

**PENGUJIAN TEGANGAN TEMBUS PADA KABEL
TEGANGAN RENDAH**



YODI ABRAHAM

5115122588

**Skripsi ini Ditulis untuk Memenuhi Sebagian Persyaratan dalam
Memperoleh Gelar Sarjana**

PROGRAM STUDI PENDIDIKAN TEKNIK ELEKTRO

JURUSAN TEKNIK ELEKTRO

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS NEGERI JAKARTA

2017

ABSTRAK

YODI ABRAHAM, Pengujian Tegangan Tembus pada Kabel Tegangan Rendah. Skripsi. Jakarta: Fakultas Teknik Universitas Negeri Jakarta 2017. Dosen Pembimbing : Drs. Ir. Parjiman, MT dan Dr. Daryanto, MT.

Riset ini meneliti tentang tegangan tembus pada kabel tegangan rendah, dengan melakukan pengujian tegangan hingga tembus listrik dan tahanan isolasi pada kabel tegangan rendah. Tujuan penelitian ini adalah mengetahui batas maksimal kemampuan sampel kabel dalam menerima tegangan injeksi sebelum mengalami tembus listrik serta dampak pada tahanan isolasi dan arus bocor kabel ketika diberi tegangan melebihi tegangan normal lalu menganalisis tegangan tertinggi yang mampu ditahan oleh kabel dalam waktu tertentu.

Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah metode penelitian quasi experimental design. Desain ini mempunyai kelompok kontrol, tetapi tidak dapat berfungsi sepenuhnya untuk mengontrol variabel-variabel luar yang mempengaruhi pelaksanaan eksperimen. Desain quasi eksperimen yang digunakan peneliti yaitu time series design. Dalam desain penelitian ini sampel kabel dilakukan pengujian tegangan injeksi hingga tembus listrik. Parameter yang digunakan pada desain penelitian yaitu adalah tahanan isolasi dan arus bocor. Oleh karena itu dilakukan pengukuran tahanan isolasi tiap melakukan pengujian tegangan pada tiap sampel kabel.

Berdasarkan hasil penelitian, semua sampel kabel tidak mengalami tembus listrik terhadap uji tegangan tembus dan tahanan isolasi berdasarkan standar SNI 04-6629.3 dan SPLN 42-1 pada sampel kabel NYA 1 x 2,5 mm² dan standar SNI 04-6629.4 dan SPLN 42-2 pada sampel kabel NYM 3 x 2,5 mm². Setelah diberi tegangan hingga sampel kabel mengalami tembus listrik, kabel NYA 1 x 2,5 mm² akan mengalami tembus listrik ketika diberi tegangan injeksi diatas 20 kV, sedangkan kabel NYM 3 x 2,5 mm² mengalami tembus listrik ketika diberi tegangan injeksi diatas 12 kV. Oleh karena itu kesimpulan dari penelitian ini adalah besar tegangan tembus kabel tegangan rendah pada NYA 1 x 2,5 mm² adalah diatas 20 kV, sedangkan pada NYM 3 x 2,5 mm² adalah diatas 12 kV. Dampak yang mempengaruhi tegangan tembus berdasarkan hasil dari rangkaian pengujian tegangan tembus berupa uji tegangan dan tahanan isolasi pada kabel NYA 1 x 2,5 mm² dan NYM 3 x 2,5 mm² yaitu semakin tinggi tegangan injeksi yang diberikan pada kabel tegangan rendah akan berdampak pada kebocoran arus yang semakin tinggi dan membuat nilai tahanan isolasi turun secara signifikan ketika mengalami tegangan tembus.

Kata Kunci : Tegangan Tembus, Tahanan Isolasi, dan Kabel Tegangan Rendah

ABSTRACT

YODI ABRAHAM, Breakdown Voltage Test on Low Voltage Cable. Essay. Jakarta: Faculty of Engineering, State University of Jakarta 2017. Advisor : Drs. Ir. Parjiman, MT dan Dr. Daryanto, MT.

This research examines about the breakdown voltage of low voltage cables, by conducting voltage testing through electrical breakdown and insulation resistance at low voltage cables. The purpose of this research is to know the maximum limit of cable sample capability in receiving injection voltage before experiencing breakdown voltage and impact on insulation resistance and current leaking cable when given voltage exceeds normal voltage then analyzing the highest voltage which can be held by the cable in a certain time.

The method used in this research is quasi experimental design research method. This design has a control group, but it can not function fully to control the outside variables that affect the implementation of the experiment. Quasi experimental design used by researchers is time series design. In the design of this study the cable samples is given with injection voltage until breakdown voltage is experienced. Parameters used in the research design that is insulation resistance and leakage current. Therefore, the measurement of insulation resistance is performed after voltage test on each cable sample.


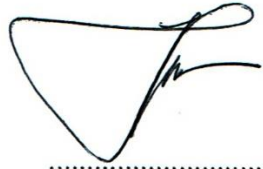



Based on the results of the study, all cable samples did not experience breakdown voltage on the breakdown voltage and insulation resistance test based on SNI 04-6629.3 and SPLN 42-1 standards on the NYA 1 x 2.5 mm², and then SNI 04-6629.4 and SPLN 42-2 on a 3 x 2.5 mm² NYM cable sample. After being given voltage until the cable sample is experienced breakdown voltage, NYA cable 1 x 2.5 mm² will experience electrical breakdown when given an injection voltage above 20 kV, while 3 x 2.5 mm² NYM cable will experience electrical breakdown when given an injection voltage above 12 kV. Therefore, the conclusion of this study is the amount of voltage through the low voltage cable on NYA 1 x 2.5 mm² is above 20 kV, while on NYM 3 x 2.5 mm² is above 12 kV. Because of that, the impact which affecting the breakdown voltage based on the result of a series of breakdown voltage testing in the form of voltage test and insulation resistance on NYA cable 1 x 2.5 mm² and NYM 3 x 2.5 mm² is the higher voltage injection provided on the low voltage cable causes higher leakage current and the value of the insulation resistance drops significantly when experienced breakdown voltage.

Keywords : Breakdown Voltage, Insulation Resistance, Low Voltage Cable

HALAMAN PENGESAHAN
PENGUJIAN TEGANGAN TEMBUS PADA KABEL TEGANGAN
RENDAH

YODI ABRAHAM / 5115122588

PANITIA UJIAN SKRIPSI

NAMA DOSEN	TANDA TANGAN	TANGGAL
Drs. Purwanto G, MT (Ketua Penguji)		17.01.2018
Massus Subekti, MT (Sekretaris)		18.01.2018
Imam Arif R, MT (Dosen Ahli)		22.01.2018
Ir. Drs, Parjiman, MT (Dosen Pembimbing I)		29.01.2018
Drs. Daryanto, MT (Dosen Pembimbing II)		24.01.2018

Tanggal Lulus :

HALAMAN PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa :

1. Karya tulis skripsi saya ini adalah asli dan belum pernah diajukan untuk mendapatkan gelar akademik sarjana, baik di Universitas Negeri Jakarta maupun di perguruan tinggi lain.
2. Karya tulis ini adalah murni gagasan, rumusan, dan penelitian saya sendiri dengan arahan dosen pembimbing.
3. Dalam karya tulis ini tidak terdapat karya atau pendapat yang telah ditulis atau dipublikasikan orang lain, kecuali tertulis dengan jelas dicantumkan sebagai acuan dalam naskah dengan disebutkan nama pengarang dan dicantumkan daftar pustaka.
4. Pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan apabila kemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik berupa pencabutan gelar yang telah diperoleh karena karya tulis ini, serta sanksi lainnya sesuai dengan norma yang berlaku di Universitas Negeri Jakarta.

Jakarta, 4 Februari 2018
Yang membuat pernyataan



Yodi Abraham
5115122588

KATA PENGANTAR

Puji syukur saya panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa atas berkat dan kasih karunianya sehingga saya dapat menyelesaikan skripsi dengan judul “Pengujian Tegangan Tembus pada Kabel Tegangan Rendah” yang merupakan persyaratan untuk meraih gelar Sarjana Pendidikan Teknik Elektro pada Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Jakarta.

Skripsi ini tidak dapat terwujud tanpa adanya bantuan dari pihak lain. Dalam merencanakan, menyusun dan menyelesaikan skripsi ini, penulis banyak menerima bimbingan, dorongan, saran-saran dan bantuan dari berbagai pihak. Maka dalam kesempatan kali ini, izinkan saya sebagai penulis menyampaikan ucapan terima kasih yang tak terhingga kepada :

1. Bapak Massus Subekti, M.T selaku Ketua Program Studi Pendidikan Teknik Elektro, Fakultas Teknik Universitas Negeri Jakarta.
2. Bapak Ir. Drs. Parjiman, MT dan Bapak Dr. Daryanto, MT selaku dosen pembimbing yang dengan sabar memberikan bimbingan serta pengarahan selama penyusunan skripsi.
3. Orang tua, keluarga, yang selalu memberikan semangat, dan dukungannya baik moril maupun materil yang tiada henti, serta doa yang selalu panjatkan.
4. Seluruh staf dan teknisi Laboratorium Tegangan Rendah Puslitbang PLN yang dengan sangat kooperatif membantu penelitian ini berjalan lancar. Terutama Bapak Bobby sebagai kepala bagian Lab TR serta Bapak Ifan Randi sebagai teknisi yang telah banyak membantu kami selama proses penelitian.
5. Kepada seluruh teman dan sahabat yang tidak dapat penulis sebutkan, tanpa mengurangi ucapan terima kasih penulis atas seluruh doa dan dukungannya.

Penulis menyadari segala kekurangan dan keterbatasan yang terdapat dalam skripsi ini. Setiap saran dan kritik yang membangun penulis harapkan dapat melengkapi tulisan ini di masa yang akan datang. Semoga skripsi ini dapat bermanfaat baik bagi pembaca, maupun bagi pihak yang terkait.

Jakarta, 4 Februari 2018



YODI ABRAHAM

DAFTAR ISI

	Halaman
ABSTRAK	ii
ABSTRACT	iii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iv
HALAMAN PERNYATAAN.....	v
KATA PENGANTAR.....	vi
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR GAMBAR.....	x
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang Masalah.....	1
1.2 Identifikasi Masalah	3
1.3 Batasan Masalah.....	3
1.4 Perumusan Masalah	4
1.5 Tujuan Penelitian	4
1.6 Kegunaan Penelitian.....	5
BAB II KAJIAN PUSTAKA	6
2.1 Landasan Teori.....	6
2.1.1 Kabel Listrik.....	6
2.1.1.1 Kabel NYA.....	8
2.1.1.2 Kabel NYM.....	9
2.1.1.3 Kabel NYY.....	10
2.1.2 Tegangan Tembus	11

2.1.2.1	Mekanisme Tegangan Tembus	11
2.1.2.2	Faktor Penyebab Tegangan Tembus	13
2.1.3	Tahanan Isolasi.....	16
2.1.4	Pengujian Tegangan Tinggi	18
2.1.4.1	Tegangan Tinggi AC.....	21
2.1.4.2	Tegangan Tinggi DC.....	22
2.1.4.3	Tegangan Tinggi Impuls	23
2.1.5	Pengujian Kabel	24
2.1.5.1	Pengujian Jenis Kabel NYA	25
2.1.5.2	Pengujian Jenis Kabel NYM.....	32
2.2	Penelitian yang Relevan.....	39
2.3	Kerangka Konseptual	41
BAB III METODELOGI PENELITIAN.....		42
3.1	Tempat dan Waktu Penelitian	42
3.2	Metode Penelitian.....	42
3.3	Populasi dan Sampel Penelitian	42
3.3.1	Populasi.....	42
3.3.2	Sampel.....	43
3.4	Variabel Penelitian	43
3.5	Instrumen Penelitian.....	43
3.6	Prosedur Penelitian.....	54
3.6.1	Pengujian Tahanan Isolasi Kabel	54
3.6.2	Pengujian Tegangan Tembus Kabel	55
3.7	Teknik Pengumpulan Data.....	56
3.7.1	Metode Observasi.....	56

3.7.2	Metode Dokumentasi	57
3.8	Teknik Analisis Data.....	58
BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN.....		59
4.1	Hasil Penelitian	59
4.1.1	Data Pengujian Kabel NYA 1 x 2,5 mm ²	59
4.1.2	Data Pengujian Kabel NYM 3 x 2,5 mm ²	62
4.2	Pembahasan.....	67
4.2.1	Analisis Data Pengujian Tegangan Kabel NYA 1 x 2,5 mm ² .	67
4.2.2	Analisis Data Pengujian Tegangan Kabel NYM 3 x 2,5 mm ² .	69
4.2.3	Analisis Data Pengujian Tahanan Isolasi Kabel NYA 1 x 2,5 mm ²	71
4.2.4	Analisis Data Pengujian Tahanan Isolasi Kabel NYM 3 x 2,5 mm ²	76
4.2.5	Analisis Data Pengujian Kabel NYA 1 x 2,5 mm ² dan NYM 3 x 2,5 mm ² terhadap Penggunaannya	84
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN		87
5.1	Kesimpulan	87
5.2	Saran.....	87
DAFTAR PUSTAKA		89
LAMPIRAN – LAMPIRAN.....		91
DAFTAR RIWAYAT HIDUP		153

DAFTAR GAMBAR

		Halaman
Gambar 2. 1.	Konstruksi Kabel Listrik	6
Gambar 2. 2.	Konstruksi Kabel NYA	8
Gambar 2. 3.	Konstruksi Kabel NYM	10
Gambar 2. 4.	Konstruksi Kabel NYY	10
Gambar 2. 5.	Medan Elektrik dalam Dielektrik.....	12
Gambar 2. 6.	Grafik Penyebab Tegangan Tembus	13
Gambar 2. 7.	Grafik Tegangan terhadap Waktu Pengujian	19
Gambar 2. 8.	Grafik Pengujian Merusak	20
Gambar 3.1.	Hipotronics AC High Voltage Sets tipe 715-2.....	44
Gambar 3.2.	Sakova High Voltage Breakdown Tester	45
Gambar 3.3.	Megger S1-1054/2.....	45
Gambar 3.4	Termometer Digital.....	46
Gambar 3.5.	Plat Besi	46
Gambar 3.6.	Bak Air	46
Gambar 3.7.	Sampel Kabel Uji NYA	47
Gambar 3.8.	Sampel Kabel Uji NYM.....	47
Gambar 3.9.	Rangkaian Pengujian Tahanan Isolasi Kabel NYA Dan NYM.....	54
Gambar 3.10.	Rangkaian Pengujian Tegangan Tembus Kabel NYA Dan NYM.....	55
Gambar 4.1.	Pengujian Tegangan Kabel NYA 1 x 2,5 mm ²	59
Gambar 4.2.	Pengujian Tahanan Isolasi Kabel NYA 1 x 2,5 mm ²	60
Gambar 4.3.	Pengujian Tegangan Kabel NYM 3 x 2,5 mm ²	62
Gambar 4.4.	Pengujian Tahanan Isolasi Kabel NYM 3 x 2,5 mm ²	63
Gambar 4.5.	Grafik Pengujian Tegangan Kabel NYA 1 x 2,5 mm ²	67
Gambar 4.6.	Grafik Pengujian Tegangan Kabel NYM 3 x 2,5 mm ²	69
Gambar 4.7.	Grafik Pengujian Tahanan Isolasi Kabel NYA 1 x 2,5 mm ²	75
Gambar 4.8.	Grafik Pengujian Tahanan Isolasi Kabel NYM 3 x 2,5 mm ²	82

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1. Data Umum untuk Jenis 60227 IEC 01	27
Tabel 2.2. Penghantar Padat untuk Kabel Listrik Instalasi Tetap, Berinti Tunggal dan Ganda	28
Tabel 2.3. Penghantar Pilin untuk Kabel Listrik Instalasi Tetap, Berinti Tunggal dan Ganda	29
Tabel 2.4. Konstruksi dan KHA Kawat Berisolasi NYA	30
Tabel 2.5. Data Umum untuk Jenis 60227 IEC 10	34
Tabel 2.6. Konstruksi dan KHA Kabel Berisolasi dan Berselubung PVC Tegangan Pengenal 300/500 V	37
Tabel 3.1. Spesifikasi Sampel.....	43
Tabel 3.2. Data Pengujian Kabel Sampel A	48
Tabel 3.3. Data Pengujian Kabel Sampel B	48
Tabel 3.4. Data Pengujian Kabel Sampel C	48
Tabel 3.5. Data Pengujian Kabel Sampel D	49
Tabel 3.6. Data Pengujian Kabel Sampel E.....	49
Tabel 3.7. Data Pengujian Kabel Sampel F.....	50
Tabel 3.8. Data Pengujian Kabel Sampel G	50
Tabel 3.9. Data Pengujian Kabel Sampel H	51
Tabel 3.10. Data Pengujian Kabel Sampel I.....	52
Tabel 3.11. Data Pengujian Kabel Sampel J	53
Tabel 4.1. Data Pengujian Kabel Sampel A	60
Tabel 4.2. Data Pengujian Kabel Sampel B	61
Tabel 4.3. Data Pengujian Kabel Sampel C	61
Tabel 4.4. Data Pengujian Kabel Sampel D	61
Tabel 4.5. Data Pengujian Kabel Sampel E.....	62
Tabel 4.6. Data Pengujian Kabel Sampel F.....	63
Tabel 4.7. Data Pengujian Kabel Sampel G	64
Tabel 4.8. Data Pengujian Kabel Sampel H	65
Tabel 4.9. Data Pengujian Kabel Sampel I.....	65
Tabel 4.10. Data Pengujian Kabel Sampel J	66

Tabel 4.11.	Perhitungan Resistans Isolasi Sampel A	72
Tabel 4.12.	Perhitungan Resistans Isolasi Sampel B.....	72
Tabel 4.13.	Perhitungan Resistans Isolasi Sampel C.....	73
Tabel 4.14.	Perhitungan Resistans Isolasi Sampel D	73
Tabel 4.15.	Perhitungan Resistans Isolasi Sampel E.....	74
Tabel 4.16.	Perhitungan Resistans Isolasi Sampel F.....	77
Tabel 4.17.	Perhitungan Resistans Isolasi Sampel G	78
Tabel 4.18.	Perhitungan Resistans Isolasi Sampel H	79
Tabel 4.19.	Perhitungan Resistans Isolasi Sampel I.....	80
Tabel 4.20.	Perhitungan Resistans Isolasi Sampel J.....	81

DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN 1.	STANDAR KABEL NYA 1 x 2,5 mm ²	92
LAMPIRAN 2.	STANDAR KABEL NYM 3 x 2,5 mm ²	99
LAMPIRAN 3.	JOB SHEET PENGUJIAN	106
LAMPIRAN 4.	DATA SHEET HIPOTRONICS 715-2.....	123
LAMPIRAN 5.	DATA SHEET SAKOVA HIGH VOLTAGE BREAKDOWN TESTER	126
LAMPIRAN 6.	DATA SHEET MEGGER S1-1054/2.....	128
LAMPIRAN 7.	LAB SHEET PENGUJIAN.....	134
LAMPIRAN 8.	DOKUMENTASI PENGUJIAN.....	142
LAMPIRAN 9.	SURAT PENELITIAN.....	146
LAMPIRAN 10.	IDENTIFIKASI SAMPEL PENELITIAN.....	149

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Dalam pemasangan instalasi listrik, perlu diperhatikan hal-hal yang berkaitan dengan bahaya listrik serta mengikuti aturan dari K3 (Keamanan, Kesehatan, dan Keselamatan Kerja). Hal ini sangat penting karena pemasangan instalasi listrik sangat rawan terhadap terjadinya kecelakaan. Kecelakaan tersebut bisa timbul akibat adanya kesalahan dalam prosedur pemasangan instalasi maupun tempat dan peralatan listrik yang sudah tidak laik pakai.

Menurut data Badan Penanggulangan Bencana Daerah (BPBD) DKI Jakarta mencatat terdapat 696 kejadian kebakaran sepanjang 2014 (<http://data.jakarta.go.id/dataset/rekapitulasi-kejadian-kebakaran-tahun-2014>, akses 10 September 2016). Penyebab terbanyak kebakaran, menurut data BPBD adalah diakibatkan korsleting listrik. Korsleting listrik menyebabkan 648 kebakaran di Jakarta sepanjang tahun 2014. Sementara yang diakibatkan oleh ledakan tabung gas hanya 22 kali sepanjang 2014, sisanya diakibatkan oleh pembakaran sampah, lilin dan lain-lain. Selain itu dari data penyebab kebakaran di wilayah Jakarta disebutkan bahwa : 78 % disebabkan oleh kabel listrik, 3 % oleh kotak kontak, 8 % oleh PHB (Panel Hubung Bagi), dan 11 % oleh peralatan listrik lainnya. Berdasarkan data tersebut dapat dilihat bahwa penyebab utama pada umumnya dari berbagai bencana kebakaran di Jakarta yaitu korsleting listrik atau hubungan pendek pada kabel listrik. Untuk itu, agar tercipta keandalan dan

keamanan operasi sistem tenaga listrik perlu diadakan uji ketahanan bahan isolasi peralatan listrik sebelum dioperasikan, misalnya bahan isolasi pada kabel. Salah satunya dengan pengujian tegangan tembus.

Istilah tegangan tembus (Inggris: *electrical breakdown*), atau tembus listrik atau dadalan elektrik, memiliki sejumlah arti. Istilah ini bisa berarti gangguan pada sebuah sirkuit listrik. Tegangan tembus bisa pula berarti berkurangnya hambatan dengan amat pesat pada sebuah isolator elektrik yang menyebabkan lompatan bunga api listrik di sekeliling atau di sepanjang isolator. Peristiwa ini bisa hanya bersifat sementara (seperti dalam sebuah pengosongan elektrostatik), atau bisa pula menyebabkan pengosongan busur elektrik yang berlangsung terus-menerus jika piranti pelindung gagal merintangi arus dalam sebuah sirkuit daya tinggi (Tobing, 2012:64).

Pada instalasi tegangan rendah terdapat berbagai pilihan jenis kabel yang dapat digunakan, tergantung dari beban, arus, tegangan, kondisi lingkungan dan sebagainya. Beberapa contoh jenis kabel yang sering digunakan yaitu kabel NYA, NYM dan NYY. Pemanfaatan kabel tegangan rendah sering terlihat dalam instalasi rumah dan sistem tenaga. Dalam instalasi rumah dapat digunakan berbagai macam ukuran berdasarkan kebutuhan. Material isolasi yang banyak dipakai untuk keperluan isolasi kabel adalah jenis polimer termoplastik, yaitu PVC (*Polyvinyl Chloride*) dan jenis polimer termoset, yaitu XLPE (*Cross-Linked Polyethylene*). Namun sekarang ini telah banyak beredar jenis kabel yang sudah memenuhi SPLN dan juga yang tidak memenuhi standar tersebut. Dengan banyaknya merk kabel yang tersedia di pasaran seperti Eterna, Kabelindo,

Kabelmetal, Supreme dan sebagainya, tentunya memperbesar kemungkinan ditemukannya perbedaan kuat tegangan tembus pada tiap merk kabel.

Banyaknya penggunaan kabel tegangan rendah pada berbagai instalasi rumah menunjukkan pentingnya membuat batasan-batasan dalam memaksimalkan fungsi kabel tersebut. Untuk itu, agar dapat mencegah kecelakaan yang disebabkan oleh tegangan tembus, semakin meyakinkan ketertarikan penulis untuk membuat penelitian skripsi dengan judul “PENGUJIAN TEGANGAN TEMBUS PADA KABEL TEGANGAN RENDAH”

1.2 Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dipaparkan sebelumnya, dapat dijabarkan beberapa masalah yang dapat diidentifikasi, yaitu:

1. Bagaimanakah kecelakaan hubungan pendek pada kabel listrik dapat terjadi?
2. Bagaimanakah cara mencegah terjadinya tegangan tembus pada kabel tegangan rendah?
3. Bagaimanakah cara mengetahui tiap kabel tegangan rendah telah sesuai dengan standar yang digunakan?
4. Apakah terdapat perbedaan kuat tegangan tembus tiap kabel tegangan rendah?
5. Berapakah besar tegangan tembus pada kabel tegangan rendah?

1.3 Batasan Masalah

Dari uraian permasalahan yang telah diidentifikasi, untuk lebih menspesifikasikan penelitian dilakukan pembatasan ruang lingkup penelitian sebagai berikut :

1. Pengujian berdasarkan aspek listrik untuk mengetahui besar tegangan tembus pada kabel tegangan rendah.
2. Menggunakan kabel tegangan rendah sebagai objek penelitian.
3. Menggunakan 5 sampel kabel NYA 1 x 2,5 mm² dan 5 sampel kabel NYM 3 x 2,5 mm² sebagai bahan pengujian.
4. Pengujian tegangan tembus dibataskan berdasarkan kegagalan intrinsik dan parameter yang digunakan.

1.4 Perumusan Masalah

Berdasarkan identifikasi masalah dan batasan masalah yang telah dikemukakan sebelumnya, maka rumusan masalah dalam penelitian ini adalah berapakah besar tegangan tembus kabel tegangan rendah pada NYA 1 x 2,5 mm² dan NYM 3 x 2,5 mm²?

1.5 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Mengetahui batas maksimal kemampuan sampel kabel dalam menerima tegangan injeksi sebelum mengalami tembus listrik.
2. Mengetahui dampak pada tahanan isolasi dan arus bocor kabel ketika diberi tegangan melebihi tegangan normal.
3. Menganalisis tegangan tertinggi yang mampu ditahan oleh masing-masing sampel kabel dalam waktu tertentu.
4. Sebagai pembelajaran dan pengalaman baru bagi peneliti yang akan berguna untuk kedepannya.

1.6 Kegunaan Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat bermanfaat baik dari segi keilmuan maupun segi keamanan. Adapun kegunaannya sebagai berikut :

1. Dari segi keilmuan, hasil penelitian ini diharapkan dapat bermanfaat dan memberikan kontribusi khususnya pada pengembangan ilmu dibidang kelistrikan yang berhubungan dengan tegangan tembus.
2. Dari segi keamanan, hasil penelitian ini diharapkan menjadi referensi bagi produsen dalam pemanfaatan kabel tegangan rendah agar dapat efektif dan efisien namun tetap terjamin keamanan, kesehatan dan keselamatannya.
3. Dari segi konsumen, hasil penelitian ini diharapkan dapat dijadikan acuan dalam pemilihan jenis dan spesifikasi kabel di pasaran untuk dapat memaksimalkan penggunaannya.

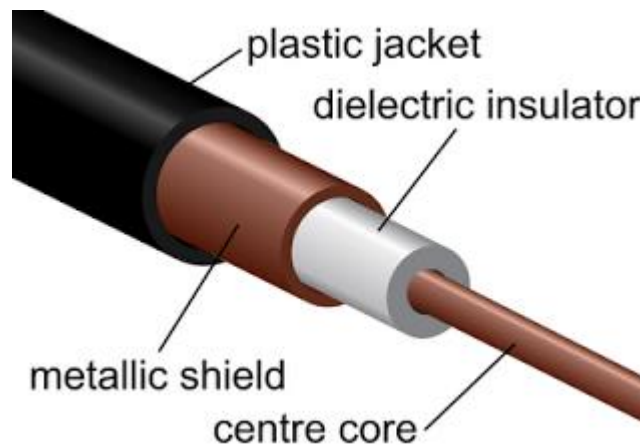
BAB II

KAJIAN PUSTAKA

2.1 Landasan Teori

2.1.1 Kabel Listrik

Konsep dasar dari kabel listrik yaitu merupakan kawat penghantar berisolasi yang berfungsi sebagai media untuk menyalurkan energi listrik dari satu tempat ke tempat lain dan juga untuk membawa sinyal informasi dari satu tempat ke tempat lain. Sebuah kabel listrik terdiri dari isolator dan konduktor. Isolator adalah bahan pembungkus kabel yang biasanya terbuat dari karet atau plastik, sedangkan konduktor terbuat dari serabut tembaga atau tembaga pejal.



Sumber :

http://www.academia.edu/4600512/Mengenal_Jenis_Kabel_Listrik_NYA_NYM_dan_NYY_KABEL_LISTRIK

Gambar 2.1. Konstruksi Kabel Listrik

Kemampuan hantar sebuah kabel listrik ditentukan oleh KHA (kemampuan hantar arus) yang dimilikinya dalam satuan Ampere. Kemampuan hantar arus ditentukan oleh luas penampang konduktor yang berada dalam kabel

listrik. Sedangkan tegangan listrik dinyatakan dalam Volt, besar daya yang diterima dinyatakan dalam satuan Watt, yang merupakan perkalian dari :

$$P = V \times I \quad (2.1)$$

Pada tegangan 220 Volt dan KHA 10 Ampere, sebuah kabel listrik dapat menyalurkan daya sebesar $220 \text{ V} \times 10 \text{ A} = 2200 \text{ Watt}$.

Berdasarkan PUIL 2011, ketentuan tentang tegangan pengenalan kabel dibedakan sebagai berikut :

- 1) Kabel Tegangan Rendah : 230/400 (300) V; 300/500 (400) V; 400/690 (600) V; 450/750 (690) V; 0,6/1 kV (1,2 kV)
- 2) Kabel Tegangan Menengah : 3,6/6 kV (7,2 kV); 6/10 kV (12 kV); 8,7/15 kV (17,5 kV); 12/20 kV (24 kV) dan 18/30 kV (36 kV)

Nilai tegangan pengenalan di dalam tanda kurung adalah nilai tegangan kerja tertinggi untuk perlengkapan yang diperbolehkan untuk kabel. Untuk kabel tegangan rendah tegangan kerja tertinggi antar fase ke netral sesuai SNI 04-0227-1994, Tegangan Standar (IEC Publikasi 38-1993).

Dalam dokumen yang dikeluarkan PT PLN (2011), pengelompokan tipe kabel dapat dibedakan berdasarkan penggunaannya pada suatu sistem yaitu :

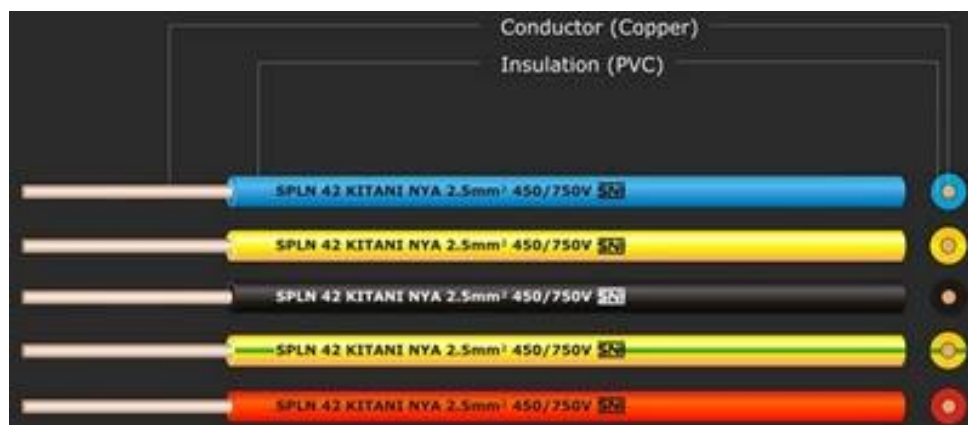
- 1) Tegangan Rendah (TR) : Tegangan sistem sampai dengan 1.000 Volt
- 2) Tegangan Menengah (TM) : Tegangan sistem sampai dengan 35.000 Volt
- 3) Tegangan Tinggi (TT) : Tegangan sistem sampai dengan 245.000 Volt
- 4) Tegangan Ekstra Tinggi (TET) : Tegangan sistem diatas 245.000 Volt

Mengutip Guntoro (<http://dunialistrik.blogspot.co.id/2009/11/klasifikasi-saluran-transmisi.html>, akses 20 September 2016), penggunaan kabel tegangan rendah dapat kita temui setiap hari pada Jaringan Tegangan Rendah (JTR) yang

merupakan bagian hilir dari sistem tenaga listrik pada tegangan distribusi dibawah 1.000 Volt. Jaringan Tegangan Rendah berfungsi untuk menyalurkan tenaga listrik dari Gardu Distribusi ke konsumen tegangan rendah. Tegangan operasi JTR yang digunakan PT PLN (Persero) saat ini adalah 220/380 V.

Dalam instalasi listrik perumahan sebagai konsumen tegangan rendah, paling tidak ada 3 jenis kabel listrik tegangan rendah yang paling umum digunakan yaitu kabel jenis NYA, NYM dan NYY. Istilah NYA, NYM dan NYY ini merupakan tata nama atau *nomenklatur* pada kabel. PUIL 2000 (Persyaratan Umum Instalasi Listrik tahun 2000) dalam lampiran C menjelaskan mengenai tata nama (*nomenklatur*) kabel ini. Dari lampiran tersebut, kabel NYA, NYM dan NYY berarti kabel standar berpenghantar tembaga (huruf “N”) dan berselubung isolasi dari PVC (*Poly Vinyl Chloride*) (huruf “Y”). Berikut penjelasan dari masing-masing jenis kabel tersebut.

