

Analisis Asesmen Kabel 20 kV pada Saluran Kabel Tegangan Menengah di PLN ULP Prima Majalaya

Intan Nur Fadliilah¹, Nazrul Effendy², Iwan Agung Firstantara³

¹Program Studi Program Profesi Insinyur, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta
intan.nur.f@mail.ugm.ac.id & intan.nurfadliilah@pln.co.id

²Intelligent and Embedded System Research Group, Departmen Teknik Nuklir dan Teknik Fisika,
Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta
nazrul@ugm.ac.id

³PT PLN (Persero) Energi Primer Indonesia, Jakarta
iwan.agung@plnepi.co.id

Intisari— PLN ULP Prima Majalaya merupakan salah satu unit layanan pelanggan yang bergerak di bidang penyaluran distribusi tenaga listrik tegangan menengah hingga tegangan tinggi. Dalam memberikan pelayanan terbaiknya dalam proses distribusi sistem tenaga listrik, maka digunakan Saluran Kabel Tegangan Menengah (SKTM) sebagai media penyaluran tenaga listrik kepada pelanggan. Namun demikian, tak jarang terjadi gangguan SKTM yang dapat menyebabkan terhentinya proses pendistribusian tenaga listrik tersebut. Gangguan SKTM yang diakibatkan oleh jointing menjadi dominasi penyebab gangguan yang terjadi selama tahun 2021 hingga 2023, dimana tercatat terjadi 27 kali gangguan yang diakibatkan oleh terganggunya jointing pada SKTM. Kecacatan pada jointing kabel dapat menimbulkan partial discharge pada kabel tersebut, yang merupakan suatu peristiwa yang menandai adanya suatu potensi akan terjadinya proses kegagalan pada tahanan isolasi suatu kabel. Gangguan akibat jointing disebabkan oleh adanya partial discharge. Oleh karena itu dibutuhkan suatu upaya pemeliharaan prediktif yang mampu mendiagnosa potensi-potensi adanya partial discharge, sehingga dapat mencegah terjadinya gangguan di masa mendatang, yakni dengan melaksanakan asesmen kabel SKTM. Asesmen kabel pada tegangan menengah dilaksanakan dengan tiga tahapan utama, yaitu pengujian VLF, pengujian TD, dan pengujian PD. Asesmen kabel tersebut dilakukan secara offline (padam), sehingga perlu dilakukan pembebasan tegangan pada segmen kabel yang akan diasesmen. Hasil dari asesmen kabel dapat menjadi dasar untuk melakukan perbaikan atau tindak lanjut atas temuan sesuai dengan rekomendasi perbaikan yang diberikan. Pelaksanaan asesmen kabel SKTM di lingkungan kerja PLN ULP Prima Majalaya telah dilaksanakan secara konsisten selama tahun 2024, yaitu pelaksanaan mencapai 50% terhadap total aset sebesar 105 penyulang. Hal ini tentunya memberikan dampak positif bagi peningkatan sistem kehandalan distribusi tenaga listrik, yaitu selama 2024 tingkat gangguan SKTM yang disebabkan oleh gangguan jointing mengalami penurunan sebesar 75% terhadap gangguan yang sama pada tahun 2023.

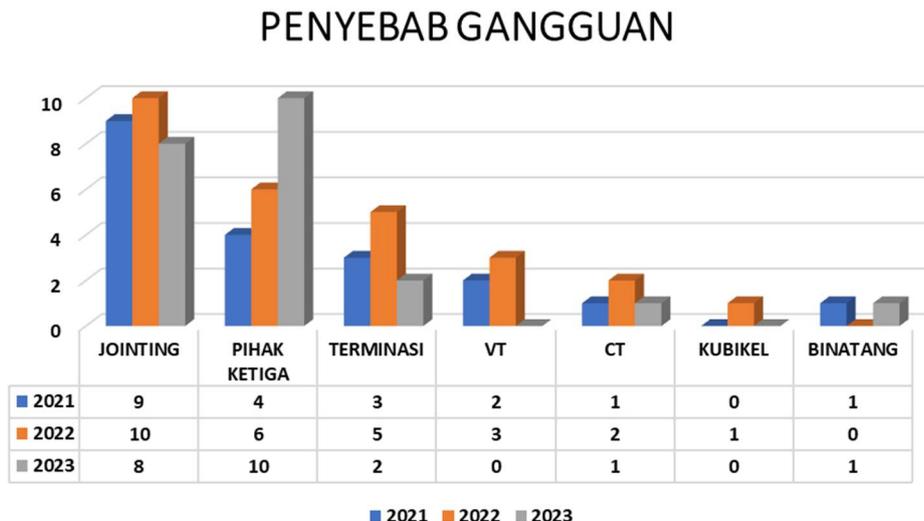
Kata Kunci—SKTM, partial discharge, jointing, distribusi, asesmen, kabel, tegangan menengah

I. PENDAHULUAN

PLN ULP Prima Majalaya merupakan unit layanan pelanggan yang berada di bawah PLN UP3 Majalaya, yang bernaung dalam PLN Unit Induk Distribusi Jawa Barat. PLN ULP Prima Majalaya bergerak di bidang pelayanan pelanggan distribusi, khususnya pelanggan TM (Tegangan Menengah) maupun pelanggan TT (Tegangan Tinggi) yang mempunyai daya kontrak melebihi 197 kVA. Proses penyaluran sistem distribusi tenaga listrik yang dilakukan di PLN ULP Prima Majalaya menggunakan Saluran Kabel Tegangan Menengah (SKTM), yaitu berupa kabel XLPE (*cross-linked polyethylene*). Penggunaan SKTM ini bertujuan untuk meningkatkan kehandalan sistem dan kualitas pelayanan pendistribusian tenaga listrik kepada pelanggan-pelanggan industri berdaya besar. Namun dalam proses penyaluran sistem distribusi tenaga listrik tersebut, tak jarang terjadi beberapa masalah berupa gangguan sistem yang dapat menyebabkan terjadinya pemadaman listrik sehingga proses pendistribusian tenaga listrik ke pelanggan terhenti.

