

Sistem & Kontrol Pabrik

Pusat Keahlian

Kelistrikan



- PROGRAM PEMELIHARAAN KELISTRIKAN (EMP) –
JOB AID
J60 – Kabel, Tegangan Tinggi (HV)

Riwayat Perubahan

Perubahan-perubahan sebagai berikut telah dibuat atas dokumen ini.

Versi	Perubahan	Tanggal	Penyusun	Status
A	Persiapan awal	15.12.2017	Shermco	Draft
B	Tinjauan grup kecil	15.01.2018	AL, DV, UC	Draft
C	Menggabungkan tanggapan-tanggapan	31.01.2018	Shermco	Draft
D	Ditambahkan Pengujian PD	30.03.2018	Shermco	Draft
E	Tinjauan Cargill	04.04.2018	AL	Draft
F	Pertemuan F2F di Dallas	11.04.2018	Shermco	Draft

Daftar Isi

1. Lingkup.....	3
2. Definisi	3
3. Dokumen-dokumen Referensi	5
4. Alat-alat dan bahan-bahan yang diperlukan	5
5. Urutan Pengujian	6
6. Nilai-nilai Pengujian.....	12
7. Lembar Pengujian	18

Lingkup

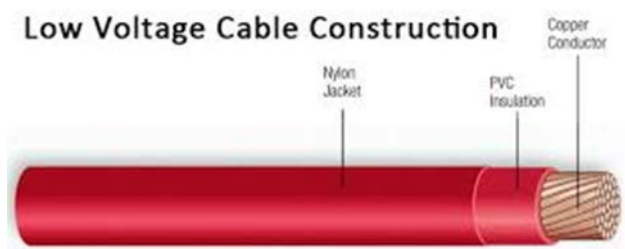
Dokumen ini berlaku untuk kabel-kabel tegangan tinggi. Karena ini adalah *job aid* yang bersifat umum, maka perlu untuk menggunakan pengaturan kerja pemeliharaan pada instalasi kabel tertentu.

Definisi

Kabel, Tegangan Rendah (LV):

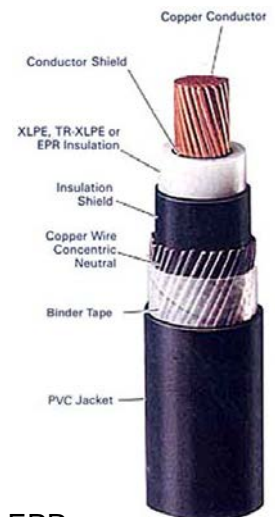
Tegangan rendah didefinisikan sebagai tegangan hingga 1000 Volt. Konduktor kabel tegangan rendah biasanya terbuat dari tembaga, tetapi bisa juga terbuat dari aluminium. Kabel tegangan rendah biasanya tanpa pelindung. Isolasi, atau dielektrik, biasanya polivinil klorida (PVC) atau polietilen ikatan silang (XLPE) dengan jaket (selubung) yang biasanya dari PVC atau lebih tepatnya Nylon.

Low Voltage Cable Construction



Kabel, Tegangan Tinggi (HV) Tanpa Pelindung:

Kabel tegangan tinggi tanpa pelindung biasanya hanya digunakan untuk tegangan hingga 5000 Volt. Konduktor kabel ini biasanya terbuat dari tembaga, tetapi juga bisa terbuat dari aluminium. Isolasi, atau dielektrik, biasanya karet etilen propilen (EPR) atau polietilena ikatan silang (XLPE) dengan jaket (selubung) yang biasanya dari PVC.

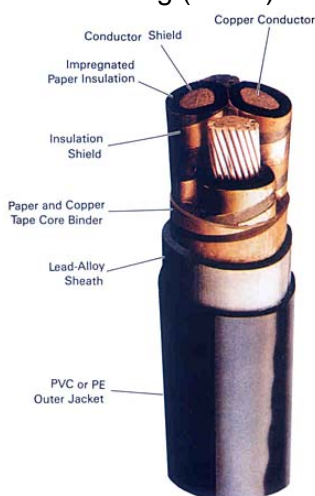


Kabel, Tegangan Tinggi (HV) Berpelindung:

Tegangan tinggi didefinisikan sebagai tegangan lebih dari 1000 Volt. Kabel-kabel tegangan tinggi mulai dari 1 hingga 35 kV dapat disebut kabel tegangan menengah, dan yang lebih dari 50 kV selalu disebut sebagai kabel tegangan tinggi. Konduktor dan pelindung logam kabel ini biasanya

terbuat dari tembaga, tetapi juga bisa dari terbuat dari aluminium. Isolasi, atau dielektrik, biasanya polietilen ikatan silang (XLPE) atau karet etilen propilen (EPR)

Kabel Berpelindung EPR



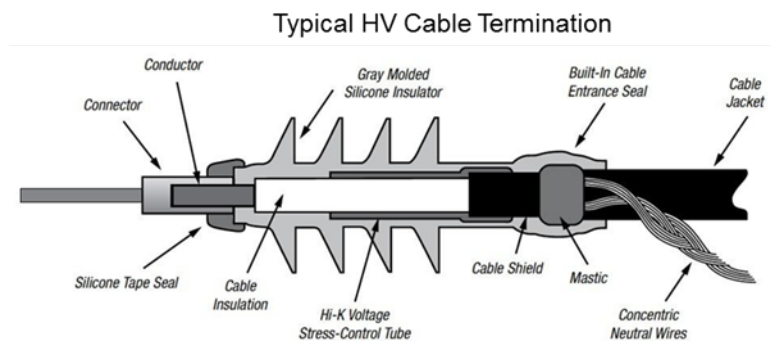
dengan jaket (selubung) yang biasanya dari PVC.

Kabel Terbungkus Timbal Berisolasi Kertas (PILC)

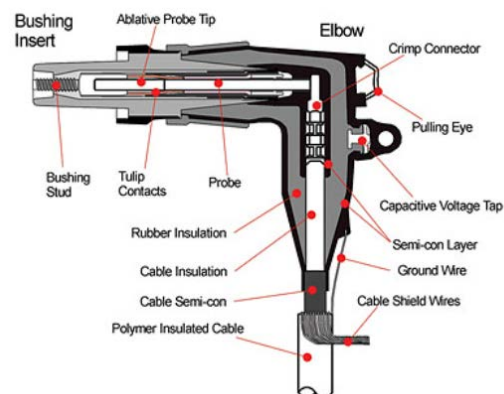
Kabel PILC digunakan dalam distribusi daya Tegangan Rendah dan Tegangan Tinggi dan aplikasi industri, dan dapat dipasang secara terbuka (*exposed*), di saluran bawah tanah atau langsung dikubur. Ini adalah kabel jenis lama yang tidak lagi digunakan pada instalasi baru saat ini, tetapi masih akan ada di situs-situs yang lama.

Terminasi Kabel, Tegangan Tinggi:

Terminasi kabel Tegangan Tinggi biasanya kompleks karena digunakan untuk tegangan yang lebih tinggi. Perlu untuk benar-benar memperhatikan dan memastikan bahwa tidak ada celah udara yang muncul dalam terminasi setelah selesai melakukan pengurangan efek discharge sebagian di seluruh celah udara. Selain itu, bagian pelindung (mis., kabel netral konsentris, pita tembaga, keping tembaga, dll.) dari kabel antara isolator dan jaket, yang biasanya diardekan, harus secukupnya terpisah dari konduktor.



