

**INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
KONSENTRASI TEKNIK ENERGI LISTRIK**



**STUDI PERBANDINGAN PENYAMBUNGAN
KABEL TANAH TM 20 kV XLPE
ANTARA METODE CIUT PANAS DAN RESIN TUANG
DITINJAU DARI SEGI ARUS BOCOR**

SKRIPSI

Disusun Oleh :

Nedi Alot

02.12.078

SEPTEMBER 2006



**INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
KONSENTRASI TEKNIK ENERGI LISTRIK**



**STUDI PERBANDINGAN PENYAMBUNGAN
KABEL TANAH TM 20 kV XLPE
ANTARA METODE CIUT PANAS DAN RESIN TUANG
DI TINJAU DARI SEGI ARUS BOCOR**

SKRIPSI

Disusun Oleh :

Nedi Alot

02.12.078

SEPTEMBER 2006

LEMBAR PERSETUJUAN

**STUDI PERBANDINGAN PENYAMBUNGAN KABEL TANAH
TM 20 kV XLPE ANTARA METODE CIUT PANAS DAN RESIN TUANG
DI TINJAU DARI SEGI ARUS BOCOR**

SKRIPSI

*Disusun dan Diajukan untuk Melengkapi Serta Memenuhi Syarat
Guna Mencapai Gelar Sarjana Teknik*

Disusun Oleh :

Nedi Alot

02.12.078

Mengetahui,
Ketua Jurusan Teknik Elektro



Ir. Yudi Limpraptono, MT
Nip. Y. 1039500274

Menyetujui,
Dosen Pembimbing



Ir. Teguh Herbasuki, MT
NIP. Y. 1038900209

**KONSENTRASI TEKNIK ENERGI LISTRIK
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
2006**

KATA PENGANTAR

Dengan memanjatkan puji syukur kehadirat Allah SWT, karena dengan segala rahmat dan karunia-Nya sehingga penyusun dapat menyelesaikan skripsi ini dengan baik. Adapun judul dari skripsi ini adalah :

STUDI PERBANDINGAN PENYAMBUNGAN KABEL TANAH TM 20 kV XLPE ANTARA METODE CIUT PANAS DAN RESIN TUANG DI TINJAU DARI SEGI ARUS BOCOR.

Penyusun menyadari bahwa skripsi ini tidak akan terwujud tanpa ada bantuan dan bimbingan serta dorongan dari berbagai pihak. Oleh karena itu penyusun ingin menyampaikan rasa terima kasih kepada :

1. Bapak Prof. DR. Ir. Abraham Lomi, MSEE. selaku Rektor ITN Malang
2. Bapak Ir. F. Yudi Limpraptono, MT. selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro
3. Bapak Ir. Teguh Herbasuki, MT. selaku Dosen Pembimbing Skripsi
4. Bapak Harry Moerwantoro, BE. selaku Instruktur
5. Rekan-rekan serta semua pihak yang telah memberikan bantuan secara langsung maupun tidak langsung

Dan juga penyusun menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari sempurna, oleh karena itu penyusun mengharap saran dan kritik yang bersifat membangun. Akhirnya penyusun berharap semoga skripsi ini bermanfaat bagi kita semua.

Malang, September 2006

Penyusun

ABSTRAKSI

STUDI PERBANDINGAN PENYAMBUNGAN KABEL TANAH TM 20 kV XLPE ANTARA METODE CIUT PANAS DAN RESIN TUANG DI TINJAU DARI SEGI ARUS BOCOR

(Nedi Alot, September 2006, 83 Halaman)

Pada proses penyambungan kabel tanah TM 20 kV, metode penyambungan bermacam-macam, namun seperti yang ada dilapangan, para teknisi penyambungan kabel TM 20 kV banyak menggunakan metode ciut panas dan metode resin tuang.

Sesuai dari hasil pengujian antara kedua metode maka pada metode ciut panas cenderung lebih kecil arus bocornya dibandingkan dengan metode resin tuang dan ditinjau dari kegagalan dielektriknya maka metode resin tuang lebih besar kegagalannya dibandingkan dengan metode ciut panas.

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERSETUJUAN	ii
KATA PENGANTAR	iii
ABSTRAK	iv
DAFTAR ISI	v
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR TABEL	x
BAB I : PENDAHULUAN	
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Rumusan Masalah	2
1.3. Tujuan Penulisan	2
1.4. Batasan Masalah.....	2
1.5. Sistematika Pembahasan	3
BAB II : MENGENAL KABEL TANAH TEGANGAN MENENGAH DAN KONTRUKSI KOTAK SAMBUNG 20 kV	
2.1. Pengertian Umum Kabel Tanah	5
2.2. Keuntungan dan Kerugian Kabel Tanah	6
2.3. Pengkodean Kabel.....	7
2.4. Kontruksi Kabel Tegangan Menengah.....	9
2.4.1. Bagian Utama Kabel Tanah.....	9
A. Hantaran	10
B. Isolasi.....	12
C. Tabir	17

D. Selubung.....	17
2.4.2 Bagian Pelengkap Kabel Tanah.....	18
A. Sarung Kabel.....	19
B. Perisai.....	19
C. Bantalan.....	20
D. Bahan Pengisi (Filler).....	20
2.5. Kontruksi Kotak Sambung 20 kV.....	20
2.5.1. Konektor.....	22
2.5.2. Isolasi dan Lapisan Semi Konduktor.....	24
2.5.3. Kawat Tanah.....	24
2.6. Teknik Pengujian Sambungan Kabel Tanah 20 kV.....	25
2.6.1. Persiapan Pengujian.....	25
2.6.2. Pengawatan.....	26
2.6.3. Pemeriksaan Fisik Kabel.....	28
2.6.4. Tahanan Isolasi.....	28
2.6.5. Pengujian Dielektrik.....	29

BAB III : PENYAMBUNGAN KABEL TANAH TEGANGAN MENENGAH

20 kV TIGA INTI (THREE CORE)

3.1. Pengertian Sambungan.....	31
3.2. Persyaratan Penyambungan.....	31
3.3. Macam-Macam Penyambungan Kabel Tanah TM 20 kV.....	32
3.4. Metode-Metode Penyambungan Kabel Tanah TM 20 kV.....	32
3.5. Pelaksanaan Penyambungan.....	33
3.5.1. Metode Ciut Panas.....	34
A. Prosedur Penyambungan.....	34

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Penandaan Tata Nama	7
Gambar 2.2. Bagian Utama Kabel Tanah.....	9
Gambar 2.3. Bagian Pelengkap Kabel.....	18
Gambar 2.4. Konstruksi Kotak Sambungan 20 kV	21
Gambar 2.5. Konstruksi Konektor.....	23
Gambar 2.6. Pengukuran Tahanan Isolasi	28
Gambar 2.7. Pengujian Dielektrik	30
Gambar 3.1. Persiapan Kabel	35
Gambar 4.1. Grafik Arus Bocor (I_c) Metode Ciut Panas.....	59
Gambar 4.2. Grafik Tahanan Isolasi (R_i) Metode Ciut Panas.....	62
Gambar 4.3. Grafik Rugi Daya (P) Metode Ciut Panas	65
Gambar 4.4. Grafik Arus Bocor (I_c) Metode Resin Tuang.....	69
Gambar 4.5. Grafik Tahanan Isolasi (R_i) Metode Resin Tuang.....	72
Gambar 4.6. Grafik Rugi Daya (P) Metode Resin Tuang	75

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Konduktivitas Listrik Berbagai Logam dan Paduannya pd Suhu Kamar.	11
Tabel 2.2. Sifat Kelistrikan LDPE, HDPE dan XLPE.....	16
Tabel 2.3. Konstanta Dielektrik Bahan Isolasi.....	22
Tabel 2.4. Standar Tegangan Uji Untuk Pengujian Ketahanan Thd Tegangan AC...	27
Tabel 4.1. Data Hasil Rat-Rata Pengujian Sambungan M. Ciut Panas	58
Tabel 4.2. Data Hasil Perhitungan Tahanan Isolasi M. Ciut Panas.....	62
Tabel 4.3. Hasil Perhitungan Rugi Daya Sambungan M. Ciut Panas.....	65
Tabel 4.4. Data Hasil Rat-Rata Pengujian Sambungan M. Resin Tuang	68
Tabel 4.5. Data Hasil Perhitungan Tahanan Isolasi M. Resin Tuang.....	72
Tabel 4.6. Hasil Perhitungan Rugi Daya Sambungan M. Resin Tuang	75
Tabel 4.7. Perbandingan Data Hasil Pengujian Arus Bocor (I_c) Antara Metode Ciut Panas dan Metode Resin Tuang.....	77
Tabel 4.8. Perbandingan Hasil Perhitungan Rugi Daya (P) Antara Metode Ciut Panas dan Metode Resin Tuang.....	78

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Seiring dengan semakin berkembangnya teknologi dan semakin meningkatnya akan energi listrik, maka pihak pengelola energi listrik sangat dituntut untuk selalu meningkatkan kualitas dan keandalan dalam memberikan pelayanan kepada pelanggan.

Salah satu bagian yang amat penting di dalam pendistribusian energi listrik adalah masalah saluran yang digunakan yaitu kabel. Dengan melihat keadaan dilapangan bahwa untuk kabel dan khususnya kabel tanah yang tersedia dengan panjang tertentu. Hal ini disebabkan karena keterbatasan pabrik dalam hal pengepakan, juga untuk memudahkan dalam hal pengangkutan, maka untuk keperluan suatu saluran distribusi yang lebih panjang sangat diperlukan adanya penyambungan.

Maka dari itu di dalam penyambungan kabel harus diperhatikan syarat-syarat yang telah ditentukan diantaranya tahan terhadap panas pada sekeliling isolasi kabel, memiliki tahanan minimal sama dengan penghantarnya baik secara listrik ataupun mekanik dan juga menghindari terjadinya jebakan udara (void) pada isolasi.

Yang menyebabkan terjadinya gangguan akibat ledakan pada kabel dari suatu penyambungan apakah itu kesalahan dari manusianya ataupun metode yang dipakai, yang mengakibatkan umur sambungan kabel menjadi pendek bahkan pengeluaran menjadi semakin besar, maka dari itu dituntut untuk mencari solusi yang terbaik dari hal yang menyangkut permasalahan penyambungan. Sehingga dapat mengurangi kegagalan – kegagalan yang diakibatkan oleh ledakan pada sambungan.

Adanya permasalahan-permasalahan diatas mengharuskan pihak perusahaan listrik untuk betul-betul memperhatikan dari sistem penyambungan. Penggunaan metode ciut panas dan resin tuang merupakan yang paling banyak dipakai, maka dari itu perbandingan antara kedua metode ini ditinjau dari arus bocor merupakan solusi mana yang tepat di dalam sistem penyambungan untuk menghindari kegagalan yang lebih besar.

1.2. Rumusan Masalah

Sesuai dengan judul "STUDI PERBANDINGAN PENYAMBUNGAN KABEL TANAH TM 20 kV XLPE ANTARA METODE CIUT PANAS DAN RESIN TUANG DI TINJAU DARI SEGI ARUS BOCOR" maka dalam pembahasan ini lebih ditekankan pada:

- a. Bagaimanakah pengaruh metode penyambungan, dengan arus bocor yang ditimbulkan.
- b. Bagaimana membandingkan besarnya arus bocor
- c. Berapa besar kemungkinan kegagalan-kegagalan dielektrik dari hasil penyambungan pada kedua metode akibat adanya arus bocor.

