

UJI ARUS BOCOR KABEL JENIS NYA BERPENGHANTAR TEMBAGA DAN BERISOLASI PVC

Said Sunardiyo

Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang (UNNES)
Gedung E6 Lt.2 Kampus Sekaran Gunungpati Semarang Telp. (024) 8508104

Abstraksi : Kegagalan isolasi kabel dapat disebabkan oleh beberapa hal yaitu kabel dipakai untuk jangka waktu yang lama sehingga mengalami penuaan (*ageing*), kerusakan mekanis akibat tekanan maupun gesekan, dan berkurangnya kekuatan dielektrik kabel akibat dikenai tegangan lebih. Permasalahan pada penelitian ini adalah seberapa besar pengaruh tegangan, panjang kabel dan suhu keliling kabel terhadap arus bocor kabel tegangan rendah jenis NYA Tujuan dilakukannya penelitian ini ialah ingin mengetahui analisis pengaruh tegangan, panjang kabel, suhu, dan tekanan mekanis terhadap arus bocor yang terjadi pada kabel tegangan rendah NYA yang dipakai pada instalasi listrik rumahtangga. Populasi penelitian ini kabel NYA dan kabel yang ada di pasaran. Sedangkan sample penelitian ialah kabel NYA ukuran dimensi 2,5 mm² dan kabel ukuran dimensi 3 x 2,5 mm² rm. Variabel yang diamati pada penelitian ini ialah tegangan, panjang kabel, dan temperatur keliling kabel sebagai variabel bebas dan arus bocor sebagai variabel terikatnya. Analisis data dilakukan dengan bantuan Microsoft Excel.

Hasil dari penelitian dapat disimpulkan (1) Besar tegangan masukan berpengaruh terhadap kenaikan arus bocor kabel NYA dengan anggapan admittans kabel adalah konstan. (2) Semakin panjang sebuah penghantar, maka harga arus bocornya semakin tinggi. (3) Semakin tinggi suhu kabel, maka nilai arus bocornya semakin besar karena tahanan isolasinya menurun. Saran yang dirokemendasikan adalah perlunya penelitian lanjutan yang memvariasikan variabel lain

Kata kunci : Arus bocor, Kabel NYA,

PENDAHULUAN

Penggunaan kabel pada instalasi listrik bertujuan untuk menyalurkan tenaga listrik ke pemakai baik industri maupun rumah tangga. Mengingat bahwa kabel instalasi listrik ini bersentuhan langsung dengan manusia maka nilai keamanan dan keandalan kabel mutlak tinggi. Kegagalan sistem distribusi listrik melalui kabel ini oleh adanya kegagalan isolasi (*insulation breakdown*) harus dihindari. Kegagalan isolasi kabel dapat disebabkan oleh beberapa hal yaitu kabel dipakai untuk jangka waktu yang lama sehingga mengalami penuaan, terkontaminasi

garam, kerusakan mekanis akibat tekanan maupun gesekan, berkurangnya kekuatan dielektrik kabel akibat dikenai tegangan lebih. Faktor-faktor tersebut dapat mengakibatkan terjadinya kebocoran penyaluran tenaga listrik atau sering disebut arus bocor, sehingga energi listrik dapat hilang atau tidak tersalurkan ke konsumen. Hal ini jelas merupakan kondisi yang tidak menguntungkan bagi konsumen.

Beberapa hal yang berpengaruh besarnya arus bocor kabel instalasi listrik ialah : (a) kekuatan isolasi; (b) tegangan sistem; dan (c) kapasitansi saluran. Isolasi merupakan sifat bahan

yang berfungsi untuk memisahkan secara elektrik dua atau lebih penghantar listrik bertegangan yang berdekatan sehingga tidak terjadi kebocoran arus; dalam hal gradien tegangan tinggi tidak terjadi lompatan listrik (*flashover*) atau percikan (*sparkover*). Tingkat kemampuan bahan isolasi untuk menahan tegangan yang diterapkan pada konduktor kabel merupakan kekuatan dielektrik bahan isolasi kabel tersebut, sehingga semakin besar kekuatan dielektrik maka semakin baik dipakai sebagai isolasi kabel instalasi listrik. Apabila kabel memperoleh stres tegangan yang melebihi kapasitas hantarnya maka mengakibatkan arus bocor. Besarnya kapasitansi berkaitan dengan panjang penghantar, dimana semakin panjang penghantar makin besar kapasitasnya yang berpengaruh pada nilai susceptans dan menyebabkan nilai arus bocor semakin besar.

