
IDENTIFIKASI POTENSI PARTIAL DISCHARGE PADA SKUTM 20 KV DENGAN UNIT ASSESMENT KABEL

Fendi Achmad¹, Machmud Effendy¹, Alfi Khamidatun Nusroh², Agus Wiyono², Nur Kholis², Daeng Rahmatullah²

¹Program Profesi Insinyur, Universitas Muhammadiyah Malang, Jl. Raya Tlogomas 246 Malang

²Universitas Negeri Surabaya, Jl. Rektorat Unesa, Lidah Wetan, Surabaya

Kontak Person:

Fendi Achmad

Jl. Tambak Wedi Indah Barat 1 B42 Surabaya

E-mail: fendiachmad@unesa.ac.id

Abstrak

Salah satu kendala dalam proses distribusi tenaga listrik adalah kegagalan isolasi pada kabel, kegagalan isolasi dapat menyebabkan aliran arus listrik fokus pada titik gangguan yang menyebabkan kerusakan pada peralatan listrik dan gangguan hubung singkat. Upaya pencegahan kegagalan isolasi dapat dilakukan melalui kegiatan *medical check up* kabel, kegiatan ini dilakukan untuk mengetahui kondisi isolasi kabel sebelum terjadinya gangguan. Kondisi isolasi kabel dapat diketahui dari tingkat *partial discharge* pada kabel, dimana tingkat *partial discharge* dapat diketahui melalui serangkaian alat unit assesment kabel salah satunya tipe TDM 45 Series. Kegiatan assesment kabel pada penelitian ini dilakukan di SKUTM 20 KV Gelora Bung Tomo dengan hasil penggantian kabel di empat titik pada jaringan distribusi Gelora Bung Tomo, dimana kegagalan isolasi pada empat titik tersebut dikarenakan penjepit clem kabel udara yang terlalu kuat sehingga menyebabkan isolasi kabel terkelupas.

Kata kunci: *partial discharge, isolasi kabel, SKUTM, unit assesment kabel, TDM 45 Series*

1. PENDAHULUAN

Salah satu masalah dalam distribusi tenaga listrik adalah rusaknya isolasi pada kabel. Kegagalan isolasi pada kabel ini dapat menyebabkan gangguan hubung singkat. Gangguan hubung singkat pada sistem distribusi akan menyebabkan aliran arus menuju titik gangguan semakin besar. Besarnya arus listrik yang mengalir pada penghantar dapat menyebabkan kerusakan pada peralatan listrik jika tidak dilengkapi dengan sistem pengamanan yang baik. Adapun upaya yang dapat dilakukan untuk mencegah kegagalan isolasi kabel adalah rutin melakukan *medical check up* pada kabel, upaya ini dilakukan untuk mengetahui kondisi isolasi pada kabel sebelum terjadi gangguan pada sistem distribusi tenaga listrik. Kondisi isolasi kabel dapat diketahui dari tingkat *partial discharge* pada kabel, dimana *partial discharge* ini dapat diketahui melalui serangkaian alat unit assesment kabel.

2.1 Partial Discharge

Partial discharge (pelelahan parsial) adalah peristiwa pelepasan/loncatan bunga api listrik yang terjadi pada suatu bagian isolasi (pada rongga dalam atau pada permukaan) sebagai akibat adanya beda potensial yang tinggi dalam isolasi tersebut. Aktivitas PD dapat disebabkan oleh beragam cacat atau penuaan seperti *voids* (rongga), *contaminants* (ketidakmurnian), *protrusions* (tonjolan), tracking dari electrical trees dan lain-lain. Sebagai tambahan yang menyebabkan penuaan elektrik, aktivitas PD juga

ditandai penuaan termal, mekanik, dan lingkungan pada peralatan tegangan tinggi. Peristiwa PD tidak dengan segera menjadikan kegagalan isolasi, tetapi PD secara berangsur-angsur menurunkan kualitas isolasi dan mengikis material dielektrik yang akhirnya mendorong kearah kegagalan sempurna. PD dapat digambarkan sebagai pulsa listrik atau peluahan pada suatu rongga berisi gas atau pada sebuah permukaan dielektrik dari sistem isolasi cair, padat maupun gas[1].

