

Sistem & Kontrol Pabrik

Pusat Keahlian

Kelistrikan



- PROGRAM PEMELIHARAAN KELISTRIKAN (EMP) –
JOB AID
J61 – Kabel, Tegangan Rendah (LV)

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	Direvisi per F2F di Shermco	30.04.2018	Shermco	Draft

Daftar Isi

1. Lingkup.....	3
2. Definisi	3
3. Dokumen-dokumen Referensi	4
4. Alat-alat dan bahan-bahan yang diperlukan	4
5. Urutan Pengujian	5
6. Nilai-nilai Pengujian.....	8
7. Lembar Pengujian	11

Lingkup

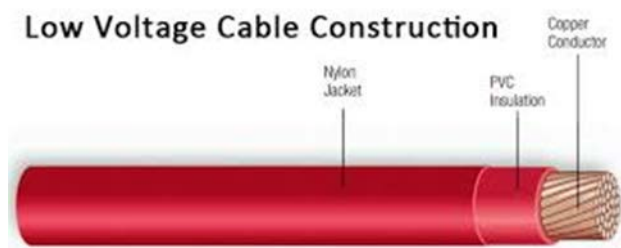
Dokumen ini berlaku untuk kabel-kabel tegangan rendah. Karena ini adalah *job aid* yang bersifat umum, maka perlu untuk menggunakan pengaturan kerja pemeliharaan pada instalasi kabel tertentu.

Biasanya pengujian kabel-kabel motor digabungkan bersama dengan pengujian motor. Lihat *job aid* yang berlaku untuk pemeriksaan motor Tegangan Rendah untuk informasi lebih lanjut. Dokumen-dokumen ini terutama membahas kabel-kabel Tegangan Rendah yang menyalurkan distribusi listrik pada peralatan.

Definisi

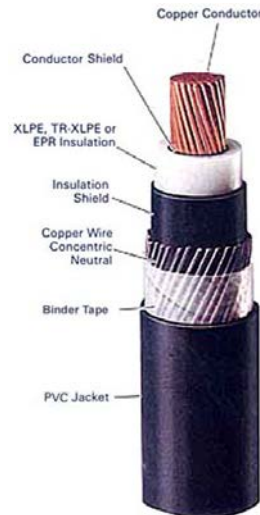
Kabel, Tegangan Rendah (LV):

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.



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.

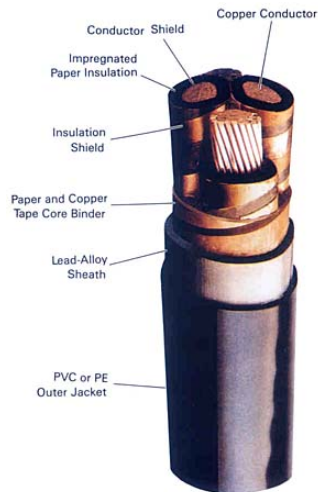


Kabel, Tegangan Tinggi (HV) Berpelindung:

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) dengan jaket (selubung) yang biasanya dari PVC.

Kabel Berpelindung EPR





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 Rendah (LV):

Terminasi kabel Tegangan Rendah (LV) biasanya sederhana karena hanya untuk menangani tegangan yang rendah. Lug (skun) terminasi biasanya dipress sehingga menjepit (*crimp*) konduktor kabel. Jenis sambungan-sambungan *crimping* lainnya connections juga tersedia (mis. *hexagonal crimp*). Untuk membuat sambungan-sambungan dengan cara dipress (*crimp*) harus menggunakan alatnya (*die set*) yang kompatibel dengan jenis dan ukuran lug (skun) dan dengan tekanan yang tepat.



