

Pengaruh *Partial Discharge* Pada Kubikel *Incoming* 20 kV dengan Metode TEV

Finka Amalia Putya Adirawati, Samsurizal²

^{1,2} Jurusan Teknik Elektro IT-PLN

DKI Jakarta, Indonesia

Finka1911204@itpln.ac.id¹, samsurizal@itpln.ac.id²

Intisari— Salah satu gejala kegagalan isolasi yaitu adanya aktivitas *partial discharge*. *Partial discharge* merupakan salah satu indikator awal kerusakan isolasi dalam peralatan sistem tenaga listrik, terutama pada kubikel *incoming*. Dimana jika tidak terdeteksi *partial discharge* maka dapat menyebabkan kegagalan peralatan dan gangguan pada sistem tenaga listrik. Metode pengujian yang digunakan untuk mendeteksi *partial discharge* yaitu dengan pengukuran *Transient Earth Voltage* (TEV) dengan menggunakan sensor khusus yang dipasang disekitar kubikel. Metode ini dapat digunakan untuk mendeteksi dan menganalisis besarnya *partial discharge* dalam peralatan listrik terisolasi gas (*Gas Insulated Switchgear*) atau peralatan yang menggunakan isolasi padat (*solid insulation*). Berdasarkan hasil pengujian dan analisis, didapatkan hasil bahwa pengujian *partial discharge* pada komponen CT sebesar 17 dB dengan interpretasi a, lalu untuk bagian kabel nilai pengukuran yang didapatkan sebesar 18 dB dengan interpretasi b. Untuk Busbar Atas/Bawah hasil pengukuran didapat sebesar 31 dB dengan interpretasi f, dan komponen PMT 20 kV sebesar 34 dB dengan interpretasi f. Dari hasil pengujian tersebut didapatkan komponen yang terindikasi *partial discharge* yaitu peralatan Busbar Atas/Bawah dan PMT, dimana hal ini dapat disebabkan oleh beberapa hal seperti kerusakan isolasi pada kabel, busbar, atau pada peralatan didalam kubikel, terdapat kotoran atau kontaminasi pada peralatan, dan pada peralatan mengalami tegangan transient dimana yang disebabkan oleh perubahan daya atau gangguan sementara pada kubikel.

Keywords— *Partial Discharge, Kubikel, Isolasi, Transient Earth Voltage (TEV)*

I. PENDAHULUAN

Dalam sistem kelistrikan, isolasi merupakan hal yang umum untuk dijumpai dikarenakan isolasi merupakan salah satu bagian yang penting dalam sistem tenaga listrik karena dapat menjaga sistem keamanan serta kinerja sistem. Sistem isolasi yang umum dijumpai pada peralatan listrik yaitu pada generator, motor, trafo, panel, kabel, dan peralatan listrik lainnya. Sistem isolasi merupakan suatu media yang berfungsi untuk memisahkan antara bagian yang bertegangan dan tidak bertegangan sehingga percikan api listrik dan loncatan api listrik tidak terjadi pada peralatan listrik tersebut. Isolasi yang dipasang pada peralatan listrik bertujuan untuk mencegah adanya arus bocor yang dapat menyebabkan kerusakan peralatan atau bahkan kebakaran pada sistem kelistrikan.

Kerusakan atau kegagalan sistem isolasi merupakan masalah yang sering terjadi dalam penyaluran sistem tenaga listrik. Maka dari itu diperlukan sistem isolasi agar dapat mencegah

kerusakan tersebut. Karakteristik kekuatan isolasi dapat menurun seiring dengan berjalannya waktu, dimana dapat disebabkan oleh beberapa faktor seperti pemakaian peralatan dalam waktu yang lama, terdapat kerusakan mekanis pada peralatan, berkurangnya kekuatan dielektrik dan adanya tegangan tembus. Faktor lingkungan juga dapat menyebabkan penurunan kondisi isolasi seperti perubahan suhu dan juga kelembaban. Salah satu pengukuran parameter yang dapat digunakan untuk mengetahui kondisi gagalnya suatu isolasi pada peralatan yaitu dengan pengukuran *partial discharge*.

Sebelum terjadi kerusakan isolasi pada peralatan listrik, terdapat proses pelepasan sebagian (*partial discharge*). Oleh karena itu *partial discharge* dapat dikatakan sebagai salah satu indikator awal kegagalan isolasi yang terjadi. Isolasi yang gagal akan ditandai dengan adanya bunga api yang dimana jika dibiarkan secara terus-menerus maka dapat berakibat fatal bagi peralatan atau bahkan dapat menyebabkan kebakaran. Kehadiran *partial discharge* pada sistem isolasi peralatan listrik dapat menunjukkan tanda-tanda umur suatu isolator dan dalam jangka waktu yang lama akan berdampak pada penurunan kualitas sistem isolasi peralatan tersebut. Jika dibiarkan terus-menerus maka dapat menyebabkan kegagalan isolasi pada peralatan tersebut.