Berdasarkan latar belakang tersebut maka perlu dianalisis sejauhmana kualitas kabel pada instalasi listrik konsumen utamanya pada instalasi listrik rumah tangga untuk tindakan antisipasi terjadinya kebocoran arus kabel. Jenis kabel yang umumnya dipakai pada instalasi listrik rumah

tangga ialah jenis dan NYA tegangan rendah (kurang dari 1000 Volt).

Pada kenyataannya memang kabel yang dipergunakan di lapangan telah melalui pengujian baik dari intern pabrik dan PLN-LMK Laboratorium Listrik. Pengujian yang dilakukan tersebut berdasar Standar PLN (SPLN). Sehingga kabel yang dilempar ke pasar adalah kabel yang layak pakai. Pengujian yang berkaitan arus bocor pada penghantar ialah pengujian tegangan, pengujian isolasi dan selubung akibat tekanan dan suhu tinggi (SPLN 39-1 : 1981).

Namun demikian di lapangan pemakaian kabel instalasi listrik tegangan rendah sangat bervariasi misalnya ketidaksesuaian antara luas penampang dengan beban; penyambungan kabel yang tidak sempurna, tekanan / beban mekanis pada selubung luar kabel, dan suhu keliling kabel yang tinggi.

Memperhatikan kondisi tersebut maka muncul permasalahan bagaimana menganalisis arus bocor pada kabel tegangan rendah yang dipakai pada instalasi listrik rumah tangga.

Berdasarkan latar belakang tersebut maka rumusan masalah pada

penelitian ini adalah sebagai berikut : 1) Seberapa besar pengaruh tegangan terhadap arus bocor pada kabel tegangan rendah jenis NYA

2) Seberapa besar pengaruh kapasitansi atau panjang kabel terhadap arus bocor pada kabel tegangan rendah jenis NYA.

3) Seberapa besar suhu keliling kabel terhadap arus bocor pada kabel tegangan rendah jenis NYA .

KABEL NYA

Jenis hantaran yang banyak digunakan untuk instalasi listrik rumah tinggal pasangan tetap ialah kabel rumah NYA (dahulu banyak dipakai NGA) dan kabel instalasi (Van Harten, 1991). Adapun Kode Pengenal NYA adalah sebagai berikut

Huruf Kode	Komponen
N	Kabel jenis standar, dengan tembaga sebaga penghantar
Y	Isolasi PVC
A	Kawat berisolasi
Re	Penghantar bulat padat
m	Penghantar bulat berkawat banyak

Sumber : *Standar Industri Indonesia (SII) 0208-78*

Pengenal kawat berisolasi, yaitu dengan bagian isolasi diberi warna hijau-kuning atau biru muda atau hitam atau kuning atau merah. Kawat isoalsi dengan warna hijau kuning

Ruang lingkup kabel NYA meliputi syarat konstruksi, syarat mutu dan ara uji kawat berisolasi PVC tegangan nominal 1000 V.

Spesifikasi

Spesifikasi ini meliputi kawat-kawat berisolasi PVC untuk tegangan kerja sampai dengan 1000 V (pada suatu instalasi arus searah yang dihubungkan dengan baik ke tanah maka tegangan kerja yang diperkenankan ialah sampai 750 V terhadap tanah). Kawat berisolasi ini dimaksudkan untuk dipakai dalam ruang yang kering, instalasi tetap dalam pipa dan sebagai kawat-kawat hubung dalam lemari distribusi menurut peraturan instalasi yang berlaku. Penghantarnya terdiri dari kawat padat atau kawat-kawat dipilin dari tembaga polos yang dipijarkan.

Syarat Konstruksi

a. Penghantar harus memenuhi SII.0206-78 yaitu pada Tabel 1 kolom 5 untuk luas penampang 0,5 sampai 10 mm² dan Tabel III kolom 5 untuk luas penampang 0,5 sampai 400 mm².

- b. Isolasi, harga rata-rata dari tebal isolasi sesuai dengan SII.0213-78 dan tidak boleh kurang dari harga nominal yang tercantum pada Tabel I kolom 4.

Syarat Tegangan

Tegangan Nominal E ialah tegangan frekuensi jaringan tenaga listrik antara penghantar-penghantar. Tegangan yang ditentukan untuk kabel dinyatakan dengan E, dan untuk kawat-kawat berisolasi termasuk dalam spesifikasi ini ialah 1000 V.

