

Penurunan Temperatur Instalasi Kabel NYM 2x1.5mm² Dengan Mengatur Sudut Penekukan

Mauludi Manfaluthy^{1*}, Muhammad Syukur², Adi Supriyadi³

Jurusan Teknik Elektro, Sekolah Tinggi Teknologi Jakarta,
Jl. Raya Jatiwaringin 278, Pondok Gede Jakarta, 17411 Indonesia

Abstrak

Salah satu faktor yang menyebabkan tingginya temperatur pada instalasi kabel listrik adalah posisi kabel yang ditekuk. Pemasangan instalasi listrik di rumah maupun pabrik tidak selalu lurus, dalam keadaan tertentu dan pada lokasi tertentu pemasangan kabel mengharuskan penekukan. Penekukan kabel yang tidak memperhitungkan sudut penekukan menghasilkan kenaikan temperature yang tinggi sehingga memungkinkan terjadinya isolasi terbakar dan kawat penghantar meleleh. Penelitian ini bertujuan untuk menurunkan temperature instalasi Kabel NYM 2 x 1,5mm² dengan mengatur sudut penekukan. Instalasi kabel NYM 2 x 1.5mm² dialiri arus dengan variasi 5A, 10A, 17A, 18A dan 19A dengan sudut tekukan kabel adalah pada 30°, 60°, 90°, 120°, dan kabel ditekuk balik. Pengujian menggunakan alat test Omicron CPC 100 yang mampu mengeluarkan tegangan output hingga 2kV AC dengan arus listrik sebesar 800A AC dan 400A DC. Hasil penelitian menunjukkan bahwa instalasi kabel dengan sudut penekukan yang tumpul mengurangi temperatur secara signifikan sehingga isolasi tidak terbakar dan kawat penghantar tidak meleleh. Instalasi kabel dengan sudut penekukan lancip (300) menyebabkan temperature naik secara signifikan sehingga isolasi lebih mudah terbakar.

Kata Kunci: NYM 2x1.5mm²; Sudut Penekukan; Arus Kabel; Isolasi Kabel

Abstract

(Title: Lowering the NYM 2x1.5mm² Cable Installation Temperature By Adjusting the Bend Angle)
One of the major causes on high temperature of the cable wires are erroneous bent position. Apparently at certain circumstances such as home or factory, cable installation must not be applied in upright assemble. There is a considerable that the cable installation must be applied in bent position. It was found that imprudent cable bending installation more likely to cause higher temperature to the cable. Considering controversy surrounding higher heat may occur to smaller and taper bending angle cable when it is electrified, it was designed an innovative solution to demote the temperature of NYM 2 x 1,5mm² cable installation by regulating the cable bent angle. In this research, NYM 2 x 1.5mm² cable were used as insulation resistance test by flowing it with various electric current as well as 5A, 10A, 17A, 18A and 19A. Cable bending angle were tested at 30°, 60°, 90°, 120°, and behind-bent wires. The test equipment was Omicron CPC 100 which has the capabilities of driving the output voltage up to 2kV AC with electrical currents output up to 800A and 400A DC. The results were significant to the cable with mild bending angle that reduces the amount of temperature which stopped isolation from burning and prevented conductive wire from melting where taper bending cable angle with (300) isolation were likely to be more flammable.

Keywords: NYM 2x1.5mm²; bend angle; cable flow; cable isolation

1. Pendahuluan

Kabel memiliki peranan yang sangat penting dalam proses penyaluran daya listrik. Permasalahan yang banyak terjadi pada kabel adalah permasalahan

bahan isolasi, dimana sering kali terjadi kegagalan isolasi sehingga bahan isolasi tidak dapat melakukan fungsinya dengan baik. Kegagalan dari isolasi tersebut disebabkan oleh banyak hal, salah satunya adalah karena panas yang terjadi pada kabel sehingga isolasi kabel tersebut rusak. Pemasangan kabel listrik pada instalasi listrik di pabrik, di gedung, maupun di perumahan tidak

*) Penulis Korespondensi.
E-mail: mauludi@gmail.com

semuanya lurus, di tempat tertentu harus ditekuk. Adanya penekukan pada kabel ini akan mempengaruhi kenaikan temperatur kabel. Besarnya sudut penekukan kabel harus menjadi perhatian, karena sudut penekukan kabel yang terlalu tajam bisa menjadi penyebab rusaknya isolasi kabel, akibatnya kawat penghantar yang ada didalam isolasi bisa terlihat dan keluar, sehingga apabila kawat penghantar itu bersentuhan dengan kawat penghantar yang lainnya sangat berbahaya, bahkan bisa menimbulkan percikan api yang menjadi pemicu terjadinya kebakaran.

Penelitian ini dilaksanakan pada salah satu pabrik pembuat kabel rack di Jakarta, kesehariannya mereka selalu menghadapi proses penekukan kabel pada rack. Sejauh ini pada pabrik mereka belum ada referensi/rekomendasi mengenai batasan kabel yang masih dalam toleransi untuk diperbolehkan ditekuk.

