

DOI: doi.org/10.21009/03.SNF2019.02.PA.17

UJI KARAKTERISTIK THERMAL DAN RESISTANSI KABEL SERAT TUNGGAL TYPE NYM 2X1.5MM

Wisnu Broto

Fakultas Teknik Prodi Elektro Universitas Pancasila.

Email: wisnubroto@univpancasila.ac.id

Abstrak

Konduktivitas kabel sebagai penghantar arus dipengaruhi oleh karakteristik termal dari kadar bahan penyusunnya. Temperatur panas yang meningkat timbul akibat semakin besar arus yang mengalir pada kabel, jika besar arus melebihi ketahanan bahan kabel tidak hanya mengakibatkan kegagalan isolasi saja, namun dapat mengakibatkan putusnya bahan konduktor pada kabel. Pengujian karakteristik thermal dan resistansi konduktor pada kabel NYM 2 x 1.5mm² ini melalui pembebanan kabel dengan arus yang sangat besar, jauh melebihi batas ambang batas arus maksimalnya. Pengujian konduktivitas kabel dilakukan secara bertahap pada level arus yang berbeda hingga putusnya bahan konduktor pada kabel, kemudian terjadi kegagalan isolasi kabel hingga mencapai titik bakar. Jika hal tersebut terjadi terlalu lama maka panasnya akan sangat tinggi, dengan adanya udara yang mengandung oksigen dan ditambah lagi dengan adanya benda kering yang mudah terbakar maka dapat menimbulkan api, api yang tidak bisa dikendalikan dapat menyebabkan musibah kebakaran.

Kata-kata kunci: Karakteristik thermal, Konduktivitas kabel, ambang batas arus.

Abstract

The conductivity of the cable as a conductor of the current is influenced by the thermal characteristics of the content of the constituent material. Increased heat temperature arises due to the greater current flowing in the cable, if the current exceeds the resistance of the cable material does not only result in insulation failure, but can result in the breakdown of conductor material on the cable. Testing the conductor thermal and resistance characteristics on this NYM 2 x 1.5mm² cable through loading cables with very large currents, far exceeding the maximum current limit. Testing of cable conductivity is carried out in stages at different current levels until the conductor material breaks in the cable, then the cable insulation fails to reach the burn point. If this happens too long then the heat will be very high, with the air containing oxygen and adding to the presence of flammable dry objects that can cause fire, a fire that cannot be controlled can cause a fire accident.

Keywords: Thermal characteristics, cable conductivity, current

PENDAHULUAN

LATAR BELAKANG

Kasus kebakaran sebagian besar disebabkan oleh listrik seringkali terjadi, diantaranya instalasi listrik yang tidak sesuai dengan prosedur standar yang ditetapkan, dan rendahnya kualitas kabel listrik yang digunakan. Timbulnya kebakaran dapat terjadi jika terdapat tiga unsur yaitu, bahan yang mudah menyala

dan terbakar, adanya sumber panas dengan daya yang cukup, serta gas oksigen dalam jumlah yang cukup. Untuk itu dalam instalasi listrik, kabel memegang peranan yang sangat penting. Dalam pemilihan kabel yang digunakan perlu diperhatikan bahan materialnya, kapasitas arus, serta daya tahan termal yang tentunya berhubungan erat dengan pengaruh rugi-rugi daya dalam kabel. Pada prinsipnya semua penghantar memiliki sifat menghantarkan baik itu listrik maupun energi panas.

Pengujian ini adalah membahas pengaruh besarnya arus dalam suatu konduktor dalam hubungannya dengan temperatur dan resistansi bahan konduktornya memerlukan kondisi tertentu. Kondisi yang dimaksud adalah pengaruh suhu lingkungan, hambatan konduktor, serta lamanya arus yang dialirkan pada konduktor. Kapasitas arus yang dibolehkan pada suatu kabel sangat dipengaruhi oleh karakteristik termal dari bahan-bahan penyusun kabel tersebut. Pemanasan yang berlebih dapat mengakibatkan kegagalan isolasi bahkan dapat mengakibatkan putusnya konduktor dalam kabel. Jenis kabel yang seringkali digunakan dalam jaringan instalasi listrik rumah tangga dan perkantoran adalah kabel NYM. Kabel ini biasanya dipasang pada dinding, kayu, bahkan di ruangan lembab dan basah. Kabel ini memiliki dua jenis konstruksi penghantaran yaitu inti tunggal dan inti serabut. Tulisan ini akan membahas karakteristik termal dan resistansi konduktor dari kabel ini.