Sambungan kabel Tegangan Tinggi alternatif: *Load break elbow*



Load break elbow adalah terminasi *plug-in* yang sepenuhnya terlindung dan terisolasi yang digunakan untuk menyambung kabel bawah tanah ke trafo, *switchgear*, kabinet dan percabangan (*junction*) untuk pembagian kelompok (*sectionalizing*). Konektor ini dicetak dengan menggunakan isolasi *peroxide-cured* EPDM berkualitas tinggi untuk kinerja lapangan yang andal. *Load break elbow* 15 kV dan 25 kV biasanya memiliki segel jaket integral untuk digunakan dengan kabel berpelindung netral konsentris dan kabel berpelindung jenis lainnya. *Load break elbow* memenuhi persyaratan-persyaratan kelistrikan, mekanik, dan dimensi sesuai standar IEEE Std 386™.

Dokumen-dokumen Referensi

- Standar Pelaksanaan Kerja Unggul Terpercaya Cargill untuk Pengujian Ketahanan VLF (A7)
- Standar Pelaksanaan Kerja Unggul Terpercaya Cargill untuk Pengujian Resistensi Isolasi (A8)
- Standar Pelaksanaan Kerja Unggul Terpercaya Cargill untuk Pengujian Resistensi Kontak (A9)
- Standar Pelaksanaan Kerja Unggul Terpercaya Cargill untuk Pengujian Faktor Daya dan Tan-Delta (A11)
- Job Aid – Switchgear/Switchboard Tegangan Tinggi (J19)

Alat-alat dan bahan-bahan yang diperlukan

Persyaratan Umum:

- Perlu dicatat bahwa banyak dari pengujian kelistrikan yang diuraikan dalam *job aid* ini membutuhkan peralatan khusus dan harus dilaksanakan oleh para pekerja yang telah mendapatkan pelatihan khusus untuk menggunakan peralatan tersebut. Pengujian-pengujian yang direkomendasikan untuk berbagai konstruksi kabel disajikan di bawah ini:

Metode Uji yang Direkomendasikan untuk Berbagai Konstruksi Kabel					
Metode Pengujian	Kabel Baru		Kabel Berumur Pakai		Kombinasi Hibrid Lama dengan Sambungan Y (<i>Taps</i>)
	Pengujian Penerimaan		Pengujian Pemeliharaan		Pengujian Pemeliharaan
Jenis Pelindung:	Pita	Konsentris	Pita	Konsentris	Campuran
Uji Ketahanan DC	Tidak Direkomendasikan	Tidak Direkomendasikan	Tidak Direkomendasikan	Tidak Direkomendasikan	Tidak Direkomendasikan
Uji Ketahanan AC VLF (IEEE 400.2)	Baik	Baik	Baik	Baik	Baik
Uji Faktor Tan-Delta / Disipasi	Baik	Baik	Sangat baik	Sangat baik	Baik
Uji Partial Discharge - Offline	Baik	Sangat baik	Terbatas	Baik	Terbatas
Uji Partial Discharge - Online	Tidak Direkomendasikan	Tidak Direkomendasikan	Terbatas	Berguna	Terbatas
Uji VLF Terpantau - kombinasi dengan TD	Sangat baik	Sangat baik	Sangat baik	Sangat baik	Baik
Uji VLF Terpantau - kombinasi dengan PD	Baik	Sangat baik	Terbatas	Baik	Terbatas
Time Domain Reflectometry (TDR)	Berguna	Berguna	Terbatas	Berguna	Terbatas

- Saat melaksanakan pengujian ini di lapangan, tindakan pencegahan untuk keselamatan yang tepat harus diterapkan sebelum melaksanakan pengujian.
 - APD: APD busur api listrik dan proteksi sengatan listrik wajib dikenakan ketika terpapar suatu sirkuit beraliran listrik saat melaksanakan pengujian.
 - Analisis Bahaya Pra-Kerja (PJHA): Saat melaksanakan kegiatan pengujian atau pemeriksaan, isilah formulir PJHA dan mintalah personil yang bersangkutan menandatangani untuk kegiatan ini.
 - *Lock-Out/Tag Out* (LOTO): Kebanyakan pengujian penerimaan atau pemeliharaan kelistrikan mengharuskan trafo yang diuji diisolasi dari semua sirkuit yang beraliran listrik. Dengan demikian, proses LOTO yang tepat akan diperlukan untuk mendukung proses pengujian ini.
- Kamera digital untuk mengambil gambar semua kekurangan yang ditemukan

Pemeriksaan Visual (A0)

- Senter

Uji Kontinuitas Pelindung (A21)

- Multimeter / Ohmmeter Digital

Pengujian Partial Discharge (A5)

- Pengujian ini dapat dilakukan secara online atau offline
- Sensor induktif frekuensi tinggi khusus (HFCT) pada strap pembumian pelindung kabel.
- Perangkat lunak *Cable Data Analysis Suite* (CDAS) dan peralatan terkait, atau yang setara.

Pengujian Resistensi Isolasi (A8)

- Peralatan sebagaimana ditentukan dalam “Standar Pelaksanaan Kerja Terpercaya Cargill untuk Pengujian Resistensi Isolasi” dengan kemampuan menyediakan tegangan uji setidaknya 5000 VDC

Pengujian Resistensi Kontak / Sambungan (A9)

- Peralatan sebagaimana ditentukan dalam “Standar Pelaksanaan Kerja Terpercaya Cargill untuk Pengujian Resistensi Kontak / Sambungan”.

Pengujian Tan-Delta (A11)

- Peralatan sebagaimana ditentukan dalam “Standar Pelaksanaan Kerja Terpercaya Cargill untuk Pengujian Faktor Daya dan Pengujian Kabel Tan-Delta VLF (A11)”

Urutan Pengujian

Pemeriksaan Visual (A0) (selama operasi normal) / Pemeriksaan Fisik (A1)

Pemeriksaan ini hanya boleh dilaksanakan oleh seseorang yang memenuhi kualifikasi / terampil seperti tehnisi listrik. Pemeriksaan visual harus dibatasi karena kabel diberi aliran

listrik dan dalam kondisi pengoperasian normal. Pemeriksaan ini hanya dapat dilakukan melalui jendela pemeriksaan, atau jika pintu ke kompartemen kabel dapat dengan aman dibuka oleh seseorang yang mengenakan APD dengan level yang tepat. Personil tidak boleh masuk ke zona kerja beraliran listrik / batas pendekatan terbatas selama pemeriksaan visual.

Oleh karena itu, banyak dari pemeriksaan ini harus dilaksanakan ketika kabel telah dilepaskan sambungannya ke sumber listrik untuk kegiatan pemeliharaan dan pengujian lainnya. Direkomendasikan untuk melaksanakan pemeriksaan visual pada akhir urutan selengkapannya untuk memastikan bahwa kabel-kabel telah disambungkan kembali ke terminal dengan baik dan melepas sambungan-sambungan arde sementara.

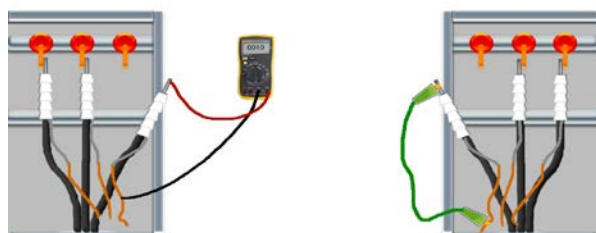
Pemeriksaan akan mencakup, namun tidak terbatas pada:

- Periksa bagian-bagian kabel yang terekspos atas kondisi fisik dan mekaniknya.
- Periksa konektor-konektor yang terkena tekanan mengenai kecocokan dan identifikasi kabelnya apakah sudah benar. Pastikan bahwa skun (*lug*) yang digunakan sesuai dengan jenis dan ukuran konduktornya.
- Periksa terminasi (ujung kabel pada terminal) apakah ada bukti jejak dan korona.
- Periksa pembumian pelindung, penopang kabel, dan terminasi.
- Verifikasi apakah tekukan kabel yang terlihat memenuhi atau melebihi radius tekukan minimum yang diperbolehkan ICEA dan/atau pabrik pembuat. Jangan melebihi Radius Tekukan. Lihat tabel di bagian Nilai-nilai Pengujian dari ANSI/NETA ATS 2017 untuk informasi lebih lanjut
- Periksa penerapan kedap api terkait dengan penetrasi melalui dinding.
- Periksa perutean sambungan pelindung. Jika suatu kabel dengan pelindung melewati CT tipe jendela, pelindung harus kembali keluar dari CT.
- Periksa identifikasi kabel – Warna pita fase (*phasing*) harus diverifikasi apakah cocok pada kedua ujungnya. Jika tidak menggunakan pembedaan warna pita fase, maka pita fase hitam harus digunakan sebagai penanda identifikasi konduktor. 1 lingkaran, 2 lingkaran, dan 3 lingkaran pita untuk referensi.
- Periksa kondisi jaket (selubung) dan isolasi pada kabel jika memungkinkan.
- Cari apakah ada kontaminan / debu pada *stress cones* dan isolator. Juga periksa perubahan warna dan *chalking* (tampak berdebu putih).
- Periksa *stress cone* dan boot / penutup apakah ada kerusakan mekanis dan potensi masuknya udara lembab berair.

