secara optimal dalam mendukung sistem pembangkit tenaga listrik, Beban generator sebesar 100% menunjukkan bahwa Generator Unit 6 beroperasi pada kondisi *full load* atau kondisi operasi normal penuh selama proses monitoring berlangsung. Meskipun daya output generator mengalami fluktuasi, kondisi tersebut dipengaruhi oleh kebutuhan beban sistem tenaga listrik dan pengaturan operasi pembangkit. Kondisi operasi pada beban penuh digunakan untuk mengetahui performa generator dan aktivitas *Partial Discharge* pada kondisi operasi normal generator..

Hasil monitoring *Partial Discharge* menunjukkan bahwa nilai PDI Level berada pada kisaran 15,9 mW sampai 22,8 mW, nilai *Qmax* berada pada kisaran 238 mV sampai 253 mV, serta nilai *Pulse Count* berada pada kisaran 6890 PPS sampai 7816 PPS. Berdasarkan kategori tingkat aktivitas *Partial Discharge*, kondisi tersebut masih termasuk dalam kategori *Low* hingga *Medium*, sehingga sistem isolasi generator masih tergolong baik dan belum menunjukkan indikasi kerusakan serius pada *winding* generator.

Aktivitas *Partial Discharge* yang terdeteksi pada beberapa sensor generator menunjukkan adanya pelepasan muatan listrik lokal pada sistem isolasi generator. Meskipun aktivitas discharge tersebut belum memberikan pengaruh signifikan terhadap efisiensi, daya tahan, maupun stabilitas operasional generator selama periode penelitian berlangsung, peningkatan aktivitas discharge secara terus-menerus tetap berpotensi menyebabkan degradasi isolasi generator dalam jangka Panjang.

Stabilitas operasional generator selama penelitian juga menunjukkan kondisi yang baik. Nilai tegangan generator tetap berada pada kondisi stabil pada kisaran 23 kV selama generator beroperasi. Selain itu, sistem eksitasi dan sistem pendinginan generator masih mampu menjaga performa operasional generator selama proses monitoring berlangsung. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa aktivitas *Partial Discharge* yang terjadi masih berada pada batas aman sehingga generator masih dapat beroperasi secara normal.

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa monitoring *Partial Discharge* dapat digunakan sebagai metode deteksi dini untuk mengetahui kondisi kesehatan isolasi generator tanpa mengganggu proses operasional generator. Monitoring secara berkala sangat penting dilakukan untuk mencegah peningkatan aktivitas discharge yang dapat mempercepat penurunan kualitas isolasi generator serta meningkatkan risiko gangguan operasional generator di masa mendatang. Berdasarkan hasil yang diperoleh, penerapan preventive maintenance dan evaluasi kondisi isolasi generator secara berkala perlu terus dilakukan untuk menjaga efisiensi, daya tahan, dan stabilitas operasional generator agar tetap optimal. Selain itu, pengembangan sistem monitoring *Partial Discharge* secara berkelanjutan diharapkan dapat meningkatkan keandalan sistem pembangkit tenaga listrik dan meminimalkan risiko kerusakan generator pada masa mendatang.

PERSANTUNAN

Penulis mengucapkan puji syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa karena atas rahmat dan karunia-Nya penelitian serta penulisan artikel ilmiah ini dapat diselesaikan dengan baik. Penulis juga menyampaikan terima kasih kepada semua pihak yang telah memberikan bantuan, dukungan, arahan, serta motivasi selama proses penelitian berlangsung. Ucapan terima kasih penulis sampaikan kepada pihak perusahaan PLTU Suralaya tempat penelitian yang telah memberikan izin dan membantu dalam proses pengambilan data penelitian, khususnya data operasional generator dan data *Partial Discharge*. Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada dosen pembimbing yang telah memberikan bimbingan, arahan, serta masukan selama proses penyusunan penelitian ini.

