

ANALISIS RUGI DAYA *PARTIAL DISCHARGE* SECARA *ONLINE* PADA GENERATOR-101 DI PLTP DIENG

Arrad Ghani Safitra¹, Lovyta Putri Adianti¹, Andini Pradita¹, dan Ismanto²

¹Sarjana Terapan Sistem Pembangkit Energi, Politeknik Elektronika Negeri Surabaya,
Jl. Raya ITS, Surabaya, 60111

²Power Plant Maintenance Electrical, PT. Geo Dipa Energi (Persero) Unit Dieng, Jl
Raya Dieng Batur PO BOX 01, Wonosobo, 53456

E-mail: arradgs@pens.ac.id

Abstract

Partial discharge (PD) is a phenomenon that often occurs in generators and can cause serious damage to equipment and electrical systems one of them at the PLTP PT Geo Dipa Energi (Persero) Dieng Unit. This study aims to investigate partial discharge on generators using the Montesto 200 device. After calculating the power loss due to partial discharge, it can be seen that the largest power loss value occurs in L3 winding with a power loss value of 12,65 Watt. The power loss value will continue to increase if the pulse magnitude value of the partial discharge also increases.

Keywords: *PLTP, Generator, Partial Discharge, Power Loss, Montesto 200.*

Abstrak

Partial discharge (PD) adalah fenomena yang sering terjadi pada generator dan dapat menyebabkan kerusakan serius pada peralatan maupun sistem kelistrikan salah satunya pada PLTP PT Geo Dipa Energi (Persero) Unit Dieng. Penelitian ini bertujuan untuk menginvestigasi partial discharge pada generator menggunakan perangkat Montesto 200. Setelah melakukan perhitungan rugi daya akibat partial discharge dapat diketahui bahwa nilai rugi daya yang paling besar terjadi di winding L3 dengan nilai rugi daya sebesar 12,65 Watt. Nilai rugi daya akan terus meningkat jika nilai pulse magnitude dari partial discharge juga meningkat.

Kata Kunci: *PLTP, Generator, Partial Discharge, Rugi Daya, Montesto 200.*

PENDAHULUAN

PLTP Geo Dipa Energi (Persero) Unit Dieng merupakan salah satu pembangkit listrik yang menggunakan *steam* panas bumi sebagai energi utamanya. Pada sebuah pembangkit listrik tenaga panas bumi, generator merupakan komponen yang sangat kritical dan sangat penting dalam sistem pembangkitan energi listrik (Arzul, 2023). Generator berfungsi untuk menghasilkan energi listrik dari energi mekanik yang memutarnya. Bagian yang paling penting dari generator adalah isolasinya, dimana isolasi merupakan bagian yang harus diperhatikan karena 26% kegagalan generator disebabkan oleh kegagalan isolasinya akibat faktor tekanan yang bersifat elektrik, mekanis, dan termal (Fernandes et

al., 2023). Apabila terjadi *breakdown* atau kegagalan pada generator akan berakibat terhentinya proses bisnis dan mengalami kerugian yang cukup besar.

Seiring dengan usia pengoperasian, kondisi isolasi generator dapat mengalami penurunan kekuatan isolasi. Untuk mengetahui hal tersebut perlu dilakukan pengujian dielektrik yaitu pengujian *partial discharge*. *Partial discharge* adalah fenomena elektrik dengan durasi pendek yang disebabkan oleh kerusakan dielektrik lokal pada wilayah kecil system insulasi belitan (Cruz et al., 2022). Pengujian dielektrik dilakukan dengan mengukur kebocoran arus dari alat atau peralatan yang diuji. Hasil pengukuran dielektrik harus lebih rendah dari batas yang ditentukan dalam standar internasional. Oleh karena itu, perlu adanya system monitoring melalui perangkat *Montesto 200* untuk melakukan analisa estimasi umur isolasi belitan stator pada generator selama beroperasi karena adanya aktivitas *partial discharge* yang cukup tinggi agar nantinya dapat memastikan generator beroperasi secara berkelanjutan dan mendeteksi kegagalan generator secara dini (Amir & Juliawan, 2018).