Dokumen-dokumen Referensi

- Standar Pelaksanaan Kerja Unggul Terpercaya Cargill untuk Pengujian Resistensi Isolasi (A8)
- Standar Pelaksanaan Kerja Unggul Terpercaya Cargill untuk Pengujian Resistensi Kontak (A9)
- Job Aid – Switchgear/Switchboard Tegangan Rendah/LV (J19)
- Job Aid – Motor Tegangan Rendah/LV (J52)

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

- 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 sirkit 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 sirkit 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

Pengujian Resistensi Isolasi (A8)

- Peralatan sebagaimana ditentukan dalam “Standar Pelaksanaan Kerja Terpercaya Cargill untuk Pengujian Resistensi Isolasi” dengan kemampuan menyediakan tegangan uji setidaknya 1000 VDC

Pengujian Resistensi Kontak / Sambungan (A9)

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

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 larangan mendekat (*restricted approach boundary*) 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, jika dipasang.

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.
- Verifikasi apakah tekukan kabel yang terlihat memenuhi atau melebihi radius tekukan minimum yang diperbolehkan pabrik pembuat. Jangan melebihi Radius Tekukan. Lihat tabel di bagian Nilai-nilai Pengujian untuk informasi lebih lanjut.
- Periksa penerapan kedap api terkait dengan penetrasi melalui dinding.
- 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.

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

Pengujian Resistensi Isolasi (A8)

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

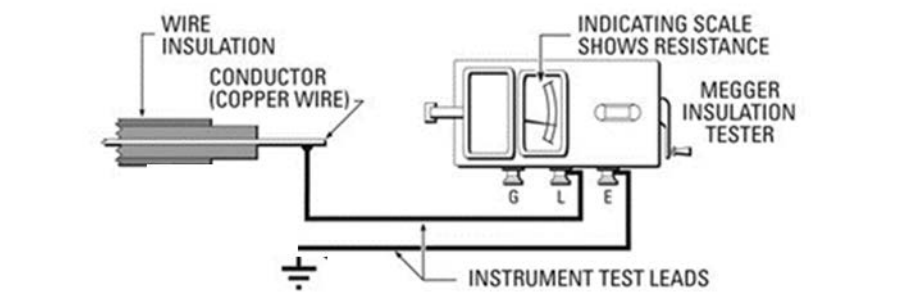
Pengujian ini tidak boleh dilakukan jika pelepasan sambungan dapat menyebabkan kegagalan kabel. Jika kabel tersambung ke sakelar-sakelar di kedua ujungnya, maka tidak perlu untuk melepaskan sambungan kabel dari sakelar-sakelar jika kedua sakelar tersebut dibuka.

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)
250	500
251 hingga 1000	1000

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 di-jumper ke arde, jika berlaku, selama 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. 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)".

- Ukur dari lug kabel ke terminal / *bus bar*
- Tutup kompartemen kabel di akhir pengujian
- Pastikan semua pengancing pada pintu menutup dan terkunci.

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.

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.

Pelaporan: Semua kekurangan yang ditemukan selama pengujian Resistensi Kontak harus didokumentasikan sebagaimana ditentukan sesuai 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.

Perbaikan kabel biasanya harus dilakukan dengan melepas kabel dari sambungannya, membersihkan permukaan (*lug* kabel dan terminal) dan menyambung ulang pada terminal dengan mengencangkannya secara baik (torsi yang tepat) sesuai instruksi OEM peralatan tersebut.

Nilai-nilai Pengujian

1. Radius Tekukan (A0)

Radius tekukan minimum yang diperbolehkan biasanya ditentukan dalam kelipatan diameter luar kabel. Selalu direkomendasikan untuk menggunakan radius tekukan minimum yang diperbolehkan sesuai rekomendasi dari pabrik pembuat. Radius tekukan minimum yang diperbolehkan dapat diambil dari lembar data kabel – lihat contoh di bawah ini:

“Radius tekukan kabel inti tunggal tidak boleh lebih kecil dari pada 15 kali diameter luar D_A dan 12 kali untuk kabel multi inti.”

