

## ANALISIS TEGANGAN TEMBUS KABEL INSTALASI LISTRIK

**Zikra Rufina, I Wayan Ratnata, Hasbullah**  
Program Studi Pendidikan Teknik Elektro FPTK UPI  
Jl. Dr. Setiabudhi No. 207 Bandung 40154  
Email : zikrarufina@yahoo.co.id

Diterima : 08 Maret 2014

Disetujui : 28 Maret 2014

Dipublikasikan : Maret 2014

### ABSTRAK

Makalah 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.

**Kata Kunci:** Tegangan tembus (*breakdown voltage*), isolasi kabel PVC dan XLPE, pengujian tegangan tinggi AC, arus bocor

### ABSTRACT

This paper discusses the breakdown voltage test on electrical cable insulation materials . The variables measured were the maximum voltage value that is able to be detained the insulation cables until a breakdown was happened with test time of 300 seconds . Tests carried out at the Laboratory of High Voltage Indonesia University of Education with high voltage test equipment HV Test Transformer type HV 9105 with specification the maximum capacity voltage to 100 kV. This research aimed to measure the value of a normal voltage cable insulation material whether it has passed the test or not from the value of standards set by the National Electricity Company Standards, and knowing the characteristic of materials insulation cable and minimum voltage values that can pierce the cable insulation and large leakage current caused. Tests carried out on 11 samples of PVC insulated low voltage cables and XLPE insulated medium voltage cables which labeled standard and non standard . From the test results show that the cables are labeled standards have good insulation resistance because it can withstand voltages greater than its rated value with breakdown delay time is greater than a critical time. While not a standard cable has a low resistance test cable insulation breakdown voltage.

**Keywords:** Translucent voltage (breakdown voltage), PVC and XLPE cable insulation, high voltage AC testing, flow leaks

### PENDAHULUAN

Salah satu peralatan penyaluran yang digunakan dalam sistem distribusi dan transmisi listrik adalah kabel listrik. Kabel-kabel yang digunakan pada sistem instalasi listrik tersebut harus memenuhi standar yang ditentukan, baik dari segi konduktor, bahan isolasi dan seluruh konstruksi kabel.

Kabel merupakan peralatan listrik yang paling rentan menyebabkan kebakaran. 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 di atas, dapat dilihat bahwa kabel listrik merupakan peralatan yang paling rentan dalam sisi keamanan instalasi listrik [22].

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 isolasi kabel yang bertujuan untuk mengetahui kualitas dan karakteristik material isolasi kabel ketika diberi tegangan melebihi tegangan normal dan menganalisis tegangan tertinggi yang mampu ditahan oleh kabel dalam waktu tertentu agar tidak terjadi kemungkinan adanya arus bocor [7].

Kabel instalasi listrik yang diuji adalah kabel standar dan tidak standar dengan bahan isolasi PVC (*Polivinil Chlorida*) dan XLPE (*Cross-Linked Polyethylene*), jenis kabel tegangan rendah, yaitu : kabel NYA, NYM dan NYFGbY, serta kabel tegangan menengah, yaitu : kabel NA2XSEYBY.

## LANDASAN TEORI

Kabel listrik adalah kawat penghantar berisolasi 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, kecuali untuk kabel grounding, kabel TT (Tegangan Tinggi), kabel SUTET (kabel Tegangan Ekstra Tinggi), biasanya ada yang tidak dibungkus dengan isolator.

Isolator adalah bahan pembungkus konduktor untuk menahan tekanan listrik yang disebabkan tegangan arus bolak-balik maupun tegangan transien tanpa mengalami kegagalan isolasi dan tidak menyebabkan hubung pendek (*short circuit*), terbuat dari karet atau plastik. Sedangkan konduktor berfungsi untuk menyalurkan energi listrik, berupa kumpulan kawat yang dipilin agar lebih fleksibel terbuat dari tembaga atau aluminium.

Material isolasi yang banyak dipakai untuk keperluan isolasi kabel adalah jenis polimer termoplastik, yaitu PVC (*Polivinil Klorida*) yang mampu menahan tegangan tembus sampai 13 kV atau lebih dan jenis polimer termoset, yaitu XLPE (*Cross-Linked Polyethylene*) yang mampu menahan tegangan tembus sampai 15 kV atau lebih tinggi [20].