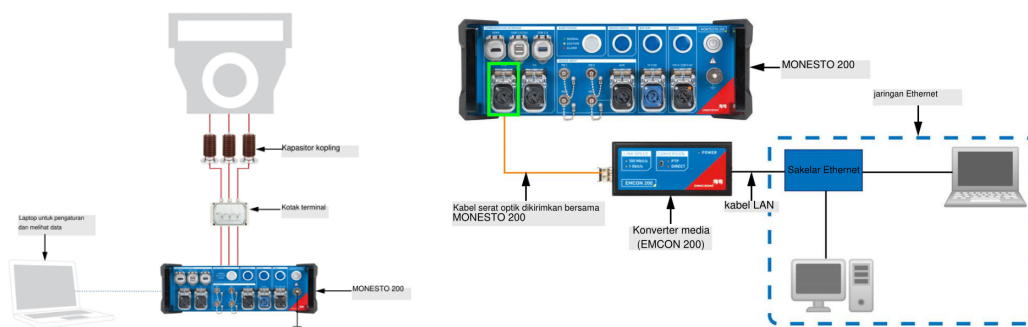
Berdasarkan kebutuhan tersebut, maka dalam penelitian ini memfokuskan tentang analisis rugi daya akibat *partial discharge* secara *online* pada generator G-101 di PT Geo Dipa Energi (Persero) Unit Dieng. Sehingga, harapan nya didapatkan solusi terbaik untuk meminimalisir terjadinya kerusakan dan generator dapat berfungsi secara maksimal dalam menghasilkan produksi listriknya.

Permasalahan dalam penelitian ini yaitu penulis ingin mengetahui apa saja penyebab terjadinya *partial discharge* pada generator, apa saja jenis – jenis *partial discharge* pada generator, bagaimana cara melakukan pengukuran *partial discharge* menggunakan alat *Montesto 200*, bagaimana pengaruh *partial discharge* terhadap kerugian daya yang dihasilkan oleh generator, dan berapa kerugian daya yang harus ditanggung PT Geo Dipa Energi (Persero) Unit Dieng akibat adanya *partial discharge*.

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui penyebab terjadinya *partial discharge* pada generator, mengetahui jenis – jenis *partial discharge* pada generator, mengetahui cara melakukan pengukuran *partial discharge* menggunakan alat *Montesto 200*, mengetahui pengaruh *partial discharge* terhadap kerugian daya yang dihasilkan oleh generator, dan mengetahui kerugian daya yang harus ditanggung PT Geo Dipa Energi (Persero) Unit Dieng akibat adanya *partial discharge*.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan Metode Pengukuran *Online* yang dilakukan pada saat generator dalam kondisi berputar dan beroperasi secara normal menggunakan Montesto 200. Untuk menggunakan alat *Montesto 200* juga diperlukan media *converter*. Media *converter* yang dibutuhkan yaitu *Emcon 200*. Dimana, media tersebut berfungsi sebagai media yang mengubah komunikasi dari kabel *fiber optic* (FO) menjadi kabel *output ethernet*. Selain itu, *Emcon 200* juga berfungsi untuk mentransmisikan data pengukuran *partial discharge online* dari unit *Montesto 200* ke PC/Laptop yang nantinya akan ditampilkan pada *software* monitoring secara *real time*.