Pada sistem penyaluran tenaga listrik, *partial discharge* umumnya sering terjadi pada peralatan sistem tenaga listrik, baik komponen *switchgear* ataupun komponen lainnya. Besarnya representasi *partial discharge* yang terjadi pada komponen peralatan listrik yaitu pada kabel sebesar 35%, pada *circuit breaker* (CB) sebesar 25%, pada peralatan *voltage transformer* (VT) sebesar 20%, pada bagian busbar 10% dan komponen lainnya sebesar 9% [1]. Peristiwa *partial discharge* ditandai dengan adanya *void* (lubang-lubang) yang diakibatkan karena cacat produksi ataupun cacat akibat umur.

Mengingat pentingnya kualitas isolasi dalam sistem tenaga listrik maka diperlukan pemantauan kualitas sistem isolasi, salah satunya dengan pengukuran *partial discharge*. Terdapat beberapa metode yang dapat digunakan untuk mendeteksi adanya *partial discharge* pada peralatan sistem tenaga listrik, salah satunya yaitu deteksi *partial discharge* dengan menggunakan metode *Transient Earth Voltage* (TEV). Metode ini dapat digunakan untuk mendeteksi dan menganalisis besarnya *partial discharge* dalam peralatan listrik terisolasi gas (*Gas Insulated Switchgear*) atau peralatan yang menggunakan isolasi padat (*solid insulation*).

Dalam penelitian *Comparison of Partial Discharge signal in a Three phase Transformer by UHF, TEV and HFCT*

sensors 2021 [2] menjelaskan bahwa secara eksternal sinyal *partial discharge* dihubungkan secara elektromagnetik dengan transformator tiga fasa untuk dapat memahami sifat perambatannya yang terdapat dalam belitan transformator. Transformator dengan atau tanpa beban ditambah dengan PD yang dihasilkan secara eksternal akan dipantau dengan sensor *Ultra High Frequency* (UHF), *Transient Earth Voltage* (TEV) dan *High Frequency Current Transformer* (HFCT) untuk membandingkan kinerjanya. Metode PRPD juga akan digunakan untuk dapat membedakan besarnya debit dengan posisi fasornya.

[3] Menurut jurnal *Detection and Analysis of Partial Discharges in Oil-Immersed Power Transformers Using Low-Cost Acoustic Sensors*. Dijelaskan bahwa *partial discharge* (PD) ialah satu dari banyak gejala masalah isolasi listrik yang dapat menyebabkan kerusakan total isolasi listrik pada peralatan tegangan tinggi seperti transformator daya. Metode emisi akustik (EA) merupakan salah satu teknik terkenal yang digunakan untuk mendeteksi dan melokalisasi aktivitas PD didalam transformator. Namun, dengan menggunakan sistem pemantauan berbasis sensor akustik masih memiliki biaya yang tinggi. Dengan mengekstrak fitur khas dari sinyal AE, sinyal PD dibedakan dari noise dan interferensi di tempat. Sinyal AE dianalisis menggunakan metrik sinyal akustik seperti nilai puncak, kriteria energi, dan parameter statistik lainnya. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa sensor piezoelektrik murah yang digunakan memiliki kemampuan pemantauan PD dalam transformator daya

Sedangkan pada jurnal dengan judul *Optimization of a High Frequency Current Transformer sensor for Partial Discharge Detection using Finite Element Analysis*. [4] Pada jurnal ini membahas mengenai sensor *High Frequency Current Transformer* (HFCT) yang banyak dimanfaatkan guna melacak pelepasan sebagian dikarenakan keserbagunaannya, memiliki sensitivitas yang tinggi, dan bandwidth yang lebar. Simulasi untuk menghitung besarnya respon frekuensi sensor dalam rentang 0,3 MHz – 50 MHz untuk parameter berbagai geometris dan material HFCT, khususnya jumlah lilitan belitan, ketebalan spacer, dan material inti.

Dalam jurnal *Partial Discharge Characteristics and Development of Typical XLPE Power Cable Insulation Defects* [5] membahas tentang pencegahan kerusakan isolasi secara tradisional tidak dapat secara efektif mendeteksi sinyal abnormal yang samar yang disebabkan oleh cacat. Biasanya kegagalan isolasi dimulai dengan adanya aktivitas PD yang dimana ini bukan salah satu alasan utama yang menyebabkan kerusakan kabel melainkan juga skalar karakteristik untuk menggambarkan keadaan isolasi kabel. Maka dari itu, diagnosis PD direkomendasikan oleh IEC, IEEE dan CIGRE sebagai metode yang efektif untuk mengevaluasi sifat-sifat kondisi isolasi kabel. Hasil penelitian menunjukkan bahwa stabilitas dan pengulangan yang tinggi dari pelepasan pada model cacat yang identik berada dalam kondisi yang sama. Proses pengembangan pelepasan, pola PRPD, bentuk gelombang domain waktu, perubahan fase pusat sinyal PD dan fitur statistik memiliki karakteristik distribusi yang sangat mirip dan cacat yang berbeda memiliki karakteristik yang berbeda pula.