Setiap kekurangan harus dicatat dan dilaporkan ke manajemen yang bersangkutan untuk diambil tindakan korektif.

Uji Kontinuitas Pelindung (A21)

Sebelum suatu tegangan uji diterapkan pada suatu kabel, kedua ujung kabel harus diverifikasi. Verifikasi ini biasanya dilakukan dengan terlebih dahulu menguji kontinuitas pelindung. Untuk alasan keselamatan, pengujian ini harus dilaksanakan setelah



Konfigurasi Uji Kontinuitas Pelindung

Dokumen ini bersifat rahasia dan merupakan milik Cargill. Dokumen ini tidak boleh direproduksi, disalin, atau isinya dikomunikasikan kepada pihak ketiga tanpa izin tertulis dari Cargill.

kabel dilepaskan aliran listrik dan sebelum menerapkan tegangan uji pada kabel.

Jika pelindung tidak dapat diakses di kedua ujungnya, gunakan konduktor utama untuk memverifikasi *phasing*. Jika pelindung-pelindung dikelompokkan, pelindung harus diisolasi sebelum dilakukan pengujian. Uji resistensi pelindung harus dilakukan untuk masing-masing kabel konduktor secara terpisah.

Untuk melakukan pengujian, Anda harus mengikat pelindung ke konduktor utama di satu ujung dan mengukur resistensi dari pelindung ke konduktor di ujung lainnya.

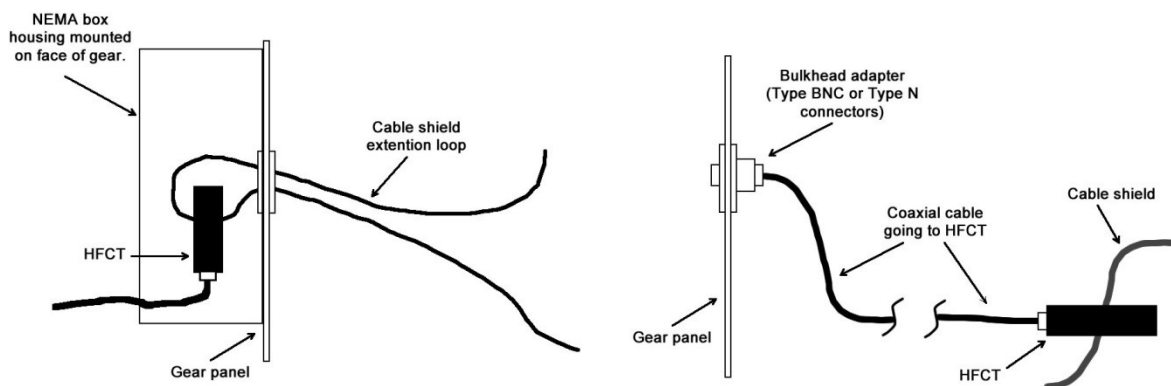
Lanjutkan dengan pengujian berikutnya.

Pengujian Partial Discharge (PD) (A5)

Pengukuran PD dapat secara on-line atau off-line. Karena kontrol manual atas tegangan uji, PD off-line akan memberikan hasil yang lebih konklusif, termasuk perkiraan lokasi gangguan, tegangan awal PD, dan tegangan pemadaman PD. Nilai-nilai ini akan membantu untuk mengidentifikasi tingkat kekritisitas gangguan. Pengukuran PD online akan kurang konklusif karena fakta bahwa hanya tegangan sistem yang tersedia untuk awal PD dan penentuan lokasi gangguan. Lebih lanjut, penentuan lokasi gangguan dengan PD on-line akan perlu memeriksa semua sirkuit yang terhubung, bukan hanya satu kabel. Sebagai metode uji pemeliharaan, pengujian PD offline harus dilaksanakan bersamaan dengan masalah yang ditemukan dengan hasil-hasil Tan Delta.

Partial discharge terjadi pada isolasi kabel tegangan tinggi ketika cacat atau area yang mengalami penurunan kondisi menyebabkan kerusakan sebagian dari lapisan isolasi. Setiap kali peristiwa ini terjadi, timbul kerusakan tambahan pada lapisan isolasi. Akhirnya, aktivitas ini akan menyebabkan kegagalan kabel yang menggangu.

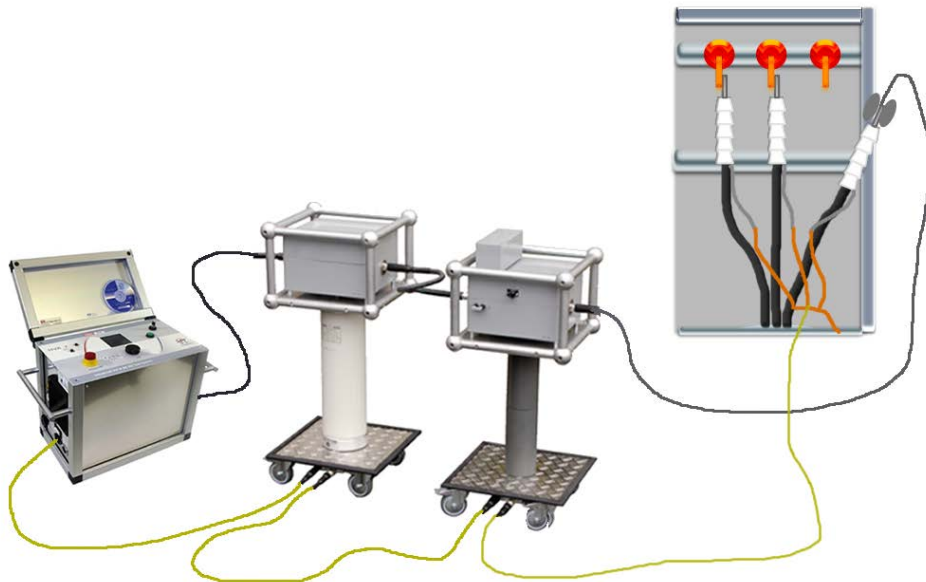
Konfigurasi Uji PD On-Line: Aktivitas partial discharge pada kabel-kabel akan diukur dengan menggunakan trafo arus frekuensi tinggi (HFCT) khusus pada *strap* pembumian pelindung kabel. Ini memungkinkan deteksi sinyal frekuensi tinggi kecil yang dihasilkan selama kerusakan isolasi parsial. Jika sensor-sensor ini dipasang secara permanen, direkomendasikan untuk menggunakan konfigurasi sebagai berikut.



Sinyal-sinyal ditangkap dan disimpan dalam alat uji pengumpul data PD kabel.