Pada penelitian ini, dibatasi oleh beberapa kondisi yakni kabel yang diuji adalah kabel NYM dengan 2 penghantar berinti tunggal dengan luas penampang konduktor 1,5 mm² jenis NYM dialiri arus sebesar 300/500 Volt (Perusahaan Listrik Negara, 1992). Pengujian dilakukan dengan memberikan tegangan 220 V 50 Hz dan diberikan arus antara 5A-19A, dengan alat penguji Omicron CPC 100 (10), dan kabel yang diuji ditekuk dengan sudut tekuk bervariasi antara 300 - 1200 dan kabel ditekuk balik.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh besarnya sudut penekukan kabel terhadap temperatur dan kekuatan isolasi kabel ketika dialiri arus listrik. Dengan demikian dapat diketahui sampai berapa besar sudut penekukan memberikan pengaruh terhadap kenaikan temperatur kabel.

2. Bahan dan Metode

Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimen, dengan tujuan menguji pengaruh suatu variabel terhadap variabel lain atau menguji bagaimana hubungan sebab akibat antara variabel yang satu dengan variabel yang lainnya. Metode penelitian eksperimen memiliki perbedaan yang jelas dibanding dengan metode penelitian yang lainnya, yaitu adanya pengontrolan terhadap variabel penelitian dan adanya pemberian perlakuan terhadap kelompok eksperimen. Penelitian eksperimen merupakan pendekatan penelitian yang cukup khas. Kekhasan tersebut diperlihatkan oleh dua hal, pertama penelitian eksperimen menguji secara langsung pengaruh suatu variabel terhadap variabel lain, kedua menguji hipotesis hubungan sebab akibat (Sugiyono, 2015).

Selanjutnya dilakukan pengujian untuk mendapatkan data temperatur pada saat kabel dialiri arus listrik dengan besar sudut penekukan yang bervariasi. Sudut penekukan yang diberikan pada pengujian adalah 1200 , 900 , 600 , 300 dan sudut saat kabel ditekuk

balik. Ketika kabel dialiri arus kenaikan temperatur yang terjadi diperhatikan dan dicatat setiap 30 detik sampai kabel mencapai temperatur yang konstan (480 detik).

Pengukuran temperatur konduktor kabel dan isolasi kabel dilakukan dengan mengupas isolasi kabel pada bagian kabel yang ditekuk (pada percobaan ini, tidak dilakukan pengukuran isolasi kabel). Setelah dikupas, maka bagian konduktor diukur dengan thermometer (infra-red) yaitu dengan menembakan sinar infra-red dari thermometer, maka suhu konduktor akan terbaca di termomter infra-red tersebut.

Merujuk kepada peraturan pemerintah tentang Standar Nasional Indonesia (Peraturan Pemerintah no 15 Tahun, 1991), sampel yang digunakan untuk pengujian adalah kabel NYM 2x1.5 mm² dengan standar SPLN-42. Adapun parameter teknis dari kabel yang menggunakan standar SPLN-42 adalah sebagai berikut:

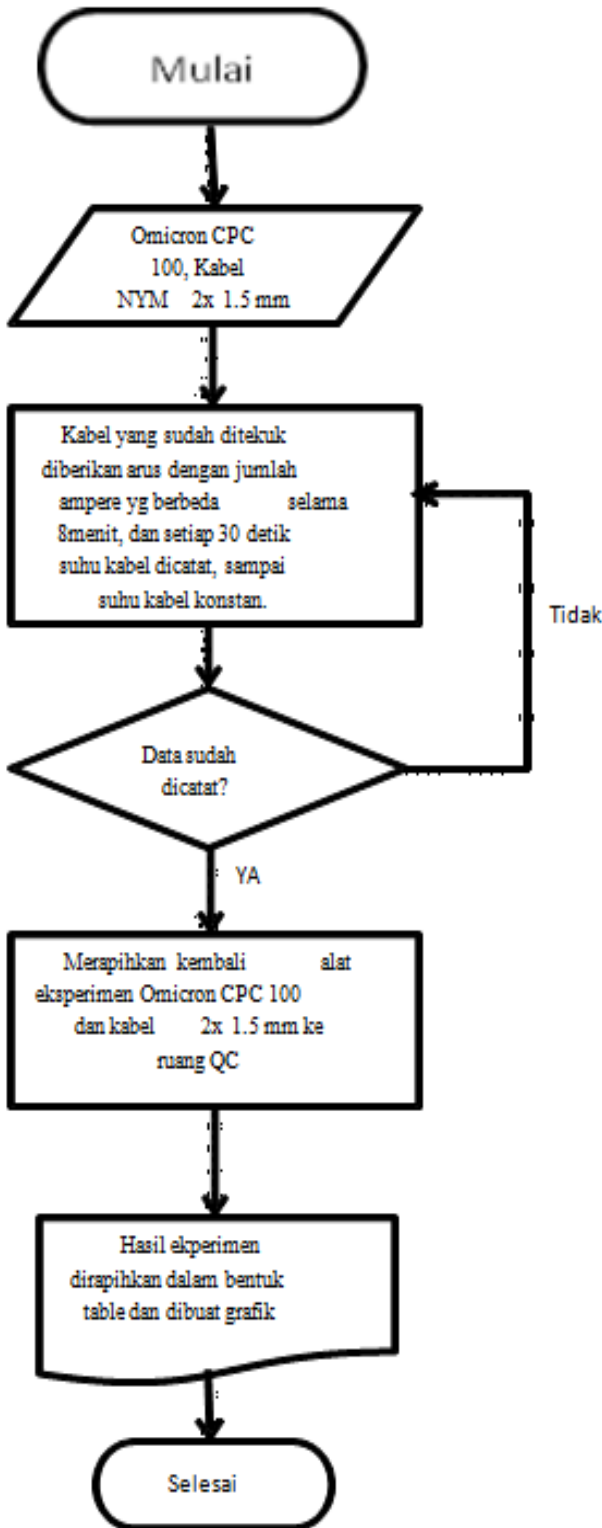
Tabel 1. Spesifikasi Sample Kabel Pengujian (Perusahaan Listrik Negara, 1992)