		D_i	R_i	W_i	W_u	W_m	R_b	D_A		G	C_u	I_{bl}	I_{be}	L_b	F_z
		max. [mm]	max. [Ω/km]	nom. [mm]	nom. [mm]	nom. [mm]	min. [mm]	min. [mm]	max. [mm]	nom. [kg/km]	[kg/km]	nom. [A]	nom. [A]	nom. [mH/km]	max. [N]
4 x	1,5 RE	1,5	12,10	0,8	1,0	1,8	240	12	16	220	58	19,5	27	0,366	300
4 x	2,5 RE	1,9	7,41	0,8	1,0	1,8	255	13	17	290	96	25	36	0,340	500
4 x	4 RE	2,4	4,61	1,0	1,0	1,8	285	15	19	400	154	34	47	0,339	800
4 x	6 RE	2,9	3,08	1,0	1,0	1,8	300	16	20	510	230	43	59	0,321	1200
4 x	10 RE	3,7	1,83	1,0	1,0	1,8	330	18	22	720	384	59	79	0,301	2000
4 x	16 RE	4,6	1,15	1,0	1,0	1,8	375	21	25	1050	614	79	102	0,285	3200
3 x	25RM/16RE	-	0,73	1,2	1,0	1,8	435	24	30	1500	874	106	133	0,274	4550
3 x	35SM/16RE	-	0,54	1,2	1,2	1,8	450	24	31	1700	1162	129	159	0,261	6050
3 x	50SM/25RM	-	0,39	1,4	1,6	1,9	495	28	35	2300	1680	157	188	0,263	8750
3 x	70SM/35SM	-	0,27	1,4	1,8	2,0	525	31	38	2800	2352	199	232	0,254	12250
3 x	95SM/50SM	-	0,19	1,6	2,0	2,2	600	37	44	3800	3216	246	280	0,253	16750
3 x	120SM/70SM	-	0,15	1,6	2,0	2,3	660	40	48	4700	4128	285	318	0,250	21500
3 x	150SM/70SM	-	0,12	1,8	2,0	2,4	720	44	52	5600	4992	326	359	0,247	26000
3 x	185SM/95SM	-	0,10	2,0	2,0	2,6	810	49	57	7400	6240	374	406	0,248	32500
1 x	240 RM	17,8	0,08	2,2	-	1,8	465	27	31	2600	2304	483	479	0,281	12000
1 x	300 RM	20,0	0,06	2,4	-	1,9	495	29	33	3200	2880	557	541	0,279	15000
1 x	400 RM	22,9	0,05	2,6	-	2,0	570	33	38	4100	3840	646	614	0,275	20000
1 x	500 RM	27,6	0,037	2,8	-	2,1	630	37	42	5200	4800	747	693	0,272	25000
1 x	630 RM	29,3	0,028	3,0	-	2,4	720	41	48	6650	6048	1180	1304	0,271	31500

Sumber: katalog Faber Cable, kabel listrik NYY menurut VDE 0276-620 (HD 620)

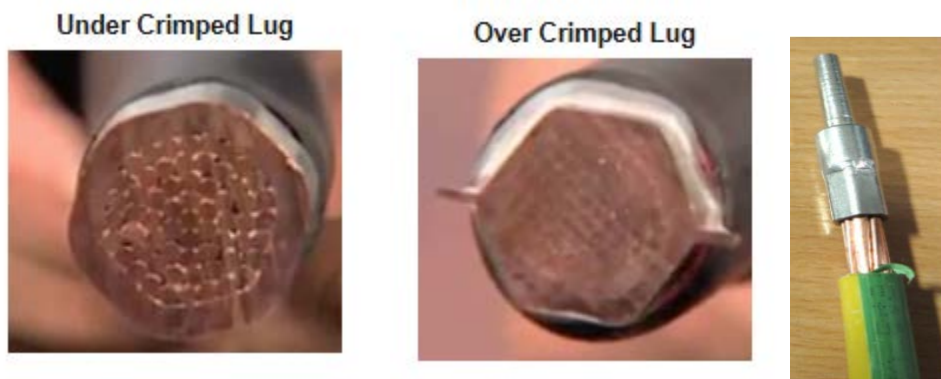
Jika tidak tersedia rekomendasi dari pabrik pembuat, maka tabel sebagai berikut dapat digunakan untuk menentukan radius tekukan minimum yang diperbolehkan untuk kabel daya tegangan rendah:

Radius Tekukan Minimum untuk Kabel Daya Tegangan Rendah - NEMA			
Ketebalan Isolasi Konduktor dalam Mils	Min. Tekukan Radius dalam kelipatan Diameter Kabel		
	Keseluruhan Diameter Kabel dalam Inchi		
	D < 1,0	1,0 < D < 2,0	D > 2,0
169 ke bawah	4	5	6
170 hingga 310,5	--	6	7
311 ke atas	--	7	8

2. Sambungan Crimped (A0)

Kriteria penerimaan untuk sambungan *crimped* (dipress berkerut) adalah sebagai berikut:

- Ukuran *lug* (skun) cocok dengan penampang kabel (biasanya ukuran *lug* dicap pada *lug* dan penampang kabel pada selubung (*sheath*) kabel)
- Tidak ada isolasi yang terperangkap di laras *lug*.
- Tidak ada pengupasan isolasi yang berlebihan (isolasi hanya boleh dikupas sesuai panjang laras)
- Konduktor harus sepenuhnya dimasukkan ke dalam *lug* (periksa dari lubang pemeriksaan di bagian depan *lug*)
- Tidak ada *overcrimping* (tekanan berlebihan selama proses *crimping*/pemasangan *lug* pada kabel) – ini akan menyebabkan tekanan yang berlebihan pada konduktor dan kilat atau permukaan kasar pada *lug*. *Overcrimping* pada *lug* dapat terlihat dari bagian 'telinga' atau 'sayap' pada laras *lug*.
- Tidak ada *undercrimping* (kurang tekanan selama proses *crimping*/pemasangan *lug* pada kabel) – tidak boleh ada celah udara di antara untaian konduktor; konduktor harus dipress padat dan ketat untuk memastikan konduktansi maksimum dan sesedikit mungkin resistensi. *Lug* harus duduk dengan aman pada kabel.



Job Aid – J61 – Kabel, Tegangan Rendah (LV)

Source: ETS cable components, UK

3. 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
* 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.

4. 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 Kontak:	Pemutus Tegangan Tinggi	< 50% Variasi	> 50% Variasi	> 50 microhm

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


Nilai penurunan mikrohm 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.

Job Aid – J61 – Kabel, Tegangan Rendah (LV)

Lembar Pengujian



LOW VOLTAGE CABLE INSULATION TEST



OWNER _____

ADDRESS _____

CUSTOMER Example Customer Company

ADDRESS _____

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

SUBSTATION _____ CABLES _____

MANUFACTURER _____

INSULATION TYPE 1: ☐ TW ☐ THW ☐ THHW ☐ XHHW ☐ THHN

INSULATION TYPE 2: ☐ RH ☐ RHW

OTHER _____

PAGE 25

JOB # FORMS - ALL

ASSET ID _____

PLANT Example Plant

POSITION GENERAL

DATE MANUFACTURED _____

EQUIPMENT TEMPERATURE _____ °C

TEST VOLTAGE _____ KVDC TEMPERATURE CORRECTION FACTOR TO 20°C, TCF _____ INS. TYPE 1 _____ INS. TYPE 2 _____

IDENTIFICATION	NO. & COND. SIZE	FROM		PHASE									
		TO		A - GND	B - GND	C - GND	N - GND	A - B	B - C	C - A	A - N	B - N	C - N
			RDG										
			20°C										
			RDG										
			20°C										
			RDG										
			20°C										
			RDG										
			20°C										
			RDG										
			20°C										
			RDG										
			20°C										
			RDG										
			20°C										
			RDG										
			20°C										
			RDG										
			20°C										
			RDG										
			20°C										

ALL INSULATION VALUES ARE IN MEGOHMS

TEST EQUIPMENT USED: _____

TESTED BY: Default Administrator

COPYRIGHT © 2002-2014 POWERDB, INC.

www.powerdb.com

12000, REVISED 5/26/2010

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.