Konfigurasi Pengujian PD Off-Line: Aktivitas partial discharge pada kabel-kabel akan diukur dengan menggunakan sensor kapasitif-digabungkan bersama dengan tester ketahanan AC VLF dan filter PD seperti yang ditunjukkan pada gambar di bawah ini.

Konfigurasi Uji PD Off-Line



Sinyal-sinyal ini selanjutnya disaring dan diproses secara digital menggunakan paket perangkat lunak analisis untuk menentukan magnitudo dan posisi sudut dari masing-masing peristiwa discharge pada bentuk gelombang tegangan sistem. Peristiwa-peristiwa discharge juga dikelompokkan oleh paket perangkat lunak tersebut dalam hal kesamaan *signature*-nya. Magnitudo signature dan plot-plot yang diselesaikan fasenya, kemudian dianalisis untuk menentukan tingkat aktivitas partial discharge yang ada dalam sistem isolasi.

Pengujian Resistensi Isolasi (A8)

Pemeriksaan ini harus dilaksanakan sesuai dengan “Standar Pelaksanaan Kerja RE Cargill untuk Pengujian Resistensi Isolasi (A8)”.

Pengujian ini tidak boleh dilakukan jika pelepasan sambungan dapat menyebabkan kegagalan kabel. Jika kabel tersambung ke sakelar-sakelar di kedua ujungnya, maka tidak perlu untuk melepaskan sambungan kabel dari sakelar-sakelar jika kedua sakelar tersebut dibuka.

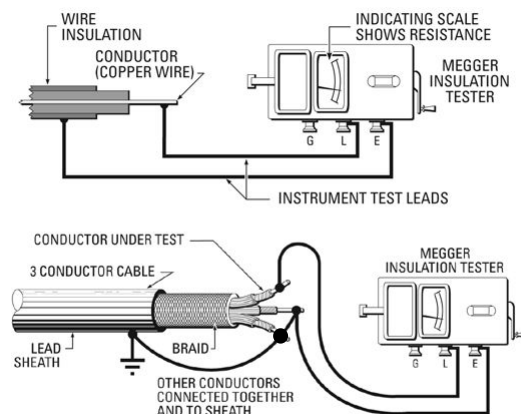
Pengaturan untuk uji resistensi isolasi:

1. Isolasi dan putus aliran listrik pada kabel yang akan diuji.
 - a. Menetapkan kondisi kerja yang aman secara kelistrikan.
 - b. Buka kompartemen-kompartemen terminasi yang berlaku untuk memungkinkan akses ke sambungan- sambungan kabel.
 - c. Identifikasi kabel sehingga memungkinkan pemasangan kembali kabel-kabel pada terminal dengan benar setelah pengujian.
 - d. Lepaskan sambungan kabel dan/atau terminasi-terminasi bus dari perangkat.

- e. Tempatkan penghalang untuk pencegahan atau tempatkan petugas di kedua ujung kabel untuk memastikan orang-orang lain menyadari dan terlindungi dari pengujian ini.
2. Catat kelembaban dan suhu ambien sebelum melaksanakan suatu pengujian resistensi isolasi.
3. Sesuaikan megohmmeter ke tegangan uji yang sesuai:

Angka Peringkat Peralatan (V AC)	Tegangan Uji yang Direkomendasikan (V DC)
1001 hingga 2500	1000
2501 hingga 5000	2500
5001 hingga 8000	2500
8001 hingga 15000	2500
15001 hingga 25000	5000
25001 hingga 34000	5000
34001 hingga 46000	5000
46001 ke atas	5000

4. Waktu pengukuran untuk pengujian ini akan bervariasi sehubungan dengan panjang kabelnya. Oleh karena itu, waktu uji harus cukup untuk memungkinkan instrumen uji mengisi penuh kabel untuk pengukuran secara akurat. Untuk itu mungkin akan perlu waktu uji beberapa menit untuk kabel yang sangat panjang.



5. Ukur resistensi isolasi dari konduktor ke arde dengan konduktor-konduktor lain yang dijamper ke arde, jika berlaku, selama 10 menit, catat hasil-hasilnya setiap menit. Hitung PI (rasio nilai sepuluh menit dibagi dengan nilai satu menit).
6. Resistensi isolasi bersifat sensitif terhadap suhu. Saat membandingkan hasil-hasil pembacaan dengan data sebelumnya atau menentukan kriteria lulus/gagal, Anda harus melakukan koreksi suhu. Rinciannya diberikan dalam standar pelaksanaan kerja yang bersesuaian dengannya, A8.
7. Setelah pengujian selesai, lepaskan jumper-jumper.
8. Singkirkan semua penghalang yang sebelumnya dipasang untuk pencegahan.
9. Jika Uji Tan Delta (A11) TIDAK dilakukan, sambungkan kabel kembali ke terminal dan kencangkan semua sambungan kabel.

Pengujian Resistensi Sambungan (A9)

Uji masing-masing sambungan kabel sesuai dengan "Standar Pelaksanaan Kerja Terpercaya Cargill untuk Pengujian Resistensi Kontak / Sambungan (A9)".

Bandingkan hasil-hasil pembacaan resistensi antara fase-fase kabel dan antara hasil-hasil pembacaan dari kabel-kabel serupa. Nilai-nilai penerimaan untuk perbedaan-perbedaan diberikan di bagian Nilai-nilai Pengujian di bagian di bawah ini.

Pelaporan: Semua kekurangan yang ditemukan selama pengujian Resistensi Kontak harus didokumentasikan sebagaimana ditentukan sesuai standar-standar yang dapat diterima oleh pabrik pembuat. Sambungan-sambungan yang tidak lulus memenuhi standar yang dapat diterima harus diperbaiki sebelum kabel tersebut dapat kembali difungsikan.

Pengujian VLF Tan-Delta (A11)

Pengujian ini harus dilaksanakan sesuai dengan "Standar Pelaksanaan Kerja RE Cargill untuk Faktor Daya dan Pengujian Tan-Delta (A11)".

- Pengujian harus dilaksanakan dengan menggunakan instrumen AC VLF yang dapat menghasilkan bentuk gelombang sinusoidal. JANGAN melaksanakan pengukuran tangen delta dengan bentuk gelombang cosinus-persegi panjang, DC step atau bipolar persegi panjang. Selalu periksa peralatan pengujian Anda apakah parameter pengaturannya sudah tepat. Tegangan uji yang diterapkan dapat diukur baik pada *Root Mean Square* (RMS) ataupun pada Puncak (*Peak*).
- Tangen Delta (TD) dan *Tan-Delta Time Stability* (TDTS) pada 0,5 U_o, 1,0 U_o, dan 1,5 U_o diukur. Tangen Delta diferensial atau *tip up*, DTD = TD (1,5 U_o) - TD (0,5 U_o), dihitung.
- Hasil-hasilnya harus dievaluasi antara masing-masing step tegangan. Di antara masing-masing step tegangan, perbandingan nilai-nilai dengan tabel Tingkat Kekritisian dari bagian di bawah ini harus dilakukan. Pengujian harus dibatalkan jika terjadi kegagalan.
- Masing-masing step tegangan uji harus mencakup setidaknya 6 pengukuran TD masing-masing pada interval 10 detik antara masing-masing pengukuran pada 0,1 Hz. Interval akan lebih lama pada frekuensi yang lebih rendah.
- Nilai TD dinyatakan sebagai nilai rata-rata berdasarkan pengukuran-pengukuran ini. Nilai TDTS dinyatakan sebagai standar deviasi pengukuran-pengukuran TD. Semua nilai biasanya dihitung secara internal dengan seperangkat pengujian.
- Tegangan uji dapat diukur dalam baik RMS ataupun Puncak. Pastikan Anda memahami satuan-satuan yang ditampilkan pada layar instrumen pengujian Anda.