2.1.1.1 Kabel NYA



Sumber :

http://www.academia.edu/4600512/Mengenal_Jenis_Kabel_Listrik_NYA_NYM_dan_NYY_KABEL_LISTRIK

Gambar 2.2. Konstruksi Kabel NYA

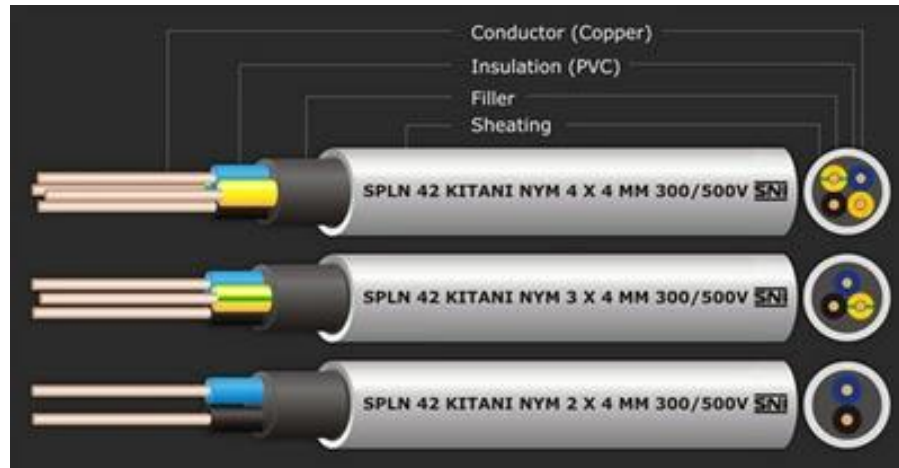
Biasanya digunakan untuk instalasi rumah dan pada PHB sebagai konektor panel. Dalam instalasi rumah digunakan ukuran 1,5 mm² dan 2,5 mm². Berinti

tunggal, berlapis bahan isolasi PVC, dan seringnya untuk instalasi kabel udara. Kode warna isolasi ada warna merah, kuning, biru dan hitam. Lapisan isolasinya hanya 1 lapis sehingga mudah cacat, tidak tahan air dan mudah digigit tikus.

Untuk pemasangan tetap dalam jangkauan tangan dengan kondisi kering atau lembab, kabel NYA harus dilindungi dengan pipa PVC atau saluran tertutup. Lalu kabel NYA tidak boleh digunakan di ruang basah, di alam terbuka atau di tempat kerja atau gudang dengan bahaya kebakaran atau ledakan. (P. van Harten dan E. Setiawan, 1981: 71)

2.1.1.2 Kabel NYM

Digunakan untuk kabel instalasi listrik utama rumah atau gedung dan sistem tenaga. Kabel NYM berinti lebih dari 1, memiliki lapisan isolasi PVC (biasanya warna putih atau abu-abu), ada yang berinti 2, 3 atau 4. Kabel NYM memiliki lapisan isolasi dua lapis, sehingga tingkat keamanannya lebih baik dari kabel NYA (harganya lebih mahal dari NYA). Kabel ini dapat dipergunakan dilingkungan yang kering dan basah, namun tidak boleh ditanam. NYM juga boleh dipasang langsung pada bagian-bagian lain dari bangunan, konstruksi, rangka dan sebagainya, asalkan cara pemasangannya tidak merusak selubung luar kabelnya. Lalu jika dipasang di ruang lembab harus digunakan kotak sambung yang kedap air dan kedap lembab. (P. van Harten dan E. Setiawan, 1981: 72)



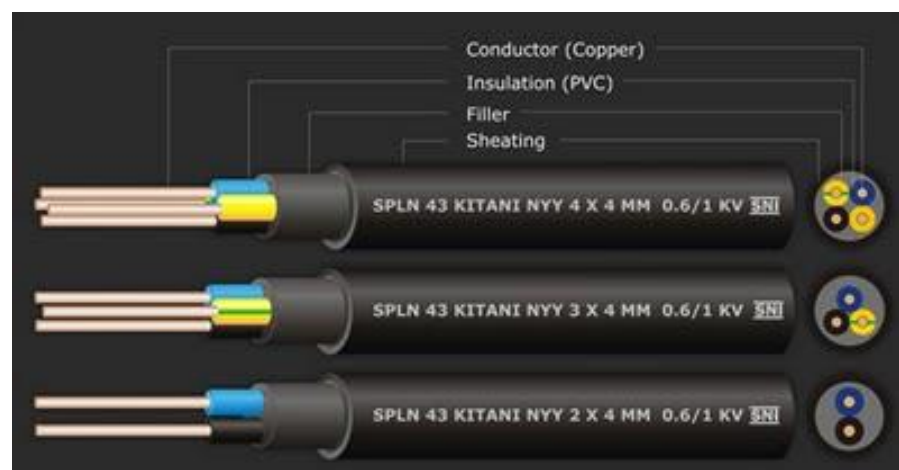
Sumber :

http://www.academia.edu/4600512/Mengenal_Jenis_Kabel_Listrik_NYA_NYM_dan_NYY_KABEL_LISTRIK

Gambar 2.3. Konstruksi Kabel NYM

2.1.1.3 Kabel NYY

Memiliki lapisan isolasi PVC (biasanya warna hitam), ada yang berinti 2, 3 atau 4. Kabel NYY dipergunakan untuk instalasi tertanam (kabel tanah), dan memiliki lapisan isolasi yang lebih kuat dari kabel NYM (harganya lebih mahal dari NYM). Kabel NYY memiliki isolasi yang terbuat dari bahan yang tidak disukai tikus.



Sumber :

http://www.academia.edu/4600512/Mengenal_Jenis_Kabel_Listrik_NYA_NYM_dan_NYY_KABEL_LISTRIK

Gambar 2.4. Konstruksi Kabel NYY

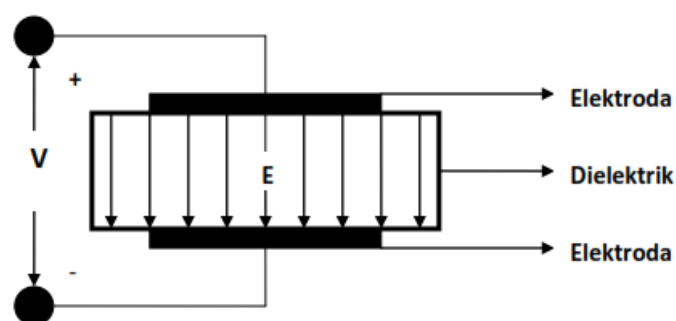
2.1.2 Tegangan Tembus

Tegangan tembus adalah kegagalan isolator dari sebuah kabel listrik atau komponen listrik yang lain. Kegagalan seperti ini biasanya mengakibatkan hubungan pendek atau sekering yang meledak. Ini terjadi pada tegangan dadal. Kegagalan isolator yang sesungguhnya sering terjadi dalam penerapan tegangan tinggi yang kadang-kadang menyebabkan pembukaan sebuah pemutus sirkuit pelindung (Tobing, 2012:64).

2.1.2.1 Mekanisme Tegangan Tembus

Mekanisme terjadinya tegangan tembus listrik bermula dari bahan dielektrik. Suatu dielektrik tidak mempunyai elektron-elektron bebas, melainkan elektro-elektron yang terikat pada inti atom unsur yang membentuk dielektrik tersebut. Setiap dielektrik mempunyai batas kekuatan untuk memikul terpaan elektrik. Pada gambar 2.5 ditunjukkan suatu bahan dielektrik yang ditempatkan di antara dua elektroda piring sejajar. Bila elektroda diberi tegangan searah V, maka timbul medan listrik (E) di dalam dielektrik. Medan elektrik ini memberi gaya kepada elektron-elektron agar terlepas dari ikatannya dan menjadi elektron bebas. Dengan kata lain, medan listrik merupakan suatu beban yang menekan dielektrik agar berubah sifat menjadi konduktor. Jika terpaan elektrik yang dipikulnya melebihi batas tersebut dan terpaan berlangsung cukup lama, maka dielektrik akan menghantar arus atau gagal melaksanakan fungsinya sebagai isolator. Dalam hal ini dielektrik disebut tembus listrik atau "*breakdown*". Terpaan elektrik tertinggi yang dapat dipikul suatu dielektrik tanpa menimbulkan dielektrik tembus listrik disebut kekuatan dielektrik. Jika suatu dielektrik mempunyai kekuatan dielektrik E_k , maka terpaan elektrik yang dapat dipikulnya adalah $\leq E_k$.

Jika terpaan elektrik yang dipikul elektrik melebihi E_k , maka di dalam dielektrik akan terjadi proses ionisasi berantai yang akhirnya dapat membuat dielektrik mengalami tembus listrik. Proses ini membutuhkan waktu dan lamanya tidak tentu tetapi bersifat statistik. arus listrik pendek yang mengalir dalam saluran gas terionisasi dapat menimbulkan percikan api. Saluran tersebut terbentuk dari reaksi berantai elektron yang terakselerasi pada medan listrik di mana molekul gas dapat terionisasi. Sebagai akibat ionisasi, 2 elektron tetap bebas yang pada gilirannya terakselerasi oleh medan listrik dan atom baru kembali mengalami ionisasi mengalami reaksi berantai. Waktu yang dibutuhkan sejak mulai terjadi ionisasi sampai terjadi tembus listrik disebut waktu tunda tembus (*time lag*). Jadi tidak selamanya terpaan elektrik dapat menimbulkan tembus listrik, tetapi ada dua syarat yang harus dipenuhi, yaitu: (1) terpaan elektrik yang dipikul dielektrik harus lebih besar atau sama dengan kekuatan dielektriknya dan (2) lama terpaan elektrik berlangsung lebih besar atau sama dengan waktu tunda tembus (Zulkarnaen, Jurnal USU, April 2014: 1).



Sumber : Jurnal Penelitian USU, 2014

Gambar 2.5. Medan Elektrik dalam Dielektrik

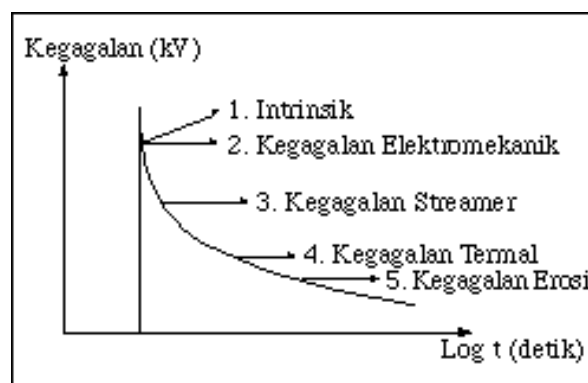
Dalam tekanan listrik yang cukup kuat, tegangan tembus bisa berlangsung di dalam zat padat, cair, atau gas. Namun, mekanisme kegagalan yang spesifik

sangat berbeda di setiap fase dielektrik. Kesemua ini menyebabkan kerusakan instrumen yang membahayakan (<http://highvoltage-laboratory.Blogspot.co.id/2011/09/72-1024x768-normal-0-false-false-false.html>, akses 10 September 2016).

Berdasarkan beberapa referensi yang ada, maka peneliti dapat menyimpulkan bahwa tegangan tembus adalah kegagalan bahan dielektrik (isolator) dari sebuah kabel listrik atau komponen listrik lainnya dalam mempertahankan sifat isolatornya yang berubah menjadi konduktor. Tegangan tembus dapat terjadi karena besar tegangan yang menimbulkan terpaan elektrik pada dielektrik sama dengan atau lebih besar daripada kekuatan dielektriknya.

2.1.2.2 Faktor Penyebab Tegangan Tembus

Penyebab terjadinya tegangan tembus terdiri dari beberapa jenis menurut waktu penerapan tegangannya terdapat pada gambar berikut :



Sumber : Suplemen Teknik Tegangan Tinggi, 1983

Gambar 2.6. Grafik Penyebab Tegangan Tembus

Dari Gambar 2.6. dapat dilihat bahwa semakin tinggi tegangan kegagalannya maka makin singkat waktu terjadinya kegagalan tersebut. Hal ini sesuai dengan asas pokok yang berlaku dalam bidang tegangan tinggi. Seperti diketahui setiap zat padat terdiri dari molekul-molekul. Setiap molekul terdiri dari

atom-atom, yang juga terdiri dari selektron-elektron. Jika pada zat padat tersebut diterapkan suatu medan listrik E , maka zat padat tersebut akan mengalami tekanan listrik (*electric stress*).

1. Kegagalan Intrinsik (Asasi)

Kegagalan intrinsik atau kegagalan asasi adalah kegagalan yang berasal dari atau disebabkan oleh jenis dan suhu bahan, dengan menghilangkan pengaruh faktor-faktor luar, seperti tekanan, bahan elektroda, ketidakmurnian, kantong-kantong udara. Kegagalan intrinsik terjadi jika tegangan yang diterapkan pada bahan dinaikkan sehingga tekanan listriknya mencapai nilai tertentu, yaitu 10^6 volt/cm dalam waktu yang sangat singkat, yaitu 10^{-8} detik. Karena waktu gagal yang sangat singkat, maka jenis kegagalan ini disebut kegagalan elektronik. Kegagalan intrinsik merupakan bentuk kegagalan yang paling sederhana. Beberapa pendekatan telah dilakukan untuk meramalkan nilai kritis medan yang menyebabkan terjadinya kegagalan asasi, tetapi hingga kini belum diperoleh penyelesaian yang memuaskan.

2. Kegagalan Elektromekanik

Terjadinya kegagalan elektromekanik disebabkan oleh adanya perbedaan polaritas antara elektroda yang mengapit zat isolasi padat. Jika pada zat padat yang terletak di antara dua elektroda pelat diberikan tegangan dengan polaritas yang berbeda, maka akan timbul tekanan listrik pada bahan tersebut. Tekanan listrik yang terjadi akan menyebabkan timbulnya tekanan mekanis. Tekanan mekanis terjadi akibat gaya tarik-menarik F antar kedua elektroda tersebut. Untuk tekanan listrik sebesar 10^6 volt/cm akan dihasilkan tekanan mekanis sebesar 2-6 kg/cm².

3. Kegagalan Streamer

Dalam keadaan tertentu yang terkendali, dan dalam medan yang benar-benar seragam dengan elektroda-elektroda yang terbenam dalam zat padat (yang diuji), kegagalan dapat terjadi sesudah satu banjir (*avalanche*). Sebuah elektron yang memasuki ban hantaran (*band conduction*) di katoda akan bergerak menuju anoda dibawah pengaruh medan memperoleh energi antara benturan dan kehilangan energi pada waktu membentur. Jika lintasan bebas cukup panjang maka tambahan energi yang diperoleh melebihi pengionisasi latis (lattice). Akibatnya dihasilkan tambahan elektron pada saat terjadi benturan. Jika suatu tegangan V dikenakan terhadap elektroda bola, maka pada media yang berdekatan (gas atau udara) timbul tegangan. Karena gas mempunyai permitivitas lebih rendah dari zat padat sehingga gas akan mengalami tekanan listrik yang besar. Akibatnya gas tersebut akan mengalami kegagalan sebelum zat padat mencapai kekuatannya. Karena kegagalan tersebut maka akan jatuh sebuah muatan pada permukaan zat padat sehingga medan yang tadinya seragam akan terganggu. Bentuk muatan pada ujung pelepasan ini dalam keadaan tertentu dapat menimbulkan medan lokal yang cukup tinggi (sekitar 10 MV/cm). Karena medan ini melebihi kekuatan intrinsik maka akan terjadi kegagalan pada zat padat. Proses kegagalan ini terjadi sedikit demi sedikit yang dapat menyebabkan kegagalan total.

4. Kegagalan Termal

Bila suatu medan diterapkan dalam suatu zat padat pada suhu normal, maka arus konduksi yang terjadi dalam bahan pada umumnya kecil. Dalam hal ini tidak akan terjadi apa-apa dalam zat padatnya, walaupun E sudah cukup besar.

Panas yang dibangkitkan oleh arus sebagian akan disalurkan keluar, dan sebagian akan digunakan untuk menaikkan suhu bahan. Tetapi, jika kecepatan pembangkitan panas di suatu titik dalam bahan melebihi laju pembuangan panas keluar, maka akan terjadi keadaan tidak stabil dan pada suatu saat bahan akan mengalami kegagalan. Kegagalan ini disebut kegagalan termal.

5. Kegagalan Erosi

Terjadi kegagalan erosi disebabkan oleh keadaan zat isolasi padat yang tidak sempurna. Ketidaktepatan tersebut misalnya, berupa lubang-lubang atau rongga-rongga dalam bahan isolasi tersebut, sehingga akan terisi oleh gas atau cairan yang kekuatan tegangnya lebih rendah daripada di dalam zat padat. Di samping itu, konstanta dielektrik di dalam rongga sering lebih rendah daripada dalam zat padat, sehingga intensitas medan dalam rongga lebih besar daripada intensitas dalam zat padat. Oleh karena itu, mungkin saja akan terjadi tegangan kegagalan di dalam rongga tersebut, meskipun pada waktu itu diterapkan tegangan kerja normal pada zat padat (Arismunandar, 1983:55-66).

2.1.3 Tahanan Isolasi

Tahanan isolasi adalah tahanan yang terdapat diantara dua kawat saluran yang diisolasi satu sama lain atau tahanan antara satu kawat saluran dengan tanah (ground). Tahanan isolasi merupakan hal yang harus diperhatikan saat memasang instalasi listrik dengan menggunakan kawat tertutup (<http://elektronika-dasar.web.id/tahanan-isolasi-pada-jaringan-listrik>, akses pada 22 Mei 2017).

Tahanan isolasi suatu material adalah besarnya tahanan dalam instalasi listrik yang diberikan oleh isolasi pada tegangan tertentu hingga cenderung untuk menghasilkan arus bocor. Besarnya tahanan isolasi minimal suatu instalasi tegangan rendah adalah 1000 kali tegangan kerja instalasi tersebut dalam satuan Ohm. Kelayakan bahan isolasi dapat diuji melalui besarnya tahanan isolasi dari bahan isolasi. Bahan isolasi dari suatu peralatan dapat dikatakan layak apabila besarnya tahanan isolasi dari hasil pengukuran adalah lebih besar atau sama dengan standar yang berlaku pada isolator kabel tersebut. Untuk mendapatkan hasil pengujian harus dilakukan dengan tegangan antara 500 V sampai dengan 10.000 V (<https://www.scribd.com/doc/52578168/tahanan-isolasi>, akses pada 22 Mei 2017).

Nilai resistansi isolasi pada suatu penghantar listrik merupakan parameter dasar yang penting dan menunjukkan tingkat performa penghantar tersebut. Untuk menghantarkan suatu tegangan listrik dari sumber listrik (pembangkit listrik) menuju jaringan listrik berikutnya atau menuju ke beban atau pemakaian peralatan listrik, dibutuhkan suatu penghantar. Mengingat listrik juga memiliki potensi resiko terjadinya hubungan singkat (short circuit) jika suatu penghantar yang berbeda potensial bersentuhan dengan penghantar lainnya. Dan juga untuk menghindari resiko aliran listrik mengalir benda-benda lainnya, maka dibutuhkan bahan isolator yang layak untuk melindungi suatu penghantar dari berbagai gangguan yang mungkin terjadi.

Kegagalan nilai resistansi isolasi diindikasikan oleh kebocoran arus listrik yang terjadi. Setiap isolasi memiliki tingkat kebocoran arus listrik, tergantung dari nilai resistansi isolasinya, semakin besar nilai resistansi atau tahanan isolasi, akan

semakin kecil nilai kebocoran arus yang terjadi. Tegangan listrik yang tinggi menghasilkan arus yang melalui isolasi tersebut.

Kegagalan isolasi disebabkan karena beberapa hal antara lain isolasi tersebut sudah dipakai untuk waktu yang lama, kerusakan mekanis, berkurangnya kekuatan dielektriknya dan karena isolasi tersebut dikenakan tegangan lebih. Oleh karena itu perlu dilakukan pengujian secara berkala. (Arismunandar, 2001:6).

Ketentuan-ketentuan tentang tahanan isolasi ini sudah diatur dalam PUIL yaitu sebagai berikut :

1. Tahanan isolasi dari bagian instalasi listrik dalam ruangan yang kering harus mempunyai nilai sekurang-kurangnya 1000 Ohm tiap 1 Volt tegangan nominalnya, dengan pengertian bahwa arus bocor dari tiap bagian instalasi listrik pada tegangan nominalnya tidak boleh melebihi 1 mA tiap 100 m panjang instalasi listrik.
2. Tahanan isolasi dari bagian instalasi listrik dalam ruang yang lembab atau basah harus mempunyai nilai sekurang-kurangnya 100 Ohm tiap 1 Volt tegangan nominalnya.

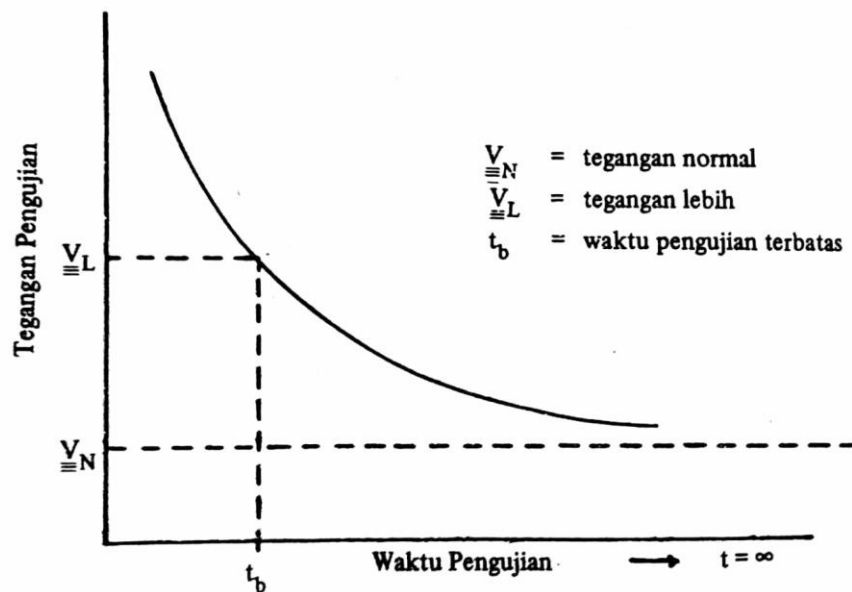
2.1.4 Pengujian Tegangan Tinggi

Pengujian tegangan tinggi pada umumnya diperlukan untuk mengetahui apakah peralatan tegangan tinggi yang diuji masih memenuhi standar kualitas dan kebutuhan yang dispesifikasikan pada peralatan tersebut.

Lingkup studi teknik tegangan tinggi mencakup semua masalah seperti studi tentang korona, teknik isolasi, tegangan lebih pada sistem tenaga listrik, proteksi tegangan lebih, dan lain-lain. Dengan begitu banyaknya masalah yang

mencakup tegangan tinggi, maka dibutuhkanlah pengujian tegangan tinggi dengan maksud sebagai berikut :

1. Menemukan bahan (di dalam atau yang menjadi komponen suatu alat tegangan tinggi) yang kualitasnya tidak baik atau kesalahan pada pembuatan.



Sumber : Teknik Tegangan Tinggi, 2001

Gambar 2.7. Grafik Tegangan terhadap Waktu Pengujian

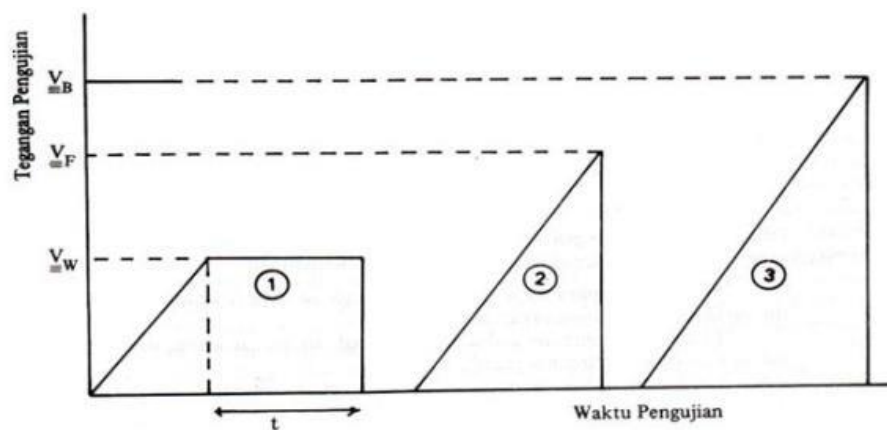
2. Berdasarkan Gambar 2.7, memberikan jaminan bahwa alat-alat listrik dapat dipakai pada tegangan normalnya untuk waktu yang tak terbatas.
3. Berdasarkan Gambar 2.7, memberikan jaminan bahwa isolasi alat-alat listrik dapat tahan terhadap tegangan lebih untuk waktu terbatas (Arismunandar, 2001: 7).

Perlunya pengujian tegangan tinggi seperti diuraikan di atas menuntut pentingnya mempelajari cara kerja dan karakteristik peralatan-peralatan uji tegangan tinggi dan prosedur pengujian yang telah distandarisasi. Adapun peralatan-peralatan yang dibutuhkan untuk pengujian tegangan tinggi adalah :

1. Pembangkit tegangan tinggi, antara lain pembangkit tegangan tinggi AC, pembangkit tegangan tinggi DC, dan pembangkit tegangan tinggi impuls.
2. Alat ukur tegangan tinggi, antara lain alat ukur tegangan tinggi DC, alat ukur tegangan tinggi AC, dan alat ukur tegangan tinggi impuls.
3. Alat pengukur sifat listrik dielektrik, antara lain alat ukur rugi-rugi dielektrik, alat ukur tahanan isolasi, alat ukur konduktivitas, dan alat ukur peluahan parsial (Zulkarnaen, Jurnal USU, April 2014: 4).

Pengujian tegangan tinggi dapat dikelompokan berdasarkan dampak pengujian terhadap benda uji yaitu :

1. Pengujian tidak merusak
 - a. Pengukuran tahanan isolasi
 - b. Pengukuran faktor daya dielektrik
 - c. Pengukuran korona
 - d. Pengukuran konduktivitas
 - e. Pemetaan medan elektrik
 - f. dsb
2. Pengujian bersifat merusak



Sumber : Teknik Tegangan Tinggi, 2001

Gambar 2.8. Grafik Pengujian Merusak

a. Pengujian ketahanan (*withstand test*)

Berdasarkan Gambar 2.8. pengujian ketahanan pada tegangan V_w selama t menit. Sebuah tegangan tertentu diterapkan untuk waktu yang ditentukan. Bila tidak terjadi lompatan api (*flashover*, *disruptive discharge*). Maka pengujiannya dianggap memuaskan.

b. Pengujian pelepasan muatan (*discharge test*)

Berdasarkan Gambar 2.8. pengujian lompatan dengan tegangan lompatan V_f . Tegangannya dinaikan sehingga terjadi pelepasan pada benda yang diuji. Sudah barang tentu tegangan pelepasan ini lebih tinggi dari tegangan ketahanan. Pengujiannya dapat dilakukan dalam suasana kering (udara biasa) dan suasana basah (menirukan keadaan hujan).

c. Pengujian kegagalan (*breakdown test*)

Berdasarkan Gambar 2.8. pengujian kegagalan dengan tegangan gagal V_b . Tegangan dinaikan sampai terjadi kegagalan di dalam benda yang diuji. (Arismunandar, 2001: 7-8).

Terdapat tiga jenis tegangan tinggi yang akan diukur dalam pengujian tegangan tinggi, yaitu tegangan tinggi bolak-balik, tegangan tinggi searah, dan tegangan tinggi impuls.

2.1.4.1 Tegangan Tinggi AC

Dalam laboratorium diperlukan tegangan tinggi bolak-balik untuk percobaan dan pengujian dengan arus bolak-balik serta untuk membangkitkan tegangan tinggi searah dan pulsa. Trafo uji yang biasa digunakan untuk keperluan tersebut memiliki daya yang lebih rendah serta perbandingan belitan yang jauh

lebih besar daripada trafo daya. Arus primer biasanya disulang dengan ototrafo sedangkan untuk kasus khusus disulang dengan pembangkit sinkron.

Hampir semua pengujian dan percobaan dengan tegangan tinggi bolak-balik mensyaratkan nilai tegangan yang teliti. Hal tersebut umumnya hanya akan terpenuhi jika pengukuran dilakukan pada sisi tegangan tinggi; untuk itu telah disusun berbagai cara dalam mengukur tegangan tinggi bolak-balik (Zulkarnaen, Jurnal USU, April 2014: 2).

2.1.4.2 Tegangan Tinggi DC

Pengujian dengan menggunakan tegangan tinggi arus searah adalah untuk mengetahui perbandingan antara penggunaan tegangan tinggi AC dan DC akibat adanya efek mengulit pada tegangan arus bolak-balik dan juga untuk mengetahui kekuatan dielektrik bahan. Karena itu, pengujian dengan menggunakan tegangan tinggi DC harus menghasilkan tegangan ketahanan, tegangan pelepasan dan tegangan kegagalan yang lebih tinggi dibanding tegangan tinggi AC.

Prosedur pengujian atau pengukuran tegangan tinggi DC sama dengan tegangan tinggi AC. Mula-mula diterapkan tegangan yang rendah kemudian tegangan dinaikan perlahan-lahan sehingga terjadi percikan pada sela udara antara dua elektroda berbentuk bola. Dengan kata lain tegangan nilainya ditentukan oleh jarak kedua buah elektroda bola tersebut. Bilamana pada permukaan bola terdapat debu atau serat (*fiber*), maka *spark over* akan terjadi pada nilai tegangan yang lebih rendah, terutama bila jenis tegangan adalah tegangannya searah (*fiber bridge*). Oleh karena itu pengujian harus dilakukan beberapa kali untuk mendapatkan nilai rata-rata yang baik. Nilai sebenarnya dapat diambil dari nilai rata-rata untuk tiga pengukuran yang hanya berbeda 3%.

2.1.4.3 Tegangan Tinggi Impuls

Untuk mensimulasi tegangan lebih akibat pengaruh luar, maka digunakan tegangan impuls. Tegangan akibat pelepasan muatan oleh petir atau akibat surja hubung ini mempunyai bentuk gelombang aperiodik yang diredam (*damped aperiodic*) seperti pada waktu pelepasan muatan sebuah kapasitor melalui sebuah tahanan induktif. Pada tempat yang terkena petir, gelombang berekor pendek dan bermuka curam. Selama gelombang ini berjalan melewati transmisi, bentuknya berubah (muka menjadi kurang curam, ekor bertambah panjang dan amplitudo berkurang), oleh karena pengaruh penghantaran dalam tanah dan efek kulit dari kawat.

Besarnya tegangan impuls yang harus diterapkan pada peralatan uji untuk uji ketahanan terhadap petir ditetapkan standar. Hal ini tergantung pada tempatnya dalam sirkuit, makin dekat ke “sumber petir”, maka makin besar kemungkinan kena petir, maka makin tinggi tegangan yang diterapkan.

Adapun bentuk tegangan impuls yang digunakan untuk pengetesan mempunyai ukuran standar, yang melambangkan ukuran waktu muka gelombang dan waktu ekor gelombang, seperti 1,2 x 50 ms, 1 x 50 ms, 1,5 x 40 ms. standar ukuran ini tergantung dari negara ataupun komisi yang melakukan pengujian.

Sebagai contoh, untuk rekomendasi IEC, tegangan impuls yang digunakan adalah 1,2 x 50 ms, sedangkan negara Jerman dan Inggris adalah 1 x 50 ms, negara Amerika menstandarkan 1,5 x 40 ms, serta Jepang 1 x 40 ms.

2.1.5 Pengujian Kabel

Pentingnya penggunaan kabel dalam kehidupan sehari-hari membuat para produsen semakin berlomba dalam memproduksi berbagai tipe kabel. PLN sebagai satu-satunya BUMN di Indonesia yang mengurus masalah kelistrikan membuat suatu standar kabel sebelum beredar di pasaran. Tujuannya tentu agar dapat memberikan kepercayaan terhadap keamanan dari kabel tersebut kepada konsumen. Untuk dapat menarik konsumen lebih, produsen kabel biasanya menaikkan kualitas kabelnya di atas spesifikasi dari SPLN sebagai daya tarik jual.

