

Analisi Partial Discharge pada Generator 18 kv Dengan Metode High Frekuensi Current Transformator (HFCT)

Diky Arfiansyah¹, Deni Almanda¹, Riza Samsinar^{1*}, Fadliandi¹

¹ Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Jakarta
Jl. Cempaka Putih Tengah 27,, Jakarta, Indonesia
*Corresponding Author : riza.samsinar@umj.ac.id

Abstrak

Partial discharge merupakan peluahan listrik yang tidak sepenuhnya menjembatani elektroda. Efek kumulatif yang disebabkan oleh pelepasan secara bertahap akan memperburuk sifat dielektrik insulasi dan memperluas cacat apapun, sehingga menyebabkan kerusakan/kegagalan insulasi. Selain itu, sebagian besar kerusakan mekanis juga dapat menyebabkan pelepasan sebagian. Sistem tegangan tinggi memerlukan sistem isolasi modern untuk memperpanjang masa pakai bahan isolasi yang terpapar medan listrik tinggi. Dalam banyak aplikasi, harmonik dapat menyebabkan lebih banyak gelombang yang dihasilkan, mempercepat penuaan isolasi dan meningkatkan pelepasan sebagian. *Partial Discharge* (PD) biasanya terjadi pada celah-celah inti stator atau insulasi yang terdapat pada belitan luar stator. Beberapa teknik pengukuran PD kini telah ditingkatkan dan telah diterapkan pada kabel listrik dan aksesoris kabel termasuk sambungan kabel dan terminasi. Diantaranya adalah teknologi *High Frequency Current Transformer* (HFCT), yang digunakan untuk mendeteksi dan melokalisasi sumber gangguan PD.

Kata kunci: Partial Discharge , Isolasi , HFCT

Abstract

Partial discharge is an electrical discharge that does not completely bridge the electrode. The cumulative effect caused by the gradual discharge will worsen the dielectric properties of the insulation and expand any defects, thereby causing insulation breakdown/failure. In addition, most mechanical damage can also cause partial discharge. Modern insulation systems are required in high-voltage equipment to increase the service life of insulating materials exposed to high electric fields. Many uses cause harmonic waves to produce more waves which can accelerate insulation aging and increase partial discharge. PD usually occurs in the insulation located in the stator core slots or located in the outer winding of the stator. for now several PD measurement techniques have been improved and applied to electrical cables and cable accessories including cable connections and terminations. Among them is the High Frequency Current Transformer (HFCT) method, which is used to detect and localize the source of PD interference.

Keywords : *Partial Discharge, Isolation, HFCT*

PENDAHULUAN

Partial discharge merupakan pelepasan sebuah pulsa atau “percikan”. disertai dengan transfer muatan dan hilangnya daya. Selain efek tersebut, juga dapat juga dapat menghasilkan bentuk energi lain meliputi seperti energi elektromagnetik, ultrasound, cahaya, panas dll. Generator sebagai suatu komponen utama pembangkit, harus tetap berada dalam keadaan yang baik (Widodo, dkk, 2020). Dalam oprasinya, stator generator mengalami tekanan yang bersifat elektrik, mekanik dan termal oleh karena itu faktor tersebut yang dapat menyebabkan suatu penurunan kualitas isolasi stator generator Instalasi tegangan tinggi memerlukan sistem isolasi canggih untuk memperpanjang umur bahan isolasi yang terpapar medan listrik tinggi (Widodo, dkk, 2020). Banyak aplikasi konverter daya memperkenalkan harmonik, yang merupakan gangguan frekuensi tinggi yang hadir dan didistribusikan di area kabel daya. Kapasitor terdiri dari dua konduktor (pelat logam) yang dipisahkan oleh bahan isolator (Almanda, dkk, 2019). Harmonik dapat menimbulkan tegangan lebih, mempercepat degradasi insulasi, dan meningkatkan resiko terjadinya partial discharge. Diterapkan pada aksesoris, di antaranya adalah metode High Frequency Sensor Current Transformer (HFCT). digunakan untuk mendeteksi dan melokalisasi sumber PD.