Secara umum, penyebab terjadinya gangguan sistem distribusi pada SKTM adalah akibat *jointing* (sambungan) kabel maupun terminasi pada kabel. Kecacatan atau anomali di dalam kabel maupun pada jointing dan terminasi kabel dapat menimbulkan *Partial Discharge* pada kabel tersebut, sehingga menyebabkan gangguan dan terhentinya proses penyaluran sistem distribusi tenaga listrik. *Partial Discharge* merupakan suatu peristiwa yang menandai adanya suatu potensi akan terjadinya proses kegagalan pada tahanan isolasi suatu kabel. *Partial Discharge* (PD) atau peluahan sebagian, yaitu peristiwa peluahan atau pelepasan muatan listrik yang terjadi pada sebagian atau seluruh bagian bahan isolasi dengan tidak sampai menghubungkan kedua elektroda[1]. Jika peristiwa itu terjadi, maka dapat menyebabkan menurunnya kekuatan dielektrik suatu bahan isolasi yang secara bertahap pada jangka panjang dapat menyebabkan kerusakan pada peralatan tegangan tinggi[2]. Berdasarkan *history* data gangguan yang terjadi di PLN ULP Prima

Majalaya dalam 3 tahun terakhir, diketahui bahwa gangguan SKTM yang terjadi akibat gangguan *jointing* menjadi penyebab dominan dan masalah utama internal yang terjadi, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Penyebab Gangguan SKTM di PLN ULP Prima Majalaya Tahun 2021 – 2023

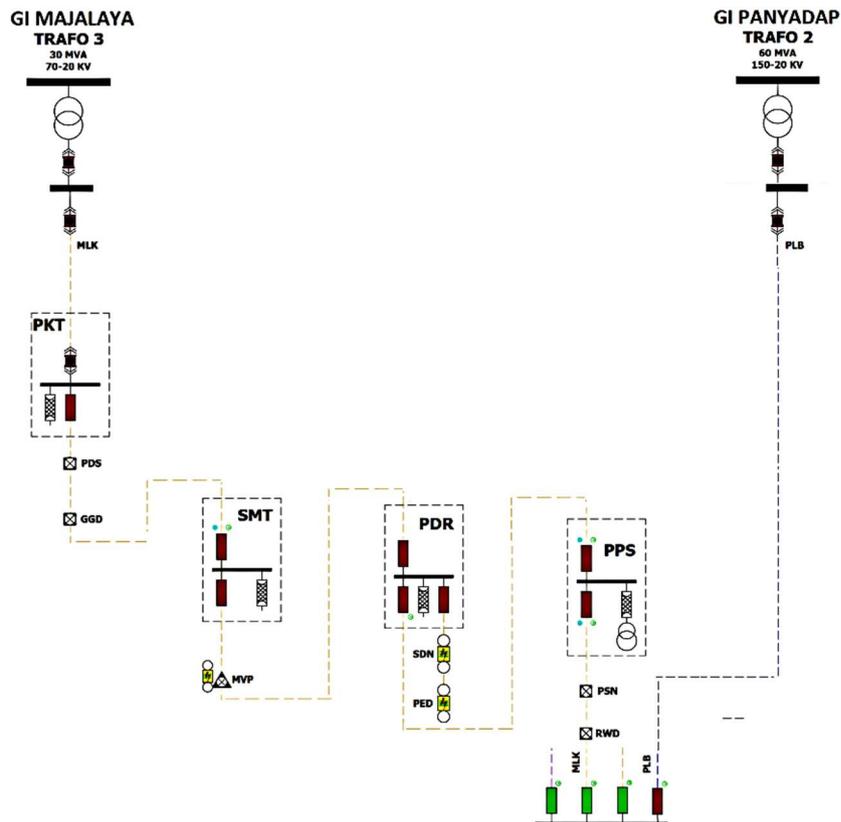
Gangguan SKTM yang diakibatkan oleh gangguan *jointing* maupun terminasi pada kabel dapat dicegah dengan cara melakukan diagnosa *partial discharge* pada suatu kabel, yaitu dengan menggunakan metode asesmen kabel SKTM 20 kV. Asesmen kabel merupakan salah satu pemeliharaan prediktif yang dilakukan untuk mengetahui kondisi suatu kabel, antara lain mendiagnosa *partial discharge* yang terdapat pada kabel serta memberikan gambaran potensi-potensi kerusakan pada tahanan isolasi kabel tersebut. Tahapan-tahapan yang dilaksanakan dalam asesmen kabel SKTM meliputi pengujian TDR (*Time Domain Reflectometer*), pengujian VLF (*Very Low Frequency*), pengujian tan-delta, dan pengujian PD (*Partial Discharge*). Hasil dari asesmen kabel tersebut kemudian dianalisa dan evaluasi untuk selanjutnya diberikan rekomendasi-rekomendasi perbaikan atau tindak lanjut untuk mencegah terjadinya gangguan SKTM. Pelaksanaan asesmen kabel SKTM di PLN ULP Prima Majalaya secara aktif dilaksanakan sejak awal tahun 2024 hingga saat ini, dengan fokus utama pelaksanaan asesmen kabel pada segmen Gardu Induk (GI) – gardu pertama (gardu distribusi).

Makalah ini merupakan rangkaian kegiatan dari kerja praktik keinsinyuran yang membahas tentang analisis pelaksanaan asesmen kabel SKTM 20 kV di PLN ULP Prima Majalaya, yaitu salah satunya asesmen kabel SKTM pada Penyulang MLK dengan segmen GI Majalaya – Gardu PKT. Selain itu, makalah ini juga menjelaskan bagaimana tindak lanjut terhadap rekomendasi perbaikan yang diberikan berdasarkan hasil pelaksanaan asesmen kabel tersebut.