Produsen kabel biasanya melakukan pengujian kabel terlebih dahulu agar mendapat kabel sesuai dengan spesifikasi yang diinginkan. Jika produsen kabel tersebut memiliki laboratorium untuk pengujian kabel yang telah mendapatkan izin dari PLN maka dapat dilakukan pengujian langsung setelah produksi. Namun jika tidak memiliki laboratorium, untuk mendapatkan sertifikat kelayakan dari PLN maka harus diuji di Puslitbang PLN. Jenis pengujian kabel pada umumnya dapat dibagi menjadi 2 jenis, yaitu :

1. Pengujian Inti

Jenis pengujian ini dilakukan pada kabel yang belum mendapatkan sertifikat kelayakan dari PLN atau belum pernah dilakukan pengujian sama sekali. Rentang waktu pengujian inti lebih lama jika dibandingkan dengan pengujian verifikasi.

2. Pengujian Verifikasi

Jenis pengujian ini dilakukan dengan tujuan untuk memperpanjang sertifikat kelayakan dari PLN. Dapat dipastikan sebelumnya telah dilakukan pengujian inti baik itu di laboratorium produsen kabel tersebut atau di Puslitbang PLN.

2.1.5.1 Pengujian Jenis Kabel NYA

Pada pengujian jenis kabel NYA menentukan panjang kabel tertentu sebagai sampel uji berdasarkan luas penampangnya. Untuk luas penampang lebih kecil atau sama dengan 25 mm^2 menggunakan panjang kabel lebih besar atau sama dengan 50 m, sedangkan untuk luas penampang lebih dari 25 mm^2 dapat menggunakan panjang kabel lebih besar atau sama dengan 30 m.

Standar uji yang ingin digunakan dapat menyesuaikan dengan kebutuhan pengujian tersebut. berikut jenis standar yang dapat digunakan yaitu :

1. SPLN 42-1 (1991)

Kawat Berisolasi PVC tegangan pengenal 450/750 V (NYA)

2. IEC Publ. 60227-1 (2007-10)

Polyvinyl Chloride insulated cable of rated voltages up to and including 450/750 V, Part 3 : Non – sheated cables for fixed wiring.

3. SNI 04-6629.3 (2006)

Kabel berisolasi PVC dengan tegangan pengenal sampai dengan 450/750 V

Bagian 3 : Kabel tanpa selubung untuk pemasangan tetap (magun)

Butir 2 : Kabel berselubung inti tunggal dengan konduktor kaku untuk pemakaian umum

Berdasarkan SNI 04-6629.3-2006 pada butir ke-2 mengenai kabel nirselubung inti tunggal dengan konduktor kaku untuk pemakaian umum, terdapat spesifikasi data umum dari kabel NYA, yaitu :

1. Kode penamaan

60227 IEC 01.

2. Tegangan pengenal

450/750 V.

3. Konstruksi

Jumlah konduktor : 1

Konduktor harus memenuhi persyaratan IEC 60288:

- Kelas 1 untuk konduktor padat
- Kelas 2 untuk konduktor pilin

Insulasi harus kompon PVC dari jenis PVC/C yang diterapkan sekeliling konduktor. Tebal insulasi harus memenuhi nilai yang ditentukan dalam kolom 3 Tabel 2.1.

Resistans insulasi tidak boleh kurang dari nilai yang diberikan dalam kolom 6 Tabel 2.1.

Diameter total rata-rata tidak boleh melampaui batas atas yang diberikan dalam kolom 4 Tabel 2.1.

4. Pengujian

Kesesuaian dengan persyaratan di atas harus diperiksa dengan inspeksi dan dengan pengujian yang diberikan.

5. Pedoman penggunaan

Suhu konduktor maksimum pada pemakaian normal: 70°C.

Tabel 2.1 Data Umum untuk Jenis 60227 IEC 01

1	2	3	4	5	6
Luas penampang nominal konduktor	Kelas konduktor IEC 60228	Tebal Insulasi	Diameter total rata-rata		Resistans Insulasi minimum pada 20°C
		Nilai yang ditentukan	Batas bawah	Batas atas	
mm ²		Mm	mm	mm	Mohm.km
1,5	1	0,7	2,6	3,2	50
1,5	2	0,7	2,7	3,3	50
2,5	1	0,8	3,2	3,9	50
2,5	2	0,8	3,3	4,0	50
4	1	0,8	3,6	4,4	50
4	2	0,8	3,8	4,6	50
6	1	0,8	4,1	5,0	50
6	2	0,8	4,3	5,2	50
10	1	1,0	5,3	6,4	50
10	2	1,0	5,6	6,7	50

Sumber : SNI 04-6629.3-2006

Berdasarkan SPLN 42-1, terdapat spesifikasi data umum dari kabel NYA, yaitu :

1. Ketentuan Tegangan

Tegangan pengenalan yang ditentukan untuk kabel dinyatakan dengan U_0/U dan untuk kabel yang termasuk dalam standar ini adalah 450/750 V.

2. Persyaratan Konstruksi

Konstruksi penghantar harus memenuhi SPLN 41-1 yang terdapat pada tabel 2.2 di bawah ini, yaitu :

Tabel 2.2 Penghantar Padat untuk Kabel Listrik Instalasi Tetap, Berinti Tunggal dan Ganda

1	2
Luas Penampang nominal	Resistansi arus searah maksimum pada suhu 20°C
	Penghantar Tembaga Bulat Polos
mm ²	Ohm/km
1,5	12,1
2,5	7,41
4	4,61
6	3,08
10	1,83

Sumber : SPLN 41-1

Tabel 2.3 Penghantar Pilin untuk Kabel Listrik Instalasi Tetap, Berinti Tunggal dan Ganda

1	2	3
Luas Penampang nominal	Jumlah minimum kawat dalam penghantar	Resistans arus searah maksimum pada suhu 20°C
	Penghantar pilin bulat	Penghantar tembaga
		Polos
mm²	Cu	Ohm/km
1,5	7	12,1
2,5	7	7,41
4	7	4,61
6	7	3,08
10	7	1,83
16	7	1,15
25	7	0,727
35	7	0,524
50	19	0,387
70	19	0,268
95	19	0,193
120	37	0,153
150	37	0,124
185	37	0,0991
240	61	0,0754
300	61	0,0601
400	61	0,0470

Sumber : SPLN 41-1

Nilai rata-rata tebal isolasi yang diukur sesuai SPLN 39, tidak boleh kurang dari nilai nominal yang tercantum dalam Tabel 2.4 kolom 5. Walaupun demikian, tebal isolasi sebagaimana telah diukur sesuai dengan SPLN 39, pada setiap titik boleh kurang dari nilai spesifikasi yang tercantum dalam Tabel 2.4 kolom 5 maksimum $0,1 \text{ mm} + 10\%$ dari nilai spesifikasi tersebut.

Diameter luar yang diukur sesuai SPLN 39, tidak boleh melebihi nilai yang tercantum dalam Tabel 2.4 kolom 6.

Tabel 2.4 Konstruksi dan KHA Kawat Berisolasi NYA

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Luas penampang nominal	Penghantar			Isolasi		Resistansi isolasi pada 20°C	Kuat Hantar Arus maksimum pada suhu keliling maks.			
	Konstruksi	Jumlah kawat min.	Diameter nominal	Tebal nominal S_1	Diameter maks. d_1		30°		40°C	
							dalam pipa	di udara	dalam pipa	di udara
mm ²		buah	mm	mm	mm	Mohm.km	A	A	A	A
1,5	re	1	1,38	0,7	3,3	50	15	24	13	21
1,5	rm	7	0,52	0,7	3,4	50	15	24	13	21
2,5	re	1	1,78	0,8	3,9	50	19	32	17	28
2,5	rm	7	0,67	0,8	4,2	50	19	32	17	28
4	re	1	2,26	0,8	4,4	50	25	43	22	37
4	rm	7	0,85	0,8	4,8	50	25	42	22	37
6	re	1	2,76	0,8	4,9	50	33	54	29	47
6	rm	7	1,04	0,8	5,4	50	33	54	29	47
10	re	1	3,57	1,0	6,4	50	45	73	39	64
10	rm	7	1,35	1,0	6,8	50	45	73	39	64

Sumber : SPLN 42-1

3. Persyaratan Bahan

Penghantar harus tembaga polos yang dipijarkan sesuai dengan SPLN 41-1 dan isolasi harus terbuat dari bahan termoplastik PVC jenis YJ/C sesuai dengan SPLN 42-1.

Pengujian tahanan isolasi pada kabel NYA dilaksanakan pada penghantar dan di bak air. Panjang contoh uji yang terendam air adalah 5 m dan ujung-ujungnya minimum 0,25 m dari permukaan air. Sebelum dilakukan pengukuran contoh uji harus di rendam dalam air minimum 2 jam. Tegangan DC 500 V kemudian diterapkan antara konduktor dan air. Nilai tahanan isolasi pada 20°C tidak boleh kurang dari 50 Mohm.km. Apabila suhu pengukuran selain 20°C, maka resistans isolasi harus dikoreksi kesuhu 20°C dengan mengalikan faktor koreksi. Resistans isolasi diukur 1 menit setelah penerapan tegangan dan nilai ini dikaitkan per satuan panjang dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$R_i = \frac{L}{10^3} R_t \times f_K \quad (2.2)$$

Dimana :

R_i = Resistans isolasi pada suhu 20°C per satuan panjang (Mohm.km)

f_K = Faktor koreksi pengukuran ke suhu 20°C

L = panjang contoh uji (m)

R_t = Resistans isolasi pada t°C (Mohm)

Pengujian tegangan pada kabel NYA dengan tegangan pengenal 450/750 V menggunakan sampel uji minimum sepanjang 10 m, direndam dalam air (25 ± 5)°C minimum 1 jam. Kemudian dikenakan tegangan arus bolak-balik 2500 V selama minimum 5 menit dan tidak boleh terjadi penembusan tegangan.

Selengkapnya mengenai standar kabel NYA dapat dilihat pada lampiran 1 halaman 92.

2.1.5.2 Pengujian Jenis Kabel NYM

Pada pengujian jenis kabel NYM umumnya menggunakan sampel uji kabel dengan panjang kurang lebih 50 meter.

Standar uji yang ingin digunakan dapat menyesuaikan dengan kebutuhan pengujian tersebut. berikut jenis standar yang dapat digunakan yaitu :

1. SPLN 42-2 (1992)

Kawat Berisolasi dan berselubung PVC tegangan pengenal 300/500 V (NYM)

2. IEC Publ. 60227-1 (2007-10)

Polyvinyl Chloride insulated cable of rated voltages up to and including 450/750 V, Part 4 : Sheated cables for fixed wiring.

3. SNI 04-6629.4 (2006)

Kabel berinsulasi PVC dengan tegangan pengenal sampai dengan 450/750 V

Bagian 4 : Kabel berselubung untuk perkawatan magun.

Berdasarkan SNI 04-6629.4-2006, terdapat spesifikasi data umum dari kabel NYM, yaitu :

1. Kode penamaan

60227 IEC 10.

2. Tegangan pengenal

300/500 V.

3. Konstruksi

Jumlah konduktor : 2,3,4, atau 5.

Konduktor harus memenuhi persyaratan IEC 60288:

- Kelas 1 untuk konduktor padat
- Kelas 2 untuk konduktor pilin

Insulasi harus kompon PVC dari jenis PVC/C yang diterapkan sekeliling konduktor.

Tebal insulasi harus sesuai dengan nilai yang ditentukan dalam Tabel 2.5 kolom 3.

Resistans insulasi tidak boleh kurang dari nilai yang diberikan dalam Tabel 2.5 kolom 8.

Pada rakitan inti, inti harus dipilin bersama-sama. Inti yang dipilin harus ditutupin dengan suatu penutup bagian dalam diekstrusi yang terdiri atas karet nirvulkanisasi atau kompon listrik. Harus dimungkinkan untuk memisahkan inti secara mudah.

Selubung harus kompon PVC dari jenis PVC/ST4 yang diterapkan sekeliling penutup bagian dalam. Selubung harus terpasang rapat pada penutup bagian dalam dan harus dapat dilepas tanpa merusak penutup bagian dalam. Tebal selubung harus sesuai dengan yang ditentukan dalam Tabel 2.5 kolom 5.

Diameter total rata-rata harus dalam batas yang diberikan dalam Tabel 2.5 kolom 6 dan 7.

4. Pengujian

Kesesuaian dengan persyaratan di atas harus diperiksa dengan inspeksi dan dengan pengujian yang diberikan.

Tabel 2.5 Data Umum untuk Jenis 60227 IEC 10

1	2	3	4	5	6	7	8
Jumlah inti, luas penampang penghantar, dan Konstruksi penghantar	Kelas konduktor	Tebal			Diameter luar (d)		Resistans insulasi minimum pada 20°C
	IEC 60288	Insulasi	Penutup bagian dalam	Selubung	Batas bawah	Batas atas	
		Nilai yang ditentukan	Nilai pendekatan	Nilai yang ditentukan			
mm ²		mm	Mm	mm	mm	mm	Mohm.km
2 x 1,5 re	1	0,7	0,4	1,2	8,4	10	50
2 x 1,5 rm	2	0,7	0,4	1,2	8,4	10,5	50
2 x 2,5 re	1	0,8	0,4	1,2	9,6	11,5	50
2 x 2,5 rm	2	0,8	0,4	1,2	9,6	12,0	50
2 x 4 re	1	0,8	0,4	1,2	10,5	12,5	50
2 x 4 rm	2	0,8	0,4	1,2	10,5	13,0	50
2 x 6 re	1	0,8	0,4	1,2	11,5	13,5	50
2 x 6 rm	2	0,8	0,4	1,2	11,5	14,0	50
2 x 10 re	1	1,0	0,6	1,4	14,5	16,5	50
2 x 10 rm	2	1,0	0,6	1,4	15,0	17,5	50
3 x 1,5 re	1	0,7	0,4	1,2	8,8	10,5	50
3 x 1,5 rm	2	0,7	0,4	1,2	8,8	11,0	50
3 x 2,5 re	1	0,8	0,4	1,2	10,0	12,0	50
3 x 2,5 rm	2	0,8	0,4	1,2	10,0	12,5	50
3 x 4 re	1	0,8	0,4	1,2	11,0	13,0	50
3 x 4 rm	2	0,8	0,4	1,2	11,0	13,5	50
3 x 6 re	1	0,8	0,4	1,2	12,5	14,5	50
3 x 6 rm	2	0,8	0,4	1,2	12,5	15,5	50
3 x 10 re	1	1,0	0,6	1,4	15,5	17,5	50
3 x 10 rm	2	1,0	0,6	1,4	15,5	19,0	50
4 x 1,5 re	1	0,7	0,4	1,2	9,6	11,5	50
4 x 1,5 rm	2	0,7	0,4	1,2	9,6	12,0	50
4 x 2,5 re	1	0,8	0,4	1,2	11,0	13,0	50
4 x 2,5 rm	2	0,8	0,4	1,2	11,0	13,5	50
4 x 4 re	1	0,8	0,4	1,4	12,0	14,5	50
4 x 4 rm	2	0,8	0,4	1,4	12,5	15,0	50
4 x 6 re	1	0,8	0,4	1,4	14,0	16,0	50
4 x 6 rm	2	0,8	0,4	1,4	14,0	17,0	50
4 x 10 re	1	1,0	0,6	1,4	16,5	19,0	50
4 x 10 rm	2	1,0	0,6	1,4	17,0	20,5	50

Sumber : SNI 04-6629.4-2006

Berdasarkan SPLN 42-2, terdapat spesifikasi data umum dari kabel NYM, yaitu :

1. Ketentuan Tegangan

Tegangan pengenal yang ditentukan untuk kabel dinyatakan dengan perbandingan U_0/U dan untuk kabel yang termasuk dalam standar ini adalah 300/500 V. Untuk penggunaan pada suatu instalasi arus searah, tegangan nominal sistem tidak boleh lebih tinggi dari 1.5 kali tegangan pengenal kabel.

2. Persyaratan Konstruksi

Konstruksi penghantar harus memenuhi spesifikasi SPLN 41-1, untuk luas penampang 1,5 sampai dengan 10 mm² mengikuti tabel 2.2, sedangkan untuk luas penampang 1,5 sampai dengan 35 mm² mengikuti tabel 2.3.

Nilai rata-rata tebal isolasi yang diukur sesuai dengan SPLN 39 tidak boleh kurang dari nilai nominal yang tercantum dalam Tabel 2.6 kolom 4. Walaupun demikian, tebal isolasi sebagaimana diukur sesuai dengan SPLN 39, pada setiap titik boleh kurang dari nilai spesifikasi yang tercantum dalam Tabel 2.6 kolom 4, maksimum 0,1 mm + 10% dari nilai spesifikasi tersebut.

Inti-inti harus dipilin secara konsentris. Langkah pilinan inti kabel tidak boleh lebih besar dari 35 kali diameter luar yang terbentuk oleh inti-inti yang dipilin. Sedapat mungkin lapisan pembungkus inti harus mengisi celah-celah dari inti yang dibelit serta harus menutupi inti-inti secara keseluruhan. Tebal lapisan pembungkus inti kira-kira sesuai dengan Tabel 2.6 kolom 5. Tebal lapisan pembungkus inti tidak diukur.

Nilai rata-rata tebal selubung luar yang diukur sesuai dengan SPLN 39 tidak boleh kurang dari nilai nominal yang tercantum dalam Tabel 2.6 kolom 6.

**Tabel 2.6 Konstruksi dan KHA Kabel Berisolasi dan Berselubung PVC
Tegangan Pengenal 300/500 V**

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Jumlah inti, luas penampang penghantar, dan Konstruksi penghantar	Penghantar		Tebal			Diameter luar (d)		Resistans isolasi setiap inti terhadap inti/gabungan inti yang lain pada suhu 20°C Minimum	Kuat Hantar Arus maksimum pada suhu	
	Jumlah kawat	Diameter kawat	Isolasi nominal S ₁	Lapisan pembungkus inti S ₂	Selubung nominal S ₃	Min	Maks		30° C	40° C
						mm	mm			
mm ²	buah	mm	mm	mm	mm	mm	mm	Mohm.km	A	A
2 x 1,5 re	1	1,38	0,7	0,4	1,2	8,4	10,0	50	19	16
2 x 1,5 rm	7	0,52	0,7	0,4	1,2	8,4	10,5	50	19	16
2 x 2,5 re	1	1,78	0,8	0,4	1,2	9,6	11,5	50	25	22
2 x 2,5 rm	7	0,67	0,8	0,4	1,2	9,6	12,0	50	25	22
2 x 4 re	1	2,26	0,8	0,4	1,2	10,5	12,5	50	34	30
2 x 4 rm	7	0,85	0,8	0,4	1,2	10,5	13,0	50	34	30
2 x 6 re	1	2,76	0,8	0,4	1,2	11,5	13,5	50	44	39
2 x 6 rm	7	1,04	0,8	0,4	1,2	11,5	14,0	50	44	39
2 x 10 re	1	3,57	1,0	0,6	1,4	14,5	16,5	50	61	53
2 x 10 rm	7	1,35	1,0	0,6	1,4	15,0	17,5	50	61	53
3 x 1,5 re	1	1,38	0,7	0,4	1,2	8,8	10,5	50	19	16
3 x 1,5 rm	7	0,52	0,7	0,4	1,2	8,8	11,0	50	19	16
3 x 2,5 re	1	1,78	0,8	0,4	1,2	10,0	12,0	50	25	22
3 x 2,5 rm	7	0,67	0,8	0,4	1,2	10,0	12,5	50	25	22
3 x 4 re	1	2,26	0,8	0,4	1,2	11,0	13,0	50	34	30
3 x 4 rm	7	0,85	0,8	0,4	1,2	11,0	13,5	50	34	30

Tabel 2.6 (Lanjutan)

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Jumlah inti, luas penampang penghantar, dan Konstruksi penghantar	Penghantar		Tebal			Diameter luar (d)		Resistans isolasi setiap inti terhadap inti/gabungan inti yang lain pada suhu 20°C Minimum	Kuat Hantar Arus maksimum pada suhu	
	Jumlah kawat	Diameter kawat	Isolasi nominal S ₁	Lapisan pembungkus inti S ₂	Selubung nominal S ₃	Min	Maks		30° C	40° C
3 x 6 re	1	2,76	0,8	0,4	1,2	12,5	14,5	50	44	39
3 x 6 rm	7	1,04	0,8	0,4	1,2	12,5	15,5	50	44	39
3 x 10 re	1	3,57	1,0	0,6	1,4	15,5	17,5	50	61	53
3 x 10 rm	7	1,35	1,0	0,6	1,4	15,5	19,0	50	61	53
4 x 1,5 re	1	1,38	0,7	0,4	1,2	9,6	11,5	50	19	16
4 x 1,5 rm	7	0,52	0,7	0,4	1,2	9,6	12,0	50	19	16
4 x 2,5 re	1	1,78	0,8	0,4	1,2	11,0	13,0	50	25	22
4 x 2,5 rm	7	0,67	0,8	0,4	1,2	11,0	13,5	50	25	22
4 x 4 re	1	2,26	0,8	0,4	1,4	12,0	14,5	50	34	30
4 x 4 rm	7	0,85	0,8	0,4	1,4	12,5	15,0	50	34	30
4 x 6 re	1	2,76	0,8	0,4	1,4	14,0	16,0	50	44	39
4 x 6 rm	7	1,04	0,8	0,4	1,4	14,0	17,0	50	44	39
4 x 10 re	1	3,57	1,0	0,6	1,4	16,5	19,0	50	61	53
4 x 10 rm	7	1,35	1,0	0,6	1,4	17,0	20,5	50	61	53

Sumber : SPLN 42-2

Walaupun demikian, tebal selubung luar sebagaimana telah diukur sesuai dengan SPLN 39, pada setiap titik boleh kurang dari nilai spesifikasi yang tercantum dalam Tabel 2.6 kolom 6 maksimum 0,1 mm + 15% dari nilai spesifikasi tersebut. Diameter luar kabel yang diukur sesuai dengan SPLN 39 tidak boleh melampaui persyaratan dalam Tabel 2.6 kolom 7 dan 8.

3. Bahan Kabel

Penghantar harus dari bahan tembaga polos yang dipijarkan sesuai dengan SPLN 41-1. Isolasi harus terbuat dari bahan thermoplastic PVC jenis YJ/C, sesuai dengan SPLN 41-2. Lapisan pembungkus inti harus terbuat dari kompon yang elastis atau plastis, dan haruslah dibuat sedemikian rupa sehingga mudah dibuka tanpa merusak inti-inti kabel. Selubung luar harus terbuat dari bahan thermoplastic PVC jenis YM/4 sesuai SPLN 41-2.

Pengujian tahanan isolasi pada kabel NYM dilaksanakan antara penghantar dan di bak air. Panjang contoh uji yang terendam air adalah 5 m dan ujung-ujungnya minimum 0,25 m dari permukaan air. Sebelum dilakukan pengukuran contoh uji harus di rendam dalam air minimum 2 jam. Tegangan DC 500 V kemudian harus diterapkan antara konduktor dan air. Nilai tahanan isolasi pada 20°C tidak boleh kurang dari 50 Mohm.km. Apabila suhu pengukuran selain 20°C, maka resistans isolasi harus dikoreksi kesuhu 20°C dengan mengalikan faktor koreksi. Resistans insulasi harus diukur 1 menit setelah penerapan tegangan dan nilai ini harus dikaitkan sampai panjang 1 km dengan menggunakan rumus 2.2.

Metode dalam pengujian tegangan pada kabel NYM dengan tegangan pengenal 300/500 V terdiri dari 2 macam, yaitu :

1. Uji Tegangan pada Inti-inti Kabel

Pengujian dilakukan pada contoh uji sepanjang 5 m. Selubung dan lapisan pembungkus lainnya atau pengisi harus dikupas tanpa merusak inti-inti kabel. Kemudian contoh uji direndam dalam air pada suhu $(25 \pm 5)^{\circ}\text{C}$ selama minimum 1 jam; dan setiap inti harus mampu menahan tegangan 2000 Volt. Lama pengujian minimum 5 menit.

2. Uji Tegangan pada Kabel Utuh

Pengujian dilakukan pada contoh uji sepanjang minimum 10 meter. Kemudian contoh uji direndam dalam air pada suhu $(25 \pm 5)^{\circ}\text{C}$ selama minimum 1 jam; dan harus mampu menahan tegangan 2000 V selama maksimum 5 menit, yang dikenakan pada setiap inti dengan gabungan inti-inti yang lain dan air serta semua inti-inti digabungkan bersama dengan air.

Selengkapnya mengenai standar kabel NYM dapat dilihat pada lampiran 2 halaman 99.

2.2 Penelitian yang Relevan

Hasil penelitian relevan sebelumnya yang sesuai dengan penelitian ini adalah penelitian yang dilakukan oleh Zikra Rufina (2014) tentang analisis tegangan tembus kabel instalasi listrik. Penelitian ini membahas tentang pengujian tegangan tembus pada bahan isolasi kabel listrik. Variabel yang diamati adalah nilai tegangan maksimum yang mampu ditahan isolasi kabel sampai terjadi tembus listrik (*breakdown*) dengan waktu pengujian 300 detik.

Pengujian dilakukan di Laboratorium Tegangan Tinggi Universitas Pendidikan Indonesia dengan alat uji tegangan tinggi *HV Test Transformer* tipe HV 9105 dengan spesifikasi kapasitas maksimum tegangan sampai 100 kV.

Penelitian ini bertujuan untuk mengukur nilai tegangan uji normal bahan isolasi kabel apakah telah lolos uji atau tidak dari nilai standar yang telah ditetapkan oleh Standar Perusahaan Listrik Negara (SPLN), serta mengetahui sifat-sifat bahan isolasi kabel dan nilai tegangan minimum yang dapat menembus isolasi kabel serta besar arus bocor yang ditimbulkan. Pengujian dilakukan pada 11 sampel kabel tegangan rendah berisolasi PVC dan tegangan menengah berisolasi XLPE yang berlabel standar dan non-standar.

Dari hasil pengujian menunjukkan bahwa kabel yang berlabel standar memiliki ketahanan isolasi yang baik karena mampu menahan tegangan yang lebih besar dari nilai pengenalnya dengan waktu tunda tembus lebih besar dari waktu kritis. Sedangkan kabel yang tidak standar memiliki ketahanan uji tegangan tembus isolasi kabel yang rendah.

Persamaan penelitian ini dengan penelitian yang akan peneliti lakukan adalah kajian yang akan dianalisis yaitu tegangan tembus pada kabel instalasi listrik dengan metode pengujian eksperimen. Selain itu parameter hasil pengujiannya sama yaitu tegangan tembus, tahanan isolasi dan arus bocor.

Perbedaannya dalam penelitian ini dengan penelitian yang akan peneliti lakukan adalah sampel kabel yang akan dikaji pada penelitian ini dikelompokkan menjadi kabel standar dan non-standar, sedangkan sampel kabel yang peneliti gunakan hanya kabel standar dengan tipe kabel dan luas penampang yang berbeda dengan penelitian ini. Selanjutnya perbedaan terdapat pada rangkaian pengujian

tegangan tembusnya dimana penelitian ini menerapkan tegangan uji pada sela bola melalui medium udara sedangkan penelitian yang akan peneliti lakukan tidak menggunakan sela bola, melainkan tegangan uji diterapkan lewat HVTS pada konduktor kabel dan plat besi yang terhubung pada bak air sebagai grounding. Selain itu pada penelitian ini tahanan isolasi didapatkan hanya dari hasil perhitungan data tegangan tembus dan arus bocor, sedangkan penelitian yang akan dilakukan menggunakan alat ukur megger terlebih dahulu, lalu menggunakan perhitungan untuk menyesuaikan dengan standar yang digunakan.

2.3 Kerangka Konseptual

Kabel merupakan materi inti dalam transmisi maupun distribusi tenaga listrik. Oleh karena itu, dibutuhkan kualitas sistem isolasi yang baik pada kabel listrik untuk mendukung stabilitas sistem. Sehingga dibutuhkan pengujian tegangan tinggi untuk memberikan jaminan bahwa kabel listrik tersebut dapat dipakai pada tegangan normalnya dalam kurun waktu tertentu. Salah satunya dengan pengujian tegangan tembus pada kabel tegangan rendah.

Pengujian tegangan tembus pada kabel NYA 1 x 2,5 mm² dan NYM 3 x 2,5 mm² dilakukan dengan memberikan tegangan arus bolak-balik (AC) yang dinaikkan secara bertahap hingga kabel uji tersebut tembus listrik. Setiap setelah tegangan injeksi diberikan selama 300 detik, selanjutnya dilakukan pengukuran tahanan isolasi pada kabel uji tersebut. Data dari setiap pengujian dicatat dan dianalisis untuk dapat mengetahui yang mempengaruhi tegangan tembus pada sampel kabel.

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian dilakukan di Puslitbang PLN dengan alamat Jalan Duren Tiga No. 102, Jakarta 12760 dan dilaksanakan pada Februari 2017 – Agustus 2017, semester 106 tahun akademik 2016/2017. Surat penelitian dapat dilihat pada lampiran 9 halaman 146.

3.2 Metode Penelitian

Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah metode penelitian *quasi experimental design*. Desain ini mempunyai kelompok kontrol, tetapi tidak dapat berfungsi sepenuhnya untuk mengontrol variabel-variabel luar yang mempengaruhi pelaksanaan eksperimen (Sugiyono, 2010:77). Desain quasi eksperimen yang digunakan peneliti yaitu *time series design*.

Dalam desain penelitian ini sampel kabel dilakukan pengujian tegangan injeksi hingga tembus listrik. Parameter yang digunakan pada desain penelitian yaitu adalah tahanan isolasi dan arus bocor. Oleh karena itu dilakukan pengukuran tahanan isolasi tiap melakukan pengujian tegangan pada tiap sampel kabel.

3.3 Populasi dan Sampel Penelitian

3.3.1 Populasi

Populasi adalah wilayah generalisasi yang terdiri atas obyek atau subyek yang mempunyai kualitas dan karakteristik tertentu yang ditetapkan oleh peneliti

untuk dipelajari dan kemudian ditarik kesimpulannya (Sugiyono, 2010:80). Populasi dalam penelitian ini adalah kabel listrik.

3.3.2 Sampel

Sampel adalah bagian dari jumlah dan karakteristik yang dimiliki oleh populasi (Sugiyono, 2010:81). Sampel kuota adalah teknik untuk menentukan sampel dari populasi yang mempunyai ciri-ciri tertentu sampai jumlah yang diinginkan (Sugiyono, 2010:85). Dengan populasi kabel listrik yang ada, maka dari kabel tegangan rendah dengan tipe NYA 1 x 2,5 mm² dan NYM 3 x 2,5 mm² diambil masing-masing lima sampel berdasarkan merek yang dijual di pasaran.

3.4 Variabel Penelitian

Variabel penelitian adalah segala sesuatu yang menjadi obyek pengamatan penelitian. Variabel dalam penelitian ini adalah tegangan tembus pada kabel tegangan rendah.

3.5 Instrumen Penelitian

Berdasarkan dari tujuan penelitian ini, maka instrumen penelitian dikembangkan dalam bentuk alat dan bahan yang dibutuhkan serta tabel format pengujian kabel.

Pengujian ini mengambil dua tipe kabel, dengan jumlah sampel kabel sebanyak sepuluh sampel. Berikut spesifikasi sampel yang digunakan dalam penelitian.

Tabel 3.1 Spesifikasi Sampel

No	Nomenklatur	Tegangan nominal (antara penghantar)	Jumlah inti	Luas penampang nominal inti (mm ²)	Keterangan
1	NYA	450/750	1	2,5	Sampel A
2					Sampel B
3					Sampel C
4					Sampel D
5					Sampel E
6	NYM	300/500	3	2,5	Sampel F
7					Sampel G
8					Sampel H
9					Sampel I
10					Sampel J

Peralatan yang digunakan pada rangkaian pengujian tegangan tembus pada beberapa jenis kabel instalasi listrik adalah sebagai berikut :

1. Hipotronics AC High Voltage Test Sets tipe 715-2, tegangan keluaran 0 - 3,75/7,5/15 kV, arus keluaran 0 – 150 mA. Data Sheet Hipotronics 715-2 dapat dilihat pada lampiran 4 halaman 12.



Sumber : Dokumentasi pribadi

Gambar 3.1 Hipotronics AC High Voltage Sets tipe 715-2

2. Sakova High Voltage Breakdown Tester, tegangan keluaran 3 kV – 100 kV
Data Sheet Sakova High Voltage Breakdown Tester dapat dilihat pada lampiran 5 halaman 126.



Sumber : Dokumentasi pribadi

Gambar 3.2 Sakova High Voltage Breakdown Tester

3. Megger S1-1054/2, tegangan output maksimal 10 kV. Data Sheet Megger S1-1054/2 dapat dilihat pada lampiran 6 halaman 128.



