

PENGARUH PERLAKUAN PANAS TERHADAP KABEL PVC

Melya Dyanasari Sebayang¹, Samuel Gideon², Jhon Leonard Panjaitan¹

¹ *Teknik Mesin, Universitas Kristen Indonesia, Jakarta*

JL Mayjen Sutoyo No. 2, Cawang, Jakarta Timur, DKI Jakarta 13630, Indonesia

² *Pendidikan Fisika, Universitas Kristen Indonesia, Jakarta*

JL Mayjen Sutoyo No. 2, Cawang, Jakarta Timur, DKI Jakarta 13630, Indonesia

E-mail : melcan_sebayang@yahoo.co.id

Diterima: 30 Oktober 2014

Diperbaiki: 16 Maret 2015

Disetujui: 21 Mei 2015

ABSTRAK

PENGARUH PERLAKUAN PANAS TERHADAP KABEL PVC. Pada penelitian ini dilakukan analisis kabel polivinil klorida (PVC) yang terkena efek panas dan uji panas pada suhu 70, 90, 110, 120, dan 140 °C. Pemanasan pada spesimen sebanyak 20 buah sebagai simulasi dilakukan selama 2 jam dengan suhu yang telah ditentukan. Pengujian dan analisis dilakukan pada material sebelum dan sesudah perlakuan panas. Hasil uji sifat mekanis menunjukkan bahwa tegangan luluh kabel PVC 65,53 MPa dengan tegangan maksimum 81,93 MPa. Selain itu, pemuluran atau elongasi didapat 29,46% dan modulus elastisitas kabel PVC adalah 298,2 MPa. Untuk melihat perbedaan struktur kabel PVC sebelum dan sesudah pemanasan dilakukan dengan *Scanning Electron Microscope* (SEM). Hasil foto mikro memperlihatkan bahwa perlakuan panas sampai suhu 140 °C tidak merubah struktur yang terdapat pada selubung PVC dan kabel PVC masih memenuhi standar SPLN dan SNI untuk digunakan kembali sebagai kabel instalasi pada gedung bertingkat.

Kata Kunci: isolasi kabel, PVC, NYM

ABSTRACT

EFFECT OF HEAT TREATMENT ON THE PVC CABLE. In this research, analysis of polyvinyl chloride (PVC) cable, which is exposed to the effects of heat and heat test at 70, 90, 110, 120, and 140 °C have been done. The heating of the specimen as much as 20 pieces as simulations were carried out for 2 h with a predetermined temperature. The testing and analysis were conducted to the specimen before and after heat treatment. The mechanical testing showed that the yield stress of PVC cable was 65.53 MPa with tensile strength of 81.93 MPa. In addition, elongation at break was 29.46 % and modulus of elasticity of the PVC cable was 298.2 MPa. To see the differences in the morphological structure of PVC cable before and after heating, Scanning Electron Microscope (SEM) was performed to the samples. The results showed that heat treatment up to a temperature of 140 °C does not change the structure contained in PVC and PVC cable sheet still meet SPLN and ISO standards for reusing as a cable installation in buildings.

Keywords: cable insulation, PVC, NYM

PENDAHULUAN

Saat ini banyak terdengar kebakaran gedung bertingkat di DKI Jakarta. Sisa pembakaran akhirnya terbuang percuma menjadi sampah. Sisa kabel yang tertanam di dalam tembok dan hanya terkena radiasi panas dapat digunakan kembali, sehingga mengurangi sampah yang ada. Oleh sebab itu perlu dilakukan penelitian untuk mengetahui pengaruh pemanasan terhadap kabel [1-5].

Kabel yang tertanam di dalam tembok hanya terkena radiasi panas akibat gedung terbakar sehingga selubung dan isolasi pada kabel diharapkan dapat digunakan. Namun demikian, semua itu hanya melewati standar yang diwajibkan oleh SNI dengan melakukan pengujian-pengujian yang standar [6,7], sehingga dapat diketahui kelayakan selubung dan isolasi tersebut sehingga tetap aman digunakan dan tidak menimbulkan masalah baru yaitu kebakaran gedung [8-10].

Pada penelitian ini dilakukan pengujian secara mekanis, termal, resistansi dan metalurgi. Hal ini untuk melihat kelayakan pemakaian kabel tersebut setelah terkena radiasi panas [11]. Selain itu, struktur mikro serta pengaruh api dan suhu tinggi dari bahan PVC akan dibahas dalam penulisan ini.

METODE PERCOBAAN

Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah kabel PVC dengan diameter 18 cm sesuai SPLN 1991 [9]. Kabel NYM 3 x 2,5 mm² mempunyai konstruksi seperti yang dijabarkan pada Gambar 1 dengan arti kode yaitu N= kabel jenis standar dengan tembaga sebagai penghantar; Y = isolasi PVC; M= selubung PVC, kode re = penghantar padat bulat serta kode rm = penghantar bulat berkawat banyak [6-10,12,13].