Pengaruh *partial discharge* pada isolasi padat terjadi ketika pada rongga mengalami loncatan muatan, sisi yang saling berhadapan pada rongga sesaat menjadi anoda dan katoda. Pada saat itu terjadi tumbukan pada anoda oleh elektron yang mempunyai energi yang cukup untuk melepaskan ikatan kimia bahan isolasi dan pada katoda oleh ion positif yang menyebabkan kerusakan dengan meningkatnya temperatur permukaan dan ketidakstabilan suhu. Pada isolasi gas pengaruh PD diawali oleh peristiwa korona. Peristiwa korona terjadi ketika suatu isolasi gas dilalui suatu medan listrik yang seragam menimbulkan ionisasi yang merupakan gejala awal terjadinya kegagalan. Kemudian pada medan yang tidak seragam akan menyebabkan terjadinya peluahan yang akan berlangsung lama dan akhirnya terjadi kegagalan isolasi, sedangkan pada isolasi cair belum ada teori yang bersifat umum mengenai bagaimana kerusakan terjadi di dalam bahan isolasi cair. Banyak sekali perbedaan pandangan, adakalanya sebagai pelengkap dan berlawanan terhadap karakteristik. Banyak faktor yang mempengaruhi seperti temperatur bahan, tekanan statis dalam sistem, kemurniaan bahan, bidang, bentuk dan material elektroda, kondisi permukaan dan ukuran celah. Secara umum unsur-unsur yang biasanya dihubungkan dengan proses-proses kegagalan diantaranya adalah partikel (polutan atau benda asing), air dan gelembung udara[2].

Mekanisme terjadinya *partial discharge* salah satunya disebabkan oleh adanya celah atau rongga pada bahan isolasi. Pada bahan isolasi padat rongga yang terdapat pada bahan isolasi tersebut biasanya diisi oleh udara/gas yang mempunyai permeabilitas bahan lebih rendah dari sekelilingnya. Mekanisme terjadinya *partial discharge* pada rongga udara yang terdapat pada bahan isolasi ini terjadi efek kapasitansi secara sebagian. Efek kapasitansi yang terjadi mempunyai kekuatan bahan yang lebih rendah, sehingga menyebabkan busur api. Busur api ini menandakan loncatan muatan pada rongga tersebut. Selanjutnya busur api akan teredam dan mulai melakukan pengisian muatan sampai menemukan rongga lagi untuk melepaskannya kembali. Fenomena pelepasan muatan yang singkat dan pengisian yang lama ini terjadi secara berulang seperti ini disebut sebagai peluahan sebagian (*partial discharge*). Apabila terjadi secara terus menerus maka akan dapat merusak bahan isolasi[3].

3.1. Saluran Kabel Udara Tegangan Menengah

Saluran Udara Tegangan Menengah (SUTM) adalah sebagai konstruksi termurah untuk penyaluran tenaga listrik pada daya yang sama. Konstruksi ini terbanyak digunakan untuk konsumen jaringan tegangan menengah yang digunakan di Indonesia. Ciri utama jaringan ini adalah penggunaan penghantar telanjang yang ditopang dengan isolator pada tiang besi/beton. Penggunaan penghantar telanjang atau penghantar berisolasi setengah pada konstruksi jaringan Saluran Udara Tegangan Menengah 20 kV, dapat juga digantikan dengan konstruksi penghantar berisolasi penuh yang dipilin. Isolasi penghantar tiap Fase tidak perlu di lindungi dengan pelindung mekanis. Berat kabel pilin menjadi pertimbangan terhadap pemilihan kekuatan beban kerja tiang beton penopangnya[4].