Sumber : Dokumentasi pribadi

Gambar 3.3 Megger S1-1054/2

4. Termometer digital



Sumber : Dokumentasi pribadi

Gambar 3.4 Termometer Digital

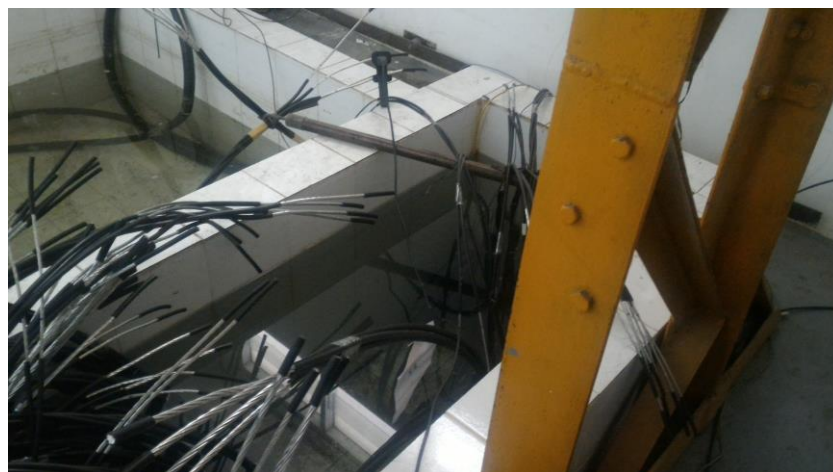
5. Plat besi sepanjang 3 meter



Sumber : Dokumentasi pribadi

Gambar 3.5 Plat Besi

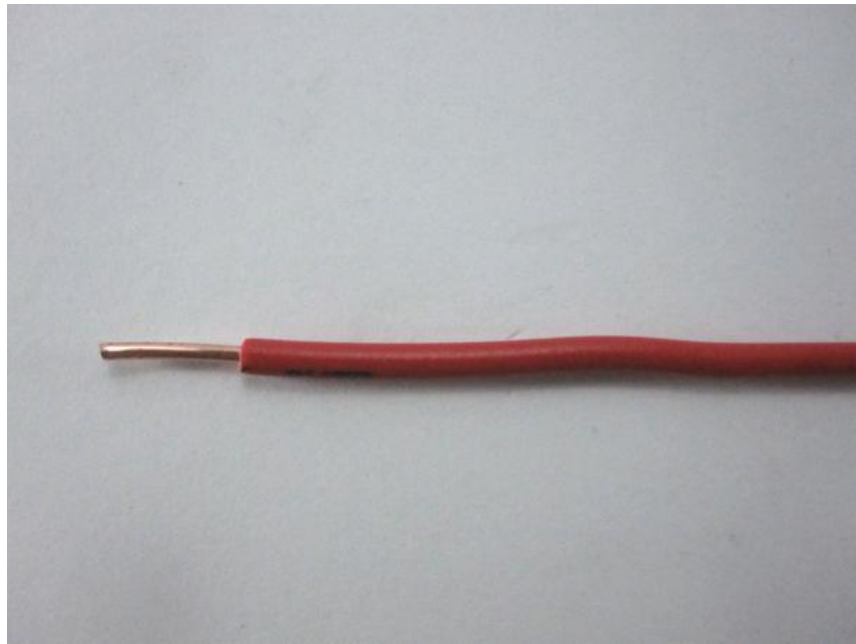
6. Bak air



Sumber : Dokumentasi pribadi

Gambar 3.6 Bak Air

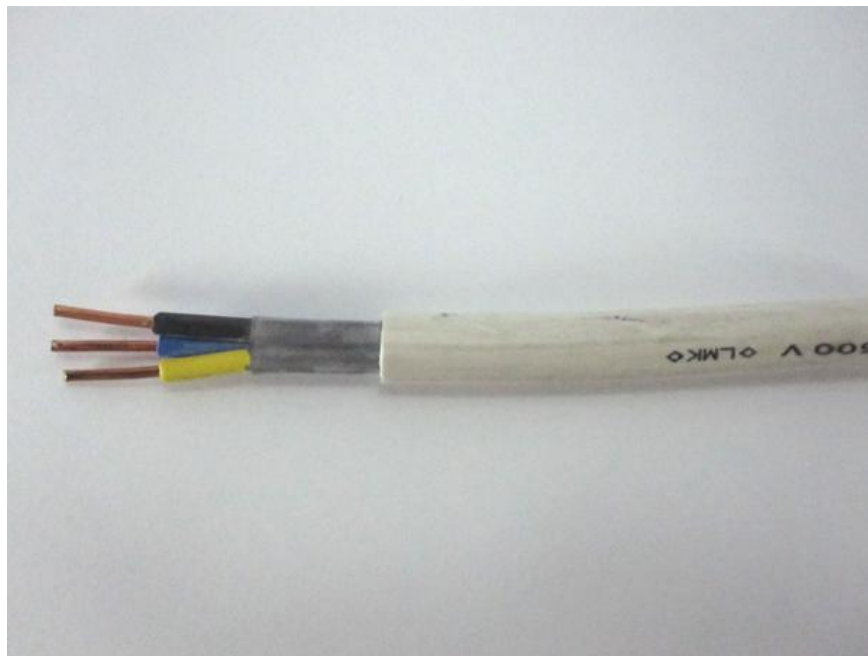
7. Sampel uji kabel NYA 1 x 2,5 mm², identifikasi sampel dapat dilihat pada lampiran 10 halaman 149.



Sumber : Dokumentasi pribadi

Gambar 3.7 Sampel Kabel Uji NYA

8. Sampel kabel uji NYM 3 x 2,5 mm², identifikasi sampel dapat dilihat pada lampiran 10 halaman 149.



Sumber : Dokumentasi pribadi

Gambar 3.8 Sampel Kabel Uji NYM

Instrumen tabel yang digunakan untuk mencatat hasil pengujian kabel yaitu :

Tabel 3.2 Data Pengujian Kabel Sampel A

Tegangan injeksi (kV)	Arus bocor (mA)	Resistans Isolasi (Rt) (Mohm)	Dalam air	Status
			Suhu (t) (°C)	
2,5				
5				
10				
15				
20				
25				

Tabel 3.3 Data Pengujian Kabel Sampel B

Tegangan injeksi (kV)	Arus bocor (mA)	Resistans Isolasi (Rt) (Mohm)	Dalam air	Status
			Suhu (t) (°C)	
2,5				
5				
10				
15				
20				
25				

Tabel 3.4 Data Pengujian Kabel Sampel C

Tegangan injeksi (kV)	Arus bocor (mA)	Resistans Isolasi (Rt) (Mohm)	Dalam air	Status
			Suhu (t) (°C)	
2,5				
5				
10				

Tabel 3.4 (Lanjutan)

Tegangan injeksi	Arus bocor	Resistans Isolasi (Rt)	Dalam air	Status
			Suhu (t)	
(kV)	(mA)	(Mohm)	(°C)	
15				
20				
25				

Tabel 3.5 Data Pengujian Kabel Sampel D

Tegangan injeksi	Arus bocor	Resistans Isolasi (Rt)	Dalam air	Status
			Suhu (t)	
(kV)	(mA)	(Mohm)	(°C)	
2,5				
5				
10				
15				
20				
25				

Tabel 3.6 Data Pengujian Kabel Sampel E

Tegangan injeksi	Arus bocor	Resistans Isolasi (Rt)	Dalam air	Status
			Suhu (t)	
(kV)	(mA)	(Mohm)	(°C)	
2,5				
5				
10				
15				
20				
25				

Tabel 3.7 Data Pengujian Kabel Sampel F

Inti kabel yang diuji	Tegangan injeksi	Arus bocor	Resistans Isolasi (Rt)	Dalam air	Status
	(kV)	(mA)	(Mohm)	Suhu (t)	
				(°C)	
Inti Kuning	2				
	5				
	10				
	15				
	20				
	25				
Inti Coklat	2				
	5				
	10				
	15				
	20				
	25				
Inti Biru	2				
	5				
	10				
	15				
	20				
	25				

Tabel 3.8 Data Pengujian Kabel Sampel G

Inti kabel yang diuji	Tegangan injeksi	Arus bocor	Resistans Isolasi (Rt)	Dalam air	Status
	(kV)	(mA)	(Mohm)	Suhu (t)	
				(°C)	
Inti Kuning	2				
	5				
	10				

Tabel 3.8 (Lanjutan)

Inti kabel yang diuji	Tegangan injeksi	Arus bocor (mA)	Resistans Isolasi (Rt) (Mohm)	Dalam air	Status
	(kV)			Suhu (t)	
				(°C)	
Inti Kuning	15				
	20				
	25				
Inti Coklat	2				
	5				
	10				
	15				
	20				
	25				
Inti Biru	2				
	5				
	10				
	15				
	20				
	25				

Tabel 3.9 Data Pengujian Kabel Sampel H

Inti kabel yang diuji	Tegangan injeksi	Arus bocor (mA)	Resistans Isolasi (Rt) (Mohm)	Dalam air	Status
	(kV)			Suhu (t)	
				(°C)	
Inti Kuning	2				
	5				
	10				
	15				
	20				
	25				

Tabel 3.9 (Lanjutan)

Inti kabel yang diuji	Tegangan injeksi	Arus bocor (mA)	Resistans Isolasi (Rt) (Mohm)	Dalam air	Status
	(kV)			Suhu (t)	
	(kV)			(°C)	
Inti Coklat	2				
	5				
	10				
	15				
	20				
	25				
Inti Biru	2				
	5				
	10				
	15				
	20				
	25				

Tabel 3.10 Data Pengujian Kabel Sampel I

Inti kabel yang diuji	Tegangan injeksi	Arus bocor (mA)	Resistans Isolasi (Rt) (Mohm)	Dalam air	Status
	(kV)			Suhu (t)	
	(kV)			(°C)	
Inti Kuning	2				
	5				
	10				
	15				
	20				
	25				
Inti Coklat	2				
	5				
	10				

Tabel 3.10 (Lanjutan)

Inti kabel yang diuji	Tegangan injeksi	Arus bocor (mA)	Resistans Isolasi (Rt) (Mohm)	Dalam air	Status
	(kV)			Suhu (t)	
				(°C)	
Inti Coklat	15				
	20				
	25				
Inti Biru	2				
	5				
	10				
	15				
	20				
	25				

Tabel 3.11 Data Pengujian Kabel Sampel J

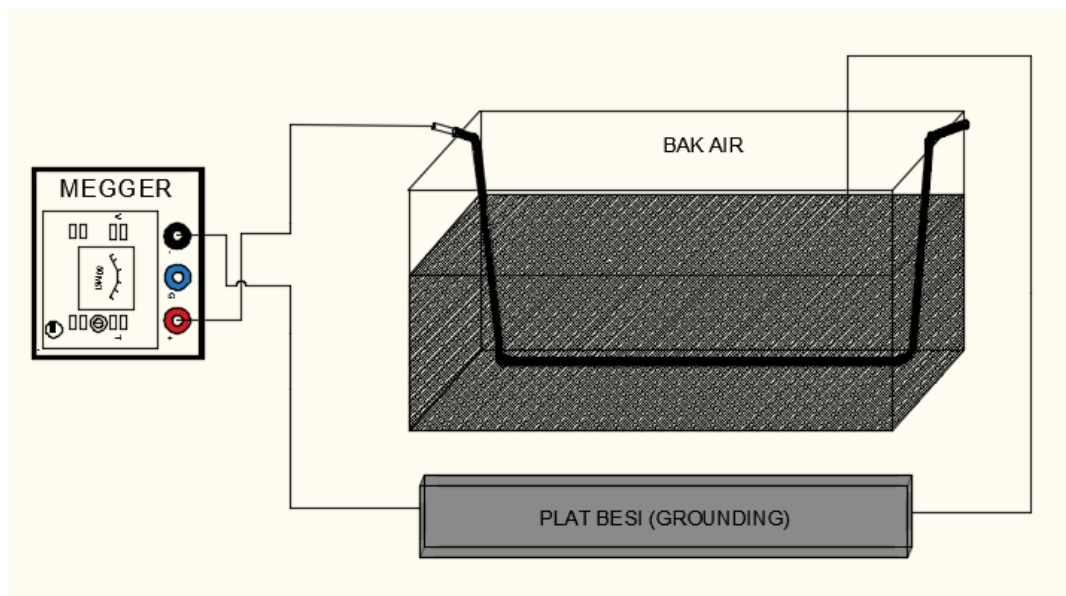
Inti kabel yang diuji	Tegangan injeksi	Arus bocor (mA)	Resistans Isolasi (Rt) (Mohm)	Dalam air	Status
	(kV)			Suhu (t)	
				(°C)	
Inti Kuning	2				
	5				
	10				
	15				
	20				
	25				
Inti Coklat	2				
	5				
	10				
	15				
	20				
	25				

Tabel 3.11 (Lanjutan)

Inti kabel yang diuji	Tegangan injeksi	Arus bocor	Resistans Isolasi (Rt)	Dalam air	Status
	(kV)			(mA)	
	(kV)	(mA)	(Mohm)	(°C)	
Inti Biru	2				
	5				
	10				
	15				
	20				
	25				

3.6 Prosedur Penelitian

3.6.1 Pengujian Tahanan Isolasi Kabel

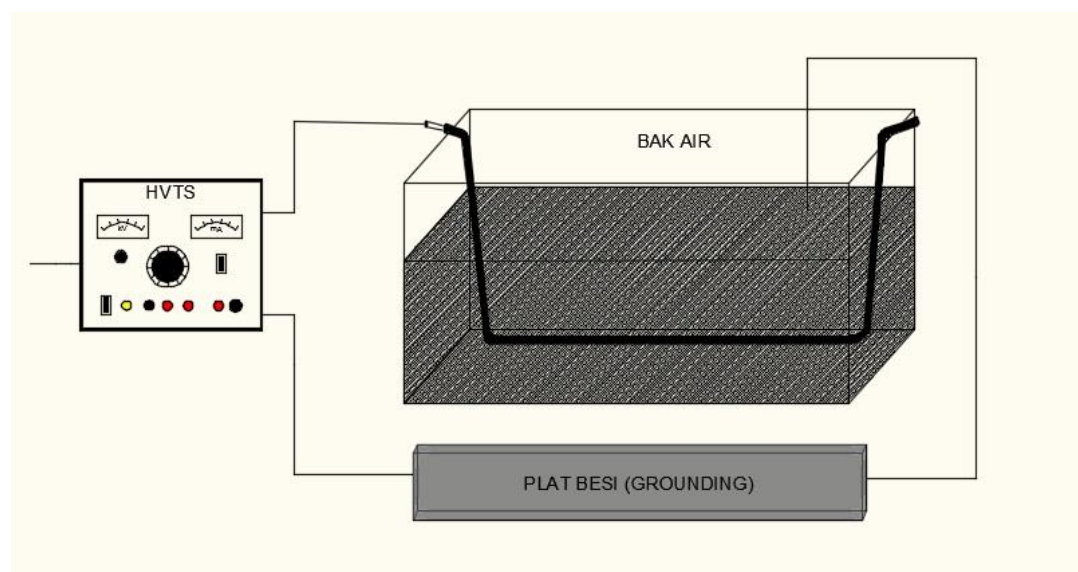


Gambar 3.9 Rangkaian Pengujian Tahanan Isolasi Kabel NYA dan NYM

Berdasarkan rangkaian pengujian yang dibuat menurut standar SPLN 39-1(1981) dan SNI 04-6629.2(2006), maka berikut tahapan dari pengujian tahanan isolasi kabel yang peneliti lakukan :

1. Mengupas selubung dan lapisan pembungkus inti kabel pada kedua ujungnya sepanjang kira-kira 100 mm dan renggangkan inti-intinya.
2. Mengupas isolasi kabel sepanjang kira-kira 20 mm pada salah satu ujungnya.
3. Merendam sampel uji dalam air pada suhu $(20 \pm 5) ^\circ\text{C}$ selama minimum 2 jam, dan kedua ujungnya menonjol dari permukaan air 25 cm.
4. Setelah lama perendaman dicapai, memasang polaritas negatif alat ukur resistans megger pada plat besi atau grounding, lalu pada polaritas positif alat ukur dipasangkan pada salah satu inti kabel.
5. Mengoperasikan alat ukur resistans pada tegangan 500 V selama 1 menit.
6. Ketika sudah mencapai 1 menit, melepas polaritas positif pada inti kabel, lalu menghubungkan inti kabel yang baru diuji dengan polaritas negatif yang masih terhubung dengan plat besi atau grounding.
7. Mencatat hasil pengujian tahanan isolasi pada alat ukur resistans.
8. Melakukan langkah 4 sampai 7 untuk inti lainnya.

3.6.2 Pengujian Tegangan Tembus Kabel



Gambar 3.10 Rangkaian Pengujian Tegangan Tembus Kabel NYA dan NYM

Setelah dilakukan uji tahanan isolasi pada tiap sampel kabel, maka tahapan selanjutnya adalah uji tegangan tembus. Berdasarkan rangkaian pengujian yang dibuat menurut standar SPLN 39-1(1981) dan SNI 04-6629.2(2006), maka berikut tahapan dari pengujian tegangan tembus yang peneliti lakukan :

1. Mengupas selubung dan lapisan pembungkus inti kabel pada kedua ujungnya sepanjang kira-kira 100 mm dan renggangkan inti-intinya.
2. Mengupas isolasi kabel sepanjang kira-kira 20 mm pada salah satu ujungnya.
3. Memasangkan penjepit dari alat uji tegangan ke plat besi atau grounding.
4. Menentukan salah satu inti kabel yang akan diuji tegangan, lalu memasang penjepit sumber tegangan dari alat uji tegangan AC pada inti kabel tersebut.
5. Menutup pintu ruang uji tegangan.
6. Mengoperasikan alat uji tegangan dan menyesuaikan dengan tegangan uji dari kabel yang sedang diuji menurut persyaratan standar kabel yang bersangkutan.
7. Ketika sudah mencapai 5 menit, melepas penjepit sumber tegangan pada inti kabel, lalu menghubungkan inti kabel yang baru diuji dengan penjepit lain dari alat uji tegangan yang masih terhubung dengan plat besi atau grounding.
8. Lakukan tahapan 3 sampai 7 terhadap inti kabel lainnya.

Selengkapnya jobsheet pengujian dapat dilihat pada lampiran 3 halaman 106.

3.7 Teknik Pengumpulan Data

Teknik pengumpulan data yang digunakan yaitu terdiri dari:

3.7.1 Metode Observasi

Metode observasi adalah kegiatan pengamatan yang dilakukan kepada sampel penelitian untuk memperoleh data atau informasi yang diinginkan. Metode

observasi terstruktur adalah observasi yang telah dirancang secara sistematis tentang apa yang akan diamati, kapan dan dimana tempatnya (Sugiyono, 2010:146).

Metode observasi digunakan untuk melakukan pengujian tegangan tembus pada kabel tegangan rendah. Dalam pengambilan data ini, peneliti akan mengamati secara langsung objek yang di teliti. Dengan melakukan observasi terhadap hasil pengujian tegangan tembus setiap sampel kabel maka peneliti dapat mengetahui ada atau tidaknya perbedaan dengan standar yang digunakan kabel tersebut. Objek yang akan di teliti sebagai berikut:

1. Nilai tegangan minimum yang dapat menembus kabel.
2. Nilai arus bocor yang ditimbulkan ketika mengalami tegangan tembus.
3. Nilai tahanan isolasi sebelum dan sesudah diuji tegangan tembus

3.7.2 Metode Dokumentasi

Metode dokumentasi adalah metode yang digunakan untuk mencari data mengenai hal-hal atau variabel yang berupa catatan, transkrip, buku, surat kabar, majalah, notulen rapat, agenda dan sebagainya (Arikunto dan Suharsimi, 2006:27).

Metode dokumentasi digunakan oleh peneliti untuk mendapatkan data spesifikasi setiap sampel kabel berdasarkan standar yang digunakan sebagai perbandingan dengan hasil pengujian.

3.8 Teknik Analisis Data

Teknik analisis data yang digunakan pada penelitian ini adalah teknik analisis data kuantitatif yaitu mengelompokan data pengujian kabel berdasarkan variabel dan jenis responden, mentabulasi data berdasarkan variabel dari seluruh responden, menyajikan data tiap variabel yang diteliti lalu membandingkan data antara tiap sampel kabel serta melakukan perhitungan untuk menjawab rumusan masalah.

BAB IV

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil penelitian

Berdasarkan hasil penelitian yang didapatkan peneliti setelah melakukan beberapa tahapan pengujian tegangan tembus pada kabel tegangan rendah berupa 5 sampel kabel NYA 1 x 2.5 mm² dan 5 sampel kabel NYM 3 x 2.5 mm² di Puslitbang PLN. Sampel kabel diberikan tegangan uji lalu diukur tahanan isolasinya hingga akhirnya mengalami tembus listrik.

4.1.1 Data Pengujian Kabel NYA 1 x 2,5 mm²

Pengujian yang peneliti lakukan pertama kali yaitu merupakan uji tegangan kabel utuh pada kabel NYA dengan tegangan pengenal 450/750 V menggunakan sampel uji sepanjang 10 m, direndam dalam air dengan suhu 25°C selama 1 jam. Kemudian dikenakan tegangan arus bolak-balik selama minimum 5 menit dengan menggunakan variasi sebanyak 6 tegangan injeksi yaitu 2,5 kV, 5 kV, 10 kV, 15 kV, 20 kV dan 25 kV hingga terjadi penembusan tegangan.



Sumber : Dokumentasi Pribadi

Gambar 4.1 Pengujian Tegangan Kabel NYA 1 x 2,5 mm²



Sumber : Dokumentasi Pribadi

Gambar 4.2 Pengujian Tahanan Isolasi Kabel NYA 1 x 2,5 mm²

Selanjutnya setiap melakukan pengujian tegangan, peneliti melakukan pengujian tahanan isolasi seperti pada gambar 4.2 menggunakan alat ukur megger untuk mengetahui tahanan isolasi dari sampel kabel tersebut setelah diuji tegangan injeksi tertentu hingga akhirnya mengalami tembus listrik. Pengujian tahanan isolasi dilakukan dengan memberikan tegangan arus searah sebesar 500 V selama 1 menit pada konduktor sampel kabel uji. Berikut data pengujian yang peneliti dapatkan pada pengujian sampel kabel NYA 1 x 2,5 mm².

Tabel 4.1 Data Pengujian Kabel Sampel A

Tegangan injeksi (kV)	Arus bocor (mA)	Resistans Isolasi (Rt) (Mohm)	Dalam air	Status
			Suhu (t) (°C)	
2,5	2,2	21700	25	Tidak Tembus
5	6,5	21700	25	Tidak Tembus
10	13,8	21600	25	Tidak Tembus
15	19	21500	25	Tidak Tembus
20	22,4	21400	25	Tidak Tembus
22,1	47	2,03	25	Tembus

Tabel 4.2 Data Pengujian Kabel Sampel B

Tegangan injeksi	Arus bocor	Resistans Isolasi (Rt)	Dalam air	Status
			Suhu (t)	
(kV)	(mA)	(Mohm)	(°C)	
2,5	2,3	39900	25	Tidak Tembus
5	6,8	39900	25	Tidak Tembus
10	13,9	39800	25	Tidak Tembus
15	19,5	39800	25	Tidak Tembus
20	23,3	39800	25	Tidak Tembus
23,1	62	2,72	25	Tembus

Tabel 4.3 Data Pengujian Kabel Sampel C

Tegangan injeksi	Arus bocor	Resistans Isolasi (Rt)	Dalam air	Status
			Suhu (t)	
(kV)	(mA)	(Mohm)	(°C)	
2,5	2,2	5480	25	Tidak Tembus
5	6,4	5430	25	Tidak Tembus
10	13,5	5420	25	Tidak Tembus
15	18,5	5420	25	Tidak Tembus
20	21,7	5410	25	Tidak Tembus
21,2	42	0,88	25	Tembus

Tabel 4.4 Data Pengujian Kabel Sampel D

Tegangan injeksi	Arus bocor	Resistans Isolasi (Rt)	Dalam air	Status
			Suhu (t)	
(kV)	(mA)	(Mohm)	(°C)	
2,5	2,5	33700	25	Tidak Tembus
5	6,7	33700	25	Tidak Tembus
10	13,7	33600	25	Tidak Tembus
15	19,1	33600	25	Tidak Tembus
20	22,9	33600	25	Tidak Tembus
22,7	52	2,51	25	Tembus

Tabel 4.5 Data Pengujian Kabel Sampel E

Tegangan injeksi (kV)	Arus bocor (mA)	Resistans Isolasi (Rt) (Mohm)	Dalam air	Status
			Suhu (t) (°C)	
2,5	2,5	24300	25	Tidak Tembus
5	6,2	24300	25	Tidak Tembus
10	13,6	24300	25	Tidak Tembus
15	18,8	24200	25	Tidak Tembus
20	22,1	24100	25	Tidak Tembus
22,3	49	2,16	25	Tembus

Data pengujian kabel NYA 1 x 2,5 mm² telah diverifikasi lewat labsheet pengujian yang dapat dilihat pada lampiran 7 halaman 134. beserta dokumentasi pengujiannya pada lampiran 8 halaman 142.

4.1.2 Data Pengujian Kabel NYM 3 x 2,5 mm²

Pengujian yang peneliti lakukan selanjutnya yaitu merupakan uji tegangan kabel utuh pada kabel NYM dengan tegangan pengenal 300/500 V menggunakan sampel uji sepanjang 10 m, direndam dalam air dengan suhu 25°C selama 1 jam. Kemudian dikenakan tegangan arus bolak-balik selama minimum 5 menit dengan menggunakan variasi sebanyak 6 tegangan injeksi yaitu 2 kV, 5 kV, 10 kV, 15 kV, 20 kV dan 25 kV hingga terjadi penembusan tegangan.



Sumber : Dokumentasi Pribadi
Gambar 4.3 Pengujian Tegangan Kabel NYM 3 x 2,5 mm²



Sumber : Dokumentasi Pribadi

Gambar 4.4 Pengujian Tahanan Isolasi Kabel NYM 3 x 2,5 mm²

Selanjutnya setiap melakukan pengujian tegangan, peneliti melakukan pengujian tahanan isolasi seperti pada gambar 4.4 menggunakan alat ukur megger untuk mengetahui tahanan isolasi dari sampel kabel tersebut setelah diuji tegangan injeksi tertentu hingga akhirnya mengalami tembus listrik. Pengujian tahanan isolasi dilakukan dengan memberikan tegangan arus searah sebesar 500 V selama 1 menit pada konduktor sampel kabel uji. Berikut data pengujian yang peneliti dapatkan pada pengujian sampel kabel NYM 3 x 2,5 mm².

Tabel 4.6 Data Pengujian Kabel Sampel F

Inti kabel yang diuji	Tegangan injeksi	Arus bocor	Resistans Isolasi (Rt)	Dalam air	Status
	(kV)			Suhu (t)	
		(mA)	(Mohm)	(°C)	
Inti Kuning	2	0,4	24700	25	Tidak Tembus
	5	3,6	24600	25	Tidak Tembus
	10	7,1	24300	25	Tidak Tembus
	13	26	2,11	25	Tembus

Tabel 4.6 (Lanjutan)

Inti kabel yang diuji	Tegangan injeksi	Arus bocor	Resistans Isolasi (Rt)	Dalam air	Status
	(kV)	(mA)	(Mohm)	Suhu (t)	
	(kV)	(mA)	(Mohm)	(°C)	
Inti Coklat	2	0,6	25200	25	Tidak Tembus
	5	3,2	25100	25	Tidak Tembus
	10	6,4	24800	25	Tidak Tembus
	13,2	28	2,23	25	Tembus
Inti Biru	2	0,4	25600	25	Tidak Tembus
	5	3,2	25600	25	Tidak Tembus
	10	6,2	25300	25	Tidak Tembus
	13,4	29	2,27	25	Tembus

Tabel 4.7 Data Pengujian Kabel Sampel G

Inti kabel yang diuji	Tegangan injeksi	Arus bocor	Resistans Isolasi (Rt)	Dalam air	Status
	(kV)	(mA)	(Mohm)	Suhu (t)	
	(kV)	(mA)	(Mohm)	(°C)	
Inti Kuning	2	0,7	12200	25	Tidak Tembus
	5	3,5	12000	25	Tidak Tembus
	10	7,1	11700	25	Tidak Tembus
	12,7	22	1,35	25	Tembus
Inti Coklat	2	0,5	10900	25	Tidak Tembus
	5	3,1	10700	25	Tidak Tembus
	10	6,2	10400	25	Tidak Tembus
	12,5	20	1,21	25	Tembus
Inti Biru	2	0,5	10600	25	Tidak Tembus
	5	3,2	10500	25	Tidak Tembus
	10	6,3	10100	25	Tidak Tembus
	12,4	19	1,2	25	Tembus

Tabel 4.8 Data Pengujian Kabel Sampel H

Inti kabel yang diuji	Tegangan injeksi	Arus bocor	Resistans Isolasi (Rt)	Dalam air	Status
	(kV)	(mA)	(Mohm)	Suhu (t)	
				(°C)	
Inti Kuning	2	0,4	16000	25	Tidak Tembus
	5	3,1	15900	25	Tidak Tembus
	10	6,5	15800	25	Tidak Tembus
	12,9	25	1,72	25	Tembus
Inti Coklat	2	0,6	14100	25	Tidak Tembus
	5	3,5	14000	25	Tidak Tembus
	10	6,7	13800	25	Tidak Tembus
	12,8	24	1,61	25	Tembus
Inti Biru	2	0,5	13400	25	Tidak Tembus
	5	3,2	13300	25	Tidak Tembus
	10	6,1	13000	25	Tidak Tembus
	12,7	23	1,56	25	Tembus

Tabel 4.9 Data Pengujian Kabel Sampel I

Inti kabel yang diuji	Tegangan injeksi	Arus bocor	Resistans Isolasi (Rt)	Dalam air	Status
	(kV)	(mA)	(Mohm)	Suhu (t)	
				(°C)	
Inti Kuning	2	0,3	77700	25	Tidak Tembus
	5	3,0	77700	25	Tidak Tembus
	10	6,9	77500	25	Tidak Tembus
	14,7	43	2,63	25	Tembus
Inti Coklat	2	0,5	77500	25	Tidak Tembus
	5	3,8	77500	25	Tidak Tembus
	10	6,6	77400	25	Tidak Tembus
	14,6	41	2,61	25	Tembus

Tabel 4.9 (Lanjutan)

Inti kabel yang diuji	Tegangan injeksi (kV)	Arus bocor (mA)	Resistans Isolasi (Rt) (Mohm)	Dalam air	Status
				Suhu (t) (°C)	
Inti Biru	2	0,2	77900	25	Tidak Tembus
	5	2,9	77900	25	Tidak Tembus
	10	6,7	77800	25	Tidak Tembus
	14,8	44	2,7	25	Tembus

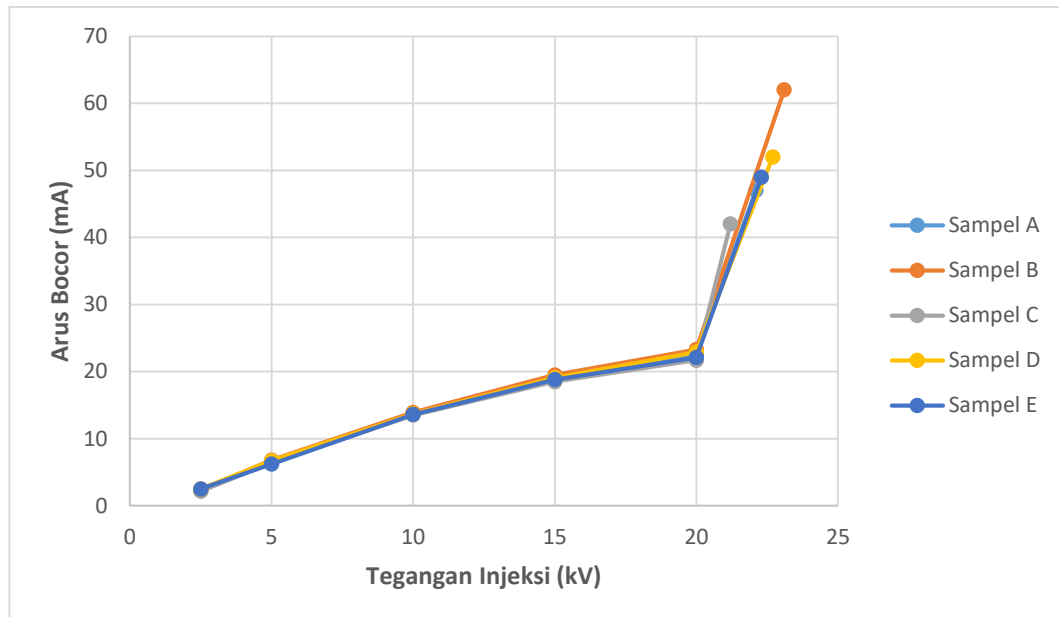
Tabel 4.10 Data Pengujian Kabel Sampel J

Inti kabel yang diuji	Tegangan injeksi (kV)	Arus bocor (mA)	Resistans Isolasi (Rt) (Mohm)	Dalam air	Status
				Suhu (t) (°C)	
Inti Kuning	2	0,4	15400	25	Tidak Tembus
	5	3,3	15200	25	Tidak Tembus
	10	6,2	15100	25	Tidak Tembus
	12,9	25	1,67	25	Tembus
Inti Coklat	2	0,6	38800	25	Tidak Tembus
	5	3,8	38700	25	Tidak Tembus
	10	6,6	38600	25	Tidak Tembus
	13,5	36	2,39	25	Tembus
Inti Biru	2	0,3	29400	25	Tidak Tembus
	5	3,2	29400	25	Tidak Tembus
	10	6,1	29200	25	Tidak Tembus
	13,4	32	2,32	25	Tembus

Data pengujian kabel NYM 3 x 2,5 mm² telah diverifikasi lewat labsheet pengujian yang dapat dilihat pada lampiran 7 halaman 134 beserta dokumentasi pengujiannya pada lampiran 8 halaman 142.