Selain itu, penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada kedua orang tua dan keluarga yang selalu memberikan doa, dukungan, semangat, serta motivasi selama proses perkuliahan hingga penyusunan penelitian ini dapat diselesaikan dengan baik. Penulis juga menyampaikan terima

kasih kepada teman-teman kuliah yang telah memberikan bantuan, dukungan, serta kebersamaan selama proses penelitian dan penyusunan artikel ilmiah ini. Dukungan dan kerja sama yang diberikan sangat membantu penulis dalam menyelesaikan penelitian ini.

Penulis menyadari bahwa penelitian ini masih memiliki keterbatasan, sehingga kritik dan saran yang membangun sangat diharapkan demi pengembangan penelitian selanjutnya. Semoga penelitian ini dapat memberikan manfaat dan menjadi referensi bagi pengembangan ilmu pengetahuan, khususnya pada bidang sistem tenaga listrik dan pemeliharaan generator di lingkungan pembangkit listrik.

DAFTAR PUSTAKA

- Amir, M., & Juliawan, I. W. (2022). Analisa pengaruh partial discharge dan $\tan \delta$ terhadap umur isolasi belitan stator akibat ikatan kumparan generator longgar. *Sinusoida*, XX(4). <https://doi.org/1411-4593>
- Armedia, N., Wibirama, S., & Raharjo, B. (2025). Implementasi Sistem Online Monitoring Partial Discharge Sebagai Pendeteksi Dini Kegagalan Isolasi Stator Generator di Refinery Unit III Plaju. *Seminar Nasional Keinsinyuran: Praktik-Praktik Keinsinyuran Di Indonesia*, 3(2). <https://doi.org/3031-3112>
- Destryana, A. C., & Aribowo, D. (2025). Preventive Maintenance Pada Generator Di Pt. Indonesia Power Ujp Pltu Banten 2 Labuan. *JTe Teknik*, 10(1), 79–88. <https://doi.org/10.52561/teknika.v10i1.411>
- Putra, R. J., & Gusnita, N. (2024). Analisis Pengaruh Diameter Lilitan dan Variasi Jumlah Lilitan Terhadap Efisiensi Generator Sinkron Magnet Permanen 24 Slot 16 Pole. *JURNAL Al-AZHAR INDONESIA SERI SAINS DAN TEKNOLOGI*, 9(1), 73. <https://doi.org/10.36722/sst.v9i1.2713>
- Safitra, A. G., Adianti, L. P., Pradita, A., & Ismanto. (2023). ANALISIS RUGI DAYA PARTIAL DISCHARGE SECARA ONLINE PADA GENERATOR-101 DI PLTP DIENG. *Seminar Nasional Terapan Riset Inovatif (SENTRINOV) Ke-9*, 9(1).
- Sari, E. P. (2022). Peningkatan Stabilitas Transien Generator Sinkron dengan Analisis Power System Stabilizer (PSS). *JTERAF (Jurnal Teknik Elektro Raflesia)*, 2(2). <https://doi.org/2776-5830>
- Savira, V. (2025). analisa pengujian partial discharge pada kubikel td #1 menggunakan metode transient earth voltage di gardu induk muara bungo. *Jurnal ElektriKA*, 17(1). <https://doi.org/2085-0565>
- Sipahutar, R. S., Sinaga, H. H., Purwasih, N., & Permata, D. (2024). Pendeteksian dan Identifikasi Jenis Partial Discharge dengan Metode Analisa Pola Phase Resolved Partial Discharge (PRPD). *Jurnal Ilmiah Pendidikan Teknik Dan Kejuruan*, 17(2).
- Tambunan, G. P., Helfridolin, G., Manalu, H. riko P., & Sinaga, D. J. (2026). Analisis Sistem Eksitasi Pada Generator Sinkron 11KV Unit 2 ULPLTA Sipansihaporas. *Jurnal Ilmiah Nusantara (JINU)*, 3(1), 117–128. <https://doi.org/3047-9673>
- Widodo, K., Haddin, M., & Gunawan. (2023). Analisis Partial Discharge dan Prediksi Usia Layak Isolasi Belitan Stator Generator 143,4 MVA. *Energi Dan Kelistrikan: Jurnal Ilmiah*, 12(1). <https://doi.org/1979-0783>