Spesifikasi	
Jumlah inti dan luas penampang	2x1.5 mm ²
Jumlah kawat dalam satu inti	1 buah
Diameter kawat	1,38 mm
Isolasi nominal S1	0,7 mm
Lapisan pembungkus inti S2	0,4 mm
Selubung nominal S3	1.2 mm
Diameter Luar	10 mm
Kuat hantar arus pada 30 ⁰ C	19 A
Kuat hantar arus pada 40 ⁰ C	16 A

Peralatan yang digunakan untuk penelitian ini adalah sebagai berikut :

- 1.Omicron CPC 100
- 2.Sumber tegangan AC 220 V
- 3.*Infra red thermocouple*
- 4.Stopwatch
- 5.Kabel penghubung dengan kapasitas 800 A

Pada pengujian dilakukan pada lima buah kabel yaitu kabel yang ditekuk 1200, 900, 600, 300, dan kabel ditekuk balik. Pengujian ini dilakukan untuk mengukur kenaikan temperatur kabel yang ditekuk apabila dialiri arus. Pengukuran temperatur dilakukan dengan menggunakan *infra red thermocouple*. Temperatur kabel dicatat ketika sudah mencapai kondisi suhu yang stabil. Gambar 1 adalah tahapan proses pengujian kabel.

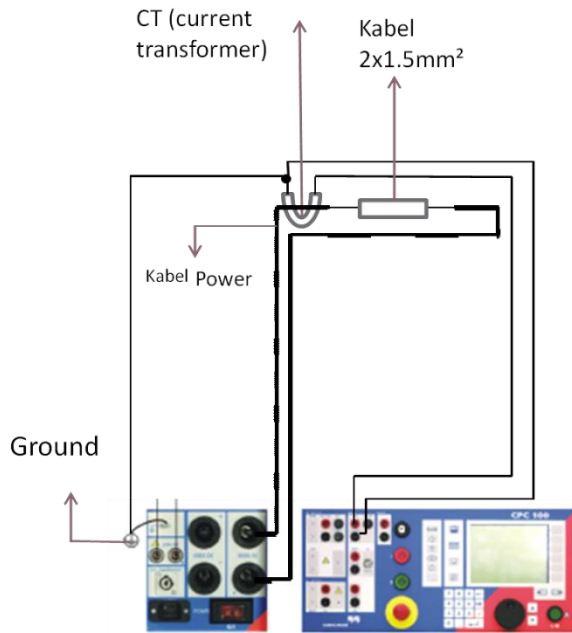


Gambar 1. Tahapan Pengujian

Langkah-langkah yang dilakukan pada pengujian adalah sebagai berikut (Omicronenergy, 2017):

1. Menyiapkan semua peralatan yang akan digunakan.
2. Menyiapkan kabel yang akan diuji baik itu kabel yang lurus, maupun kabel yang ditebuk.
3. Merangkai rangkaian percobaan seperti gambar 2
4. Menyambungkan kabel ground Omicron CPC 100 ke pentanahan yang ada di ruangan percobaan.
5. Menyalakan sumber tegangan AC 220 V.
6. Menyalakan Omicron CPC 100 (tombol power di sebelah kiri bawah berwarna merah, tekan pada posisi ON), kemudian tunggu beberapa detik sampai lampu indikator (yang berwarna hijau) yang ada di samping LCD monitor menyala, itu artinya Omicron CPC 100 siap dioperasikan.
7. Pilih menu inject current pada layar dengan menggunakan tombol menu yang ada disamping kiri LCD monitor.
8. Atur besarnya arus listrik yang akan dikeluarkan dengan menggunakan tombol JOG yang ada dibawah LCD monitor secara perlahan-lahan sampai pada besar arus listrik yang diinginkan (variasi arus yang diberikan adalah 5A, 10A, 15A, 17A, 18A, dan 19A).
9. Atur timer sesuai dengan waktu yang kita butuhkan melalui tombol aplikasi yang ada di samping kiri LCD monitor.
10. Setelah itu tekan tombol test start yang ada di pojok kanan bawah, tunggu beberapa detik sampai lampu indikator ON Start (yang berwarna merah) yang ada disamping kiri LCD monitor itu menyala, jika lampu sudah menyala itu artinya arus listrik sudah mengalir pada penghantar yang diuji.
11. Jika berhasil maka timer akan menyala dan jika tidak berhasil maka akan muncul indikasi trip pada LCD monitor.
12. Jika terjadi trip, maka segera tekan tombol Emergency Stop, yaitu tombol menonjol yang berwarna merah yang letaknya ada di bawah lampu indikator OFF yang berwarna hijau, kemudian tekan lagi tombol Emergency Stop sampai tombol itu kembali ke posisi semula (posisi normal), kemudian ulangi lagi langkah nomor 8 sampai 10.
13. Mencatat temperatur kabel pada bagian konduktor dan isolasi kabel setiap 30 detik selama 8 menit. Untuk tahapan ini besar arus yang diberikan adalah 5A, 10A, 15A, 17A, 18, dan 19A.
14. Apabila percobaan telah selesai, matikan Omicron CPC 100 dengan menekan tombol power OFF yang ada di pojok kiri bawah, lalu cabut kabel Ground dan kemudian matikan sumber tegangan AC 220 V.
15. Rapihkan alat dan kembalikan ke tempat semula.