Tegangan Uji VLF Tan-Delta (0,1 Hz sinusoidal)						
Nilai tegangan kabel (fase ke fase) [kV]	Tegangan Uji 0,5 U ₀ (fase ke arde)		Tegangan Uji 1,0 U ₀ (fase ke arde)		Tegangan Uji 1,5 U ₀ (fase ke arde)	
	[kV rms]	[kV puncak]	[kV rms]	[kV puncak]	[kV rms]	[kV puncak]
5	1,4	2,0	2,9	4,1	4,3	6,1
15	4,3	6,1	8,7	12,2	13	18,4
25	7,2	10,2	14,4	20,4	21,7	30,6
35	10,1	14,3	20,2	28,6	30,3	42,9
U ₀ adalah tegangan operasi fase ke arde pada kabel, bukan nilai tegangan kabel.						

- Sambungkan kembali ke terminal dan kencangkan semua sambungan kabel. Pengujian resistensi sambungan harus sesuai dengan “Standar Pelaksanaan Kerja Terpercaya Cargill untuk Pengujian Resistensi Kontak / Sambungan (A9)”.
- Tutup kompartemen-kompartemen kabel.
- Pastikan semua pengancing pada pintu menutup dan terkunci.

Nilai-nilai Pengujian

1. Radius Tekukan (A0)

Radius tekukan minimum yang diperbolehkan dapat diperoleh dari lembar data kabel – lihat contoh di bawah ini:

Tabelle: Technische Eigenschaften N2XSEY 6/10 kV

Art.-Nr.	Artikelbezeichnung		D _i [mm]	R _i [Ω/km]	W _i [mm]	I _{bl} [A]	I _{be} [A]	I _k [kA]	R _{bv} [mm]	W _m [mm]	D _A [mm]	F _{zv} [N]	Cu [kg/km]	G [kg/km]
011310	N2XSEY 3X35/16 6/10 kV	RM	7,5	0,524	3,4	178	187	5	588	2,5	49	1750	1209	3300
011311	N2XSEY 3X50/16 6/10 kV	RM	8,6	0,387	3,4	213	213	7,15	624	2,5	52	2500	1671	3900
011312	N2XSEY 3X70/16 6/10 kV	RM	10,2	0,268	3,4	265	261	10	660	2,5	55	3500	2247	4700
011313	N2XSEY 3X95/16 6/10 kV	RM	12	0,193	3,4	322	312	13,6	720	2,5	60	14250	2994	5850
011314	N2XSEY 3X120/16 6/10 kV	RM	13,5	0,153	3,4	370	355	17,2	768	2,5	64	6000	3714	6800
011315	N2XSEY 3X150/25 6/10 kV	RM	15	0,124	3,4	420	399	21,4	804	2,5	67	22500	4638	7950
011316	N2XSEY 3X185/25 6/10 kV	RM	16,8	0,0991	3,4	481	451	26,5	852	2,5	71	27750	5646	9300
011497	N2XSEY 3X240/25 6/10 kV	RM	19,2	0,0754	3,4	586	523	34,3	924	2,5	77	38000	7272	11550
013316	N2XSEY 3X300/25 6/10 kV	RM	21,6	0,0801	3,4	648	590	42,9	960	2,5	80	45000	9160	12200

dbl_n2xsey.pdf Ausgabe 14.09.2016 · Klaus Faber AG · Lebacher Straße 152 – 156 · 66113 Saarbrücken · Fon +49 681 9711-0 · Fax +49 681 9711-289

Jika tidak tersedia lembar data, tabel sebagai berikut dapat digunakan untuk menentukan radius tekukan minimum yang diperbolehkan:

Tabel 100.22

Radius Minimum untuk Kabel Daya
Kabel Konduktor Tunggal & Multi dengan Pelindung Baja Saling Bertautan, Selubung
Aluminium Halus atau Bergelombang atau Selubung Timah

Jenis Kabel	Diameter Kabel Secara Keseluruhan					
	inci 0,75 ke bawah	mm 190 ke bawah	inci 0,76 hingga 1,50	mm 191 381	inci 1,51 ke atas	mm 382 ke atas
	Minimum Radius Tekukan sebagai Kelipatan Diameter Kabel					
Konduktor Tunggal Selubung Aluminium Halus Tanpa Pelindung, Konduktor Multi atau Multipleks, dengan Konduktor Terlindung Secara Individual	10		12		15	
Konduktor Tunggal Terlindung	12		12		15	
Konduktor Ganda atau Multipleks, dengan Pelindung Keseluruhan	12		12		15	
Pelindung Baja Saling Bertautan atau Selubung Aluminium Bergelombang Tanpa Pelindung	7		7		7	
Konduktor Multi dengan Konduktor yang Terlindung secara Individual	12/7 ^a		12/7 ^a		12/7 ^a	
Konduktor Multi dengan Pelindung Keseluruhan	12		12		12	
Pelindung Timah	12		12		12	

ANSI/ICEA S-93-639/NEMA WC 74-2000, 5-46 kV Kabel Daya Terlindung untuk digunakan pada Transmisi dan Distribusi Energi Listrik, Lampiran I - rekomendasi Radius Tekukan untuk Kabel dan Tabel II - Radius Minimum untuk Kabel Daya

a. 12 x diameter konduktor terlindung secara individual, atau 7 x diameter kabel keseluruhan, mana yang lebih besar.

2. Uji Kontinuitas Pelindung

Bandingkan hasil-hasil dari semua konduktor dari sirkit yang sama untuk menentukan apakah ada masalah-masalah seperti pelindung yang pecah atau rusak. Selain itu, hasil-hasil pembacaan yang dapat diterima biasanya < 3,3 ohm per 100 meter (10 ohm per 1000 kaki).

3. Pengujian Partial Discharge (PD) (A5)

Banyak faktor yang harus dipertimbangkan saat menilai kualitas isolasi seperti usia, tampilan visual, kondisi lingkungan, besaran partial discharge, dan laju perubahan partial discharge, *partial discharge signature*, dan perbandingan data ini dengan instalasi-instalasi isolasi yang serupa. Secara bersama-sama, faktor-faktor ini akan memberikan wawasan yang bermanfaat untuk menilai kondisi isolasi saat ini dan masa pakainya.

Pengujian partial discharge digunakan untuk menentukan kondisi isolasi dan sebagai peringatan awal kegagalan yang akan datang. Namun, banyak sumber kebisingan di latar belakang mungkin akan muncul termasuk kebisingan yang timbul dari beban proses, kebisingan yang dipancarkan dari peralatan elektronik atau transmisi radio

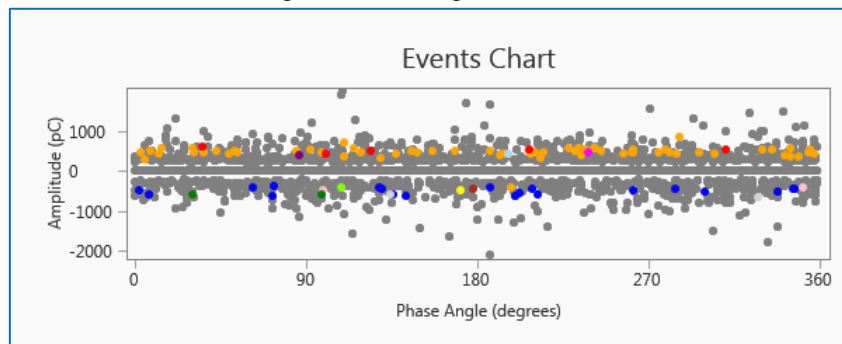
Dokumen ini bersifat rahasia dan merupakan milik Cargill. Dokumen ini tidak boleh direproduksi, disalin, atau isinya dikomunikasikan kepada pihak ketiga tanpa izin tertulis dari Cargill.

terdekat, dan *PD reflections couple* aktual pada objek uji dari komponen-komponen lainnya.