Syarat Mutu

- a. Kuat Arus

Kuat arus maksimum didasarkan pada daya hantar arus secara terus-menerus pada suhu penghantar tidak melebihi 70 °C. Besarnya arus yang tercantum dalam Tabel I kolom 6 dan 8, berlaku untuk kawat-kawat berisolasi dalam pada suhu keliling maksimum masing-masing 30 °C dan 40 °C. Besarnya arus yang tercantum pada Tabel I, kolom 7 dan berlaku kawat-kawat berisolasi di udara pada suhu keliling maksimum masing-masing 30 °C dan 40 °C, dimana kawat berisolasi tersebut dipasang dengan jarak antara sekurang-kurangnya sama dengan diameter luar kawat berisolasi.

- b. Ukuran

Konstruksi dan kuat arus maksimum untuk kawat berisolasi NYA tegangan nominal 1000 V.

Syarat Bahan Kabel

Penghantar-penghantar dibuat dari bahan tembaga polos sesuai SII. 0206-78. Isolasi kawat dibuat dari bahan termoplastik jenis YJ-1 sesuai SII. 0207-78.

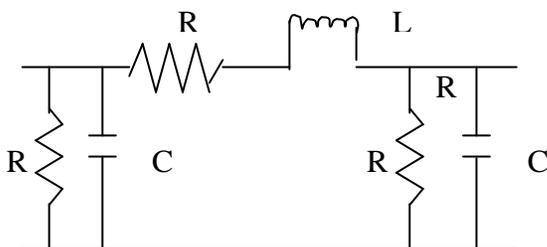
Penggunaan kabel NYA

- a. Untuk pemasangan tetap dalam jangkauan tangan, NYA harus dilindungi dengan pipa instalasi.
- b. Di ruang lembab, NYA harus dipasang dalam pipa PVC.
- c. NYA tidak boleh dipasang langsung menempel pada plesteran atau kayu, atau ditanam langsung di dalam plesteran atau kayu tetapi harus dilindungi dengan pipa instalasi.
- d. Jika di pasang di luar jangkauan tangan, NYA boleh dipasang terbuka dengan menggunakan isolator jepit atau isolator rol; cara pemasangannya harus sedemikian rupa sehingga ada jarak bebas minim 1 cm terhadap dinding dan terhadap bagian lain.

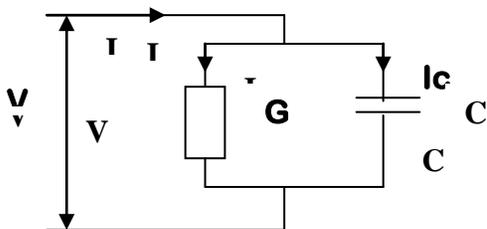
- e. NYA dapat dipergunakan di dalam alat listrik dan perlengkapan hubung bagi.
- f. NYA tidak boleh dipakai pada tempat/ruang basah, di alam terbuka atau di tempat kerja atau gudang dengan bahaya kebakaran atau ledakan.

PENGARUH TEGANGAN TERHADAP ARUS BOCOR KABEL

Pada sebuah penghantar atau kabel memiliki parameter-parameter yaitu resistansi, kapasitansi, konduktan dan induktansi. Rangkaian ekivalen kabel adalah sebagai berikut :



Nilai resistansis R, dan nilai induktansis L sangat kecil maka dapat dabaikan sehingga rangkaian ekivalen dapat disederhanakan sebagai berikut :



Gambar 4. Model rangkaian sederhana

Persamaan dari rangkaian di atas yaitu :
 $I = V \cdot Y$ dan $Y = G + jB$ sehingga $I = V (G + jB)$

Keterangan :

I = arus yang mengalir (ampere)

V = beda tegangan antara dua titik

Y = admitansi rangkaian G = konduktansi rangkaian

B = suseptansi rangkaian

Konduktansi G rangkaian merupakan tahanan isolasi sedangkan suseptansi B merupakan kapasitansi rangkaian. Persamaan tersebut menunjukkan jika tegangan dinaikkan maka arus bocor yang ditimbulkan akan semakin besar dengan anggapan bahwa nilai admitan kabel tetap (konstan). Nilai suseptan kapasitansi dapat dirumuskan dengan persamaan : $B = 2 \pi f C$