Tegangan tembus merupakan tegangan minimum yang dapat merusak bahan isolasi. Bahan isolasi dikatakan tembus apabila pada bahan tersebut mengalir muatan listrik negatif (elektron). Mengalirnya elektron-elektron secara terus menerus akan menimbulkan arus bocor pada permukaan bahan isolasi dan akan mengurai ikatan kimia bahan isolasi. Akibatnya, timbul kerak konduktif (jejak arus) yang dapat membentuk jalur konduktif dan menimbulkan tekanan elektrik yang berlebihan pada isolasi. Apabila isolasi/ dielektrik tersebut tidak dapat menahan tekanan listrik dan berubah sifat menjadi konduktif, maka bahan isolasi tersebut telah tembus listrik (*breakdown*).

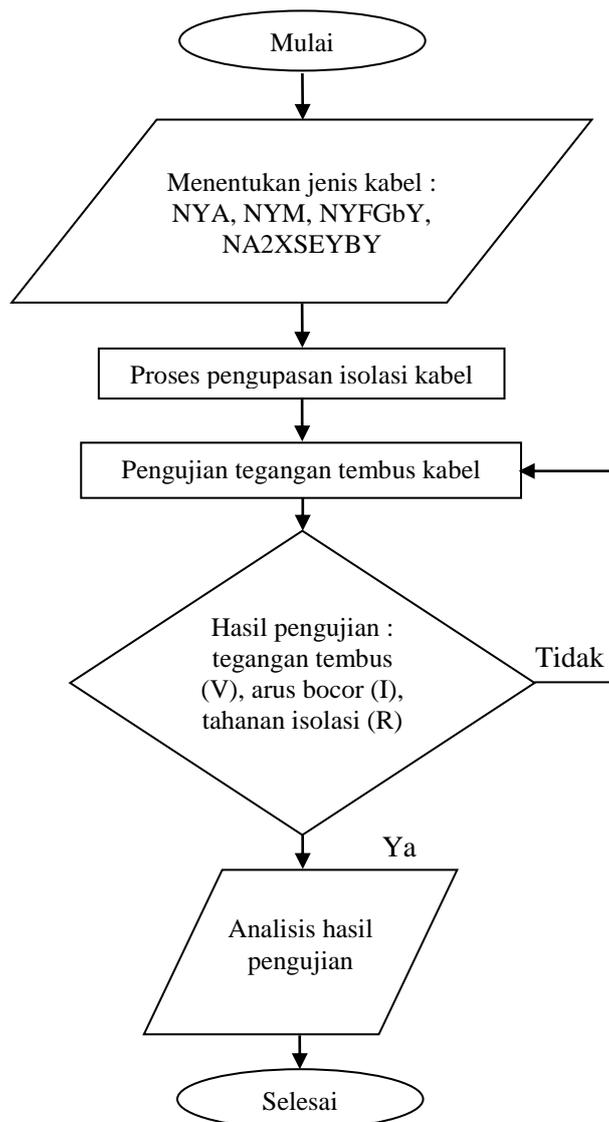
Kabel merupakan materi inti dalam transmisi dan distribusi tenaga listrik. Oleh karena itu, dibutuhkan kualitas sistem isolasi yang baik pada kabel listrik untuk mendukung stabilitas sistem. Maka, dibutuhkan pengujian tegangan tinggi untuk memberikan jaminan bahwa kabel listrik tersebut dapat

dipakai pada tegangan normalnya untuk waktu yang tak terbatas. Salah satunya dengan pengujian tegangan tembus isolasi kabel tegangan arus bolak-balik (AC) [7].

### METODE PENELITIAN

Metodelogi penelitian yang digunakan adalah pengujian tegangan tembus pada beberapa jenis kabel listrik dengan memberikan tegangan impuls/ lebih yang dinaikkan secara kontinu hingga kabel uji tersebut tembus listrik. Nilai tegangan yang membuat kabel uji tembus listrik dicatat dan merupakan nilai tegangan tembus kabel uji.