KINERJA PADA KABEL

Temperature Dan Aliran Panas pada Kabel

Pada kabel, panas yang timbul dari dalam kabel akan dialirkan ke luar kabel melalui proses konduksi panas. Pada proses konduksi, aliran panas rata-rata q [W], melalui suatu resistansi termal R_t [°C / W], dan perbedaan temperatur AT [°C], pada daerah yang dilewatinya dapat dinyatakan sebagai berikut :

$$AT = R_t * q \quad (1)$$

Resistansi termal dapat dianalogikan dengan resistansi listrik, dan satuannya mengikuti hukum Ohm yaitu 'termal ohm'. Oleh karena itu resistansi termal [R_t] dapat dinyatakan dengan:

$$R_t = (r * l) / A \quad (2)$$

r : resistivitas termal [°C m / W]

l : panjang [m]

A : luas permukaan yang benda padat yang dilewati [m²]

Kebalikan dari resistivitas termal dan resistansi termal adalah konduktivitas termal dan konduktansi termal. Konduktivitas termal dinyatakan dengan (k):

$$k = q / (A * AT / m) [W / m / ^\circ] \quad (3)$$

Konduktivitas termal (k) merupakan besaran yang bersifat *temperature dependent*, artinya nilainya berubah-ubah sesuai dengan perubahan temperatur. Semakin bertambah temperatur, nilai konduktivitas termal dapat bertambah atau berkurang sesuai dengan jenis bahannya.

$$K = 1 / R_t = q / AT [W / ^\circ C] \quad (4)$$

Kemampuan suatu bahan untuk menyimpan panas dinyatakan sebagai kapasitas termal (C_t).

$$C_t = p * V * C_p [J / ^\circ C] \quad (5)$$

C_t : kapasitas termal [J / °C]

V : Volume [m³]

p : massa jenis [Kg / m³]
 C_p : panas jenis [J / Kg / °C]

Banyaknya kalor yang dapat disimpan pada bahan adalah :

$$Q = C_t * \Delta T \text{ [J]} \tag{6}$$

Besarnya kalor yang tersimpan tersebut analogi dengan penyimpanan muatan arus listrik pada kapasitor.

Resistivitas muatan Listrik terhadap Tembaga

Relativitas listrik terjadi pada semua bahan logam yang dilaluinya sebagai konduktor akan berubah menurut kondisi temperatur logam tersebut :

$$R_{t2} = R_{t1} [1 + a_1 (t_2 - t_1)] \tag{7}$$

Dimana a_1 adalah konstanta koefesien temperature resistansi tembaga pada t_1 °C, dengan acuan temperature 0 °C, persamaannya menjadi :