1.3. Tujuan Penulisan

Adapun tujuan dari penulisan skripsi ini adalah untuk menganalisa arus bocor yang disebabkan dari hasil penyambungan kedua metode

1.4. Batasan Masalah

Dalam pembahasan ini dibatasi dengan beberapa batasan masalah yaitu :

- a. Metode penyambungan yang diuji adalah metode penyambungan ciut panas dan resin tuang.
 - b. Tidak membahas tentang kandungan bahan yang dipergunakan.
-

- c. Cara pengerjaan antara kedua metode dibahas secara umum dan kabel yang dipakai adalah jenis XLPE (N2XSEBY).
- d. Pengujian dilakukan di PT. PLN Udiklat Pandaan

1.5. Sistematika Pembahasan

Untuk dapat lebih mempermudah dalam pembahasan skripsi ini, maka penulisan di bagi dalam beberapa bab, yang masing-masing bab terdiri dari beberapa sub bab.

Bab I : PENDAHULUAN

Dalam bab ini berisi latar belakang, rumusan masalah, tujuan, batasan masalah dan sistematika pembahasan

Bab II : MENGENAL KABEL TEGANGAN MENENGAH DAN KONTRUKSI KOTAK SAMBUNGAN 20 kV

Dalam bab ini berisikan mengenai pengerjaan umum kabel tanah, pengkodean kabel tanah, keuntungan dan kerugian penggunaan kabel tanah, kontruksi kabel tegangan menengah, bagian-bagian kabel, kontruksi kotak sambung dan teori teknik pengujian sambungan

Bab III : TEORI PENYAMBUNGAN KABEL TANAH TM 20 kV TIGA INTI (THREE CORE) DAN BAHAN YANG DIBUTUHKAN

Dalam bab ini berisikan mengenai pengertian sambungan, persyaratan penyambungan, macam-macam penyambungan, metode-metode penyambungan, serta pelaksanaan penyambungan.

**Bab IV :DATA HASIL PENGUJIAN DAN ANALISA PERBANDINGAN
PENYAMBUNGAN KABEL TANAH TEGANGAN MENENGAH
20 kV**

Dalam bab ini berisikan mengenai data hasil pengujian dan analisa perbandingan.

Bab V :PENUTUP

Dalam bab ini berisikan mengenai kesimpulan dan saran-saran yang dirasa perlu.



BAB II

MENGENAL KABEL TEGANGAN MENENGAH DAN KONSTRUKSI KOTAK SAMBUNG 20 kV

2.1. Pengertian Umum Kabel Tanah

Kabel adalah salah satu atau beberapa bagian kawat yang diisolasikan, sehingga tahan terhadap tegangan tertentu antara satu penghantar dengan penghantar lainnya, maupun antara penghantar dengan tanah dan dibungkus suatu pelindung, sehingga terhindar dari pengaruh – pengaruh garam di dalam tanah serta bahan kimia yang berada dalam tanah.

Kabel tanah biasanya dipakai dalam pemasangan jaringan distribusi di daerah perkotaan atau daerah yang padat penduduknya dan berbeban tinggi. Penggunaan kabel tanah ini paling cocok dan lebih efisien, karena kabel tanah mempunyai nilai estetika, keindahan dan kerapian serta nilai keamanan yang cukup tinggi.

Dalam jaringan distribusi bawah tanah yang menggunakan kabel tanah, diperlukan suatu persyaratan dan sistem isolasi yang khusus sehingga memungkinkan kabel tanah mampu beroperasi dengan baik sekalipun kabel tersebut mendapat gangguan mekanis dan kimiawi.

Kabel tanah digunakan untuk menyalurkan tenaga listrik dari suatu tempat ketempat yang lain atau dari suatu gardu induk ke gardu-gardu yang lain dengan cara melalui suatu kabel yang ditanam di dalam tanah. Kabel tanah banyak digunakan pada jaringan distribusi yang menghubungkan jaringan udara tegangan menengah masuk ke gardu transformator ke pusat-pusat beban atau untuk menghubungkan gardu distribusi yang padat penduduknya dengan beban.

2.2. Keuntungan Dan Kerugian Penggunaan Kabel Tanah

Sistem distribusi maupun transmisi dengan menggunakan jaringan udara dihadapkan pada beberapa kendala yang dapat mengancam kontinuitas daya listrik ke pusat-pusat beban. Hal ini disebabkan karena seringnya terjadinya gangguan, terutama yang disebabkan oleh alam.

Disamping itu penggunaan kabel udara pada situasi dan medan tertentu dirasa kurang efisien, baik ditinjau dari segi keamanan maupun dari segi estetika. Untuk itu penggunaan kabel tanah di rasa lebih cocok dan efisien. Walaupun penggunaan kabel tanah lebih efisien, ini bukan berarti penggunaan kabel tanah tidak mempunyai kelemahan dan kekurangan.

Ada beberapa keuntungan dan kerugian penggunaan kabel tanah, antara lain:

➤ Keuntungan :

- Tidak tampak, sehingga tepat untuk penggunaan dikawasan perkotaan yang menuntut estetika lebih tinggi.
- Lebih aman dari bahaya tegangan sentuh dan kemungkinan terjadi gangguan yang disebabkan oleh alam relatif kecil.
- Lebih praktis dalam pengerjaannya karena menggunakan alat yang cukup sederhana.

➤ Kerugian :

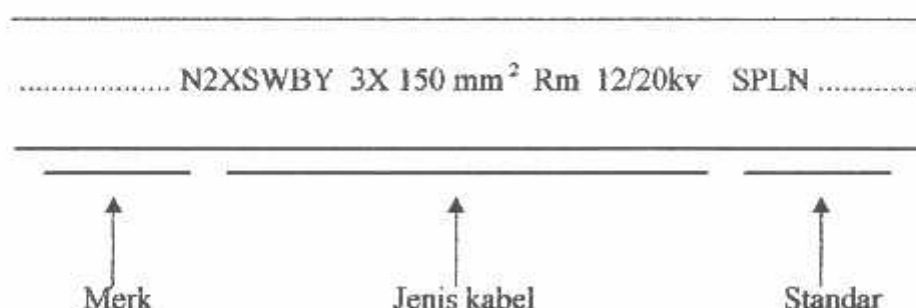
- Biaya investasi yang lebih mahal karena harga kabel cukup mahal.
 - Apabila terjadi gangguan akan sulit di deteksi, sehingga memerlukan waktu yang lama untuk memperbaikinya.
 - Sulit dalam pengerjaan penyambungan.
-

3.3. Pengkodean Kabel

Kabel yang digunakan pada jaringan sistem tenaga listrik terdiri dari berbagai macam, berbeda di dalam desain maupun konstruksinya. Untuk memudahkan dalam pengenalan maka pada kabel tenaga listrik umumnya di beri penandaan tegangan yang sering di sebut tegangan pengenal (rated voltage).

Penandaan tegangan pengenal kabel menurut SPLN 43-5 : 1986 yang mengacu dari standar IEC pub 502 tahun 1983 dinyatakan dengan simbol $U_0/U (U_m)$. Simbol ini menyatakan bahwa U_0 adalah tegangan nominal antara penghantar terhadap tanah (netral) yang direncanakan untuk kabel tersebut, U menyatakan tegangan nominal antara penghantar terhadap penghantar lainnya yang direncanakan untuk kabel tersebut dan U_m menyatakan nilai maksimum tegangan sistem tertinggi dimana peralatan boleh digunakan. Sebagai contoh kabel dengan tegangan pengenal 12/20 (24) kV, penandaan ini menyatakan tegangan kabel untuk sistem tiga fasa yaitu tegangan antara penghantar terhadap tanah 12 kV, tegangan nominal terhadap penghantar dengan penghantar 20 kV dan tegangan maksimumnya 24 kV.

Pada umumnya di Indonesia kabel-kabel listrik di beri penandaan atau tata nama (name clature) yang tercantum pada komponen terluar kabel. Tata nama tersebut mencantumkan merek pabrik pembuat jenis kabel, tegangan pengenal dan standar yang digunakan. Sebagai contoh terlihat pada gambar:



Gambar 2.1
Penandaan Tata Nama

- R : Perisai kawat baja bulat.
 Gb : Spiral pita baja.
 - : Perisai pita aluminium.
 - : Perisai pita aluminium campuran.
 Y : Selubung luar PVC atau selubung dalam
 cm : Penghantar bulat berkawat banyak dipadatkan.
 Rm : Penghantar bulat berkawat banyak.

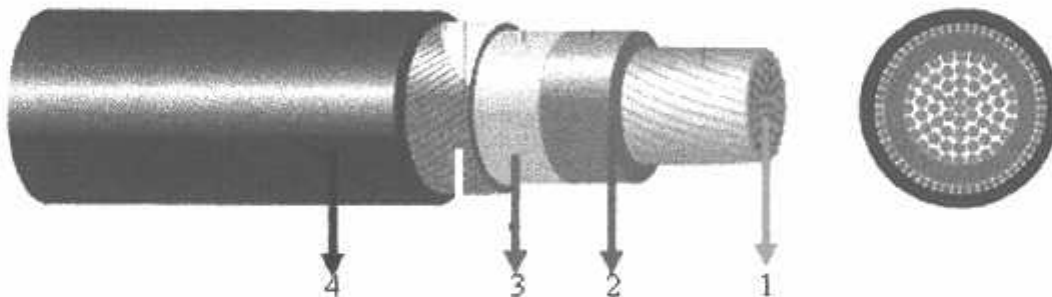
2.4. Konstruksi Kabel Tegangan Menengah

Susunan kabel tegangan menengah terdiri dari dua bagian yaitu bagian utama dan bagian pelengkap.

2.4.1. Bagian Utama

Bagian utama di dalam hantaran yang berisolasi adalah bagian yang harus dimiliki oleh kabel tenaga.

Adapun bagian utama terdiri dari:



Gambar 2.2

Bagian Utama Kabel Tanah

Keterangan:

1. Hantaran (Conductor)
2. Isolasi (Insulation)
3. Tabir (Screen)
4. Selubung (Shealt)

A. Hantaran (Konduktor)

Menurut intinya kabel dapat di bedakan menjadi dua yaitu kabel berinti satu dan kabel berinti banyak. Setiap inti kabel merupakan hantaran, bentuk dari hantaran dapat di rancang sesuai dengan kebutuhannya.

Bahan hantaran yang banyak di pakai untuk kabel tenaga listrik adalah:

1. Tembaga, ada dua macam tembaga yang digunakan untuk hantaran
 - a. Kawat tembaga polos (Plain wire)
 - b. Kawat tembaga berlapis timah putih (Tinned copper wire)
2. Aluminium dengan kemurnian 99,3 %

Bentuk-bentuk hantaran yang digunakan dalam kabel terdiri dari beberapa bentuk sebagai berikut:

- a. Hantaran bulat tanpa rongga, yaitu merupakan kawat yang dipilin dan membentuk lingkaran, dimana pada pusat lingkaran tidak terdapat rongga.
 - b. Hantaran bentuk spiral, yaitu terdiri dari beberapa kawat yang dipilin dan akan membentuk sektor lingkaran.
 - c. Hantaran bulat berongga, yaitu terdiri beberapa kawat bulat atau berbentuk trapezium lengkung yang dipilin di atas spiral. Spiral pita baja ini akan membentuk rongga (saluran) sepanjang hantaran yang berfungsi untuk mengalirkan minyak.
-

**Tabel 2.1. Konduktifitas Listrik Berbagai Logam Dan Paduannya
Pada Subu Kamar**

Logam	Konduktifitas Listrik (Ohm - meter)
Perak (Ag)	$6,8 \times 10^{-7}$
Tembaga (Cu)	$6,0 \times 10^{-7}$
Emas (Au)	$4,3 \times 10^{-7}$
Aluminium (Al)	$3,8 \times 10^{-7}$
Kuningan (70 %Cu 30 % Zn)	$1,6 \times 10^{-7}$
Besi (Fe)	$1,0 \times 10^{-7}$
Baja Karbon (Fe - C)	$0,6 \times 10^{-7}$
Baja Tahan Karat (Ffe - Cr)	$0,2 \times 10^{-7}$

Sifat daya hantar material yang digunakan dinyatakan dengan konduktifitas atau tahanan jenis penghantar. Tahanan jenis penghantar di definisikan sebagai:

$$\rho = \frac{RA}{L} \dots\dots\dots(2.1)$$

Dimana:

A : Luas penampang (m^2)

L : Panjang penghantar (m)

ρ : Tahanan jenis penghantar (Ωm)

R : Tahanan penghantar (Ω)

Konduktifitas listrik merupakan sifat listrik yang digunakan sebagai penghantar daya listrik. Logam yang mempunyai konduktifitas yang baik, sebaliknya isolator mempunyai konduktifitas yang rendah. Dimana kedua sifat bahan tersebut terdapat bahan semi konduktor. Konduktifitas dinyatakan sebagai berikut:

$$a = \frac{l}{\rho} \dots\dots\dots(2.2)$$

Pertimbangan dalam pemilihan logam secara teknis didasarkan atas daya konduktifitasnya, sifat fisik dan mekanis. Dari segi ekonomis murah atau tidaknya logam tersebut digunakan sebagai penghantar. Pada saat ini logam tembaga dan aluminium merupakan logam yang memenuhi secara teknis dan ekonomis. Kriteria mutu yang lain meliputi sifat-sifat yaitu: komposisi kimia, kekuatan tarik, dan lain-lain.