Adapun tahapan-tahapan yang dilakukan dalam penelitian ini dapat dilihat pada *flowchart* berikut, yaitu :



Gambar 1. *Flowchart* Penelitian

Pengujian ini mengambil empat type kabel, dengan jumlah sampel kabel 11 buah. Tiga type kabel adalah jenis kabel tegangan rendah (nomor satu s/d tiga) dan satu type kabel adalah kabel tegangan menengah (nomor empat). Adapun spesifikasi type kabel listrik yang diuji adalah sebagai berikut :

Tabel 1. Spesifikasi Type Kabel Uji [23]

No.	Kode Pengenal Kabel	Ukuran (mm <sup>2</sup> )	Tegangan Pengenal	Resistansi Isolasi Pada Suhu 70°C min. (Ω/km)	Kuat Hantar Arus Pada Suhu 30°C di :		Test Voltage AC (kV)
					Tanah (A)	Udara (A)	
1	NYA	1,5-2,5	450/750 V	11	15	24	2,5
2	NYM	2 x 1,5	300/500 V	11	16	19	2
3	NYFGbY	4 x 95	0,6/1 kV	30	245	245	3,5
4	NA2XSEYBY	3 x 240	12/20 kV	700	385	425	30/42

Elemen-elemen/ peralatan tegangan tinggi yang digunakan pada rangkaian pengujian tegangan tembus pada beberapa jenis kabel instalasi listrik adalah sebagai berikut [21] :

- a. *HV Test Transformer* tipe HV 9105, nilai tegangan 220 V/100 kV, nilai arus 22,75 A/50 mA, daya nominal 5 kVA (kontinu)/7,5 kVA (waktu singkat)
- b. Kapasitor Pengukuran (*Measuring Capacitor*) tipe HV 9141, nilai tegangan 100 kV (rms) 50 Hz, nilai kapasitansi 100 Pf
- c. Kabel-kabel penghubung fasa-netral dengan kapasitas 500 A
- d. Sela-sela bola, diameter (D) 100 mm
- e. Isolator keramik 20 kV tipe pin
- f. *Earthing Rod* HV 9107, panjang 2,5 m, resistansi 100 ohm
- g. *Control Desk* tipe HV 9103, tegangan input 220 V/0-230 V AC, output 5 kVA (kontinu)/10 kVA (waktu singkat 2 menit ON), frekuensi 50 Hz/60 Hz

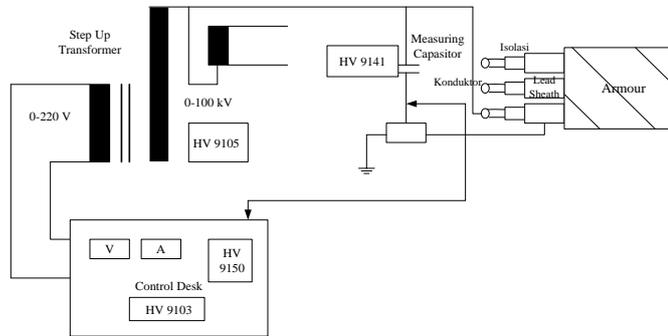
Pengujian bertujuan untuk mengukur nilai tegangan uji normal pada setiap kabel apakah telah lolos uji atau tidak dari nilai standar yang telah ditetapkan oleh Standar Perusahaan Listrik Negara (SPLN), serta mengetahui sifat-sifat bahan isolasi kabel dan nilai tegangan minimum yang dapat menembus kabel juga nilai arus bocor yang ditimbulkan.