3.2. Unit Assesment Kabel

Layanan assesment kabel merupakan pengujian kabel SKTM 20 kV pada jaringan distribusi yang meliputi pengukuran nilai *partial discharge*, nilai tangen delta serta *mapping* jalur kabel dan menganalisis hasil pengukuran untuk memberikan rekomendasi titik–titik rawan gangguan pada SKTM20 kV sebagai bahan perencanaan untuk melakukan perbaikan–perbaikan pemeliharaan pada jalur kabel yang sudah di assesment[5]. Tegangan uji yang dipakai menggunakan tegangan DAC (*Damped AC*) dengan metode *Oscillating Wave Test System* (OWTS). *Oscillating Wave Test System* (OWTS) merupakan salah satu metode *off-line PD diagnostic*. Sistem ini membangkitkan, mengukur dan menentukan lokasi PD pada kabel. Dalam metode ini, tegangan *damped AC* (DAC) digunakan untuk memberikan tegangan pada sistem kabel pada frekuensi 50-1.5 kHz. OWTS terdiri dari 2 unit utama, yaitu OWTS *Analyzer Unit* dan OWTS *Coil Unit*. OWTS *analyzer unit* terdiri dari HV *supply* dan data *processing* dan *control unit*. HV *supply* digunakan untuk menghasilkan tegangan yang akan diberikan

ke sistem kabel dengan menggunakan *damped AC (DAC) voltage*. *Data processing* dan *control unit* digunakan untuk memproses data pengukuran dan mengontrol seluruh proses pengukuran. OWTS *coil unit* terdiri dari HV Coil, HV divider, dan *coupling capacitor*. HV Coil berfungsi sebagai *external inductor*, HV divider digunakan untuk pengukuran tegangan dan *coupling capacitor* digunakan untuk menciptakan sirkuit tertutup untuk pelepasan muatan. Untuk membangkitkan tegangan DAC, sistem kabel yang diuji dilewati arus DC selama beberapa detik hingga mencapai level tegangan yang diinginkan[6].

Tujuan dilakukannya assessment kabel adalah menjamin kondisi *jointing* kabel, menambah usia ekonomis SKTM lebih panjang, mengetahui indeks kesehatan kabel yang dapat diketahui dan terdata dengan baik di aplikasi EAM (*Enterprised Asset Management*), serta dapat menurunkan kontribusi penyulang trip akibat gangguan komponen SKTM (*jointing*, kabel, terminasi *indoor*)[7].

Prinsip kerja dari unit assessment kabel ini adalah menginjeksi atau mengisi muatan kedalam kabel, apabila terdapat peluahan/*partial discharge* pada kabel, maka muatan yang diinjeksikan akan tertahan dipotensi gangguan, semakin banyak muatan yang tertahan pada potensi gangguan maka semakin buruk kualitas isolasi kabel. Adapun batasan *partial discharge* dalam menentukan kualitas isolasi kabel dapat dilihat pada Tabel 1 berikut.

Tabel 1. Batasan Partial Discharge

Tipe Kabel	PD Level	Hasil
PLIC	$\leq 3000 \text{ pC}$	<i>Discharge</i> dalam batas limit.
	$3000 \text{ }^S/d \text{ } 6500 \text{ pC}$	Beberapa kekhawatiran, Monitoring direkomendasikan.
	$6500 \text{ }^S/d \text{ } 10000 \text{ pC}$	Beberapa kekhawatiran, Regular monitoring direkomendasikan.
	$\geq 10000 \text{ pC}$	Perhatian utama, perbaiki atau ganti.
XLPE	$\leq 250 \text{ pC}$	<i>Discharge</i> dalam batas limit.
	$250 \text{ }^S/d \text{ } 350 \text{ pC}$	Beberapa kekhawatiran, Monitoring direkomendasikan.
	$350 \text{ }^S/d \text{ } 500 \text{ pC}$	Beberapa kekhawatiran, Regular monitoring direkomendasikan.
	$\geq 500 \text{ pC}$	Perhatian utama, perbaiki atau ganti.

2. METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang digunakan pada penelitian ini sebagai berikut.

2.2 Tahap Studi Literatur

Dalam tahap studi literatur, peneliti melakukan kajian secara teori yang berkaitan dengan *partial discharge*, *damped AC*, OWTS, spesifikasi dan cara kerja unit assesment kabel khususnya tipe TDM 45 Series baik bersumber dari buku, jurnal, artikel, karya ilmiah, maupun website resmi Megger.

2.3 Tahap Studi Lapangan

Dalam tahap studi lapangan, peneliti melakukan observasi dan wawancara secara langsung mengenai peralatan dan cara kerja peralatan unit assesment kabel tipe TDM 45 Series, serta membaca hasil pengukuran seperti tingkat PD, panjang kabel, titik *jointing*, serta kondisi kabel.

2.4 Tahap Analisis Data

Dalam tahap analisis data, peneliti membandingkan hasil pengukuran yang terbaca pada OWTS dengan standar batasan *partial discharge* pada Tabel 1.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.3. Prosedur Pengoperasian Unit Assesment Kabel dalam Mendeteksi Partial Discharge pada Saluran Kabel Udara Tegangan Menengah (SKUTM) 20 KV Gelora Bung Tomo

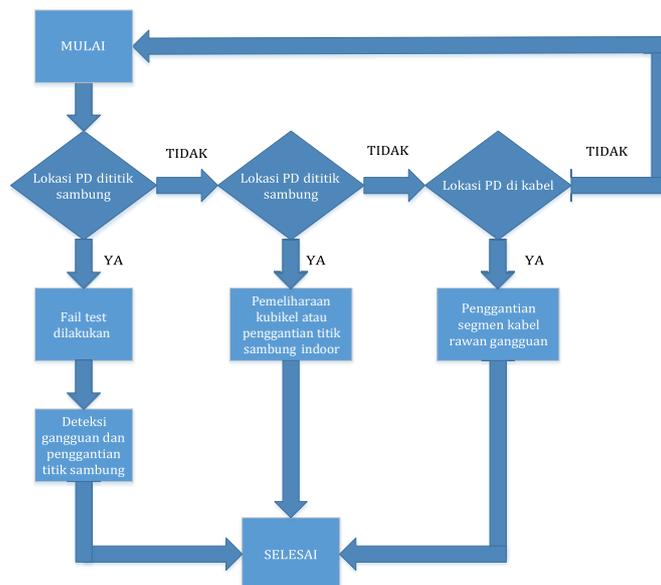
3.4. Peralatan Kerja

- 1) Tool kit lengkap
- 2) Kabel rol *power supply*
- 3) *Voltage detector* 20 kV
- 4) Radio komunikasi (HT)
- 5) Unit assesment kabel

3.5. Perlengkapan K3

- 1) Pakaian kerja
- 2) Sarung tangan katun
- 3) Sarung tangan isolasi 20 kV
- 4) Sepatu safety 20 kV
- 5) Helm safety
- 6) P3K
- 7) Rambu peringatan kerja

3.6. Skema Pelaksanaan Assesment Kabel



Gambar 1. Skema Pelaksanaan Assesment Kabel

3.7. Langkah Kerja

- 1) Mempersiapkan peralatan kerja dengan menggunakan APD, K2 dan K3 serta menyiapkan rambu-rambu.
- 2) Menunggu segmen yang dijadwalkan padam
- 3) Segment yang akan diujikan harus dinyatakan aman oleh pengawas/petugas yantek.
- 4) Memasang grounding pada phasa yang tidak diujikan.
- 5) Laporan ke piket pengatur TM bahwa pekerjaan *assessment* kabel siap dilaksanakan dan koordinasi mengenai pemadaman.
- 6) Laporan ke piket *dispatcher* DCC bahwa pekerjaan *assessment* kabel TM siap dilaksanakan dan koordinasi manuever jaringan.
- 7) Melepas PMT, LBS, Recloser dengan remote kontrol.