Adapun rangkaian pengujian dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar2. Rangkaian pengujian



Gambar3. Penampang *Omicron CPC 100*

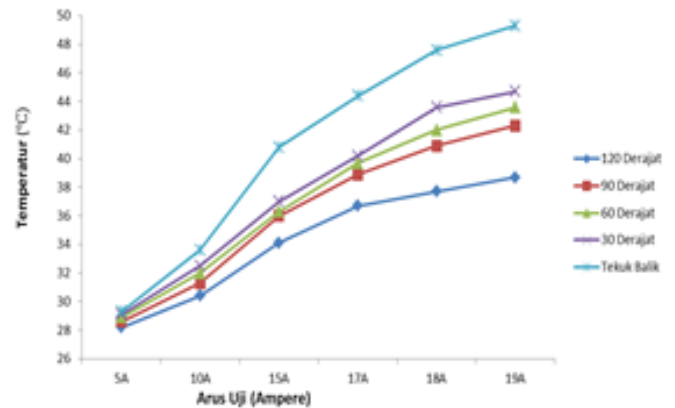
3. Hasil dan Pembahasan

Pengujian yang pertama dilakukan adalah menekuk kabel sebesar 1200. Kemudian kabel dialiri arus, temperatur konduktor dan isolasinya dicatat setiap 30 detik selama 8 menit. Konduktor pada kabel mencapai temperatur yang konstan membutuhkan waktu sekitar 120 detik untuk nilai arus 5 A sedangkan untuk isolasi kabel membutuhkan waktu 150 detik. Waktu yang dibutuhkan kabel untuk mencapai nilai temperatur

konstannya semakin lama ketika arus yang mengalir semakin tinggi. Hasil pengujian yang didapat untuk konduktor kabel dapat dilihat masing-masing pada tabel 2 dan gambar 4, berupa table dan grafik, Untuk hasil pengujian isolasi kabel dapat dilihat pada tabel 3 dan gambar 5.

Tabel 2. Hasil Pengujian Pada Konduktor Kabel

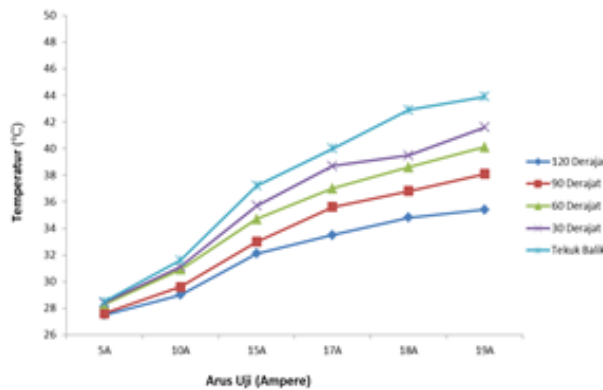
Arus Uji Ampere	Besar Sudut Penekukan (Derajat)				
	120 ⁰	90 ⁰	60 ⁰	30 ⁰	Tekuk Balik
5A	28.2	28.6	28.9	29.1	29.3
10A	30.4	31.3	32	32.5	33.6
15A	34.1	36	36.3	37	40.8
17A	36.7	38.9	39.7	40.2	44.4
18A	37.7	40.9	42	43.6	47.6
19A	38.7	42.3	43.6	44.7	49.3



Gambar 4. Hasil Pengujian Pada Konduktor Kabel

Tabel 3. Hasil Pengujian Pada Isolasi Kabel

Arus Uji Ampere	Besar Sudut Penekukan (Derajat)				
	120 ⁰	90 ⁰	60 ⁰	30 ⁰	Tekuk Balik
5A	27.5	27.6	28.3	28.4	28.5
10A	29	29.6	30.9	31.1	31.6
15A	32.1	33	34.7	35.7	37.2
17A	33.5	35.6	37	38.7	40
18A	34.8	36.8	38.6	39.5	42.9
19A	35.4	38.1	40.1	41.6	43.9