4.2 Pembahasan

4.2.1 Analisis Data Pengujian Tegangan Kabel NYA 1 x 2,5 mm²



Gambar 4.5 Grafik Pengujian Tegangan Kabel NYA 1 x 2,5 mm²

Berdasarkan data yang diperoleh pada tabel 4.1 sampai 4.5 mengenai pengujian tegangan kabel NYA 1 x 2,5 mm² yang peneliti buat kembali dalam bentuk grafik pada gambar 4.5, berupa data hasil pengujian arus bocor terhadap tegangan injeksi.

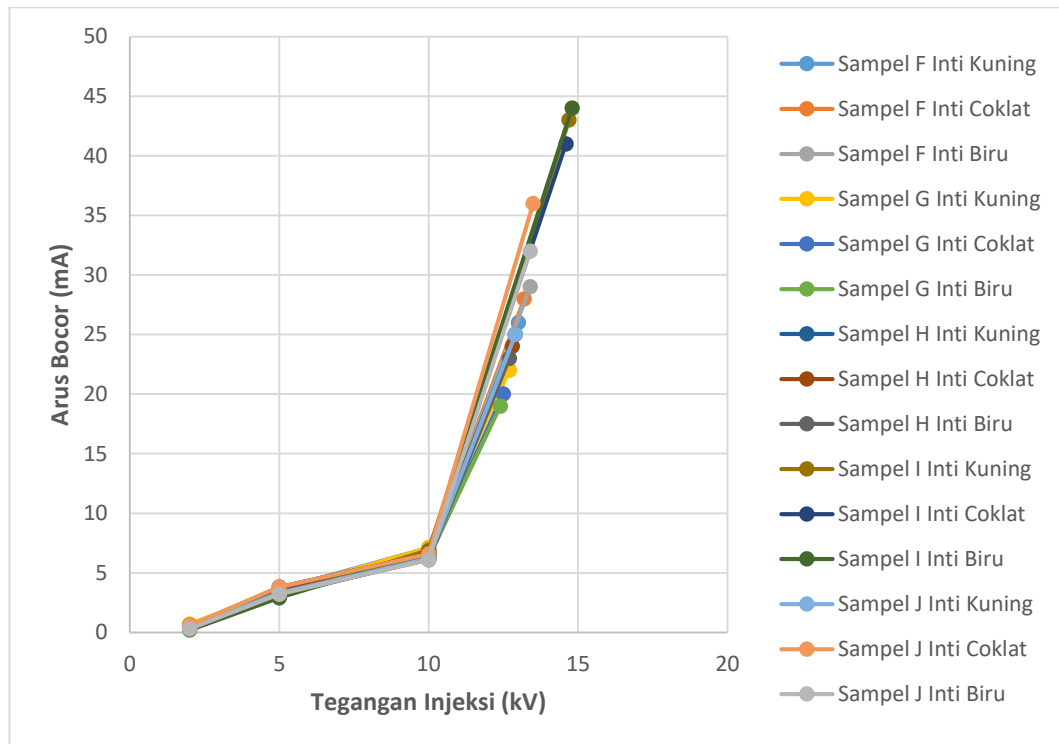
Dari kelima sampel kabel NYA yang diberikan uji tegangan, semua sampel kabel tersebut tidak mengalami tembus terhadap tegangan injeksi standar berdasarkan SNI 04-6629.3 dan SPLN 42-1 yaitu 2,5 kV. Kebocoran arus yang dialami pada tiap sampel kabel ketika dikenakan tegangan injeksi 2.5 kV tidak memiliki perbedaan yang signifikan. Pada sampel A terjadi kebocoran arus sebesar 2,2 mA, sampel B memiliki arus bocor 2,3 mA, lalu sampel C dengan 2,2 mA, sampel dengan 2,5 mA dan sampel E dengan 2,5 mA. Karena sampel kabel

belum mengalami tegangan tembus, kelima sampel tersebut masih dapat dikenakan tegangan injeksi yang lebih tinggi.

Begitu juga ketika diberikan tegangan injeksi 5 kV, 10 kV, 15 kV, dan 20 kV masih belum terjadi tegangan tembus pada sampel kabel. Kebocoran arus yang dimiliki pada tiap sampel kabel juga tetap tidak memiliki perbedaan yang signifikan pada saat dikenakan tiap tegangan injeksi, namun tetap terdapat kenaikan arus bocor yang cenderung konstan pada saat tegangan injeksi yang diberikan semakin tinggi.

Lalu pada saat kelima sampel kabel tersebut akan dikenakan tegangan injeksi sebesar 25 kV terjadi tegangan tembus pada semua sampel kabel tersebut. Besar tegangan injeksi ketika terjadi tegangan tembus pada tiap sampel kabel bervariasi, untuk sampel A mengalami tembus listrik pada saat diberikan tegangan sebesar 22,1 kV, sampel B pada 23,1 kV, sampel C pada 21,2 kV, sampel D pada 22,7 kV dan sampel E pada 22,3 kV. Terjadinya tegangan tembus pada tiap sampel kabel juga dapat terlihat dari kebocoran arus yang nilainya naik dengan cukup tinggi jika dibandingkan dengan kebocoran arus pada pengujian tegangan sebelumnya. Pada sampel A terjadi kebocoran arus sebesar 47 mA, sampel B sebesar 62 mA, sampel C sebesar 42 mA, sampel D sebesar 52 mA, dan sampel E sebesar 49 mA. Sehingga berdasarkan hasil pengujian sampel kabel NYA 1 x 2,5 mm² dapat terlihat bahwa semakin besar tegangan injeksi yang menyebabkan terjadinya tegangan tembus pada tiap sampel kabel NYA 1 x 2,5 mm² maka kebocoran arus yang terjadi akan semakin tinggi juga.

4.2.2 Analisis Data Pengujian Tegangan Kabel NYM 3 x 2.5 mm²



Gambar 4.6 Grafik Pengujian Tegangan Kabel NYM 3 x 2,5 mm²

Berdasarkan data yang diperoleh pada tabel 4.6 sampai 4.10 mengenai pengujian tegangan kabel NYM 3 x 2,5 mm² yang peneliti buat kembali dalam bentuk grafik pada gambar 4.6, berupa data hasil pengujian arus bocor terhadap tegangan injeksi.

Dari kelima sampel kabel NYM yang diberikan uji tegangan, semua inti konduktor sampel kabel tersebut tidak mengalami tembus terhadap tegangan injeksi standar berdasarkan SNI 04-6629.4 dan SPLN 42-2 yaitu 2 kV. Kebocoran arus yang dialami pada tiap inti konduktor sampel kabel ketika dikenakan tegangan injeksi 2 kV tidak memiliki perbedaan yang signifikan. Pada inti konduktor sampel F terjadi kebocoran arus sebesar 0,4 mA, 0,6 mA, dan 0,4 mA, sampel G memiliki arus bocor 0,7 mA, 0,5 mA dan 0,5 mA, sampel H dengan 0,4 mA, 0,6 mA dan 0,5 mA, sampel I dengan 0,3 mA, 0,5 mA, dan 0,2 mA, lalu

sampel J dengan 0,4 mA, 0,6 mA, dan 0,3 mA. Karena sampel kabel masih belum mengalami tegangan tembus, kelima sampel tersebut masih dapat dikenakan tegangan injeksi yang lebih tinggi.

Begitu juga ketika diberikan tegangan injeksi 5 kV dan 10 kV masih belum terjadi tegangan tembus pada inti konduktor sampel kabel. Kebocoran arus yang dimiliki pada tiap inti konduktor sampel kabel juga tetap tidak memiliki perbedaan yang signifikan pada saat dikenakan tiap tegangan injeksi, namun tetap terdapat kenaikan arus bocor yang cenderung konstan pada saat tegangan injeksi yang diberikan semakin tinggi.

Lalu pada saat inti konduktor kelima sampel kabel tersebut akan dikenakan tegangan injeksi sebesar 15 kV terjadi tegangan tembus pada semua inti konduktor sampel kabel tersebut. Besar tegangan injeksi ketika terjadi tegangan tembus pada tiap sampel kabel bervariasi pada masing-masing konduktornya, untuk sampel F mengalami tembus listrik pada saat diberikan tegangan sebesar 13 kV, 13,2 kV dan 13,4 kV, sampel G pada 12,7 kV, 12,5 kV dan 12,4 kV, sampel H pada 12,9 kV, 12,8 kV dan 12,7 kV, sampel I pada 14,7 kV, 14,6 kV, dan 14,8 kV, terakhir sampel J pada 12,9 kV, 13,5 kV dan 13,4 kV. Terjadinya tegangan tembus pada tiap inti konduktor sampel kabel juga dapat terlihat dari kebocoran arus yang nilainya naik dengan cukup tinggi jika dibandingkan dengan kebocoran arus pada pengujian tegangan sebelumnya. Pada inti konduktor sampel F terjadi kebocoran arus sebesar 26 mA, 28 mA dan 29 mA, sampel G sebesar 22 mA, 20 mA, dan 19 mA, sampel H sebesar 25 mA, 24 mA, dan 23 mA, sampel I sebesar 43 mA, 41 mA dan 44 mA, lalu sampel J sebesar 25 mA, 36 mA dan 32 mA. Sehingga berdasarkan hasil pengujian sampel

kabel NYM 3 x 2,5 mm² dapat terlihat bahwa semakin besar tegangan injeksi yang menyebabkan terjadinya tegangan tembus pada tiap inti konduktor sampel kabel NYM 3 x 2,5 mm² maka kebocoran arus yang terjadi akan semakin tinggi juga.

4.2.3 Analisis Data Pengujian Tahanan Isolasi Kabel NYA 1 x 2,5 mm²

Berdasarkan data yang diperoleh pada tabel 4.1 sampai 4.5 mengenai pengujian tahanan isolasi kabel NYA 1 x 2,5 mm², maka peneliti akan mengkonversi terlebih dahulu semua data pengujian resistans isolasi menjadi resistans isolasi pada suhu 20°C karena pada saat pengujian suhu di dalam airnya mencapai 25°C. Selain itu juga agar dapat dibandingkan dengan standar minimal tahanan isolasi kabel NYA 1 x 2,5 mm² pada SNI 04-6629.3 dan SPLN 42-1. Cara mengkonversi data tersebut dengan menggunakan rumus sebagai berikut.

$$R_{20} = \frac{L}{10^3} R_t \times f_K \quad (4.1)$$

Dimana :

R₂₀ = Resistans isolasi pada suhu 20°C per satuan panjang (Mohm.km)

f_K = Faktor koreksi pengukuran ke suhu 20°C

L = panjang contoh uji (m)

R_t = Resistans isolasi pada t°C (Mohm)

Variabel yang peneliti cari adalah R₂₀ yaitu resistans isolasi pada suhu 20°C per satuan panjang. Lalu faktor koreksi yang peneliti gunakan yaitu 1,74 berdasarkan SPLN 39-1 yang dapat dilihat pada lampiran 1 halaman 98 dan lampiran 2 halaman 105 dikarenakan suhu selama pengujian mencapai 25°C. Panjang sampel kabel yang diuji yaitu 10 m. Terakhir peneliti mengalikannya dengan resistans isolasi hasil dari pengujian. Berikut adalah tabel perhitungan

dalam mengkonversi tiap data resistans isolasi sampel kabel NYA 1 x 2,5 mm² pada tabel 4.1 sampai 4.5 ke resistans isolasi pada suhu 20°C per satuan panjang.

Tabel 4.11 Perhitungan Resistans Isolasi Sampel A

Tegangan Injeksi	Resistans Isolasi (Rt)	Perhitungan	Resistans Isolasi per Satuan Panjang (R20)
(kV)	(Mohm)		Standar : 50 Mohm.km
2,5	21700	$\frac{10}{10^3} 21700 \times 1,74$	377,58
5	21700	$\frac{10}{10^3} 21700 \times 1,74$	377,58
10	21600	$\frac{10}{10^3} 21600 \times 1,74$	375,84
15	21500	$\frac{10}{10^3} 21500 \times 1,74$	374,1
20	21400	$\frac{10}{10^3} 21400 \times 1,74$	372,36
22,1	2,03	$\frac{10}{10^3} 2,03 \times 1,74$	0,035

Tabel 4.12 Perhitungan Resistans Isolasi Sampel B

Tegangan Injeksi	Resistans Isolasi (Rt)	Perhitungan	Resistans Isolasi per Satuan Panjang (R20)
(kV)	(Mohm)		Standar : 50 Mohm.km
2,5	39900	$\frac{10}{10^3} 39900 \times 1,74$	694,26
5	39900	$\frac{10}{10^3} 39900 \times 1,74$	694,26
10	39800	$\frac{10}{10^3} 39800 \times 1,74$	692,52
15	39800	$\frac{10}{10^3} 39800 \times 1,74$	692,52
20	39800	$\frac{10}{10^3} 39800 \times 1,74$	692,52
23,1	2,72	$\frac{10}{10^3} 2,72 \times 1,74$	0,047

Tabel 4.13 Perhitungan Resistans Isolasi Sampel C

Tegangan Injeksi	Resistans Isolasi (Rt)	Perhitungan	Resistans Isolasi per Satuan Panjang (R20)
(kV)	(Mohm)		Standar : 50 Mohm.km
2,5	5480	$\frac{10}{10^3} 5480 \times 1,74$	95,35
5	5430	$\frac{10}{10^3} 5430 \times 1,74$	94,48
10	5420	$\frac{10}{10^3} 5420 \times 1,74$	94,3
15	5420	$\frac{10}{10^3} 5420 \times 1,74$	94,3
20	5410	$\frac{10}{10^3} 5410 \times 1,74$	94,31
21,2	0,88	$\frac{10}{10^3} 0,88 \times 1,74$	0,015

Tabel 4.14 Perhitungan Resistans Isolasi Sampel D

Tegangan Injeksi	Resistans Isolasi (Rt)	Perhitungan	Resistans Isolasi per Satuan Panjang (R20)
(kV)	(Mohm)		Standar : 50 Mohm.km
2,5	33700	$\frac{10}{10^3} 33700 \times 1,74$	586,38
5	33700	$\frac{10}{10^3} 33700 \times 1,74$	586,38
10	33600	$\frac{10}{10^3} 33600 \times 1,74$	584,64
15	33600	$\frac{10}{10^3} 33600 \times 1,74$	584,64
20	33600	$\frac{10}{10^3} 33600 \times 1,74$	584,64
22,7	2,51	$\frac{10}{10^3} 2,51 \times 1,74$	0,043

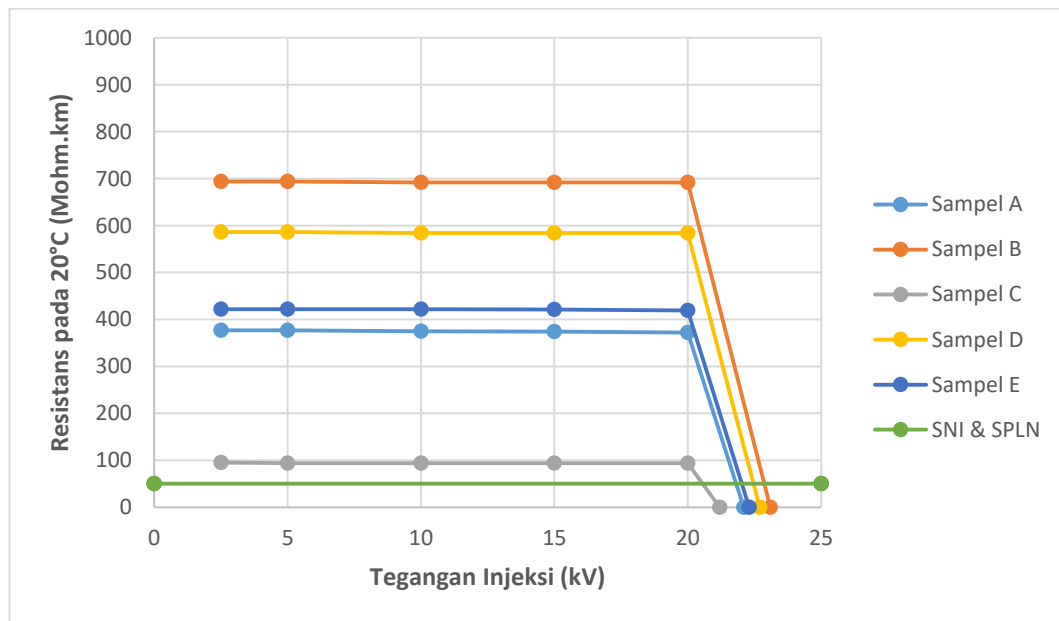
Tabel 4.15 Perhitungan Resistans Isolasi Sampel E

Tegangan Injeksi	Resistans Isolasi (Rt)	Perhitungan	Resistans Isolasi per Satuan Panjang (R20)
(kV)	(Mohm)		Standar : 50 Mohm.km
2,5	24300	$\frac{10}{10^3} 24300 \times 1,74$	422,82
5	24300	$\frac{10}{10^3} 24300 \times 1,74$	422,82
10	24300	$\frac{10}{10^3} 24300 \times 1,74$	422,82
15	24200	$\frac{10}{10^3} 24200 \times 1,74$	421,08
20	24100	$\frac{10}{10^3} 24100 \times 1,74$	419,34
22,3	2,16	$\frac{10}{10^3} 2,16 \times 1,74$	0,037

Setelah setiap data resistans isolasi pada tabel 4.1 sampai 4.5 peneliti konversi ke resistans isolasi suhu 20°C per satuan panjang pada tabel 4.11 sampai 4.15, peneliti membuat kembali dalam bentuk grafik pada gambar 4.7, berupa data R20 terhadap tegangan injeksi.

Dari kelima sampel kabel NYA 1 x 2,5 mm² yang diberikan uji tegangan terlebih dahulu, semua sampel kabel tersebut tidak mengalami tembus terhadap tegangan injeksi standar berdasarkan SNI 04-6629.2 dan SPLN 42-1 yaitu 2,5 kV. Lalu setelah pengujian tegangan tersebut baru diuji tahanan isolasinya. Besar tahanan isolasi tiap sampel kabel setelah dikenakan tegangan injeksi 2.5 kV berbeda-beda namun semuanya masih berada di atas standar tahanan isolasi berdasarkan SNI 04-6629.2 dan SPLN 42-1 yaitu 50 Mohm.km. Pada sampel A memiliki tahanan isolasinya sebesar 377,58 Mohm.km, sampel B dengan 694,26

Mohm.km, lalu sampel C dengan 95,35 Mohm.km, sampel D dengan 586,38 Mohm.km dan sampel E dengan 422,82 Mohm.km. Oleh karena sampel kabel yang belum mengalami tegangan tembus, kelima sampel tersebut masih dapat dikenakan tegangan injeksi yang lebih tinggi.



Gambar 4.7 Grafik Pengujian Tahanan Isolasi Kabel NYA 1 x 2,5 mm²

Begitu juga ketika diberikan tegangan injeksi 5 kV, 10 kV, 15 kV, dan 20 kV masih belum terjadi tegangan tembus pada sampel kabel. Besar tahanan isolasi yang dimiliki pada tiap sampel kabel juga tidak terdapat perubahan yang signifikan pada saat dikenakan tiap tegangan injeksi, namun tetap terdapat penurunan besar tahanan isolasi yang cenderung konstan pada saat tegangan injeksi yang diberikan semakin tinggi.

Pada saat kelima sampel kabel tersebut akan dikenakan tegangan injeksi sebesar 25 kV terjadi tegangan tembus pada semua sampel kabel tersebut. Besar tegangan injeksi ketika terjadi tegangan tembus pada tiap sampel kabel bervariasi, untuk sampel A mengalami tembus listrik pada saat diberikan tegangan sebesar

22,1 kV, sampel B pada 23,1 kV, sampel C pada 21,2 kV, sampel D pada 22,7 kV dan sampel E pada 22,3 kV. Terjadinya tegangan tembus pada tiap sampel kabel juga dapat terlihat dari besar tahanan isolasi yang nilainya turun dengan cukup signifikan jika dibandingkan dengan penurunan besar tahanan isolasi pada pengujian tegangan sebelumnya. Pada sampel A besar tahanan isolasinya menjadi 0,035 Mohm.km, sampel B menjadi 0,047 Mohm.km, sampel C menjadi 0,015 Mohm.km, sampel D menjadi 0,043 Mohm.km, dan sampel E menjadi 0,037 Mohm.km. Hal ini membuat tahanan isolasi semua sampel kabel NYA 1 x 2,5 mm² berada dibawah standar ketika mengalami tegangan tembus. Sehingga berdasarkan hasil pengujian sampel kabel NYA 1 x 2,5 mm² dapat terlihat bahwa pengujian tegangan yang menyebabkan tembus listrik membuat tahanan isolasi dari sampel kabel tersebut akan turun drastis, namun semakin besar tahanan isolasi yang dimiliki sampel kabel NYA 1 x 2,5 mm² maka semakin besar tegangan injeksi yang dibutuhkan untuk terjadinya tegangan tembus pada sampel kabel tersebut.

4.2.4 Analisis Data Pengujian Tahanan Isolasi Kabel NYM 3 x 2,5 mm²

Berdasarkan data yang diperoleh pada tabel 4.6 sampai 4.10 mengenai pengujian tahanan isolasi kabel NYM 3 x 2,5 mm², maka peneliti akan mengkonversi terlebih dahulu semua data pengujian resistans isolasi menjadi resistans isolasi pada suhu 20°C karena pada saat pengujian suhu di dalam airnya mencapai 25°C. Selain itu juga agar dapat dibandingkan dengan standar minimal tahanan isolasi kabel NYM 3 x 2,5 mm² pada SNI 04-6629.4 dan SPLN 42-2. Cara mengkonversi data tersebut dengan menggunakan rumus 4.1.

Variabel yang peneliti cari adalah R20 yaitu resistans isolasi pada suhu 20°C per satuan panjang. Lalu faktor koreksi yang peneliti gunakan yaitu 1,74 pada suhu 25°C berdasarkan SPLN 39-1. Panjang sampel kabel yang diuji yaitu 10 m. Terakhir peneliti mengalikannya dengan resistans isolasi hasil dari pengujian. Berikut tabel perhitungan dalam mengkonversi tiap data resistans isolasi sampel kabel NYM 3 x 2,5 mm² pada tabel 4.6 sampai 4.10 ke resistans isolasi pada suhu 20°C per satuan panjang.

Tabel 4.16 Perhitungan Resistans Isolasi Sampel F

Inti kabel yang diuji	Tegangan injeksi	Resistans Isolasi (Rt)	Perhitungan	Resistans Isolasi per Satuan Panjang (R20)
	(kV)	(Mohm)		Standar : 50 Mohm.km
Inti Kuning	2	24700	$\frac{10}{10^3} 24700 \times 1,74$	429,78
	5	24600	$\frac{10}{10^3} 24600 \times 1,74$	428,04
	10	24300	$\frac{10}{10^3} 24300 \times 1,74$	422,82
	13	2,11	$\frac{10}{10^3} 2,11 \times 1,74$	0,036
Inti Coklat	2	25200	$\frac{10}{10^3} 25200 \times 1,74$	438,48
	5	25100	$\frac{10}{10^3} 25100 \times 1,74$	436,74
	10	24800	$\frac{10}{10^3} 24800 \times 1,74$	431,52
	13,2	2,23	$\frac{10}{10^3} 2,23 \times 1,74$	0,038
Inti Biru	2	25600	$\frac{10}{10^3} 25600 \times 1,74$	445,44
	5	25600	$\frac{10}{10^3} 25600 \times 1,74$	445,44

Tabel 4.16 (Lanjutan)

Inti kabel yang diuji	Tegangan injeksi	Resistans Isolasi (Rt)	Perhitungan	Resistans Isolasi per Satuan Panjang (R20)
	(kV)	(Mohm)		Standar : 50 Mohm.km
Inti Biru	10	25300	$\frac{10}{10^3} 25300 \times 1,74$	440,22
	13,4	2,27	$\frac{10}{10^3} 2,27 \times 1,74$	0,039

Tabel 4.17 Perhitungan Resistans Isolasi Sampel G

Inti kabel yang diuji	Tegangan injeksi	Resistans Isolasi (Rt)	Perhitungan	Resistans Isolasi per Satuan Panjang (R20)
	(kV)	(Mohm)		Standar : 50 Mohm.km
Inti Kuning	2	12200	$\frac{10}{10^3} 12200 \times 1,74$	212,28
	5	12000	$\frac{10}{10^3} 12200 \times 1,74$	208,8
	10	11700	$\frac{10}{10^3} 11700 \times 1,74$	203,58
	12,7	1.35	$\frac{10}{10^3} 1.35 \times 1,74$	0,023
Inti Coklat	2	10900	$\frac{10}{10^3} 10900 \times 1,74$	189,66
	5	10700	$\frac{10}{10^3} 10700 \times 1,74$	186,18
	10	10400	$\frac{10}{10^3} 10400 \times 1,74$	180,96
	12,5	1.21	$\frac{10}{10^3} 1,21 \times 1,74$	0,021
Inti Biru	2	10600	$\frac{10}{10^3} 10600 \times 1,74$	184,44
	5	10500	$\frac{10}{10^3} 10500 \times 1,74$	182,7
	10	10100	$\frac{10}{10^3} 10100 \times 1,74$	175,74
	12,4	1.2	$\frac{10}{10^3} 1,2 \times 1,74$	0,02

Tabel 4.18 Perhitungan Resistans Isolasi Sampel H

Inti kabel yang diuji	Tegangan injeksi	Resistans Isolasi (Rt)	Perhitungan	Resistans Isolasi per Satuan Panjang (R20)
	(kV)	(Mohm)		Standar : 50 Mohm.km
Inti Kuning	2	16000	$\frac{10}{10^3} 16000 \times 1,74$	278,4
	5	15900	$\frac{10}{10^3} 15900 \times 1,74$	276,66
	10	15800	$\frac{10}{10^3} 15800 \times 1,74$	274,92
	12,9	1.72	$\frac{10}{10^3} 1.72 \times 1,74$	0,029
Inti Coklat	2	14100	$\frac{10}{10^3} 14100 \times 1,74$	245,34
	5	14000	$\frac{10}{10^3} 14000 \times 1,74$	243,6
	10	13800	$\frac{10}{10^3} 13800 \times 1,74$	240,12
	12,8	1.61	$\frac{10}{10^3} 1.61 \times 1,74$	0,028
Inti Biru	2	13400	$\frac{10}{10^3} 13400 \times 1,74$	233,16
	5	13300	$\frac{10}{10^3} 13300 \times 1,74$	231,42
	10	13000	$\frac{10}{10^3} 13000 \times 1,74$	226,2
	12,7	1.56	$\frac{10}{10^3} 1.56 \times 1,74$	0,027

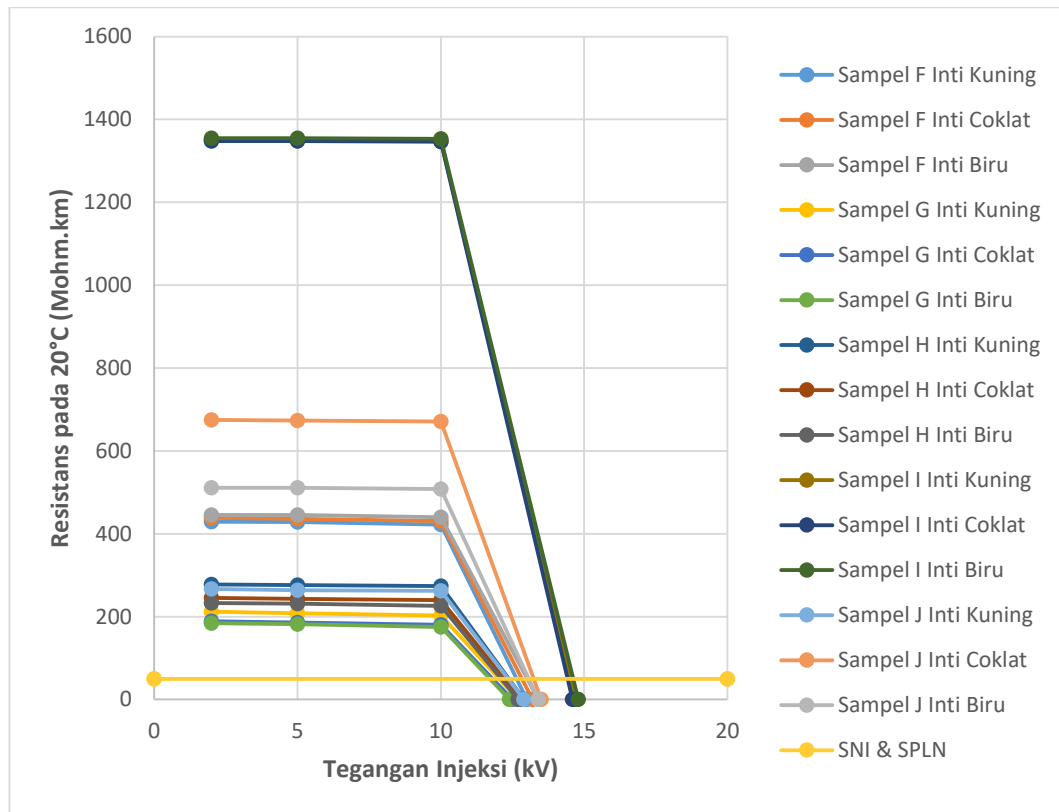
Tabel 4.19 Perhitungan Resistans Isolasi Sampel I

Inti kabel yang diuji	Tegangan injeksi	Resistans Isolasi (Rt)	Perhitungan	Resistans Isolasi per Satuan Panjang (R20)
	(kV)	(Mohm)		Standar : 50 Mohm.km
Inti Kuning	2	77700	$\frac{10}{10^3} 77700 \times 1,74$	1351,98
	5	77700	$\frac{10}{10^3} 77700 \times 1,74$	1351,98
	10	77500	$\frac{10}{10^3} 77500 \times 1,74$	1348,5
	14,7	2.63	$\frac{10}{10^3} 2.63 \times 1,74$	0,045
Inti Coklat	2	77500	$\frac{10}{10^3} 77500 \times 1,74$	1348,5
	5	77500	$\frac{10}{10^3} 77500 \times 1,74$	1348,5
	10	77400	$\frac{10}{10^3} 77400 \times 1,74$	1346,76
	14,6	2.61	$\frac{10}{10^3} 2,61 \times 1,74$	0,045
Inti Biru	2	77900	$\frac{10}{10^3} 77900 \times 1,74$	1355,46
	5	77900	$\frac{10}{10^3} 77900 \times 1,74$	1355,46
	10	77800	$\frac{10}{10^3} 77800 \times 1,74$	1353,72
	14,8	2.7	$\frac{10}{10^3} 2,7 \times 1,74$	0,046

Tabel 4.20 Perhitungan Resistans Isolasi Sampel J

Inti kabel yang diuji	Tegangan injeksi	Resistans Isolasi (Rt)	Perhitungan	Resistans Isolasi per Satuan Panjang (R20)
	(kV)	(Mohm)		Standar : 50 Mohm.km
Inti Kuning	2	15400	$\frac{10}{10^3} 15400 \times 1,74$	267,96
	5	15200	$\frac{10}{10^3} 15200 \times 1,74$	264,48
	10	15100	$\frac{10}{10^3} 15100 \times 1,74$	262,74
	12,9	1.67	$\frac{10}{10^3} 1.67 \times 1,74$	0,029
Inti Coklat	2	38800	$\frac{10}{10^3} 38800 \times 1,74$	675,12
	5	38700	$\frac{10}{10^3} 38700 \times 1,74$	673,38
	10	38600	$\frac{10}{10^3} 38600 \times 1,74$	671,64
	13,5	2.39	$\frac{10}{10^3} 2.39 \times 1,74$	0,041
Inti Biru	2	29400	$\frac{10}{10^3} 29400 \times 1,74$	511,56
	5	29400	$\frac{10}{10^3} 29400 \times 1,74$	511,56
	10	29200	$\frac{10}{10^3} 29200 \times 1,74$	508,08
	13,4	2.32	$\frac{10}{10^3} 2.32 \times 1,74$	0,04

Setelah setiap data resistans isolasi pada tabel 4.6 sampai 4.10 peneliti konversi ke resistans isolasi suhu 20°C per satuan panjang pada tabel 4.16 sampai 4.20, peneliti membuat kembali dalam bentuk grafik pada gambar 4.7, berupa data R20 terhadap tegangan injeksi.