PENGARUH PANJANG KABEL TERHADAP ARUS BOCOR

Panjang penghantar mempengaruhi besar arus bocor yang dihasilkan sehingga semakin panjang kabel yang dipakai maka semakin besar arus bocor yang terjadi. Hal ini disebabkan oleh kapasitansi bertambah besar untuk panjang kabel yang semakin panjang. Besarnya kapasitansi antar

penghantar kabel menurut persamaan sebagai berikut :

$$C = \frac{2\pi\epsilon_0}{\ln(D/a)} \text{ F/m}$$

Keterangan :

ϵ_0 = konstanta $8,854 \times 10^{-12}$ F/m

D = jarak antar penghantar

A = $\frac{1}{2}$ diameter penghantar

(Stevenson, 1991)

Jika dikaitkan dengan tahanan isolasi maka tahanan isolasi semakin kecil dengan bertambahnya panjang saluran. Tahanan isolasi per meter saluran adalah sebagai berikut :

$$R_i = \frac{\rho_i}{2\pi} \ln(b/a)$$

Keterangan :

R_i = tahanan isolasi per meter

ρ_i = tetapan tahanan bahan isolasi

a = $\frac{1}{2}$ diameter penghantar

b = tebal isolasi (Malik, 1998)

PENGARUH SUHU KELILING TERHADAP ARUS BOCOR

Meningkatnya temperatur di konduktor kabel dapat menyebabkan terjadinya pergerakan molekul pada isolasi yang bisa merubah struktur molekul dan merusak ikatan kimia isolasi yang disebabkan adanya panas karena arus. Reaksi kimia yang terjadi

ialah berupa terlepasnya atom H dari ikatannya. Sehingga dimungkinkan terjadinya arus bocor pada kabel.

METODE

A. Populasi dan Sampel Penelitian

Pada penelitian ini sebagai populasi ialah kabel NYA yang ada di pasaran. Sedangkan sample penelitian ialah kabel NYA ukuran dimensi $2,5 \text{ mm}^2$ dan $3 \times 2,5 \text{ mm}^2 \text{ rm}$.

B. Variabel Penelitian

Variabel yang diamati pada penelitian ini ialah tegangan, panjang kabel, tekanan mekanis dan temperatur kabel sebagai variabel bebas dan arus bocor sebagai variabel terikatnya.

C. Bahan penelitian

Bahan pada penelitian ini ialah kabel NYA ukuran dimensi $2,5 \text{ mm}^2$ dan kabel ukuran dimensi $3 \times 2,5 \text{ mm}^2 \text{ rm}$ yang ada di pasaran.

D. Alat Penelitian

Alat yang dipergunakan dalam penelitian ini terdiri dari :

Perangkat alat uji pembangkit tegangan tinggi AC merk Tokyo Transformator Co, LTD yaitu :

- a. Transformator penaik tegangan
Tegangan primer : 100/220 Volt
Tegangan skunder : 50 kV

- b. Regulator, yaitu peralatan untuk mengatur besarnya tegangan keluaran transformator.
 - c. Voltmeter, dipakai mengukur besarnya tegangan pada sisi sekunder dan primer.
1. Termokopel jenis K (terdiri dari gabungan bahan *Kromel* dan *Alumel*). Alat ini dipergunakan untuk mengukur temperatur kabel. Range ukur termokopel jenis K adalah 0 °C sampai 500 °C.

E. Jalannya Penelitian

Langkah-langkah pengambilan data dilakukan sebagai berikut :

1. Menyiapkan bahan penelitian kabel NYA .
2. Masing-masing ukuran kabel dipotong sepanjang 10 meter.
3. Melakukan pengujian pengaruh tegangan dengan variasi kenaikan tegangan sampai terjadinya arus bocor pada kabel uji.
4. Melakukan pengujian pengaruh panjang kabel dan mengkondisikan pada suhu dan kelembaban tertentu, dan mencatat nilai arus bocor kabel uji.
5. Melakukan pengujian pengaruh suhu dan mengkondisikan suhu keliling sampai 15 menit kemudian dilakukan

pengukuran nilai arus bocor yang terjadi.

6. Pengujian dilakukan pada jenis dan ukuran kabel masing-masing 3 kali percobaan, dan diambil rerata dari 3 kali hasil pengujian tersebut.