- 8) Memposisikan *switch* SCADA ke posisi remote.
- 9) Mengeluarkan DS.
- 10) Memasukkan *grounding*.
- 11) Pasang tangging “Jangan dimasukkan”.
- 12) Koordinasi dengan DCC untuk mengeluarkan penyulang.
- 13) Melakukan pengecekan tegangan menggunakan *voltage detector*.
- 14) Mengukur panjang kabel dengan *Time Domain Reflektometer* (TDR). Reflectometer domain waktu adalah metode yang digunakan untuk mengidentifikasi dan mengukur kesalahan pada sistem kabel baik kabel udara maupun kabel bawah tanah melalui analisis polaritas refleksi pulsa. Reflectometer domain waktu dapat juga digunakan untuk mengetahui panjang dan titik sambungan pada sistem kabel. Reflectometer domain waktu beroperasi dengan mengirimkan pulsa tegangan pada sistem kabel yang akan diuji. jika tidak ada masalah pada sistem kabel, maka semua energi dalam pulsa akan bergerak sepanjang kabel pada kecepatan propagasi dan terdisipasi dalam beban dan tidak ada refleksi. Namun apabila sistem kabel terdapat sambungan (*jointing*) maka akan timbul pulsa refleksi tambahan di setiap posisi sambungan. Hal ini di karenakan ada perbedaan impedansi pada titik sambungan. Adapun cara mengukur panjang kabel dengan TDR sebagai berikut.
 - a) Pastikan tegangan kosong
 - b) Pastikan *grounding* tidak terhubung.
 - c) Sambungan kabel alat ke kabel utama yang akan diukur dan ke *grounding* kabel.
 - d) Pastikan alat masih kondisi OFF.
 - e) Pastikan konektor kabel terhubung dengan baik.
 - f) Cek kembali urutan koneksi pada kabel dan *grounding* yang akan diukur.
 - g) Atur skala dengan memprediksi panjang kabel yang akan diukur.
 - h) Dokumentasi hasil ukur.
 - i) Matikan alat TDR.
- 15) Mengukur partial discharge (PD) kabel yang akan diassessment dengan tahapan sebagai berikut.
 - a) Posisikan terminal alat assessment pada posisi pengukuran PD.
 - b) Buka menu PD pada alat assessment.
 - c) Masukkan data segmen yang diukur.
 - d) Pelaksanaan pengetesan kabel dengan cara klik “*Apply*” pada alat assessment (menu PD).
 - e) Pasang alat kalibrasi pada indoor kabel yang akan di assessment.
 - f) Simpan hasil ukur kalibrasi pada device.
 - g) Keluar dengan klik “*Exit*” pada fitur kalibrasi.
 - h) Bongkar kabel alat kalibrasi.
 - i) Lakukan pengetesan PD dengan bertahap sampai dengan $1,7 U_0$ selama 15 menit.
 - j) Simpan hasil ukur PD pada device.
 - k) Matikan alat dan bongkar kabel instalasi .
 - l) Lakukan langkah diatas pada setiap phasa.
- 16) Evaluasi dan membuat berita acara pekerjaan dan memberikan report hasil assessment kepada UP3 dan UP2D.

3.8. Hasil dan Analisis Data Assesment Kabel pada Saluran Kabel Udara Tegangan Menengah (SKUTM) 20 KV Gelora Bung Tomo

Berdasarkan kegiatan assesment kabel didapatkan hasil sebagai berikut.

Tabel 2. Hasil Assesment Kabel SKUTM 20 KV Gelora Bung Tomo

	Phase	PD Mapping For $0U_0 \leq U \leq 2U_0$	Lokasi	Keterangan
Segmen 1	L1	-	-	Sangat Baik
	L2	465 Pc	406 m	Regular Monitoring
	L3	400 Pc	335 m	Regular Monitoring
		420 Pc	408 m	Regular Monitoring
Segmen 2	L1	-	-	Sangat Baik
	L2	4600 Pc	441 m	Perbaiki/Ganti
		5100 Pc	1051 m	Perbaiki/Ganti
		4900 Pc	1195 m	Perbaiki/Ganti
		5300 Pc	1795 m	Perbaiki/Ganti
L3	-	-	Sangat Baik	
Segmen 3	L1	-	-	Sangat Baik
	L2	-	-	Sangat Baik
	L3	-	-	Sangat Baik