Gambar 1. Skema Pengukuran *Online* Menggunakan Alat *Montesto 200*

HASIL DAN PEMBAHASAN

Tabel 1

Data Hasil Pengukuran *Partial Discharge*

No	Date	Time	Winding L1 (nC)	Winding L2 (nC)	Winding L3 (nC)	Daya Aktif (MW)	Daya Reaktif (MVAR)	Tegangan Keluaran (kV)
1	09/08/2023	1:01 AM	12,11	5,14	16,09	51,14	2,07	15,18
2	09/08/2023	2:31 AM	11,98	6,43	16,59	51,03	2,22	15,25
3	09/08/2023	5:01 AM	12,07	5,38	16,36	50,88	6,49	15,12
4	09/08/2023	7:31 AM	12,2	4,39	10,52	51,5	6,08	14,98
5	09/08/2023	10:01 AM	12,18	4,34	10,46	50,8	9,62	14,81
6	09/08/2023	12:31 PM	12,39	4,45	10,35	51,17	7,75	14,84
7	09/08/2023	3:31 PM	12,12	4,27	10,37	50,47	8,83	14,69
8	09/08/2023	6:01 PM	12,04	4,15	13,81	51,17	5,97	14,88
9	09/08/2023	8:31 PM	12,24	6,35	16,33	51,95	7,11	14,82
10	09/08/2023	11:01 PM	12,27	5,1	16,06	51,62	3,57	15,06

Setelah mendapatkan data kuantitatif dari hasil pengukuran, selanjutnya dapat melakukan perhitungan rugi daya pada belitan stator generator akibat *partial discharge* dengan menggunakan persamaan:

$$P = \left(\frac{1}{T}\right) Q \cdot V \dots \dots \dots (1)$$

Dimana:

P : Rugi daya akibat *partial discharge* (W)

T : Periode *partial discharge* (s)

Q: Jumlah muatan yang terlepas dalam jumlah pulsa (C)

V: Besar tegangan normal pada saat pengukuran *partial discharge* (Volt)

Seperti yg diketahui bahwa $1/T = f$. Karena generator yang digunakan pada *Power Plant* Unit 1 Dieng memiliki frekuensi sebesar 50 Hz, maka nilai $1/T$ dapat diganti dengan nilai frekuensi yaitu sebesar 50 Hz.

Tabel 2
Perhitungan Rugi Daya

No	Date	Time	Winding	Q (nC)	Q (C)	f (Hz)	V (kV)	P Losses (W)
1	09/08/2023	1:01 AM	L1	12,11	$1,21 \times 10^{-8}$	50	15,18	9,19
			L2	5,14	$5,14 \times 10^{-9}$	50	15,18	3,90
			L3	16,09	$1,60 \times 10^{-8}$	50	15,18	12,21
2	09/08/2023	2:31 AM	L1	11,98	$1,19 \times 10^{-8}$	50	15,25	9,13
			L2	6,43	$6,43 \times 10^{-9}$	50	15,25	4,90
			L3	16,59	$1,65 \times 10^{-8}$	50	15,25	12,65
3	09/08/2023	5:01 AM	L1	12,07	$1,20 \times 10^{-8}$	50	15,12	9,12
			L2	5,38	$5,38 \times 10^{-9}$	50	15,12	4,06
			L3	16,36	$1,63 \times 10^{-8}$	50	15,12	12,36
4	09/08/2023	7:31 AM	L1	12,2	$1,22 \times 10^{-8}$	50	14,98	9,13
			L2	4,39	$4,39 \times 10^{-9}$	50	14,98	3,28
			L3	10,52	$1,05 \times 10^{-8}$	50	14,98	7,87
5	09/08/2023	10:01 AM	L1	12,18	$1,21 \times 10^{-8}$	50	14,81	9,02
			L2	4,34	$4,34 \times 10^{-9}$	50	14,81	3,21
			L3	10,46	$1,04 \times 10^{-8}$	50	14,81	7,74
6	09/08/2023	12:31 PM	L1	12,39	$1,23 \times 10^{-8}$	50	14,84	9,19
			L2	4,45	$4,45 \times 10^{-9}$	50	14,84	3,30
			L3	10,35	$1,03 \times 10^{-8}$	50	14,84	7,680
7	09/08/2023	3:31 PM	L1	12,12	$1,21 \times 10^{-8}$	50	14,69	8,90
			L2	4,27	$4,27 \times 10^{-9}$	50	14,69	3,13
			L3	10,37	$1,03 \times 10^{-8}$	50	14,69	7,62
8	09/08/2023	6:01 PM	L1	12,04	$1,20 \times 10^{-8}$	50	14,88	8,96
			L2	4,15	$4,15 \times 10^{-9}$	50	14,88	3,08
			L3	13,81	$1,38 \times 10^{-8}$	50	14,88	10,27
9	09/08/2023	8:31 PM	L1	12,24	$1,22 \times 10^{-8}$	50	14,82	9,06
			L2	6,35	$6,35 \times 10^{-9}$	50	14,82	4,70
			L3	16,33	$1,63 \times 10^{-8}$	50	14,82	12,10