B. Isolasi (Insulation)

Isolasi merupakan faktor penting pada system tenaga listrik. Salah satu gangguan penyaluran tenaga listrik dengan menggunakan kabel tanah adalah terjadi gangguan pada isolasi. Secara umum kabel harus mempunyai sifat-sifat bahan-bahan sebagai berikut:

1. Ketahanan dielektrik yang tinggi
2. Tahanan jenis (Resistivitas) yang tinggi
3. Dapat bekerja pada tempratur rendah dan tinggi
4. Tidak menyerap air/uap air (non hygroskopis)
5. Mudah dibengkokkan (Fleksibel)
6. Tidak mudah terbakar
7. Sanggup menahan tegangan impush yang tinggi

Salah satu hal yang tidak mungkin dalam suatu jenis isolasi terdapat semua sifat-sifat diatas. Jadi jenis isolasi yang akan di pakai harus didasarkan pada maksud dan tujuan penggunaan kabel. Menurut jenisnya isolasi dapat digolongkan menjadi:

1. Isolasi Karet

Isolasi karet adalah suatu isolasi yang mempergunakan karet alam yang di dapat dari pohon karet, dimana untuk karet yang dibuat dari bahan sintetik tidak termasuk dalam hal ini, tetapi tergolong karet sintetik.

Karet dalam keadaan murni tidak dapat digunakan sebagai bahan isolasi karena:

- Tidak tahan terhadap temperatur tinggi
 - Terlalu lunak sehingga dapat dipakai pada benda-benda keras dan kasar
- Agar dapat dipergunakan sebagai bahan isolasi maka karet harus dicampur dengan bahan-bahan lain seperti oksida zinc, timbal, dan balerang.

Untuk mendapatkan sifat-sifat kabel yang lebih baik harus diadakan proses vulkanisasi, yaitu proses dimana karet mentah dipanaskan bersama-sama balerang, sehingga pada temperatur tertentu balerang akan larut dan terjadi proses kimiawi antara karet dan balerang. Jenis karet vulkanisasi tergantung pada banyaknya balerang, temperatur dan lama pemanasannya. Karet vulkanisasi mempunyai beberapa keuntungan bila dibandingkan dengan karet biasa, antara lain:

- Lebih elastis
- Ketahanan atau umur kabel lebih lama
- Dapat bekerja pada temperatur yang lebih tinggi

2. Isolasi Kertas

Umumnya bahan dari kertas adalah kayu yang melalui proses kimia, dimana kertas terdiri dari serat-serat panjang berbentuk pipa-pipa rambut yang halus.

Sebagai bahan isolasi kertas mempunyai sifat-sifat:

- Faktor rugi dielektrik antara 0,0009 sampai 0,004
 - Temperatur kerja 65°C
-

- Tahanan dielektrik 80 kV/mm
- Menyerap uap cair atau cairan

Untuk memperbaiki sifat-sifat isolasinya kertas harus diserapi dengan minyak isolasi. Minyak isolasi yang dipergunakan harus bebas dari asam dan mempunyai sifat kimia stabil, mempunyai kekentalan yang rendah pada waktu peresapan dan mempunyai kekentalan yang tinggi pada waktu temperatur kerja, guna mencegah pengeringan. Bahan minyak isolasi yang lazim digunakan adalah minyak mineral, askarel atau campuran resin. Fungsi minyak isolasi adalah sebagai bahan isolasi diantar lapisan-lapisan kertas, sehingga tidak akan menyerap uap air.

3. Isolasi Sintetis

Dengan kemajuan teknologi, khususnya dibidang isolasi, sekarang ini telah dikembangkan isolasi kabel terbuat dari bahan sintetis. Bahan sintetis mempunyai sifat kelistrikan, sifat mekanis dan thermis yang baik untuk isolasi kabel. Isolasi sintetis dapat dibedakan menjadi dua golongan, sebagai berikut:

a. Thermoplastik

Thermoplastik didapat dengan cara mengalirkan plastik kedalam cetakan (mold) di sertai dengan tekanan dan panas, sehingga perubahan fisik lebih berpengaruh dari pada perubahan kimianya. Isolasi yang termasuk golongan thermoplastik banyak sekali macamnya, tetapi untuk keperluan isolasi kabel yang paling banyak dipakai adalah:

- Polyvinil clorida (PVC)
- Polyethylene (PE)

Baik PVC maupun PE mempunyai kelebihan dan kekurangan sendiri-sendiri. Berikut adalah kelebihan dan kekurangan PVC dan PE:

↓ Kelebihan PVC antara lain

- Tidak terpengaruh oleh uap air, asam dan alkali
 - Tahanan cukup tinggi
 - Kekuatan mekanis tinggi
- ↳ Kekurangan PVC antara lain:
- Faktor rugi dielektrik besar, sehingga rugi-rugi besar pula
 - Pada temperatur tinggi akan meleleh atau mencair
- ↳ Kelebihan PE antara lain:
- Mempunyai sifat dielektrik yang baik
 - Tidak menyerap air dan cairan
- ↳ Kekurangan PE antara lain:
- Mudah terbakar, tidak dapat bekerja pada temperatur tinggi

b. Thermosetting

Thermosetting diperoleh dengan jalan mengalirkan bahan dasar (polymer) kedalam cetakan (mold) di sertai dengan tekanan dan pemanasan, sehingga terjadi perubahan kimia yang sempurna, dimana perubahan kimia lebih berpengaruh dari pada perubahan fisiknya. Dengan demikian akan di peroleh bahan yang panas dan dapat bekerja pada tempratur tinggi.

Isolasi yang termasuk dalam thermostting dapat dibedakan menjadi:

1. Low Density Polyethylene (LDPE)

LDPE di peroleh dengan mekanisme radikal bebas, untuk itu diperlukan tekanan yang tinggi. LDPE mempunyai struktur rantai yang linier.

2. High Density Polyethylene (HDPE)

Polimerisasi dilakukan dengan dengan katalis ziegler-natta, sehingga tekanan yang diperlukan lebih rendah. HDPE mempunyai struktur rantai bercabang.

3. Crosslinked Polyethylene (XLPE)

XLPE adalah Polyethylene yang mempunyai struktur rantai berkaitan silang, sehingga merupakan polimer yang mempunyai kekuatan mekanik dan trayek penggunaan temperatur yang lebih tinggi.

Ada empat teknik yang digunakan untuk menghasilkan XLPE, yaitu:

- ❖ Penambahan peroksida (misal di-t-butil peroksida) kemudian campuran dipanaskan
- ❖ Penambahan sejumlah zat lain sebagai gugus "pendant" kemudian di ikat silang
- ❖ Penambahan senyawa yang mempunyai gugus fungsi yang aktif dalam polimer yang bisa direaksikan dengan zat kimia lainnya
- ❖ Pembentukan radikal karena antar radiasi pengion (electron, neutron dan sinar gama) dengan polimer. Sinar ultraviolet dapat juga digunakan untuk menghasilkan radikal polimer meskipun kekuatan tembus kedalam lebih rendah.

Tabel 2.2. Sifat Kelistrikan LDPE, HDPE dan XLPE

Sifat Kelistrikan	LDPE	HDPE	XLPE
Volume Resistivity at 50 % HR, 70° F (Ohm - cm)	$> 10^{16}$	$> 10^{16}$	5 - 200,10
Dielektrik Constant ASTM D150 60 Hz	2,25 - 2,35	2,3 - 2,35	2,63 - 3,1
Dissipation Factor of Plastik, ASTM D 150 MHz	$> 0,0005$	$> 0,0005$	0,001 - 0,002
Max Continuous Temperatur Rating for Plastik (°F)	180 - 212	250	275

Penggunaan XLPE sebagai isolasi mempunyai kelebihan dan kekurangan sebagai berikut:

- ✦ Kelebihan XLPE antara lain:
 - Tahan panas sehingga tidak mudah leleh

- Mencegah keluarnya minyak pada kabel berisolasi kertas yang diresapi minyak dan mencegah masuknya uap air atau cairan kedalam kabel.

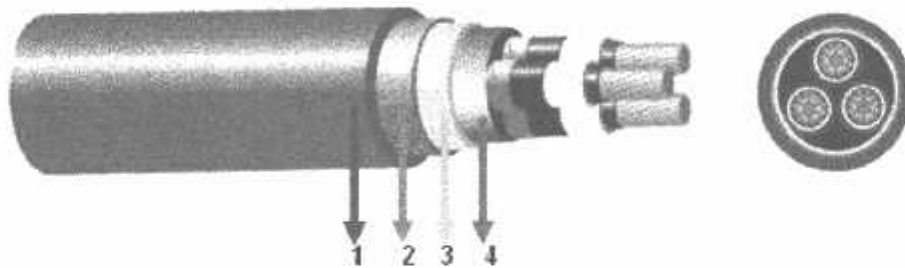
Bahan selubung dapat di bagi menjadi tiga golongan, yaitu:

- Selubung metal (timbal dan aluminium)
- Selubung karet, misalnya karet silikon (silicon tabber)
- Selubung plastik, misalnya PVC

II. 4.2. Bagian Pelengkap

Bagian pelengkap adalah bagian yang hanya melengkapi kabel, digunakan untuk memperkuat atau memperbaiki sifat-sifat kabel atau untuk melindungi kabel.

Bagian pelengkap tersebut antara lain:



Gambar 2.3
Bagian Pelengkap Kabel

Keterangan:

1. Sarung Kabel
2. Perisai (Armour)
3. Bantalan (Bedding)
4. Bahan Pengisi (Filler)

A. Sarung Kabel

Sarung kabel adalah suatu lapisan dari serat yang diresapi dengan komponen kedap air. Pemasangan sarung kabel biasanya dipasang diatas armour. Fungsi dari sarung kabel selain sebagai bantalan bagi armour, juga sebagai komponen yang berhubungan langsung dengan tanah sehingga sarung kabel merupakan bagian yang pertama sekali mendapat pengaruh dari luar. Bahan sarung kabel yang banyak dipergunakan adalah goni (jute) dan PVC. Sebagai sarung kabel PVC mempunyai kekuatan mekanis yang lebih baik.

B. Perisai

Karena isolasi mempunyai sifat ketahanan mekanis yang kurang sempurna, sehingga diperlukan suatu lapisan yang berfungsi melindungi bahan isolasi dari kerusakan mekanik, lapisan ini dinamakan perisai (armour).