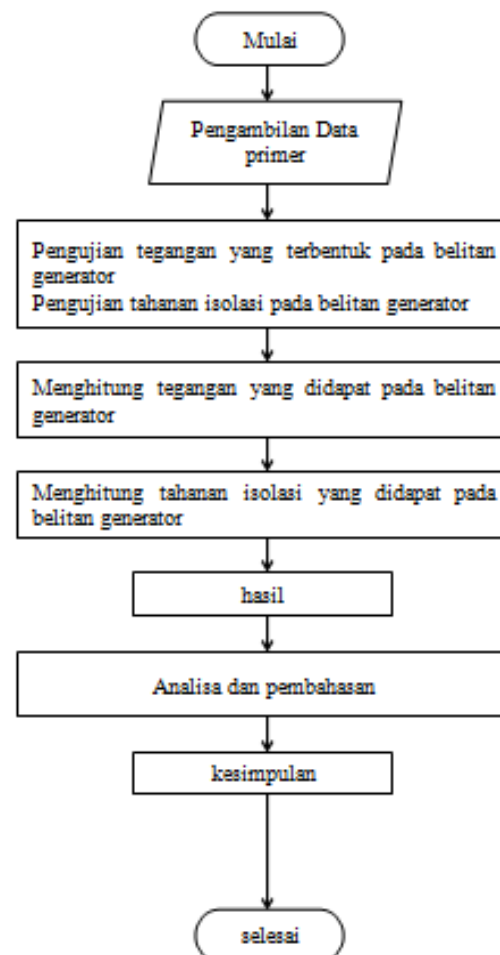
Untuk menentukan usia kelayakan operasi isolasi belitan stator, komparasi, karakteristik, dan regresi linear digunakan. Hasil analisis menunjukkan bahwa kontaminasi minyak pada seal oil bearing 5 mengakibatkan rembesan, beban, dan pergerakan panas. Usia kelayakan operasi isolasi belitan stator tersingkat selama \pm 2 tahun 1 bulan 21 hari atau hanya naik 14 hari setelah perbaikan. Penyebab korona dan partial discharge tinggi adalah kerusakan pada permukaan isolasi (Widodo, dkk, 2020).

terutama untuk PLTGU, yang menghasilkan peakload dan mengalami proses start-stop hampir setiap hari. Untuk mencapai tujuan start-up gas turbin, alat starter yang handal, aman, dan efisien diperlukan. saat P2B meminta untuk memenuhi kebutuhan jaringan Saat proses start-up gas turbin, generator utama gas turbin diubah menjadi motor starter melalui penggunaan konverter frekuensi statis pada PLTGU Muara Tawar. Pada proses ini, SFC digunakan dari 0 rpm hingga 2500 rpm. Gas

turbin diputar menggunakan bahan bakar utamanya (gas/hsd) yang telah menyala pada 700rpm pada putaran 2500rpm (Dermawan, dkk, 2019).

Kapasitor bank dapat meledak, terbakar, atau fuse putus. Penanganan tambahan diperlukan untuk mengurangi biaya perbaikan jika kerusakan ini tidak ditangani segera. Banyak kerusakan terjadi karena beban non linier, yang dapat menyebabkan gelombang harmonik. Pengukuran Total Harmonic Distortion (THD) jaringan distribusi listrik dapat menunjukkan jumlah gelombang harmonik yang terjadi (Almanda, dkk, 2019).

METODE



Gambar 1. Metode Penelitian

Metode penelitian ini adalah sebuah cara yang melibatkan peneliti untuk melakukan penelitian terhadap suatu objek permasalahan yang didapat

dengan mengambil data dan kenyataan dilapangan serta disimpulkan dan dipertanggung jawabkan secara ilmiah diruang publik.

Peneliti menggunakan penelitian deskriptif sebagai metode yang digunakan untuk melakukan kegiatan penelitian saat ini. Metode ini dapat meliputi pengumpulan data dalam rangka menguji hipotesis serta menjawab pertanyaan yang berkaitan dengan keadaan dari pokok penelitian. Alasan peneliti menggunakan metode deskriptif yaitu sebagai berikut :

1. Metode deskriptif sering digunakan untuk melakukan penelitian
2. Metode deskriptif dapat memberikan informasi dan dapat mengidentifikasi faktor-faktor yang berguna untuk melaksanakan percobaan
3. Metode deskriptif dapat juga digunakan untuk menggambarkan situasi dan kondisi yang terdapat dalam pelaksanaan kegiatan penelitian.

Metode penelitian deskriptif digunakan hanya pada tahap deskripsi dan dapat menyajikan fakta secara sistematis sehingga lebih mudah untuk disimpulkan dan dipahami. Simpulan yang diberikan atas dasar fakta yang bisa dipertanggung jawabkan melalui data yang telah diperoleh. Peneliti menggunakan beberapa metode penelitian untuk menyelesaikan penelitian ini antara lain :

1. Metode literatur

Metode literatur digunakan dengan cara mempelajari serta mengumpulkan beberapa sumber buku yang relevan dengan bahan materi yang digunakan dalam penelitian ini.

