

RANCANG BANGUN PEMBANGKIT TEGANGAN TINGGI DC SEBAGAI PERALATAN UJI TAHANAN ISOLASI KABEL INSTALASI RUMAH TINGGAL

Suis Setiawan¹⁾, Rachma Prilian Eviningsih²⁾, Dimas Okky Anggriawan³⁾

¹⁾Teknik Elektro Industri, Politeknik Elektronika Negeri Surabaya, Surabaya, 6011

²⁾Teknik Elektro Industri, Politeknik Elektronika Negeri Surabaya, Surabaya, 6011

³⁾Teknik Elektro Industri, Politeknik Elektronika Negeri Surabaya, Surabaya, 6011

E-mail: suissetiawan11@gmail.com

Abstract

Cables are the most vulnerable electrical equipment to cause fires. From the data on the causes of fires in the Jakarta area, it was stated that 78% were caused by electrical cables, 3% by socket-outlets, 8% by PHB (Panel Hubung Bagi) and 11% by other electrical equipment. In order to create reliability and safety of operation in electric power installations, it is necessary to test the resistance of the insulation material on the cable. There are many types of tests to determine the resistance of insulating materials, but only the DC test is able to determine the amount of pure resistance of insulation in a cable with a leakage current indicator when the cable is given an injection voltage exceeding its working voltage. The working principle of this test is to inject a certain nominal DC voltage into the cable and use Ohm's law to get the value of the insulation resistance of the cable, where the leakage current reading from the injection of DC voltage on the cable will be used to divide the test voltage and get the insulation resistance value. To get a large enough injection voltage can use a DC high voltage generator. In this final project, a DC high voltage generator using the Greinacher Cascade 3 Stage circuit is made, this circuit is able to change from a relatively small AC voltage source to a high DC voltage and the output voltage is influenced by the number of stages in the circuit. In the tool, voltage and current sensors are used to determine the magnitude of the generator output voltage and the current flowing when testing the cable. In addition, there is also a data logger using bluetooth media to store test result data. After testing, it was found that this tool is able to provide 1000 V injection on 1.5mm², 2.5mm², 4mm² NYA cables and has an accuracy of 79.3%.

Keywords: *Current, Greinacher cascade, Cable Insulation Resistance, Injection Voltage*

Abstrak

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. Agar tercipta keandalan dan keamanan operasi pada instalasi tenaga listrik perlu diadakan uji ketahanan bahan isolasi pada kabel. Ada banyak jenis pengujian untuk mengetahui ketahanan bahan isolasi, namun hanya tes DC yang mampu mengetahui besarnya tahanan murni dari isolasi pada suatu kabel dengan indikator arus bocor ketika kabel diberi tegangan injeksi melebihi tegangan kerjanya. Prinsip kerja tes ini yaitu menginjeksikan tegangan DC nominal tertentu pada kabel dan menggunakan hukum ohm untuk mendapatkan nilai tahanan isolasi kabel, dimana pembacaan arus yang bocor dari hasil injeksi tegangan DC pada kabel nanti digunakan untuk membagi tegangan pengujian dan didapatkan nilai tahanan isolasinya. Untuk mendapatkan tegangan injeksi yang cukup besar dapat menggunakan sebuah pembangkit tegangan tinggi DC. Pada makalah ilmiah ini dibuat sebuah pembangkitan tegangan tinggi DC menggunakan rangkaian Greinacher Cascade 3 Stage, rangkaian ini mampu merubah dari sumber tegangan AC yang relatif kecil ke tegangan tinggi DC dan besarnya tegangan keluaran dipengaruhi oleh banyaknya stage pada rangkaian. Pada alat digunakan sensor tegangan dan arus untuk mengetahui besarnya

tegangan output pembangkit dan arus yang mengalir saat pengujian kabel. Selain itu terdapat juga data logger menggunakan media bluetooth untuk menyimpan data hasil pengujian. Setelah dilakukan pengujian didapatkan hasil bahwa alat ini mampu memberikan injeksi 1000 V pada kabel NYA 1,5mm², 2,5mm², 4mm² dan memiliki keakuratan 79,3%.