Proses pengujian dibagi menjadi dua tahap, yaitu :

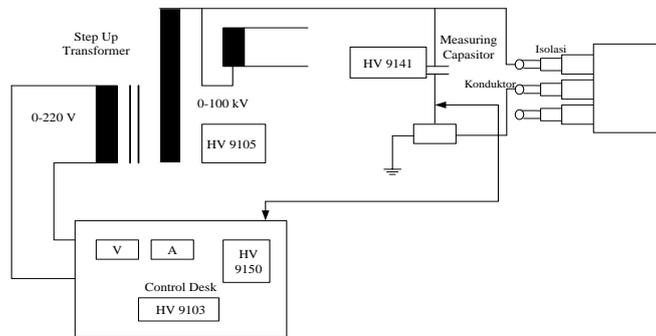
- a. Proses persiapan awal pengujian
  - 1) Pengupasan isolasi masing-masing kabel
  - 2) Menyiapkan *form* untuk mencatat data hasil pengujian dan mengecek peralatan pengujian
  - 3) Mengukur nilai pentanahan (*grounding*) peralatan pengujian
  - 4) Menyiapkan perekam video untuk merekam data pengujian
  - 5) Merangkai kabel sesuai dengan gambar rangkaian pengujian
- b. Pelaksanaan Pengujian

Tempat pelaksanaan pengujian berlokasi di Laboratorium Tegangan Tinggi, Universitas Pendidikan Indonesia. Pengujian dilakukan pada salah satu inti kabel dengan dua tahapan uji, yaitu : pengujian antara konduktor dengan lapisan isolasi kabel uji (lapisan tembaga pada kabel NA2XSEYBY dan lapisan spiral pita baja pada kabel NYFGbY) dan pengujian antara konduktor dengan konduktor.

1) Rangkaian pengujian kabel NA2XSEYBY

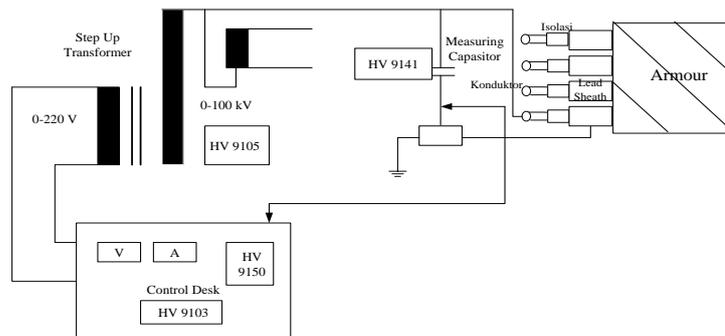


Gambar 2. Rangkaian Pengujian Tegangan Tembus Isolasi Kabel NA2XSEYBY (antara Konduktor dan Isolasi *Lead Sheath*)

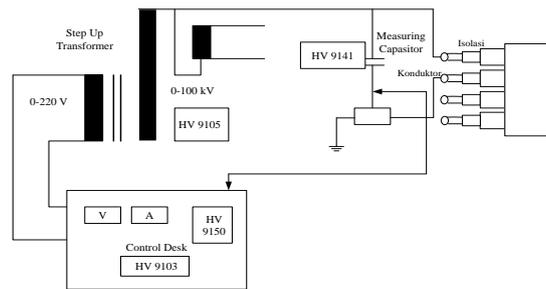


Gambar 3. Rangkaian Pengujian Tegangan Tembus Isolasi Kabel NA2XSEYBY (antara Konduktor dan Konduktor)

2) Rangkaian pengujian kabel NYFGbY



Gambar 4 Rangkaian Pengujian Tegangan Tembus Isolasi Kabel NYFGbY (antara Konduktor dan Isolasi *Lead Sheath*)



Gambar 5. Rangkaian Pengujian Tegangan Tembus Isolasi Kabel NYFGbY (antara Konduktor dan Konduktor)

Adapun langkah-langkah yang dilakukan pada proses pengujian adalah sebagai berikut :