2. Metode analisis

Metode analisis ini dilakukan dengan cara untuk mengolah data dan menghasilkan sebuah analisa secara ilmiah dan kemudian analisa tersebut yang didapatkan dapat menentukan faktor kegagalan dan masa umur pemakaian belitan generator dengan metode HFCT.

Objek yang diambil oleh peneliti dalam melakukan penelitian kali ini yaitu generator pembangkit kapasitas 18 kv dengan metode hfct yang berada di PLTGU MT. Pada tahap pengumpulan data, peneliti turun langsung ke lokasi untuk mengambil data-data yang dibutuhkan dengan melakukan pengujian terhadap generator dan mengumpulkan data-data dari pihak terkait.

Data yang diambil oleh peneliti guna menyelesaikan penelitian ini diantaranya:

1. Data spesifikasi generator
2. Tahanan isolasi pada belitan generator
3. Metode HFCT

Cara pengambilan datanya dilakukan menggunakan cara studi dokumentasi. Studi dokumentasi merupakan cara yang dapat mengambil data terkait dengan penelitian seperti tahanan isolasi pada belitan generator, spesifikasi generator dan data lain yang terdapat di PLTGU MT berupa dokumentasi maupun file.

Dalam memecahkan masalah dilakukan analisa harmonisa pada pengaruh tahanan isolasi generator dan masa umur pemakaian pada belitan generator dengan cara melakukan perhitungan terhadap belitan generator tersebut berdasarkan data teknis yang diperoleh. Perhitungan yang dijadikan sebagai landasan teori dan referensi tentunya harus sesuai dengan permasalahan yang terjadi.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Menganalisis partial discharge pada generator 18 kv dengan metode hfct belitan 3 mm dan 6 mm dengan jarak 3 meter.

Dari data-data yang didapat dilapangan yang diperlukan kemudian diolah dengan menghitung persamaan-persamaan rumusan yang ada. antara lain yang meliputi perhitungan tegangan pada belitan generator, perhitungan tahanan isolasi dan grafik yang terjadi pada belitan generator.

Tabel 1. Data Spesifikasi Generator

Pabrik pembuat	HYUNDAI
Tahun pembuatan	20009
Tipe/model	HRP3 1123-98Y
Daya keluaran	70 MVA
Tegangan	18 kv
Frekuensi	50 hz
Putaran	295 rpm
Jumlah phasa	3
Kelas isolasi	F
Tipe isolasi	Epoxy mica

Tabel 2. Data Hasil Pengujian Dan Hasil Data Belitan 3mm

Jarak (m)	Kondisi	Tegangan (kv)	Nilai dB
1	Normal	0	-60,2
	Pre breakdown (inception voltage)	12	-62,3
	1 detik sebelum breakdown	16	-63,2
	Breakdown	18	-64,4
2	Normal	0	-60,2
	Pre breakdown (inception voltage)	14	-62,3
	1 detik sebelum breakdown	18	-63,4
	Breakdown	20	-64,5
3	Normal	0	-60,2
	Pre breakdown (inception voltage)	16	-65,4
	1 detik sebelum breakdown	22	-66,7
	Breakdown	24	-68,9

Tabel 3. Data Hasil Pengujian Tegangan Dan Nilai Belitan Diameter 3 Mm

Jarak (m)	kondisi	Tegangan (kv)	Nilai dB
1	Normal	0	-60,2
	Pre breakdown (inception voltage)	12	-63,3
	1 detik sebelum breakdown	16	-64,2
	Breakdown	18	-65,4
2	Normal	0	-60,2
	Pre breakdown (inception voltage)	14	-66,3
	1 detik sebelum breakdown	18	-67,4
	Breakdown	20	-68,5
3	Normal	0	-60,2
	Pre breakdown (inception voltage)	16	-69,4
	1 detik sebelum breakdown	22	-61,7
	Breakdown	24	-62,9