Gambar 4.8 Grafik Pengujian Tahanan Isolasi Kabel NYM 3 x 2,5 mm²

Dari tiap inti konduktor kelima sampel kabel NYM 3 x 2,5 mm² yang diberikan uji tegangan terlebih dahulu, semua inti konduktor sampel kabel tersebut tidak mengalami tembus terhadap tegangan injeksi standar berdasarkan SNI 04-6629.4 dan SPLN 42-2 yaitu 2 kV. Lalu setelah pengujian tegangan tersebut baru diuji tahanan isolasinya. Besar tahanan isolasi tiap inti konduktor sampel kabel setelah dikenakan tegangan injeksi 2 kV berbeda-beda namun semuanya masih berada di atas standar tahanan isolasi berdasarkan SNI 04-6629.4 dan SPLN 42-2 yaitu 50 Mohm.km. Pada tiap inti konduktor sampel F masing-masing memiliki tahanan isolasinya sebesar 429,78 Mohm.km, 438,48 Mohm.km, dan 445,44 Mohm.km, sampel G dengan 212,28 Mohm.km, 189,66 Mohm.km, dan 184,44 Mohm.km, lalu sampel H dengan 278,4 Mohm.km, 245,34 Mohm.km,

dan 233,16 Mohm.km, sampel I dengan 1351,98 Mohm.km, 1348,5 Mohm.km, dan 1355,46 Mohm.km lalu sampel J dengan 267,96 Mohm.km, 675,12 Mohm.km, dan 511,56 Mohm.km. Oleh karena inti konduktor sampel kabel yang belum mengalami tegangan tembus, kelima sampel tersebut masih dapat dikenakan tegangan injeksi yang lebih tinggi.

Begitu juga ketika diberikan tegangan injeksi 5 kV dan 10 kV masih belum terjadi tegangan tembus pada inti konduktor sampel kabel. Besar tahanan isolasi yang dimiliki pada tiap inti konduktor sampel kabel juga tidak terdapat perubahan yang signifikan pada saat dikenakan tiap tegangan injeksi, namun tetap terdapat penurunan besar tahanan isolasi yang cenderung konstan pada saat tegangan injeksi yang diberikan semakin tinggi.

Lalu pada saat tiap inti konduktor kelima sampel kabel tersebut akan dikenakan tegangan injeksi sebesar 15 kV terjadi tegangan tembus pada semua inti konduktor sampel kabel tersebut. Besar tegangan injeksi ketika terjadi tegangan tembus pada tiap inti konduktor sampel kabel bervariasi, untuk inti konduktor sampel F mengalami tembus listrik pada saat diberikan tegangan sebesar 13 kV, 13,2 kV dan 13,4 kV, sampel G pada 12,7 kV, 12,5 kV dan 12,4 kV, sampel H pada 12,9 kV, 12,8 kV dan 12,7 kV, sampel I pada 14,7 kV, 14,6 kV, dan 14,8 kV, terakhir sampel J pada 12,9 kV, 13,5 kV dan 13,4 kV. Terjadinya tegangan tembus pada tiap inti konduktor sampel kabel juga dapat terlihat dari besar tahanan isolasi yang nilainya turun dengan cukup signifikan jika dibandingkan dengan penurunan besar tahanan isolasi pada pengujian tegangan sebelumnya. Pada tiap inti konduktor sampel F besar tahanan isolasinya menjadi 0,036 Mohm.km, 0,038 Mohm.km, dan 0,039 Mohm.km, sampel G menjadi

0,023 Mohm.km, 0,021 Mohm.km, dan 0,02 Mohm.km, sampel H menjadi 0,029 Mohm.km, 0,028 Mohm.km, dan 0,027 Mohm.km, sampel I menjadi 0,045 Mohm.km, 0,045 Mohm.km, dan 0,046 Mohm.km, lalu sampel J menjadi 0,029 Mohm.km, 0,041 Mohm.km, dan 0,040 Mohm.km. Hal ini membuat tahanan isolasi pada inti konduktor semua sampel kabel NYM 3 x 2,5 mm² berada dibawah standar ketika mengalami tegangan tembus. Sehingga berdasarkan hasil pengujian pada tiap inti konduktor sampel kabel NYM 3 x 2,5 mm² dapat terlihat bahwa pengujian tegangan yang menyebabkan tembus listrik membuat tahanan isolasi dari inti konduktor sampel kabel tersebut akan turun drastis, namun semakin besar tahanan isolasi yang dimiliki inti konduktor sampel kabel NYM 3 x 2,5 mm² maka semakin besar tegangan injeksi yang dibutuhkan untuk terjadinya tegangan tembus pada inti konduktor sampel kabel tersebut.

4.2.5 Analisis Data Pengujian Kabel NYA 1 x 2,5 mm² dan NYM 3 x 2,5 mm² terhadap Penggunaannya

Menurut PUIL 2011, kabel NYA 1 x 2,5 mm² hanya bisa digunakan pada ruang kering dalam conduit yang dipasang di atas atau di dalam plesteran (pada kamar mandi di rumah dan di hotel, hanya conduit plastik), pasangan terbuka pada insulator di atas plesteran di luar jangkauan tangan, dalam alat listrik dan lemari hubung bagi. Sedangkan untuk kabel NYM 3 x 2,5 mm² bisa digunakan pada ruang kering, ruang lembab, basah dan yang sejenis, di alam terbuka, dalam tempat kerja dan gudang dengan bahaya kebakaran dan bahaya ledakan, dengan syarat penggunaannya di atas, di dalam atau di bawah plesteran dengan memperhatikan pengaruh kimia dan termis begitu juga di atas kayu. Selain

dikarenakan jumlah inti konduktor dan ketersediaan selubung luar pada kabel, perbedaan penggunaan dari kedua tipe kabel tersebut berkaitan dengan data hasil pengujian tiap sampel kabel NYA 1 x 2,5 mm² dan NYM 3 x 2,5 mm². Terdapat perbedaan data yang didapatkan antara dua tipe kabel tegangan rendah ini. Hal ini tentunya disebabkan oleh perbedaan standar yang digunakan oleh kedua tipe kabel tersebut. Namun keberagaman merk pada tiap sampel kabel terbantu dengan adanya penandaan kabel berupa standar yang mereka gunakan, maka dapat diartikan bahwa produsen tiap sampel kabel tersebut menggunakan standar SNI atau SPLN yang berlaku di Indonesia.

Pada kabel NYA berdasarkan SNI 04-6629.3 dan SPLN 42-1 harus tahan terhadap tegangan uji arus bolak balik sebesar 2,5 kV. Sedangkan kabel NYM berdasarkan SNI 04-6629.4 dan SPLN 42-2 harus tahan terhadap tegangan uji arus bolak balik sebesar 2 kV. Berdasarkan standar tersebut maka dapat terlihat bahwa kabel NYA memiliki kuat tegangan tembus yang lebih baik dibandingkan dengan kabel NYM. Hal tersebut juga terbukti dari data hasil pengujian tabel 4.1 sampai dengan tabel 4.10 dimana sampel kabel NYA mengalami tembus listrik ketika diberi tegangan injeksi diatas 20 kV, sedangkan sampel kabel NYM sudah mengalami tembus listrik ketika diberi tegangan injeksi dibawah 15 kV. Namun ketika setiap sampel kabel diberikan tegangan uji, kebocoran arus yang terjadi lebih tinggi pada sampel kabel NYA dibandingkan sampel kabel NYM, baik itu dari tegangan injeksi standar hingga akhirnya mengalami tembus listrik. Untuk besar tahanan isolasi tiap sampel kabel yang diuji baik itu NYA ataupun NYM ketika diberi tegangan injeksi sama-sama cukup beragam namun tetap di atas dari standar yang digunakan yaitu minimal tahanan isolasi pada suhu 20°C tiap satuan

panjang adalah 50 Mohm.km, berikut dengan penurunan nilai tahanan isolasi tiap sampel kabel hingga mengalami tembus listrik. Pada saat mengalami tembus listrik tahanan isolasi dari tiap sampel kabel akan mengalami penurunan drastis hingga tidak sesuai lagi dengan standar. Hal ini dapat terjadi dikarenakan tegangan injeksi yang diberikan berbanding lurus dengan kebocoran arus, namun berbanding terbalik dengan tahanan isolasi.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari hasil pengujian tegangan tembus pada kabel tegangan rendah dengan tipe NYA 1 x 2,5 mm² dan NYM 3 x 2,5 mm² yang dilakukan di Puslitbang PLN maka didapatkan hasil sebagai berikut:

1. Berdasarkan hasil pengujian tegangan tembus menurut standar SNI 04-6629.3 dan SPLN 42-1 pada sampel kabel NYA 1 x 2,5 mm² dan standar SNI 04-6629.4 dan SPLN 42-2 pada sampel kabel NYM 3 x 2,5 mm² hingga mengalami tembus listrik, maka besar tegangan tembus kabel tegangan rendah pada NYA 1 x 2,5 mm² adalah diatas 20 kV, sedangkan pada NYM 3 x 2,5 mm² adalah diatas 12 kV.
2. Dampak yang mempengaruhi tegangan tembus berdasarkan hasil dari rangkaian pengujian tegangan tembus berupa uji tegangan dan tahanan isolasi pada kabel NYA 1 x 2,5 mm² dan NYM 3 x 2,5 mm² yaitu semakin tinggi tegangan injeksi yang diberikan pada kabel tegangan rendah akan berdampak pada kebocoran arus yang semakin tinggi dan membuat nilai tahanan isolasi turun secara signifikan ketika mengalami tegangan tembus.

5.2 Saran

Berdasarkan kesimpulan di atas maka peneliti dapat memberikan saran sebagai berikut :

1. Bagi masyarakat umum sebagai konsumen atau pengguna kabel listrik, disarankan agar menggunakan tipe kabel sesuai dengan batas daerah penggunaannya pada PUIL 2011 agar tidak terjadi hubungan pendek pada saat pemakaian.
2. Bagi peneliti lain yang tertarik untuk melakukan pengujian kabel, dapat melakukan analisis pengujian kabel lainnya, contohnya uji tarik dan pemuluran pada kabel tegangan rendah.

DAFTAR PUSTAKA

- Abduh, S.(2001). *Teknik Tegangan Tinggi*. Jakarta: Salemba Teknika.
- Arikunto&Suharsimi. (2006). *Metodelogi Penelitian*. Yogyakarta: Bina Aksara.
- Arismunandar, A (1983). *Teknik Tegangan Tinggi Suplemen*. Jakarta : Ghalia Indonesia.
- Arismunandar, A (2001). *Teknik Tegangan Tinggi*. Jakarta : PT Pradnya Paramita.
- Tobing, L.B. (2012). *Dasar-dasar Teknik Pengujian Tegangan Tinggi*. Jakarta: Erlangga.
- Harten, P.van &Setiawan, E. (1981). *Instalasi Listrik Arus Kuat 1*. Bandung: Percetakan Binacipta Bandung.
- Standar Nasional Indonesia, (2000). *PUIL 2000*. Jakarta: BSN.
- Standar Nasional Indonesia, (2011). *PUIL 2011*. Jakarta: BSN.
- SNI, (2006). *SNI 04-6629.3 Kabel berisolasi PVC dengan tegangan pengenal sampai dengan 450/750 Bagian 3 : Kabel tanpa selubung untuk pemasangan tetap (magun)*. Jakarta: BSN.
- SNI, (2006). *SNI 04-6629.4 Kabel berinsulasi PVC dengan tegangan pengenal sampai dengan 450/750 V Bagian 4 : Kabel berselubung untuk perkawatan magun*. Jakarta: BSN.
- SPLN, (1991). *SPLN 41-1 Persyaratan Penghantar Tembaga dan Aluminium untuk Kabel Listrik Berisolasi*. Jakarta: Departemen Pertambangan dan Energi Perusahaan Umum Listrik Negara.
- SPLN, (1991). *SPLN 42-1 Kawat Berisolasi PVC tegangan pengenal 450/750 V (NYA)*. Jakarta: Departemen Pertambangan dan Energi Perusahaan Umum Listrik Negara.
- SPLN, (1992). *SPLN 42-2 Kawat Berisolasi dan berselubung PVC tegangan pengenal 300/500 V (NYM)*. Jakarta: Departemen Pertambangan dan Energi Perusahaan Umum Listrik Negara.
- Sugiyono, (2010). *Metode Penelitian Kuantitatif Kualitatif dan R & D*. Bandung: Alfabeta.

Syamsuddin, dkk. (2011). *Metode Penelitian Pendidikan Bahasa*. Bandung: PT. Remaja Rosdakarya.

Zulkarnaen. (2014). Pengaruh Ukuran Butiran Air Hujan terhadap Tegangan Tembus Udara. *Jurnal USU*, 7:1-4.

<http://data.jakarta.go.id/dataset/rekapitulasi-kejadian-kebakaran-tahun-2014>, diakses pada tanggal 10 September 2016.

<http://dunialistrik.blogspot.co.id/2009/11/klasifikasi-saluran-transmisi.html>, diakses pada tanggal 20 September 2016.

<http://elektronika-dasar.web.id/tahanan-isolasi-pada-jaringan-listrik>, diakses pada 22 Mei 2017.

<http://highvoltage-laboratory.blogspot.co.id/2011/09/72-1024x768-normal-0-false-false-false.html>, diakses pada tanggal 10 September 2016.

<http://pln.co.id/?p=85>, diakses pada tanggal 10 September 2016.

http://www.academia.edu/4600512/Mengenal_Jenis_Kabel_Listrik_NYA_NYM_dan_NYY_KABEL_LISTRIK, diakses pada tanggal 11 September 2016.

<https://www.scribd.com/doc/52578168/tahanan-isolasi>, diakses pada 22 Mei 2017.

DAFTAR RIWAYAT HIDUP



Yodi Abraham, akrab dipanggil Yodi. Peneliti lahir di Jakarta, 5 November 1994. Anak keempat dari Bpk. Suadun Simanjuntak dan Esther Harahap. Pendidikan yang ditempuh diawali SD Tarakanita 5 pada tahun 2000-2006, selanjutnya melanjutkan pendidikan ke SMP Tarakanita 4 pada tahun 2006-2009, kemudian melanjutkan pendidikan ke SMA Negeri 22 Jakarta pada tahun 2009-2012.

Setelah lulus pada jenjang SMA, peneliti melanjutkan pendidikan kejenjang perkuliahan di Universitas Negeri Jakarta dengan mengambil Program Studi Pendidikan Teknik Elektro Program S1 Jurusan Teknik Elektro pada tahun 2012. Peneliti memiliki pengalaman Praktik Kerja Lapangan (PKL) di PT KMI Wire and Cable Tbk dan Praktik Keterampilan Mengajar (PKM) di Sekolah Menengah Kejuruan (SMK) 5 Negeri Jakarta. Peneliti mengambil peminatan sistem pembangkit tenaga listrik pada semester 5. Peneliti memiliki perhatian lebih terhadap penggunaan kabel tegangan rendah yang andal dan aman, oleh karena itu peneliti mengambil judul skripsi Pengujian Tegangan Tembus pada Kabel Tegangan Rendah.

LAMPIRAN 1. STANDAR KABEL NYA 1 x 2,5 mm²

THERMOPLASTIC BUILDING WIRE

(COPPER CONDUCTOR, PVC INSULATED)

Type of Cable : NYA or CU/PVC
 Rated Voltage : 450/750 Volt

Specification : SPLN 42-1 : 1991
 SNI 04-6629.3 2006
 IEC 60227-3 IEC 01
 (other specifications are available on request)

CONSTRUCTION

Size	Conductor		Insulation Thickness	Approx Overall Diameter	Approx Net. Weight	Standard Length	Packing
	Construction	No. of Wire					
mm ²	-	-	mm	mm	Kg/km	m	-
1.5	re/m	1/7	0.7	3.3/3.4	19	100	Coil
2.5	re/m	1/7	0.8	3.9/4.2	31	100	Coil
4	re/m	1/7	0.8	4.4/4.8	45	100	Coil
6	re/m	1/7	0.8	4.9/5.4	65	100	Coil
10	re/m	1/7	1.0	6.4/6.8	108	100	Coil
16	mm	7	1.0	8.0	175	1000	Drum
25	mm	7	1.2	9.8	273	1000	Drum
35	mm	7	1.2	11.0	367	1000	Drum
50	mm	19	1.4	13.0	523	1000	Drum
70	mm	19	1.4	15.0	692	1000	Drum
95	mm	19	1.6	17.0	962	1000	Drum
120	mm	37	1.6	19.0	1192	500	Drum
150	mm	37	1.8	21.0	1192	500	Drum
185	mm	37	2.0	23.5	1844	500	Drum
240	mm	61	2.2	26.5	2430	500	Drum
300	mm	61	2.4	29.5	3015	500	Drum
400	mm	61	2.6	33.5	3863	500	Drum

CHARACTERISTICS

Size	Resistance at 20°C		Current Carrying Capacity at 30°C		Short Circuit Current at 1 sec.	AC Voltage Test
	Conductor	Insulation	In Pipe	In Air		
mm ²	Ohm / km	M.Ohm.km	Amper	Amper	KA	KV / 5 min
1.5	12.1	50	15	24	0.17	2.5
2.5	7.41	50	19	32	0.29	2.5
4	4.61	50	25	43	0.46	2.5
6	3.08	40	33	54	0.70	2.5
10	1.83	30	45	73	1.16	2.5
16	1.15	30	61	98	1.86	2.5
25	0.727	30	83	129	2.91	2.5
35	0.524	20	103	158	4.07	2.5
50	0.387	20	132	197	5.81	2.5
70	0.268	20	165	245	8.14	2.5
95	0.193	20	207	290	11.05	2.5
120	0.153	20	235	345	13.95	2.5
150	0.124	20	-	390	17.44	2.5
185	0.0991	20	-	445	21.51	2.5
240	0.0754	20	-	525	27.91	2.5
300	0.0601	20	-	605	34.88	2.5
400	0.0470	20	-	725	46.51	2.5

Note* : If site condition are different ratings should be multiplied by rating factors as show in table page 78-83

LABORATORIUM PENGUJIAN	INSTRUKSI KERJA PENGUJIAN RESISTANS ISOLASI PADA KABEL UTUH	No. Dokumen A2011K030604 Revisi 5 Halaman 1 dari 2
---------------------------	---	--

1. TUJUAN

Untuk melaksanakan pengukuran nilai resistans isolasi antar inti pada Kabel tegangan rendah.

2. REFERENSI

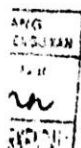
- SPLN 39-1 : 1981 : Metode pengujian kabel listrik.
- SNI 04-3893 : 1995 : Metode pengujian Kabel Listrik
- SNI 04-6629.2-2006 : Kabel berinsulasi PVC dengan tegangan pengenal sampai dengan 450/750 V – Bagian 2 Metode uji

3. PERSIAPAN

- a) Siapkan blangko uji No. A201BU0501.
- b) Siapkan alat ukur berikut :
 - Thermometer.
 - Alat ukur resistans isolasi (Megger) tegangan DC 30 s/d 500 V sesuai manual alat No. A201MA20.
 - Stop watch.
 - Bak air.
- c) Siapkan contoh uji pada seluruh panjang kabel yang diterima.
- d) Kupas selubung dan lapisan pembungkus inti kabel pada kedua ujungnya sepanjang kira-kira 100 mm dan renggangkan inti-intinya.
- e) Kupas isolasi kabel sepanjang kira-kira 20 mm pada salah satu ujungnya.
- f) Untuk kabel tanpa perisai logam dan atau tanpa pelindungan listrik, rendamkan contoh uji dalam air pada suhu $(20 \pm 5) ^\circ\text{C}$ selama minimum 2 jam, dan kedua ujungnya menonjol dari permukaan air 25 cm dan untuk kabel berperisai dan atau berpelindung listrik lakukan pengujian diudara.

4. PELAKSANAAN

- a) Catat hasil uji suhu air / udara, dan panjang contoh uji pada blangko uji No. A201BUG501 tersebut.
- b) Untuk contoh uji yang direndam dalam air, setelah lama perendaman dicapai, pasang polaritas negatif alat ukur resistans (sesuai manual alat No. A201MA20) pada salah satu inti dan inti lainnya digabungkan dan dihubungkan dengan air pada polaritas positif alat ukur.
- c) Untuk contoh uji yang tidak direndam, pasang polaritas negatif alat ukur resistans (sesuai manual alat No. A201MA20) pada salah satu inti dan inti lainnya digabungkan dengan perisai logam atau pelindung listrik.
- d) Operasikan alat ukur resistans pada tegangan 500 V minimum selama 1 menit.
- e) Lakukan langkah 4.a. sampai 4. d. untuk inti lainnya.
- f) Biarkan contoh uji pada kondisi tersebut (direndam atau diudara), untuk pengujian selanjutnya (uji tegangan kabel utuh).



LABORATORIUM PENGUJIAN	INSTRUKSI KERJA PENGUJIAN RESISTANS ISOLASI PADA KABEL UTUH	No. Dokumen : A2011K030604 Revisi : 5 Halaman : 2 dari 2
---------------------------	---	--

4.1 Nilai resistans isolasi

Hitung nilai resistans isolasi pada suhu 20 °C dengan rumus sebagai berikut :

$$R_i = \frac{L}{10^3} R_t \times f_k$$

- dimana :
- R_i = Resistans Isolasi pada suhu 20 °C per satuan panjang (Mohm.km).
 - f_k = faktor koreksi pengukuran ke suhu 20 °C.
 - L = panjang contoh uji (meter).
 - R_t = Resistans isolasi pada t °C (Mohm).

LABORATORIUM PENGUJIAN	INSTRUKSI KERJA PENGUJIAN TEGANGAN PADA KABEL UTUH	No. Dokumen : A201K030801 Revisi : 5 Halaman : 1 dari 2
---------------------------	---	---

1. TUJUAN

Instruksi kerja ini disusun sebagai petunjuk rinci untuk melaksanakan pengujian ketahanan isolasi pada kabel utuh terhadap tegangan.

2. REFERENSI

- SIFLN 30-1 : 1081 : Metode pengujian kabel listrik
- IEC 60227-2 (2003-04) : Polyvinyl chloride insulation cable of rated voltage
Amd. 1 : 1988 up to and including 450/750 V
Part 2 : Test methods
- SNI 04-6629.2-2006 : Kabel berinsulasi PVC dengan tegangan pengenal sampai dengan
450/750 V – Bagian 2: Metode uji
- SNI 04-3803:1995 : Metode pengujian kabel listrik.

3. PERSIAPAN

- a) Siapkan blangko uji A201BU0501.
- b) Siapkan alat uji / ukur berikut :
 - Alat uji tegangan sesuai manual alat No. A201MA21.
 - Bnk air.
 - Alat ukur resistansi isolasi (megger) sesuai manual alat No. A201MA20
 - Stop watch.
- c) Bila contoh uji tidak dikenakan pengujian resistansi isolasi pada kabel utuh. Lakukan persiapan untuk menguji ini seperti pada pengujian resistansi isolasi kabel utuh sesuai instruksi kerja No. A201K030804.
- d) Untuk kabel yang dikenakan pengujian resistansi pada kabel utuh, pengujian ini dapat digunakan sebagai kelanjutan dari uji resistansi isolasi pada kabel utuh.
- e) Kupas selubung dan lapisan pembungkus inti kabel pada kedua ujungnya sepanjang kira-kira 100 mm dan renggangkan inti-intinya.
- f) Kupas isolasi kabel sepanjang kira-kira 20 mm pada salah satu ujung kabel.
- g) Masukkan contoh uji ke dalam ruang uji tegangan.

4. PELAKSANAAN

- a) Catat hasil pengujian tegangan dari setiap inti ke dalam blangko uji No. A201BU0501.
- b) Sebelum dilakukan pengujian tegangan ukur resistansi isolasi antara inti kabel sesuai instruksi kerja No. A201MA030804
- c) Pilih / tentukan salah satu inti kabel yang akan diuji tegangan, kemudian inti-inti kabel yang lain dan perisai logam digabung serta dihubungkan dengan elektrode bumi.
- d) Pasang penjepit sumber tegangan dari alat uji tegangan AC pada inti kabel yang telah ditentukan.

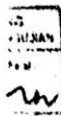
LABORATORIUM
PENGUJIAN
Jumlah : _____
Pilih : _____

LABORATORIUM PENGUJIAN	INSTRUKSI KERJA PENGUJIAN TEGANGAN PADA KABEL UTUH	No. Dokumen : A201IK030801 Revisi : 5 Halaman : 2 dari 2
-----------------------------------	---	--

- e) Tutup pintu ruang uji tegangan.
- f) Operasikan alat uji tegangan sesuai manual alat No. A201MA21 dan sesuaikan dengan tegangan uji dari kabel yang sedang diuji menurut persyaratan standar kabel yang bersangkutan
- g) Lakukan tahapan c/s/d f terhadap inti yang sama.

Catatan :

Untuk kabel inti tunggal tanpa perisai logam, lakukan tahapan a dan b, contoh uji diendapkan dalam bak air dengan kondisi elektrode bumi digabung ke air



Faktor koreksi suhu untuk tahanan isolasi

Suhu °C	Faktor koreksi
10	0,55
11	0,57
12	0,60
13	0,63
14	0,66
15	0,70
16	0,74
17	0,79
18	0,85
19	0,92
20	1,0
21	1,11
22	1,24
23	1,39
24	1,55
25	1,74
26	1,96
27	2,22
28	2,52
29	2,87
30	3,25
31	3,75
32	4,25
33	4,90
34	5,60
35	6,45

LAMPIRAN 2. STANDAR KABEL NYM 3 x 2,5 mm²

INDOOR CABLE

(COPPER CONDUCTOR, PVC INSULATED AND PVC SHEATHED)

Type of Cable : NYM
Rated Voltage : 300/500 Volt

Specification : SPLN 42-2 : 1992
SNI 04-2699 : 1999
IEC 60227-4 IEC 10
(other specifications are available on request)

CONSTRUCTION

No. of Core	Size	Conductor		Wall Thickness		Approx Overall Diameter	Approx Net. Weight	Standard Length	Packing
		Construction	No. of Wire	Insulation	Sheath				
-	mm ²	-	-	mm	mm	mm	Kg/Km	m	-
2	1.5	re/m	1/7	0.7	1.2	10.4	119	100	Coil
2	2.5	re/m	1/7	0.8	1.2	10.5	161	100	Coil
2	4	re/m	1/7	0.8	1.2	12.6	207	100	Coil
2	6	re/m	1/7	0.8	1.2	13.8	264	100	Coil
2	10	re/m	1/7	1.0	1.4	17.2	427	100	Coil
2	16	rm	7	1.0	1.4	20.4	632	100	Coil
2	25	rm	7	1.2	1.4	24.4	944	1000	Drum
2	35	rm	7	1.2	1.6	27.9	1260	1000	Drum
3	1.5	re/m	1/7	0.7	1.2	10.9	138	100	Drum
3	2.5	re/m	1/7	0.8	1.2	11.9	201	100	Drum
3	4	re/m	1/7	0.8	1.2	13.3	256	100	Drum
3	6	re/m	1/7	0.8	1.4	15.3	342	100	Drum
3	10	re/m	1/7	1.0	1.4	18.3	432	100	Drum
3	16	rm	7	1.0	1.4	22.3	822	100	Drum
3	25	rm	7	1.2	1.6	26.5	1232	1000	Drum
3	35	rm	7	1.2	1.6	29.9	1583	1000	Drum

CHARACTERISTICS

No. of Core	Size	Resistance at 20°C		Current Carrying Capacity at 30°C	Short Circuit Current at 1 sec.	AC Voltage Test
		Conductor	Insulation			
-	mm ²	Ohm / km	M. Ohm.km	Amper	KA	KV / 5 min
2	1.5	12.1	50	19	0.17	2
2	2.5	7.41	50	25	0.29	2
2	4	4.61	50	33	0.46	2
2	6	3.08	40	44	0.69	2
2	10	1.83	40	61	1.16	2
2	16	1.15	40	82	1.84	2
2	25	0.727	40	108	2.92	2
2	35	0.524	40	134	4.05	2
3	1.5	12.1	50	19	0.17	2
3	2.5	7.41	50	25	0.29	2
3	4	4.61	50	33	0.46	2
3	6	3.08	40	44	0.69	2
3	10	1.83	40	61	1.16	2
3	16	1.15	40	82	1.84	2
3	25	0.727	40	108	2.92	2
3	35	0.524	40	134	4.05	2

Note* : If site condition are different ratings should be multiplied by rating factors as show in table page 78-83

LABORATORIUM PENGUJIAN	INSTRUKSI KERJA PENGUJIAN RESISTANS ISOLASI PADA KABEL UTUH	No. Dokumen A2011K030604 Revisi 5 Halaman 1 dari 2
---------------------------	---	--

1. TUJUAN

Untuk melaksanakan pengukuran nilai resistans isolasi antar inti pada kabel tegangan rendah.

2. REFERENSI

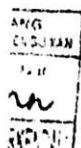
- SPLN 39-1 : 1981 : Metode pengujian kabel listrik.
- SNI 04-3893 : 1995 : Metode pengujian kabel listrik
- SNI 04-6629.2-2006 : Kabel berinsulasi PVC dengan tegangan pengenal sampai dengan 450/750 V – Bagian 2 Metode uji

3. PERSIAPAN

- a) Siapkan blangko uji No. A201BU0501.
- b) Siapkan alat ukur berikut :
 - Thermometer.
 - Alat ukur resistans isolasi (Megger) tegangan DC 30 s/d 500 V sesuai manual alat No. A201MA20.
 - Stop watch.
 - Bak air.
- c) Siapkan contoh uji pada seluruh panjang kabel yang diterima.
- d) Kupas selubung dan lapisan pembungkus inti kabel pada kedua ujungnya sepanjang kira-kira 100 mm dan renggangkan inti-intinya.
- e) Kupas isolasi kabel sepanjang kira-kira 20 mm pada salah satu ujungnya.
- f) Untuk kabel tanpa perisai logam dan atau tanpa pelindungan listrik, rendamkan contoh uji dalam air pada suhu $(20 \pm 5) ^\circ\text{C}$ selama minimum 2 jam, dan kedua ujungnya menonjol dari permukaan air 25 cm dan untuk kabel berperisai dan atau berpelindung listrik lakukan pengujian diudara.

4. PELAKSANAAN

- a) Catat hasil uji suhu air / udara, dan panjang contoh uji pada blangko uji No. A201BUG501 tersebut.
- b) Untuk contoh uji yang direndam dalam air, setelah lama perendaman dicapai, pasang polaritas negatif alat ukur resistans (sesuai manual alat No. A201MA20) pada salah satu inti dan inti lainnya digabungkan dan dihubungkan dengan air pada polaritas positif alat ukur.
- c) Untuk contoh uji yang tidak direndam, pasang polaritas negatif alat ukur resistans (sesuai manual alat No. A201MA20) pada salah satu inti dan inti lainnya digabungkan dengan perisai logam atau pelindung listrik.
- d) Operasikan alat ukur resistans pada tegangan 500 V minimum selama 1 menit.
- e) Lakukan langkah 4.a. sampai 4. d. untuk inti lainnya.
- f) Biarkan contoh uji pada kondisi tersebut (direndam atau diudara), untuk pengujian selanjutnya (uji tegangan kabel utuh).



LABORATORIUM PENGUJIAN	INSTRUKSI KERJA PENGUJIAN RESISTANS ISOLASI PADA KABEL UTUH	No. Dokumen : A2011K030604 Revisi : 5 Halaman : 2 dari 2
---------------------------	---	--

4.1 Nilai resistans isolasi

Hitung nilai resistans isolasi pada suhu 20 °C dengan rumus sebagai berikut :

$$R_i = \frac{L}{10^3} R_t \times f_k$$

- dimana :
- R_i = Resistans Isolasi pada suhu 20 °C per satuan panjang (Mohm.km).
 - f_k = faktor koreksi pengukuran ke suhu 20 °C.
 - L = panjang contoh uji (meter).
 - R_t = Resistans isolasi pada t °C (Mohm).