1. Setelah mengukur nilai pentanahan (*grounding test*) dan kabel uji telah dikupas isolasinya dengan baik dan benar dan telah direnggangkan antar fasanya, maka pilih salah satu kabel uji dan rangkai sesuai gambar di atas
2. Atur jarak elektroda bola sekitar 2,5 mm
3. Pastikan kabel penghubung melilit inti kabel atau lapisan isolasi kabel uji (lapisan tembaga pada kabel NA2XSEYBY dan lapisan spiral pita baja pada kabel NYFGbY) dengan baik, yaitu posisi lilitan rapat dan tidak longgar.
4. Tutup dan kunci pagar pembatas tempat peralatan pengujian dan nyalakan alat pengujian *High Voltage Test Transformer* pada posisi ON (lampu peringatan warna merah akan menyala)
5. Atur nilai tegangan input dengan mengatur besaran tegangan menggunakan tombol kontrol yang ada pada *control desk* dan naikkan nilai tegangan input *hipot test* tersebut secara bertahap sampai terjadi *breakdown* pada kabel uji, yaitu dari mulai terjadi arus bocor (keluar suara mendesis/ *noise*) dan keluar percikan bunga api pada inti kabel/konduktor yang diberi tegangan
6. Lakukan perekaman video untuk mengambil data nilai tegangan input, nilai tegangan output, nilai arus yang keluar pada layar *control desk* dan menghitung lama waktu yang dibutuhkan sampai terjadi *breakdown*
7. Setelah terjadi *breakdown* total pada kabel uji, posisikan peralatan pengujian pada posisi OFF (lampu peringatan warna hijau akan menyala)
8. Buka pagar pembatas dan sebelum menyentuh elemen-elemen peralatan pengujian, maka elemen tersebut harus dibumikan terlebih dahulu dengan menggunakan *Earthing Rod* (tangka berisolasi) untuk membuang arus induksi pada setiap peralatan pengujian dan pada kabel uji
9. Lakukan langkah pengujian yang sama (dari nomor 3 dan seterusnya) secara tertib untuk menguji kabel/sampel pengujian yang lainnya
10. Data yang sudah terekam dapat diputar ulang dan dicatat nilai-nilainya untuk digunakan sebagai data dalam analisa hasil pengujian

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Setelah dilakukan pengujian tegangan tembus pada beberapa jenis kabel instalasi listrik dan diperoleh data hasil pengujian, serta dilakukan pembahasan data pada masing-masing kabel uji. Selanjutnya dari keseluruhan data dilakukan rekapitulasi pada saat diberi tegangan injeksi maksimum dan dapat dihitung nilai tahanan isolasi ( $R_t$ ) dengan persamaan Hukum Ohm, yaitu :

$$R_t = \frac{V}{I_b} \quad (1)$$

Keterangan :

V = Tegangan injeksi (kV)

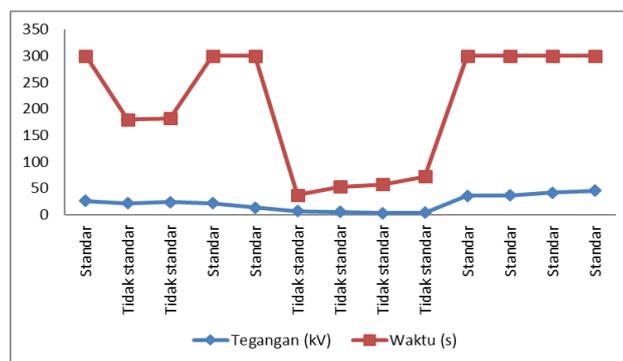
I<sub>b</sub> = Arus bocor (mA)

R<sub>t</sub> = Tahanan saat terjadi kebocoran arus (Mega Ohm)

Tabel hasil pengukuran dan perhitungan keseluruhan data hasil pengujian tegangan tembus beberapa kabel instalasi listrik dapat dilihat sebagai berikut :

Tabel 2. *Kondisi Maksimum Tegangan Tembus Pada Beberapa Jenis Kabel Instalasi Listrik*

