

SKRIPSI

ANALISIS TEMPERATUR KABEL DAN BESAR ARUS TERHADAP

PENEKUKAN



OLEH :

ASRIL

10582101312

PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MAKASSAR

2019



FAKULTAS TEKNIK

GEDUNG MENARA IQRA LT. 3

Jl. Sultan Alauddin No. 259 Telp. (0411) 866 972 Fax (0411) 865 588 Makassar 90221

Website: www.unismuh.ac.id, e_mail: elektroft@unismuh.ac.id

Website: <http://teknik.unismuh.makassar.ac.id>

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan untuk memenuhi syarat ujian guna memperoleh gelar Sarjana Teknik (ST) Program Studi Teknik Elektro Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar.

Judul Skripsi : **ANALISIS TEMPERATUR KABEL DAN BESAR ARUS TERHADAP PENEKUKAN**

Nama : 1. Asril

Stambuk : 1. 10582 1013 12

Makassar, 31 Agustus 2019

Telah Diperiksa dan Disetujui
Oleh Dosen Pembimbing;

Pembimbing I

Pembimbing II



Dr. Ir. Zahir Zainuddin, M.Sc


Suryani, S.T., M.T

Mengetahui,

Ketua Jurusan Elektro




Adrian, S.T., M.T.
NBM : 1044 202



FAKULTAS TEKNIK

GEDUNG MENARA IQRA LT. 3

Jl. Sultan Alauddin No. 259 Telp. (0411) 866 972 Fax (0411) 865 588 Makassar 90221

Website: www.unismuh.ac.id, e_mail: elektroft@unismuh.ac.id

Website: <http://teknik.unismuh.makassar.ac.id>

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

PENGESAHAN

Skripsi atas nama Asril dengan nomor induk Mahasiswa 10582 1013 12, dinyatakan diterima dan disahkan oleh Panitia Ujian Tugas Akhir/Skripsi sesuai dengan Surat Keputusan Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar Nomor : 0010/SK-Y/20201/091004/2019, sebagai salah satu syarat guna memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Elektro Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar pada hari Sabtu tanggal 24 Agustus 2019.

Panitia Ujian :

Makassar, 01 Muharram 1441 H

31 Agustus 2019 M

1. Pengawas Umum

a. Rektor Universitas Muhammadiyah Makassar

Prof. Dr. H. Abdul Rahman Rahim, SE., MM.

b. Dekan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin

Dr. Ir. H. Muh. Arsyad Thaha, M.T

2. Penguji

a. Ketua : Ir. Abdul Hafid, M.T

b. Sekretaris : Adriani, S.T.,M.T

3. Anggota : 1. Dr. Umar Katu, S.T.,M.T

2. Andi Fajaruddin, S.T.,M.T

3. Dr. Eng. Ir. H. Zulfajri Basri Hasanuddin, M.Eng :

Mengetahui :

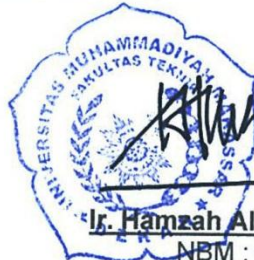
Pembimbing I

Pembimbing II

Dr. Ir. Zahir Zainuddin, M.Sc

Suryani, S.T.,M.T

Dekan



Ir. Hamzah Al Imran, S.T., M.T.,IPM

NBM : 855 500

ABSTRAK

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, 15A dan 19A dengan sudut tekukan kabel adalah pada 30°, 60°, 90°, dan kabel ditekuk balik. Pengujian menggunakan alat tang meter, termhometer dan beberapa alat elektronik sebagai beban sperti setrika, kipas angin, mesin bor dan beberapa alat lainnya. 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 : Penekukan Kabel, Temperatur, Isolasi, Arus.



ABSTRACT

Installation of electrical installations in homes and factories is not always straight, in certain circumstances and at certain locations cable installation requires bending. Cable bending that does not take into account the bending angle results in a high temperature rise which allows burning isolation and melting wire to melt. This study aims to reduce the installation temperature of NYM 2 x 1.5mm² cable by adjusting the bending angle. NYM 2 x 1.5mm² cable installation is flowed with variations of 5A, 10A, 15A and 19A with cable bending angles at 30°, 60°, 90°, and the cable is bent back. Testing using pliers, thermometers and several electronic devices such as irons, fans, drilling machines and several other tools. The results showed that the installation of cables with blunt bending angles significantly reduced the temperature so that the insulation did not burn and the conductive wire did not melt. Installing cables with a pointed bend angle (300) causes the temperature to rise significantly so that the insulation is more flammable.

Keyword : Cable Bend, Temperature, Isolation, Flow



KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabaraktuh

Syukur Alhamdulillah segala puji bagi Allah SWT, sang pemberi nikmat dan pemilik dunia dan isinya. Tiada Tuhan selain Allah, Dialah maha segalanya sehingga karena berkat rahmat dan kuasaNyalah kami sebagai penyusun dapat menyelesaikan proposal ini dengan judul “ ANALISIS TEMPERATUR KABEL DAN BESAR ARUS TERHADAP PENEKUKAN“. Dan tak lupa juga kita panjatkan shalawat kepada junjungan kita Nabi Muhammad SAW, sang kekasih allah yang menjadi penerang dan suri teladan bagi kita semua.

Kami menyadari sepenuhnya bahwasanya banyak sekali hambatan dan cobaan yang dihadapi dalam proses penulisan skripsi ini, tetapi berkat petunjuk dan pertolongan Allah SWT dan bimbingan, arahan serta dukungan dari berbagai pihak, akhirnya masalah tersebut sedikit demi sedikit bisa teratasi. Oleh karena itu degaa ketulusan dan kerendahan hati, kami mengucapkan terima kasih dan penghargaan yang setinggi-tinginya kepada :

1. Bapak Ir. Hamzah Al Imran, S.T.,M.T. Sebagai Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar
2. Ibu Adriani, ST.MT. Sebagai Ketua Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar.

3. Bapak Dr. Ir. Zahir Zainuddin, M.Sc. Selaku pembimbing I dan Ibu Suryani, ST., MT. Selaku pembimbing II, yang telah banyak meluangkan waktu dalam membimbing kami.
4. Bapak dan Ibu dosen serta Staf Pegawai Fakultas Teknik atas segala waktunya telah mendidik dan melayani penulis selama mengikuti proses belajar mengajar di Universitas Muhammadiyah Makassar.
5. Ayahanda dan Ibunda yang tercinta, penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya atas segala limpahan kasih sayang, doa dan pengorbanan terutama dalam bentuk materi dalam menyelesaikan kuliah.
6. Saudara-saudaraku serta rekan-rekan mahasiswa mahasiswa fakultas teknik terkhusus angkatan 2012 yang dengan keakraban dan persaudaraan yang banyak membantu dalam menyelesaikan tugas akhir ini.

Semoga semua pihak tersebut diatas mendapat pahala yang berlipat ganda disisi Allah SWT. Kami selaku penyusun menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan, oleh karenanya segala kritik dan saran dari pembaca dan siapapun yang sifatnya membangun kami terima dengan senang hati demi kemajuan bersama. Semoga skripsi yang sederhana ini dapat bermamfaat bagi penulis, rekan-rekan, masyarakat serta bangsa dan negara. Amiin.

Wassalamu alaikum warahmatullahi wabarakatuh

Makassar, 01 Agustus 2019

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
ABSTRAK	ii
ABSTRACK	iii
KATA PENGANTAR	iv
DAFTAR ISI.....	vi
DAFTAR GAMBAR.....	viii
DAFTAR TABEL.....	ix
DAFTAR LAMPIRAN.....	x
BAB I PENDAHULUAN.....	1
A. Latar Belakang	1
B. Rumusan Masalah.....	2
C. Batasan Masalah	2
D. Tujuan Penelitian.....	3
E. Manfaat Penelitian.....	3
F. Sistematika Penulisan.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
A. Jenis Kabel Instalasi	5
1. Kabel NYA.....	5
2. Kabel NYM	6
3. Kabel NYY	7

4. Kabel NYAF.....	8
B. Kabel NYM.....	9
1. Arti Kode Pengenal Kabel NYM.....	9
2. Konstruksi Kabel NYM.....	9
3. Standar Untuk Kabel NYM	10
4. Penggunaan Kabel NYM.....	14
C. Karakteristik Medan Magnet dan Temperatur Pada Penghantar Yang Ditekuk	15
1. Pengaruh Sudut Penekukan dan Radius Penekukan Terhadap Temperatur Konduktor	16
D. Sumber Pemanasan Pada Kabel.....	18
1. Rugi-Rugi Konduktor	18
2. Rugi-Rugi Dielektrik	19
E. Temperatur dan Aliran Panas Pada Kabel.....	20
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....	22
A. Waktu dan Tempat.....	22
B. Data dan Variabel Penelitian.....	22
1. Perhitungan Rugi Daya Pengujian Tahanan Kabel NYM $2 \times 1.5 \text{mm}^2$	22
C. Alat dan Bahan.....	24
1. Peralatan dan Bahan Penelitian	24
D. Skema Penelitian.....	24
E. Langkah Penelitian.....	25
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	27

A. Penekukan Kabel Sebesar 120°	27
B. Penekukan Kabel Sebesar 90°	30
C. Penekukan Kabel Sebesar 60°	33
D. Penekukan Kabel Sebesar 30°	36
E. Penekukan Kabel Dengan Ditekuk Balik.....	39
F. Analisa Perbedaan Nilai Temperatur Konstan Antara Konduktor dengan Isolasi.....	42
G. Analisa Pengaruh Besar Sudut Penekukan Kabel Terhadap Temperatur Konstan.....	43
H. Analisa pengaruh tekukan terhadap fisik kabel (Diameter, Bentuk Penampang dan Resistansi)	47
BAB V PENUTUP.....	48
A. KESIMPULAN.....	48
B. SARAN	48
DAFTAR PUSTAKA	50

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
1. Gambar 2.1. Kabel NYA	6
2. Gambar 2.2. Kabel NYM	7
3. Gambar 2.3. Kabel NYY	8
4. Gambar 2.4. Kabel NYAF	8
5. Gambar 2.5. Penghantar Yang Ditekuk	15
6. Gambar 2.6. Grafik Pengaruh nilai R_0 terhadap temperatur maksimum	17
7. Gambar 2.7. Grafik Pengaruh sudut penekukan pada temperatur maksimum ...	17
8. Gambar 2.8. Diagram Vector Arus Pada Kapasitor	19
9. Gambar 2.9. Rangkaian termal untuk kabel dengan satu sumber kalor	20
10. Gambar. 2.10. Rangkaian termal untuk kabel dengan dua sumber kalor	21
11. Gambar. 3.1. Bagan alur penelitian	25
12. Gambar. 4.1. Grafik pengaruh sudut penekukan terhadap temperatur pada konduktor dengan arus 1.7A	44
13. Gambar. 4.2. Pengaruh sudut penekukan terhadap temperatur pada isolasi dengan arus 1.7A	45

DAFTAR TABEL

Halaman

1. Tabel 2.1 SPLN 42.-2: 1992 tentang kabel NYM dengan 3 inti.....	12
2. Tabel 4.1. Hasil pengujian dengan sudut 120°	29
3. Tabel 4.2. Hasil pengujian dengan sudut 90°	32
4. Tabel 4.3. Hasil pengujian dengan sudut 60°	35
5. Tabel 4.4. Hasil pengujian dengan sudut 30°	38
6. Tabel 4.5. Hasil pengujian dengan ditekuk balik.....	41



BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Sejak pertamakali ditemukannya listrik oleh ilmuwan berkebangsaan Yunani yang bernama Thales. Kemudian listrik pun berkembang hingga pada akhirnya seperti sekarang ini. Bisa dikatakan listrik ikut membantu dalam perkembangan zaman karena hampir semua teknologi digerakkan oleh listrik.