Berdasarkan data pada Tabel 2 diatas disimpulkan bahwa terdapat 4 titik lokasi dengan hasil PD level $\geq 500 pC$ yang terletak disegmen 2 fasa 2, menurut Tabel 1. hal ini mengindikasikan bahwaterdapat kerusakan isolasi pada kabel, kerusakan ini biasanya disebabkan oleh beberapa faktor seperti faktor *thermal*, *electrical*, *ambient* dan juga *mechanical*.

Pada pengujian saluran kabel udara tegangan menengah (SKUTM) 20 KV di segmen 2 fasa 2 Gelora Bung Tomo, kerusakan isolasi kabel disebabkan oleh aksesoris kabel yaitu clem yang menekan kabel sehingga merusak isolasi, kerusakan ini harus diperbaiki dengan melakukan penggantian pada bagian kabel yang mengalami kerusakan. Penggantian ini dilakukan dengan cara memotong kabel dilokasi rusaknya isolasi kabel dan menyambungkan kembali dengan cara *jointing*. Berikut gambar kabel yang mengalami kerusakan isolasi.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil dan analisis dapat diambil kesimpulan sebagai berikut.

1. Prosedur pengoperasian unit assessment kabel meliputi persiapan alat dan kelengkapan K3, memastikan kondisi aman pada segmen yang akan diuji, melepas PMT, LBS, recloser, dan memposisikan switch SCADA ke posisi remote, mengeluarkan DS, mengeluarkan penyulang, mengecek tegangan, lalu mengukur panjang kabel dengan TDR, mengukur potensi PD, evaluasi dan memberikan report hasil assesment kepada UP3 dan UP2D.
2. Data hasil assessment partial discharge pada pengujian saluran kabel udara tegangan menengah 20 KV Gelora Bung Tomo menunjukkan hasil bahwa terdapat 4 lokasi pada segmen 2 difasa L2(S) harus diganti karena nilai PD $\geq 500 pC$.

REFERENSI

- [1] A. Navis, "Partial Discharge," no. May, 2020, [Online]. Available: https://www.researchgate.net/publication/341358052_Makalah_Partial_Discharge?enrichId=rg_req-a7e1dccc39e23ccda6210dbde91052e0-XXX&enrichSource=Y292ZXJQYWdlOzM0MTM1ODAlMjtBUzo4OTA3OTQ2NTEzN

- zI4NjRAMTU4OTM5MzQwMzEwMw%3D%3D&el=1_x_2&_esc=publicationCoverPdf.
- [2] F. Jurjani, “ANALISIS DAN RESIKO PARTIAL DISCHARGE PADA KABEL TEGANGAN MENENGAH,” *EJOURNAL Kaji. Tek. ELEKTRO*, pp. 16–28, 2015.
- [3] I. Nurhadi, M. Djaohar, P. T. Elektro, F. Teknik, and U. N. Jakarta, “Analisis Partial Discharge Pada Saluran Kabel Tegangan Menengah 20 kV (Studi Assesmen SKTM di PT. PLN (Persero)UP3 Menteng) 1,” p. 8, 2022, doi: ISSN 2548-9178.
- [4] R. Wibowo, W. Siswanto, P. Samosir, and H. Nugroho, *Standar konstruksi jaringan tegangan menengah tenaga listrik, 606.K/DIR/*. Jakarta Selatan: PT PLN (PERSERO), 2010.
- [5] U. BANTEN, “ASSESSMENT KABEL,” p. 103, 2013.
- [6] A. Taffarel, “Diagnosa Partial Discharge dengan Metode Asesmen Kabel,” POLITEKNIK NEGERI JAKARTA, 2018.
- [7] T. BANTEN), “ASSESSMENT KABEL.pdf.” Banten, p. 9, 2023.