Identifikasi Sampel Kabel Uji	Waktu Tunda Tembus (s)	Tegangan Injeksi (kV)	Arus Bocor (mA)	Tahanan (Mega Ohm)	Keterangan :
NYA 1,5 mm <sup>2</sup>	300	25,8	1,2	30,96	Standar
NYA 1,5 mm <sup>2</sup>	180	21,6	0,9	19,44	Tidak Standar
NYA 2,5 mm <sup>2</sup>	182	23,6	1,0	23,6	Tidak Standar
NYA 2,5 mm <sup>2</sup>	300	21,9	0,9	19,71	Standar
NYM 2 x 1,5 mm <sup>2</sup>	300	13,6	1,2	16,32	Standar
NYM 2 x 1,5 mm <sup>2</sup>	37	7	0,1	0,7	Tidak Standar
NYM 2 x 1,5 mm <sup>2</sup>	53	5,2	0,4	2,08	Tidak Standar
NYM 2 x 1,5 mm <sup>2</sup>	57	2,9	0,1	0,29	Tidak Standar
NYM 2 x 1,5 mm <sup>2</sup>	72	3,4	0,3	1,02	Tidak Standar
NYFGbY 4 x 95 mm <sup>2</sup>	300	35,6	3,1	110,36	Standar (Fasa-Fasa)
NYFGbY 4 x 95 mm <sup>2</sup>	300	36,1	3,1	111,91	Standar (Fasa-Lead Sheath)
NA2XSEYBY 3 x 240 mm <sup>2</sup>	300	42,0	2,5	105,0	Standar (Fasa-Fasa)
NA2XSEYBY 3 x 240 mm <sup>2</sup>	300	45,2	3,2	144,64	Standar (Fasa-Lead Sheath)



Gambar 6. Kondisi Maksimum Tegangan Tembus Pada Beberapa Jenis Kabel Instalasi Listrik

Dari data hasil pengujian pada tabel 2 dan gambar grafik 6 di atas menunjukkan karakteristik tegangan tembus bahan isolasi pada beberapa jenis kabel instalasi listrik, dimana isolasi XLPE (*Cross-Linked Polyethylene*) memiliki nilai nilai tegangan tembus maximum (*AC breakdown/ acbd*) lebih besar daripada bahan isolasi PVC (*Polivinil Chlorida*). Oleh karena itu, bahan isolasi XLPE cocok diaplikasikan pada kabel Tegangan Menengah (TM) 12/ 20 kV dan kabel Tegangan Rendah (TR) 0,6/ 1 kV. Sedangkan bahan isolasi PVC cocok diaplikasikan pada kabel TR saja, karena kekuatan dielektrik PVC hanya berkisar antara 20-35 kV/ mm sedangkan kekuatan dielektrik XLPE berkisar antara 40-50 kV/ mm. Dari gambar 6 menunjukkan bahwa kabel yang standar memiliki waktu tunda tembus yang lebih lama dibandingkan kabel yang tidak standar, artinya bahan isolasi pada kabel standar memiliki ketahanan uji tegangan tinggi lebih (*over voltage*) yang lebih baik dibandingkan kabel tidak standar, yang mana ketahanan uji tersebut merupakan kemampuan bahan isolasi untuk menahan tegangan tinggi AC yang melebihi tegangan kerja normalnya selama waktu tertentu sebelum terjadinya tembus listrik (*breakdown voltage*).

Hasil pengujian tegangan tembus pada beberapa jenis kabel instalasi listrik ini menunjukkan bahwa kualitas bahan isolasi kabel berlabel standar lebih baik daripada kabel yang tidak berlabel standar. Dari data hasil pengujian dapat dilihat nilai tegangan tembus maximum yang mampu ditahan bahan isolasi kabel dengan waktu 300 detik sudah memenuhi persyaratan uji tegangan tembus, dimana persyaratan uji tegangan tembus kabel tegangan rendah 0.6/1 (1.2) kV dengan isolasi PVC adalah 3,5 kV selama 5 menit (SPLN 43-2 : 1994), untuk kabel tegangan rendah 300/500 V dan 450/750 V dengan isolasi PVC adalah 2 kV, 5 menit (SPLN 43-1 : 1994). Sedangkan untuk kabel tegangan menengah 12/20 (24) kV dengan isolasi XLPE adalah 30 kV selama 5 menit (IEC 60502-2).

Perbedaan nilai arus bocor yang dihasilkan pada kabel tegangan rendah dengan kabel tegangan menengah dapat dianalisis bahwa semakin besar tegangan yang masuk maka semakin besar pula arus bocor yang menembus bahan isolasi. Kegagalan pada bahan isolasi akan menyebabkan hubung pendek (*short circuit*) dan juga kerusakan pada sistem transmisi listrik.