II. METODOLOGI DAN PELAKSANAAN

A. Penyulang MLK

Penyulang MLK (Majalaya-Leuwidulang-Kuning) merupakan salah satu penyulang SKTM yang dimiliki oleh PLN ULP Prima Majalaya untuk memberikan pelayanan dalam pendistribusian sistem tenaga listrik bagi pelanggan-pelanggan industri di wilayah Majalaya. Penyulang ini beroperasi sejak tahun 1986 menggunakan kabel XLPE berpenampang 3 x 150 mm. Penyulang yang mempunyai total asset kabel sepanjang 3,417 kms ini menjadi pasokan utama bagi 11 gardu distribusi 20 kV, sesuai dengan *Single Line Diagram* (SLD) yang ditampilkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Single Line Diagram (SLD) Penyulang MLK

B. Manuver Pembebasan Tegangan

Untuk melaksanakan asesmen kabel pada Penyulang MLK pada segmen GI – Gardu PKT sesuai dengan SLD di atas, maka perlu dilakukan manuver pembebasan tegangan terlebih dahulu. Hal ini dikarenakan pelaksanaan asesmen kabel tidak dapat dilakukan dalam keadaan bertegangan (*online*), sehingga perlu dilakukan pembebasan tegangan (*padam/offline*) pada segmen yang dituju. Manuver dilaksanakan oleh petugas pelayanan teknik dan operator GI Majalaya sesuai dengan SOP (*Standard Operational Procedure*) yang telah disetujui oleh *dispatcher* PLN UP3 Majalaya dan *dispatcher* PLN UP2D Jawa Barat. Langkah manuver yang dilakukan untuk pembebasan tegangan terkait pekerjaan asesmen kabel Penyulang MLK segmen GI – Gardu PKT dapat dilihat pada Tabel 1.

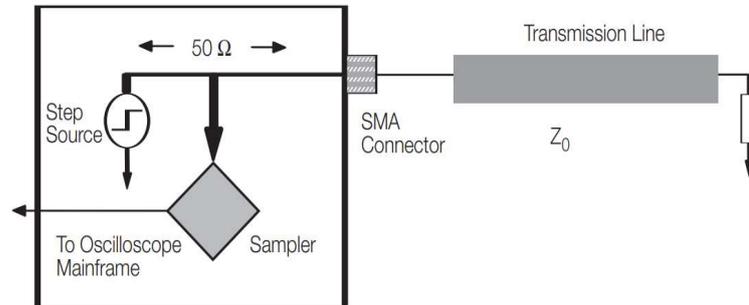
TABEL 1. MANUVER PEMBEBASAN TEGANGAN PENYULANG MLK SEGMENT GI – GARDU PKT

Peralatan	Manuver	Keterangan
LBS GH Leuwi Arah RWD	//= (close parallel)	Penyulang PLB memasok penyulang MLK
LBS PKT Arah GI P. MLK	# (open)	
PMT GI P. MLK	# (open)	Segmen GI – Gardu PKT sudah bebas tegangan
PMS Rel GI P. MLK	# (open)	
Pentanahan GI P. MLK	// (close)	Aman dan kegiatan dapat dilaksanakan

Setelah manuver pembebasan tegangan selesai dilaksanakan, Operator GI Majalaya segera melakukan persiapan lokalisir area kerja yang aman, yaitu dengan memasang *tagging* rambu-rambu peralatan yang berbahaya dan peralatan yang aman dikerjakan. Sebelum memulai pekerjaan asesmen kabel, pengawas pekerjaan, pengawas K3 dan tim pelaksana melakukan *safety briefing* terlebih dahulu yang dipimpin oleh pengawas K3 guna memastikan kesiapan personil, peralatan kerja maupun prosedur yang akan dilaksanakan.

C. Pengujian TDR

Tahap awal yang dilakukan dalam pekerjaan asesmen kabel SKTM adalah pengujian TDR. Pengujian TDR (*Time Domain Reflectometry*) merupakan pengujian yang dilakukan untuk mengetahui panjang kabel pada segmen yang diuji. Pengujian ini mengukur pantulan yang terjadi ketika sinyal melintasi suatu media transmisi, yaitu kabel, dimana pengujian ini mengirimkan pulse melalui media tersebut dan membandingkan pantulan dari area transmisi yang tidak diketahui dengan pantulan yang dihasilkan oleh standar impedansi[3]. Blok diagram pengujian TDR ini ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Blok Diagram Pengujian TDR

D. Pengujian VLF

Pengujian VLF (*Very Low Frequency*) merupakan suatu proses yang dilakukan untuk menguji isolasi suatu kabel dengan menggunakan frekuensi yang sangat rendah, biasanya pada frekuensi 0,1 Hz hingga 1 Hz. Pengujian bertujuan untuk mengetahui tahanan isolasi kabel. Dengan menguji kabel SKTM pada frekuensi rendah, pengujian ini dapat membantu memastikan bahwa kabel tersebut dapat beroperasi dengan aman dan tanpa resiko kegagalan[4]. Pengujian ini dilakukan dengan cara memberikan injeksi arus pada segmen yang akan diukur.

E. Pengujian Tan Delta

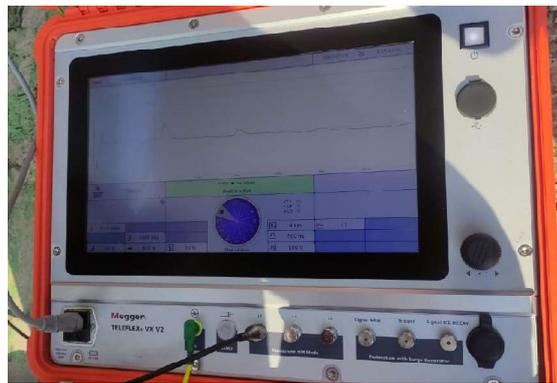
Pengujian tan delta merupakan suatu metode yang dilakukan untuk mengevaluasi kualitas tahanan isolasi kabel tegangan menengah dengan mengukur rasio antara komponen resistif dan reaktif dari arus yang mengalir melalui isolasi. Pengujian ini memberikan indikasi terkait kondisi kabel tersebut, dimana nilai tan delta yang tinggi menunjukkan adanya penurunan kualitas isolasi kabel [4]. Pengujian ini juga bertujuan untuk menguji kelembaban keseluruhan kabel (dari segmen pangkal hingga segmen ujung kabel).