Secara umum perisai dapat dikelompokkan menjadi dua golongan yaitu:

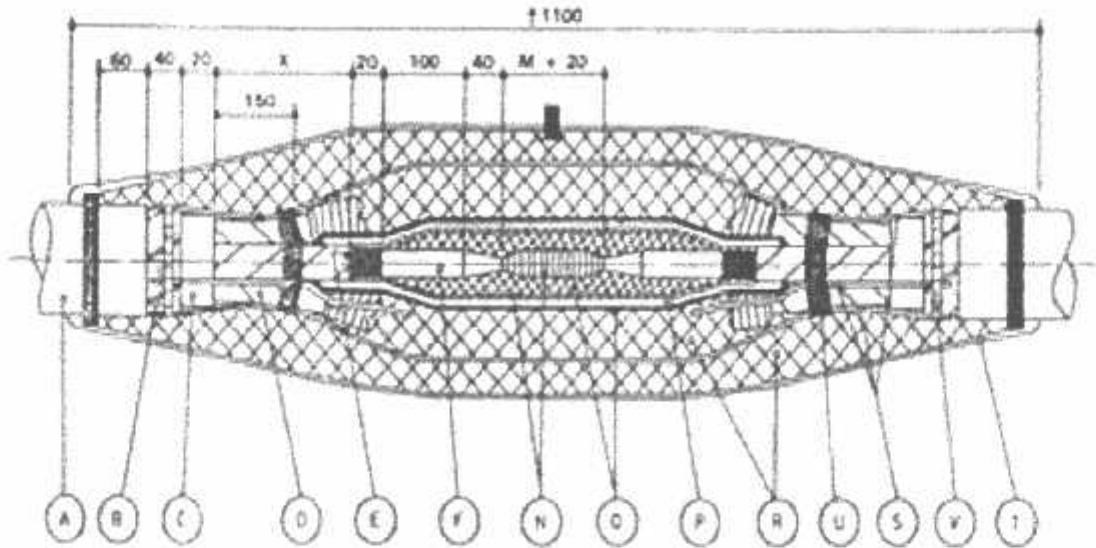
1. Perisai pita baja (Steel Tape Armour)

Dalam pemasangan pita baja biasanya terdiri dari dua lapisan, dimana setiap lapisan terdiri dari beberapa pita, kemudian dipasang sedemikian rupa sehingga lapisan kedua menutupi celah-celah yang ditinggalkan lapisan pertama. Perisai ini di pasang pada bantalan. Dengan dipasangnya perisai pita baja ini kabel menjadi tidak fleksibel

2. Perisai Kawat Baja (Steel Wire Armour)

Perisai kawat baja dipergunakan untuk kabel yang mempunyai tegangan mekanis cukup tinggi dan fleksibel. Pada pemasangannya perisai kawat baja hanya dipasang satu lapis untuk menjaga agar perisai kawat baja tetap pada kedudukannya, maka dipasang juga pita baja yang melingkari kawat baja itu.

- Mempunyai kemampuan mekanis minimum sama dengan kabel
- Tidak menimbulkan kerusakan pada struktur material kabel



Gambar 2.4

Konstruksi Kotak Sambung 20 kV

Bagian Kabel:

- A : Jaket kabel luar
 B : Armouring
 C : Jaket kabel dalam
 D : Screen
 E : Semi konduktip Luar
 F : Isolasi XLPE

Bagian Kotak Sambung

- N : Pita Semi konduktip (CP61)
 O : Pita Isolasi (CP 62)
 P : Pita Jalinan Tembaga (CP 63)
 R : Spacer tape (CP 75) & Resin
 S : Kabel ground
 T : Restricting tape (CP 71)
 U : Kawat tembaga lapis Timah
 V : Klem penjepit

Ukuran:

- X : 170 mm untuk WMB 3.201
 170 mm untuk WMB 3.202
 170 mm untuk WMB 3.203
 170 mm untuk WMB 3.204
 M : Panjang konektor

Tabel 2.3. Konstanta Dielektrik Bahan Isolasi

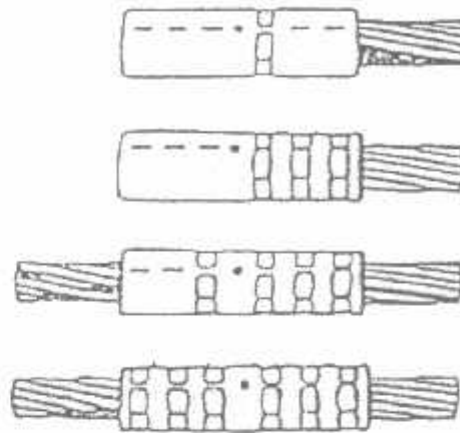
No	Bahan Isolasi	Nominal
1	EPR	2,24
2	Kynar	6,4
3	Nylon	4,0
4	Polyester	2,8
5	Polyethylene (Celluler)	1,5
6	Polyethylene (Cross-Linkied))	2,28
7	Polyethylene	2,3
8	TFE (Celluler)	1,4
9	Polyethylene (High-Density)	2,34
10	Polyethylene (Low-Density)	2,28
11	Polypropylene	2,24
12	Silicone Rubber	2,08 - 3,50
13	Polyvinyl Cloride	2,7
14	Polyvinyl Cloride (Irradiated)	2,7
15	Polyvinyl Cloride (Semi- Rigid)	4,3
16	Teflon FEP	2,1
17	Teflon TFE	2,1
18	Telzel	2,6
19	FEP (Celluler)	1,5

2.5.1. Konektor

Pada penyambungan tidak membutuhkan kekuatan mekanis yang tinggi pada konektor. Umumnya konektor harus mempunyai kadar aluminium yang lebih tinggi dari penghantar. Untuk konektor saluran tegangan menengah dipersyaratkan kadar aluminiumnya 97,28 %

Perlu diperhatikan bahwa nilai daya hantar konektor, baik dalam kondisi normal atau tidak normal harus sama dengan daya hantar yang disambung. Nilai daya hantar konektor ini ditentukan oleh kualitas bahan dan desain luas penampang silinder. Untuk itu minimal luas penampang konektor harus lebih besar dari pada

penghantar yang disambung dengan batasan bahwa bentuknya harus menghasilkan medan listrik yang homogen.



Gambar 2.5
Konstruksi konektor

Keterangan:

1. Tahap pertama pengepresan (bagian dalam)
2. Tahap kedua pengepresan satu sisi keluar
3. Tahap ketiga pengepresan sisi lainnya
4. Selesai

Penggunaan konektor sebagai konstruksi penyambungan harus mempunyai persyaratan sebagai berikut:

- Tahan beroperasi pada arus maksimum yang diijinkan
- Tahan dilalui oleh arus hubung singkat yang direncanakan
- Tidak memiliki bagian yang menghasilkan panas yang lebih tinggi dari pada penghantar kabel

Untuk memenuhi persyaratan diatas, maka harus diperhatikan hal-hal sebagai berikut:

- Dimensi konektor
- Kemiringan ujung konektor dan kehalusan seluruh permukaan konektor
- Penggunaan alat kompresi

Kekuatan alat kompresi konektor minimal 12 ton atau sesuai dengan yang dipersyaratkan supplier merk kotak sambung tersebut. Ukuran dies harus sesuai dengan penampang penghantar dan perlu diperhatikan metode pengepresan untuk menghindari ter terbakarnya udara atau devermose konektor.

2.5.2. Isolasi dan Lapisan Semi Konduktor

Jenis isolasi yang banyak digunakan untuk kabel TM sampai saat ini adalah isolasi kertas dan isoalsi XLPE. Tetapi karena kekurangannya isolasi kertas kurang disukai dibandingkan isolasi XLPE.

1. Prinsip desain isolasi

Suatu material disebut sebagai bahan isolasi apabila material tersebut memiliki daya hantar listrik (konduktifitas) sangat rendah $10^{-30} - 10^{-20} \text{ (Ohm-m)}^{-1}$, sedangkan bahan semi konduktor mempunyai konduktifitas berkisar $10^{-6} - 10^{-4} \text{ (Ohm-m)}^{-1}$.

Pada desain isolasi sambungan, diameter isolasi sambungan dibuat besar dari pada diameter isolasi kabel. Dengan demikian diharapkan kekuatan dielektrik lebih besar dari pada isolasi kabel.

Bahan semi konduktor lazimnya ditempatkan diantara bahan isolasi dengan penghantar (konduktor) fungsinya untuk meratakan medan stress pada permukaan konduktor, sedangkan lapisan isolasi dengan sendirinya harus mempunyai nilai ketahanan terhadap tegangan kabel yang diterapkan.

2. Kontruksi isolasi

Isolasi yang digunakan dalam suatu penyambungan dapat dipadukan dengan isolasi kabel, sehingga secara keseluruhan sistem isolasi dapat menjadi homogen.

2.5.3. Kawat Tanah

Sesuai desain kontruksi kabel SKTM dalam kaitannya dengan proteksi sistem distribusi maka harus dihubungkan arus hubung singkat satu fasa ketanah, sehingga

arus gangguan tersebut tidak akan lebih besar dari 1000 Ampere satu detik. Arus hubung singkat akan mengakibatkan kenaikan temperatur, dan kenaikan temperatur ini tidak boleh menimbulkan kerusakan pada isolasi atau bagian-bagian lainnya. Untuk itu penentuan konstruksi kawat tanah dan penampang penghantar kawat tanah harus benar-benar diperhatikan. Bahan yang sering digunakan sebagai kawat tanah pada kotak sambung adalah kawat tembaga yang berlapis timah yang dianyam rapat.

2.6. Teknik Pengujian Sambungan Kabel Tanah 20 kV

Dalam upaya pengujian sambungan kabel tanah 20 kV harus dikenal terlebih dahulu alat uji kabel yang akan digunakan. Biasanya alat yang digunakan dalam pengukuran tahanan isolasi adalah Meger, dimana alat ini dapat mendeteksi sampai sejauh mana suatu kabel mempunyai kekuatan isolasi atau ketahanan isoalsi dalam menghantar arus listrik.

2.6.1. Persiapan Pengujian

Dalam pengujian sambungan kabel sebagai langkah awal yang harus benar-benar diperhatikan adalah hal-hal sebagai berikut:

1. Segi keamanan

Karena dalam pengujian sambunga kabel menggunakan tegangan tinggi maka dari segi keamanan terutama keamanan peralatan harus benar-benar harus diperhatikan, karena dapat mengakibatkan tegangan sentuh yang membahayakan. Maka dalam penggunaan alat harus orang-orang yang sudah menguasai betul-betul tentang alat tersebut. Adapun faktor-faktor keamanan dan keselamatan yang harus diperhatikan adalah:

- Sistem pentanahan peralatan
 - Sistem rangkaian peralatan
 - Pemilihan tegangan test yang sesuai
-

2. Sistem pentanahan peralatan

Sebelum peralatan dioperasikan peralatan harus dihubungkan ke sistem pentanahan yang baik. Untuk sistem pentanahan ini tidak cukup hanya mengandalkan dari sistem pentanahan dari stop kontak yang biasa dipakai untuk perumahan. Sehingga pada peralatan ini diperlukan sistem khusus misalnya untuk penangkal petir atau sistem pentanahan yang mempunyai nilai tahanan kurang dari 1 Ohm.