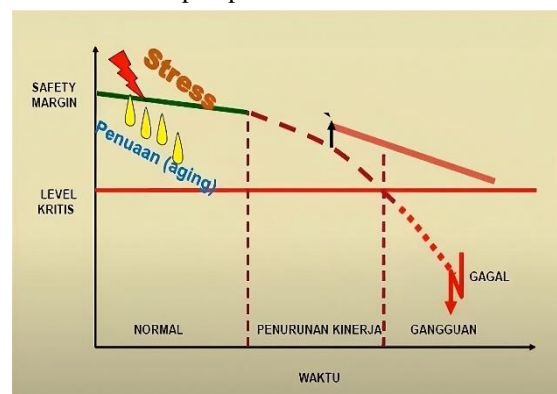
[6] Mendeskripsikan bahwa *partial discharge* ialah pelepasan listrik lokal yang menghubungkan sebagian isolasi antara konduktor dan mungkingtidak muncul sejajar dengan konduktor. Dengan mengukur PD, bisa diketahui tingkat degradasi kondisi isolasi peralatan tegangan tinggi. *Partial Discharge* yang terjadi terus-menerus bisa mengakibatkan kerusakan (kegagalan) pada peralatan tegangan tinggi. Maka dari itu, sebelum memakai peralatan tegangan tinggi, *partial discharge* diperlukan. Pada penelitian ini, RC detector ialah salah satu komponen rangkaian pengukuran *partial discharge* akan dibahas.

II. TINJAUAN PUSTAKA

Isolasi merupakan suatu bahan ataupun sifat yang dapat memisahkan dua atau lebih konduktor secara elektrik sehingga dapat mencegah kebocoran arus dan *flashover*. Fungsi sistem isolasi yaitu mencegah terjadinya hubung singkat pada peralatan sehingga tidak terjadi kegagalan isolasi. Isolasi sendiri dibedakan menjadi isolasi padat, isolasi cair dan juga isolasi gas. Berdasarkan fungsinya, maka bahan isolasi dapat dibedakan menjadi: [7]

- Penyangga atau penggantung (*solid support*), yang terdiri dari bahan-bahan substansial seperti porselin, kayu, kertas, pernis, dan lain sebagainya.
- Bahan pengisi (*filling media*), memuat zat cair atau gas, seperti udara, minyak atau bitumen.
- Bahan penutup biasanya berupa zat padat atau cair yang biasanya terdapat di bagian luar, seperti mika dan pernis.

Bahan isolasi merupakan bahan yang dapat menghambat transmisi panas, arus listrik bahkan kebisingan. Sistem isolasi pada peralatan tegangan tinggi sangat diperlukan. Seiring dengan berjalannya waktu, maka isolator suatu peralatan akan mengalami penuaan, dimana hal ini disebabkan karena pengaruh *thermal* yang terjadi karena suhu dan gradien, apabila penghantar dialiri arus listrik maka akan muncul panas, panas ini akan menurunkan isolasi. Kemudian faktor *electrical*, karena tegangan medan arus dan frekuensi. Pengaruh *ambient* yang disebabkan oleh kelembaban, gas, radiasi, UV, dan zat kimia. Terakhir faktor *mechanical* karena adanya kompresi dan vibrasi. Grafik berikut dapat menjelaskan sistem isolasi yang digunakan pada waktu tertentu akan mengalami penurunan kualitas isolasi dikarenakan stres maupun penuaan.



Gbr 1 Grafik Lifetime Peralatan

Partial discharge merupakan pelepasan muatan listrik baik sebagian maupun seluruhnya yang dapat menjembatani sistem isolasi pada isolator. Dengan kata lain *partial discharge* merupakan pelepasan listrik yang tidak sepenuhnya menghubungkan dua buah elektroda. Fenomena *partial discharge* dapat diakibatkan karena beberapa hal yaitu adanya *void* atau cacat pada peralatan, terdapat kotoran yang menempel pada peralatan, isolator yang tidak sempurna, dan kerusakan pada bagian isolator seperti tergores, terkelupas dan lain sebagainya.

Menurut IEC 60270 *partial discharge* merupakan pelepasan lokal yang hanya menjembatani sebagian isolasi diantara konduktor dan dapat terjadi di dekat konduktor.

A. Proses Terjadinya Partial Discharge

Partial discharge dapat terjadi pada isolasi padat, cair dan gas. Pada isolasi padat, *partial discharge* diinduksi oleh gas yang terkurung atau tertinggal. Hal ini menyebabkan gas yang terkurung dalam isolasi menghasilkan medan listrik yang lebih kuat daripada isolasi gas. Kekuatan isolasi padat lebih besar dibandingkan dengan isolasi gas. Akibatnya, gas akan mengalami kegagalan daya sebelum isolasi. *Partial discharge* atau pelepasan sebagian mengacu pada bagian tembus ini [8]

Partial discharge terjadi ketika medan listrik gas di celah atau bola melebihi kekuatannya. Medan listrik akan memasuki penghalang padat dengan lubang atau celah, dengan asumsi *partial discharge*. Dikarenakan medan yang tinggi pada permukaan tertentu, *partial discharge* akan muncul ketika medan listrik melebihi daya masuk udara. *Partial discharge* juga dapat muncul karena celah dalam isolasi yang disebabkan oleh "water tree", usia, pemasangan yang tidak tepat, atau produksi yang salah.