Gambar 1. Konstruksi kabel NYM [10]

Peralatan yang digunakan antara lain seperti oven pemanas (Naber Tipe N 50 P), mesin uji tarik model H₃F – C₃ – 10000 kg – 4T, dan berkapasitas 10000 kg. Uji mekanis dilakukan pada sampel dengan pengulangan 5 kali setiap sampel. Hasilnya kemudian diambil nilai rata-rata. Mesin polish digunakan untuk meratakan permukaan benda uji yang akan digunakan pada alat foto mikro. *Scanning Electron Microscope* (SEM) adalah mesin penguji struktur mikro permukaan (TM3030). Mesin bubut digunakan untuk membentuk spesimen SEM.

Metode Penelitian

Kabel PVC diberi perlakuan panas dengan mengikuti standar SNI pada temperatur 70, 90, 110, 120, dan 140 °C, lalu ditahan selama 2 jam. Setelah itu spesimen di celup ke dalam 5 proses pendinginan, yaitu dibiarkan dingin pada suhu ruang 32 °C, air hujan pada suhu 27 °C, air sabun bersuhu 28°C, pasir yang bersuhu 28 °C, dan pendinginan campuran. Setelah dilakukan simulasi pendinginan tersebut selama 5 jam, maka sampel dibersihkan. Setelah sampel dibersihkan, maka dilakukan pengujian mekanis, termal, resistansi, dan perubahan struktur [14-16].

HASIL DAN PEMBAHASAN

Perhitungan rata-rata tegangan luluh pada 5 proses pendinginan terhadap variasi perlakuan panas dapat dilihat pada tabel 1. Pada saat pengujian tegangan luluh, terlihat pendinginan dengan air hujan sangatlah bagus jika terjadi pemanasan hingga 140 °C yaitu mempunyai nilai yang kecil 61,9 kgf/mm². Berdasarkan hasil rerata total tegangan luluh pada kabel sebesar 6,17 kgf/mm². Nilai ini masih diizinkan menurut SNI. Pada saat ini deformasi terus terjadi, namun beban berkurang secara perlahan.

Tabel 1. Hasil pengujian tegangan luluh vs temperatur setelah pendinginan

Pendinginan	Tegangan Luluh (kgf/mm ²)				
	70	90	110	120	140
Air sabun	59,9	58,0	60,9	60,9	69,9
Air Hujan	56,9	54,9	64,0	64,0	61,9
Pasir	54,9	60,9	61,9	64,0	64,9
Udara	51,9	63,0	64,0	53,0	65,9
Campuran	51,9	59,9	59,0	63,0	64,9

Tegangan maksimum dapat diperoleh dengan memakai rumus: $\sigma_m = \frac{F_{maksimum}}{A_0}$ dengan satuan kgf/mm². Adapun data tegangan maksimum dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil pengujian tegangan maksimum vs temperatur setelah pendinginan

Pendinginan	Tegangan Maksimum (kgf/mm ²)				
	70	90	110	120	140
Air sabun	74,9	72,4	75,5	76,2	87,4
Air Hujan	71,2	68,7	80,0	80,0	77,4
Pasir	68,7	76,2	77,4	80,0	81,2
Udara	64,9	78,7	80,0	66,2	82,4
Campuran	64,9	74,9	70,1	78,7	81,2

Dari hasil rerata pengujian tegangan maksimum pada masing- masing temperatur dengan bermacam-macam pendinginan, maka nilai rerata tersebut dijumlahkan lalu dibagi 5, maka didapatkan nilai sebesar 7,70 kgf/mm². Nilai ini masih sesuai dengan SNI yang berlaku.

Tabel 3. Hasil pengujian tegangan patah vs temperatur setelah pendinginan

Pendinginan	Tegangan Patah (kgf/mm ²)				
	70	90	110	120	140
Air sabun	54,9	56,2	54,9	54,9	54,9
Air Hujan	54,9	54,9	56,2	56,2	54,9
Pasir	56,2	54,9	66,0	54,9	54,9
Udara	54,9	56,2	66,0	56,2	54,9
Campuran	56,2	56,2	66,0	56,2	54,9

Bila rerata pengujian tegangan patah tiap temperatur dan pendinginan yang ditampilkan pada Tabel 3 dijumlahkan lalu dibagi 5 maka dapatlah diambil nilai rerata

total adalah 50,26 kgf/mm². Hal ini masih dibatas SNI yang berlaku.