Kata Kunci: Arus, *Greinacher cascade*, Tahanan Isolasi kabel, Tegangan Injeksi

PENDAHULUAN

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.

Berdasarkan data statistik dari Dinas Penanggulangan Kebakaran dan Penyelamatan DKI Jakarta, kasus kebakaran yang terjadi di Jakarta kebanyakan disebabkan oleh korsleting listrik. Dan diantaranya 78% disebabkan oleh kabel listrik, 3% oleh kotak kontak, 8% oleh PHB (Panel Hubung Bagi), dan 11% oleh peralatan listrik lainnya.

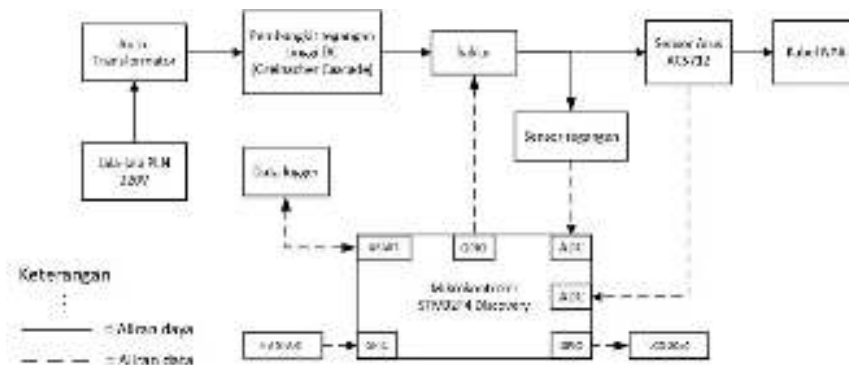
Dari data yang ada diketahui bahwa Kabel merupakan peralatan listrik yang paling rentan menyebabkan kebakaran. Untuk itu, agar tercipta keandalan dan keamanan operasi pada instalasi tenaga listrik perlu diadakan uji ketahanan bahan isolasi pada kabel.

Pengujian yang mampu mengetahui nilai tahanan isolasi kabel yaitu tes DC. Tes ini menggunakan tegangan DC sebab nilai yang ingin nanti didapatkan yakni nilai tahanan murni dari isolasi kabel, apabila menggunakan tegangan AC nilai yang terukur bukan tahanan murni lagi, melainkan nilai kapasitansi dan induktansi akibar frekuensi tegangan AC. Tes DC ini menggunakan prinsip hukum ohm, dimana nilai arus(I) yang didapatkan dari hasil pengujian digunakan untuk membagi nilai tegangan uji(V) dan akhirnya didapatkan nilai tahanan isolasi kabel. Sebab $R = V/I$.

Untuk pengujian kabel instalasi rumah diperlukan tegangan pengujian DC yang melebihi dari tegangan kerja kabel tersebut, untuk mendapatkan tegangan tersebut dibutuhkan sebuah pembangkit tegangan tinggi DC.

Sehingga dalam ini dibuat suatu rancang bangun pembangkitan tegangan tinggi DC menggunakan rangkaian Greinacher Cascade sebagai tegangan DC yang digunakan untuk tes DC pada uji tahanan isolasi kabel dengan nilai arus bocor hasil pengujian sebagai parameter penting dalam tes DC ini