Efek *partial discharge* meliputi suara gemericik (desis), cahaya, panas, dan reaksi kimia. *Partial discharge* ialah busur listrik (lompatan) yang sangat cepat yang terjadi pada lapisan bidang terisolasi dengan sifat yang berbeda. Biasanya, waktu impuls *partial discharge* kurang dari 10 ns.

B. Jenis-Jenis Partial Discharge

Partial discharge merupakan gejala pelepasan muatan yang terjadi di salah satu atau beberapa bagian dalam suatu sistem isolasi. *Partial discharge* dapat terjadi dalam bahan isolasi cair, padat maupun isolasi gas. *Partial discharge* yang terjadi dapat disebabkan karena adanya rongga (*void*), gelembung atau tonjolan.

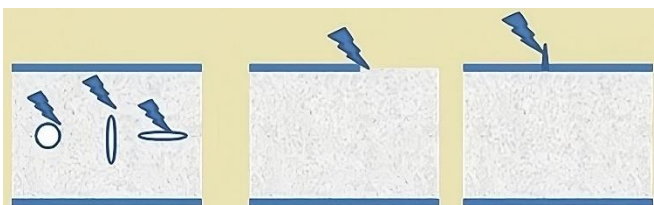
- void discharge*, yaitu cacat pabrikan yang terdapat dalam isolasi padat
- corona discharge*, disebabkan karena adanya medan yang sangat kuat dan emisi frekuensi audio
- internal discharge*, terjadi didalam isolator atau pada rongga didalam dielektrik padat atau cair
- surface discharge*, pelepasan yang terjadi disepanjang permukaan isolasi yang disebabkan karena kontaminasi atau pelapukan permukaan isolator

C. UltraTEV Plus 2

UltraTEV Plus 2 merupakan alat yang digunakan untuk dapat mendeteksi dan mengukur besarnya nilai *partial discharge* pada suatu peralatan atau komponen listrik. Adapun peralatan listrik yang dapat dideteksi dengan alat ultraTEV Plus 2 ini yaitu transformator, CT, VT, CB, kabel power, dan peralatan yang terdapat pada kubikel *incoming*. Pengujian *partial discharge* dilakukan dalam keadaan bertegangan (beroperasi) sehingga tidak mengganggu sistem kelistrikan. Dimana tegangan yang digunakan diatas 3,3 kVac (sesuai dengan standar IEC 62478).

Salah satu metode yang dapat digunakan untuk mendeteksi besarnya nilai *partial discharge* pada peralatan yaitu dengan metode *Transient Earth Voltage* (TEV). Dimana metode ini menggunakan sinyal elektromagnetik dari sumber diluar peralatan *switchgear* sehingga menghasilkan tegangan diluar *switchgear*. Sumber elektromagnetik ini dapat berasal dari banyak sumber seperti isolator saluran udara, bushing transformator, dan sinyal radio yang kuat. Sensor TEV ini dilengkapi dengan tampilan "interpretasi" yang dimana dapat merekomendasikan tentang hasil aktivitas *partial discharge* yang terdeteksi pada peralatan.

Pada saat terjadi aktivitas *partial discharge* pada jaringan tegangan tinggi, tegangan menengah dan juga tegangan rendah, maka *partial discharge* ini akan menimbulkan gelombang elektromagnetik dalam frekuensi radio. Ketika gelombang elektromagnetik merambat dari lokasi ditemukannya *partial discharge*, maka gelombang ini akan masuk ke dalam permukaan *switchgear* yang dapat menghasilkan sinyal *Transient Earth Voltage* (TEV). Sinyal TEV (*Transient Earth Voltage*) merupakan frekuensi tinggi dikarenakan berada pada *switchgear*. Aktivitas *partial discharge* dapat dideteksi secara non-intrusif dengan menggunakan probe pada bagian luar *switchgear*.



Gba 2 Sumber Partial Discharge



Gbr 3 Peralatan UltraTEV Plus 2

Transient Earth Voltage (TEV) dapat mendeteksi *partial discharge* pada peralatan listrik Medium Voltage (MV) yang akan menghasilkan sinyal frekuensi radio terinduksi yang berkelanjutan dan dapat dideteksi pada permukaan selungkup MV, seperti Metal-Clad Switchgear, lubang lubang, dan selungkup logam. Sinyal TEV menyebar dengan cepat di permukaan tanah. Untuk alasan ini, sangat sulit untuk menemukan asal sinyal TEV. *Partial discharge* dari overhead dapat menyebabkan sinyal TEV pada seluruh lini Switchgear. Sensor TEV adalah jenis coupler kapasitif yang terpasang pada unit deteksi *partial discharge* utama.