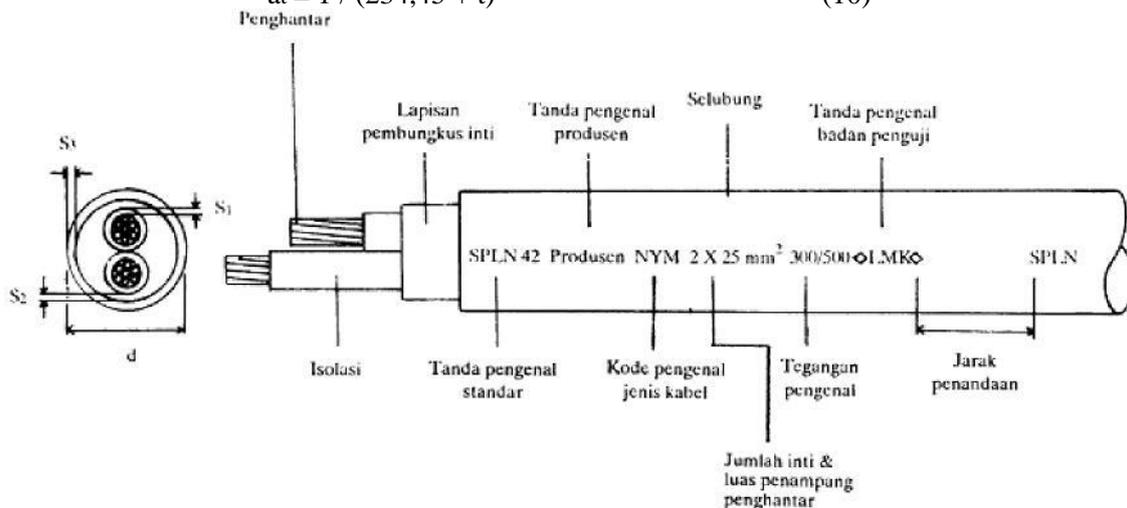
$$R_t = R_o (1 + a_t) \tag{8}$$

Dengan menganggap resistansi sebagai fungsi linier dari temperature untuk persamaan model matematis, dimana temperature adalah besaran yang variabel maka koefesien temperature :

$$a_t = 1 / (V_{a0} + t) \tag{9}$$

V_{a0} tembaga sebesar $V_{a0} = 234,45$ maka :

$$a_t = 1 / (234,45 + t) \tag{10}$$

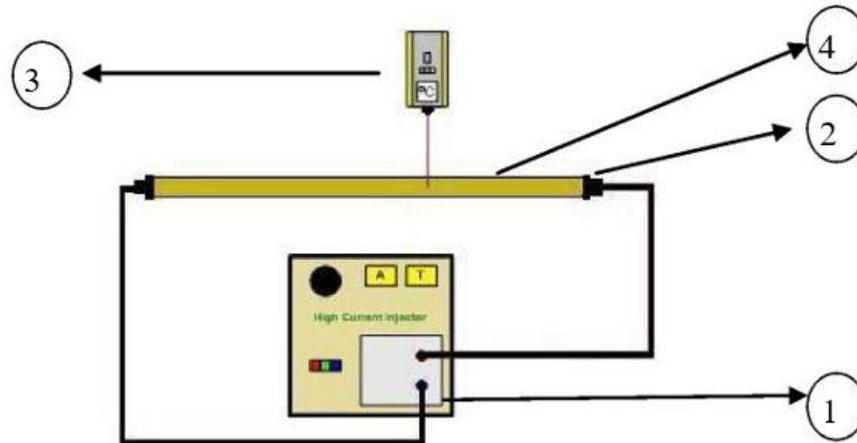


GAMBAR 1. Konstruksi kabel inti ganda NYM

METODOLOGI

Pengujian karakteristik termal pada kabel inti ganda NYM 2 x 1.5 mm² dilakukan dengan memberikan arus listrik AC dengan besar yang bervariasi pada potongan konduktor kabel yang diletakkan diudara. Kemudian dilakukan pengujian daya tahan konduktor terhadap perubahan arus

dan suhu sampai mencapai titik putusnya. Karakteristik yang diperhatikan adalah temperatur pada konduktor ketika diberi arus dari kondisi transien sampai mencapai keadaan setimbang (*steady-state*). Pada pengujian data yang diukur adalah temperatur pada kawat penghantarnya, dan daya tahan kawat sampai kawat penghantar terputus. Pengamatan juga dilakukan atas pengaruh pemanasan konduktor terhadap beberapa material uji.



GAMBAR 2. Rangkaian Pengujian

Pengujian dilakukan di Laboratorium Teknik Tenaga Listrik (TTL), Prodi Elektro Fakultas Teknik Universitas Pancasila. Peralatan yang digunakan untuk pengujian karakteristik termal pada kabel inti ganda NYM 2 x 1.5 mm² adalah sebagai berikut :

1. Phenix High Current Injector Test Set model HC – 2.
2. Kabel Eterna NYM 2 x 1,5 mm²
3. Digital Thermometer APPA-51
4. Thermocouple
5. Multimeter Digital Kyoritsu.
6. Stopwatch
7. Mini Temperatur Raytek.
8. Termometer Ruang Fisher Scientific.