Di era modern ini, kita tidak dapat terlepas yang namanya listrik. Dimana kita ketahui listrik adalah kebutuhan primer bagi masyarakat yang dipasang di rumah mereka. Dalam pemasangan instalasi listrik kita juga membutuhkan yang namanya kabel sebagai media jalurnya arus listrik yang di sambung keseluruhan bagian rumah.

Kabel merupakan bahan yang sering di gunakan sebagai media penyambung arus listrik pada instalasi rumah. Kabel memiliki bermacam-macam jenis dan ukuran, dari ukurannya yang kecil hingga besar. Kabel adalah tembaga yang berisolasi karet. Kabel memiliki peran yang sangat penting dalam proses penyaluran arus listrik.

Permasalahan yang banyak terjadi pada kabel adalah permasalahan pada bahan isolasi dimana sering kali terjadi kegagalan isolasi sehingga bahan isolasi tidak melakukan fungsinya dengan baik. Kegagalan dari isolasi tersebut disebabkan oleh banyak hal dan salah satunya adalah karena panas yang terjadi pada kabel sehingga isolasi kabel tersebut rusak.

Instalasi kabel listrik di perumahan tidak selalu lurus, tetapi di tempat-tempat tertentu harus ditekuk/dibengkokkan. Hal ini sering dilupakan dan bahkan diabaikan, padahal adanya penekukan pada kabel ini akan mempengaruhi kenaikan temperatur kabel. Banyak kasus kebakaran terjadi karena adanya hubungan pendek listrik (short circuit/korsluiting)

yang disebabkan karena tingginya temperatur pada kabel menyebabkan rusaknya isolasi kabel tersebut.

Untuk itu berdasarkan pemaparan diatas, maka hal tersebut menjadi alasan dalam mengajukan tugas akhir dengan judul “ **Analisis Temperatur kabel dan Besar Arus Terhadap Penekukan**”. Diharapkan dengan tugas akhir ini bisa menambah pengetahuan dan referensi tambahan dalam pemasangan instalasi listrik dan yang berkaitan lainnya.

B. Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah dalam tugas akhir ini yaitu :

1. Bagaimana pengaruh tekukan dan besar arus terhadap temperatur kabel yang ditekuk?
2. Berapa besar sudut tekukan yang memberikan pengaruh terhadap naiknya temperatur kabel tersebut ?

C. Batasan Masalah

Dalam penulisan penelitian ini di berikan batasan 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 tegangan bolak balik (AC) 220 V dengan frekuensi 50 Hz. Kabel yang diuji ditekuk dengan beberapa derajat dan dialiri arus kurang lebih 1 sampai 5 Ampere.

D. Tujuan penelitian

Adapun tujuan yang hendak dicapai dalam tugas akhir ini adalah :

1. Untuk mengetahui pengaruh tekukan dan besar arus terhadap temperatur kabel yang ditekuk.
2. Untuk mengetahui berapa besar sudut tekukan yang menyebabkan temperatur naik sehingga isolasi kabel lebih mudah terbakar.

E. Manfaat penelitian

Adapun manfaat dalam penyusunan tugas akhir ini antara lain :

1. Pengembangan pengetahuan penulis terkait pengaruh tekukan dan besar arus terhadap temperature kabel NYM.
2. Dapat menjadi referensi tambahan dalam hal penentuan besar sudut tekukan dalam pemasangan instalasi listrik.

F. Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan tugas akhir ini terbagi dalam 5 bab. Pembagian bab tersebut adalah sebagai berikut :

Bab Pertama, Bab ini menjelaskan tentang latar belakang, rumusan masalah, batasan masalah, serta tujuan dan manfaat dari penelitian yang dilakukan serta sistematika penulisan dari laporan hasil penilitian.

Bab Kedua, Bab ini menjelaskan tentang teori-teori pendukung yang berkaitan dengan judul penelitian.

Bab Ketiga, Bab ini menjelaskan tentang pengaruh temperatur kabel terhadap penekukan dan besar arus dalam hubungannya dengan metode, tempat dan waktu, serta langkah - langkah yang dilakukan dalam penelitian.

Bab Keempat, Bab ini menjelaskan tentang beberapa perhitungan dan analisis kinerja yang berkaitan dengan penelitian.

Bab Kelima, Bab ini merupakan penutup yang berisi tentang kesimpulan dan saran terkait judul penelitian.

Daftar Pustaka, Berisi tentang daftar sumber referensi penulis dalam memilih teori yang relevan dengan judul penelitian.

Lampiran, Berisi tentang dokumentasi hasil penelitian serta alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian.



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

Penghantar listrik terdiri dari dua macam yaitu kabel dan kawat. Kawat merupakan penghantar tanpa isolasi (telanjang) yang terbuat dari tembaga (Cu) dan / atau aluminium (Al), sedangkan kabel adalah penghantar yang dibungkus bahan isolasi, baik yang berinti tunggal maupun banyak. Jenisnya ada yang kaku ada juga yang berserabut. Sedangkan berdasarkan pemasangannya terbagi atas kabel udara dan kabel tanah.

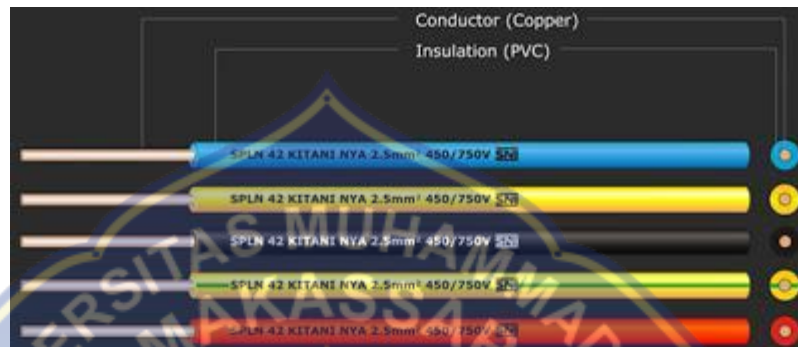
Salah satu permasalahan yang sering terjadi pada kabel adalah kegagalan isolasi, sehingga bahan isolasi tidak dapat melakukan fungsinya dengan baik. Salah satu penyebabnya adalah karena panas yang terjadi pada kabel yang merusak isolasi kabel tersebut. Pemasangan kabel yang ditebuk menjadi salah satu penyebab panasnya kabel tersebut. Kabel yang digunakan untuk instalasi rumah adalah kabel kawat tembaga. Kabel kawat tembaga yang umum dipakai adalah tipe kabel NYA, NYM dan NYY.

A. Jenis Kabel Instalasi

1. Kabel NYA

Kabel NYA berinti tunggal, dengan lapisan isolasi dari bahan PVC, digunakan untuk instalasi luar atau kabel udara. Kode warna isolasinya antara lain warna merah, kuning, biru dan hitam berdasarkan peraturan PUIL. Lapisan isolasinya hanya 1 lapis yang menyebabkan kabel tersebut mudah rusak, tidak tahan air (NYA adalah tipe kabel udara) dan mudah digigit tikus. Untuk menjaga

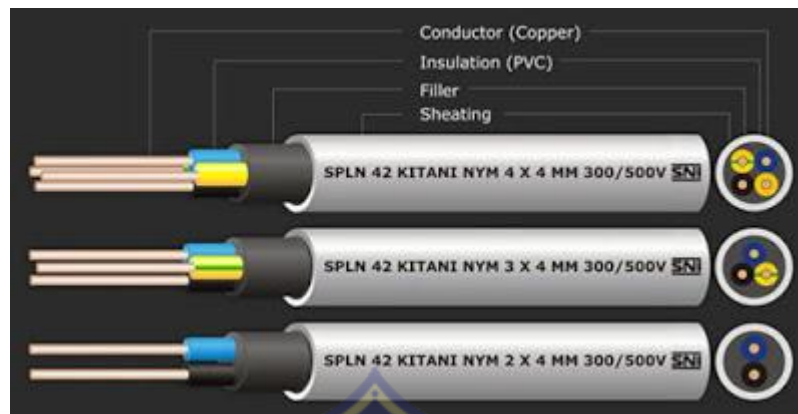
keamanan ketika kita memakai kabel ini, kabel harus dipasang dalam pipa/*conduit* jenis PVC atau saluran tertutup agar tidak digigit tikus dan bila isolasinya terkelupas tidak tersentuh langsung.