Sensor TEV adalah indikator pertama yang andal tentang kemungkinan *partial discharge* dalam Metal-Clad Switchgear, tetapi juga merespons kebisingan dari sistem pencahayaan, pengisi daya baterai, VFD, LED, dan motor besar. Void type *partial discharge* biasanya tidak akan menghasilkan banyak sinyal TEV karena berada di dalam dielektrik. [1]

Peralatan UltraTEV Plus 2 memiliki berbagai cara yang dapat digunakan untuk mendeteksi adanya *partial discharge* pada peralatan. UltraTEV Plus 2 dilengkapi dengan kartu memori microSD dan juga konektivitas nirkabel yang dapat mendeteksi adanya *partial discharge*. Selain dengan menggunakan peralatan, dapat dilakukan perhitungan secara manual dimana menggunakan persamaan:

$$PPdB = 20 \log_{10} \frac{V_{out}}{V_{in}} \quad (1)$$

Dimana:

- PPdB : besar nilai *partial discharge*
- Vout : tegangan yang keluar
- Vin : tegangan yang masuk

Metode *transient earth voltage* (TEV) memanfaatkan sensor TEV melalui rambatan atau getaran pada peralatan listrik untuk mengidentifikasi adanya *partial discharge* pada peralatan. Sensor TEV ini dianggap sebagai alternatif efektif untuk mendeteksi adanya *partial discharge* pada peralatan yang berisolasi gas dan pada isolator padat. Sensor TEV akan didekatkan pada komponen yang akan diuji besarnya nilai *partial discharge*. Sehingga pada alat uji ini akan muncul nilai besarnya *partial discharge* serta interpretasi yang ditunjukkan.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Partial discharge merupakan peluahan muatan listrik (elektrik) yang dapat menjembatani sistem isolasi baik secara sebagian ataupun menyeluruh didalam suatu isolator. Fenomena *partial discharge* timbul diakibatkan karena adanya celah atau void pada bahan isolator, adanya cacat pada proses pembuatan pabrik dan pada suatu isolator terdapat tonjolan atau runcingan. *Partial discharge* muncul diakibatkan karena adanya medan tinggi pada bagian tertentu didalam ataupun pada permukaan isolasi. Pada penelitian ini penulis menggunakan metode *Transient Earth Voltage* (TEV) untuk mendeteksi adanya *partial discharge* pada peralatan. Dimana metode TEV ini memanfaatkan getaran untuk dapat mendeteksi adanya *partial discharge* pada peralatan. Metode TEV ini dapat menjadi alternatif yang efektif dalam mendeteksi adanya *partial discharge* pada peralatan listrik terisolasi gas atau peralatan dengan isolasi padat.

[9] Kubikel merupakan seperangkat peralatan listrik yang dipasang pada gardu induk dan gardu distribusi atau gardu penyambung yang berfungsi sebagai pembagi sistem distribusi tenaga listrik 20 kV, pemutus, penyambung, pengendali, dan perlindungan. Kubikel *incoming* 20 kV berfungsi untuk menghubungkan sisi sekunder transformator daya ke busbar 20 kV. Untuk spesifikasi dari kubikel *incoming* 20 kV dapat dilihat pada tabel 1.

TABLE I. SPESIFIKASI KUBIKEL INCOMING 20KV

Spesifikasi Kubikel <i>Incoming</i> 20 kV	
Merk	Industria
Beban Trafo	850 A
Tahun Buat	2003
Tahun Operasi	2005

A. Data Hasil Pengukuran Partial Discharge

Untuk melakukan perhitungan besarnya nilai *partial discharge* yang terindikasi dalam peralatan, penulis mengambil data besarnya nilai kebisingan. Data diambil dengan melakukan beberapa kali pengujian dan pengukuran pada peralatan tersebut. Pada tabel 2 disajikan data besarnya nilai kebisingan serta interpretasi untuk setiap bagian komponen yang diukur besarnya *partial discharge*. Dimana pada kubikel *incoming* terdapat 4 titik atau komponen yang akan diukur yaitu CT, Kabel, Busbar atas/bawah, dan PMT 20 kV. Dari keempat titik ini, akan dianalisis dimana titik yang terdapat indikasi *partial discharge*.

TABLE II. DATA PENGUKURAN PARTIAL DISCHARGE

Titik	TEV	
	Nilai (dB)	Interpretasi (a-g)
Ruang CT	17	a
Kabel	18	b
Busbar Atas/Bawah	31	f
PMT 20 kV	34	f

B. Analisa Hasil Pengujian Partial Discharge

Pada tabel 1, dapat dilihat hasil pengukuran *partial discharge* pada beberapa komponen (titik), dengan menggunakan metode pengukuran *Transient Earth Voltage* (TEV). Dimana pada metode TEV didapatkan dari hasil gelombang tekanan akustik yang dimana getaran ini akan mendeteksi besarnya nilai *partial discharge* pada peralatan.