## PENUTUP

### Kesimpulan

Setelah melakukan pengujian tegangan tembus pada masing-masing sampel pengujian dan menganalisis hasil pengujian, dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Semua kabel berlabel standar yang dijadikan sampel pengujian telah memenuhi persyaratan uji tegangan tembus berdasarkan standar PLN (SPLN) 04-6629.4 dan standar IEC 60502-2. Sedangkan kabel non-standar tidak memenuhi persyaratan uji tegangan tembus.
2. Kualitas material isolasi kabel uji berlabel standar dikatakan baik karena pada pengujian normal berdasarkan persyaratan uji tegangan tembusnya hingga melebihi tegangan uji standar setiap kabel tersebut tidak tembus listrik (*breakdown*). Sedangkan kualitas isolasi kabel non-standar dikatakan buruk karena tembus listrik pada waktu yang singkat ketika tegangan ujinya telah melebihi tegangan kerja.
3. Karakteristik isolasi PVC pada kabel tegangan rendah yang berlabel standar menunjukkan bahwa isolasi kabel mampu menahan tegangan maksimum dengan waktu 300 detik di atas 13 kV/ mm atau lebih. Sedangkan karakteristik isolasi XLPE pada kabel tegangan menengah bisa sampai di atas 20 kV/ mm atau di atas 30 kV/ mm.
4. Semakin besar nilai tegangan input yang diberikan, maka semakin besar pula arus bocor yang mengalir pada bahan isolasi. Jadi, bahan isolasi XLPE memiliki ketahanan uji terhadap arus bocor yang lebih tinggi dibandingkan bahan isolasi PVC karena memiliki tegangan tembus yang tinggi.
5. Pengujian tegangan tembus isolasi kabel dilakukan dengan uji tegangan arus bolak balik (AC) menggunakan *HV Test Transformer* tipe HV 9105 dengan spesifikasi kapasitas maksimum tegangan sampai 100 kV. Pengukuran dilakukan dengan instrument alat ukur yang ada pada *Control Desk* tipe HV 9103. Terjadinya tembus listrik tergantung pada lamanya/ durasi pengujian.
6. Pengujian isolasi PVC sampai mengalami kegagalan dielektrik/ tembus listrik dan terjadi percikan bunga api, menimbulkan kegosongan dan berubah menjadi arang. Sedangkan pada bahan isolasi XLPE tampak menghitam pada bagian permukaannya saja.

### Saran

1. Bagi masyarakat umum sebagai konsumen/ pengguna kabel listrik, disarankan agar menggunakan kabel yang berlabel standar karena telah lulus uji persyaratan standar PLN dan memiliki kualitas isolasi yang lebih baik dibandingkan dengan kabel yang tidak memiliki label standar.
2. Bagi peneliti lain yang tertarik untuk melakukan pengujian tegangan tembus kabel instalasi listrik, dapat menambah sampel kabel yang akan diuji. Misalnya, kabel tegangan rendah berisolasi XLPE.
3. Parameter pengujian dapat dikembangkan, misalnya dengan menggunakan temperatur akibat arus bocor yang ditimbulkan maupun temperatur ruangan pada saat pengujian.
4. Untuk kesempurnaan dalam proses pengujian, maka kupasan isolasi XLPE pada kabel tegangan menengah harus dilakukan dengan ahlinya agar hasil kupasan mulus dan tidak merusak isolasi tersebut.
5. Dalam proses pengujian harus didampingi oleh pengawas/ pembimbing yang ahli dibidang uji tegangan tinggi dan memiliki pengetahuan tinggi tentang tegangan tinggi, karena dalam pengujian ini akan dihasilkan tegangan sangat tinggi sampai 100 kV dan sangat berbahaya bagi keselamatan operator.

### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Eko, P. P. (2012). "Pengujian Tegangan Kritis dan Tegangan Tembus Pada Kabel NYFGbY Tegangan Rendah (*Low Voltage*) 3x25 mm<sup>2</sup>". *Jurnal Teknologi*. **5**, (1), 48-52.
- [2] Erhaneli. (2012). "Pengaruh Arus Bocor Terhadap Perubahan Temperatur Pada Kabel Bawah Tanah 20 kV". *Jurnal Momentum*. **12**, (1), 28-31.