Tabel 4. Data Hasil Pengujian Ke 1 Tegangan Dan Nilai Belitan Diameter 6 Mm

Jarak (m)	Kondisi	Tegangan (kv)	Nilai dB
1	Normal	0	-60,2
	Pre breakdown (inception voltage)	12	-66,3
	1 detik sebelum breakdown	18	-65,2
	Breakdown	20	-64,4
2	Normal	0	-60,2
	Pre breakdown (inception voltage)	16	-67,3
	1 detik sebelum breakdown	24	-66,4
	Breakdown	26	-65,5
3	Normal	0	-60,2
	Pre breakdown (inception voltage)	16	-65,4
	1 detik sebelum breakdown	26	-64,7
	Breakdown	28	-63,9

Tabel 5. Data Hasil Pengujian Tahanan Isolasi Pada Belitan Generator Diameter 3 Mm

Jarak (m)	Kondisi	Tegangan (kv)	Nilai dB
1	Normal	0	-60,2
	Pre breakdown (inception voltage)	12	-63,3
	1 detik sebelum breakdown	18	-64,2
	Breakdown	20	-65,4
2	Normal	0	-60,2
	Pre breakdown (inception voltage)	16	-66,3
	1 detik sebelum breakdown	24	-67,4
	Breakdown	26	-68,5
3	Normal	0	-60,2
	Pre breakdown (inception voltage)	16	-69,4
	1 detik sebelum breakdown	26	-61,7
	Breakdown	28	-62,9

Tabel 6. Data Hasil Pengujian Tahanan Isolasi Pada Belitan Generator Diameter 6 Mm

Jarak (m)	Kondisi	Tegangan (kv)	Nilai dB
1	Normal	0	-60,2
	Pre breakdown (inception voltage)	14	-63,3
	1 detik sebelum brekdown	22	-64,2
	Breakdown	24	-65,4
2	Normal	0	-60,2
	Pre breakdown (inception voltage)	16	-66,3
	1 detik sebelum breakdown	26	-67,4
	Breakdown	28	-68,5
3	Normal	0	-60,2
	Pre breakdown (inception voltage)	16	-69,4
	1 detik sebelum breakdown	28	-61,7
	Breakdown	30	-62,9



Gambar 2. Kalibrasi Pengujian Tegangan

Perhitungan tegangan pada belitan generator diameter 3mm.