Untuk titik pertama, yaitu komponen CT (*current transformers*), dimana hasil pengujian dengan menggunakan metode TEV menunjukkan angka 17 dB dengan interpretasi a. Hal ini diartikan bahwa nilai yang dihasilkan masih berada dibawah standar yang ditetapkan oleh PT. PLN (Persero). Standar pengukuran *partial discharge* yang telah ditetapkan oleh PT. PLN (Persero) menyatakan bahwa untuk nilai kurang dari 20 dB masih berada dalam keadaan normal, dimana tidak ada indikasi adanya *partial discharge* pada peralatan. Untuk nilai 20 – 29 dB sudah ada indikasi *partial discharge* sehingga diperlukan perhatian pada peralatan. Selanjutnya jika diatas 29 dB, dianggap berbahaya karena kemungkinan terindikasi *partial discharge* tingkat tinggi yang dimana dapat membahayakan pada peralatan. Pada komponen CT hasil yang ditunjukkan berada pada angka 17 dB, dimana masih berada dibawah standar sehingga pada peralatan ini masih dalam keadaan normal tidak ada indikasi *partial discharge* pada peralatan. Untuk arti dari interpretasinya sendiri menandakan bahwa komponen CT ini tidak terindikasi *partial discharge*

sehingga tidak memerlukan perhatian dan peralatan dianggap masih baik dan aman. Hasil 17 dB ini dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor karena dengan menggunakan metode TEV ini dipengaruhi oleh nilai rambatan sehingga faktor luar komponen berpengaruh dalam pengukuran *partial discharge*. Secara matematis, besarnya nilai *partial discharge* yang terindikasi pada peralatan dapat dibuktikan besarnya dengan menggunakan persamaan 1, yaitu:

$$PPdB = 20 \log_{10} \frac{V_{out}}{V_{in}}$$

$$17 \text{ dB} = 20 \log_{10} \frac{V_{out}}{V_{in}}$$

$$\frac{17 \text{ dB}}{20} = \log_{10} \frac{V_{out}}{V_{in}}$$

$$0,85 \text{ dB} = \log_{10} \frac{V_{out}}{V_{in}}$$

$$\frac{V_{out}}{V_{in}} = 10^{0,85} \text{ dB} = 7,079 \text{ dB}$$

$$PPdB = 20 \log_{10} \frac{V_{out}}{V_{in}}$$

$$PPdB = 20 \log_{10}(7,079 \text{ dB})$$

$$PPdB = 16,999 \text{ dB}$$

$$\approx 17 \text{ dB}$$

Berdasarkan hasil perhitungan diatas, maka dapat diverifikasi bahwa hasil perhitungan secara matematis dan hasil pengukuran *partial discharge* pada komponen CT besar nilainya sama.

Pada titik kedua, yaitu komponen box kabel yang terdapat pada kubikel. Setelah melakukan pengujian, maka didapatkan hasil sebesar 18 dB dengan interpretasi b. Nilai 18 dB masih berada dibawah standar yang telah ditetapkan oleh PT.PLN (Persero). Seperti yang telah dijelaskan sebelumnya, bahwa jika nilai yang dihasilkan masih berada dibawah atau kurang dari 20 dB menandakan bahwa peralatan tersebut masih dalam kondisi normal dan tidak terindikasi adanya *partial discharge*. Untuk interpretasinya pada peralatan box kabel ini menunjukkan indikasi 'b' yang artinya PPC tinggi yang dimana kemungkinan terdapat noise. PPC (*pulse per cycle*) mengacu pada banyaknya jumlah pulsa *partial discharge* yang terdeteksi dalam satu siklus arus atau tegangan pada sistem kelistrikan. PPC yang tinggi menunjukkan adanya fenomena *partial discharge* yang berulang-ulang dalam satu siklus kelistrikan. Hal ini dapat mengindikasikan masalah pada sistem isolasi maupun pada peralatan, akan tetapi PPC yang tinggi disini belum sampai menghasilkan *partial discharge* tetapi hanya kemungkinan noise saja. Adanya indikasi noise ini dapat disebabkan karena beberapa hal seperti terdapat kontak yang buruk antara kabel dan terminal ataupun pada sambungan longgar sehingga dapat menyebabkan noise, kemudian terdapat gelembung gas dimana dapat menyebabkan noise pada peralatan. Adanya gelembung gas ini disebabkan karena terdapat kelembaban yang tinggi pada isolasi. Secara matematis, besarnya nilai *partial discharge* yang terindikasi pada peralatan dapat dibuktikan besarnya dengan menggunakan persamaan 1, yaitu:

$$PPdB = 20 \log_{10} \frac{V_{out}}{V_{in}}$$

$$18 \text{ dB} = 20 \log_{10} \frac{V_{out}}{V_{in}}$$

$$\frac{18 \text{ dB}}{20} = \log_{10} \frac{V_{out}}{V_{in}}$$

$$0,9 \text{ dB} = \log_{10} \frac{V_{out}}{V_{in}}$$

$$\frac{V_{out}}{V_{in}} = 10^{0,9} \text{ dB} = 7,9432 \text{ dB}$$

$$PPdB = 20 \log_{10} \frac{V_{out}}{V_{in}}$$

$$PPdB = 20 \log_{10}(7,9432 \text{ dB})$$

$$PPdB = 17,999 \text{ dB}$$

$$\approx 18 \text{ dB}$$

Berdasarkan hasil perhitungan diatas, maka dapat diverifikasi bahwa hasil perhitungan secara matematis dan hasil pengukuran *partial discharge* pada komponen box kabel besar nilainya sama.