Gambar 2.1 Kabel NYA

2. Kabel NYM

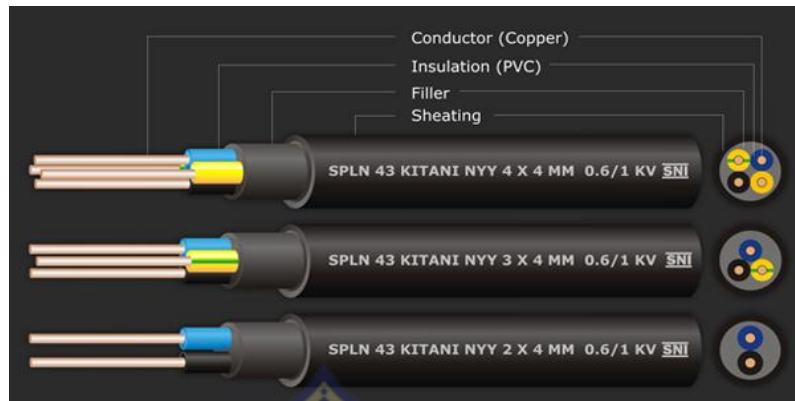
Kabel jenis ini sebetulnya kabel NYA yang diperbanyak misalnya 2, 3 sampai 4 konduktor yang dibungkus kembali dengan double isolasi. Fungsinya sama dengan kabel NYA yaitu untuk instalasi listrik rumah atau gedung dan system tenaga, kabel ini memiliki isolasi PVC yang berwarna putih atau abu-abu. Kabel NYM memiliki isolasi 2 lapis sehingga relatif lebih aman dari pada kabel NYA dan harganya juga lebih mahal. Kabel NYA dapat digunakan baik di lingkungan yang kering dan basah tetapi tidak boleh ditanam. Karena kabel NYM memiliki isolasi dua lapis, sehingga tingkat keamanannya lebih baik dari kabel NYA. Selain itu, kabel ini juga mampu bertahan dalam kondisi kering dan basah dan cukup sulit cacat.



Gambar 2.2 Kabel NYM

3. Kabel NYY

Kabel NYY dengan lapisan isolasi dari bahan PVC (biasanya berwarna hitam), jumlah intinya 2, 3 atau 4. Kabel NYY digunakan pada instalasi yang ditanam (kabel tanah), dan mempunyai lapisan isolasi yang lebih kuat. Jika dibandingkan dengan kabel NYM, harganya lebih mahal. Kabel ini sebetulnya sama dengan kabel NYM. Perbedaannya hanya pada kualitas isolasi yang jauh lebih kuat dan lebih tahan pada kondisi apapun. Kabel protodur tanpa sarung logam. Instalasi bisa ditempatkan di dalam dan di luar ruangan, dalam kondisi lembab ataupun kering, ada yang berinti 2, 3 atau 4. Kabel ini digunakan untuk instalasi bawah tanah meskipun tetap harus diberi perlindungan khusus misalnya Pipa PVC, duct atau pipa besi Dan memiliki lapisan isolasi yang lebih kuat dari kabel NYM (harganya lebih mahal dari NYM). Kabel NYY memiliki isolasi yang terbuat dari bahan yang tidak disukai tikus.



Gambar 2.3 Kabel NYY

4. Kabel NYAF

Kabel ini direncanakan dan direkomendasikan untuk instalasi dalam kabel kotak distribusi pipa atau di dalam duct. Kabel NYAF merupakan jenis kabel fleksibel dengan penghantar tembaga serabut berisolasi PVC. Digunakan untuk instalasi panel-panel yang memerlukan fleksibilitas yang tinggi. Kabel jenis ini sangat cocok untuk tempat yang mempunyai belokan – belokan tajam. Digunakan pada lingkungan yang kering dan tidak dalam kondisi yang lembab/basah atau terkena pengaruh cuaca secara langsung.



Gambar 2.4 Kabel NYAF

B. Kabel NYM

1. Arti Kode Pengenal Kabel NYM

Arti kode pengenal kabel NYM menurut SPLN 42-2:1992 adalah sebagai berikut :

N : Kabel jenis standar dengan tembaga sebagai penghantar

Y : Isolasi PVC

M : Selubung PVC

I : Kabel dengan sistem pengenal warna inti hijau-kuning

O : Kabel dengan sistem pengenal warna inti tanpa hijau-kuning

re : Penghantar padat bulat

rm : Penghantar bulat berkawat banyak

2. Konstruksi Kabel NYM

a. Konduktor

Merupakan bagian dari kabel yang bertegangan dan berfungsi untuk menyalurkan energi listrik. Umumnya tidak berupa satu hantaran pejal, tetapi kumpulan kawat yang dipilin agar lebih fleksibel. Bahan yang digunakan adalah tembaga atau aluminium. Bentuk penampangnya bisa bulat tanpa rongga, bulat berongga, maupun bentuk sectoral.

b. Bahan Isolasi

Isolasi suatu kabel merupakan bahan yang berfungsi untuk menahan tekanan listrik sehingga energi listrik tidak bocor kemana-mana. Terdapat berbagai jenis bahan isolasi yang umumnya dikelompokkan menjadi bahan isolasi cair, isolasi gas dan isolasi padat.

c. Lapisan Pembungkus Inti

Untuk tegangan kerja yang tinggi, setiap inti kabel dilengkapi dengan suatu lapisan yang disebut lapisan pembungkus inti, yang terbuat dari bahan semi konduktif. Lapisan tersebut berfungsi untuk:

- 1) Meratakan distribusi medan listrik sehingga tidak terjadi penimbunan tegangan
- 2) Untuk mengamankan manusia dari bahaya listrik.
- 3) Untuk menahan radiasi medan elektromagnetik.

d. Selubung

Lapisan ini berfungsi sebagai pelindung inti kabel dari pengaruh luar, pelindung terhadap korosi, pelindung terhadap gaya mekanis dan gaya listrik, maupun sebagai pelindung terhadap masuknya air atau uap air. Bahan yang digunakan adalah logam, seperti timbal atau aluminium, maupun bahan sintetis seperti karet silikon dan PVC.

3. Standar Untuk Kabel NYM

Dalam rangka peningkatan produktivitas dan daya guna guna produksi serta menjamin mutu produk dan atau jasa, sehingga dapat meningkatkan daya saing produk dan jasa tersebut, melindungi konsumen, tenaga kerja, dan masyarakat baik keselamatan maupun kesehatan, dipandang perlu adanya pengaturan mengenai standarisasi. Standarisasi adalah proses merumuskan, merevisi, menetapkan, dan menerapkan standar, dilaksanakan secara tertib dan kerjasama dengan semua pihak.

Standar merupakan spesifikasi teknis atau sesuatu yang dibakukan, disusun berdasarkan consensus semua pihak yang terkait dengan memperhatikan syarat-syarat kesehatan dan keselamatan, perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi, serta pengalaman.

Menurut PP 15 Tahun 1991 Standar Nasional Indonesia (SNI) adalah standar yang ditetapkan oleh instansi teknis setelah mendapat persetujuan dari Dewan Standarisasi Nasional, dan berlaku secara nasional di Indonesia.

Standar Nasional Indonesia bertujuan :

- a. Memberikan perlindungan kepada konsumen, tenaga kerja, masyarakat baik dalam keselamatan maupun kesehatan.
- b. Mewujudkan jaminan mutu dengan memperhatikan sector-sector yang terkait.
- c. Meningkatkan daya guna, hasil guna dan produktivitas dalam mencapai mutu produk dan jasa yang memenuhi standar.
- d. Mewujudkan tercapainya persaingan yang sehat dalam perdagangan.
- e. Menunjang kelestarian lingkungan hidup.

Pemerintah mengarahkan agar standar nasional yang disusun berdasarkan kesepakatan antara pihak-pihak yang berkepentingan termasuk instansi, Pemerintah, organisasi pengusaha dan organisasi perusahaan, serta pihak terkait lainnya.

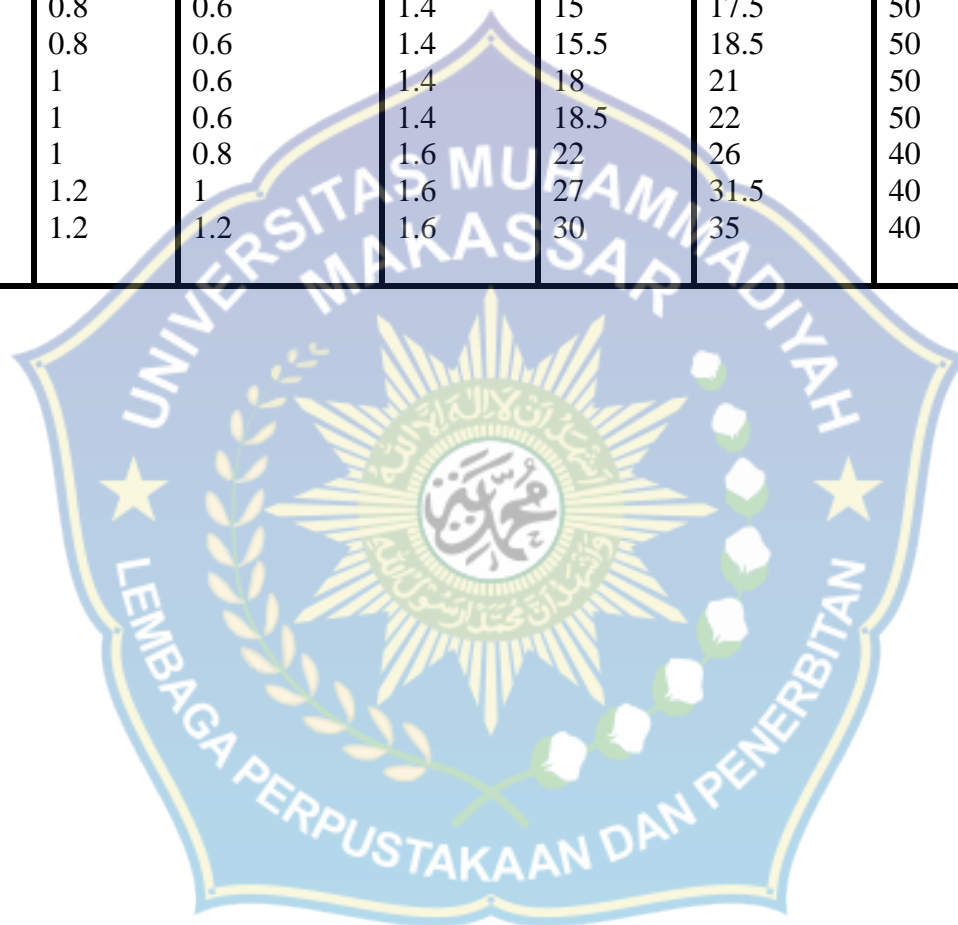
Selain Standar Nasional Indonesia, standar lain yang digunakan di Indonesia adalah SPLN yaitu standar yang digunakan oleh PLN. Standar ini tidak berbeda jauh dengan SNI karena keduanya mengacu pada standar internasional.