F. Pengujian PD

Pengujian PD (*Partial Discharge*) merupakan tahapan terakhir yang dilakukan dalam pelaksanaan asesmen kabel tegangan menengah. dimana pengujian ini bertujuan untuk mendiagnosa maupun mengukur *partial discharge* yang terjadi pada isolasi kabel tersebut. Pengujian ini melibatkan penerapan pengujian tegangan tinggi hingga $2xU_0$ [5]. Pengujian PD merupakan proses yang paling penting untuk dilaksanakan dalam asesmen kabel, yakni untuk memastikan dan kehandalan dan keamanan sistem kelistrikan.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Langkah awal yang harus dilakukan dalam pelaksanaan asesmen kabel adalah pengujian TDR, dimana pengujian ini dilakukan dengan menggunakan Megger Teleflex VX, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4. Tampilan TDR menunjukkan bentuk gelombang tegangan yang kembali saat sinyal dikirimkan melalui jalur transmisi. Gelombang yang dihasilkan adalah gabungan dari sinyal yang masuk dan pantulan yang muncul ketika sinyal tersebut melewati impedansi yang bervariasi.



Gambar 4. Tampilan Megger Teleflex VX

Berdasarkan pengujian TDR yang dilakukan pada Penyulang MLK dengan segmen GI – Gardu PKT, diperoleh informasi awal terkait penyulang tersebut, berupa panjang segmen kabel dan jumlah jointing seperti yang ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Pengujian TDR

Nama Penyulang	Segmen yang Diuji	Tahun Pemasangan
MLK (Majalaya Leuwidulang Kuning)	GI Majalaya – Gardu PKT	1986
Informasi Data Berdasarkan Uji TDR		
Cable Section	Lokasi (m)	Keterangan
Termination	0	Terminasi pertama (lokasi di GI) / awal kabel
Cable Part	243	Panjang kabel 243 meter
Joint	243	Jointing pertama di meter 243 dari GI
Cable Part	219	Panjang kabel 219 meter
Joint	462	Jointing kedua di meter 462 dari GI
Cable Part	235	Panjang kabel 235 meter
Joint	697	Jointing ketiga di meter 697 dari GI
Cable Part	137	Panjang kabel 235 meter
Joint	834	Jointing keempat di meter 834 dari GI
Cable Part	9	Panjang kabel 9 meter
Joint	843	Jointing kelima di meter 873 dari GI
Cable Part	102	Panjang kabel 102 meter
Termination	945	Terminasi di Gardu PKT / ujung kabel

Dari Tabel 2 dapat diketahui bahwa terdapat lima jointing kabel dan dua terminasi pada segmen kabel sepanjang 0,945 km atau berjarak 945 meter dari GI ke arah Gardu PKT sebagai gardu pertama. Data-data tersebut kemudian menjadi acuan dalam pelaksanaan asesmen kabel. Sesuai dengan penjelasan di atas, terdapat tiga tahap pengujian asesmen kabel SKTM, yaitu pengujian VLF, pengujian tan delta dan pengujian PD. Ketiga tahap uji tersebut dilakukan dengan menggunakan alat uji berupa Megger TDM 45, seperti yang ditampilkan pada Gambar 5.



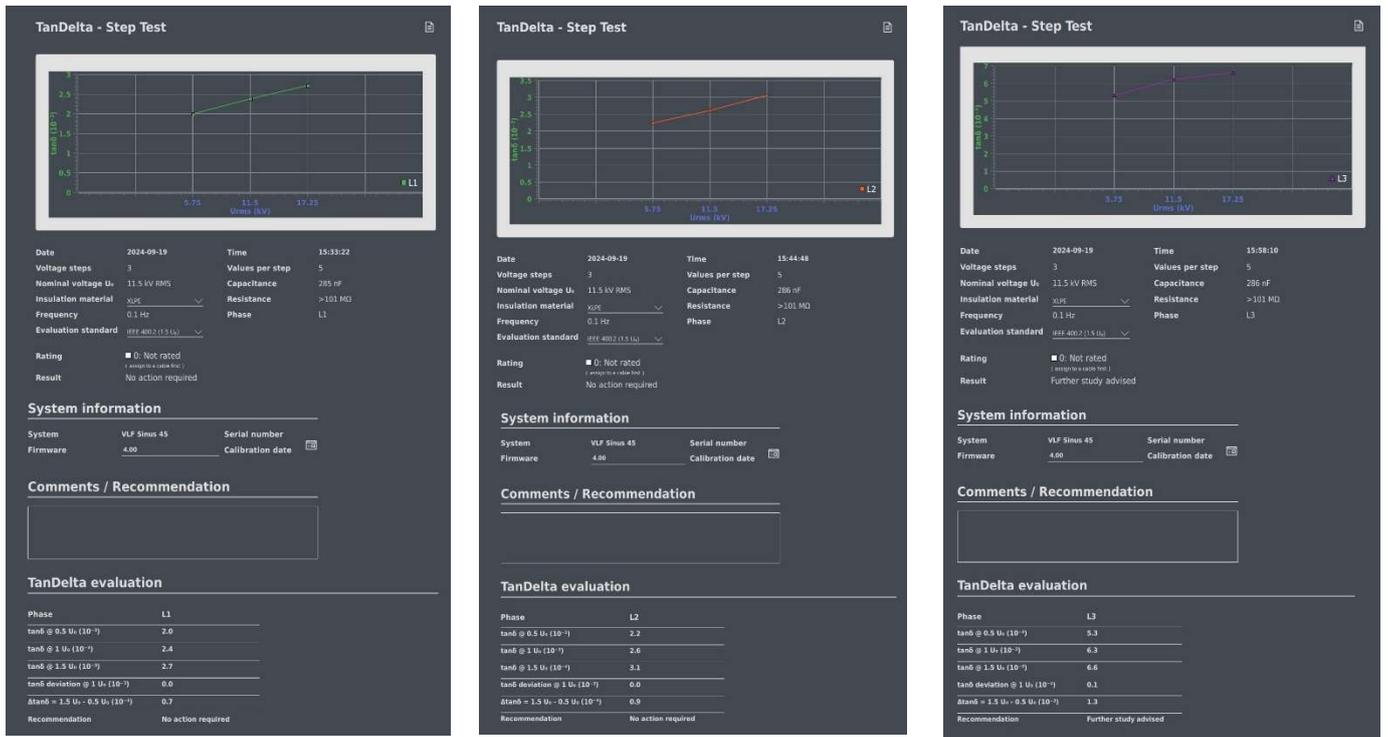
Gambar 5. Megger TDM 45 sebagai Alat Uji Asesmen Kabel