Pengujian mekanis yang ke empat yang dilakukan dalam penelitian ini adalah pengujian elongasi atau pemuluran. Dari 5 kali pengujian tiap sampel maka didapatkan rerata pengujian elongasi tiap suhu dan sistim pencampuran saat pendinginan seperti yang ditunjukkan pada Tabel 4.

Pada perhitungan rerata tersebut tiap suhu dijumlahkan dan dibagi 5 maka akan didapat nilai rerata dengan pemuluran atau elongasi terbesar pada suhu 90^oC yaitu 29,46%. Hal ini masih sesuai dengan SPLN 41-1-1991, yaitu pemuluran tidak boleh melewati 30%.

Tabel 4. Hasil pengujian elongasi vs temperatur setelah pendinginan

Pendinginan	Elongasi (%)				
	70	90	110	120	140
Air sabun	25,0	30,6	16,7	19,4	19,4
Air Hujan	25,0	30,6	22,2	25,0	25,0
Pasir	22,0	19,4	22,2	18,3	25,0
Udara	30,0	30,6	25,0	36,1	27,8
Campuran	30,0	36,1	19,4	22,2	19,4

Pengujian modulus elastisitas didapat dari perhitungan dengan hasil bagi tegangan patah dengan elongasi bahan sehingga didapatkan nilai rerata pengujian modulus elastisitas pada Tabel 5. Dengan menghitung rerata tiap temperatur maka didapat rerata total pada pengujian ini sebesar 130,9 MPa. Dilihat dari modulus elastisitasnya maka pada suhu 110 °C mencapai nilai 298,2 MPa. Hal ini masih dapat dikatakan baik karena masih dibawah nilai batas yang ditetapkan oleh SNI yaitu tidak melebihi 300 MPa.

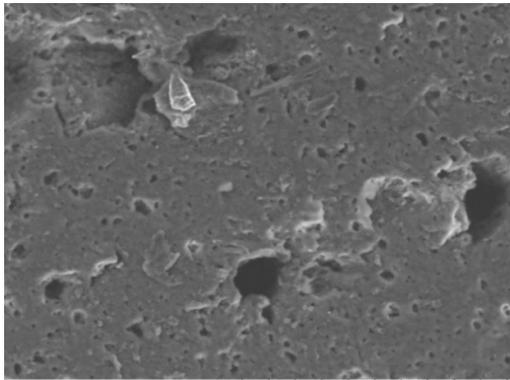
Tabel 5. Hasil pengujian modulus elastisitas vs temperatur setelah pendinginan

Pendinginan	Modulus Elastisitas (MPa)				
	70	90	110	120	140
Air sabun	240	189	365	314	360
Air Hujan	228	179	288	256	248
Pasir	250	314	279	349	260
Udara	173	206	256	147	237
Campuran	173	189	304	284	335

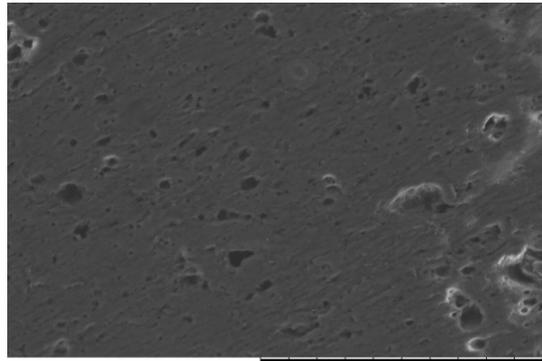
Sifat-sifat material terutama sifat mekanis sangat mempengaruhi mikro struktur logam dan paduannya. Struktur mikro dari material dapat diubah dengan jalan perlakuan panas ataupun dengan proses perubahan bentuk (deformasi) dari logam yang akan diuji. Pengujian mikrostruktur ini dilakukan dengan pembesaran 1000X.

Pada selubung dan isolasi PVC sebelum dilakukan simulasi perlakuan radiasi efek panas mempunyai ikatan-ikatan Karbon yang sangat banyak dan padat, sehingga hidrogen disekeliling ikatan masih bisa pada tempatnya. Hal ini menunjukkan bahwa bahan yang kita gunakan merupakan selubung yang standar dan baik.

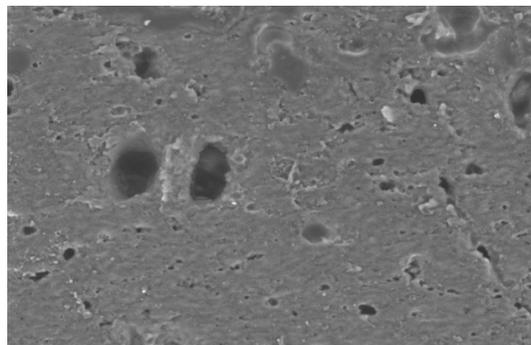
Saat dilakukan perlakuan panas terjadi pemisahan ikatan karbon, namun tidak signifikan. Hal ini membuktikan bahwa hingga perlakuan panas 140 °C ikatan carbon masih kuat sehingga selubung dan isolasi tersebut masih bisa dan baik digunakan.