10	09/08/2023	11:01 PM	L1	12,27	$1,22 \times 10^{-8}$	50	15,06	9,24
			L2	5,1	$5,1 \times 10^{-9}$	50	15,06	3,84
			L3	16,06	$1,60 \times 10^{-8}$	50	15,06	12,09

Pada data tabel diatas, dapat dilihat hasil perhitungan rugi daya akibat *partial discharge* pada stator generator. Perhitungan dilakukan dengan menggunakan nilai tegangan nominal pada saat pengukuran serta data kuantitatif. Data kuantitatif yang digunakan adalah nilai *pulse magnitude* yang terdapat pada *partial discharge pattern*. contoh perhitungan data hasil pengukuran Partial Discharge pada tanggal 09 Agustus 2023 (1:01 AM) untuk *winding* L1, dimana nilai muatan yang terlepas sebesar $1,21 \times 10^{-8}$ Coulomb dengan nilai tegangan normal pada saat pengukuran *partial discharge* 15,18 kV dan frekuensi sebesar 50 Hz. Maka nilai rugi daya yang terjadi adalah:

$$(50 \text{ Hz}) (1,21 \times 10^{-8} \text{ C}) (15,18 \text{ kV}) = 9,19 \text{ W}$$

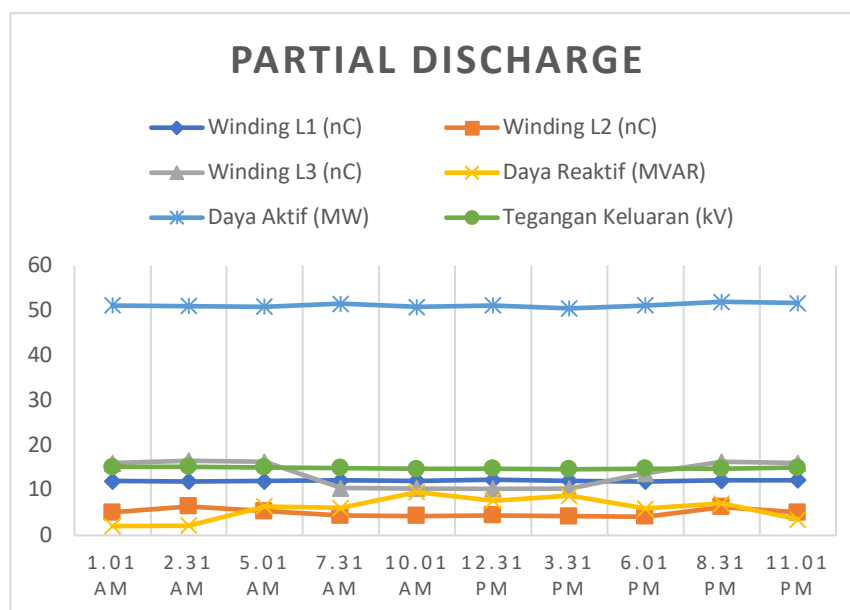
Tabel 3
Perhitungan Kerugian Dalam Satu Tahun

Perhitungan	
Rugi Daya per Jam (W)	10,64
Rugi Daya per Jam (kW)	0,01
Rugi Daya per Tahun (kWh)	86,4
Harga Penjualan 1 Kwh	Rp 1.100,65
Harga Kerugian dalam Satu Tahun	Rp 95.096,16

Dari hasil perhitungan rugi daya diatas didapatkan rata – rata rugi daya per jam sebesar 10,64 Watt atau 0,01 kW. Jika rugi daya dihitung berdasarkan durasi 24 jam dalam jangka waktu selama setahun menghasilkan rugi daya sebesar 86,4 kWh. Apabila harga penjualan listrik kepada PLN di kisaran Rp 1.100,65/kWh maka kerugian yang akan ditanggung PT Geo Dipa Energi (Persero) Unit Dieng sebesar Rp 95.096,16/tahun nya.