$$C = \frac{\epsilon \cdot A}{d}$$

a. Pada jarak 1 m

$$C = \frac{-60,2 \cdot 0}{3} = 0 f$$

$$C = \frac{-62,3 \cdot 12}{3} = -249,2 f$$

$$C = \frac{-63,2 \cdot 16}{3} = -337,06 f$$

$$C = \frac{-64,4 \cdot 18}{3} = -386,4 f$$

b. Pada jarak 2 m

$$C = \frac{-60,2 \cdot 0}{3} = 0 f$$

$$C = \frac{-65,4 \cdot 16}{3} = -348,8 f$$

$$C = \frac{-66,7 \cdot 22}{3} = -489,1 f$$

$$C = \frac{-68,9 \cdot 24}{3} = -551,2 f$$

c. Pada jarak 3 m

$$C = \frac{-60,2 \cdot 0}{3} = 0 f$$

$$C = \frac{-65,4 \cdot 16}{3} = -348,8 f$$

$$C = \frac{-66,7 \cdot 22}{3} = -489,1 f$$

$$C = \frac{-68,9 \cdot 24}{3} = -55,2 f$$

Perhitungan tahanan isolasi pada belitan generator diameter 3 mm

$$C_{isolasi} = 4 \cdot \epsilon_0 A / \text{disolasi}$$

Cisolasi = $4\epsilon_0 A/d_{isolasi}$

a. Pada jarak 1 m

$$C_{isolasi} = \frac{4.0}{-60,2} = 0 \Omega$$

$$C_{isolasi} = 4. - \frac{249,2}{337,6} = 16 \Omega$$

$$C_{isolasi} = 4. - \frac{62,3}{386,4} = 21,3 \Omega$$

$$C_{isolasi} = 4. - \frac{62,2}{-64,8} = 23,8 \Omega$$

b. Pada jarak 2 m

$$C_{isolasi} = \frac{4.0}{-60,2} = 0 \Omega$$

$$C_{isolasi} = 4. - \frac{348,8}{489,1} = 21,3 \Omega$$

$$C_{isolasi} = 4. - \frac{65,4}{489,1} = 29,3 \Omega$$

$$C_{isolasi} = 4. - \frac{66,7}{-68,9} = 32 \Omega$$

c. Pada jarak 3 m

$$C_{isolasi} = \frac{4.0}{-60,2} = 0 \Omega$$

$$C_{isolasi} = 4. - \frac{348,8}{489,1} = 21,3 \Omega$$

$$C_{isolasi} = 4. - \frac{65,4}{489,1} = 29,3 \Omega$$

$$C_{isolasi} = 4. - \frac{66,7}{-68,9} = 32 \Omega$$

$$C = \frac{\epsilon \cdot A}{d}$$

g. Pada jarak 1 m

$$C = \frac{-60,2.0}{3} = 0 f$$

$$C = \frac{-66,3.12}{3} = -256,2 f$$

$$C = \frac{-65,2.18}{3} = -391,2 f$$

$$C = \frac{-64,4.20}{3} = -429,3 f$$

h. Pada jarak 2 m

$$C = \frac{-60,2.0}{3} = 0 f$$

$$C = \frac{-67,4.16}{3} = -348,8 f$$

$$C = \frac{-66,7.26}{3} = -560,7 f$$

$$C = \frac{-65,5.28}{3} = -596,4 f$$

i. Pada jarak 3 m

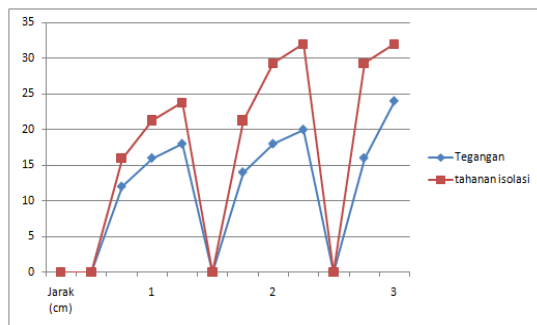
$$C = \frac{-60,2.0}{3} = 0 f$$

$$C = \frac{-65,4.16}{3} = -348,8 f$$

$$C = \frac{-64,7.26}{3} = -560,7 f$$

$$C = \frac{-63,9.28}{3} = -596,4 f$$

Grafik hasil gelombang diameter 3mm



Gambar 3. Hasil Gelombang Diameter 3 mm

Perhitungan tegangan pada belitan generator diameter 6 mm

Perhitungan tahanan isolasi pada belitan generator diameter 6 mm

Cisolasi = $4.\epsilon_0 A/d_{isolasi}$

Cisolasi = $4\epsilon_0 A/d_{isolasi}$

d. Pada jarak 1 m

$$C_{isolasi} = \frac{4.0}{-60,2} = 0 \Omega$$

$$C_{isolasi} = - \frac{256,2}{-66,3} = 15,4 \Omega$$

$$C_{isolasi} = - \frac{391,2}{-65,2} = 23,9 \Omega$$

$$C_{isolasi} = - \frac{429,3}{-64,4} = 30,3 \Omega$$

e. Pada jarak 2 m

$$C_{isolasi} = \frac{4.0}{-60,2} = 0 \Omega$$

$$C_{isolasi} = - \frac{348,8}{-67,7} = 20,7 \Omega$$

$$C_{isolasi} = - \frac{560,7}{-66,7} = 34,2 \Omega$$

$$C_{isolasi} = - \frac{596,4}{-65,5} = 36,4 \Omega$$

f. Pada jarak 3 m

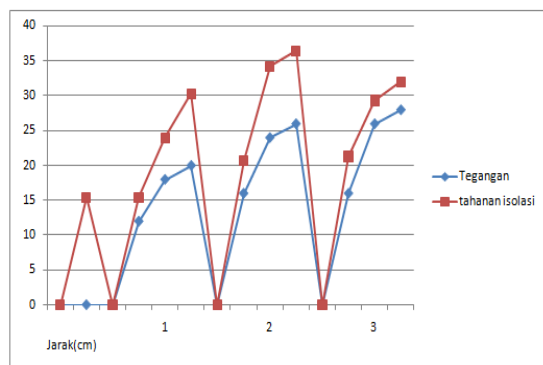
$$C_{isolasi} = \frac{4.0}{-60,2} = 0 \Omega$$

$$C_{isolasi} = 4. - \frac{348,8}{489,1} = 21,3 \Omega$$

$$C_{isolasi} = 4. - \frac{65,4}{489,1} = 29,3 \Omega$$

$$C_{isolasi} = 4. - \frac{66,7}{-68,9} = 32 \Omega$$

Grafik hasil gelombang diameter 6 mm



Gambar 4. Hasil Gelombang Diameter 3 Mm

bel dibuat dengan lebar garis 1 pt dan *tables caption* (keterangan tabel) diletakkan di atas tabel. Keterangan tabel yang terdiri lebih dari 2 baris ditulis menggunakan spasi 1.