LABORATORIUM PENGUJIAN	INSTRUKSI KERJA PENGUJIAN TEGANGAN PADA KABEL UTUH	No. Dokumen : A201K030801 Revisi : 5 Halaman : 1 dari 2
---------------------------	---	---

1. TUJUAN

Instruksi kerja ini disusun sebagai petunjuk rinci untuk melaksanakan pengujian ketahanan isolasi pada kabel utuh terhadap tegangan.

2. REFERENSI

- SIFLN 30-1 : 1081 : Metode pengujian kabel listrik
- IEC 60227-2 (2003-04) : Polyvinyl chloride insulation cable of rated voltage
Amd. 1 : 1988 up to and including 450/750 V
Part 2 : Test methods
- SNI 04-6629.2-2006 : Kabel berinsulasi PVC dengan tegangan pengenal sampai dengan
450/750 V – Bagian 2: Metode uji
- SNI 04-3803:1995 : Metode pengujian kabel listrik.

3. PERSIAPAN

- a) Siapkan blangko uji A201BU0501.
- b) Siapkan alat uji / ukur berikut :
 - Alat uji tegangan sesuai manual alat No. A201MA21.
 - Bnk air.
 - Alat ukur resistansi isolasi (megger) sesuai manual alat No. A201MA20
 - Stop watch.
- c) Bila contoh uji tidak dikenakan pengujian resistansi isolasi pada kabel utuh. Lakukan persiapan untuk menguji ini seperti pada pengujian resistansi isolasi kabel utuh sesuai instruksi kerja No. A201K030804.
- d) Untuk kabel yang dikenakan pengujian resistansi pada kabel utuh, pengujian ini dapat digunakan sebagai kelanjutan dari uji resistansi isolasi pada kabel utuh.
- e) Kupas selubung dan lapisan pembungkus inti kabel pada kedua ujungnya sepanjang kira-kira 100 mm dan renggangkan inti-intinya.
- f) Kupas isolasi kabel sepanjang kira-kira 20 mm pada salah satu ujung kabel.
- g) Masukkan contoh uji ke dalam ruang uji tegangan.

4. PELAKSANAAN

- a) Catat hasil pengujian tegangan dari setiap inti ke dalam blangko uji No. A201BU0501.
- b) Sebelum dilakukan pengujian tegangan ukur resistansi isolasi antara inti kabel sesuai instruksi kerja No. A201MA030804
- c) Pilih / tentukan salah satu inti kabel yang akan diuji tegangan, kemudian inti-inti kabel yang lain dan perisai logam digabung serta dihubungkan dengan elektrode bumi.
- d) Pasang penjepit sumber tegangan dari alat uji tegangan AC pada inti kabel yang telah ditentukan.

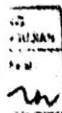
LABORATORIUM
PENGUJIAN
Jumlah : _____
Pilih : _____

LABORATORIUM PENGUJIAN	INSTRUKSI KERJA PENGUJIAN TEGANGAN PADA KABEL UTUH	No. Dokumen : A201IK030801 Revisi : 5 Halaman : 2 dari 2
-----------------------------------	---	--

- e) Tutup pintu ruang uji tegangan.
- f) Operasikan alat uji tegangan sesuai manual alat No. A201MA21 dan sesuaikan dengan tegangan uji dari kabel yang sedang diuji menurut persyaratan standar kabel yang bersangkutan
- g) Lakukan tahapan c/s/d f terhadap inti yang sama.

Catatan :


Untuk kabel inti tunggal tanpa perisai logam, lakukan tahapan a dan b, contoh uji diendapkan dalam bak air dengan kondisi elektrode bumi digabung ke air



Faktor koreksi suhu untuk tahanan isolasi

Suhu °C	Faktor koreksi
10	0,55
11	0,57
12	0,60
13	0,63
14	0,66
15	0,70
16	0,74
17	0,79
18	0,85
19	0,92
20	1,0
21	1,11
22	1,24
23	1,39
24	1,55
25	1,74
26	1,96
27	2,22
28	2,52
29	2,87
30	3,25
31	3,75
32	4,25
33	4,90
34	5,60
35	6,45

LAMPIRAN 3. JOBSHEET PENGUJIAN

	FAKULTAS TEKNIK	ALOKASI WAKTU ... TGL. PRAKTIK ...
	JURUSAN PENDIDIKAN TEKNIK ELEKTRO	
	UNIVERSITAS NEGERI JAKARTA	
<p>Nama : Yodi Abraham</p> <p>NIM : 5115122588</p> <p>Judul Jobsheet : Pengujian Tegangan dan Tahanan Isolasi Kabel NYA dan NYM</p>		

I. Tujuan

1. Mahasiswa dapat mengetahui tentang apa itu tegangan tembus.
2. Mahasiswa dapat melakukan pengujian tegangan serta tahanan isolasi pada kabel NYA dan NYM sesuai standar yang berlaku.
3. Mahasiswa mampu menguji tegangan tertinggi yang dapat ditahan oleh kabel dalam waktu tertentu sambil membandingkan parameter tahanan isolasi dan arus bocornya.
4. Mahasiswa dapat mengetahui perbedaan kualitas dan karakteristik material isolasi tiap sampel kabel ketika diberi tegangan melebihi tegangan normal.

II. Dasar Teori

1. Standar Uji Kabel NYA 1 x 2,5 mm²

Berdasarkan SNI 04-6629.3-2006 pada butir ke-2 mengenai kabel nirsulung inti tunggal dengan konduktor kaku untuk pemakaian umum, terdapat spesifikasi data umum dari kabel NYA 1 x 2,5 mm², yaitu :

Tabel 2.1. Data umum SNI untuk jenis 60227 IEC 01 1 x 2,5 mm²

1	2	3	4	5	6
Luas penampang nominal konduktor	Kelas konduktor IEC 60228	Tebal Insulasi Nilai yang ditentukan	Diameter total rata-rata		Resistans Insulasi minimum pada 20°C
			Batas bawah	Batas atas	
mm ²		Mm	mm	mm	MOhm.km
2,5	1	0,8	3,2	3,9	50

Berdasarkan SPLN 42-1, terdapat spesifikasi kabel NYA 1 x 2,5 mm², yaitu :

Tabel 2.2. Spesifikasi Kabel NYA 1 x 2,5 mm² menurut SPLN 42-1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Luas penampang nominal	Penghantar			Isolasi		Resistans isolasi pada 20°C	Kuat Hantar Arus maksimum pada suhu keliling maks.			
	Kons-Truksi	Jumlah kawat min.	Diameter nominal	Tebal nominal S ₁	Diameter maks. d ₁		30°		40°C	
							dalam pipa	di udara	dalam pipa	di udara
mm ²		buah	mm	mm	mm	MOhm.km	A	A	A	A
2,5	Re	1	1,78	0,8	3,9	50	19	32	17	28

2. Standar Uji Kabel NYM

Berdasarkan SNI 04-6629.4-2006, terdapat spesifikasi data umum dari kabel

NYM 3 x 2,5 mm², yaitu :

Tabel 2.3. Data umum SNI untuk jenis 60227 IEC 10 3 x 2.5 mm²

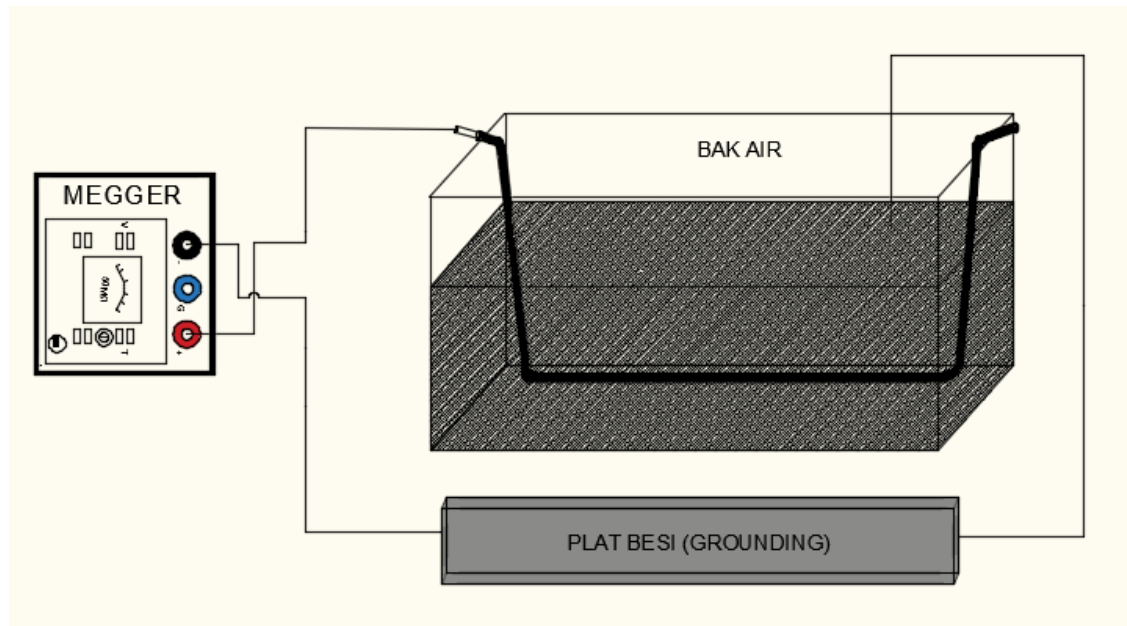
1	2	3	4	5	6	7	8
Jumlah inti, luas penampang penghantar, dan Konstruksi penghantar	Kelas konduktor IEC 60288	Tebal			Diameter luar (d)		Resistans insulasi minimum pada 20°C
		Insulasi Nilai yang ditentukan	Penutup bagian dalam Nilai pendekatan	Selubung Nilai yang ditentukan	Batas bawah	Batas atas	
mm ²		mm	Mm	mm	mm	mm	MΩkm
3 x 2,5 re	1	0,8	0,4	1,2	10,0	12,0	50

Berdasarkan SPLN 42-2, terdapat spesifikasi kabel NYM 3 x 2.5 mm² , yaitu :

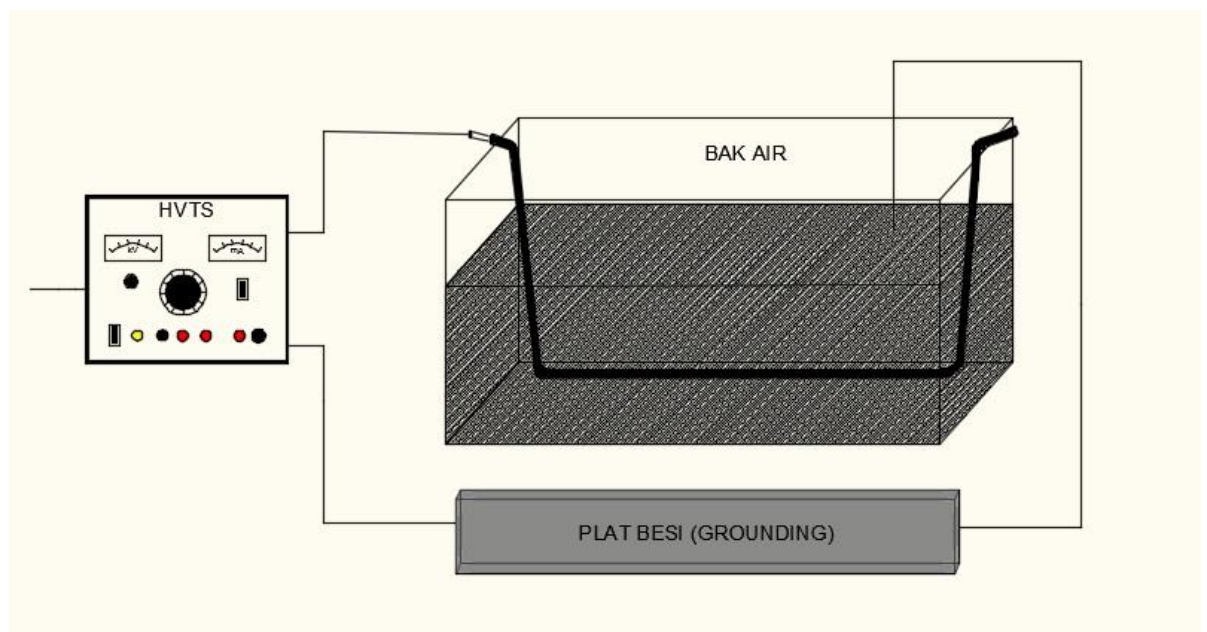
Tabel 2.4. Spesifikasi Kabel NYM 3 x 2.5 mm² menurut SPLN 42-2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Jumlah inti, luas penampang penghantar, dan Konstruksi penghantar	Penghantar		Tebal			Diameter luar (d)		Resistans isolasi setiap inti terhadap inti/gabungan int yang lain pada suhu 20°C Minimum	Resistans isolasi pada suhu 70°C Min	Kuat Hantar Arus maksimum pada suhu	
	Jumlah kawat	Diameter kawat	Diameter nominal	Tebal nominal S ₁	Diameter maks. d ₁	Min	Maks			30°C	40°C
mm ²	buah	mm	mm	mm	Mm	mm	mm	MOhm.km	MOhm.km	A	A
3 x 2,5 re	1	1,78	0,8	0,4	1,2	10,0	12,0	50	0,0010	25	22

III. Gambar Rangkaian



Gambar 3.1. Rangkaian Pengujian Tegangan Tembus Kabel NYA dan NYM



Gambar 3.1. Rangkaian Pengujian Tahanan Isolasi Kabel NYA dan NYM

IV. Alat dan Bahan

1. Hipotronics AC High Voltage Test Sets tipe 715-2, tegangan keluaran 0 - 3,75/7,5/15 kV, arus keluaran 0 – 150 mA.



Gambar 4.1. Hipotronics AC High Voltage Sets tipe 715-2

2. Sakova High Voltage Breakdown Tester, tegangan keluaran 3 kV – 100 kV



Sumber : Dokumentasi pribadi

Gambar 4.2 Sakova High Voltage Breakdown Tester

3. Megger S1-1054/2, tegangan output maksimal 10 kV.



Sumber : Dokumentasi pribadi

Gambar 4.3 Megger S1-1054/2

4. Termometer digital



Sumber : Dokumentasi pribadi

Gambar 4.4 Termometer digital

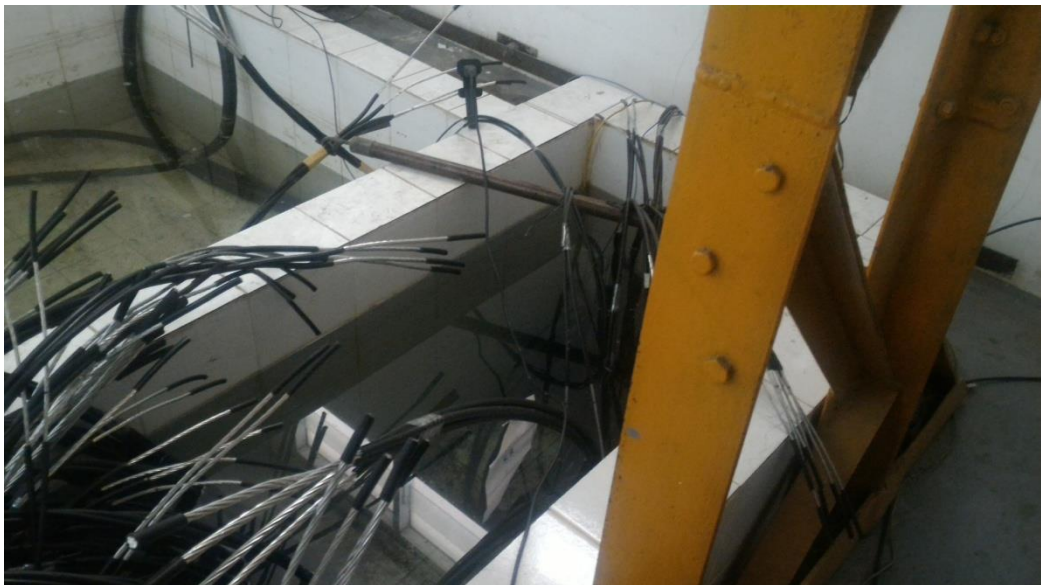
5. Plat besi sepanjang 3 meter



Sumber : Dokumentasi pribadi

Gambar 4.5 Plat besi

6. Bak air



Sumber : Dokumentasi pribadi

Gambar 4.6 Bak air

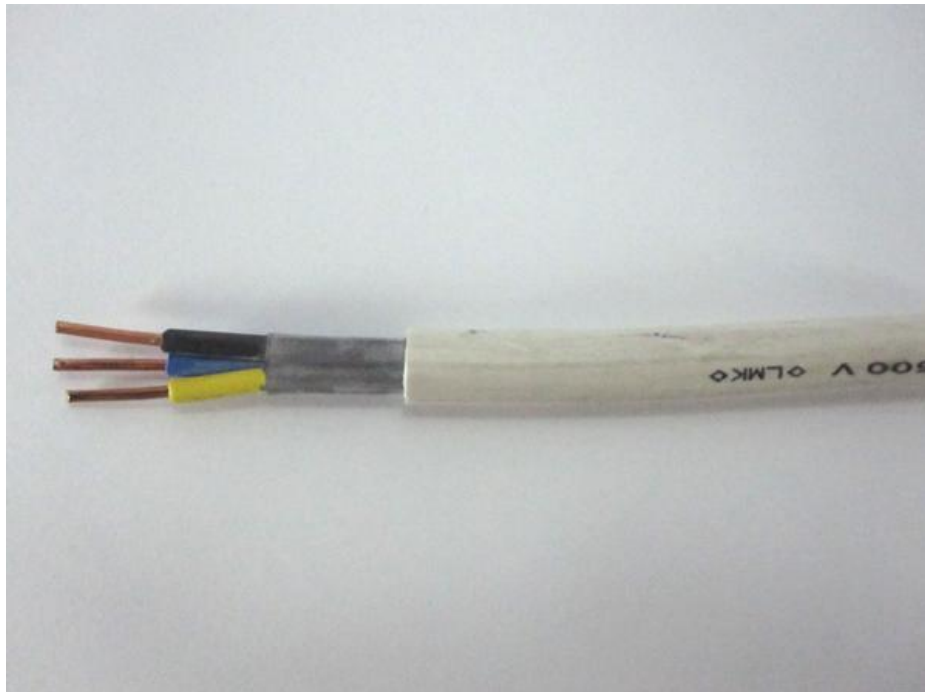
7. Sampel uji kabel NYA



Sumber : Dokumentasi pribadi

Gambar 4.7 Sampel kabel uji NYA

8. Sampel kabel uji NYM



Sumber : Dokumentasi pribadi

Gambar 4.8 Sampel kabel uji NYM

Tabel 4.1. Spesifikasi sampel

No	Nomenklatur	Tegangan nominal (antara penghantar)	Jumlah inti	Luas penampang nominal inti (mm ²)	Keterangan
1	NYA	450/750	1	2,5	Sampel A
2					Sampel B
3					Sampel C
4					Sampel D
5					Sampel E
6	NYM	300/500	3	2,5	Sampel F
7					Sampel G
8					Sampel H
9					Sampel I
10					Sampel J

V. Keselamatan Kerja

1. Memastikan alat uji tegangan dan tahanan isolasi sesuai manual alat dan menyesuaikan dengan tegangan uji dari kabel yang sedang diuji menurut persyaratan standar kabel yang bersangkutan
2. Memeriksa rangkaian terlebih dahulu kepada Pengawas laboratorium sebelum diberi sumber tegangan.

VI. Langkah Kerja

Pengujian Tahanan Isolasi

1. Mengupas selubung dan lapisan pembungkus inti kabel pada kedua ujungnya sepanjang kira-kira 100 mm dan renggangkan inti-intinya.

2. Mengupas isolasi kabel sepanjang kira-kira 20 mm pada salah satu ujungnya.
3. Merendam sampel uji dalam air pada suhu (20 ± 5) °C selama minimum 2 jam, dan kedua ujungnya menonjol dari permukaan air 25 cm.
4. Setelah lama perendaman dicapai, memasang polaritas negatif alat ukur resistans megger pada plat besi atau grounding, lalu pada polaritas positif alat ukur dipasang pada salah satu inti kabel.
5. Mengoperasikan alat ukur resistans pada tegangan 500 V selama 1 menit.
6. Ketika sudah mencapai 1 menit, melepas polaritas positif pada inti kabel, lalu menghubungkan inti kabel yang baru diuji dengan polaritas negatif yang masih terhubung dengan plat besi atau grounding.
7. Mencatat hasil pengujian tahanan isolasi pada alat ukur resistans.
8. Melakukan langkah 4 sampai 7 untuk inti lainnya.

Pengujian Tegangan Tembus

1. Mengupas selubung dan lapisan pembungkus inti kabel pada kedua ujungnya sepanjang kira-kira 100 mm dan renggangkan inti-intinya.
2. Mengupas isolasi kabel sepanjang kira-kira 20 mm pada salah satu ujungnya.
3. Memasangkan penjepit dari alat uji tegangan ke plat besi atau grounding.
4. Menentukan salah satu inti kabel yang akan diuji tegangan, lalu memasang penjepit sumber tegangan dari alat uji tegangan AC pada inti kabel tersebut.
5. Menutup pintu ruang uji tegangan.
6. Mengoperasikan alat uji tegangan dan menyesuaikan dengan tegangan uji dari kabel yang sedang diuji menurut persyaratan standar kabel yang bersangkutan.
7. Ketika sudah mencapai 5 menit, melepas penjepit sumber tegangan pada inti kabel, lalu menghubungkan inti kabel yang baru diuji dengan penjepit lain dari alat uji tegangan yang masih terhubung dengan plat besi atau grounding.
8. Lakukan tahapan 3 sampai 7 terhadap inti kabel lainnya.

VII. Tabel

Tabel 7.1 Data Pengujian Kabel Sampel A

Tegangan injeksi	Arus bocor	Resistans Isolasi (Rt)	Dalam air	Status
			Suhu (t)	
(kV)	(mA)	(Mohm)	(°C)	
2,5				
5				
10				
15				
20				
25				

Tabel 7.2 Data Pengujian Kabel Sampel B

Tegangan injeksi	Arus bocor	Resistans Isolasi (Rt)	Dalam air	Status
			Suhu (t)	
(kV)	(mA)	(Mohm)	(°C)	
2,5				
5				
10				
15				
20				
25				

Tabel 7.3 Data Pengujian Kabel Sampel C

Tegangan injeksi	Arus bocor	Resistans Isolasi (Rt)	Dalam air	Status
			Suhu (t)	
(kV)	(mA)	(Mohm)	(°C)	
2,5				
5				
10				
15				

20				
25				

Tabel 7.4 Data Pengujian Kabel Sampel D

Tegangan injeksi	Arus bocor	Resistans Isolasi (Rt)	Dalam air	Status
			Suhu (t)	
(kV)	(mA)	(Mohm)	(°C)	
2,5				
5				
10				
15				
20				
25				

Tabel 7.5 Data Pengujian Kabel Sampel E

Tegangan injeksi	Arus bocor	Resistans Isolasi (Rt)	Dalam air	Status
			Suhu (t)	
(kV)	(mA)	(Mohm)	(°C)	
2,5				
5				
10				
15				
20				
25				

Tabel 7.6 Data Pengujian Kabel Sampel F

Inti kabel yang diuji	Tegangan injeksi	Arus bocor	Resistans Isolasi (Rt)	Dalam air	Status
	(kV)			Suhu (t)	
	(kV)	(mA)	(Mohm)	(°C)	
Inti Kuning	2				
	5				

	10				
	15				
	20				
	25				
Inti Coklat	2				
	5				
	10				
	15				
	20				
	25				
Inti Biru	2				
	5				
	10				
	15				
	20				
	25				

Tabel 7.7 Data Pengujian Kabel Sampel G

Inti kabel yang diuji	Tegangan injeksi	Arus bocor	Resistans Isolasi (Rt)	Dalam air	Status
	(kV)	(mA)	(Mohm)	Suhu (t)	
				(°C)	
Inti Kuning	2				
	5				
	10				
	15				
	20				
	25				
Inti Coklat	2				
	5				
	10				
	15				

	20				
	25				
Inti Biru	2				
	5				
	10				
	15				
	20				
	25				

Tabel 7.8 Data Pengujian Kabel Sampel H

Inti kabel yang diuji	Tegangan injeksi (kV)	Arus bocor (mA)	Resistans Isolasi (Rt) (Mohm)	Dalam air	Status
				Suhu (t)	
				(°C)	
Inti Kuning	2				
	5				
	10				
	15				
	20				
	25				
Inti Coklat	2				
	5				
	10				
	15				
	20				
	25				
Inti Biru	2				
	5				
	10				
	15				
	20				
	25				

Tabel 7.9 Data Pengujian Kabel Sampel I

Inti kabel yang diuji	Tegangan injeksi	Arus bocor	Resistans Isolasi (Rt)	Dalam air Suhu (t)	Status
	(kV)	(mA)	(Mohm)	(°C)	
	Inti Kuning	2			
5					
10					
15					
20					
25					
Inti Coklat	2				
	5				
	10				
	15				
	20				
	25				
Inti Biru	2				
	5				
	10				
	15				
	20				
	25				

Tabel 7.10 Data Pengujian Kabel Sampel J

Inti kabel yang diuji	Tegangan injeksi	Arus bocor	Resistans Isolasi (Rt)	Dalam air Suhu (t)	Status
	(kV)	(mA)	(Mohm)	(°C)	
	Inti Kuning	2			
5					
10					

	15				
	20				
	25				
Inti Coklat	2				
	5				
	10				
	15				
	20				
	25				
Inti Biru	2				
	5				
	10				
	15				
	20				
	25				

LAMPIRAN 4. DATA SHEET HIPOTRONICS 715-2



700 Series AC Dielectric Testers

FEATURES

- Rack Mountable
- Safety Interlock Provision
- Over Current Protection
- Overload Light
- Zero Start Interlock
- Output Connected Voltmeter and Current Meter
- Manual Reset

BENEFITS

- Safe and easy operation
- Accurate readings independent of load or line variations
- NIST Traceable
- Meets Industry Standards - Tests to most UL, CAS and other industry standards

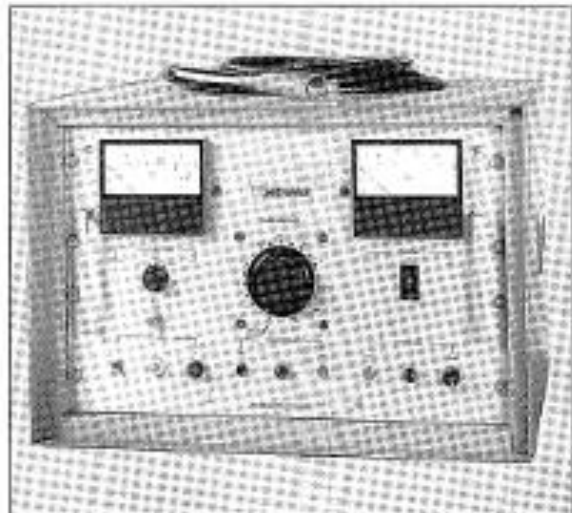
APPLICATIONS

The most common applications are for testing of:

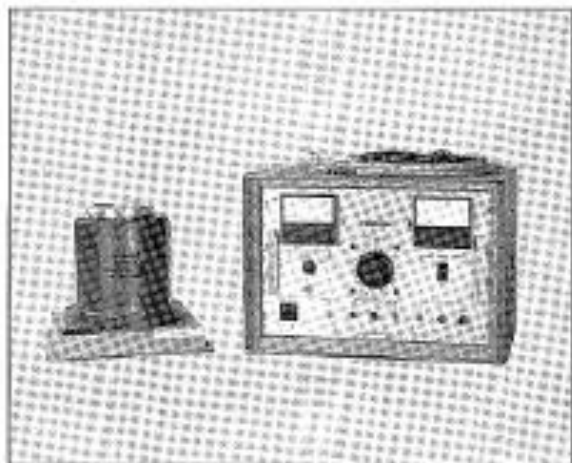
- Wire and cables
- Capacitors
- Transformers
- Coils and Inductors
- Motors
- Battery cases
- Pocking free

DESCRIPTION

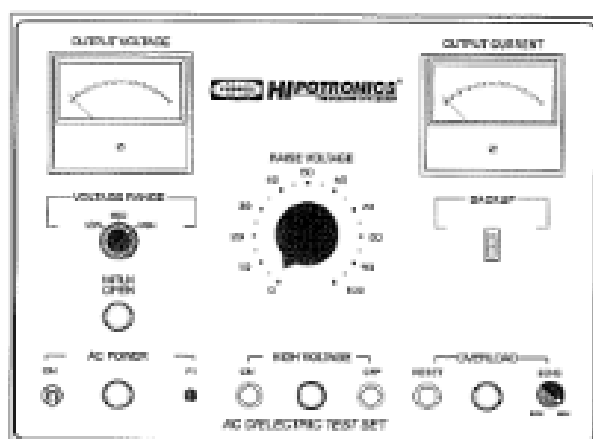
The 700 Series of AC Dielectric Testers perform AC dielectric withstand (hipot) tests. These benchtop instruments are designed to test electrical system components in a cost-efficient manner.



Model 715-1
AC Dielectric Tester



Model 730-2
AC Dielectric Tester



700 Series
Front Panel Layout

SPECIFICATIONS

MODEL NO.	Voltmeter Range (kV)	Current Meter Range (mA)	KVA	Overload Sensitivity Range (mA)	Insulation Medium
705-1	0-10/5/5	0-200	1	20-220	Air
710-1	0-20/10	0-100	1	10-110	Air
715-1	0-3.75/7.5/15	0-75	1	7-73	Air
720-1	0-4/8/20	0-60	1	5-55	Oil
730-1	0-5/10/30	0-40	1	3-37	Oil
705-2	0-10/5/5	0-400	2	40-440	Air
710-2	0-20/10	0-200	2	20-220	Air
715-2	0-3.75/7.5/15	0-150	2	15-145	Air
730-2	0-5/10/30	0-75	2	7-73	Oil
750-2	0-10/20/30	0-40	2	4-44	Oil
MODEL NO.	Duty Cycle Rating (kVA) 1 hr./continuous	Controller W x H x D (In.)	Controller Weight - Net/Ship	High Voltage Section W x H x D (In.)	HV Section Weight Net/Ship
705-1	1/0.6	21 x 15 x 19.5	85/90 lb (39/44 kg)	In controller**	None
710-1	1/0.6	21 x 15 x 19.5	85/90 lb (39/44 kg)	In controller**	None
715-1	1/0.6	21 x 15 x 19.5	85/90 lb (39/44 kg)	In controller**	None
720-1	1/None	21 x 15 x 19.5	81/91 lb (37/41 kg)	12 x 11 x 12"	40/50 lb (18/25 kg)
730-1	1/None	21 x 15 x 19.5	81/91 lb (37/41 kg)	12 x 11 x 12"	45/50 lb (21/25 kg)
705-2	1/0.6	21 x 15 x 19.5	85/105 lb (43/48 kg)	In controller**	None
710-2	1/0.6	21 x 15 x 19.5	85/105 lb (43/48 kg)	In controller**	None
715-2	1/0.6	21 x 15 x 19.5	85/105 lb (43/48 kg)	In controller**	None
730-2	1/None	21 x 15 x 19.5	70/90 lb (32/36 kg)	12 x 11 x 12"	50/55 lb (23/21 kg)
750-2	1/None	21 x 15 x 19.5	64/74 lb (29/34 kg)	14 x 12 x 14"	73/90 lb (33/36 kg)

* Bonnet type high voltage section (see picture)

- ** Terminations - HV - Corona ring with lug nut on HV Section
- Ground - Stud with screw connection on chassis of the controller
- *** Terminations - HV - 25' of RG28/U or RG8/U cable with alligator clip termination
- Ground - Stud with screw connection on chassis of the controller

For further information, contact:

Hipotronics, Inc.
A Subsidiary of Hubbel, Incorporated
Route 22, P. O. Box 414
Brewster, NY 13605, U.S.A.
1-800-737-4476
Tel: 514-279-8091
Fax: 514-279-2467

ACCESSORY

- SPARE PARTS KIT - SPK1 - (Model No.)

NOTE: Because Hipotronics, Inc. has a policy of continuous product improvement, it reserves the right to change design and specifications without notice.