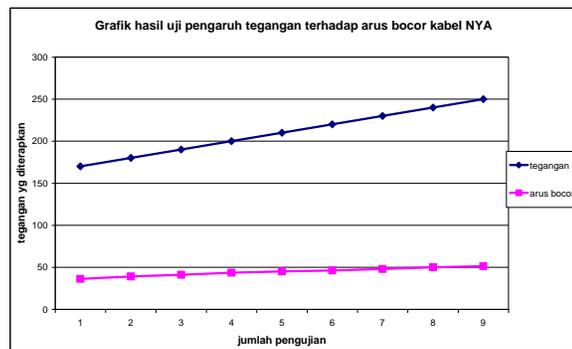
E. Teknik Analisis Data

Sesuai dengan jenis data yang diperoleh dan permasalahan serta tujuan penelitian maka data yang terkumpul selanjutnya dianalisis. Analisis menggunakan bantuan Excel untuk mengetahui besarnya pengaruh tegangan, panjang kabel, dan suhu terhadap besarnya arus bocor kabel NYA .

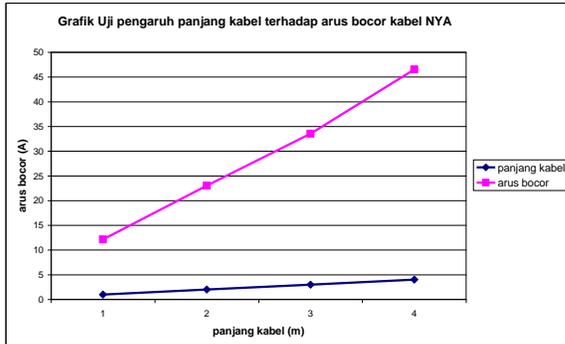
HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

1. Hasil Penelitian

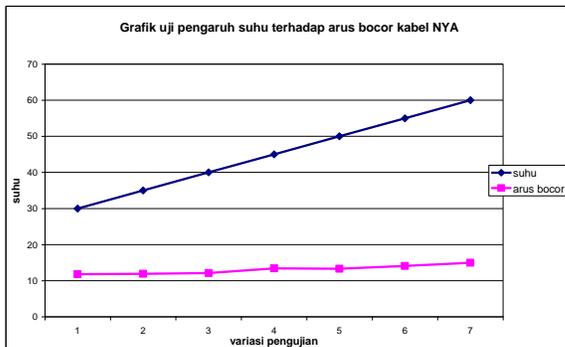
Grafik 1. Hasil Pengujian Pengaruh Tegangan Terhadap Arus Bocor Kabel NYA



Grafik.2 Hasil Pengujian Pengaruh Panjang Kabel Terhadap Arus Bocor Kabel NYA



Grafik 3. Hasil Pengujian Pengaruh Suhu Kabel Terhadap Arus Bocor Kabel NYA



2. Pembahasan

Berdasarkan hasil penelitian menunjukkan bahwa tegangan yang diterapkan pada kabel memiliki pengaruh yang signifikan terhadap arus bocor pada kabel baik NYA. Kenaikan tegangan yang diterapkan pada grafik 1 untuk kabel NYA disertai dengan pertambahan arus bocor yang terjadi

pada kabel. Hal ini menunjukkan bahwa jika kabel NYA diberikan tegangan yang semakin meningkat sebenarnya akan memberikan pengaruh semakin bertambahnya bocor arus yang terjadi. Berdasarkan persamaan $I = V \cdot Y$ dan $Y = G + jB$ sehingga $I = V (G + jB)$

Keterangan

I = arus yang mengalir (ampere)

V = beda tegangan antara dua titik

Y = admitansi rangkaian

G = konduktansi rangkaian

B = susceptansi rangkaian

Terlihat bahwa konduktansi rangkaian merupakan tahanan isolasi, sedangkan susceptansi rangkaian (B) merupakan kapasitansi rangkaian. Dari persamaan tersebut maka arus bocor yang ditimbulkan akan menjadi semakin besar jika tegangan yang diterapkan diperbesar, dengan harga admitansi (Y) tetap.

Hal yang sama terjadi pada kabel yang memiliki isolasi PVC. Hanya kabel dengan ketebalan isolasi lebih besar (tahanan isolasi lebih besar) sehingga arus bocor yang timbul karena pada tegangan yang sama akan memiliki nilai yang lebih kecil dibanding kabel NYA.