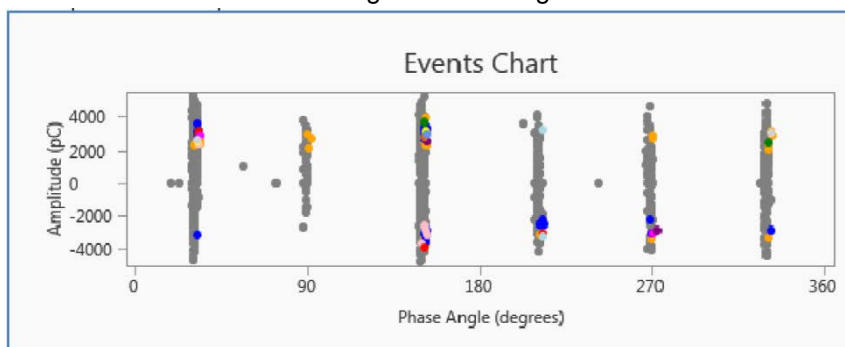
Kartu skor akan digunakan saat melakukan evaluasi partial discharge dengan perangkat lunak *Cable Data Analysis Suite* (CDAS).

Ada tiga tahapan penilaian:

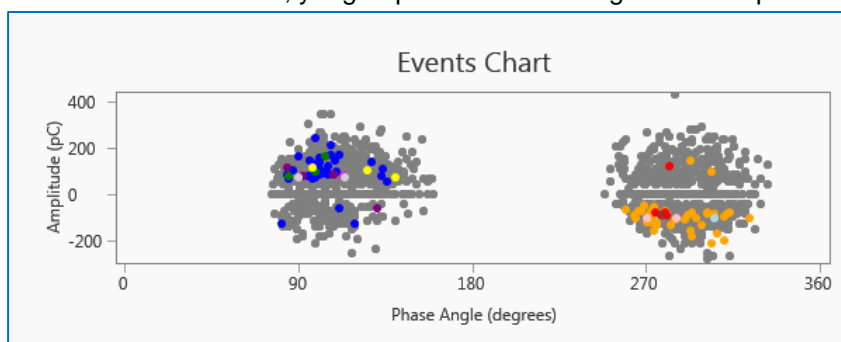
- Tahap Pertama – Apakah plot fase menunjukkan dua kluster terpisah 180 derajat?
 - Acak - kemungkinan kebisingan



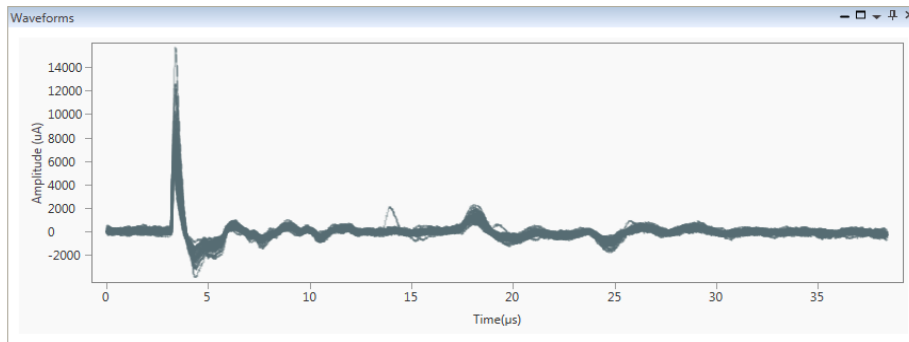
- Multi kluster - kemungkinan kebisingan mesin



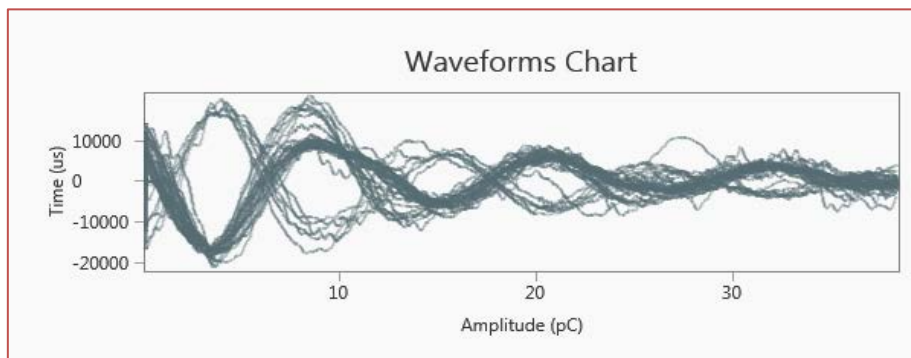
- Dua kluster, yang terpisah 180° kemungkinan merupakan PD



- Tahap Kedua – Apakah ini memiliki bentuk gelombang unipolar yang khas?
 - Apakah merupakan bentuk gelombang unipolar yang memuat dua atau tiga denyut dengan penurunan amplitudo dan peningkatan penyebaran?
 - Apakah ada refleksi pada perkiraan posisi akhir?

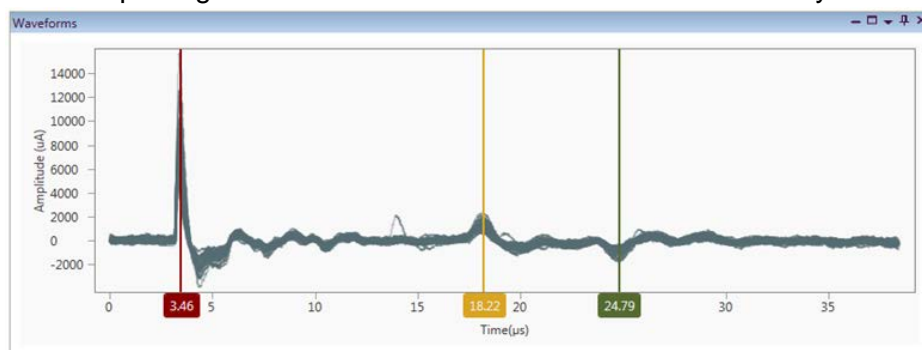


Contoh Bentuk Gelombang PD



Contoh Bentuk Gelombang Non PD

- Tahap Ketiga – Bisakah Anda menentukan dimana lokasinya?



Berikan skor untuk setiap tahap mulai dari 1 hingga 3:

- 1 = Tidak
- 2 = Mungkin
- 3 = Ya

Tambahkan skor dan kalikan dengan 0,11 untuk memberikan probabilitas bahwa PD telah teridentifikasi di lokasi pengukuran.

4. Pengujian Resistensi Isolasi (A8)

Kriteria Tingkat Kekritisan Cargill - Pengujian Resistensi Isolasi

Angka Peringkat Peralatan (V)	Tegangan Uji yang Direkomendasikan (DC V)	Resistensi Isolasi Minimum (Megohm)		
		Tidak Ada Kekurangan	Tinggi	Kritis*
250	500	> 25	< 25	< 10
251 hingga 1000	1000	> 100	< 100	< 50
1001 hingga 2500	1000	> 100	< 100	< 50
2501 hingga 5000	2500	> 500	< 500	< 250
5001 hingga 8000	2500	> 1000	< 1000	< 500
8001 hingga 15000	2500	> 2000	< 2000	< 1000
15001 hingga 25000	5000	> 5000	< 5000	< 2500
25001 hingga 34000	5000	> 20000	< 20000	< 10000
34001 hingga 46000	5000	> 100000	< 100000	< 50000
46001 ke atas	5000	> 100001	< 100000	< 50000

* Beberapa indikasi mengenai suatu masalah dari uji-uji kabel lainnya diperlukan untuk menetapkan bahwa harus segera diambil tindakan.

Resistensi isolasi bersifat sensitif terhadap suhu. Saat membandingkan hasil-hasil pembacaan dengan data sebelumnya atau menentukan kriteria lulus/gagal, Anda harus melakukan koreksi suhu. Tabel-tabel konversi yang tersedia dalam “Standar Pelaksanaan Kerja Cargill untuk Pengujian Resistensi Isolasi (A8)” harus digunakan untuk melakukan koreksi suhu.