Tahap pertama yang dilakukan dalam serangkaian kegiatan asesmen kabel SKTM adalah pengujian VLF yang bertujuan untuk menguji tahanan isolasi kabel. Pengujian ini dilakukan selama 5 menit dengan frekuensi 0,1 Hz pada tegangan 20 kV rms. Hasil pengujian VLF ditunjukkan pada Gambar 6.



Gambar 6. Hasil Pengujian VLF Pada Setiap Fasa

Gambar 6 menunjukkan hasil dari pengujian VLF pada setiap fasa (L1, L2, L3) di Penyulang MLK pada segmen GI – Gardu PKT, dimana hasil tersebut menunjukkan bahwa tahanan isolasi kabel lulus dalam pengujian VLF. Segmen kabel yang telah dinyatakan lulus uji VLF kemudian dilakukan pengujian tan delta. Pengujian tan delta bertujuan untuk menguji kelembaban keseluruhan pada segmen kabel. Pengujian ini dilakukan dalam 3 tahap, yaitu pengujian dengan tegangan 0,5 U_0 , 1,0 U_0 , dan 1,5 U_0 ; dimana U_0 = tegangan 11,5 kV rms. Hasil pengujian tan delta ditunjukkan pada Gambar 7.



Gambar 7. Hasil Pengujian TD Pada Setiap Fasa

Gambar 7 menunjukkan hasil dari pengujian tan delta yang telah dilaksanakan, dimana setiap fasa pada kabel tersebut diuji dengan tegangan 8 kV rms, 16 kV rms, 20 kV rms, seperti yang yang telah dijelaskan di atas. Hasil pengujian tan delta secara lebih jelas ditunjukkan pada Tabel2.

Tabel 2. Nilai Hasil Pengujian TD

Pengujian tan δ	L1 (Fasa 1)	L2 (Fasa 2)	L3 (Fasa 3)
tan δ pada 0,5 U ₀ (8 kV rms)	2.0	2.0	5.3
tan δ pada 1,0 U ₀ (11 kV rms)	2.4	2.6	6.3
tan δ pada 1,5 U ₀ (16 kV rms)	2.7	3.1	6.6
tan δ deviation pada 1,5 U ₀	0.0	0.0	0.1
Δ tan δ = 1,5 U₀ - 0,5 U₀	0.7	0.9	1.3

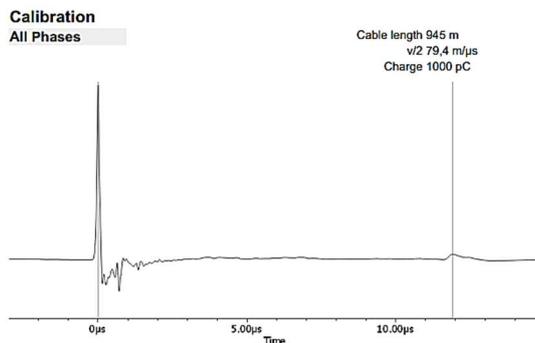
Berdasarkan data hasil pengujian tan delta pada Tabel 2, diketahui bahwa nilai tan delta pada masing-masing fasa tergolong dalam kategori baik sesuai dengan standar nilai yang diterapkan di PLN Unit Induk Distribusi Jawa Barat, seperti yang ditampilkan pada Gambar 8. Hal ini menandakan bahwa kualitas isolasi kabel penyulang MLK pada segmen GI – Gardu PKT masih tergolong baik dan dapat dilanjutkan dengan pengujian terakhir.

Status	MTD	SDTD	ΔTD	Warna
Baik	< 4.0	< 0.10	< 5.0	1
Waspada	> 4.0	> 0.10	> 5.0	2
Buruk	> 50.0	> 0.50	> 80.0	3
Sangat Buruk	> 75.0	> 0.75	> 120.0	4

Gambar 8. Standar Penilaian Tan Delta di PLN UID Jawa Barat

Tahap terakhir pada pelaksanaan asesmen kabel SKTM adalah pengujian PD, dimana pada tahap ini sekaligus menjadi tahap penentu untuk membuktikan kehandalan kondisi kabel tersebut, apakah ada potensi-potensi kerusakan yang ditimbulkan oleh partial

discharge pada kabel tersebut serta rekomendasi yang diberikan untuk tindak lanjut temuan pada pengujian ini. Namun demikian, sebelum dilaksanakan pengujian PD, perlu melakukan kalibrasi terlebih dahulu. Kalibrasi bertujuan untuk meredam *noise* maupun getaran yang timbul akibat lingkungan pengujian sekitar, sehingga dapat memberikan hasil uji yang akurat. Hasil dari kalibrasi tersebut ditunjukkan pada Gambar 9, dimana kalibrasi dilakukan dengan skala 1000 pC dengan nilai *velocity propagation* sebesar 79,4 m/ μ s.