DESAIN SISTEM



Gambar 1. Blok Diagram Rancangan Sistem

Pada Gambar 1 merupakan sebuah gambar rancang sistem yang dibuat yaitu pembangkit tegangan tinggi DC untuk pengujian pada kabel instalasi rumah khususnya kabel NYA. Pembangkitan tegangan tinggi DC ini menggunakan rangkaian Grainacher cascade, rangkaian ini menggunakan tegangan sumber dari jala-jala PLN. Terdapat auto-transformator yang digunakan untuk mengatur tegangan input sehingga tegangan keluaran dari rangkaian pembangkit tegangan tinggi DC sesuai dengan nominal yang diinginkan untuk tes DC tahanan isolasi kabel. Proses pengujian memerlukan kontrol start dari PB START untuk mengaktifkan saklar yang menghubungkan antara pembangkit tegangan tinggi DC dengan objek uji. Lamanya waktu saklar aktif dapat diatur menggunakan program pada mikrokontroler sehingga ketika waktu saklar aktif telah mencapai waktu yang ditentukan saklar akan otomatis OFF. Terdapat sensor tegangan dan arus untuk membaca besarnya tegangan uji (V) dan arus (I) yang mengalir pada kabel. Dengan menggunakan persamaan hukum ohm yaitu $R = V/I$, tahanan isolasi kabel (R) dapat diperoleh. Terdapat data logger untuk menyimpan data selama pengujian berlangsung dan untuk hasil pembacaan sensor tegangan, sensor arus dan hasil pengujian dapat ditampilkan pada LCD 20x4. Untuk spesimen kabel yang diuji yaitu kabel dengan ukuran penampang yang berbeda yaitu $1,5\text{mm}^2$, $2,5\text{mm}^2$ dan 4mm^2 dalam kondisi normal dan terbakar.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian Pembangkit Tegangan Tinggi DC

Pengujian tegangan DC ini menggunakan auto-transformator dengan tegangan input 220 V dan tegangan output 0 V sampai 220 V dan sebuah rangkaian greinacher cascade 3 stage.

Tabel 1
Hasil Perhitungan dan Pengujian Pembangkit Tegangan Tinggi DC

Vrms (V)	Vpeak (V)	Vdc Teori (V)	Vdc Uji (V)	Error (%)
0	0.00	0.00	0	0.00%
5.06	7.16	42.94	31.15	27.45%
10.02	14.17	85.02	60.73	28.57%
15.02	21.24	127.45	91.8	27.97%
20.04	28.34	170.05	122.3	28.08%
25.04	35.41	212.47	152.8	28.08%
30.01	42.44	254.64	183.4	27.98%
35.05	49.57	297.41	215.7	27.47%
40.08	56.68	340.09	246.6	27.49%
45.07	63.74	382.43	276.9	27.59%
50.01	70.72	424.35	308.3	27.35%
55.08	77.89	467.37	339.5	27.36%
60.05	84.92	509.54	370.8	27.23%
65.3	92.35	554.09	402.5	27.36%
70.1	99.14	594.82	431.7	27.42%
75.3	106.49	638.94	465.4	27.16%
80.3	113.56	681.37	495.5	27.28%
85.3	120.63	723.79	525.8	27.36%
90.1	127.42	764.52	555.8	27.30%
95.1	134.49	806.95	587.9	27.15%
100.1	141.56	849.38	617.3	27.32%
105.2	148.78	892.65	650.5	27.13%
110.2	155.85	935.08	679.7	27.31%
115.2	162.92	977.50	709.7	27.40%
120.1	169.85	1019.08	739.4	27.44%
125.4	177.34	1064.05	775.3	27.14%
130.1	183.99	1103.94	803.4	27.22%
135.2	191.20	1147.21	843.6	26.47%
140.1	198.13	1188.79	859.8	27.67%
145.2	205.34	1232.06	895.4	27.33%
150.2	212.41	1274.49	926.5	27.30%
155.1	219.34	1316.07	956.9	27.29%
160.1	226.42	1358.49	988.6	27.23%

Dari tabel 1 didapatkan nilai tegangan output pembangkit secara teori lebih besar dari pada hasil pengujian seperti untuk nilai output mendekati 1000 V secara teori Vrms yang dibutuhkan yaitu 115,2 V, namun pada hasil pengujian modul ketika Vrms 115,2 V output yang didapatkan hanya sebesar 709,7 Vdc dan apabila dilakukan perhitungan sedemikian rupa sehingga didapatkan error rata-rata output tegangan

sebesar 27,40 % dan agar hardware dapat mengeluarkan tegangan output 1000 Vrms harus dinaikan lagi tegangan inputnya. Penyebab munculnya Error bisa disebabkan oleh pengaruh rugi-rugi komponen ataupun ripple tegangan.