Sedangkan bahan yang dibutuhkan dalam pengujian resistansi material terhadap kabel NYM 2 x 1,5mm² adalah sebagai berikut:

1. Potongan Kain
2. Potongan Kayu.
3. Potongan Kertas.
4. Potongan Serat Fibre.
5. Potongan Karpas.
6. Daun Kering.

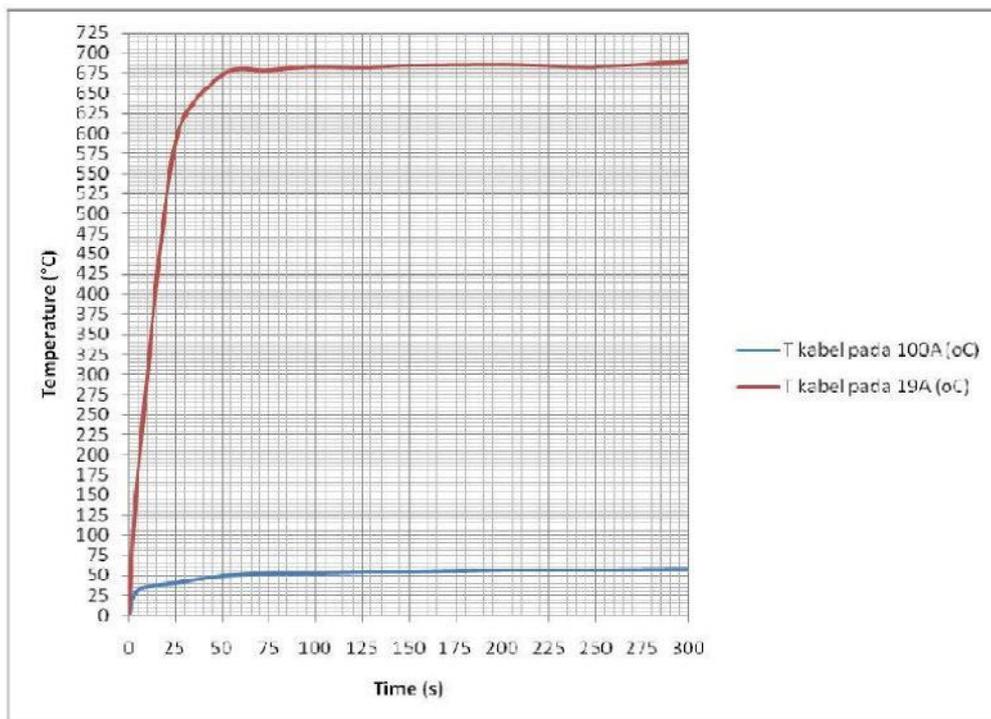
HASIL DAN PEMBAHASAN

Kuat Hantar Arus Maksimum Konduktor pada kenaikan Temperature

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui perbandingan antara kuat hantar arus yang diperbolehkan berdasarkan SPLN yaitu 19A *Standard Specification: SNI 04-6629.4: 2006* dengan kegagalan konduktor yaitu pada saat konduktor terputus, dalam pengujian ini konduktor terputus pada 100A.

TABLE 1. Perbandingan kenaikan temperature pada Kabel inti ganda NYM 2 x 1.5 mm²

Detik	Temperature Kabel pada Arus 19A (°C)	Temperature Kabel pada Arus 100A (°C)	Kenaikan Temperature pada Kabel (°C)
0 ~ 5	31,7	179	147,3
25	41	590	549
50	48,8	672	623,2
75	52,3	678	625,7
100	52,7	682	629,1
125	54,2	683	628,8
150	54,7	685	630,3
200	56	686	630
250	56,8	687	630,2
300	58	689	631



GAMBAR 3. Grafik Kenaikan Temperature Kabel NYM inti ganda 2 x 1.5 mm² pada Arus 19A dan 100A

Pada grafik diatas dapat kita lihat bahwa nilai temperatur kabel pada 100A sangat besar bahkan berkali-kali lipat dari temperatur kabel pada 19A. Selisih temperatur antara konduktor pada 19A dan 100A menunjukkan perubahan yang besar. Selisih keduanya dapat mencapai 12 kali lipat temperatur batas maksimal kuat hantar arus (19A/SPLN). Berdasarkan grafik, Distribusi suhu dalam kondisi transien keduanya terdapat pada selang waktu 0~50 second, setelah 50 second cenderung sudah