2.6.2. Pengawatan

Pengawatan peralatan uji dengan sambungan kabel yang akan di uji harus dipasang dengan hati-hati dan benar. Hal ini sangat penting karena kesalahan pengawatan akan mendapatkan hasil yang tidak semestinya atau salah. Pengawatan dilakukan ditempat pengelasan dengan langkah-langkah sebagai berikut:

1. Penghubungan dengan peralatan yang akan di test

Setelah sambungan kabel yang akan di test sudah diperiksa secara seksama maka tegangan tinggi dapat dihubungkan

2. Pengisolasian pada ujung sambungan kabel yang terbuka

Untuk setiap ujung sambungan kabel yang akan diuji sebaiknya diamankan terlebih dahulu dari kemungkinan tegangan sentuh. Karena pada ujung kabel akan terdapat tegangan tinggi yang dapat membahayakan.

3. Pemilihan tegangan test yang sesuai

Pemilihan tegangan test atau penggunaan tegangan test tergantung menggunakan standar mana test ini akan dilakukan, khususnya VDE 0298. Umumnya pada kabel yang menggunakan armour atau jaket pada keadaan normal digunakan pengujian $6 \times U_0$ dan pada keadaan ekstrim bisa digunakan $8 \times U_0$, tetapi kembali lagi pada standar mana yang dipergunakan untuk pengujian.

Untuk standar PLN mempunyai ketentuan tegangan pengujian peralatan listrik yang dapat digolongkan sebagai berikut :

Tabel 2.4. Standar tegangan uji untuk pengujian katahanan terhadap tegangan AC.

Tegangan Kerja	Tegangan Uji	Lama Pengujian
$E < 7.000 \text{ Volt}$	1,5 E (Min 5000 V)	10 menit
$7.000 \text{ Volt} \leq E \leq 50.000 \text{ Volt}$	1,25 E (Min 10,500 V)	10 menit
$50.000 \text{ Volt} < E$ (non grounded system)	1,5 E	10 menit
$50.000 \text{ Volt} < E$ (grounded system)	1,5 E (Min 75,000 V)	10 menit

Dengan melihat tabel diatas untuk kabel atau peralatan dengan tegangan kerja 20 kV, maka tegangan ujinya :

$$\text{Tegangan uji AC} = \text{Tegangan kerja maks} \times 1.25 \dots \dots \dots (2.3)$$

$$= \text{Tegangan nominal} \times 1.15 \times 1.25$$

$$= 20.000 \times 1.15 \times 1.25$$

$$= 28.750 \text{ Volt}$$

$$\text{Tegangan uji DC} = 2 \times \text{Tegangan uji AC} \dots \dots \dots (2.4)$$

$$= 2 \times 28.750$$

$$= 57.500 \text{ Volt DC}$$

4. Termin keamanan dan keselamatan

Masing-masing negara mempunyai peraturan sendiri tentang proses keamanan dan keselamatan melakukan pekerjaan dengan menggunakan tegangan tinggi. Karena masing-masing negara standarnya juga ada perbedaan.

5. Penghubung dengan jala-jala

Suplai daya untuk perlatan dapat dilakukan dengan menghubungkan dengan tegangan 220 Volt yang dilengkapi dengan sistem pentanahan yang baik, untuk frekuensi suplai biasanya antara 50 Hz sampai 60 Hz.

2.6.3. Pemeriksaan Fisik Sambungan Kabel

Sebelum sambungan kabel diuji terlebih dahulu sambungan kabel diperiksa secara fisik, agar pada saat pengujian tidak terjadi hal-hal yang tidak diinginkan. Seperti terjadinya kerusakan sambungan akibat tidak sempurna dalam hal penyambungan.

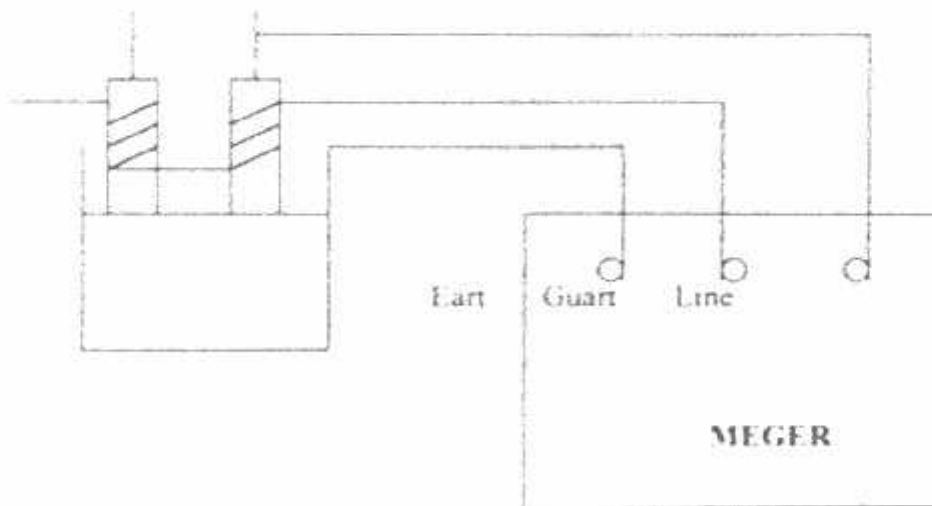
2.6.4. Tahanan Isolasi

Tujuan percobaan:

Untuk menentukan kondisi isolasi atau bahan pada sambungan apakah ada kerusakan atau tidak.

Alat dan Bahan:

- Sambungan kabel XLPE 3 x 150 mm² rm 12/20 kv
- Meger 5000 Volt/200.000 M-Ohm



Gambar 2.6
Pengukuran Tahanan Isolasi

2.6.5. Pengujian Dielektrik

Tujuan pengujian :

- Mengetahui berapa besar arus bocor (I_c) yang terjadi pada penghantar akibat dari sambungan kabel

Dalam bahan penyekat yang ideal memiliki tahanan isolasi tak terhingga, sehingga tidak ada arus listrik yang mengalir melalui bahan tersebut. Tetapi pada kenyataannya bahan penyekat memiliki tahanan isolasi yang berhingga, sehingga pada bahan penyekat masih terdapat arus listrik yang mengalir yang disebut arus bocor. Besar arus bocor ini adalah :

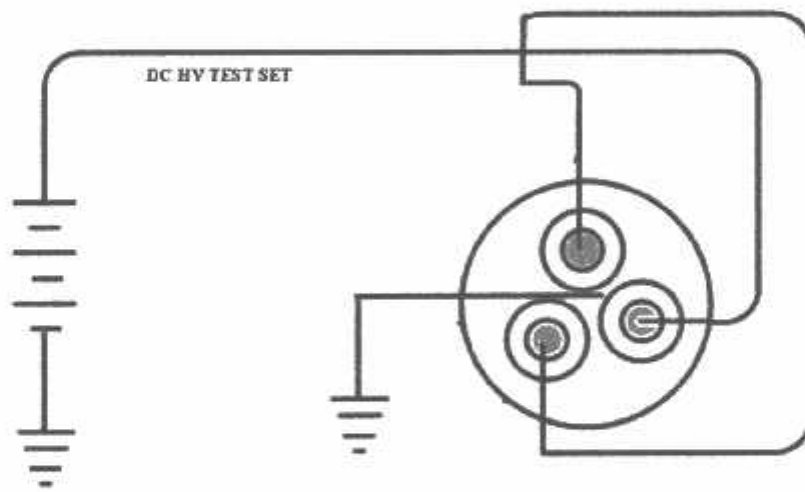
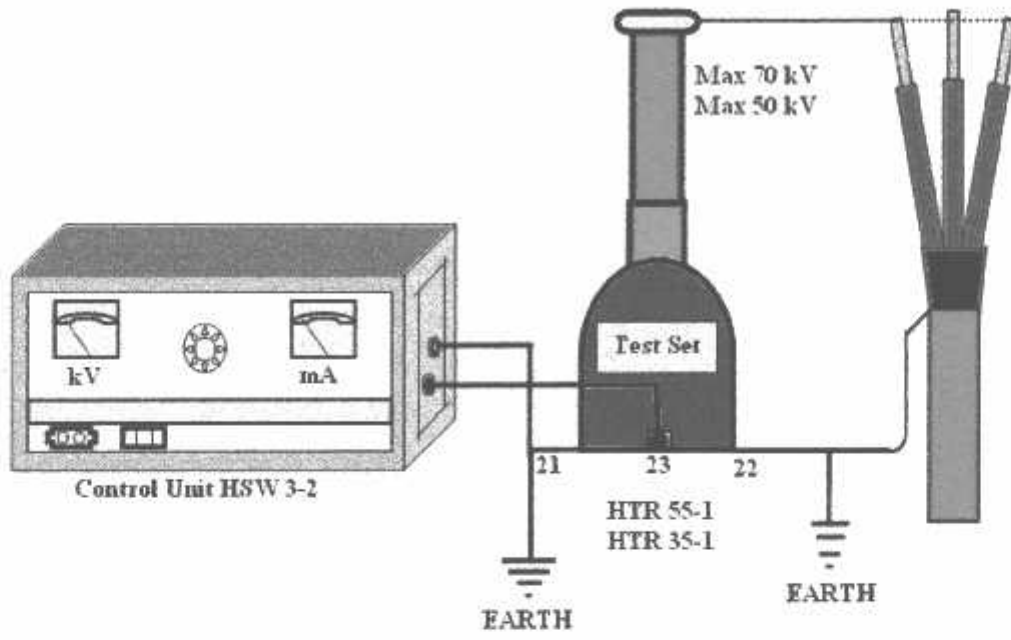
$$I_c = \frac{V}{R_i}$$

Dimana :

I_c = Arus bocor (Ampere)

V = Tegangan kerja (Volt)

R_i = Tahanan Isolasi (Ohm)



Gambar 2.7
Pengujian Dielektrik
Shop Inspectin of Medium Voltage

BAB III

PENYAMBUNGAN KABEL TANAH TEGANGAN MENENGAH 20 kV TIGA INTI (THREE CORE)

3.1. Pengertian Sambungan

Dalam pemasangan kabel tanah diperlukan penyambungan antara suatu penghantar dengan penghantar lainnya, hal ini disebabkan karena :

1. Keterbatasan kemampuan pabrik dalam memproduksi/panjang kabel dan dalam pengepakannya.
2. Terjadinya gangguan kabel.
3. Terjadinya Rehabilitasi misalnya pemasangan gardu-gardu sisipan.

Sehingga sambungan dapat diartikan sesuatu yang pasti akan dilakukan dalam suatu jaringan instalasi, karena disebabkan oleh ketiga faktor tersebut diatas.

Pada penyambungan kabel diharapkan hasil yang diperoleh sekurang-kurangnya seperti kabel yang tidak pernah putus, berarti kemampuan sambungan harus dapat dipertanggungjawabkan, baik kemampuan isolasi maupun kemampuan penghantar, termasuk dari segi ketahanan mekanisnya.

3.2. Persyaratan Penyambungan

Dalam penyambungan kabel tanah terutama pada tegangan menengah ke atas harus benar-benar diperhatikan, karena di dalam pelaksanaannya banyak sekali hal-hal yang kelihatan sepele atau gampang tetapi akan dapat berakibat fatal pada suatu jaringan instalasi.

Secara umum persyaratan penyambungan kabel tanah yang harus benar-benar diperhatikan adalah:

1. Penyambungan konduktor

Dalam penyambungan konduktor ini harus diperhatikan:

- Tidak menghasilkan tempat-tempat yang lebih panas dari pada sekitarnya
- Mempunyai ketahanan yang sama terhadap tegangan tarik yang diijinkan pada konduktor kabel

2. Penyambungan Isolasi

Dalam penyambungan isolasi ini diharapkan isoalsi yang digunakan adalah isolasi yang mempunyai karakteristik yang sama dengan karakteristik isolasi kabel dan yang harus diperhatikan dalam penyambungan isolasi adalah kebersihan.

3.3. Macam-macam Penyambungan Kabel Tanah TM 20 kV

Macam-macam penyambungan kabel tanah pada prinsipnya dibedakan menjadi tiga golongan.