Gambar 2. Struktur Mikro selubung PVC sebelum perlakuan panas



Gambar 3. Struktur Mikro selubung PVC setelah perlakuan panas 70 °C dan didinginkan dengan media air hujan



Gambar 4. Struktur Mikro selubung PVC setelah dilakukan perlakuan panas 110 °C dan didinginkan dengan media air hujan

KESIMPULAN

Dari setiap pengujian sifat mekanis hasil yang didapat tegangan luluh (65,53 MPa); tegangan maksimum (81,93 MPa); elongasi (29,46%); modulus elastisitas (298 MPa). Dari tujuan penelitian untuk melihat perubahan selubung dan isolasi PVC akibat radiasi efek panas masih dapat digunakan atau tidak, maka bahan ini masih layak dan digunakan. Nilai-nilai tersebut masih belum melewati standar SNI yang berlaku.

Dari hasil foto mikro terlihat bahwa struktur yang terdapat pada selubung PVC pada kabel NYM 3 x 2.5 mm² terlihat hingga suhu 140°C perubahan struktur tidak berubah

secara besar. Hal itu terlihat saat selubung belum dilakukan perlakuan panas maupun sudah dilakukan.

Hingga temperatur akibat radiasi panas tertinggi yaitu 140°C, karakteristik selubung PVC pada kabel NYM 3 x 2.5 mm² masih memenuhi standar SPLN dan SNI untuk menjadi kabel instalasi pada gedung bertingkat.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada Yayasan dan Universitas Kristen Indonesia atas dukungan biaya penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

- [1]. BIRO BINA PENYUSUNAN PROGRAM DKI JAKARTA, *Final Report Study: Evaluasi Kebakaran Bangunan Akibat Listrik di DKI Jakarta*, PT. Darma Permai Kurnia, Jakarta, (1995-1996)
- [2]. FIRE DEPARTMENT, *Fire Investigation by Fire Service Organization in Japan*, Nagoya City, (1990)
- [3]. FIRE DEPARTMENT, *Procedure for Investigating Fire Related to Electricity*, Nagoya City, (1990)
- [4]. NATIONAL RESEARCH COUNCIL, *Fire Safety Aspects of Polymeric Materials, volume 1: Materials State of The Art*, Technomic, (1977)
- [5]. H. BROOKS, *Fire Safety Aspects of Polymeric Materials, volume 7: Building*, Technomic, (1979)
- [6]. BADAN STANDARDISASI NASIONAL, *Metode Pengujian Kabel Listrik*, SNI 04-3893-1995, Jakarta, (1995)
- [7]. PERUSAHAAN UMUM LISTRIK NEGARA, *Pengujian Kabel Listrik*, SPLN 39-1:1981, Jakarta, (1981)
- [8]. INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION, *Extruded Solid Dielectric Insulated Power Cables for Rated Voltages from 1kV up to 30 kV*, IEC 60502:1983, Switzerland, (1983)
- [9]. PERUSAHAAN UMUM LISTRIK NEGARA, *Persyaratan Kompon PVC untuk Isolasi dan Selubung Kabel Listrik*, SPLN 41-2:1991, Jakarta, (1991)
- [10]. PERUSAHAAN UMUM LISTRIK NEGARA, *Kabel Berisolasi dan Berselubung PVC Tegangan Pengenal 300/500 volt (NYM)*, SPLN 42-2:1992, Jakarta, (1992)
- [11]. R. SETIABUDY, *Material Teknik Listrik*, Edisi pertama, Jakarta: UI-Press, (2007)
- [12]. PERUSAHAAN UMUM LISTRIK NEGARA, *Characteristic of String Insulator Unit of The Cap and Pin Type*, SPLN 10:1978, Jakarta, (1978)
- [13]. PERUSAHAAN UMUM LISTRIK NEGARA, *Persyaratan Penghantar tembaga dan Aluminium untuk Kawat dan Kabel Listrik Berisolasi*, SPLN 41-1:1981, Jakarta, (1981)
- [14]. S. BHAN, *Practical Physical Metallurgy*, Khanna Publisher, New Delhi, (1973)
- [15]. H. E. BOYER, *Metal Handbook, vol 11: Non Destructive and Quality Control*, edisi 8, America Society Metal, Ohio, (1976)
- [16]. J. BRANDUP and E. H. IMMERGUT, *Polimer Handbook*, edisi 3, John Willey & Sons, (1989)