Standar untuk kabel NYM menurut SPLN [2] dituliskan dalam SPLN 42-2:1992 seperti table dibawah ini :

Tabel 2.1 SPLN 42.-2: 1992 tentang kabel NYM dengan 3 inti

Jumlah inti luas penampang penghantar dan konstruksi penhantar	Pengantar		Tabel			diameter luar (d)		resistansi isolasi setiap inti terhadap inti yg lain pada suhu 20°	resistensi isolasi pada suhu 70°C	kuat hantar arus pada suhu			
	Jumlah kawat	Diameter kawat	isolasi nominal	lapisan pembungkus inti	selubung nominal	minimum	maksimum			minimum	maksimum	30°C	40°C
	Buah	Mm	Mm	Mm	Mm	Mm	Mm			M.ohm/km	M.ohm/km	A	A
5x1.5re	1	1.38	0.7	0.4	1.2	10	12	50	0.011	19	16		
5x1.5rm	7	0.52	0.7	0.4	1.2	10	12.5	50	0.01	19	16		
5x2.5re	1	1.78	0.8	0.4	1.2	11.5	14	50	0.01	25	22		
5x2.5rm	7	0.67	0.8	0.4	1.2	12	14.5	50	0.009	25	22		
5x4re	1	2.26	0.8	0.6	1.4	13.5	16	50	0.0085	34	30		
5x4rm	7	0.85	0.8	0.6	1.4	14	17	50	0.0077	34	30		

5x6re	1	2.76	0.8	0.6	1.4	15	17.5	50	0.07	44	39
5x6rm	7	1.04	0.8	0.6	1.4	15.5	18.5	50	0.0065	44	39
5x10re	1	3.57	1	0.6	1.4	18	21	50	0.007	61	53
5x10rm	7	1.35	1	0.6	1.4	18.5	22	50	0.0065	61	53
5x16rm	7	1.71	1	0.8	1.6	22	26	40	0.0052	82	71
5x25rm	7	2.13	1.2	1	1.6	27	31.5	40	0.005	108	94
5x35rm	7	2.52	1.2	1.2	1.6	30	35	40	0.0044	134	117



Kedua standar ini memiliki fungsi yang sama yaitu untuk memberikan perlindungan kepada konsumen, tenaga kerja, dan masyarakat baik dalam keselamatan maupun kesehatan, mewujudkan jaminan mutu dengan memperhatikan sektor-sektor yang terkait, meningkatkan daya guna, hasil guna dan produktivitas dalam mencapai mutu produk dan/atau jasa yang memenuhi standar, mewujudkan tercapainya persaingan yang sehat dalam perdagangan, dan menunjang kelestarian lingkungan hidup.

4. Penggunaan Kabel NYM

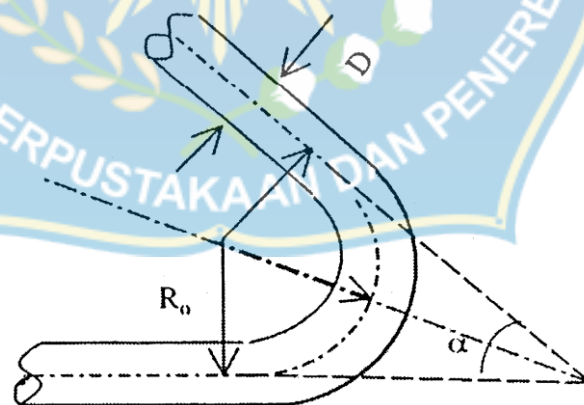
Kabel NYM merupakan kabel yang paling banyak digunakan untuk instalasi rumah tinggal. Penggunaan kabel jenis ini dipasang langsung menempel pada dinding, kayu, atau ditanam langsung dalam dinding. Juga diruangan lembab atau basah, ruang kerja atau gudang dengan bahaya kebakaran atau ledakan. Untuk pemasangannya digunakan klem dengan jarak antara yang cukup sehingga terpasang rapi dan lurus. Jika dipasang diruang lembab harus digunakan kotak sambung yang kedap air dan kedap lembab. Luas penampang hantaran yang harus digunakan ditentukan kemampuan hantaran arus yang diperlukan dan suhu keliling yang harus diperhitungkan.

Pada instalasi rumah tinggal sekurang-kurangnya harus memiliki luas penampang 1.5 mm². Untuk saluran 2 kawat, kawat netral harus memiliki luas penampang sama dengan luas penampang kawat fasanya. Untuk saluran 3 fasa dengan hantaran netral, kemampuan hantaran arusnya harus sesuai dengan arus maksimum yang mungkin timbul dalam keadaan beban tak seimbang yang

normal. Luas penampang sekurang-kurangnya harus sama dengan luas penampang kawat fasa.

C. Karakteristik Medan Magnet dan Temperatur pada Penghantar yang Ditekuk

Di sepanjang penghantar yang ditekuk ketika dialiri arus menghasilkan temperature yang tidak merata. Hal ini disebabkan karena kepadatan arus yang tidak sama di sepanjang penghantar. Pada nilai arus yang sama, temperatur permukaan dari sebuah penghantar yang ditekuk dengan sudut tekuk yang lebih kecil lebih tinggi daripada penghantar yang ditekuk dengan sudut tekuk yang lebih besar. Perubahan temperatur berbanding lurus dengan nilai rasio arus I/I_{cr} , sudut tekukan, dan radius penekukan dimana I adalah besar arus yang dialirkan, dan I_{cr} adalah arus maksimal yang bisa diberikan kepada penghantar.



Gambar 2.5 Penghantar yang ditekuk

Pada gambar 2.5 R_o adalah radius penekukan, α adalah sudut penekukan dan D adalah diameter penghantar. Adapun hal yang menyebabkan kenaikan suhu pada penghantar yang ditekuk adalah medan magnet yang dihasilkan oleh arus, hambatan termal yang disebabkan penekukan, efek kulit, serta kepadatan arus yang tidak merata di sepanjang penghantar. Temperatur maksimum dan medan magnet maksimum terjadi pada bagian konduktor yang ditekuk.

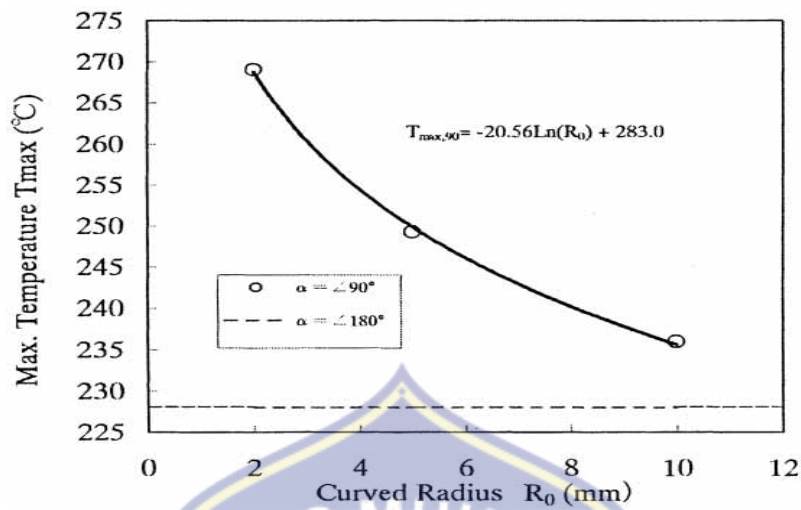
1. Pengaruh Sudut Penekukan dan Radius Penekukan Terhadap

Temperatur Konduktor

Pada percobaan yang telah dilakukan dengan menggunakan kabel dengan diameter 1mm didapatkan pengaruh radius tekukan R_o terhadap temperatur maksimum konduktor. Arus kritis dari konduktor yang lurus adalah $I_{cr}=69$ A. Temperatur maksimum adalah temperatur yang tercapai ketika konduktor dialiri arus dalam waktu yang cukup lama. Ketika penghantar dialiri arus $I=50$ A, sudut penekukan $\alpha=90^\circ$ dan radius penekukan $R_o=2$ mm, T_{max} yang diperoleh lebih tinggi jika dibandingkan dengan konduktor yang lurus. Bertambahnya nilai radius penekukan akan menyebabkan temperature maksimum T_{max} berkurang. T_{max} dari konduktor yang ditekuk 90° dapat diturunkan dalam bentuk persamaan:

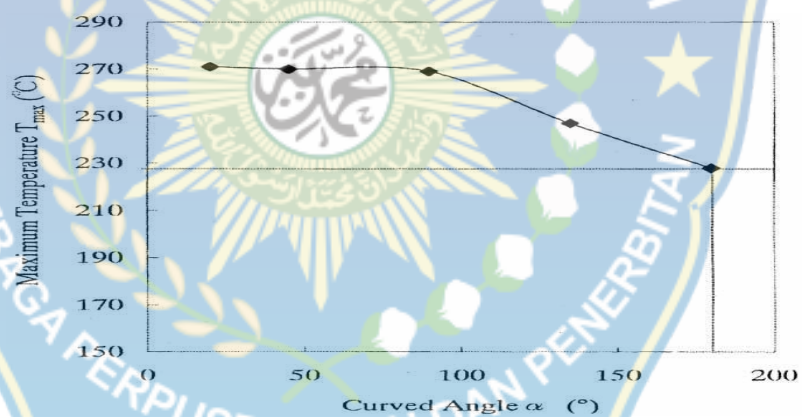
$$T_{max90} (oC) = -20.56 \ln R_o$$

Persamaan diatas jika digambarkan dalam bentuk grafik adalah seperti pada gambar 2.8 di bawah ini :



Gambar 2.6 Grafik Pengaruh nilai R_0 terhadap temperatur maksimum

Sedangkan grafik pengaruh sudut penekukan terhadap temperatur maksimum kabel adalah seperti pada gambar 2.9 dibawah ini :



Gambar 2.7 Grafik Pengaruh sudut penekukan pada temperatur maksimum

Kabel yang digunakan disini adalah kabel dengan diameter 1 mm. Gambar diatas menunjukkan semakin besar nilai sudut penekukan, semakin besar nilai temperatur maksimum yang dicapai.