Gambar 9. Hasil Kalibrasi Ketiga Fasa Sebelum Uji PD

Berdasarkan Standar IEEE 400.3TM – 2022, disebutkan bahwa pengujian PD dilaksanakan dengan pengujian dari tegangan 0,5 U_0 hingga 2 U_0 [5], namun pengujian dengan tegangan 2 U_0 tidak direkomendasikan oleh PLN, sehingga pengujian PD ini dilakukan hanya dilakukan dalam 4 tahapan, yaitu pengujian dengan tegangan 0,5 U_0 , 1 U_0 , 1,4 U_0 , dan 1,7 U_0 ; dimana U_0 = tegangan 11,5 kV rms. Tabel 3 merupakan hasil pengujian PD pada setiap fasa kabel tersebut.

Tabel 3. Hasil Pengujian PD

Pengujian <i>Partial Discharge</i>	L1	L2	L3
Disturbance level (pC)	1057	906	952
PDIV (kV rms)	19,6	-	19,6
PDEV (kV rms)	19,6	-	19,6
PD max (pc) 1 U_0 / 11 kV rms	1775	1164	1164
PD level (pc) 1 U_0 / 11 kV rms	1019	1064	1066
PD max (pc) 1,7 U_0 / 20 kV rms	1438	1164	3783
PD level (pc) 1,7 U_0 / 20 kV rms	925	1088	1074
PD max (pc) 2 U_0 / 24 kV rms	-	-	-
PD level (pc) 2 U_0 / 24 kV rms	-	-	-
Frequency (Hz)	0,1	0,1	0,1
Operating Mode	Sinus	Sinus	Sinus

Dari data yang ditampilkan pada Tabel 3, diperoleh nilai *disturbance level* yang merujuk pada tingkat gangguan atau *noise* yang dapat mempengaruhi hasil dari pengukuran PD, dimana terdapat nilai *disturbance level* pada L1 sebesar 1057 pC, L2 sebesar 906 pC, dan L3 sebesar 952 pC. Pada Tabel 3 dapat diketahui pula nilai tegangan pada saat munculnya *partial discharge*, yaitu meliputi PDIV dan PDEV. Data tersebut menunjukkan bahwa *partial discharge* muncul pada saat tegangan dinaikkan secara bertahap (PDIV), yaitu pada tegangan 19,6 kV rms untuk L1 dan L3. Pada saat tegangan mulai diturunkan (PDEV) *partial discharge* kembali muncul, yaitu pada tegangan 19,6 kV rms untuk L1 dan L3. Sedangkan tidak ada *partial discharge* yang muncul pada L2 saat uji PDIV maupun PDEV. Hasil PDIV dan PDEV ini masuk dalam kategori baik sesuai dengan standar nilai penilaian PDIV dan PDEV yang berlaku di PLN UID Jawa Barat, yang ditampilkan pada Gambar 10.

No	Kategori	Symbol	STATUS
1	PDIV dan PDEV Dibawah Teg Nominal	PDIV & PDEV < U_0	Buruk
2	PDIV diatas Teg Nominal dan PDEV dibawah Teg Nominal	PDIV > U_0 & PDEV < U_0	Waspada
3	PDIV dan PDEV diatas Teg Nominal	PDIV & PDEV > U_0	Baik

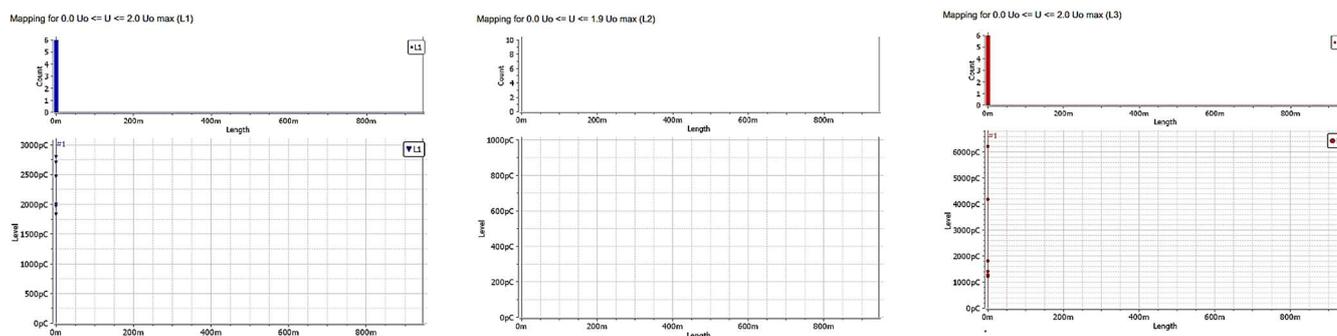
Gambar 10. Standar Nilai PDIV dan PDEV pada Pengujian PD yang berlaku di PLN UID Jawa Barat

Selain itu, pada Tabel 3 menunjukkan bahwa adanya nilai PD max dan nilai PD level di masing-masing fasa pada tegangan 1 Uo dan 1,7 Uo. PD max merupakan nilai *partial discharge* tertinggi yang muncul selama pengujian, sedangkan PD level mengacu pada tingkat atau intensitas keseluruhan dari *partial discharge* yang terdeteksi. Adapun nilai PD max pada tegangan 1 Uo di setiap fasa secara berurutan dari L1, L2, dan L3 adalah 1775 pC, 1164 pC, dan 1164 pC; dengan PD level pada setiap fasanya sebesar 1019 pC, 1064 pC, dan 1066 pC. Sedangkan nilai PD max pada tegangan 1,7 Uo di setiap fasa secara berurutan dari L1, L2, dan L3 adalah 1438 pC, 1164 pC, dan 3783 pC; dengan PD level pada setiap fasanya sebesar 925 pC, 1088 pC, dan 1074 pC. Berdasarkan standar penilaian yang diterapkan di PLN UID Jawa Barat pada Gambar 11, besar muatan PD pada nilai PD level ketiga fasa dan PD max pada L1 dan L2 termasuk dalam kategori baik, namun berbeda dengan nilai PD max pada L3 yang termasuk dalam kategori waspada.