Gambar 5. Hasil pengujian pada isolator kabel

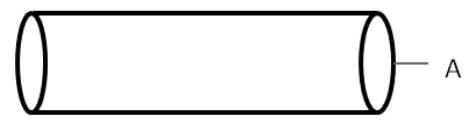
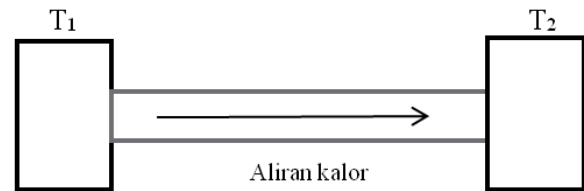
3.1 Analisa Perbedaan Nilai Temperatur Konstan Antara Konduktor dengan Isolasi

Dari hasil pengujian pengujian yang dilakukan dapat terlihat bahwa besarnya nilai dari arus yang mengalir pada kabel akan mempengaruhi nilai temperatur konstan pada kabel. Pada konduktor maupun pada isolasi kabel tersebut terlihat bahwa temperatur semakin tinggi ketika arus yang dialirkan pada kabel diperbesar nilainya. Dari data pertama yaitu pada pengujian dengan mengalirkan arus pada kabel yang ditekek sebesar 120^0 , temperatur konstan yang terjadi pada konduktor bergerak naik dari nilai 28.2°C ketika kabel dialiri arus sebesar 5A sampai nilai 38.7°C ketika kabel dialiri arus sebesar 19A, sedangkan untuk temperatur konstan pada isolasi kabel bergerak naik dari nilai 27.5°C ketika kabel dialiri arus 5A menjadi 35.4°C ketika arus yang mengalir 19A.

Dari data tersebut terlihat bahwa kenaikan arus yang mengalir pada kabel berbanding lurus dengan kenaikan nilai temperatur konstan kabel. Hal ini dikarenakan panas yang terjadi pada kabel baik pada konduktor maupun pada isolasi kabel merupakan akibat dari adanya rugi-rugi yang terjadi pada kabel. Rugi-rugi yang terjadi pada kabel salah satunya adalah rugi-rugi pada konduktor (Suwarso, 2013) Rugi-rugi ini berbanding lurus dengan kuadrat nilai dari arus yang mengalir pada kabel (Sears, 1982). Dilihat dari hubungan tersebut maka semakin besar nilai dari arus yang mengalir maka akan semakin besar pula rugi-rugi daya yang terjadi. Menurut perinsip dari hukum kekekalan energi yang menyatakan bahwa energi tidak dapat diciptakan dan tidak dapat dimusnahkan (Sears, 1982), maka rugi-rugi daya tersebut akan diubah menjadi bentuk energi lain, dalam hal ini diubah menjadi energi panas.

Dari data tersebut juga dapat terlihat bahwa temperatur konstan dari konduktor lebih tinggi dibandingkan temperatur konstan isolasi kabel. Hal ini

dikarenakan adanya perpindahan kalor dari konduktor ke isolasi kabel. Ketika benda yang memiliki perbedaan suhu saling bersentuhan, terdapat jumlah kalor yang mengalir dari benda atau tempat yang bersuhu tinggi menuju benda atau tempat yang bersuhu rendah.



- l = panjang
- A = Luas permukaan
- T_1 dan T_2 = Suhu kabel, dimana $T_1 > T_2$
- t = waktu (detik)

Gambar 6. Arah laju aliran kalor (Sears, 1982)

Dari gambar diatas, benda yang terletak di sebelah kiri memiliki suhu yang lebih tinggi (T_1) sedangkan benda yang terletak di sebelah kanan memiliki suhu yang lebih rendah (T_2). Karena adanya perbedaan suhu ($T_1 - T_2$), kalor mengalir dari benda yang bersuhu tinggi menuju benda yang bersuhu rendah (arah aliran kalor ke kanan). Benda yang dilewati kalor memiliki luas penampang (A) dan panjang (l).

Berdasarkan hasil pengujian, jumlah kalor yang mengalir selama selang waktun tertentu (Q/t) berbanding lurus dengan perbedaan ($T_1 - T_2$), luas penampang (A), sifat suatu benda (k = konduktivitas termal) dan berbanding terbalik dengan panjang benda. Secara matematis bisa ditulis sebagai berikut:

$$\frac{Q}{t} = kA \frac{T_1 - T_2}{l} \tag{1}$$

Dengan persamaan (1) diatas (Sears, 1982) :

- Q = kalor (kkal atau J)
- t = waktu (detik)
- $\frac{Q}{t}$ = laju aliran kalor (Joule/detik)
- A = luas penampang benda (m^2)
- T_1 = Temperatur tinggi ($^{\circ}\text{K}$ atau $^{\circ}\text{C}$)
- T_2 = Temperatur rendah ($^{\circ}\text{K}$ atau $^{\circ}\text{C}$)

l = panjang benda (m)

$$\frac{T_1 - T_2}{l} = \text{gradient suhu } (^{\circ}\text{K/m atau } ^{\circ}\text{C/m})$$

k = konduktivitas termal benda (Watt per meter kelvin, w/m.k)