1. Sambungan dua kabel dengan jenis isolasi sama.

Pada prinsipnya penyambungan dua kabel dengan jenis isolasi yang sama tidak memerlukan pencegahan khusus. Sambungan harus tahan terhadap penuaan dan juga harus tahan terhadap zat atau senyawa lain.

2. Sambungan dua kabel dari jenis isolasi yang berbeda

Misalnya kabel XLPE dengan kabel berisolasi kertas. Penyambungan ini kadang-kadang terpaksa harus dilakukan mengingat pertimbangan kondisi setempat.

3. Sambungan percabangan untuk golongan tegangan rendah.

3.4. Metode-Metode Penyambungan Kabel Tanah TM 20 kV

Metode penyambungan kabel tanah dapat dibedakan menjadi beberapa jenis, antara lain:

a. Metode Molding (resin tuang)

Kabel yang akan di sambung secara mekanik dihubungkan terlebih dahulu dalam kotak sambung. Kemudian dua cairan calon isolasi dimasukan ke dalam kotak sambung ini. Dua campuran ini setelah bercampur dalam kotak sambung akan mengeras menjadi isolasi.

b. Metode Premolded

Isolasi yang akan di pasang dalam kotak sambung telah di cetak terlebih dahulu. Kemudian penyambungan konduktor kabel dilakukan dalam kotak sambung dengan menuruti alur yang telah dibuat oleh isolasi tersebut.

c. Metode Heat Shrink (ciut panas)

Isolasi berupa bahan tipis dan fleksibel diselongsongkan pada kabel yang akan disambung. Selongsong isolasi ini kemudian dipanasi dan setelah selesai pemanasan akan menciut lalu mencengkeram konduktor kabel bersangkutan. Kemudian sambungan konduktor kabel ini diletakkan dalam kotak sambungan yang kedap air dan kotak sambung ini berfungsi juga sebagai pelindung mekanis.

d. Metode Slip-on

Konduktor kabel yang akan disambung dimasukan ke dalam bahan isolasi yang berlubang sesuai dengan ukuran konduktor kabel, melalui slip-on dimasukan secara "paksa" sehingga terjadi sambungan yang kedap air. Kotak sambung berfungsi melindungi air, merendam sambungan, dan melindungi sambungan ini terhadap tekanan mekanis.

3.5. Pelaksanaan Penyambungan

Ada beberapa faktor yang harus diperhatikan didalam pelaksanaan penyambungan antara lain:

- a. Melakukan pekerjaan penyambungan kabel sesuai dengan prosedur dan persyaratan yang telah ditetapkan
-

- b. Melaporkan setiap bentuk kelainan teknis dari material yang diperlukan bilamana tidak sesuai dengan spesifikasi barang-barang yang digunakan
- c. Mempersiapkan secara benar material/barang-barang yang diperlukan

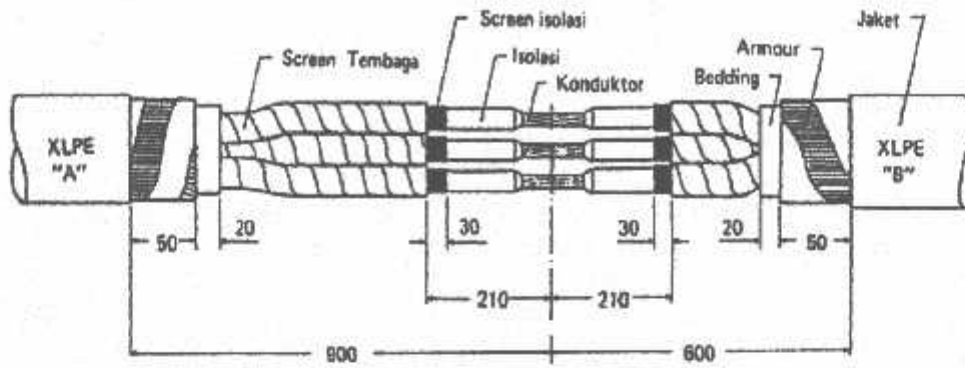
3.5.1. Metode Ciut Panas

A. Prosedur Penyambungan

1. Persiapan kabel

- Mengatur posisi kabel sehingga masing-masing ujungnya saling melewati
 - Membuat garis tanda pada titik tengah ujung kabel yang saling melewati dan potong pada garis tengah tersebut
 - Mengupas jaket kabel A sepanjang 900 mm di ukur dari ujung kabel
 - Mengupas jaket kabel B sepanjang 600 mm di ukur dari ujung kabel
 - Memotong armour kabel A dan kabel B pada jarak 20 mm dari ujung armour masing-masing kabel. Hati-hati jangan sampai melukai atau merusak screen tembaga lalu potong dan buang filler kabel
 - Memotong dan mengupas screen tembaga A dan B sepanjang 210 mm dari ujung masing-masing fasa kabel. Ujung potongan harus rata dan tidak tajam
 - Memotong dan mengupas screen isolasi kabel A dan B pada jarak 30 mm dari ujung screen tembaga. Ujung potongan harus rata dan dibersihkan isolasi kabel dengan cairan pembersih (TCE)
 - Mengupas isolasi kabel A dan B sepanjang setengah panjang konektor di tambah 5 mm diukur dari ujung masing-masing fasa kabel
 - Menempatkan selongsongan
-

Untuk lebih jelasnya persiapan kabel dapat dilihat pada gambar berikut:



Gambar 3.1. Persiapan Kabel

B. Bahan-Bahan Penyambungan Metode Ciut Panas

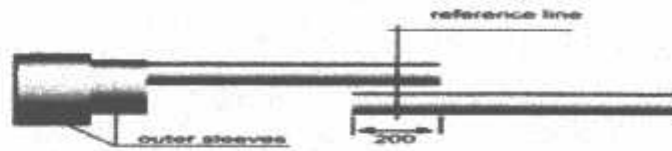
Adapun bahan-bahan yang dibutuhkan dalam penyambungan memakai metode ciut panas adalah sebagai berikut:

NO	MATERIAL / BAHAN	JUMLAH
1	konektor	3
2	pita mastic kuning pendek	6
3	minyak silicon	3
4	pita mastic kuning panjang	6
5	pita perekat (merah)	9
6	selongsong pengendali stress (hitam)	3
7	selongsong (merah)	3
8	selongsong isolasi	3
9	anyaman tembaga berbentuk pita	3
10	jarring tembaga	3
11	klem pengikat armour	2
12	pita kain katun	1
13	lapisan luar pelindung kabel (hitam)	1
14	rel penjepit	3
15	cairan pembersih (TCE)	1
16	Kain lap	-
17	anyaman tembaga berbentuk pita	3
18	amplas	2
19	kawat pengikat	3
20	timah solder	1
21	intruksi pemasangan	1

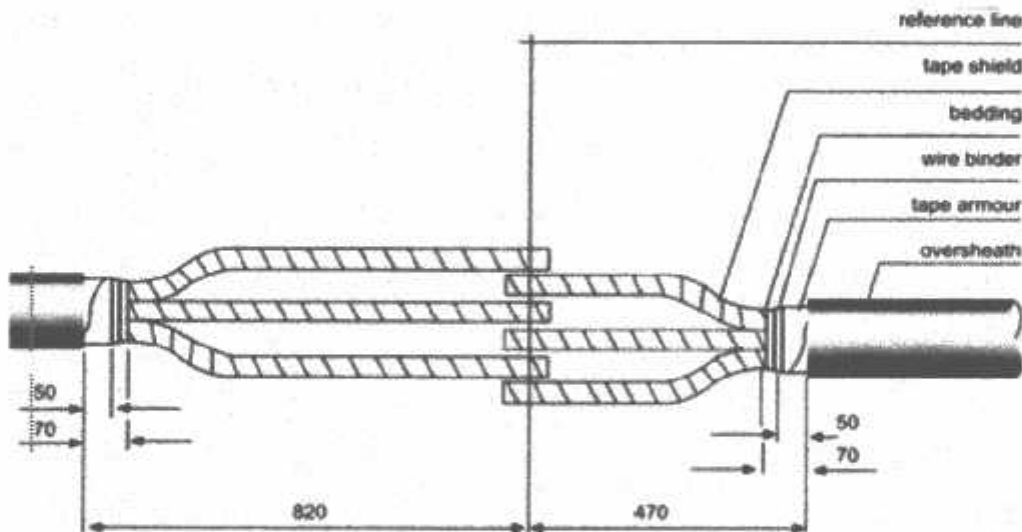
C. Langkah-Langkah Penyambungan Metode Ciut Panas

Dalam penyambungan kabel hal-hal yang tidak kalah pentingnya yang harus selalu diperhatikan adalah mengenai hal-hal sebagai berikut

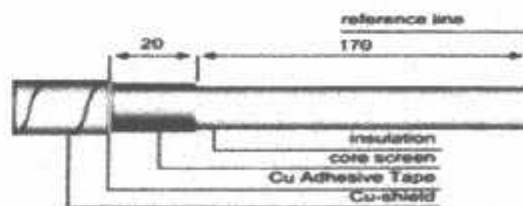
1. Aturlah kedua ujung kabel yang akan disambung hingga overlap kira-kira 200 mm seperti terlihat pada gambar.



2. Bukalah jaket luar kabel dengan luar Armour sesuai dengan ukuran pada gambar. Jangan melukai scree tembaga. Sesuai dengan ukuran pada gambar. Buka bedding sesuai dengan ukuran.



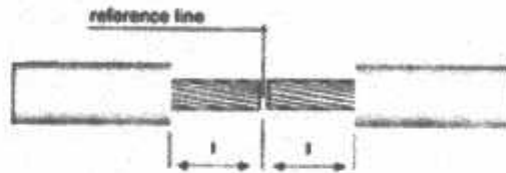
3. Gunakan pita tembaga berperekat untuk mengikat screen, kemudian buka screen tembaga. Kupaslah screen semicon kemudian bersihkan permukaan isolasi XLPE dari material conductive.



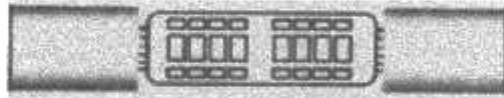
4. Masukkan selongsong pada tiap inti kabel



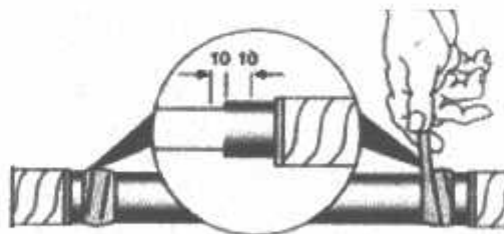
5. Kupaslah isolasi XLPE untuk semua inti kabel dengan ukuran $1 - \frac{1}{2}$ panjang konektor ± 5 mm.



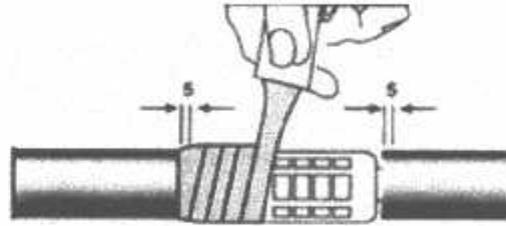
6. Pasanglah konektor pada kedua kabel untuk seluruh inti dan kemudian di kriping dengan menggunakan peralatan kriping yang sesuai. Hilangkan bagian-bagian yang tajam akibat pengkripingan dan kemudian bersihkan seluruh konektor dan isolasi XLPE dari kotoran.