No	Kategori	Symbol	STATUS
1	Besar Muatan PD Diatas 4000pc	$Y > 4000pc$	Buruk
2	Besar Muatan PD Diantara 2000pc Sampai 4000pc	$2000pc < Y < 4000pc$	Waspada
3	Besar Muatan PD Dibawah 2000pc	$Y < 2000pc$	Baik

Gambar 11. Standar Nilai Besaran Muatan pada Pengujian PD yang berlaku di PLN UID Jawa Barat

Selain itu, pada pengujian PD ini juga diperoleh *mapping* PD pada setiap fasa seperti yang ditunjukkan pada Gambar 12, dimana diketahui adanya *partial discharge* yang muncul saat *mapping* PD pada L1 dan L3, yaitu *partial discharge* sebesar 2800 pC untuk L1 dan 6000 pC untuk L3 pada Lokasi 0 meter, tepatnya pada terminasi yang ada di sisi GI. Mengacu pada standar penilaian besar muatan PD, maka hasil dari *mapping* PD tersebut menunjukkan bahwa nilai PD pada L1 termasuk dalam kategori waspada, sedangkan nilai PD pada L3 termasuk dalam kategori buruk. Temuan *partial discharge* ini tentunya menjadi potensi yang dapat menyebabkan gangguan di masa mendatang, sehingga perlu segera dilakukan perbaikan tindak lanjut.



Gambar 12. Grafik *Mapping* PD pada Pengujian PD

Untuk memberikan rekomendasi perbaikan atas temuan pada *mapping* PD tersebut, maka dilakukan pengecekan secara visual pada terminasi penyulang MLK yang ada di GI Majalaya. Secara visual *heater* yang ada pada kubikel di GI tersebut menyala (panas) dengan baik, namun demikian ditemukan adanya anomali pada indoor terminasi, yaitu berupa adanya karat atau korosi pada sambungan sepatu kabel di indoor terminasi kabel tersebut, khususnya pada L1 dan L3. Adanya korosi dalam hal ini dapat disebabkan oleh kesalahan atau kurang tepat dalam pemasangan indoor terminasi pada kubikel GI, sehingga dapat menimbulkan *partial discharge* yang pada akhirnya menyebabkan korosi pada sepatu kabel yang terpasang di terminasi tersebut. Oleh karena itu, perlu dilakukan pemeliharaan indoor terminasi dengan menggunakan cairan alkohol 70% dan sakaphen yang berfungsi untuk menghilangkan karat pada titik sambung. Pemeliharaan terminasi ini wajib dilaksanakan sebelum sistem dapat diberi tegangan atau dinormalkan kembali. Adapun dokumentasi pemeliharaan indoor terminasi sebagai tindak lanjut temuan asesmen kabel ditunjukkan pada Gambar 13. Meski demikian, secara keseluruhan hasil dari pelaksanaan asesmen kabel pada penyulang MLK segmen GI – Gardu PKT mempunyai hasil yang baik, sehingga setelah tindak lanjut temuan selesai dikerjakan penyulang tersebut dapat dinormalkan atau diberi tegangan dan beban kembali seperti semula. Rekomendasi lain yang diberikan adalah perlu dilakukan kembali asesmen kabel pada segmen tersebut dalam waktu 6 bulan kemudian.



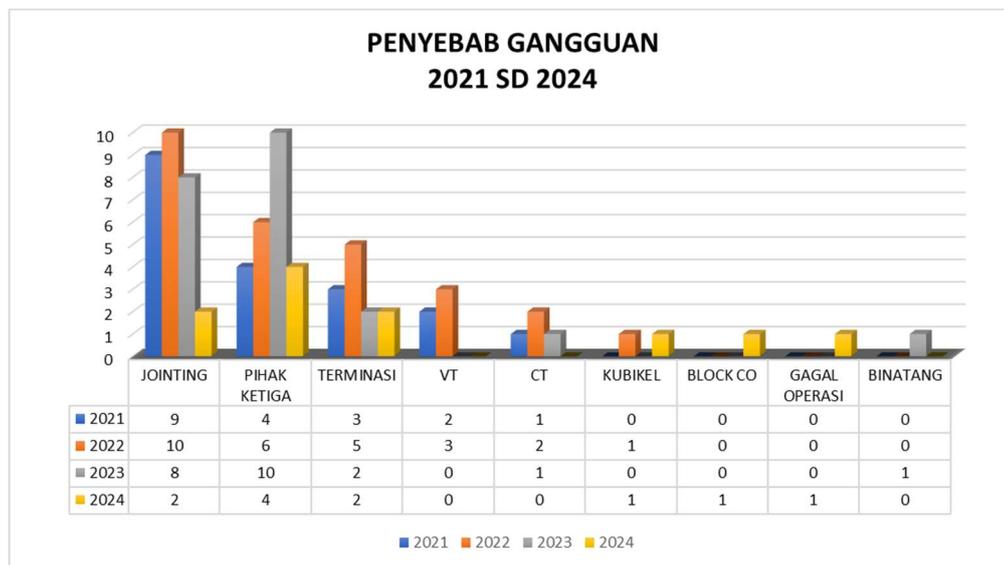
Sebelum Pemeliharaan Terminasi



Sesudah Pemeliharaan Terminasi

Gambar 13. Tindak Lanjut Temuan Asesmen Kabel Penyulang MLK Segmen GI – Gardu PKT

Secara ringkas, pelaksanaan asesmen kabel pada Penyulang MLK dengan segmen GI – Gardu PKT merupakan asesmen kabel ke-52 yang dilaksanakan di PLN ULP Prima Majalaya selama tahun 2024, atau hampir 50% aset sudah dilakukan asesmen kabel dari total 105 penyulang SKTM yang harus diuji. Gambar xxx menunjukkan grafik penyebab gangguan yang terjadi di PLN ULP Prima Majalaya sejak tahun 2021 hingga 2024.