Dari persamaan diatas, nilai dari kecepatan laju aliran kalor dipengaruhi oleh beberapa faktor, salah satunya adalah konduktivitas termal benda. Benda yang memiliki konduktivitas termal (k) besar merupakan penghantar kalor yang baik (konduktor termal yang baik). Sebaliknya, benda yang memiliki konduktivitas termal yang kecil merupakan penghantar kalor yang buruk (konduktor termal yang buruk). Karena konduktor memiliki konduktivitas termal yang besar maka konduktor akan dengan cepat mengalirkan kalor yang dia miliki, kalor tersebut mengalir ke tempat yang suhunya lebih rendah dari suhu konduktor yaitu isolasi kabel. Isolasi kabel memiliki nilai konduktivitas termal yang rendah atau dengan kata lain resistansi termalnya sangat besar sehingga isolasi sangat lambat dalam mengalirkan kalor (Sears, 1982).

$$R = \frac{l}{k} \tag{2}$$

Dengan merujuk pada (2) dimana :

R = Resistansi termal (Ohm)

l = Ketebalan bahan (mm^2)

k = Konduktivitas termal (w/m.k)

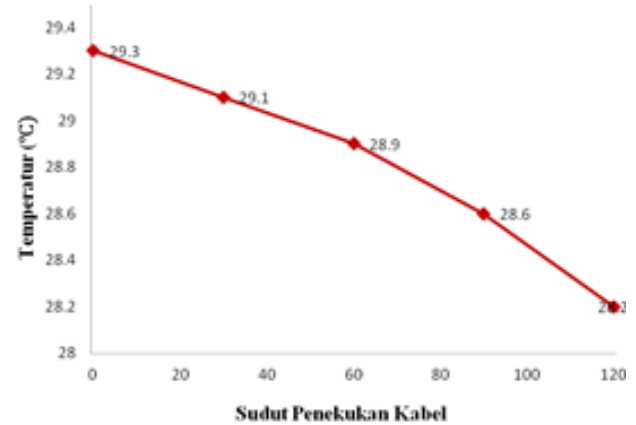
Dengan lambatnya aliran kalor yang terjadi menyebabkan suhu yang ada di luar permukaan isolasi lebih rendah daripada suhu yang ada pada konduktor. Dari hasil pengujian dengan variasi sudut yang berbeda didapatkan hal yang sama dimana nilai dari temperatur konstan konduktor lebih tinggi dibandingkan dengan nilai temperatur konstan isolasi kabel.

3.2 Analisa Pengaruh Besar Sudut Penekukan Kabel Terhadap Temperatur Konstan

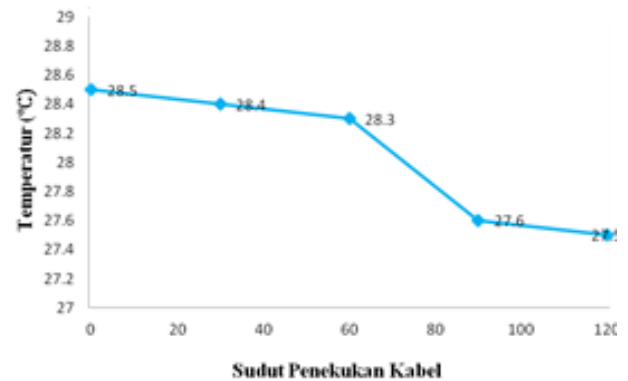
Jika dibandingkan antara hasil yang didapat dari pengujian pertama ketika kabel ditekuk sebesar 120° dengan data hasil pengujian lainnya yaitu ketika kabel ditekuk dengan sudut yang lebih kecil dari 120° , terlihat jelas bahwa besar sudut penekukan pun mempengaruhi besarnya nilai dari temperatur konstan kabel yang terjadi.

Dari hasil pengujian yang dilakukan menunjukkan bahwa sudut penekukan berbanding terbalik dengan nilai temperatur konstan dari kabel. Semakin kecil sudut penekukan (semakin lancip

sudutnya) pada kabel akan menyebabkan temperatur konstan kabel akan semakin tinggi. Hal ini diperlihatkan oleh grafik yang didapatkan dari hasil percobaan seperti dibawah ini :

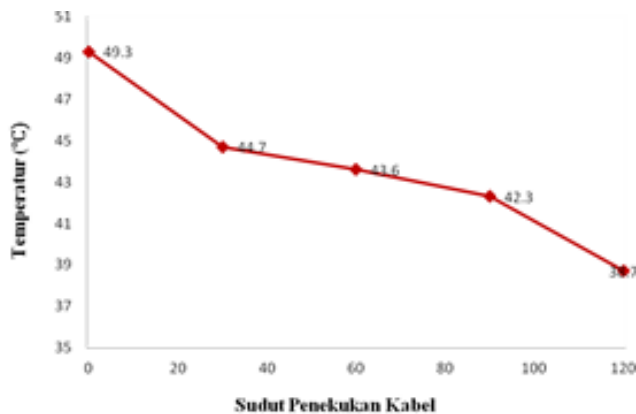


Gambar 7. Grafik pengaruh sudut penekukan terhadap temperatur pada konduktor dengan arus 5A