Garis-garis tabel diutamakan garis horizontal saja sedangkan garis vertikal dihilangkan.

SIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil pengujian dan analisis pendeteksian peluahan sebagian menggunakan metode lilitan HFCT (High Frequency Current Transformer), dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Jarak dan diameter mempengaruhi nilai tegangan awal belitan dan tegangan tembus.
2. Pitch dan diameter belitan mempengaruhi dBm yang diterima oleh sensor.
3. Deteksi pelepasan sebagian dapat dilakukan dengan menggunakan metode hfct.
4. Semakin tinggi kekuatan sinyal yang dihasilkan sebelum terobosan, semakin besar perubahan kekuatan sinyal dan bentuk gelombang.
5. Gulungan memiliki tegangan tembus Berdasarkan hasil pengujian dan analisis.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Ir. Deni Almanda, MT selaku pembimbing yang telah bersedia meluangkan waktunya untuk memberikan bimbingan, petunjuk dan saran-saran serta kemudahan lainnya. Sehingga Penelitian ini memberikan manfaat bagi penulis dan pembacanya. Terima kasih kepada Teknik Elektro FT-UMJ, Laboratorium Teknik Elektro FT-UMJ dan dosen-dosen Teknik Elektro FT-UMJ lainnya.

DAFTAR PUSTAKA

- Almanda, D., & Majid, N. (2019). Studi Analisa Penyebab Kerusakan Kapasitor Bank Sub Station Welding di PT. Astra Daihatsu Motor. *RESISTOR (elektRONika kEndali telekomunikaSI tenaga liSTrik kOmputeR)*, 2(1), 7-14.
- Álvarez, F., Garnacho, F., Ortego, J., & Sánchez-Urán, M. Á. (2015). *Application of HFCT and UHF sensors in on-line partial discharge measurements for insulation diagnosis of high voltage equipment. Sensors*, 15(4), 7360-7387.
- Dermawan, E., Chamdareno, P. G., & Priyono, A. R. (2019). Studi Analisa Start-Up Gas Turbin Memanfaatkan Generator Utama sebagai Motor Penggerak Mula dengan Menggunakan Static Frequency Converter (Sfc) pada Unit Blok 1-2 PT. PJB Unit Pembangkitan Muara Tawar. *RESISTOR (elektRONika kEndali telekomunikaSI tenaga liSTrik kOmputeR)*, 2(2), 83-88.
- Husnul, Muhammad., 2008., Deteksi dan Analisis Peluahan Parsial pada Belitan Stator Generator., FTUI., Jakarta.
- Iris Power LP., 2019., Appendix – Data Analysis of Results THRU 2017., Iris Power Engineering. Inc., Canada.
- Mohamed, H., Lazaridis, P., Upton, D., Khan, U., Saeed, B., Jaber, A., ... & Glover, I. A. (2016, May). *Partial discharge detection using low cost RTL-SDR model for wideband spectrum sensing. In 2016 23rd International Conference on Telecommunications (ICT)* (pp. 1-5). IEEE.
- Paoletti, G., & Golubev, A. (1999, June). *Partial discharge theory and applications to electrical systems. In Conference record of 1999 annual pulp and paper industry technical conference* (Cat. No. 99CH36338) (pp. 124-138). IEEE.
- Rahman, M. H., & Islam, M. M. (2016). *A practical approach to spectrum analyzing unit using rtl-sdr. Rajshahi University Journal of Science and Engineering*, 44, 151-159.

- Ra, N., & Khayam, U. (2015, November). *Partial discharge measurement of 4 types of electrodes configuration in air insulation using high frequency current transformer sensor*. In *Proceedings of the Joint International Conference on Electric Vehicular Technology and Industrial, Mechanical, Electrical and Chemical Engineering (ICEVT & IMECE)* (pp. 100-105). IEEE.
- Stone, G. C., Chan, C., & Sedding, H. G. (2016, June). On-line partial discharge measurement in hydrogen-cooled generators. In *2016 IEEE Electrical Insulation Conference (EIC)* (pp. 194-197). IEEE.
- Widodo, K., Haddin, M., & Gunawan, G. (2020). Analisis Partial Discharge dan Prediksi Usia Layak Isolasi Belitan Stator Generator 143, 4 MVA. *ENERGI & KELISTRIKAN*, 12(1), 53-64.
- Yuliara, I. M. (2016). *Regresi linier berganda*. Denpasar: Universitas Udayana.