Pengujian Tahanan Isolasi Kabel

Pengujian ini merupakan pengujian yang dilakukan ketika beberapa rangkaian yang telah dibuat dirangkai dan difungsi untuk menguji kerja alat untuk pengujian kabel instalasi rumah yaitu kabel NYA dengan kondisi yang sudah direncanakan seperti pada tabel 2 dan untuk rangkaian integrasi sistem dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar . Rangkaian Integrasi Sistem Pengujian Kabel

Tabel 2
Perencanaan Kabel

Jenis	Ukuran	Kondisi
NYA	1,5 mm ²	Normal dan Terbakar
NYA	2,5 mm ²	Normal dan Terbakar
NYA	4 mm ²	Normal dan Terbakar

Adapun untuk mengetahui standar harga minimal hasil pengujian tahanan isolasi dari suatu peralatan dapat dihitung menggunakan rumus pendekatan seperti pada persamaan 1.

$$R = \frac{1000 \cdot U}{Q} \times U \times 2,5 \quad (1)$$

Keterangan :

- R = Tahanan isolasi minimal (Ohm)
- U = tegangan kerja dari spesimen uji (V)
- Q = tegangan injeksi alat (V)
- 1000 = Bilangan tetap
- 2,5 = Faktor keamanan alat

Sehingga dengan pendekatan tersebut, apabila tegangan injeksi alat 1000V dan tegangan kerja kabel NYA adalah 220 V maka standar minimal hasil pengujian tahanan isolasinya adalah :

$$R = \frac{1000.200}{1000} \times 220 \times 2,5$$

$$R = 121.000 \text{ Ohm} = 0,12 \text{ MOhm}$$

Untuk pengujiannya dilakukan pada kabel yang panjangnya sudah disamakan sepanjang 30 cm pada kondisi normal dan terbakar seperti pada tabel 3.

Tabel 3
Hasil Pengukuran Arus Kabel

Kabel	Panjang (cm)	Foto kabel Normal	Foto kabel terbakar
NYA	30		

Pembacaan arus yang diperoleh ini nantinya digunakan untuk menentukan besarnya tahanan isolasi kabel menggunakan persamaan hukum ohm yaitu $R = V/I$. Untuk data hasil pengujian tahanan isolasi kabel menggunakan pembacaan arus dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4
Hasil Pengujian Kabel dengan Tegangan Injeksi 1000V

Kabel	Penampang (mm ²)	Kondisi	Vuji(V)	Iuji (μA)	Tahanan isolasi(R) (MΩ)
NYA 30 cm	1,5	normal	1000	0,4	2500
	1,5	Terbakar		41,6	24,4
	2,5	Normal		0,4	2500
	2,5	Terbakar		34,4	29,2
	4	Normal		0,4	2500
	4	Terbakar		29,5	33,9

Selain itu dilakukan juga pengujian tahanan isolasi kabel juga dilakukan menggunakan *insulation tester*. Hal ini dilakukan untuk memvalidasi data dengan hasil pengujian integrasi hardware yang dibuat. *Insulation tester* yang digunakan adalah merk WinsPEAK VC60B+ dengan tegangan selector 1000 V dan data hasil pengukuran *insulation tester* dibandingkan dengan hasil pengukuran menggunakan alat yang sudah dibuat dan didapatkan hasil seperti pada tabel 5.

Tabel 5.
Perbandingan Pengujian Kabel Menggunakan Alat dan *Insulation Tester*

Kabel	Penampang (mm ²) dan Kondisi	Pengujian Alat (MΩ)	Pengujian Insulation tester (MΩ)	Error (%)	Akurasi (%)
NYA 30 cm	1,5 mm ² Normal	2500	1855	25,8	74,2
	1,5 mm ² Terbakar	24,4	31	22,4	77,6
	2,5 mm ² Normal	2500	1943	22,3	77,7
	2,5 mm ² Terbakar	29,2	34	13,5	86,5
	4 mm ² Normal	2500	1974	21,1	78,9
	4 mm ² Terbakar	33,9	42	19,3	80,7

Untuk hasil pengujian menggunakan hardware yang dibuat maupun *insulation tester* didapatkan nilai pembacaan tahanan isolasi ketika kondisi normal rata-rata hasilnya pengujiannya diatas 1000 MΩ dan kondisi terbakar dibawah 50 MΩ. Hal ini sudah sesuai yang ketika kabel dirusak maka tahanan isolasinya akan semakin kecil.