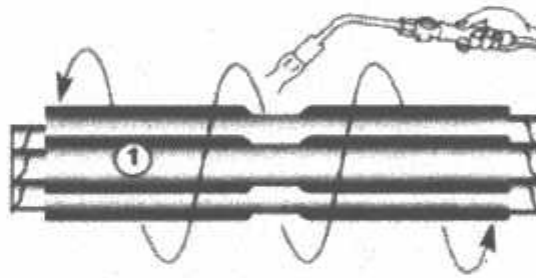
7. Lepaskan kertas pada mastik kuning pendek. Tempelkan mastik kuning tersebut pada salah satu ujung screen semicon, tariklah mastik kuning ini hingga menjadi $\frac{1}{2}$ dari lebar sebelumnya dan lilitkan hingga 4 – 5 lilitan. Lilitan mastik ini harus menutupi isolasi XLPE dan semicon masing-masing sepanjang 10 mm. Lakukan proses ini pada ujung screen semicon lainnya pada seluruh inti kabel.



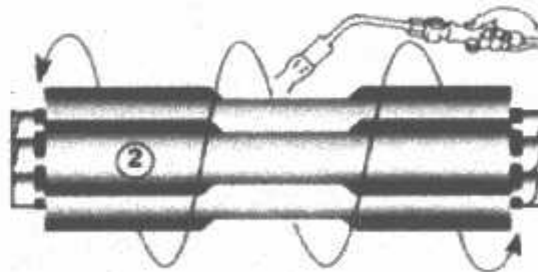
8. Lepaskan kertas pada mastik kuning panjang. Lalu lilitkan mastik ini, pertama mengisi celah antara konektor dengan isolasi XLPE kemudian menutupi seluruh permukaan konektor ditambah 5 mm kekanan dan kekiri. Lakukan proses ini untuk seluruh inti kabel. Oleskan minyak silicon pada permukaan isolasi XLPE dan mastik kuning.



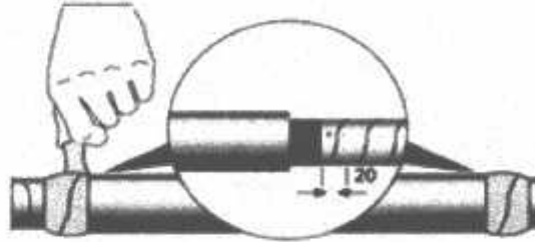
9. tempelkan seluruh selongsong pengendali stress (hitam) ditengah dan secara simetris menutupi sambungan pada setiap inti kabel kemudian lakukan penciutan mulai dari tengah dan bergerak ke ujung selongsongan.



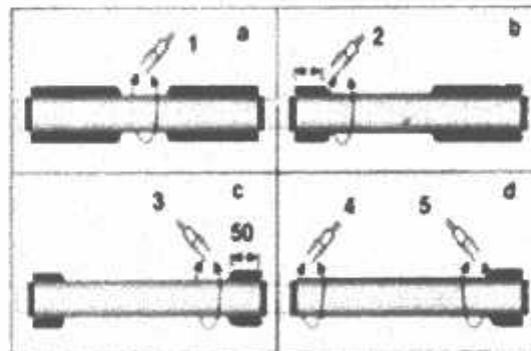
10. Tempatkan seluruh selongsongan isolasi merah di tengah dan menutupi selongsong hitam yang terpasang sebelumnya. Mulailah penciutan dan pastikan seluruh selongsongan telah benar-benar menciut dan tak ada bagian yang mengkerut.



11. Lilitkan pita mastik merah pada ujung selongsongan isolasi merah dan menutupi 20 mm di atas inti kabel. Usahakan agar lilitan pita mastik merah mempunyai diameter yang sama dengan diameter selongsongan isolasi merah yang telah terpasang.



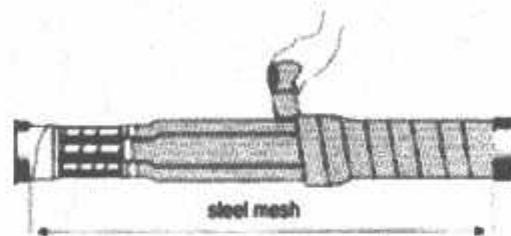
12. Tempatkan seluruh selongsongan isolasi merah-hitam secara simetris, menutupi selongsongan merah yang terpasang sebelumnya.
- Ciutkan selongsong ini dimulai dari tengah (1)
 - Periksalah apakah selongsong telah benar-benar menciut dengan arah memutar ujung selongsong. Pada tahap ini selongsong tidak boleh berubah posisinya.
 - Lanjutkan penciutan pada salah satu sisi selongsong (2) dan hentikan kira-kira 50 mm dari ujung selongsong. Lakukan penciutan pada bagian sisi lainnya (3).
 - Ciutkan salah satu ujung selongsong (4) dan kemudian ujung selongsong (5). Pastikan bahwa penciutan seluruh selongsong telah benar-benar sempurna, tanpa meninggalkan kerutan ataupun rongga udara.



13. Lilitkan jaring tembaga pada masing-masing inti kabel. Overlap 20 mm pada ujung screen tembaga, letakkan copper braid pada kedua ujung screen tembaga dan ikat dengan roll spring kecil.



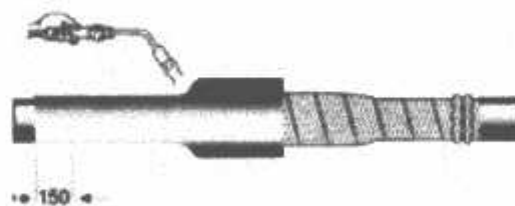
14. Lilitkan steel mesh pada seluruh inti kabel. Overlap 50 % lilitan harus mengenai kedua ujung armour.



15. Ikatlah kedua ujung steel mesh pada armour dengan menggunakan roll spring besar dan lilitkan cotton tape pada steel mesh seperlunya.



16. Lepaskan kertas pada selongsong dan letakkan selongsong luar yang pertama overlap 150 mm dengan jaket kabel kemudian panaskan selongsong luar tersebut.



17. Lepaskan kertas pada selongsong luar kedua dan letakkan selongsong luar kedua overlap 150 mm dengan jaket kabel.



18. Pekerjaan penyambungan telah selesai. Biarkan sambungan untuk beberapa waktu hingga dingin sebelum dapat digerakkan.



D. Analisa

Pada penyambungan ini sangat dimungkinkan akan terjadinya kavitasi (gelembung udara) sehingga nantinya dapat memicu terjadinya partial discharge yaitu pelepasan muatan akibat ionisasi local pada rongga udara tersebut. Pelepasan muatan tersebut terjadi karena intensitas medan listrik local mempunyai kekuatan dielektrik lebih besar dari pada bahan dielektrik yang bersangkutan. Terjadinya partial discharge ini sering kali di sertai adanya emisi cahaya, panas dan suara.

Gejala partial discharge terjadi terutama akibat adanya gelembung udara pada kotak sambung. Timbulnya gelembung udara pada kotak sambung dipengaruhi oleh beberapa faktor antara lain

- a. Kecerobohan penyiapan kabel yang akan disambung

Pengerjaan persiapan kabel menuntut ketelitian dan kehati-hatian, sehingga diperoleh hasil yang sempurna misalnya pada waktu pembuatan pensiling. Karena pengerjaan pensiling tool dengan pisau apabila kurang berhati-hati akan mengakibatkan luka pada permukaan penghantar atau hasil akhir pensiling tidak sempurna atau adanya kerusakan isolasi.

- b. Kebersihan pelaksanaan dan lingkungan

tertinggalnya debu atau partikel-partikel asing lain dipermukaan isolasi, sebagai akibat pelaksanaan penyambungan yang peka terhadap kesempurnaan pekerjaan. Oleh sebab itu supplier kotak sambung senantiasa dilengkapi dengan ethanol sebagai pembersih isolasi dan penghantar.

c. Pelaksaaan Instalasi yang kurang sempurna

Keadaan ini terjadi misalnya pada saat pemasangan lapisan polimer yang tidak sempurna sehingga mengakibatkan adanya udara pada lapisan isolasi.

d. Waktu pendinginan hasil instalasi yang belum memadai

Pembebanan kotak sambungan yang terlalu cepat setelah selesai pemasangan akan mengakibatkan terjadinya permukaan yang tidak sempurna akibat pemanasan dari penghantar. Minimal waktu yang diperlukan untuk pendinginan adalah dua jam setelah seluruh instalasi penyambungan selesai baru dapat dipergunakan.

e. Pelaksanaan penciuatan yang kurang sempurna/merata

Pada penghantar yang diberi selongsong yang kemudian diciutkan kurang sempurna baik dalam pemasangan maupun pada pelaksanaan yang kurang maksimal dalam mengikuti aturan yang telah ditetapkan.

3.5.2. Metode Resin Tuang

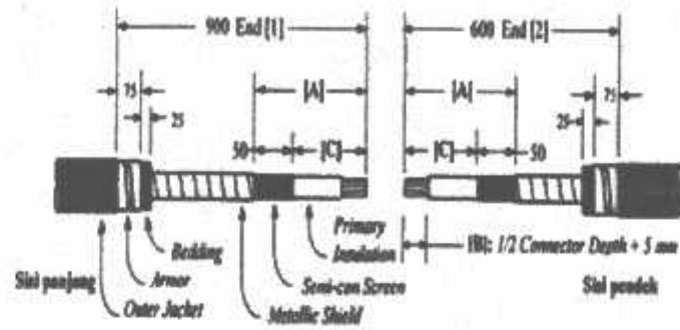
A. Prosedur Penyambungan Metode Resin Tuang

Pada penyambungan dengan memakai metode resin tuang, prosedurnya hampir sama dengan penyambungan dengan memakai metode ciut panas. Adapun prosedur dari metode resin tuang sebagai berikut:

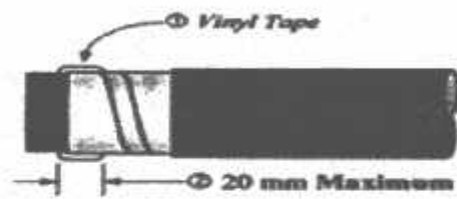
❖ Persiapan Kabel XLPE

1. Posisikan kabel untuk penyambungan. Bersihkan ujung jaket kabel sepanjang 1 meter untuk menghilangkan semua kotoran, minyak dan debu dari permukaan kabel.
-

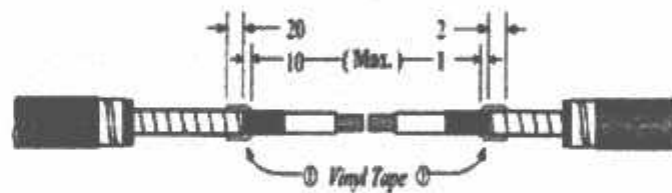
2. Persiapan kabel sesuai dengan dimensi pada gambar



3. Lapisan ujung armour dengan 4 lapis Vinyl tape



4. Lindungi ujung tajam dari metalik shielding dengan 2 lapis vinyl tape.
Dimulai dari 20 mm diatas lapisan metalik kabel, kearah semi konduktor sepanjang 10 mm dan kembali kelapisan metalik kabel



B. Bahan-Bahan Penyambungan Metode Resin Tuang.

Adapun bahan atau material yang dipergunakan dalam penyambungan dengan memakai metode resin tuang adalah sebagai berikut:

NO	MATERIAL / BAHAN	JUMLAH
1	Connector stress gerade pad	3
2	Vinyl mastic connector seal pad	3
3	Cold shrink splice assembly	3
4	Copper screen sleeve	3
5	Steel wire blanket armoring	1
6	Clamp	4
7	Heat shrink re jacketing sleeve	1
8	Tape strip, scotch no 13 (roll for certain kits)	16
9	Silicon grease packet (5 cc)	6
10	Constant force spring	6
11	Mastic seal strip	3
12	Roll mastic seal tape	1
13	Roll vinyl tape	1
14	CC2 Cable prepatation kit	1
15	Instruction sheet	1
16	Foam core sealing insert	2
17	Roll 2229 scotch seal mastic	1
18	Plastic spacer web	2
19	Roll scotch 1700C vinyl tape orange	2
20	Plastic resin containing sheet	2
21	Roll clear elastic wrap	2
22	Bag scotchcast resin 4 size C	4

C. Langkah-langkah Penyambungan Metode Resin Tuang

Dalam penyambungan kabel tanah khususnya pada penyambungan tegangan menengah 20 kv, hal-hal yang tidak kalah pentingnya yang harus diperhatikan adalah mengenai cara-cara atau langkah-langkah penyambungan yang harus dilakukan.

