

PENGUJIAN BREAKDOWN VOLTAGE BAHAN ISOLASI PVC KABEL INSTALASI LISTRIK

Muh Rifai Damogalad¹⁾, Jumiaty Ilham²⁾ Ervan Hasan Harun²⁾

^{1,2} Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Gorontalo

Email: faydamogalad@gmail.com¹⁾

Nomor Telp : +62 815 2611 7532

Asal Negara: Indonesia

ABSTRAK

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 ketikadiberi tegangan melebihi tegangan normal lalu menganalisis tegangan tertinggi yang mampu ditahan oleh kabel dalam waktu tertentu. Parameter yang digunakan pada desain penelitian yaitu adalah tahanan isolasi dan arus bocor. Pengujian dilakukan di Laboratorium Tegangan Tinggi Universitas Negeri Gorontalo dengan alat uji tegangan tinggi *HV Trafo* merek terco swedia dengan spesifikasi kapasitas maksimum tegangan sampai 100 kV. Sampel kabel yang digunakan adalah kabel NYM 2x2,5 dengan merek eterna, supreme dan zentrum.

Kata kunci: Tegangan Tembus, Tahanan Isolasi, Kabel Instalasi

ABSTRACT

This research examines the breakdown voltage on low voltage cables, by testing the voltage to breakdown and insulation resistance on low voltage cables. The purpose of this study was to determine the maximum limit of the cable sample's ability to receive injection voltage before experiencing an electric breakdown and the impact on insulation resistance and cable leakage current when given a voltage exceeding normal voltage and then to analyze the highest voltage that the cable can withstand in a certain time. The parameters used in the research design are insulation resistance and leakage current. The test was carried out at the High Voltage Laboratory, State University of Gorontalo with a high voltage tester HV transformer brand Terco Sweden with specifications for a maximum voltage capacity of up to 100 kV. The cable samples used were NYM 2x2.5 cables with the brands eterna, supreme and zentrum

Keywords: Breakdown Voltage, Insulation Resistance, Cable Installation

1. 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. (1)

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. (2)

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*). (3)

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. (4)

Bahan isolasi pada selubung kabel standar memiliki ketahanan uji tegangan tinggi yang lebih baik dibanding kabel tidak standar, yang mana ketahanan uji tersebut merupakan kemampuan bahan isolasi selubung kabel untuk menahan tegangan tinggi arus bolak-balik yang melebihi tegangan kerja normalnya selama rentang waktu tertentu sebelum terjadinya tembus listrik (breakdown voltage). (5)

Setiap instalasi listrik yang sudah terpasang harus dapat dijamin keamanan dan kehandalannya. Untuk itu kabel instalasi sebagai salah satu bahan yang digunakan dalam instalasi listrik tersebut harus memiliki tahanan isolasi sesuai standar yang diijinkan, dan telah lulus uji. Salah satunya melalui pengujian tegangan tembus dari selubung kabel yang bertujuan untuk mengetahui kualitas material isolasi dari selubung kabel ketika diberi tegangan melebihi tegangan normal serta untuk mengetahui tegangan tertinggi yang mampu ditahan oleh selubung kabel dalam waktu tertentu agar tidak terjadi kemungkinan adanya arus bocor. (6)

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. (7)

Untuk instalasi listrik pada bangunan gedung jenis kabel yang digunakan adalah kabel NYM. Jenis kabel tersebut memiliki inti penghantar yang pejal dari tembaga dengan standar ukuran 2,5 mm, yang dipasarkan dengan beberapa merk, yang sudah memenuhi standar PLN (SPLN). (8)

Kabel instalasi listrik yang diuji adalah kabel standar dengan bahan isolasi PVC (*Polivinil Chlorida*), jenis kabel tegangan rendah, yaitu Kabel NYM dengan Merek Eterna, Supreme dan zentrum.

Oleh karena itu, diperlukan adanya penelitian berupa pengukuran tegangan tembus dan tahanan isolasi kabel dengan tujuan untuk mengetahui kemampuan bahan isolasi atau besarnya tahanan isolasi dan kualitas serta kelayakan dari kabel NYM yang dipasarkan. Dengan demikian kita dapat memilih merk kabel NYM yang memiliki kualitas yang baik untuk digunakan dalam pemasangan instalasi listrik.