Pada komponen Busbar Atas/Bawah, besarnya nilai *partial discharge* setelah dilakukan pengujian yaitu 31 dB dengan interpretasi f. Hal ini berbeda dengan peralatan listrik sebelumnya, yang dimana peralatan sebelumnya masih berada dalam keadaan normal (karena masih berada dibawah standar), sedangkan pada peralatan busbar ini sudah melebihi standar yaitu 31 dB. Nilai ini jika dibandingkan dengan standar yang ditentukan sudah masuk ke bagian berbahaya, dengan interpretasi 'f' menandakan bahwa adanya indikasi *partial discharge* yang tinggi pada peralatan. Indikasi *partial discharge* ini dapat disebabkan oleh beberapa faktor seperti adanya cacat pada isolasi peralatan listrik, terdapat kontaminasi pada peralatan, atau bahkan terdapat tegangan yang berlebih sehingga hal ini dapat menimbulkan *partial discharge* pada peralatan tersebut. Adanya *partial discharge* pada komponen busbar ini dapat disebabkan karena peningkatan suhu, dimana busbar akan terasa panas secara tidak wajar saat beban normal sehingga dapat mengindikasikan adanya *partial discharge*. Jika *partial discharge* dibiarkan, maka dapat menyebabkan peningkatan arus bocor yang akan terdeteksi oleh sistem proteksi busbar. *Partial discharge* pada busbar ini juga dapat menyebabkan corona jika dibiarkan terus menerus, corona ini ditandai dengan kilatan cahaya atau adanya percikan disekitar busbar. Secara matematis, besarnya nilai *partial discharge* yang terindikasi pada peralatan dapat dibuktikan besarnya dengan menggunakan persamaan 1, yaitu:

$$PPdB = 20 \log_{10} \frac{V_{out}}{V_{in}}$$

$$31 \text{ dB} = 20 \log_{10} \frac{V_{out}}{V_{in}}$$

$$\frac{31 \text{ dB}}{20} = \log_{10} \frac{V_{out}}{V_{in}}$$

$$1,55 \text{ dB} = \log_{10} \frac{V_{out}}{V_{in}}$$

$$\frac{V_{out}}{V_{in}} = 10^{1,55} \text{ dB} = 35,481 \text{ dB}$$

$$PPdB = 20 \log_{10} \frac{V_{out}}{V_{in}}$$

$$PPdB = 20 \log_{10}(35,481 \text{ dB})$$

$$PPdB = 30,999 \text{ dB}$$

$$\approx 31 \text{ dB}$$

Berdasarkan hasil perhitungan diatas, maka dapat diverifikasi bahwa hasil perhitungan secara matematis dan hasil pengukuran *partial discharge* pada komponen Busbar Atas/bawah besar nilainya sama.

Selanjutnya untuk komponen PMT 20 kV, besarnya nilai *partial discharge* yang terbaca pada alat ukur yaitu 34 dB dengan interpretasi f. Hal ini berarti pada peralatan PMT 20 kV ada indikasi *partial discharge* yang tinggi. Dimana hal ini dapat disebabkan karena pada saat pengukuran, pada komponen PMT ini menghasilkan suara atau getaran yang tidak normal. Sehingga getaran ini dapat menjadi indikasi adanya *partial discharge*. Penyebab lainnya yaitu adanya peningkatan suhu pada komponen PMT ini, sehingga komponen ini akan mengalami kenaikan suhu yang dapat menyebabkan adanya berlebih. Panas berlebih ini juga dapat mengindikasikan adanya *partial discharge* pada peralatan tersebut. Secara matematis, besarnya *partial discharge* yang terindikasi pada peralatan dapat dibuktikan dengan menggunakan persamaan 1, dimana:

$$PPdB = 20 \log_{10} \frac{V_{out}}{V_{in}}$$

$$34 \text{ dB} = 20 \log_{10} \frac{V_{out}}{V_{in}}$$

$$\frac{34 \text{ dB}}{20} = \log_{10} \frac{V_{out}}{V_{in}}$$

$$1,7 \text{ dB} = \log_{10} \frac{V_{out}}{V_{in}}$$

$$\frac{V_{out}}{V_{in}} = 10^{1,7} \text{ dB} = 50,118 \text{ dB}$$

$$PPdB = 20 \log_{10} \frac{V_{out}}{V_{in}}$$

$$PPdB = 20 \log_{10}(50,118 \text{ dB})$$

$$PPdB = 33,999 \text{ dB}$$

$$\approx 34 \text{ dB}$$

Berdasarkan hasil perhitungan diatas, maka dapat diverifikasi bahwa hasil perhitungan secara matematis dan hasil pengukuran *partial discharge* pada komponen PMT besarnya sama.

Dari pembahasan diatas maka dapat disimpulkan bahwa adanya indikasi *partial discharge* dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor dimana yang sering muncul dikarenakan pengaruh suhu dan temperatur. Manfaat dilakukannya pengukuran *partial discharge* yaitu untuk meminimalisir adanya gangguan pada peralatan listrik sehingga pada peralatan tidak mengalami kegagalan dalam beroperasi.