Selanjutnya untuk performa hardware yang dibuat untuk pengujian tahanan isolasi kabel didapatkan hasil pengujian yang tidak jauh beda dengan hasil pengujian menggunakan *insulation tester*. Rata-rata error yang terjadi ketika alat digunakan untuk pengujian tahanan isolasi kabel sebesar 20,7%, sehingga dapat dikatakan hardware yang dibuat memiliki akurasi hasil pengujian sebesar 79,3%.

SIMPULAN

Dari perencanaan dan pembuatan sistem yang telah dibuat kemudian dilakukan pengujian maka diperoleh kesimpulan berikut :

1. Hasil nilai pengukuran tegangan menggunakan multimeter sebesar 1000,1 V dan pembacaan tegangan menggunakan alat sebesar 1001,42 V dengan data yang pengukuran multimeter dan pembacaan alat apabila dibandingkan memiliki rata-rata error sebesar 0,11% dan tingkat keakuratan alat sebesar 99,89%.
2. Dalam pengujian tahanan isolasi kabel sensor arus yang digunakan tidak dapat mendeteksi besarnya arus karena nilai arus yang sangat kecil, sehingga digunakan multimeter analog sebagai pengganti sensor arus saat pengujian berlangsung.

3. Performa hardware yang dibuat untuk pengujian tahanan isolasi kabel didapatkan hasil pengujian yang tidak jauh beda dengan hasil pengujian menggunakan *insulation tester*, rata-rata error yang terjadi ketika alat digunakan untuk pengujian tahanan isolasi kabel sebesar 20,7%, sehingga dapat dikatakan hardware yang dibuat memiliki akurasi hasil pengujian sebesar 79,3%.

DAFTAR PUSTAKA

- [1]. I Made Yulistya Negara, *Teknik Tegangan Tinggi : Prinsip dan Aplikasinya*, Edisi 1. Yogyakarta: Graha Ilmu, 2013.
- [2]. Mulia, Arman. “Pengujian Tahanan Isolasi Kabel tegangan Rendah Berdasarkan SPLN 42-2:1992 dan SNI 04-6629:2011”. *Skripsi*. Pendidikan Vokasional Teknik Elektro Universitas Negeri Jakarta, Jakarta. 2018.
- [3]. Abraham, Yodi. “Pengujian Tegangan Tembus Pada kabel Tegangan Rendah”. *Skripsi*. Pendidikan Vokasional Teknik Elektro Universitas Negeri Jakarta, Jakarta. 2017.
- [4]. N.S.R. Ginting, A. syakur, A. Nugroho, “Perancangan Pembangkit Tegangan Tinggin DC dengan Metode *Cockroft-Walton* Tipe *Fullwave*,” *TRANSIENT*, Vol.7, No.2, pp 442-445, 2018.
- [5]. W.B. Pramono, D.E. Saputro, Warindi, D.S. Utama, “Rancang Bangun Pembangkit Tegangan Tinggi DC 15kV Metode *Cockroft-Walton*”, *SENTRA*, no.6, pp 179-187, 2016
- [6]. Z. Rufina, I.W. ratnata. Hasbullah, “Analisa Tegangan Tembus Kabel Instalasi Listrik”, *ELECTRANS*, no.1, pp 89-98, 2014
- [7]. G. Firmansyah, T. Haryono, B.Sugiyantoro, “Karakteristik Berbagai Jenis Bahan isolasi Kabel Instalasi tegangan Rendah”, *Jurnal Penelitian Teknik Elektro dan Teknologi Informasi*, no. 3, Vol. 1, 2014
- [8]. M.S. Naidu, V. Kamaraju, “*High Voltage Engineering*”, Edisi 3. New Delhi: Tata McGraw-Hill Publishing Company Limited, 2004.
- [9]. SPLN 39-1, “Pengujian Kabel Listrik”, Departemen Pertambangan dan Energi, Jakarta, 1981
- [10]. Gianto, Sarwoko, K. Ekki, “Perancangan dan Implementasi Pengendapan Debu dengan Tegangan Secara Elektrostatis”, *e-Proceeding of Engineering*, Vol.2, No. 2, pp 2355-9365, 2015