700AC-08-1

4/96

**LAMPIRAN 5. DATA SHEET SAKOVA HIGH
VOLTAGE BREAKDOWN TESTER**

AC High Voltage Tester



Product Details:

Supply voltages | 3 KV to 100 KV

Sakova A.C. High Voltage Breakdown Testers basically consist of a Double Wound High Voltage Transformer with the H.T. end brought out and terminated on a spring loaded prod for ratings up to 5 KV, or the H.T. end is brought out on a bushing for higher ratings. The lower end of the H.T. winding is at near earth potential and is also brought out, through intermediate circuitry and is terminated on the EARTH connection. The intermediate circuitry included at the lower end of the H.T. winding enables tripping of supply to the H.T. Transformer, if the current through the test piece exceeds a pre-set value. The low voltage winding of the main HV Transformers is rated for 230 Volts or as specified and is energized by means of a VARIAC through a fuse link and an intermediate contactor/relay. The provision of VARIAC enables gradual application of high voltage to the specimen under test. The "Zero start" interlock switch is provided. Indicating Lamps are provided on the panel of the instruments to indicate "MAINS ON" and "H.T. ON". A Voltmeter is provided on the panel to indicate the output high voltage. The voltmeter is connected on the low voltage side of the main transformer but is calibrated to read the H.T. Voltage directly. The calibration is carried out at no load. If the failure of the test piece occurs, the supply to the Voltmeter is maintained, although the supply to the HV Transformer is instantaneously cut-off. The voltmeter, therefore, indicates the voltage at which the test piece has failed. The testers of ratings up to 10 KV are housed in a sheet metal housing while those of ratings above 10 KV comprise of two units, viz., a Control unit and an HV transformer unit, made of sheet metal. The Testers are available for output voltages up to 100 KV and different current ratings, as desired.

LAMPIRAN 6. DATA SHEET MEGGER S1-1054/2

Megger.**S1-554/2 and S1-1054/2**
5 kV and 10 kV Insulation Resistance Testers

S1-554/2 and S1-1054/2

5 kV and 10 kV Insulation Resistance Testers



- CAT IV 600 V
- Mains or battery powered
- Digital/analogue backlit display
- Variable test voltage from 50 to 5000 or 10,000 V
- Automatic IR, PI, DAR, SV and DD tests
- Measures to 15 TΩ (5 kV) and 35 TΩ (10 kV)
- Charge current: 5 mA
- 4 mA noise rejection and software filtering
- RS232 and USB download of results to Megger Download Manager
- On board memory for results storage

DESCRIPTION

The new 5 & 10 kV insulation resistance testers from Megger are designed specifically to assist you with the testing and maintenance of high voltage electrical equipment. IEEE 45-2000 recommends the use of 10 kV for motor windings rated above 12 kV and the Megger S1-1054/2 facilitates this. The case is incredibly rugged and easy to carry, being made of tough polycarbonate and achieving an ingress protection rating of IP65. In addition, the model number is marked on both sides of the case for ease of identification in stores or vehicles.

The instruments have a large easy-to-read backlit LCD display making it equally suitable for use in both bright sunlight and poorly lit environments. Information displayed includes resistance, voltage, leakage current, capacitance, battery status and time remaining. In addition, the elapsed time of the test is displayed constantly, removing the need for separate timers. Adjustable timers and limit alarms are included.

The instrument can test when being powered by the mains or its internal rechargeable battery, a great benefit when site conditions are unknown or long term testing is required.

The controls of the instrument are clear and unambiguous and a "quick start" guide is included in the lid of the instrument removing the need to carry bulky manuals under site conditions.

The instrument is fitted with a guard terminal to enhance accuracy. The guard test lead is included as standard with the instrument.

To further enhance the flexibility of the instruments both have the facility to set the test voltage in steps from 50 V to the maximum output voltage avoiding the expense of several insulation resistance testers to meet your application needs.

These IR instruments are designed to meet the highest safety standards and meet the requirements of EN61010. In addition, the instrument measures the voltage at the terminals and if this is above 50 V then the instrument will display the high voltage warning and inhibit testing. At the end of the test the instrument will automatically discharge the energy transferred to the equipment during the test phase.

These instruments are designed to cope with the highest demands of insulation resistance measurement, providing an industry leading 5 mA of charge current, and also extremely high noise immunity, making them ideal for use in switch yards. In addition, user selectable filtering software allows long period interference to be cancelled out.

The S1-554/2 and S1-1054/2 are equally suited to routine testing and diagnostic regimes being pre-programmed with IR, PI, DAR, SV and DD profiles.


S1-554/2 and S1-1054/2
 5 kV and 10 kV Insulation Resistance Testers

SPECIFICATIONS
Voltage input range

85-255 V rms 50/60 Hz, 60 VA

S1-554/2 battery life

Typical capacity is 6 hours continuous testing at 5 kV with a 100 MΩ load

S1-1054/2 battery life

Typical capacity is 4 hours continuous testing at 10 kV with a 100 MΩ load

S1-554/2 test voltages

50 V to 1 kV in 10-V steps, 1 kV to 5 kV in 25-V steps

S1-1054/2 test voltages

50 V to 1 kV in 10-V steps, 1 kV to 10 kV in 25-V steps

S1-554/2 Accuracy (23 °C, 5 kV)

	3000 V	2500 V	1000 V	500 V	250 V
±5% to	1 TΩ	500 GΩ	200 GΩ	100 GΩ	50 GΩ
±20% to	10 TΩ	5 TΩ	2 TΩ	1 TΩ	500 GΩ

S1-1054/2 Accuracy (23 °C, 10 kV)

	10 kV	5000 V	2500 V	1000 V	500 V	250 V
±5% to	2 TΩ	1 TΩ	500 GΩ	200 GΩ	100 GΩ	50 GΩ
±20% to	20 TΩ	10 TΩ	5 TΩ	2 TΩ	1 TΩ	500 GΩ

Guard

2% error guarding 500 kΩ leakage with 100 MΩ load

Display range

Digital display (5 digit) 10 kΩ to 15 TΩ (S1-554/2)

to 55 TΩ (S1-1054/2)

Analogue display 100 kΩ to 1 TΩ

Short circuit/charge current

5 mA @ 5 kV (S1-554/2) or 10 kV (S1-1054/2)

S1-554/2 Capacitor charge time

<1.5 seconds per μF at 5 mA to 5 kV

S1-1054/2 Capacitor charge time

<3 seconds per μF at 5 mA to 10 kV

S1-554/2 capacitor discharge time

<120 ms per μF to discharge from 5000 V to 50 V

S1-1054/2 capacitor discharge time

<250 ms per μF to discharge from 10000 V to 50 V

Capacitance measurement (above 500 V)

10 nF to 50 μF (dependent on measurement voltage)

Capacitance measurement accuracy (23 °C)

±5% ±5 nF

Voltage output accuracy (0 °C to 30 °C)

+4%, -0% ±10 V of nominal test voltage at 1 GΩ load

Current measurement range

0.01 nA to 5 mA

Current measurement accuracy (23 °C)

±5% ±0.2 nA at all voltages

Default voltmeter range:

50-600 V a.c. or d.c. Accuracy (23 °C) + or -2% + or -1 V

Interference rejection
S1-554/2 1 mA per 250 V up to a maximum of 6 mA (selectable)

S1-1054/2 1 mA per 100 V up to a maximum of 6 mA (selectable)

Filter

10, 50 and 100 second time constants (selectable)

Timer range

Up to 99 minutes and 59 seconds from start of test

15 second minimum setting for test voltage > 1000 V

30 second minimum setting for test voltage < 1000 V

Memory capacity

12 kB

Test regimes

Auto IR, PI, DAR, SV and DD

Interface

RS232 and USB

Data store

Voltage, test time, leakage current, resistance, PI, DAR, DD, capacitance and time constant

Real time output

Serial, once per second of test voltage, current and resistance

Operating temperature

-20 °C to 50 °C

Storage temperature

-25 °C to 05 °C

Ingress protection (lid closed)

IP65

Humidity

90% RH non-condensing at 40 °C

Safety

Meets the requirements of IEC61010-1 CAT IV 600 V

EMC

Meets the requirements of IEC61326-1

Dimensions

305 x 194 x 560 mm (12.7 x 7.6 x 22 inches)

Weight

7.1 kg (15.6 lb) approx.

Megger.

51-554/2 and 51-1054/2
5 kV and 10 kV Insulation Resistance Testers

Test leads supplied

The 51-554/2 and 51-1054/2 are all supplied with test leads that are compliant with the requirements of IEC60310-051:2008. The 5 kV models are supplied with one 3m lead-set with medium sized clips. The 10 kV models are supplied with two 3m lead-sets, one with medium sized clips and the other with large clips with insulation rated to 10 kV use.

These leads are designed based on Megger's extensive knowledge of insulation testing using the latest technology. The leads are in compliance with IEC60310-051:2008 which requires a fully insulated clip design.

MEDIUM INSULATED TEST CLIP 3 m X 3 LEADSET

These test leads are supplied as standard on 51-554/2 and 51-1054/2.

These clips are designed for clamping on larger diameter test pieces but where space is at a premium.

The insulation is designed only to protect the user from the output of Megger 5 kV and 10 kV (see below 6 kV) insulation resistance testers. The clips cannot in any circumstance be relied on to protect the user from live ac systems above 600 V a.c., r.m.s. in an CATIV environment.



Cable insulation rating: 12 kV dc (marked on cable)

Cable type: flexible dual insulated silicon (inner insulation layer coloured white to highlight damage)

LARGE INSULATED TEST CLIP 3 m X 3 LEADSET

These test leads are supplied as standard on 51-1054/2.

These clips are designed for clamping on larger diameter test pieces.

The insulation is designed only to protect the user from the output of Megger 5 kV and 10 kV insulation resistance testers and systems below 600 V to the category rating above.

The clips cannot in any circumstance be relied on to protect the user from live ac systems above 600 V a.c., r.m.s. in an CATIV environment.



Cable insulation rating: 12 kV dc (marked on cable)

Cable type: flexible dual insulated silicon (inner insulation layer coloured white to highlight damage)

The design of the lead sets is intended to facilitate connection to a variety of de-energized systems for the purpose of making insulation resistance measurements. In

all cases it is the responsibility of the user to employ safe working practices and verify that the system is safe before connection. Even isolated systems may exhibit significant capacitance which will become highly charged during the application of the insulation test. This charge can be lethal and connections, including the leads and clips, should never be touched during the test. The system must be safely discharged before touching connections.

DESIGNED FOR EVERYDAY USE

Test leads are a key component of any precision instrument and that safety, long life, and the ability to provide reliable connections to a variety of test pieces found in everyday applications are of the utmost importance. Megger designs test leads for both safety and practical operation.

LOCKING HV INSULATED PLUGS/NON-REMOVABLE TEST CLIPS

All Megger 5 kV and 10 kV insulation testing test leads are fitted with unique locking HV plugs and non-removable test clips. This reduces the likelihood of a plug or clip inadvertently losing electrical connection and the capacitance of a long cable remaining fully charged.



With the arrows on the plug finger guard horizontal on the instrument as shown to lock. Twist 90° to unlock. In addition, for the same reason, the test clips are not removable from the test lead.

PRACTICAL INSULATION DESIGN



Moving jaw fingers maintain the clips touch proof safety when clip is closed but flex back to allow metal teeth of the clip to contact test piece unimpeded when in use.

Megger.

S1-554/2 and S1-1054/2 5 kV and 10 kV Insulation Resistance Testers



Megger clip being tested with IEC standard test finger for creepage and clearance.

PRACTICAL JAW DESIGN



Curved jaws allow reliable connection around test pieces and flat test tips provide excellent connection and gripping of individual wires.

Optional test leads

MEDIUM AND LARGE TEST CLIPS

Test leads above with medium and large size insulated clips are available supplied as an option in 5m, 9m, 10m and 15m lengths. These are listed in the ordering information panel at the end of this data sheet. **These test leads may also be supplied in non-standard lengths to suit a particular application / requirement. Please contact Megger for a quotation, minimum order quantities may apply.**

COMPACT TEST CLIP LEADS

These clips are designed for clamping on test pieces where access is limited. There is no insulation on these clips.



Extreme care must be taken to avoid electric shock when connecting/disconnecting due to the bare metallic clips.

Cable insulation rating: 12 kV dc (marked on cable)

Cable type: flexible dual insulated silicon (outer insulation layer coloured white to highlight damage)

COMPACT TEST CLIP WITH 5 OR 10 kV SCREENED CABLE

The clips are designed for clamping on test pieces where access is limited. There is no insulation on these clips. **Extreme care must be taken to avoid electric shock when connecting/disconnecting due to the bare metallic clips.** The screened test lead set consists of:



- A black/negative test lead that has been screened.
- A red/positive test lead that is not screened.

Cable insulation rating: 5 kV or 10 kV dc

Cable type: flexible screened PVC

Note: Screened test leads are an important accessory for those working in high noise environments, and/or locations where test lead leakage could be a problem.

CONTROL CIRCUIT TEST SETS

This probe and clip leadset is designed for testing low voltage circuits with test voltages up to 1 kV.

The insulation is designed only to protect the user from the output of Megger 5 kV and 10 kV insulation resistance testers set to a maximum output voltage of 1 kV. Do not use this leadset at voltages above 1 kV.



Cable insulation rating:
1 kV dc

More detailed information can be found on the 5 kV and 10 kV insulation tester lead sets application note. This document can be downloaded from:

www.megger.com

Megger.**S1-334/2 and S1-1034/2**
5 kV and 10 kV Insulation Resistance Testers

ORDERING INFORMATION			
Item (Qty)	Order Code	Item (Qty)	Order Code
5 kV insulation resistance tester	S1-334/2		
10 kV insulation resistance tester	S1-1034/2		
Included Accessories			
3 m lead set medium insulated clips	1000-531		
User guide on CD-ROM	2000-213		
RS232 cable	25053-025		
USB cable	25070-041		
3 x 3 m lead set large insulated clips (S1-1034/2 only)	1000-534		
Optional Accessories			
HV test lead sets			
5 m leadset x 3, medium insulated clips*	1000-841		
8 m leadset x 3, medium insulated clips	1000-842		
10 m leadset x 3, medium insulated clips	1000-843		
15 m leadset x 3, medium insulated clips	1000-844		
5 m leadset x 3, large insulated clips*	1000-845		
8 m leadset x 3, large insulated clips	1000-846		
10 m leadset x 3, large insulated clips	1000-847		
15 m leadset x 3, large insulated clips	1000-848		
*These test leads may also be supplied in non-standard lengths to suit a particular application / requirement. Please contact Megger for a quotation, minimum order quantities may apply.			
3 m leadset x 3, bare compact clips	8101-181		
8 m leadset x 3, bare compact clips	8101-182		
15 m leadset x 3, compact bare clips	8101-183		
1 kV test lead sets			
2 x 3 m control circuit, small insulated clips	6220-822		
Screened HV test leads			
1 x 3 m, 5 kV screened un-insulated compact clips	6220-835		
1 x 15 m, 5 kV screened un-insulated compact clips	6311-080		
1 x 3 m, 10 kV screened un-insulated compact clip	6220-834		
1 x 10 m, 10 kV screened un-insulated compact clip	6220-881		
1 x 15 m, 10 kV screened un-insulated compact clip	6220-833		
Other			
CB101, 5 kV calibration box	6311-077		
Calibration certificate - CB101	1000-113		
UKAS calibration certificate CB101	1000-047		

UK
Archholt Road, Dover
CT11 9BN England
T (UK) 1 300 302101
F (UK) 1 300 302342

UNITED STATES
6275 Brown Way
Dallas, TX 75237-9019 USA
T 1 800 723 2801
T 1 214 333 3201
F 1 214 333 7399

OTHER TECHNICAL SALES OFFICES
Montebelluno (TN), Sydney **AUSTRALIA**,
Ontario **CANADA**, Tignes **FRANCE**,
Dubai **USA**, Mumbai **INDIA**, Durban
SOUTH AFRICA, Coimbatore **THAILAND**,
Tolly **SWEDEN**, Obermerz **GERMANY**,
Aargau **SWITZERLAND**, Malaga **SPAIN**

ISO STATEMENT
Registered to ISO 9001:2008 Cert. no. Q 05010
Registered to ISO 14001:2004 Cert. no. 050 01007
95-004 2, 95-1016 2, 06...en, 007
www.megger.com
Megger is a registered trademark

LAMPIRAN 7. LABSHEET PENGUJIAN

PUSLITBANG

Bidang Penelitian Sistem Transmisi dan Distribusi

PENGUJIAN TEGANGAN DAN RESISTANS ISOLASI KABEL UTUH

Tanggal pengujian : 10 April 2017

Tempat pengujian : Laboratorium Tegangan Rendah

1. Data Pengujian Kabel NYA 1 x 2,5 mm²**Tabel 1.1 Data Pengujian Kabel Sampel A**

Tegangan injeksi (kV)	Arus bocor (mA)	Resistans Isolasi (Rt) (Mohm)	Dalam air	Status
			Suhu (t) (°C)	
2,5	2,2	21700	25	Tidak Tembus
5	6,5	21700	25	Tidak Tembus
10	13,8	21600	25	Tidak Tembus
15	19	21500	25	Tidak Tembus
20	22,4	21400	25	Tidak Tembus
22,1	47	2,03	25	Tembus

Tabel 1.2 Data Pengujian Kabel Sampel B

Tegangan injeksi (kV)	Arus bocor (mA)	Resistans Isolasi (Rt) (Mohm)	Dalam air	Status
			Suhu (t) (°C)	
2,5	2,3	39900	25	Tidak Tembus
5	6,8	39900	25	Tidak Tembus
10	13,9	39800	25	Tidak Tembus
15	19,5	39800	25	Tidak Tembus
20	23,3	39800	25	Tidak Tembus
23,1	62	2,72	25	Tembus

PUSLITBANG

Bidang Penelitian Sistem Transmisi dan Distribusi

Tabel 1.3 Data Pengujian Kabel Sampel C

Tegangan injeksi	Arus bocor	Resistans Isolasi (Rt)	Dalam air	Status
			Suhu (t)	
(kV)	(mA)	(Mohm)	(°C)	
2,5	2,2	5480	25	Tidak Tembus
5	6,4	5430	25	Tidak Tembus
10	13,5	5420	25	Tidak Tembus
15	18,5	5420	25	Tidak Tembus
20	21,7	5410	25	Tidak Tembus
21,2	42	0,88	25	Tembus

Tabel 1.4 Data Pengujian Kabel Sampel D

Tegangan injeksi	Arus bocor	Resistans Isolasi (Rt)	Dalam air	Status
			Suhu (t)	
(kV)	(mA)	(Mohm)	(°C)	
2,5	2,5	33700	25	Tidak Tembus
5	6,7	33700	25	Tidak Tembus
10	13,7	33600	25	Tidak Tembus
15	19,1	33600	25	Tidak Tembus
20	22,9	33600	25	Tidak Tembus
22,7	52	2,51	25	Tembus

Tabel 1.5 Data Pengujian Kabel Sampel E

Tegangan injeksi	Arus bocor	Resistans Isolasi (Rt)	Dalam air	Status
			Suhu (t)	
(kV)	(mA)	(Mohm)	(°C)	
2,5	2,5	24300	25	Tidak Tembus
5	6,2	24300	25	Tidak Tembus
10	13,6	24300	25	Tidak Tembus
15	18,8	24200	25	Tidak Tembus
20	22,1	24100	25	Tidak Tembus
22,3	49	2,16	25	Tembus

PUSLITBANG

Bidang Penelitian Sistem Transmisi dan Distribusi

2. Data Pengujian Kabel NYM 3 x 2,5 mm²

Tabel 2.1 Data Pengujian Kabel Sampel F

Inti kabel yang diuji	Tegangan injeksi	Arus bocor	Resistans Isolasi (Rt)	Dalam air Suhu (t)	Status
	(kV)	(mA)	(Mohm)	(°C)	
Inti Kuning	2	0,4	24700	25	Tidak Tembus
	5	3,6	24600	25	Tidak Tembus
	10	7,1	24300	25	Tidak Tembus
	13	26	2,11	25	Tembus
Inti Coklat	2	0,6	25200	25	Tidak Tembus
	5	3,2	25100	25	Tidak Tembus
	10	6,4	24800	25	Tidak Tembus
	13,2	28	2,23	25	Tembus
Inti Biru	2	0,4	25600	25	Tidak Tembus
	5	3,2	25600	25	Tidak Tembus
	10	6,2	25300	25	Tidak Tembus
	13,4	29	2,27	25	Tembus

PUSLITBANG

Bidang Penelitian Sistem Transmisi dan Distribusi

Tabel 2.2 Data Pengujian Kabel Sampel G

Inti kabel yang diuji	Tegangan injeksi	Arus bocor	Resistans Isolasi (Rt)	Dalam air	Status
				Suhu (t)	
	(kV)	(mA)	(Mohm)	(°C)	
Inti Kuning	2	0,7	12200	25	Tidak Tembus
	5	3,5	12000	25	Tidak Tembus
	10	7,1	11700	25	Tidak Tembus
	12,7	22	1,35	25	Tembus
Inti Coklat	2	0,5	10900	25	Tidak Tembus
	5	3,1	10700	25	Tidak Tembus
	10	6,2	10400	25	Tidak Tembus
	12,5	20	1,21	25	Tembus
Inti Biru	2	0,5	10600	25	Tidak Tembus
	5	3,2	10500	25	Tidak Tembus
	10	6,3	10100	25	Tidak Tembus
	12,4	19	1,2	25	Tembus

PUSLITBANG

Bidang Penelitian Sistem Transmisi dan Distribusi

Tabel 2.3 Data Pengujian Kabel Sampel H

Inti kabel yang diuji	Tegangan injeksi	Arus bocor	Resistans Isolasi (Rt)	Dalam air Suhu (t)	Status
	(kV)	(mA)	(Mohm)	(°C)	
Inti Kuning	2	0,4	16000	25	Tidak Tembus
	5	3,1	15900	25	Tidak Tembus
	10	6,5	15800	25	Tidak Tembus
	12,9	25	1,72	25	Tembus
Inti Coklat	2	0,6	14100	25	Tidak Tembus
	5	3,5	14000	25	Tidak Tembus
	10	6,7	13800	25	Tidak Tembus
	12,8	24	1,61	25	Tembus
Inti Biru	2	0,5	13400	25	Tidak Tembus
	5	3,2	13300	25	Tidak Tembus
	10	6,1	13000	25	Tidak Tembus
	12,7	23	1,56	25	Tembus

PUSLITBANG

Bidang Penelitian Sistem Transmisi dan Distribusi

Tabel 2.4 Data Pengujian Kabel Sampel I

Inti kabel yang diuji	Tegangan injeksi	Arus bocor	Resistans Isolasi (Rt)	Dalam air Suhu (t)	Status
	(kV)	(mA)	(Mohm)	(°C)	
	Inti Kuning	2	0,3	77700	
5		3,0	77700	25	Tidak Tembus
10		6,9	77500	25	Tidak Tembus
14,7		43	2,63	25	Tembus
Inti Coklat	2	0,5	77500	25	Tidak Tembus
	5	3,8	77500	25	Tidak Tembus
	10	6,6	77400	25	Tidak Tembus
	14,6	41	2,61	25	Tembus
Inti Biru	2	0,2	77900	25	Tidak Tembus
	5	2,9	77900	25	Tidak Tembus
	10	6,7	77800	25	Tidak Tembus
	14,8	44	2,7	25	Tembus

PUSLITBANG

Bidang Penelitian Sistem Transmisi dan Distribusi

Tabel 2.5 Data Pengujian Kabel Sampel J

Inti kabel yang diuji	Tegangan injeksi (kV)	Arus bocor (mA)	Resistans Isolasi (Rt) (Mohm)	Dalam air	Status
				Suhu (t)	
				(°C)	
Inti Kuning	2	0,4	15400	25	Tidak Tembus
	5	3,3	15200	25	Tidak Tembus
	10	6,2	15100	25	Tidak Tembus
	12,9	25	1,67	25	Tembus
Inti Coklat	2	0,6	38800	25	Tidak Tembus
	5	3,8	38700	25	Tidak Tembus
	10	6,6	38600	25	Tidak Tembus
	13,5	36	2,39	25	Tembus
Inti Biru	2	0,3	29400	25	Tidak Tembus
	5	3,2	29400	25	Tidak Tembus
	10	6,1	29200	25	Tidak Tembus
	13,4	32	2,32	25	Tembus

Mengetahui,

Teknisi



(...IRFAN...PANDO)...

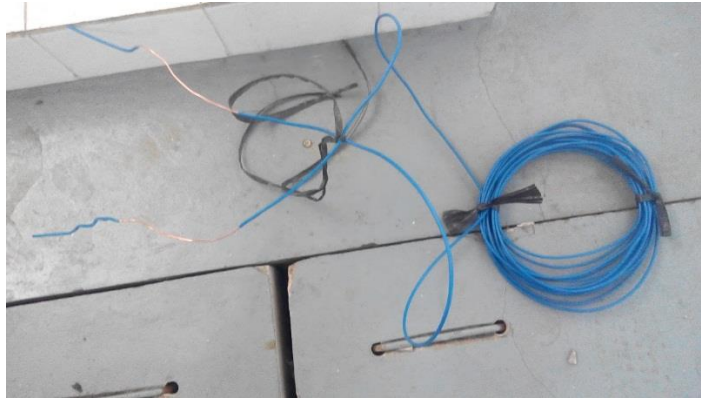
Jakarta, 2 Agustus 2017

Penguji,



Yodi Abraham

LAMPIRAN 8. DOKUMENTASI PENGUJIAN



Pengupasan Isolasi Sampel Kabel NYA 1 x 2,5 mm²



Pengupasan Isolasi Sampel Kabel NYM 3 x 2,5 mm²



Proses Pengujian Tegangan Tembus



Proses Pengujian Tahanan Isolasi



Keadaan Tembus Uji Tegangan Kabel NYA 1 x 2,5 mm²



Keadaan Tembus Uji Tegangan Kabel NYM 3 x 2,5 mm²




Keadaan Tembus Kabel NYA 1 x 2,5 mm²



Keadaan Tembus Kabel NYM 3 x 2,5 mm²

LAMPIRAN 9. SURAT PENELITIAN

 **KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI, DAN PENDIDIKAN TINGGI**
UNIVERSITAS NEGERI JAKARTA
 Kampus Universitas Negeri Jakarta, Jalan Rawamangun Muka, Jakarta 13220
 Telepon/Faksimile - Rektor: (021) 4893854, PR I: 4895130, PR II: 4893918, PR III: 4892926, PR IV: 4893982
 BAKU: 4750930, BAAK: 4759081, BAPSI: 4752180
 Bagian UHTP: Telepon: 4893726, Bagian Keuangan: 4892414, Bagian Kepegawaian: 4890536, Bagian HUMAS: 4898486
 Laman: www.unj.ac.id

*Building
Future
Leaders*

Nomor : 1048/UN39.12/KM/2016
 Lamp.
 Hal : 3 Maret 2016

Hal : Permohonan Izin Mengadakan Penelitian
 untuk Penulisan Skripsi

Yth. SDM PT. Pus Litbang PLN
 Jl. Duren Tiga, Jakarta Pusat 12760

Kami mohon kesediaan Saudara untuk dapat menerima Mahasiswa Universitas Negeri Jakarta :

Nama	Todi Abraham
Nomor Registrasi	5115122588
Program Studi	Pendidikan Teknik Elektro
Fakultas	Teknik Universitas Negeri Jakarta
No. Telp/HP	085714961024

Dengan ini kami mohon diberikan ijin mahasiswa tersebut, untuk dapat mengadakan penelitian guna mendapatkan data yang diperlukan dalam rangka penulisan skripsi dengan judul :

"Analisis Penyebab Kegagalan Listrik Pada Kabel NYA 1 x 10 mm"

Atas perhatian dan kerjasama Saudara, kami sampaikan terima kasih.

Kepala Biro Administrasi
 Akademik dan Kemahasiswaan


 Drs. Syaifulah
 NIP. 195702161984031001

Tembusan :
 1. Dekan Fakultas Teknik
 2. Kaprog / Jurusan Teknik Elektro



PT PLN (Persero)
PUSAT PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN KETENAGALISTRIKAN
(RESEARCH INSTITUTE)

Jalan Duren Tiga No. 102, Jakarta 12760 Facsimile : (021) 7991762 Website : www.pln-litbang.co.id
 Telepon : (021) 7973774, 7989982, 7980190 (021) 7975414 E-mail : customercare@pln-litbang.co.id

Nomor : 0116/SDM.04.06/PUSLITBANG/2016 30 MARET 2016
 Lampiran : -
 Sifat : Biasa
 Perihal : Penelitian Kepada

Yth. KEPALA BIRO ADMINISTRASI AKADEMIK
 DAN KEMAHASISWAAN
 UNIVERSITAS NEGERI JAKARTA
 Kampus UNJ
 Jl. Rawamangun Muka
 Jakarta 13220

Sehubungan surat Saudara No. 1048/UN39.12/KM/2016 tanggal 8 Maret 2016 perihal tersebut di atas, dengan ini diberitahukan bahwa pada prinsipnya kami dapat menerima mahasiswa tersebut di bawah ini untuk melaksanakan Penelitian di PT PLN (Persero) Puslitbang pada bulan April 2016.

Adapun Mahasiswa yang dimaksud adalah sebagai berikut :

No.	Nama	NIM	PRODI	Lokasi
1	TODI ABRAHAM	5115122588	Pendidikan Teknik Elektro	LAB.TND

Selama melaksanakan Penelitian, peserta tidak mendapat fasilitas antara lain berupa : antar jemput, penginapan, konsumsi, fasilitas kesehatan, asuransi kecelakaan kerja dan kematian, serta wajib mematuhi peraturan disiplin yang berlaku di PLN Puslitbang.





Selanjutnya agar mahasiswa yang bersangkutan menemui PLH. **Deputi Manajer Sumber Daya Manusia (Ibu. Marisa Nugrahani Hargita)** pada saat pelaksanaan Penelitian sesuai jadwal yang telah ditentukan.





Demikian kami sampaikan, atas perhatiannya diucapkan terima kasih.



MANAJER KEUANGAN, SDM & ADMINISTRASI,
 PUSAT PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN KETENAGALISTRIKAN
 (RESEARCH INSTITUTE)
 KHAIRUDIN ALI

Pak Haryo Lufito : 0812 9772 072
 (DM LABTND)

**LAMPIRAN 10. IDENTIFIKASI SAMPEL
PENELITIAN**

Nama Sampel	Dokumentasi Sampel	Identifikasi Sampel
Sampel A		Merk Kabel : Supreme
		Tipe Kabel : NYA 1 x 2,5 mm ²
		Tegangan Nominal : 450/750
		Bahan Konduktor : Tembaga
		Bahan Isolator : PVC
		Standar : SPLN 42
Sampel B		Merk Kabel : Sutrado
		Tipe Kabel : NYA 1 x 2,5 mm ²
		Tegangan Nominal : 450/750
		Bahan Konduktor : Tembaga
		Bahan Isolator : PVC
		Standar : SPLN 42
Sampel C		Merk Kabel : Voksel
		Tipe Kabel : NYA 1 x 2,5 mm ²
		Tegangan Nominal : 450/750
		Bahan Konduktor : Tembaga
		Bahan Isolator : PVC
		Standar : SPLN 42
Sampel D		Merk Kabel : Eterna
		Tipe Kabel : NYA 1 x 2,5 mm ²
		Tegangan Nominal : 450/750
		Bahan Konduktor : Tembaga
		Bahan Isolator : PVC
		Standar : SPLN 42

Nama Sampel	Dokumentasi Sampel	Identifikasi Sampel
Sampel E		Merk Kabel : Jembo
		Tipe Kabel : NYA 1 x 2,5 mm ²
		Tegangan Nominal : 450/750
		Bahan Konduktor : Tembaga
		Bahan Isolator : PVC
		Standar : SPLN 42
Sampel F		Merk Kabel : Supreme
		Tipe Kabel : NYM 3 x 2,5 mm ²
		Tegangan Nominal : 300/500
		Bahan Konduktor : Tembaga
		Bahan Isolator : PVC
		Standar : SNI 04-6629.4
Sampel G		Merk Kabel : Kabelmetal
		Tipe Kabel : NYM 3 x 2,5 mm ²
		Tegangan Nominal : 300/500
		Bahan Konduktor : Tembaga
		Bahan Isolator : PVC
		Standar : SNI 04-6629.4
Sampel H		Merk Kabel : Eterna
		Tipe Kabel : NYM 3 x 2,5 mm ²
		Tegangan Nominal : 300/500
		Bahan Konduktor : Tembaga
		Bahan Isolator : PVC
		Standar : SNI 04-6629.4

Nama Sampel	Dokumentasi Sampel	Identifikasi Sampel
Sampel I		Merk Kabel : Voksel
		Tipe Kabel : NYM 3 x 2,5 mm ²
		Tegangan Nominal : 300/500
		Bahan Konduktor : Tembaga
		Bahan Isolator : PVC
		Standar : SPLN 42
Sampel J		Merk Kabel : Kabelindo
		Tipe Kabel : NYM 3 x 2,5 mm ²
		Tegangan Nominal : 300/500
		Bahan Konduktor : Tembaga
		Bahan Isolator : PVC
		Standar : SNI 04-6629.4

LAMPIRAN - LAMPIRAN