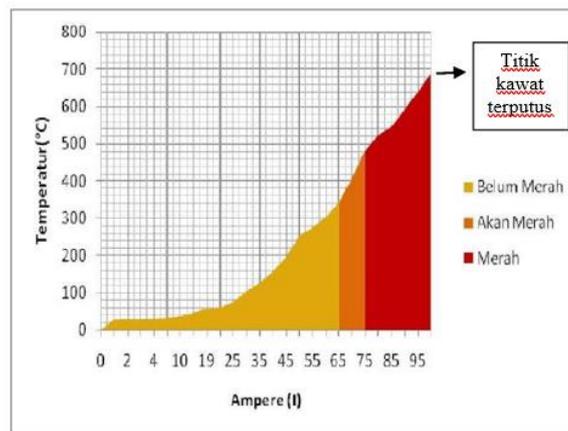
setimbang. Pada awal pengujian kenaikan temperatur terjadi secara cepat, dan selanjutnya semakin lambat hingga akhirnya mencapai titik setimbang. Hal tersebut juga berlaku pada selisih temperturnya. Dimana pada awal selisihnya sangat besar namun berkurang seiring kondisi kabel yang menuju kondisi setimbang. Jadi kecepatan kenaikan temperatur sebanding dengan selisih temperatur yang terjadi, sehingga pada waktu perbedaan temperatur cukup besar, kecepatan kenaikan temperatur juga akan

semakin cepat. Semakin lama proses pemberian arus berlangsung perbedaan ini tidak terlalu besar sampai pada akhirnya titik setimbang dicapai.

Perubahan Fisik Kawat Konduktor pada kenaikan Temperature

Pada proses pengujian, terdapat perubahan fisik kawat yang meliputi perubahan warna pada kawat, pemuaiannya, dan putusannya kabel pada suhu tinggi. Proses perubahan panas yang terjadi pada kabel merupakan proses radiasi. Istilah radiasi yang dimaksud adalah pancaran atau emisi energi secara terus-menerus dari permukaan kawat penghantar. Energi radiasi disebut juga energi radian yang berupa gelombang elektromagnet. Gelombang ini bergerak sangat cepat dan dapat melewati udara maupun ruang hampa. Energi radiasi yang dipancarkan oleh kawat penghantar bergantung pada suhu kawat tersebut. Apabila kawat mengalami kenaikan suhu, maka besarnya radiasinya pun bertambah. Benda yang mampu memancarkan energi radian yang besar dapat terlihat seperti suatu benda yang memancarkan cahaya sendiri. Warna atau cahaya yang ada akan tergantung dari panjang gelombang panghasil warna tersebut.

Pada proses pemanasan pada kabel dengan pemberian arus berlebih, terlihat kabel mulai berwarna merah pada pemberian arus 70 ampere atau pada suhu 407°C. Energi radian yang dipancarkan merupakan campuran beberapa gelombang dengan panjang gelombang yang berbeda. Hal ini disebabkan suhu pada kawat tidak bersifat merata, melainkan berbeda pada bagian inti kawat dan bagian luarnya. Pada pengujian semakin tinggi suhu kawat, maka akan semakin merah nyala kawat penghantarnya.



Gambar 4. Grafik Kenaikan Temperature Kabel NYM inti ganda 2 x 1.5 mm² pada Kawat Penghantar

Dalam proses pengujian, kawat juga mengalami pemuaiannya dan penyusutan pada saat terjadi perubahan temperatur. Semakin besar suhu pada kawat maka akan semakin besar pemuaiannya yang terjadi. Pemuaiannya akan terus terjadi sampai pada kondisi dimana kawat tidak mungkin lagi untuk mengalami pemuaiannya. Pada pengujian, kawat terputus pada saat mengalir arus 100 ampere selama 300 detik, dengan suhu pada kawat mencapai 689°C. Pada saat itu kondisi kawat sudah tidak memungkinkan lagi untuk terjadi pemuaiannya, sehingga timbul tegangan akibat kompresi pada kawat, yang disebut tegangan termal. Tegangan ini dapat menjadi sangat besar sehingga mampu menegangkan kawat melampaui batas elastikannya dan mencapai titik putusannya.

Perubahan Fisik Kawat Konduktor pada Material yang Menyekatnya

Pemanasan pada kabel akibat arus yang jauh lebih besar tidak hanya dapat mengakibatkan kegagalan pada isolasi saja, tetapi dapat menimbulkan api pada beberapa material. Pengujian ini bertujuan untuk melihat pengaruh besarnya arus dalam suatu konduktor dalam hubungannya dengan temperatur dan resistansi bahan material lain.