D. Sumber Pemanasan pada Kabel

Pemanasan yang terjadi pada kabel berasal dari arus listrik yang terjadi menyebabkan *losses* atau rugi-rugi di dalam kabel. Sumber-sumber pemanasan tersebut adalah sebagai berikut:

1. Rugi-Rugi Konduktor

Sumber panas utama yang terjadi pada suatu kabel tenaga adalah rugi-rugi yang terjadi pada konduktor karena adanya resistansi.

$$P_c = I^2 R_{ac} W$$

dengan I adalah arus yang mengalir dan R_{ac} adalah resistansi AC.

Nilai resistansi DC dipengaruhi oleh temperatur kerja dan dapat dinyatakan dengan persamaan sebagai berikut:

$$R_r = R_{20} [1 + \alpha_{20} (T - 20)]$$

dengan :

R_{20} : resistansi arus searah pada suhu 20°C [Ohm]

α_{20} : koefisien temperatur dari resistansi pada 20 oC [Ohm/°C]

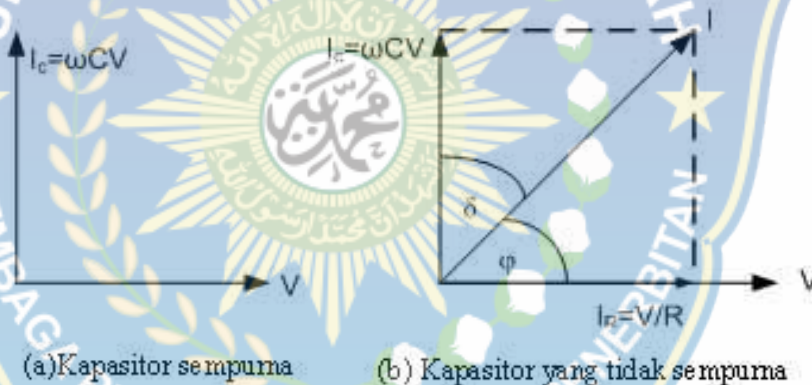
T : temperatur kerja [°C]

Resistansi AC lebih besar daripada resistansi DC karena dipengaruhi oleh efek kulit (*skin effect*) dan efek kedekatan (*proximity effect*). Efek kulit (*skin effect*) adalah gejala ketidakseragaman distribusi kerapatan arus listrik pada suatu penampang penghantar. Pada penghantar berbentuk silinder kerapatan arus semakin meningkat dari sumbu penghantar ke permukaan. Ketidakseragaman tersebut meningkat bila frekuensi arus bolak-baliknya semakin besar. Sedangkan efek kedekatan (*proximity effect*) adalah gejala ketidakseragaman distribusi

kerapatan arus pada penampang suatu penghantar akibat adanya pengaruh dari penghantar lain yang berdekatan.

2. Rugi-Rugi Dielektrik (*Dielectric losses*)

Rugi-rugi dielektrik adalah rugi-rugi yang terjadi pada bahan isolasi akibat ketidakidealan bahan isolasi. Apabila arus bolak-balik melalui suatu kapasitor sempurna, maka arus mendahului tegangan sebesar 90° dan arusnya adalah $I_c = \omega CV$. Sedangkan pada kapasitor yang tidak ideal, maka I mendahului V dengan sudut kurang dari 90° karena terjadi kehilangan daya dielektrik. Keadaan tersebut dapat ditunjukkan oleh gambar 12b. Sudut ϕ adalah sudut fasa kapasitor, dan $\delta = 90^\circ - \phi$, adalah sudut kehilangan (*loss-angle*).



Gambar 2.8 Diagram vector arus pada kapasitor

Pada kapasitor sempurna kehilangan daya dielektriknya adalah nol, sedangkan pada bahan dielektrik yang tidak ideal, kehilangan daya dielektriknya adalah sebagai berikut:

$$P_D = \omega CV^2 \tan \delta \text{ W}$$

dengan:

$$\omega = 2\pi f, f \text{ adalah frekuensi [Hz]}$$

$$C = \text{kapasitansi [F]}$$

$$V = \text{tegangan [V]}$$

$$\text{Tan.}\delta = \text{faktor kehilangan (loss factor)}$$

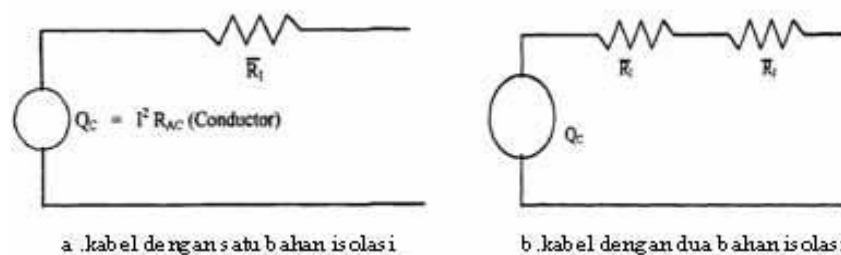
E. Temperatur dan Aliran Panas pada Kabel

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, $T [C]$, pada daerah yang dilewatinya, dapat dinyatakan sebagai berikut:

$$\Delta T = R_t \cdot q$$

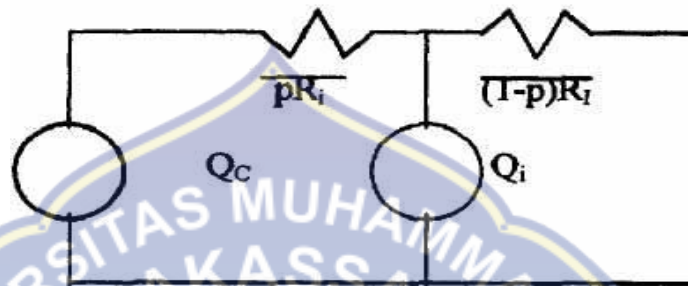
Aliran panas pada penghantar dapat digambarkan dalam bentuk rangkaian termal, semakin banyak komponen yang ada pada kabel, maka rangkaian termalnya akan semakin kompleks. Untuk kabel dengan satu lapis bahan isolasi rangkaian termalnya adalah seperti yang ditunjukkan pada gambar 2.9.

Sumber panas yang ada pada konduktor mengalirkan panas hanya kepada satu resistansi termal. Resistansi ini bisa dalam wujud isolasi dan selubung.

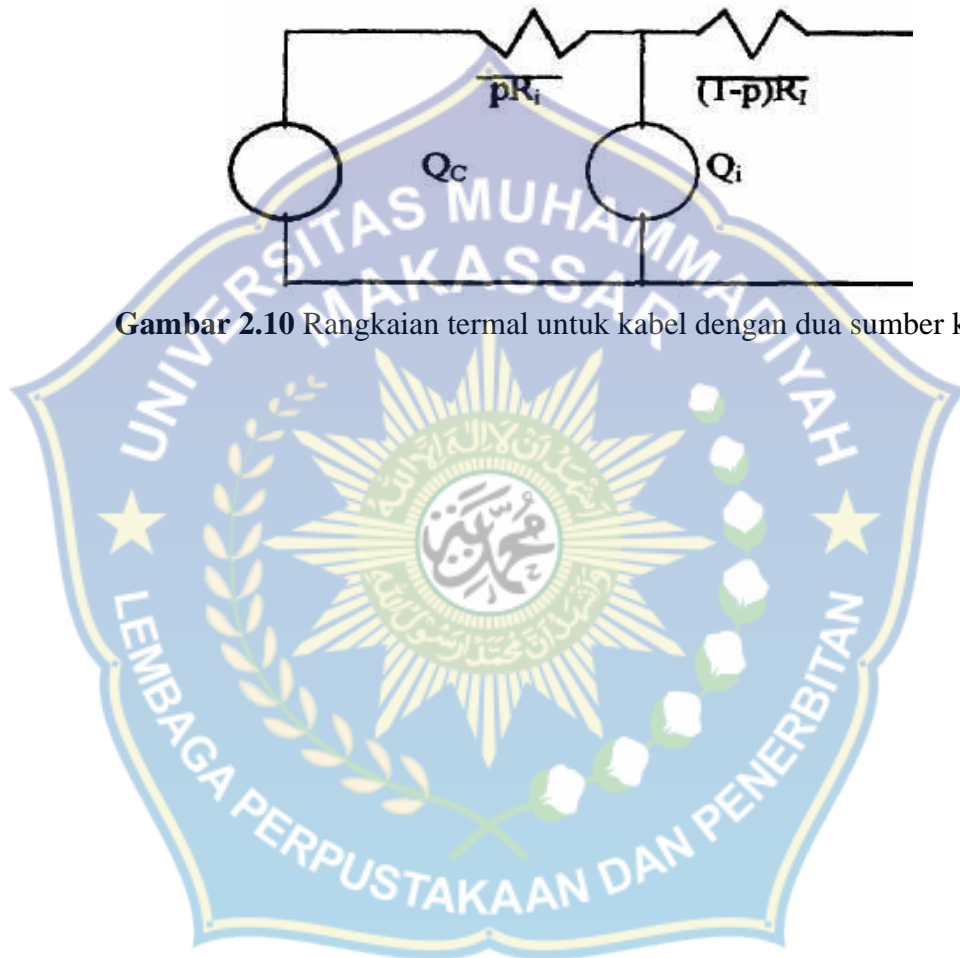


Gambar 2.9 Rangkaian termal untuk kabel dengan satu sumber kalor.

Kedua rangkaian termal diatas adalah rangkain termal untuk kabel dengan satu sumber panas. Untuk kabel dengan lebih dari satu sumber panas, maka gambar rangkaiannya adalah seperti pada gambar dibawah ini, dimana Q_c adalah sumber kalor dari konduktor, dan Q_i adalah sumber kalor dari Isolasi.



Gambar 2.10 Rangkaian termal untuk kabel dengan dua sumber kalor.



BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Dalam penelitian “ **Analisis pengaruh temperatur terhadap penekukan dan besar arus**” penulis menggunakan jenis penelitian kuantitatif dan kualitatif. Kuantitatif adalah melakukan pengumpulan data berdasarkan pengukuran yang dilakukan dalam penelitian ini yang hasil dari pengukuran itu diselesaikan dalam bentuk matematis sedangkan jenis penelitian kualitatif adalah melakukan analisis penelitian berdasarkan data pengukuran kuantitatif.

A. Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilakukan pada tanggal 10 Mei sampai dengan tanggal 26 Juli di Lab / Bengkel Listrik jurusan Teknik Tenaga Listrik SMKN 04 Gowa dan beberapa tempat lainnya. Kami mengambil tempat tersebut dikarenakan tempat - tempat tersebut dianggap cukup ideal untuk dilakukannya penelitian.