- [3] Hasan, B. (2006). *Peralatan Teknik Tegangan Tinggi*. Bandung : Pustaka Ramadhan.
- [4] Hasbullah. (2012). “Sistem Isolasi Padat”. Makalah pada mata kuliah Sistem Isolasi Listrik, Bandung.
- [5] Hermawan, O. *Analisis Partial Discharge Pada Pengujian Kabel XLPE Tegangan Menengah Satu Inti dan Tiga Inti*. [Online]. Tersedia : <https://kabelistrikinfo/kabel-listrik/referensi-pengetahuan-listrik/teori-dasar-listrik> [14 November 2013]
- [6] Kind, D. (1993). *Pengantar Teknik Eksperimental Tegangan Tinggi*. Bandung : Institut Teknologi Bandung.
- [7] L. Tobing, B. (2012). *Dasar-dasar Teknik Pengujian Tegangan Tinggi*. Jakarta : Erlangga.
- [8] L. Tobing, B. (2012). *Peralatan Teknik Tegangan Tinggi*. Jakarta : Erlangga.
- [9] Mahmud, S. (2012). “Analisis Kapasitas Arus Hubung Singkat Saluran Kabel Bawah Tanah 20 kV Berisolasi XLPE”. SAINTEK 2012.
- [10] Martoni, D. (2008). “Analisis Karakteristik Peluahan Sebagian Pada Model Void Berdasarkan Fungsi Waktu dan Tegangan Dalam PVC (Polyvinyl Chloride)”. *Jurnal Teknologi Elektro*. **7**, (1), 1-5.
- [11] Meliala, D. (2007). “Perbaikan Tahanan Isolasi Sambungan Kabel *Electric Submersible Pump* (ESP)”. *Jurnal Sains dan Teknologi*. **6**, (2), 53-58.
- [12] Neidle, M. (1982). *Teknologi Instalasi Listrik*. Jakarta : Erlangga.
- [13] Setiabudy, R. (2007). *Material Teknik Listrik*. Depok : Universitas Pendidikan Indonesia.
- [14] SNI IEC 60502-1. (2009). *Kabel Daya dengan insulasi terekstrusi dan lengkapannya untuk voltase pengenal dari 1 kV sampai 30 kV*. [Online] : Tersedia : <http://SNIIEC60502-1.html> [14 November 2013]
- [15] SNI IEC 60502-2. (2009). *Kabel Daya dengan insulasi terekstrusi dan lengkapannya untuk voltase pengenal dari 1 kV sampai 30 kV*. [Online] : Tersedia : <http://SNIIEC60502-2.html> [14 November 2013]
- [16] SPLN 43-1. (1994). *Kabel Pilin Tanah Berisolasi dan Berselubung PVC dengan Tegangan Pengenal 0,6/ 1 kV*. [Online] : Tersedia : <http://SPLN43-1.html> [14 November 2013]
- [17] SPLN 43-5-1. (1995). *Kabel Pilin Tanah Berisolasi XLPE dan Berselubung PE/ PVC dengan Tegangan Pengenal 12/ 20 (24) kV*. [Online] : Tersedia : <http://SPLN43-51.html> [14 November 2013]
- [18] Suratno, K. (2008). *Material Penyusun Kabel Listrik. Laporan Power Point*. PT JEMBO.
- [19] Syakur, A. (2009). “Pengujian TAN  $\theta$  Pada Kabel Tegangan Menengah”. *Jurnal Teknik Elektro*. **11**, (2), 107-112.
- [20] Tn. (2010). *Kriteria Desain Engineering Konstruksi Jaringan Distribusi Tenaga Listrik*. [Online] : Tersedia : <http://PTPLN.html> [14 November 2013]
- [21] Wayan, I. R. (2010). *Modul Praktek Tegangan Tinggi*. Bandung : Universitas Pendidikan Indonesia.
- [22] \_\_\_\_\_.Data Kebakaran Wilayah Jakarta. (2007). *Laporan Dinas Pemadam Kebakaran*. Jakarta : Pemadam Kebakaran.
- [23] \_\_\_\_\_.Datashet Kabel Listrik. (2013). *Laporan Produksi Kabel Listrik*. Jakarta : PT Voksel Electric Tbk, PT Sucaco Tbk.