Setelah melakukan pengukuran data kuantitatif dan melakukan perhitungan rugi daya akibat *partial discharge* dapat diketahui bahwa nilai rugi daya yang paling besar terjadi di *winding* L3 dengan nilai rugi daya sebesar 12,65 Watt pada pengukuran tanggal 09 Agustus 2023 (2:31 AM). Sedangkan, untuk nilai rugi daya yang paling kecil terjadi di *winding* L2 dengan nilai rugi daya sebesar 3,08 Watt pada pengukuran tanggal 09 Agustus 2023 (6:01 PM). Secara jelas terlihat pada tabel yang menunjukkan bahwa nilai rugi daya

akan terus meningkat jika nilai *pulse magnitude* dari *partial discharge* juga meningkat, sehingga pada saat nilai tertentu akan membuat kerusakan fatal pada generator.



Gambar 2. Grafik Pengukuran *Partial Discharge*

Jika di lihat dari bentuk grafik perbandingan antara data kuantitatif *winding* L1, *winding* L2, *winding* L3, daya reaktif serta tegangan keluaran generator yang paling mempengaruhi adanya *partial discharge* adalah nilai daya reaktif (MVAR) terutama yang letak *partial discharge* nya pada *winding* L3, dikarenakan pada saat nilai daya reaktif menurun maka nilai *partial discharge* *winding* L3 naik, begitu pula sebaliknya.

SIMPULAN

Dari penelitian tentang “ANALISIS RUGI DAYA AKIBAT *PARTIAL DISCHARGE* SECARA *ONLINE* PADA GENERATOR G-101 DI PT GEO DIPA ENERGI (PERSERO) UNIT DIENG”, dapat disimpulkan bahwa:

1. Penyebab terjadinya *partial discharge* pada generator ialah faktor tekanan yang bersifat elektrik, mekanis maupun termal, adanya cacat pabrikan/manufaktur, faktor alam, kontaminasi, jarak antar proteksi kumparan yang terlalu dekat, serta pemeliharaan peralatan yang kurang optimal
2. *Partial discharge* mempengaruhi adanya rugi daya yang dihasilkan oleh generator, meskipun dalam jumlah kecil tetapi sangat berpengaruh terhadap umur pakai

generator yang dikhawatirkan akan menimbulkan kerusakan yang cukup fatal kedepannya terhadap komponen generator.

3. Kerugian daya yang harus ditanggung PT Geo Dipa Energi (Persero) Unit Dieng pada generator G-101 akibat adanya partial discharge Rp 95.096,16/tahun nya dengan kisaran 3,08-12,65 Watt per jam.

DAFTAR PUSTAKA

- Amir, M., & Juliawan, I. W. A. (2018). ANALISA PENGARUH PARTIAL DISCHARGE DAN TAN δ TERHADAP UMUR ISOLASI BELITAN STATOR AKIBAT IKATAN KUMPARAN GENERATOR LONGGAR. *Sinusoida*, XX(4), 1–11.
- Arzul, A. (2023). Analisis Rugi Daya Akibat Partial Discharge pada Generator Turbin Gas di North Duri Cogeneration Plant. *Jurnal Teknik Industri Terintegrasi (JUTIN)*, 6(1), 95–106. <https://doi.org/10.31004/jutin.v6i1.14697>
- Cruz, J. dos S., Fruett, F., Lopes, R. da R., Takaki, F. L., Tambascia, C. de A., Lima, E. R. de, & Giesbrecht, M. (2022). Partial Discharges Monitoring for Electric Machines Diagnosis: A Review. In *Energies* (Vol. 15, Issue 21). MDPI. <https://doi.org/10.3390/en15217966>
- Fernandes, A., Niken, ;, Saputri, P., & Samsurizal, ; (2023). *Prediksi Sisa Umur Generator Dengan Metode Pengujian Dielektrik Pada Stator Generator Unit 2 PLTU Ombilin*. 12(1). <https://doi.org/10.33322/kilat.v12i1.1994>