5. Uji Resistensi Kontak (A9)

Pedoman umum sebagai berikut harus dipertimbangkan hanya sebagai kriteria minimum untuk penentuan tingkat kekritisan resistensi sambungan. Pedoman ini berlaku untuk pengukuran-pengukuran dasar serta analisis komparatif perangkat-perangkat sejenis. Di bawah ini adalah kriteria tingkat kekritisan yang terkait dengan pengukuran resistensi sambungan:

Kriteria Tingkat Kekritisan Cargill - Terminasi Kabel Tegangan Tinggi				
Pengujian Kelistrikan	Tingkat Kekritisan:	Tidak ada kekurangan	Tinggi	Kritis
Resistensi Sekering:	Pemutus Tegangan Tinggi	< 50% Variasi	> 50% Variasi	> 50 microhm

Tabel ini diambil dari informasi yang termuat dalam ANSI/NETA MTS - 2015

Nilai penurunan mikrohmm atau millivolt tidak boleh lebih tinggi dari pada rentang level normal seperti yang ditunjukkan dalam data yang dipublikasikan oleh pabrik pembuatnya. Jika tidak tersedia data dari pabrik pembuat, periksa apakah ada nilai penyimpangan dari kutub-kutub yang berdekatan atau terminasi-terminasi yang serupa yang lebih dari 50 persen dari pada nilai terendah.


6. Pengujian VLF Tan Delta (A11)

Nilai hasil pengukuran VLF-TD dan VLF-TDTS dan nilai VLF-TD yang dihitung terutama dipengaruhi oleh kondisi (umur, kontaminasi, dan masuknya uap air) dari berbagai komponen sistem kabel (aksesori, isolasi kabel, dan pelindung logam). Selain itu, beberapa utilitas mungkin memiliki komponen-komponen yang disambungkan ke sirkit kabel yang diukur, misalnya sakelar yang berisi minyak, yang tidak dapat dilepas tetapi dapat memengaruhi hasil-hasil pengujian. Sebagian besar pengguna teknik respons dielektrik memilih untuk mengukur keseluruhan respons sistem kabel yang akan mencakup respons dari semua terminasi, kabel, dan sambungan dalam rangkaian sirkit.


Di bawah ini adalah tabel yang menyatakan kriteria penerimaan Cargill untuk uji tangen delta kabel-kabel Tegangan Tinggi:

Kriteria Tingkat Kekritisan Cargill - Pengujian Kabel Tan Delta									
Jenis Isolasi	Rata-rata VLF-TD diukur pada 0,5 U ₀ , 1,0 U ₀ dan 1,5 U ₀ [10 ⁻³]			VLF-TD Time Stability VLF-TDTS diukur dengan standar deviasi pada 0,5 U ₀ , 1,0 U ₀ dan 1,5 U ₀ [10 ⁻³]			Differential VLF-TD (DTD) dihitung sebagai perbedaan rata-rata VLF-TD antara 0,5 U ₀ dan 1,5 U ₀ [10 ⁻³]		
	Tidak Ada Kekurangan	Tinggi	Kritis	Tidak Ada Kekurangan	Tinggi	Kritis	Tidak Ada Kekurangan	Tinggi	Kritis
PE, XLPE, dan TRXLPE	< 2	2 hingga 4	> 4	< 0,02	< 0,04	> 0,04	< 0,6	< 2	> 2
EPR berisi karbon (Hitam)	< 12	12 hingga 50	> 50	< 0,02	< 0,04	> 0,04	< 3	3 hingga 10	> 10
EPR berisi mineral (Pink)	< 15	15 hingga 30	> 30	< 0,02	< 0,04	> 0,04	< 3	3 hingga 8	> 8
EPR yang tahan terhadap discharge (Abu-abu)	< 50	50 hingga 60	> 60	< 0,02	< 0,04	> 0,04	< 5	5 hingga 15	> 15
PILC	< 85	85 hingga 200	> 200	< 0,10	< 0,40	> 0,40	< 10	10 hingga 100	> 100
Masing-masing step tegangan uji harus mencakup setidaknya enam (6) pengukuran TD tunggal pada interval 10 detik antara masing-masing pengukuran pada 0,1 Hz.									
Nilai TD rata-rata harus menjadi tren dari waktu ke waktu. Penambahan frekuensi uji harus dilakukan jika nilainya meningkat secara signifikan sekalipun jika tidak ada indikasi kekurangan yang ditunjukkan dalam tabel.									
Tingkat kekritisan yang tinggi memerlukan penyelidikan untuk menentukan apakah penyebabnya dapat diidentifikasi dan interval tes dikurangi menjadi 1 tahun. Jika ditemukan tingkat kekritisannya adalah kritis maka harus diambil tindakan korektif sebelum kabel tersebut dialiri listrik kembali.									

Lembar Pengujian



**CABLE POLARIZATION
INDEX (PI) TEST**



OWNER _____ PAGE 22

ADDRESS _____ JOB # FORMS - ALL

CUSTOMER Example Customer Company ASSET ID _____

ADDRESS _____

DATE 10/13/2014 AMBIENT TEMPERATURE _____ °F HUMIDITY _____ % PLANT Example Plant

SUBSTATION CABLES POSITION AUTOMATED

CABLE SOURCE _____ CABLE TERMINATION POINT _____

OPERATING VOLTAGE _____ kV INSTALLED IN _____ LENGTH _____ FT

MANUFACTURER _____ INSULATION TYPE _____ INSULATION THICKNESS _____ MILS

SIZE _____ KCMIL NO. OF CONDUCTORS _____ CONDUCTOR MATERIAL _____

RATED VOLTAGE _____ kV ☒ GROUNDED ☐ UNGROUNDED ☒ BELTED ☐ SHIELDED AGE _____

PHASE IDENTIFICATION: PHASE A _____ PHASE B _____ PHASE C _____

CONNECTED EQUIPMENT _____ CABLE TEMPERATURE _____ °C

TEST VOLTAGE _____ kVDC Enter TCF Manually: ☐ TEMPERATURE CORRECTION FACTOR TO 20°C, TCF _____

K = INSULATION RESISTANCE CONSTANT IN MEGOHMS 20,000 TEST CONDUCTED ☒ BEFORE ☐ AFTER HIGH POTENTIAL TEST

D = OUTSIDE DIAMETER OF INSULATION _____ d = INSIDE DIAMETER OF INSULATION _____

$R = [K \log_{10} (\frac{D}{d})] (\frac{1000}{L (ft)})$ Use Instrument PI Value: ☐

MINUTES	PHASE A MEGOHMS			PHASE B MEGOHMS			PHASE C MEGOHMS		
	READING (megohms)	TEMP. CORR. FACTOR	20°C READING (megohms)	READING (megohms)	TEMP. CORR. FACTOR	20°C READING (megohms)	READING (megohms)	TEMP. CORR. FACTOR	20°C READING (megohms)
0.25									
0.50									
0.75									
1.00									
2.00									
3.00									
4.00									
5.00									
6.00									
7.00									
8.00									
9.00									
10.00									
P.I.									