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini merupakan penelitian eksperimen yang dilaksanakan di laboratorium

tegangan tinggi dengan menerapkan metode pemberian tegangan pada permukaan isolasi kabel yang diuji. Untuk melakukan pengujian kekuatan isolasi kabel tersebut diperlukan :

- a) Minyak Trafo dimana minyak trafo yang digunakan adalah minyak trafo jenis Shell Diala B
- b) Kabel yang digunakan sebagai benda uji adalah kabel isolasi NYM dengan 3 merek kabel yang berbeda yaitu eterna, supreme dan zentrum.

2.1. Peralatan Pengujian

1. HV Travo penaik tegangan primer 220 Volt, tegangan sekunder 100 kV, berfungsi untuk menaikkan tegangan dengan spesifikasi 1 fasa, 3 belitan, 220/100 kV, 5 kVA, $U_k = 3,5\%$ merk Terco.



Gambar 1. Travo tegangan tinggi

2. Pembagi kapasitif (Kapasitor), yang berfungsi untuk pembagi tegangan pada standar tertentu, dengan spesifikasi 100 pF, 100kV merk Terco.



Gambar 2. Kapasitor

3. Tabung uji berfungsi sebagai wadah minyak transformator dan sebagai tempat isolasi kabel yang diuji. Tabung uji ini terbuat dari fiber glass.



Gambar 3. Tabung uji isolasi

Elektroda setengah bola yang terbuat dari stainlesssteel, berfungsi untuk menjepit isolasi kabel yang akan diuji.



Gambar 4. Elektroda uji

4. Kabel isolasi penghubung kabel penghubung, berfungsi menghubungkan objek uji dengan peralatan uji tegangan tinggi.



Gambar 5. Kabel penghubung

5. Cutter berfungsi untuk memotong dan membentuk isolasi kabel yang akan diuji.






Gambar 6. Cutter / Pemotong

2.2. Bahan Penelitian

1. Kabel uji tipe NYM dengan merek eterna, supreme dan zentrum. Adapun spesifikasi dari kabel uji diatas dijelaskan sebagai berikut :

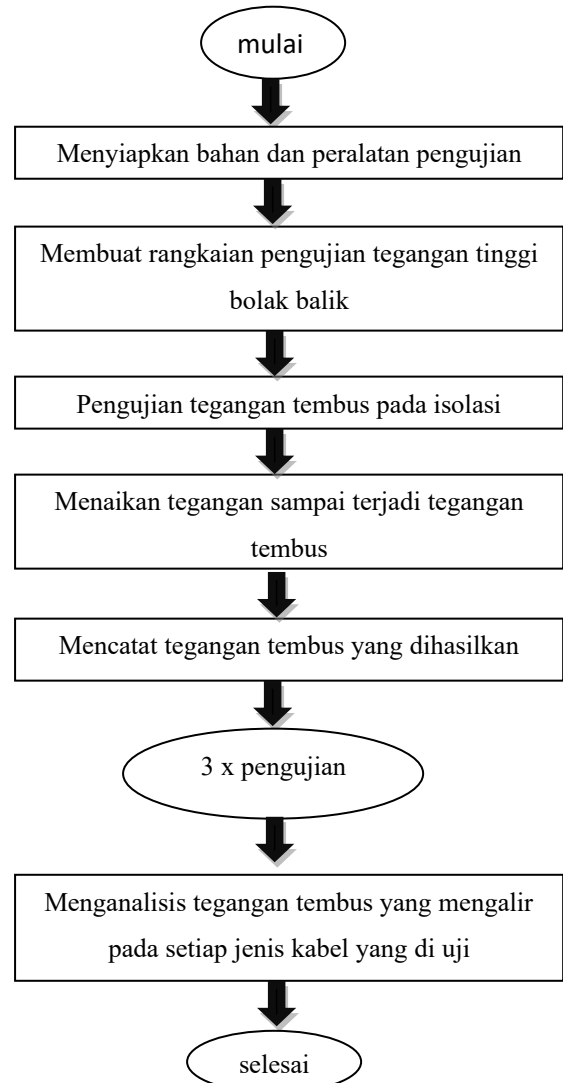
Tabel 1. Spesifikasi kabel uji

No.	Jenis isolasi Kabel	Spesifikasi	Gambar
1.	NYM	2 x 2.5 mm ² , Rating tegangan 300/500 Volt merek ETERNA	
2.	NYM	2 x 2.5 mm ² , Rating tegangan 300/500 Volt merek SUPREME	
3.	NYM	2 x 2.5 mm ² , Rating tegangan 300/500 Volt merek ZENTRUM	

2. Minyak travo berfungsi sebagai isolasi dalam pengujian isolasi kabel yang diuji, dimana pengujian ini bersifat pengujian tak merusak. Minyak travo yang digunakan adalah minyaktravo baru jenis shell diala B sebanyak 400ml.