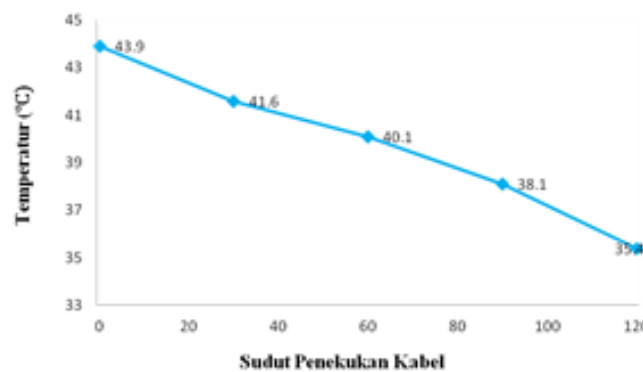


Gambar 8. Pengaruh sudut penekukan terhadap temperatur pada isolasi dengan arus 5A

Pada nilai arus yang kecil peningkatan temperatur yang terjadi tidak terlalu tinggi meskipun kabel ditekuk sampai tekuk balik. Dari data yang didapat dari pengujian, perbedaan temperatur antara kabel yang ditekuk 120° dengan kabel yang ditekuk balik pada saat arus mengalir 5A adalah 1.1°C untuk konduktor dan 1°C untuk isolasi. Perbedaan temperatur yang cukup tinggi akan dihasilkan antara kabel yang ditekuk 120° dengan kabel yang ditekuk balik ketika arus yang mengalir besar mencapai nilai KHA (Kemampuan Hantar Arus) nya (Scaddan, 2002). Hal ini dapat dilihat dari grafik yang dihasilkan dari data pengujian dibawah ini:



Gambar 9. Pengaruh sudut penekukan terhadap temperatur pada konduktor dengan arus 19A



Gambar 10. Grafik pengaruh sudut penekukan terhadap temperatur pada isolasi dengan arus 19A

Dari grafik diatas terlihat bahwa perbedaan temperatur yang terjadi antara kabel yang ditekuk 120⁰ dengan kabel yang ditekuk balik adalah 10.6°C.

Hal diatas disebabkan karena adanya rugi-rugi daya dan adanya medan magnet yang tidak merata pada kabel yang ditekuk (Neidle, 1999). Hal tersebut erat kaitannya dengan muatan-muatan yang ada pada kabel baik pada konduktor maupun isolasi dari kabel tersebut. Arah dari pergerakan elektron bebas adalah random. Ketika terjadi perbedaan potensial (muatan) antara ujung yang satu dengan ujung yang lainnya pada suatu material maka akan terjadi pergerakan elektron dari ujung yang memiliki jumlah elektron yang lebih banyak menuju ujung satunya lagi yang memiliki jumlah elektron yang lebih sedikit (Thue, 1999).

Dalam pergerakannya elektron ini mendapatkan hambatan saat melewati atom di sebelahnya. Hal ini dikarenakan arah pergerakan dari elektron tersebut tidak beraturan maka dalam pergerakannya elektron-elektron ini ada yang menabrak atom-atom lain yang ada dalam penghantar atau bahan. Akibatnya akan terjadi gesekan

antara elektron dengan atom pada penghantar. Gesekan tersebut akan menimbulkan panas pada penghantar (Neidle, 1999). Semakin besar hambatan yang ada pada penghantar maka akan semakin banyak pula terjadi gesekan antara elektron dengan atom dan akan menyebabkan penghantar menjadi semakin panas.

Intensitas medan magnet yang terjadi di sekitar penghantar tidak sama di semua titik. Semakin jauh jarak dari penghantar maka intensitas medan magnetnya akan semakin kecil (Scaddan, 2002). Dengan semakin kecilnya sudut tekukan pada kabel, maka jarak antar penghantar sebelum dan sesudah tekukan akan semakin dekat. Intensitas medan magnet yang diterima oleh penghantar tersebut akan semakin kuat dan energi yang didapatkan elektron untuk bergerak akan semakin besar sehingga kecepatan elektron akan semakin bertambah. Dengan bertambahnya kecepatan elektron maka akan menyebabkan penghantar akan semakin panas.

Ketika kabel ditekuk maka akan terjadi penumpukan muatan ditempat tekukan tersebut. Kerapatan muatan tersebut akan meningkatkan nilai dari tegangan ditempat tekukan. Tekukan pada kabel juga akan membuat isolasi kabel merenggang dan membuat tahan isolasinya berkurang (Suwarso, 2013). Dengan berkurangnya tahanan isolasi dari isolasi kabel dan meningkatnya tegangan di bagian kabel yang ditekuk tersebut akan mengakibatkan terjadinya arus bocor pada bagian tersebut. Arus bocor ini juga akan menyebabkan bagian isolasi menjadi panas. Jika bahan isolasi tidak bagus maka penekukan kabel ini akan mengakibatkan kegagalan bahan isolasi tersebut untuk menahan arus dan menahan panas (Thue, 1999; Suwarso, 2013).