Pengaruh panjang kabel terhadap arus bocor kabel NYA dari grafis 3 dan kabel pada grafis 4 menunjukkan semakin panjang kabel yang digunakan maka akan besar arus bocor yang dihasilkan. Hal ini dikarenakan oleh kapasitansi pada kabel bertambah besar jika penghantar bertambah panjang. Hal ini secara teori ditunjukkan oleh persamaan untuk mencari nilai kapasitan antar penghantar sebagai berikut :

$$C = \frac{2\pi\epsilon_0}{\ln(D/a)} \text{ F/m}$$

Keterangan :

ϵ_0 = konstanta $8,854 \times 10^{-12}$ F/m

D = jarak antar penghantar

a = setengah diameter penghantar

Pertambahan panjang penghantar jelas akan menyebabkan bertambahnya nilai kapasitan yang berpengaruh terhadap besarnya nilai susceptansi dan menyebabkan makin besarnya nilai arus bocor ada kabel.

Di sisi lain, tahanan isolasi akan makin mengecil dengan bertambahnya panjang penghantar kabel, sehingga dengan tegangan yang sama akan menghasilkan arus bocor yang lebih besar. Hal ini

ditunjukkan oleh Malik (1998) yang menyatakan bahwa :

$$R_1 = \frac{\rho_i}{2\pi} \ln(b/a)$$

Keterangan :

R_1 = tahanan isolasi per meter (m)

ρ_i = tetapan tahanan bahan isolasi

a = tebal isolasi

b = setengah diameter penghantar

Pengaruh suhu kabel terhadap arus bocor kabel, berdasarkan grafis 3 menunjukkan bahwa panas yang diterapkan pada kabel akan berpengaruh signifikan terhadap arus bocor. Kenaikan suhu menyebabkan berkurangnya tahanan isolasi kabel, karena suhu (panas) menyebabkan pergerakan molekul dalam isolasi yang dapat merubah struktur molekul. Sehingga terjadi reaksi kimia yaitu terlepasnya atom dari ikatannya. Rusaknya struktur kimia pada isolasi berupa putusnya ikatan kimia atau lepasnya dari kelompok membuat elektron yang lepas menjadi semakin banyak jumlahnya. Semakin besar jumlah elektron bebas akan menyebabkan naiknya nilai konduktivitas bahan dan menyebabkan arus semakin besar.

SIMPULAN

1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan analisis hasil pengujian maka pada penelitian ini dapat disimpulkan sebagai berikut :

- a. Jika sebuah kabel listrik tanpa beban diberikan tegangan masukan, maka akan ada arus yang timbul akibat adanya arus bocor yang terjadi pada penghantar kabel. Semakin besar tegangan masukan maka arus bocor kabel bertambah besar, dengan anggapan admitans kabel adalah konstan.
- b. Semakin panjang sebuah penghantar, maka harga arus bocornya semakin tinggi.
- c. Semakin tinggi suhu kabel, maka nilai arus bocornya semakin besar karena tahanan isolasinya menurun.

2. Saran

Penelitian ini dirasakan belum mencakup seluruh variabel yang mempengaruhi kinerja kabel, sehingga perlu adanya penelitian lanjutan yang memfokuskan pada variabel dan jenis kabel lainnya.

DAFTAR PUSTAKA

- Arismunandar, A. 1994. *Teknik Tegangan Tinggi*. Pradnya Paramita, Jakarta.
- Malik, N.H, Al-Arainy, Qureshi, .I. 1998. *Electrical Insulation in Power System*. Marcel Dekker Inc, New York.
- PUIL 1987. *Peraturan Umum Instalasi Listrik Indonesia*. LIPI Jakarta.
- Stevenson, William, D, Jr. 1996. *Analisis Sistem Tenaga Listrik*. Erlangga, Jakarta.
- SII. 0233 – 78. *Standar Industri Indonesia. Cara Uji Kabel Listrik : Pengujian Stabilitas Termis dari Isolasi dan Selubung*. Departemen Perindustrian RI, Jakarta.
- SII. 0210 – 78. *Standar Industri Indonesia. Kabel Tegangan Rendah : Kabel Tanah Berisolasi dan Berselubung PVC tanpa Perisai Tegangan Nominal 0,6/1 kV – (NYM-NAYY)*. Departemen Perindustrian RI, Jakarta.
- SPLN 43-1 : 1994. *Kabel Tanah Berisolasi dan Berselubung PVC, Tegangan Pengenal 0,6/1 kV (NYM/NAYY)*. PT. PLN (Persero), Jakarta.

- Tata Surdia dan Shinroku Saito, 1999.
Pengetahuan Bahan Listrik.
Pradnya Paramita, Jakarta.
- Tranka Kabel, 2001, “*PVC Low Voltage*”, liflet PT. Terang Kita Kabel. Jakarta.
- Van Harten, P., Setiawan. 1991.
Instalasi Listrik Arus Kuat I.
Binacipta, Bandung.