2.3. Prosedur Penelitian

Diagram ini menggambarkan pelaksanaan dari awal sampai akhir pengujian yang dilakukan untuk mendapatkan hasil penelitian yang akurat, dibutuhkan diagram alim penelitian yang jelas seperti yang ditunjukan pada gambar dibawah ini.



ambar 7. Flowchart alur penelitian

2.4. Analisis Data

Penelitian ini akan dianalisis secara deskriptif. Namun pengukuran tegangan tembus pada jenis kabel isolasi PVC yang di uji ini akan menggunakan metode pengukuran secara langsung (direct measurement). Kemudian kabel jenis PVC yang akan di uji adalah kabel NYM. Jenis kabel instalasi listrik PVC tegangan rendah yang akan di uji menggunakan sumber tegangan tinggi AC (bolak-balik). Data hasil

pengujian tegangan tembus dapat dilihat pada tampilan voltmeter AC yang berada di meja control tegangan tinggi, dan hasil pengujian dari beberapa jenis kabel akan di interpresentasikan dengan mendeskripsikannya kedalam hasil dan pembahasan.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian isolasi kabel PVC dari berbagai jenis merek kabel ini bertujuan untuk membandingkan nilai rating tegangan yang tertera pada body isolasi kabel dengan kemampuan tegangan kerja maksimum isolasi kabel yang diuji. Proses pengujian kemampuan menahan tegangan kerja dari bahan isolasi kabel PVC akan terukur nilai *breakdown voltage* pada alat ukur Voltmeter Digital AC HV 9150 yang ada di meja tegangan tinggi, seperti terlihat pada gambar dibawah ini.



Gambar 8. Voltmeter digital AC V HV 9150

Hasil pengujian *breakdown voltage* dari bahan isolasi kabel PVC dan isolasi kabel XLPE dapat diuraikan sebagai berikut:

3.1 Hasil Pengujian Breakdown Voltage Isolasi Kabel PVC

Pengujian *breakdown voltage* setiap unit sampel isolasi kabel ini dilakukan sebanyak tiga kali pengujian, hal ini dimaksudkan untuk memperoleh nilai maksimum *breakdown voltage* yang akurat pada setiap sampel isolasi kabel yang diuji. Adapun data hasil *breakdown voltage* pengujian kabel NYM merek eterna, supreme dan zentrum dapat dilihat ditabel dibawah ini.

Tabel 2. Data pengujian kabel NYM merek eterna

Pengujian	Tegangan tembus (kV)	Rata-Rata
1.	0,84	1,02
2.	0,62	
3.	1,6	

Tabel 3. Data pengujian kabel NYM merek supreme

Pengujian	Tegangan tembus (kV)	Rata-Rata
1.	0,75	0,94
2.	0,88	
3.	1,2	

Tabel 4. Data pengujian kabel NYM merek Zentrum

Pengujian	Tegangan tembus (kV)	Rata-Rata
1.	0,82	0,9
2.	0,89	
3.	0,99	

Berdasarkan tabel diatas diperoleh data hasil nilai *breakdown voltage* maksimum pada masing-masing merek jenis kabel berisolasi PVC. Nilai rata-rata kabel instalasi listik yang diuji adalah sebesar 1.02 kV, 0,94 kV, 0,9 kV.

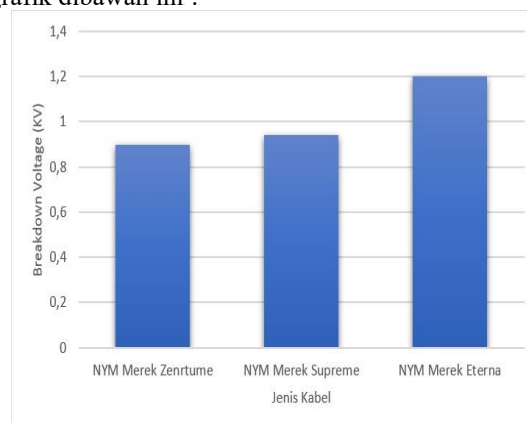
3.2 Analisis Hasil Pengujian Breakdown Voltage Isolasi Kabel PVC

Dari tabel 2 sampai dengan tabel 4 Diperoleh nilai rata-rata pengujian *Breakdown* pada masing-masing jenis merek kabel instalasi listrik berisolasi PVC seperti pada tabel dibawah ini.