Gambar 14. *History* Penyebab Gangguan SKTM di PLN ULP Prima Majalaya Tahun 2021 – 2024

Berdasarkan Gambar 14, dapat diketahui bahwa pada tahun 2024 gangguan SKTM akibat jointing dan terminasi mengalami penurunan yang cukup signifikan dibandingkan tahun 2021 hingga 2023. Hal ini membuktikan bahwa pelaksanaan asesmen kabel mempunyai peranan penting dalam pemeliharaan prediktif maupun preventif yang dapat dilakukan guna meningkatkan kehandalan sistem distribusi tenaga listrik, khususnya di PLN ULP Prima Majalaya. Dengan adanya pelaksanaan asesmen kabel SKTM dapat

mendiagnosa dan melakukan pemetaan potensi-potensi gangguan *partial discharge*, sehingga dapat dicegah terlebih dahulu dengan melakukan perbaikan maupun tindak lanjut atas temuan-temuan hasil dari asesmen.

IV. KESIMPULAN

Pekerjaan asesmen kabel SKTM pada Penyulang MLK segmen GI – Gardu PKT selesai dilaksanakan dengan beberapa hal yang dapat disimpulkan. Hasil asesmen tersebut menyatakan bahwa kondisi kabel baik, yaitu kondisi terjadinya gangguan kabel SKTM yang diakibatkan oleh *partial discharge* mempunyai tingkat potensi yang rendah. Berdasarkan hasil asesmen tersebut, diperoleh data berupa *partial discharge* yang muncul pada saat PDIV dan PDEV termasuk dalam kategori baik, yaitu pada tegangan 19,6 kV rms; dimana nilai PDEV dan PDIV > U₀. Nilai PD max yang dihasilkan mencapai kisaran 1164 pC hingga 3783 pC dan nilai PD level yang bernilai 925 pC hingga 1088 pC menunjukkan bahwa besaran muatan PD tergolong kategori baik, yaitu besar muatan PD < 2000 pC untuk PD level ketiga fasa dan PD max untuk L1 dan L3, sedangkan PD max pada L3 menunjukkan kategori waspada, yakni besaran muatan PD berada di antara 2000 pC hingga 4000 pC (2000 pC < Y < 4000 pC). Selain itu, hasil yang ditunjukkan pada *mapping* PD menunjukkan bahwa adanya *partial discharge* pada L1 sebesar 2800 pC dan L3 sebesar 6000 pC, dimana kedua *partial discharge* tersebut muncul di lokasi 0 meter atau pada terminasi GI. Pengecekan secara visual pada terminasi di GI memperlihatkan adanya korosi pada titik sambung sepatu kabel yang ada pada terminasi tersebut. Oleh karena itu, direkomendasikan pemeliharaan indoor terminasi di GI sebelum segmen penyulang tersebut diberi tegangan dan beban kembali serta perlu dilakukan asesmen kembali pada segmen kabel tersebut dalam waktu 6 bulan kemudian.

Kegiatan asesmen kabel pada segmen GI hingga gardu pertama di PLN ULP Prima Majalaya telah dilaksanakan secara aktif dan konsisten selama tahun 2024, dengan total aset penyulang yang telah diasesmen mencapai hingga 50% dari total aset 105 penyulang. Berdasarkan data *history* gangguan SKTM yang terjadi di PLN ULP Prima Majalaya diketahui bahwa dengan adanya pelaksanaan asesmen kabel SKTM dapat meningkatkan kehandalan sistem distribusi tenaga listrik, dimana gangguan SKTM akibat jointing pada tahun 2024 turun hingga 75% dibandingkan tahun 2023. Hal ini menandakan bahwa pelaksanaan asesmen kabel secara efektif dapat membantu upaya pemeliharaan prediktif maupun preventif, sehingga dapat mendiagnosa dan mengetahui kondisi kabel yang berpotensi adanya *partial discharge* untuk segera dilakukan tindak lanjut perbaikan sesuai dengan rekomendasi yang diberikan sebelum terjadi gangguan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Tim Penyusun mengucapkan terima kasih kepada Universitas Gadjah Mada, khususnya Program Studi Program Profesi Insinyur (PSPPI) Fakultas Teknik UGM atas dukungan terhadap studi ini, dan kepada PLN ULP Prima Majalaya sebagai tempat pelaksanaan kerja praktik keinsinyuran, serta tim asesmen kabel PLN UP2D Jawa Barat yang telah membantu dalam terlaksananya kerja praktik keinsinyuran ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] I. M. Y. Negara, *Teknik Tegangan Tinggi Prinsip dan Aplikasi Praktis*. Yogyakarta: Graha Ilmu, 2013.
- [2] W. J. K. Raymond, H. A. Illias, A. H. A. Bakar, and H. Mokhlis, "Partial discharge classifications: Review of recent progress," *Measurement*, vol. 68, pp. 164–181, May 2015, doi: 10.1016/j.measurement.2015.02.032.
- [3] Tektronix, "TDR Impedance Measurements: A Foundation for Signal Integrity." [Online]. Available: <https://www.tek.com/en/documents/fact-sheet/tdr-impedance-measurements-foundation-signal-integrity>
- [4] *IEEE Guide for Field Testing of Shielded Power Cable Systems Using Very Low Frequency (VLF)(less than 1 Hz)*. doi: 10.1109/IEEESTD.2013.6517854.
- [5] *IEEE Guide for Partial Discharge Field Diagnostic Testing of Shielded Power Cable Systems*. doi: 10.1109/IEEESTD.2023.10123370.