POLARIZATION INDEX = 10 MINUTE READING / 1 MINUTE READING

* MINIMUM DESIGN INSULATION RESISTANCE, R = _____ MEGOHMS

TEST EQUIPMENT USED: _____ TESTED BY: Default Administrator

COPYRIGHT © 2002-2014 POWERDE, INC. www.powerde.com 19020, REVISED 2/7/2014

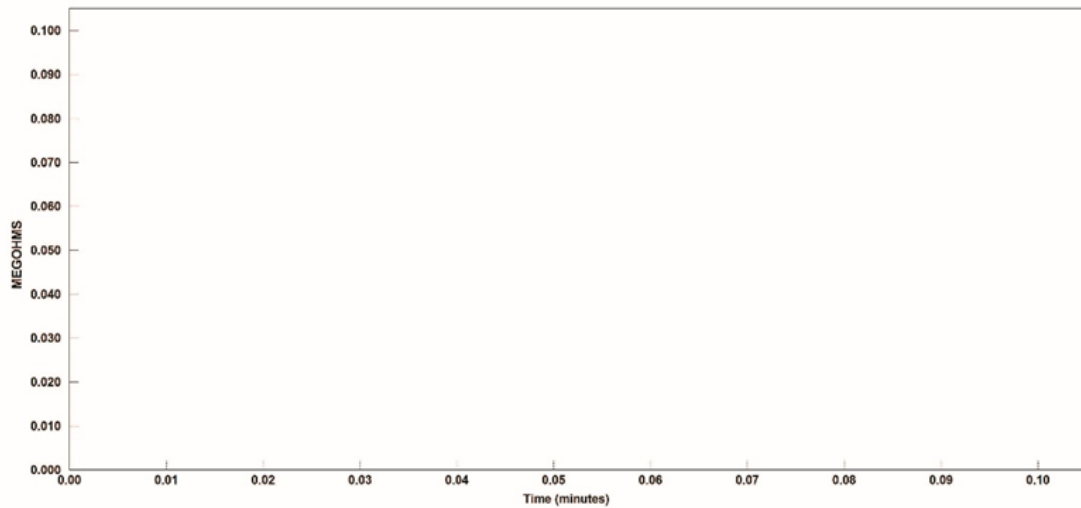


CABLE POLARIZATION
INDEX (PI) TEST



PAGE 23

POLARIZATION CURVE




Phase A: Red Square
Phase B: Blue Circle
Phase C: Green Triangle


COMMENTS:
DEFICIENCIES:

--

Job Aid – J60 – Kabel, Tegangan Tinggi



VLF CABLE TEST



OWNER _____ PAGE 33

ADDRESS _____ JOB # FORMS - ALL

CUSTOMER Example Customer Company ASSET ID _____

ADDRESS _____

DATE 10/13/2014 AMBIENT TEMPERATURE _____ °F HUMIDITY _____ % PLANT Example Plant

SUBSTATION _____ CABLES POSITION GENERAL

OPERATING VOLTAGE _____ kV INSTALLED IN ☐ CONDUIT ☐ TRAY LENGTH _____ FT CABLE TEMPERATURE _____ °C

MANUFACTURER _____ INSULATION TYPE _____ INSULATION THICKNESS _____ MILS

SIZE _____ MCM NO. OF CONDUCTORS _____ CONDUCTOR MATERIAL ☐ CU ☐ AL

RATED VOLTAGE _____ kV ☐ GROUNDED ☐ SHIELDED ☐ BELTED (PILC) AGE _____

☐ UNGROUNDED ☐ UNSHIELDED

☐ RESISTANCE GROUND ☐ CONCENTRIC NEUTRAL

CABLE SOURCE _____ CABLE TERMINATION POINT _____

CONNECTED EQUIPMENT _____ ISOLATE CABLE ☐ Y ☐ N ☐ ARRESTERS ☐ POT FUSES

NUMBER OF MANHOLES _____ NUMBER OF TERMINATIONS _____ NUMBER OF SPLICES _____

TERMINATION / SPLICES ☐ HAND TAPED ☐ 3-M TERM. KIT ☐ RAYCHEM KIT ☐ OTHER _____

RMS TEST VOLTAGE _____ kV BREAKDOWN ☐ YES ☐ NO PLANNED TEST DURATION _____ START TIME _____

TEST FREQUENCY _____ Hz TIME TO FAILURE _____ MIN ☐ 1 MIN ☐ 15 MIN ☐ 30 MIN ☐ 60 MIN

SHIELD RESISTANCE A-B _____ OHMS B-C _____ OHMS C-A _____ OHMS

WAVE SHAPE ☐ SINE ☐ COSINE / RECTANGULAR ☐ OTHER _____ END TIME _____

TEST TYPE ☐ WITHSTAND ☐ PASS / FAIL ☐ DIAGNOSTIC SEE COMMENT BELOW


☐ PHASE A OR ☐ PHASE A, B, C ☐ PHASE B ☐ PHASE C

TESTS (MINUTES)	<input type="checkbox"/> PHASE A OR <input type="checkbox"/> PHASE A, B, C			<input type="checkbox"/> PHASE B			<input type="checkbox"/> PHASE C		
	MEGOHMS	NANO FARADS	MICRO AMPS	MEGOHMS	NANO FARADS	MICRO AMPS	MEGOHMS	NANO FARADS	MICRO AMPS
1									
5									
10									
15									
20									
25									
30									
45									
60									


TEST EQUIPMENT USED: _____ TESTED BY: Default Administrator

COPYRIGHT © 2002-2014 POWERDB, INC. www.powerdb.com REVISED 5/26/2010

Job Aid – J60 – Kabel, Tegangan Tinggi



TAN DELTA CABLE TEST



OWNER _____ PAGE 27

ADDRESS _____ JOB # FORMS - ALL

CUSTOMER Example Customer Company ASSET ID _____

ADDRESS _____

DATE 10/13/2014 AMBIENT TEMPERATURE _____ °F HUMIDITY _____ % PLANT Example Plant

SUBSTATION CABLES POSITION GENERAL

OPERATING VOLTAGE _____ kV INSTALLED IN ☐ CONDUIT ☐ TRAY LENGTH _____ FT CABLE TEMPERATURE _____ °C

MANUFACTURER _____ INSULATION TYPE _____ INSULATION THICKNESS _____ MILS

SIZE _____ MCM NO. OF CONDUCTORS _____ CONDUCTOR MATERIAL ☐ CU ☐ AL

RATED VOLTAGE _____ kV ☐ GROUNDED ☐ SHIELDED ☐ BELTED (PILC) AGE _____

☐ UNGROUNDED ☐ UNSHIELDED ☐ CONCENTRIC NEUTRAL

☐ RESISTANCE GROUND

CABLE SOURCE _____ CABLE TERMINATION POINT _____

CONNECTED EQUIPMENT _____ ISOLATE CABLE ☐ Y ☐ N ☐ ARRESTERS ☐ POT FUSES

NUMBER OF MANHOLES _____ NUMBER OF TERMINATIONS _____ NUMBER OF SPLICES _____

TERMINATION / SPLICES ☐ HAND TAPED ☐ 3-M TERM. KIT ☐ RAYCHEM KIT ☐ OTHER _____

SYSTEM VOLTAGE _____ BREAKDOWN ☐ YES ☐ NO PLANNED TEST DURATION PER STEP START TIME

TEST FREQUENCY _____ TIME TO FAILURE _____ MIN ☐ 1 MIN ☐ 5 MIN ☐ 10 MIN

WAVE SHAPE ☐ SINE ☐ COSINE / RECTANGULAR ☐ OTHER _____ END TIME

TEST TYPE ☐ WITHSTAND ☐ PASS / FAIL ☐ DIAGNOSTIC

☐ PHASE A OR ☐ PHASE A, B, C ☐ PHASE B ☐ PHASE C

TEST VOLTAGE kV		TAN DELTA	NANO FARADS	MICRO AMPS	TAN DELTA	NANO FARADS	MICRO AMPS	TAN DELTA	NANO FARADS	MICRO AMPS
5kV CABLE	15 kV CABLE									
1.0	2									
1.5	3.5									
2.0	5									
2.4	7									

TEST EQUIPMENT USED: _____ TESTED BY: Default Administrator

COPYRIGHT © 2002-2014 POWERDB, INC. www.powerdb.com 13090, REVISED 5/26/2010