Tabel 5. Data hasil rata-rata pengujian breakdown voltage kabel berisolasi PVC

Jenis Kabel	Rating Tegangan (V)	Tegangan tembus (kV)	Keterangan
NYM Merek Eterna	300/500	1,02kV	Standar
NYM Merek Supreme	300/500	0,94kV	Standar
NYM Merek Zentrum	300/500	0,9kV	Standar

Dari data pengujian breakdown voltage beberapa jenis kabel instalasi listik berbahan PVC diatas, terlihat bahwa nilai tegangan tembus dari berbagai merek kabel NYM nilainya tidak terlalu jauh hampir sama nilai trrata-rata tegangan tembusnya. Dan lebih mudahnya dapat dilihat pada grafik dibawah ini :



Gambar 9. Grafik nilai rata-rata nilai tegangan tembus

Penelitian ini pula bertujuan untuk melihat perbandingan antara rating tegangan yang tertera pada kabel apakah masing-masing jenis kabel uji yang digunakan memenuhi standar atau tidak.

Berdasarkan tabel 5 atau gambar grafik diatas menunjukkan karakteristik *breakdown voltage* bahan isolasi kabel PVC pada beberapa jenis merek kabel instalasi listrik, rata-rata nilai *breakdown voltage* dari jenis kabel yang berSNI seluruhnya memenuhi standar. atau menunjukkan nilai tegangan tembusnya maksimum diatas dari pada rating tegangan yang tertera pada masing-masing kabel. Hal ini berarti kabel tersebut mampu menahan tegangan yang lebih besar dari pada nilai yang ditetapkan.

4. KESIMPULAN DAN SARAN

4.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian diatas diperoleh data hasil nilai *breakdown voltage* maksimum pada masing-masing merek jenis kabel berisolasi PVC. Nilai rata-rata kabel instalasi listrik yang diuji adalah sebesar 1.02 kV untuk kabel NYM merek Eterna, 0,94 kV untuk kabel NYM merek Supreme, Dan 0,9 kV untuk kabel NYM merek Zentrum. 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.

4.2 Saran

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. Bagi peneliti lain yang tertarik untuk melakukan pengujian tegangan tembus kabel instalasi listrik, dapat menambah sampel kabel yang akan diuji. 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.

DAFTAR PUSTAKA

1. Marsudi D, Generator P, Tobing B. Peralatan Tegangan tinggi. Pembangunan Energi List. 2016;7(1):4–31.
2. Erhaneli, Musnadi. Pengaruh Arus Bocor terhadap Perubahan Temperatur pada Kabel Bawah Tanah 20 kV. J Momentum Inst Teknol Padang. 2012;12(1):5.
3. Pambudi PE, Panjaitan J. Pengujian tegangan kritis dan tegangan tembus pada kabel nyfgy tegangan rendah (low voltage) 3X25 mm. Vol. 5, Jurnal Teknologi. 2012. p. 48–52.
4. Bonggas L. Tobing. Dasar-dasar teknik pengujian tegangan tinggi. 2017;1–2.
5. Zikra Rufina, I Wayan Ratnata H. Analisis tegangan tembus kabel instalasi listrik. Electr Vol 12, No1, Maret 2014. 2014;13(1):89–98.
6. Yodi Abraham. Pengujian Tegangan Tembus Pada Kabel Tegangan Rendah. 2017. 1–166 p.
7. Hermawan PO. Analisis partial discharge pada pengujian kabel XLPE tegangan menengah satu inti dan tiga inti Partial discharge analysis in single core and three cores medium voltage XLPE cable test. 2013;
8. SPLN 43-1. KABEL TANAH BERISOLASI DAN BERSELUBUNG PVC, TEGANGAN PENGENAL 0,6n kv (NYY/NAYY). 1994;
9. Pengujian DT, Tinggi T. Scada System and Data Communication ",. 1973;3–5.
10. HASBULLAH M. 375201850-ISOLASI-PADAT. 2012.
11. SPLN 43-5-1. KABEL PILN TANAH BERISOLASIXLPE DAN BERSELUBUTJNGP E/PVC DENGAN TEGANGAN PENGENAL 12120(2 4) kV. 1995;(135).
12. SNI IEC 60502-2. Kabel daya dengan insulasi ekstrusi dan aksesorinya untuk voltase pengenalan dari 1 kV ($U_m = 1,2$ kV) sampai dengan 30 kV ($U_m = 36$ kV). Vol. 2014, Iec 60502-2:2014. 2014. 13 p.
13. SNI IEC 60502-1. Kabel daya dengan insulasi ekstrusi dan aksesorinya untuk voltase pengenalan dari 1 kV sampai dengan 30 kV. 2021;1–8.