TABEL 2.. Analisa perubahan Fisik pada Material

Material	Waktu (detik)	Temperatur (°C)	Arus (Amp)	Keterangan
Kain	3,23	252	50	Meleleh
	5,75	274	55	Muncul Api
	8,49	545	85	Terbakar
Kayu	2,72	274	55	Berasap
	5,07	407	70	Muncul Api
	9,27	520	85	Terbakar
Kertas	1	274	55	Berasap
	1,88	390	70	Muncul Api
	2,25	480	85	Terbakar
	1,41	407	70	Meleleh
	2,82	481	75	Meleleh

	3,23	560	85	Meleleh & Berasap	
	1,55	252	50	Meleleh	
Karpet	1,71	274	55	Meleleh & Berasap	
	2,91	481	75	Meleleh & Berasap	
	2,11	252	50	Berasap	
Daun kering	3,66	407	70	Muncul Api	
	4,66	481	75	Terbakar	

Pengujian beberapa bahan uji terhadap konduktor kabel, menunjukkan bahwa bahan yang paling mudah meleleh adalah karpet, bahan yang paling mudah terbakar adalah kertas, diikuti dengan daun kering, karena perbedaan waktu terbakarnya relatif singkat, bahan yang paling sulit meleleh adalah fibre, dan bahan yang paling lama terbakar adalah kain. Berdasarkan hasil pengujian perubahan fisik pada bahan uji, dapat terlihat bahwa kecenderungan bahan mulai berasap pada kondisi kawat penghantar dengan arus sebesar 50 ampere dan terbakar pada kondisi kawat penghantar dengan arus 75 ampere. Hal ini menunjukkan bahwa untuk perambatan panas pada bahan uji sampai mencapai titik bakarnya membutuhkan arus yang sangat besar dan suhu yang sangat tinggi meskipun beberapa bahan uji merupakan bahan yang mudah terbakar. Jadi, untuk arus yang besarnya normal, kecil kemungkinan terjadinya api pada material akibat perambatan panas dengan pemanasan pada kabel secara langsung.

SIMPULAN

1. Kabel NYM 2 x 1,5 mm² memiliki resistansi termal 12 kali lipat dari batas kuat hantar arus maksimal yang diizinkan sampai mencapai kondisi kegagalan pada kabel yaitu konduktor terputus. Penggunaan arus yang sesuai pada kabel ini sangat meminimalisasi kemungkinan kerusakan dan kenaikan suhu yang tinggi pada kabel.
2. Berdasarkan pengujian, kawat penghantar terputus pada saat mengalir arus sebesar 100 ampere dengan suhu sebesar 689 °C. Terputusnya kawat disebabkan kawat sudah tidak memungkinkan lagi untuk terjadi pemuaiannya, sehingga timbul tegangan termal akibat kompresi pada kawat yang melampaui batas elastik kawat dan mencapai titik putusnya.
3. Perambatan panas pada bahan yang ditempelkan pada kawat penghantar membutuhkan arus yang sangat besar dan suhu yang sangat tinggi untuk mencapai titik bakarnya, terlihat pada kecenderungan bahan

mulai berasap pada kondisi kawat penghantar dengan arus sebesar 50 ampere dan mulai terbakar pada kondisi kawat penghantar dengan arus 85 ampere.

REFERENSI

- [1] Arismunandar, Artono, “*Teknik Tegangan Tinggi*”, Jakarta, Pradnya Paramita, 2001
- [2] Incropera, F.P., DeWitt, D., “*Fundamentals of Heat and Mass Transfer*”, Singapore, John Wiley & Sons, 2002.
- [3] Farizandi, Dananto.,” *Analisis Karakteristik Penghantar Kabel Fleksibel Dengan Penghantar Kabel Inti Tunggal NYM 2,5 mm² Dan 4mm²*” Skripsi, S1 Departemen Teknik Elektro FTUI, Depok, Juli 2004.
- [4] Burhani, Ahmad.,” *Analisis Karakteristik Termal Pada Kabel XLPE Tegangan Menengah 20 KV*” Skripsi, S1 Departemen Teknik Elektro FTUI, Depok, Juni 2005.
- [5] Standar Perusahaan Umum Listrik Negara, “*Kabel berisolasi dan Berselubung PVC Tegangan Pengenal 300/500Volt (NYM)*”, Jakarta : SPLN *Standard Specification : SNI 04-6629.4 : 2006.*