B. Data (Parameter) dan Variabel Penelitian

1. Perhitungan rugi daya pengujian tahanan kabel NYM 2 x 1.5 mm²

Sebelum dilakukannya penelitian dan agar penelitian berjalan dengan lancar maka adapun kabel yang diteliti yaitu kabel yang memiliki standarisasi. Standarisasi adalah proses merumuskan, merevisi, menetapkan, dan menerapkan standar, dilaksanakan secara tertib dan kerjasama dengan semua pihak. Standar adalah spesifikasi teknis atau sesuatu yang dibakukan, disusun berdasarkan

konsensus semua pihak yang terkait dengan memperhatikan syarat-syarat kesehatan, keselamatan, perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi, serta pengalaman, perkembangan masa kini dan masa yang akan datang untuk memperoleh manfaat yang sebesar-besarnya. Menurut PP 15 Tahun 1991 Standar Nasional Indonesia (SNI) adalah standar yang ditetapkan oleh instansi teknis setelah mendapat persetujuan dari Dewan Standardisasi Nasional, dan berlaku secara nasional di Indonesia.

Adapun parameter teknis dari kabel yang menggunakan standar SPLN-42 adalah sebagai berikut:

Jumlah inti dan luas penampang : 2x 1.5 mm²

Jumlah kawat dalam satu inti : 1 buah

Diameter inti kabel : 1.38 mm

Isolasi nominal S1 : 0.7 mm

Lapisan pembungkus inti S2 : 0.4 mm

Selubung nominal S3 : 1.2mm

Diameter luar : 10 mm

a. Metode Perhitungan Rugi Daya

$$\Delta P = I^2 \cdot R$$

Keterangan :

ΔP = rugi daya (watt)

I = arus (ampere)

R = tahanan (ohm)

b. Data Kabel Yang Digunakan

Jumlah inti dan luas penampang	: 2 x 1.5 mm
Jumlah kawat dalam satu inti	: 1 buah
Diameter inti kabel	: 1.38 mm
Isolasi nominal S1	: 0.7 mm
Lapisan pembungkus inti S2	: 0.4 mm
Selubung nominal S3	: 1.2mm
Diameter luar	: 10 mm
Panjang kabel yang di ukur	: 2.5 m

C. Alat dan Bahan

1. Peralatan dan Bahan Penelitian

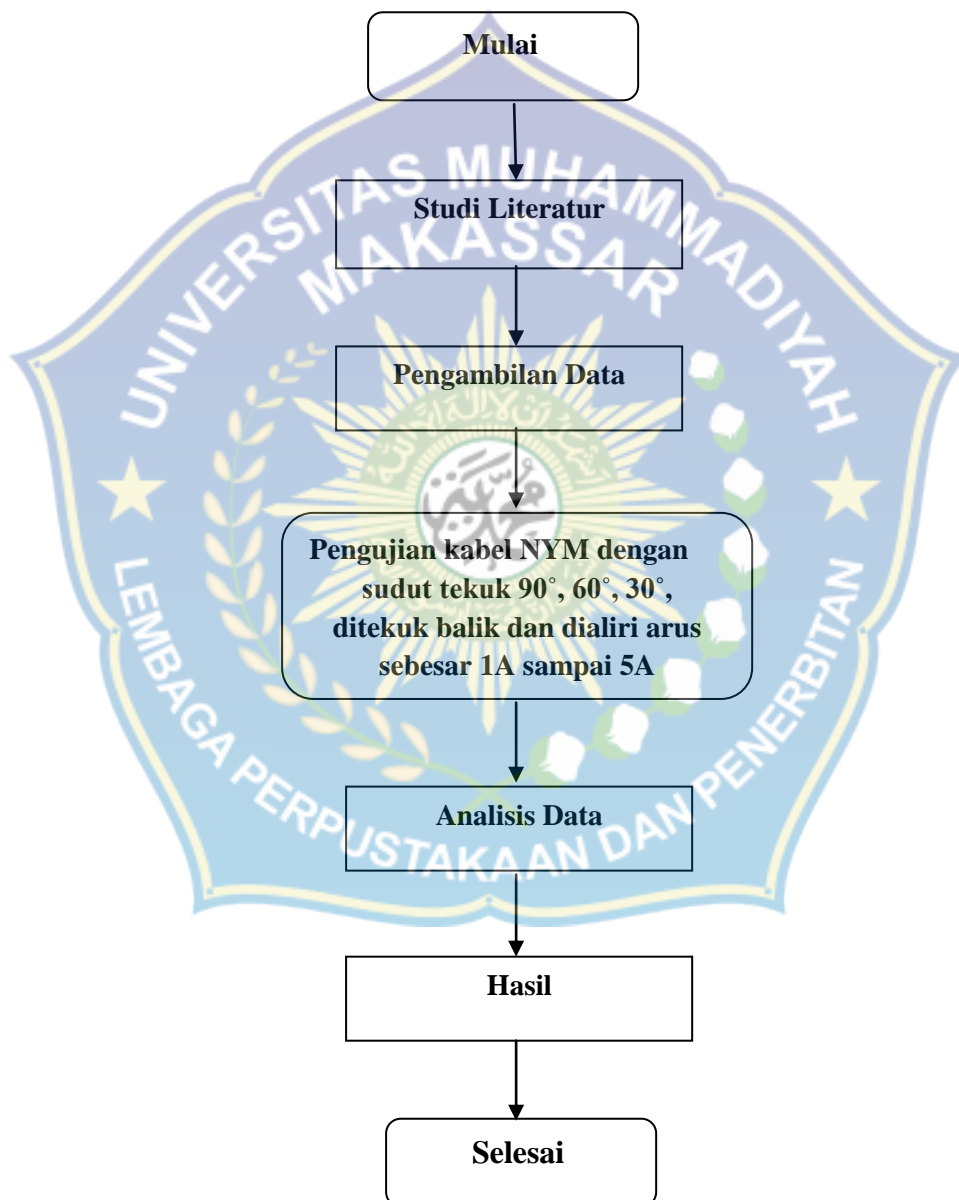
Untuk alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini hampir sama dengan penelitian yang telah ada sebelumnya. kami menggunakan alat sesuai dengan kebutuhan penelitian ini. Pada penelitian ini digunakan bahan yaitu kabel yang memiliki standarisasi agar data hasil pengujian tetap akurat.

Adapun peralatan dan bahan yang digunakan dalam penelitian :

- 1) Sumber tegangan AC 220 V
- 2) Multimeter
- 3) Thermocouple
- 4) Tang Meter
- 5) Kabel NYM $2 \times 1.5 \text{ mm}^2$
- 6) Kabel dengan kapasitas penghubung 10 Amp

D. Skema Penelitian

Tahapan atau skema yang dilakukan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:



Gambar 3.1 Bagan alur penelitian

E. Langkah Penelitian

Langkah penelitian dilakukan dengan cara melanjutkan beberapa pengujian sebelumnya yang dapat diuraikan sebagai berikut :

- 1) Menyiapkan semua peralatan
- 2) Menyiapkan kabel yang akan diuji
- 3) Merangkai rangkaian penelitian
- 4) Menguji kabel NYM 2x1.5 mm
- 5) Mencatat data hasil pengukuran
- 6) Menganalisa data hasil pengujian

Pada langkah ini digunakan metode pengujian manual dengan pencatatan, sehingga hasilnya dapat disimpulkan menggunakan data yang telah uji. Kemudian melanjutkan dengan menganalisa data untuk mencari besar sudut tekukan kabel yang pengaruhnya signifikan.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian yang pertama dilakukan adalah menekuk kabel sebesar 120° . Kemudian kabel dialiri arus, temperatur konduktor dan isolasinya dicatat setiap 30 detik selama 5 menit. Konduktor pada kabel mencapai temperatur yang konstan membutuhkan waktu sekitar 240 detik untuk nilai arus 5.1 A sedangkan untuk isolasi kabel membutuhkan waktu 300 detik. Waktu yang dibutuhkan kabel untuk mencapai nilai temperatur konstannya semakin lama ketika arus yang mengalir semakin tinggi. Hasil pengujian tersebut dibuat dalam bentuk table dan bisa dilihat pada table dibawah.

A. Penekukan Kabel Sebesar 120° .



Gambar 4.1 : Penekukan Kabel Sebesar 120° .

Penelitian yang pertama dilakukan dengan kabel instalasi dengan penekukan sebesar 120° . kemudian kabel yang aliri arus listrik, temperatur

konduktor dan isolasinya di catat 30 sampai 5 menit. konduktor pada kabel mencapai temperatur yang konstan membutuhkan waktu 240 detik untuk arus 1.7A sedangkan untuk isolasi kabel membutuhkan waktu 5 menit. Waktu yang di butuhkan kabel untuk mencapai nilai temperatur konstannya semakin lama ketika arus mengalir semakin tinggi. Data penelitian yang di dapat ditunjukkan oleh tabel sebagai berikut:



Tabel 4.1 Hasil pengujian dengan sudut 120°

T (waktu)	I=1.7A		I=3.1A		I=5.1A	
	Konduktor (°C)	Isolator (°C)	Konduktor (°C)	Isolator (°C)	Konduktor (°C)	Isolator (°C)
30	28.5	28.2	29.1	28.9	29.6	29.2
1 menit	28.7	28.4	29.2	29	29.7	29.4
2 menit	28.8	28.4	29.3	28.9	29.8	29.4
3 menit	28.7	28.4	29.5	29.1	29.7	29.3
4 menit	28.8	28.3	29.4	29.1	29.8	29.4
5 menit	28.9	28.4	29.5	29.2	29.8	29.5

Pada penelitian tersebut adalah dengan mengalirkan arus pada kabel yang ditekuk dengan sudut tekukan yang besarnya adalah 120° . Pada saat kabel dialiri arus sebesar 1,7A temperatur kabel mencapai kondisi konstan pada nilai 28.8°C di konduktor dan 28.4°C di isolasi kabel. Nilai temperatur konstan ini meningkat ketika arus yang di aliri pada kabel dinaikkan menjadi 3.1A. Temperatur yang terjadi adalah 29.5°C untuk konduktor dan 29.2°C untuk isolasi kabel. Begitu juga ketika nilai arus kembali di naikkan menjadi 5A. Temperatur kabel konstan pada nilai 29.8°C pada konduktor dan 29.5°C pada isolasi kabel, temperatur kabel ini di pengaruhi oleh besar kecilnya sudut tekukan dan besarnya arus.