IV. PENUTUP

Hasil yang didapatkan pada penelitian ini yaitu pada beberapa komponen peralatan listrik terdapat indikasi adanya *partial discharge* yang dimana hal ini diperlukan perhatian agar tidak membahayakan peralatan atau komponen listrik yang lainnya. Berdasarkan hasil pengujian dan analisis, didapatkan hasil bahwa pengujian partial discharge pada komponen CT sebesar 17 dB dengan interpretasi a, lalu untuk bagian kabel nilai pengukuran yang didapatkan sebesar 18 dB dengan interpretasi b. Untuk Busbar Atas/Bawah hasil pengukuran didapat sebesar 31 dB dengan interpretasi f, dan komponen PMT 20 kV sebesar 34 dB dengan interpretasi f. Adanya indikasi *partial discharge* pada peralatan ini dapat disebabkan oleh beberapa hal, seperti adanya kerusakan isolasi pada peralatan seperti kerusakan pada isolasi kabel, busbar, atau peralatan lainnya yang berada dalam kubikel. Isolasi yang rusak ini dapat mengakibatkan arus bocor atau lonjakan tegangan, yang dimana dapat menyebabkan indikasi *partial discharge*. Penyebab lainnya dapat disebabkan karena kerusakan mekanis seperti usia peralatan yang telah lama, dimana hal ini dapat mempengaruhi kualitas isolasi dan dapat menyebabkan *partial discharge*. Dari analisis data *partial discharge*, peralatan listrik tersebut masih berada dalam keadaan aman tetapi diperlukan perhatian lebih lanjut agar indikasi *partial discharge* tidak semakin besar sehingga menyebabkan kerusakan pada peralatan. Adapun penanganan yang dapat dilakukan jika peralatan terindikasi *partial discharge* yaitu dengan melakukan perbaikan atau pergantian isolasi, melakukan perbaikan kontak atau sambungan. Dimana ini untuk memastikan bahwa sambungan tidak longgar serta melakukan pembersihan kontak dari korosi atau kotoran yang menumpuk

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada semua pihak mulai dari survei, pengambilan data, hingga pelaksanaan penelitian, sehingga hasil yang diperoleh bisa disajikan dalam bentuk publikasi.

REFERENSI

- [1] Z. Oktafian, 'Asesmen Kabel Power dan Kubikel Incoming 20kV'. PT. PLN (Persero) UIT JBB, Jakarta, p. 51, 2021.
- [2] A. Subramaniam, S. J. Raman, and S. K. Panda, 'Comparison of Partial Discharge signal in a Three

- phase Transformer by UHF, TEV and HFCT sensors', *ICPEE 2021 - 2021 1st Int. Conf. Power Electron. Energy*, pp. 9–12, 2021, doi: 10.1109/ICPEE50452.2021.9358502.
- [3] H. Besharatifard, S. Hasanzadeh, E. Heydarian-Forushani, H. H. Alhelou, and P. Siano, 'Detection and Analysis of Partial Discharges in Oil-Immersed Power Transformers Using Low-Cost Acoustic Sensors', *Appl. Sci.*, vol. 12, no. 6, 2022, doi: 10.3390/app12063010.
- [4] C. Zachariades, R. Shuttleworth, R. Giussani, and R. Mackinlay, 'Optimization of a high-frequency current transformer sensor for partial discharge detection using finite-element analysis', *IEEE Sens. J.*, vol. 16, no. 20, pp. 7526–7533, 2016, doi: 10.1109/JSEN.2016.2600272.
- [5] X. Zhao, L. Pu, Z. Ju, S. Ren, W. Duan, and J. Wang, 'Partial discharge characteristics and development of typical XLPE power cable insulation defects', *C. 2016 - Int. Conf. Cond. Monit. Diagnosis*, pp. 623–626, 2016, doi: 10.1109/CMD.2016.7757955.
- [6] A. Junaidi, 'Analisis RC Detector Sebagai Sensor Partial Discharge', *Kilat*, vol. 10, no. 1, pp. 200–207, 2021, doi: 10.33322/kilat.v10i2.986.
- [7] S. Bandri, 'Analisis Kegagalan Isolasi Akibat Partial Discharge pada Kabel NA2XSEBY 20KV Berisolasi XLPE dan PVC', *Momentum*, vol. 16 No, no. 2, pp. 56–64, 2014.
- [8] S. Henry B.H., D. Permata, and T. Jatmiko, 'Analisis Peluahan Sebagian (Partial Discharge) Pada Transformator Step-Up Tegangan Rendah Dengan Proses Pengisolasian Yang Bervariasi', *Electrician*, vol. 3, no. 2, pp. 135–146, 2009, [Online]. Available: <https://electrician.unila.ac.id/index.php/ojs/article/view/ele-200905-03-02-07>
- [9] PT. PLN (Persero), 'Pemeliharaan Kubikel Tegangan Menengah', *Buku Pedoman Pemeliharaan*, vol. 1, pp. 7–8, 2014.
- [10] Teguh Setiadi S.Kom., M.Kom, "Universitas STEKOM. 22 May 2022. [Online]. Available: <https://sistemkomputer-s1.stekom.ac.id/informasi/baca/5-Teknologi-Sensor-Canggih-PMDT-Untuk-Mendeteksi-Mendiagnosis-dan-Memonitor-Partial-Discharge/d306861664c1fd82655a4395eb607837a8b709e>.