Dari hasil pengujian didapat nilai temperatur dari kabel yang ditekuk balik nilainya paling tinggi dibandingkan dengan temperatur pada kabel ditekuk dengan sudut penekukan yang lebih besar. Temperatur yang terlalu tinggi dapat menyebabkan isolasi menjadi panas, pergerakan molekul menjadi aktif ke titik transisi, yang menyebabkan modulus elastic dan kekerasannya rendah, sedangkan tegangan patahnya lebih kecil dan perpanjangannya lebih besar (Thue, 1999). Bersamaan dengan itu, sifat listrik, ketahanan volume dan tegangan putus dielektrik menjadi lebih kecil dan pada umumnya konstanta dielektrik menjadi besar (Suwarso, 2013). Jika temperatur melewati titik transisi, bahan termoplastik seperti karet menjadi lunak, dan selain perubahan pada sifat-sifat diatas modulus elastiknya juga tiba-tiba berubah. Selanjutnya, pada temperatur tinggi bahan Kristal dapat meleleh dan dapat mengalir (Suwarso, 2013). Jika ini berlanjut maka akan dapat menyebabkan bahaya seperti kebakaran jika di lingkungan di sekitarnya terdapat bahan-bahan yang mudah terbakar.

3.3 Analisa pengaruh tekukan terhadap fisik kabel (diameter, bentuk panampang, dan resistansi)

Diameter pada bagian konduktor yang ditebuk berubah menjadi oval, tidak lagi lingkaran dan panjang konduktor sedikit bertambah sesuai dengan besarnya sudut yang ditebuk. Resistansi kabel akan menjadi lebih rendah dari sebelum ditebuk.

3.4 Analisa pengaruh medan magnet pada tekukan dan efeknya pada temperatur konduktor

Dari data yang diperoleh dapat diambil suatu analisa bahawa kekuatan medan magnet menjadi melemah, karena bentuk dan posisi konduktor yang berubah, sehingga arah medan magnet terjadi perubahan. Pengaruh pergerakan electron pada daerah konduktor yang ditebuk menjadikan suhu konduktor akan lebih cepat panas, karena pergerakan electron pada daerah yang ditebuk akan lebih lambat dan terjadi gesekan yang lebih sering dengan neutron.

4. Kesimpulan

Hasil penelitian menunjukkan bahwa kenaikan temperatur kabel dipengaruhi oleh besar arus yang mengalir pada kabel dan sudut penekukan kabel. Instalasi kabel dengan sudut penekukan yang tumpul (60° , 90° , 120°) mengurangi temperatur secara signifikan sehingga isolasi tidak terbakar dan kawat penghantar tidak meleleh. Instalasi kabel dengan sudut penekukan lancip (30°) menyebabkan temperature naik secara signifikan sehingga isolasi lebih mudah terbakar. Kabel yang ditebuk 120° dengan arus 19 A menghasilkan temperature yang sama dengan kabel yang ditebuk 90° kemudian dialiri arus 15A.

Beberapa saran dari hasil penelitian ini baik untuk instalatur, dan badan standarisasi adalah sebagai berikut: (1) pemasangan instalasi listrik di manapun jangan ditebuk dengan sudut yang terlalu tajam atau lancip, karena menyebabkan kabel cepat panas dan akibatnya isolasi meleleh. ; (2) pada setiap sambungan kabel sebaiknya menggunakan kotak sambung; (3) gunakan kabel dengan ukuran yang sesuai dengan batas maksimal

arus listrik yang melalui kabel itu. Standarisasi penggunaan kabel diatur dalam undang-undang Pemerintah Republik Indonesia, PP 15/1991 tentang Standar Nasional Indonesia 1 Maret 1991; (4) SNI perlu menentukan batas maksimum penekukan kabel instalasi listrik.

Daftar Pustaka

- Neidle, M. (1999). *Electrical Instalasion Technology*, Ed. 3. London: Butterworth & co.
- Omicron energy (2017), *CPC 100*. Diakses dari <https://www.omicronenergy.com/en/products/all/primary-testing-monitoring/cpc-100/#Documents>, tanggal 3 Januari 2017.
- Peraturan Pemerintah No 15 tahun 1991 (1991). *Standar Nasional Indonesia*, Diakses dari <http://www.hukumonline.com/pusatdata/detail/t4cad8584d98a1/node/683/pp-no-15-tahun-1991-standar-nasional-indonesia>, diakses tanggal 11 Januari 2017.
- Perusahaan Listrik Negara (1992). *Kabel Berisolasi dan berselubung PVC Tegangan Pengenal 300/500V*. Diakses dari <http://sispk.bsn.go.id/SNI/DetailSNI/3059>, tanggal 5 Desember 2016.
- Scaddan, B. (2002). *Electrical Installation Work*. Ed.5, England: Newnes.
- Sears, F. W., Zemansky, M. W. (1982). *Fisika Untuk Universitas*, Vol 1. Jakarta: Binacipta.
- Sugiyono (2015), *Metode Penelitian dan Pengembangan: Research and Development: Untuk Bidang: Pendidikan, Manajemen, Sosial, Teknik*. Bandung: Alfabeta.
- Suwarso (2013). *Material Teknik Listrik*. Jakarta : Sekolah Tinggi Teknologi Jakarta.
- Thue, W. (1999). *Electrical Power Cable Engineering*. New York: Marcel Dekker.