B. Penekukan Kabel Sebesar 90° .



Gambar 4.2 : Penekukan Kabel Sebesar 90° .

Penelitian yang kedua dilakukan dengan kabel instalasi dengan penekukan sebesar 90° . kemudian kabel yang aliri arus listrik, temperatur konduktor dan isolasinya di catat 30 detik sampai kabel mencapai temperatur yang konstan untuk setiap nilai arus yang di alirkan. Waktu yang dibutuhkan oleh kabel untuk

mencapai temperatur yang konstan ketika arus yang alirkan adalah 1.7A yaitu sekitar 120 detik untuk konduktor 240 detik untuk isolasi kabel. Waktu yang di butuhkan kabel untuk mencapai keadaan temperatur konstan semakin lama ketika arus mengalir pada arus semakin besar. Data penelitian yang di dapat ditunjukan oleh tabel sebagai berikut:

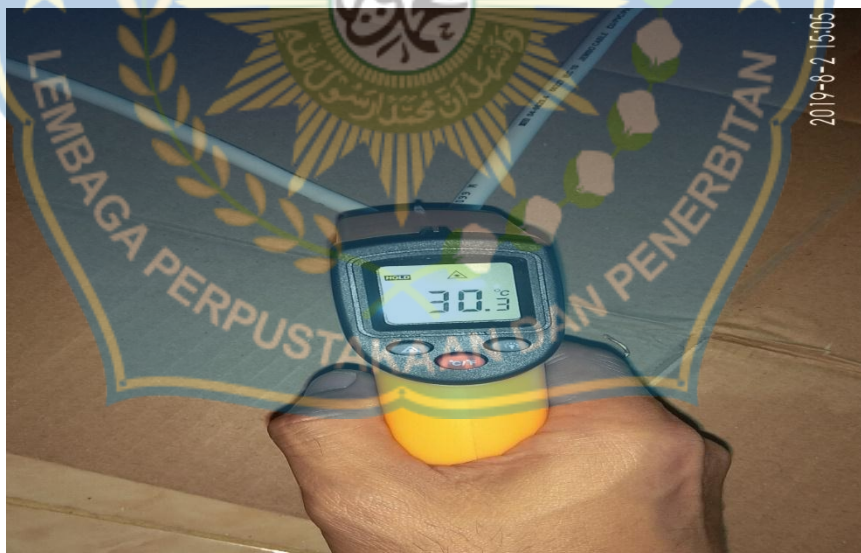


Tabel 4.2 Hasil pengujian dengan sudut 90°

T (waktu)	I=1.7A		I=3.1A		I=5.1A	
	Konduktor (°C)	Isolator (°C)	Konduktor (°C)	Isolator (°C)	Konduktor (°C)	Isolator (°C)
30	28.9	28.6	29.6	29	30.1	29.7
1 menit	29.1	28.9	29.7	29.1	30.2	29.8
2 menit	29.3	29	29.8	29.2	30.3	29.9
3 menit	29.4	29.2	29.8	29.1	30.3	29.9
4 menit	29.4	29.1	29.9	29.2	30.2	30
5 menit	29.5	29.2	29.9	29.3	30.3	30

Penelitian berikutnya adalah mengalirkan arus pada kabel yang ditebuk dengan besar sudut tekukan 90° . Pertama adalah dengan mengalirkan arus sebesar 1.7A pada kabel, temperatur kabel terus meningkat sampai mencapai kondisi konstan pada nilai 29.5°C di konduktor dan 29.2°C di isolasi kabel. Pada nilai arus 3.1A kabel mencapai temperatur konstan pada temperatur 29.9°C di konduktor dan 29.1°C di isolasi kabel. Nilai temperatur tersebut kembali meningkat ketika arus yang di alirkan menjadi 5.1A, kabel mencapai temperatur sebesar 30.3°C di konduktor dan 30°C di isolasi. Temperatur konstan pada konduktor meningkat seiring semakin besarnya arus yg mengalir dan semakin kecilnya sudut tekukan.

C. Penekukan Kabel Sebesar 60° .



Gambar 4.3 : Penekukan Kabel Sebesar 60° .

Penelitian selanjutnya dilakukan dengan kabel instalasi dengan penekukan sebesar 60° . kemudian kabel yang aliri arus listrik, temperatur konduktor dan isolasinya di catat 30 detik sampai kabel mencapai temperatur yang konstan untuk

setiap nilai arus yang di alirkan. Dari data pengujian di dapatkan waktu yang di butuhkan kabel untuk mencapai temperatur konstan pada saat kabel di aliri arus 1.7A yaitu selama 240 detik untuk konduktor dan 300 detik untuk isolasi kabel. Ketika arus yang mengalir pada kabel semakin tinggi, waktu yang dibutuhkan kabel untuk mencapai temperatur konstan semakin lama.



Tabel 4.3 Hasil pengujian dengan sudut 60°

T (waktu)	I=1.7A		I=3.1A		I=5.1A	
	Konduktor (°C)	Isolator (°C)	Konduktor (°C)	Isolator (°C)	Konduktor (°C)	Isolator (°C)
30	29.5	29.3	30.5	30.1	30.9	30.6
1 menit	29.7	29.6	30.8	30.3	31.1	30.8
2 menit	29.8	29.7	31	30.5	31.3	30.9
3 menit	29.9	29.8	31.2	30.5	31.4	31.1
4 menit	30.1	29.7	31.1	30.4	31.3	31
5 menit	30.1	29.8	31.1	30.5	31.3	31

Penelitian ini adalah dengan menekuk kabel sebesar 60° dan mengalirkan arus yang besarnya bervariasi. Pertama adalah dengan mengalirkan arus 1.7A pada kabel, temperatur kabel terus meningkat dan mencapai kondisi konstan pada temperatur 30.1°C untuk konduktor dan 29.8°C pada isolasi kabel. Ketika di aliri arus sebesar 3.1A nilai temperatur konstan kabel meningkat menjadi 31.2°C untuk konduktor dan 30.5°C untuk isolasi kabel. Nilai temperatur konstan kabel ini kembali meningkat menjadi 31.3°C untuk konduktor dan 31°C untuk isolasi kabel Ketika di aliri arus yang besarnya 5.1A.

D. Penekukan Kabel Sebesar 30° .



Gambar 4.4 : Penekukan Sebesar 30° .

Pada penelitian dengan kabel yang ditekuk dengan sudut 30° dilakukan dengan kabel instalasi. kemudian kabel yang aliri arus listrik, temperatur konduktor dan isolasinya di catat 30 detik sampai kabel mencapai temperatur yang konstan untuk setiap nilai arus yang di alirkan. Dari data pengujian di dapatkan waktu yang di butuhkan kabel untuk mencapai temperatur konstan pada

saat kabel di aliri arus 1.7A yaitu selama 120 detik untuk konduktor dan 180 detik untuk isolasi kabel. Ketika arus yang mengalir pada kabel semakin tinggi, waktu yang dibutuhkan kabel untuk mencapai temperatur konstan semakin lama. Data penelitian yang di dapat ditunjukkan oleh tabel sebagai berikut:



Tabel 4.4 Hasil pengujian dengan sudut 30°

T (waktu)	I=1.7A		I=3.1A		I=5.1A	
	Konduktor (°C)	Isolator (°C)	Konduktor (°C)	Isolator (°C)	Konduktor (°C)	Isolator (°C)
30	30.1	29.9	30.7	30.4	31.1	30.8
1 menit	30.3	30	30.9	30.6	31.3	31
2 menit	30.5	30.2	31.1	30.8	31.4	31.1
3 menit	30.3	30.2	31.2	30.9	31.5	31.1
4 menit	30.4	30.1	31.1	30.8	31.4	31.2
5 menit	30.5	30.2	31.2	30.9	31.5	31.2

Penelitian dengan sudut 30° dan mengalirkan arus yang besarnya bervariasi. Pertama adalah dengan mengalirkan arus 1.7A pada kabel, temperatur kabel terus meningkat dan mencapai kondisi konstan pada temperatur 30.5°C untuk konduktor dan 30.2°C pada isolasi kabel. Ketika di aliri arus sebesar 3.1A nilai temperatur konstan kabel meningkat menjadi 31.1°C untuk konduktor dan 30.9°C untuk isolasi kabel. Nilai temperatur konstan kabel ini kembali meningkat menjadi 31.5°C untuk konduktor dan 31.2°C untuk isolasi kabel Ketika di aliri arus yang besarnya 5.1A.

E. Penekukan Kabel Dengan Ditekuk Balik.



Gambar 4.5 : Penekukan Dengan Ditekuk Balik

Pada penelitian dengan kabel yang ditekuk balik dilakukan dengan kabel instalasi. kemudian kabel yang aliri arus listrik, temperatur konduktor dan isolasinya di catat 30 detik sampai kabel mencapai temperatur yang konstan untuk setiap nilai arus yang di alirkan. Dari data pengujian di dapatkan waktu yang di butuhkan kabel untuk mencapai temperatur konstan pada saat kabel di aliri arus

1.7A yaitu selama 120 detik untuk konduktor dan 240 detik untuk isolasi kabel. Ketika arus yang mengalir pada kabel semakin tinggi, waktu yang dibutuhkan kabel untuk mencapai temperatur konstan semakin lama. Data penelitian yang di dapat ditunjukkan oleh tabel sebagai berikut:



Tabel 4.5 Hasil pengujian dengan ditekuk balik

T (waktu)	I=1.7A		I=3.1A		I=5.1A	
	Konduktor ($^{\circ}\text{C}$)	Isolator ($^{\circ}\text{C}$)	Konduktor ($^{\circ}\text{C}$)	Isolator ($^{\circ}\text{C}$)	Konduktor ($^{\circ}\text{C}$)	Isolator ($^{\circ}\text{C}$)
30	30.4	30.1	30.8	30.5	31.3	31
1 menit	30.5	30.3	31	30.6	31.4	31.2
2 menit	30.8	30.5	31.2	30.9	31.5	31.3
3 menit	30.8	30.4	31.3	31	31.6	31.3
4 menit	30.9	30.4	31.4	31.1	31.6	31.2
5 menit	30.9	30.5	31.4	31.2	31.7	31.3

Penelitian dengan menekuk balik kabel dan mengalirkan arus yang besarnya bervariasi. Pertama adalah dengan mengalirkan arus 1.7A pada kabel, temperatur kabel terus meningkat dan mencapai kondisi konstan pada temperatur 30.9°C untuk konduktor dan 30.5°C pada isolasi kabel. Ketika di aliri arus sebesar 3.1A nilai temperatur konstan kabel meningkat menjadi 31.4°C untuk konduktor dan 31.2°C untuk isolasi kabel. Nilai temperatur konstan kabel ini kembali meningkat menjadi 31.7°C untuk konduktor dan 31.3°C untuk isolasi kabel Ketika di aliri arus yang besarnya 5.1A.

F. Analisa Perbedaan Nilai Temperatur Konstan Antara Konduktor dengan Isolasi

Dari hasil 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 ditekuk sebesar 120°, temperatur konstan yang terjadi pada konduktor bergerak naik dari nilai 28.8° ketika kabel dialiri arus sebesar 1.7A sampai nilai 29.8° ketika kabel dialiri arus sebesar 5.1A, sedangkan untuk temperatur konstan pada isolasi kabel bergerak naik dari nilai 28.4° ketika kabel dialiri arus 1.7A menjadi 29.5° ketika arus yang mengalir 5.1A.

Dari data tersebut terlihat bahwa kenaikan arus yang mengalir pada kabel berbanding lurus dengan kenaikan nilai temperatur konstan kabel. Hal ini

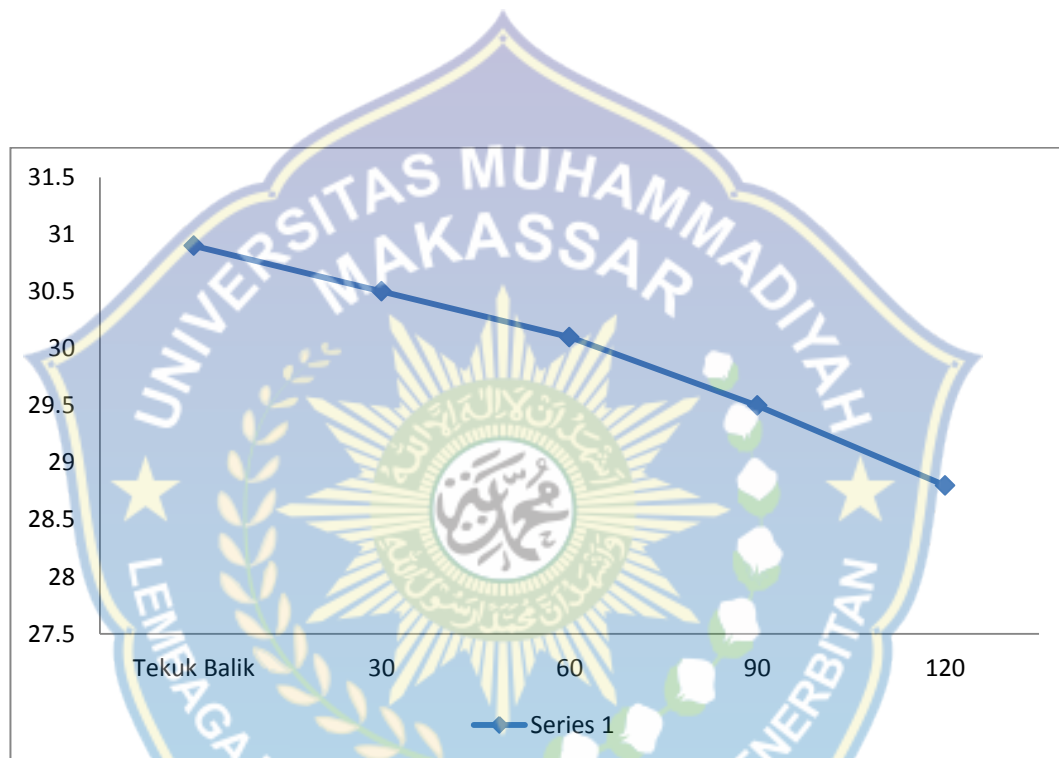
dikarenakan panas yang terjadi pada kabel baik pada konduktor maupun pada isolasi kabel merupakan akibat dari adanya rugi-rugi yang terjadi pada kabel. Rugi-rugi yang terjadi pada kabel salah satunya adalah rugi-rugi pada konduktor (Suwarso, 2013) Rugi-rugi ini berbanding lurus dengan kuadrat nilai dari arus yang mengalir pada kabel (Sears, 1982). Menurut prinsip 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.

G. Analisa Pengaruh Besar Sudut Penekukan Kabel Terhadap Temperatur Konstan

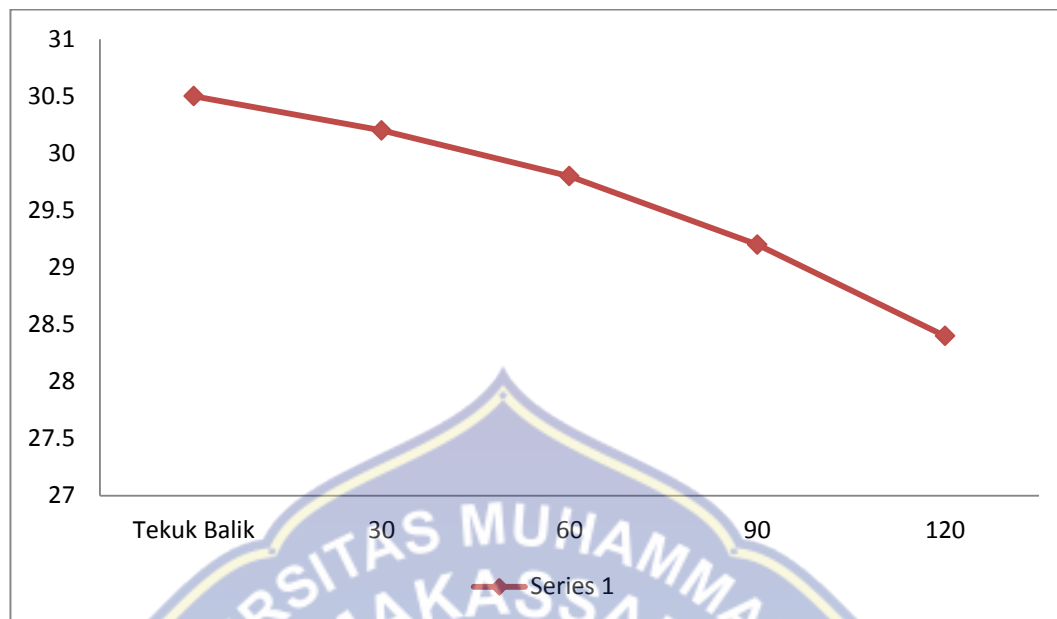
Perbandingan antara hasil yang didapat dari pengujian pertama ketika kabel ditekuk sebesar 120° dengan data hasil pengujian lainnya yaitu ketika kabel ditekuk dengan sudut yang lebih kecil dari 90° , terlihat jelas bahwa besar sudut penekukan pun mempengaruhi besarnya nilai dari temperatur konstan kabel 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 4.1. Grafik pengaruh sudut penekukan terhadap temperatur pada konduktor dengan arus 1.7A

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 5.1A adalah 1.9 untuk konduktor dan 1.8 untuk isolasi.



Gambar 4.2 Pengaruh sudut penekukan terhadap temperatur pada isolasi dengan arus 1.7A

Perbedaan temperatur yang cukup tinggi akan dihasilkan antara kabel yang ditekuk 120° dengan kabel yang ditekuk balik ketika arus yang mengalir besar mencapai 5A.

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).

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 tahanan 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). 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.

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

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



BAB V PENUTUP

A. KESIMPULAN

Dari penelitian mengenai pengaruh besar sudut penekukan dan besar arus pada kabel NYM 2x1.5 mm² terhadap temperatur kabel maka dapat ditarik kesimpulan :

1. kenaikan temperatur kabel dipengaruhi oleh besar arus yang mengalir pada kabel dan besar sudut penekukan pada kabel.
2. Instalasi kabel dengan sudut penekukan lancip (30°) sampai ditekuk balik bisa menyebabkan temperature naik secara signifikan sehingga isolasi lebih mudah terbakar, terjadinya kenaikan temperatur di sebabkan karena Semakin kecil sudut penekukan (semakin lancip sudutnya) pada kabel akan menyebabkan temperatur kabel baik itu konduktor maupun isolasi kabel akan semakin meningkat.
3. Terjadi penurunan kemampuan tahanan isolasi pada kabel yang di tekuk . untuk mendapatkan temperatur kabel yang sama ketika di aliri arus, besar yang di butuhkan kabel yang di tekuk diatas 60° derajat untuk mencapai suhu 31.3°C di perlukan arus sebesar 5.1 A.

B. SARAN

Beberapa saran dari hasil penelitian ini baik untuk instalatur, dan badan standarisasi adalah sebagai berikut:

1. Agar tidak melakukan penekukan kabel yang terlalu besar sebab bisa menyebabkan banyaknya jumlah kalor yang terbuang semakin besar yang berakibat merusak bahan.
2. pemasangan instalasi listrik di manapun jangan ditekuk dengan sudut yang terlalu tajam atau lancip, karena menyebabkan kabel cepat panas dan akibatnya isolasi meleleh.
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

- Pemerintah Republik Indonesia, PP 15/1991, Standar Nasional Indonesia,
<<http://www.theceli.com/dokumen/produk/pp/1991/15-1991.htm>>
- Arifianto, 2008, ” Analisis karakteristik Termal Pada Kabel Berisolasi dan Berselubung PVC Tegangan Pengenal 300/500 Volt, Skripsi S1 Departemen Teknik Elektro FTUI, Depok.
- Thue, William, 1999, Electrical Power Cable Engineering. Marcell Dekker Inc, New York.
- Scaddan, Brian, 2002, Electrical Instalation Work : Fourth Edition, England..
- Joko Priyono dkk, “Analisa Pengaruh Penekukan Dan Besarnya Arus Pada Saluran Distribusi Dan Instalasi Yang Berpengaruh Terhadap Peningkatan Temperatur Dan Penurunan Daya Isolasi Kabel Di PT. Dana Purna Investama (BCA KCU Diponegoro – Surabaya)”, UM Surabaya
- Rukdas Imam Faizal, 2009. “Analisis Temperatur Kabel Terhadap Penekukan dan Besar Arus”, Universitas Indonesia
- Omicro energy (2017), *CPC 100*. Diakses dari <https://www.omiconenergy.com/en/products/all/primary-testing-monitoring/cpc-100/#Documents>, tanggal 3 Januari 2017.