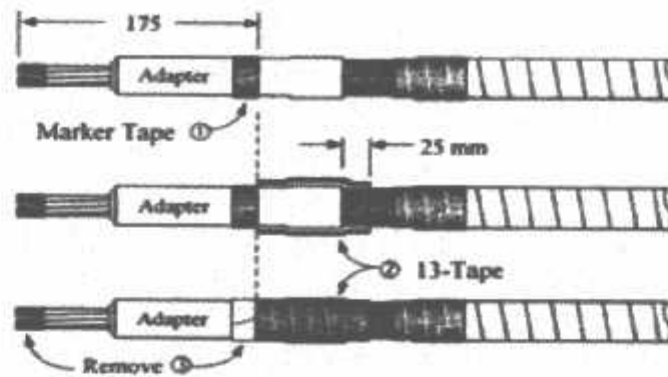
Berikut langkah-langkah penyambungan kabel tanah dengan memakai metode resin tuang adalah sebagai berikut:

1. Pemasangan dengan Adapters

- a). Ujung isolasi kabel dibuat sedikit kerucut gbr. (1)
- b). Berikan 2 atau 3 lapis vinyl tape pada ujung konduktor kabel gbr. (2)
- c). Berikan silicon grease sepanjang permukaan isolasi kabel yang terbuka gbr. (3)
- d). Dengan cara memutar, posisikan adpter tube pada isolasi kabel . Usahakan ujung adapter berada di atas lapisan semi-conduktive
- e). Posisi ujung adapter tube yang lain gbr. (4)

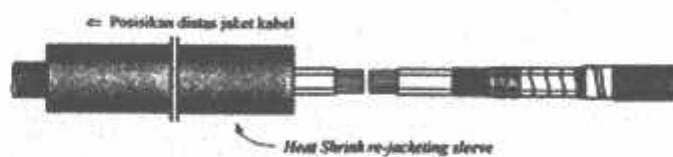


- f). Buat tanda dengan vinyl tape pada adapter tube dengan ukuran 175 mm dari ujung konduktor gbr. (1)
- g). Belitkan Scotch 13 semi konduktive tape 25 mm dari ujung adapter sampai keujung marker tape dan kembali keposisi awal gbr. (2). Berikan 2 lapis dengan overlapping lalu buang marker tape seperti gbr. (3)

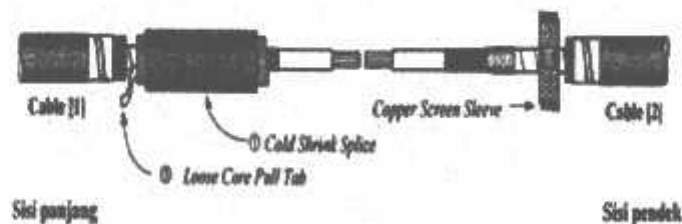


2. Pemasangan tabung cold shrink

- a) Posisikan tabung Heat Shrink Re-jacketing Sleeve diatas ujung kabel yang dikehendaki

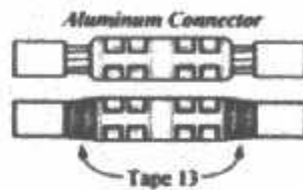


- b) Bersihkan isolasi kabel utama. Cairan pembersih jangan sampai mengenai lapisan semi-konduktif kabel, jika isolasi kabel harus diampelas untuk membersihkan dan menghilangkan partikel semi-konduktif gunakan ampelas khusus non-konduktif aluminium oxida.
- c) Posisikan satu splice body dan satu copper screen sleeve pada masing-masing phasa kabel (core) gambar 1 dan 2. Letakkan splice body pada sisi dengan potongan kabel yang lebih panjang . Ujung kawat spiral dari cold shrink harus menghadap ke jaket kabel gambar. 3



- d) Pastikan re-jacketing sleeve assemblies and copper screen sleeves sudah pada posisi yang tepat pada kabel, sebelum melanjutkan kelangkah berikutnya.

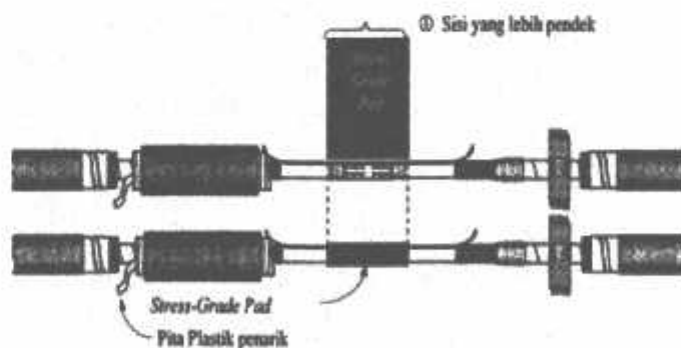
- e) Isi celah antara konektor dan isolasi kabel dengan menggunakan tape 13. Buang liner berwarna putih dan belitkan tape 13 untuk mengisi celah, lanjutkan membelit sampai membentuk tirus antara ujung konektor dan isolasi kabel.



- f) Ambil satu mastic seal strip dari kit setelah melepaskan liner berwarna putih, tarik mastic strip sampai melewati konektor yang telah di-crimping dan isolasi kabel pada ke 2 sisi. Letakkan mastic strip pada tengah isolasi kabel dan tekan.

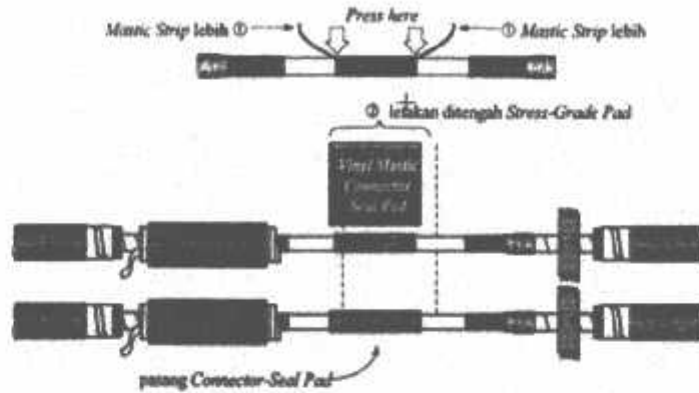


- g) Setelah membuang plastik liner warna putih, letakkan ditengah sisi yang lebih panjang dari stress-grade pad diatas konektor. Sejajarkan ujung stress grade pad dengan mastic strip yang telah dipasang dan tekan. Dengan tekanan yang sedang lalu belitka stress-grade pad berlawanan arah jarum jam mengelilingi konektor.

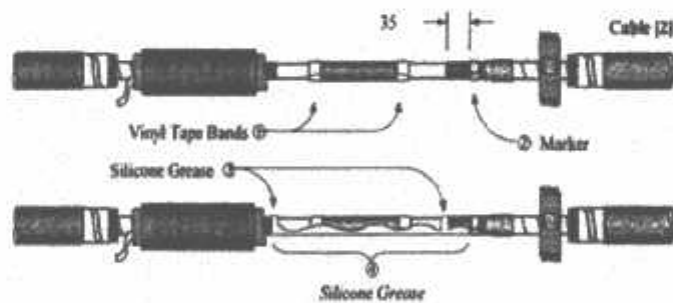


- h) Buang bagian sisa mastic yang melewati ujung dari stress grade pad

- i) Ambil vinyl mastic connector seal pad dari kit, letakkan di tengah ujung panjang connector seal pad di atas stress grade pad yang telah terpasang gambar 2 dengan tekanana yang sedang, belitkan connector seal pad berlawanan arah jarum jam mengelilingi stress grade pad.



- j) Belitkan satu lapis vinyl tape diatas ujung mastic seal pad gambar 1
- k) Pasang tanda/marker dengan vinyl tape 35 mm dari lapisan semi konduktor kabel [2]
- l) Isi bagian yang tidak rata pada semi konduktor dengan silicone grease gambar 3. Berikan silicone grease pada isolasi kabel dan connector seal pad



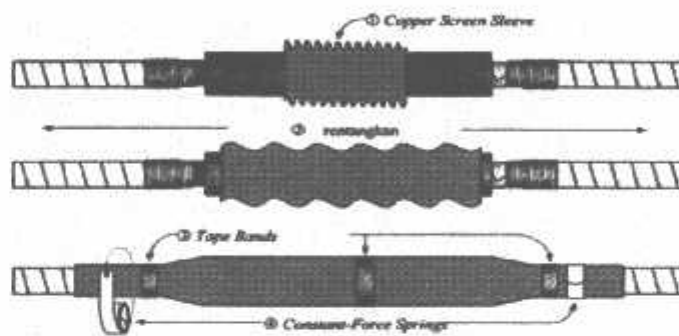
- m) Posisikan body cold shrink diatas konektor lalu pasang dengan menarik pita plastik putih sambil memutar berlawanan arah jarum jam mengelilingi kabel phasa.



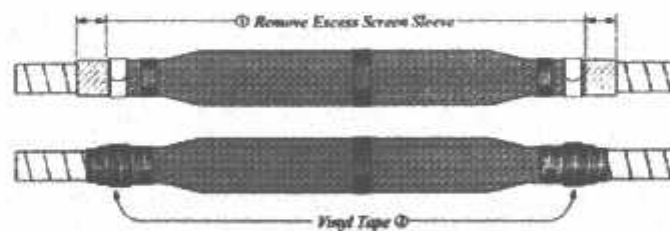
- n) Periksa dan pastikan apakah bodi cold shrink sudah tepat pada ujung marker tape. Ubah posisi jika diperlukan.

3. Pemasangan Copper Screen Sleeve

- a) Memasang copper screen sleeve pada posisi di tengah sambungan. Rentangkan hingga menyentuh shielding/pita tembaga kabel gambar 1 dan 2. lalu tempatkan vinyl tape untuk mengencangkan posisi copper screen sleeve pada gambar 3. Hubungkan sleeve dengan lapisan metalik kabel memakai constant force spring gambar 4.

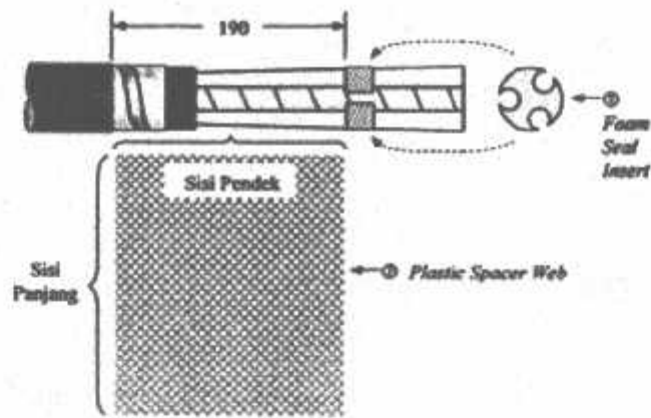


- b) Potong kelebihan dari copper screen sleeve material yang melewati constant force springs. Dan tutupi constant force spring dan ujung copper screen sleeve dengan vinyl tape. Tutupi constant force spring dan ujung copper screen sleeve dengan vinyl tape.

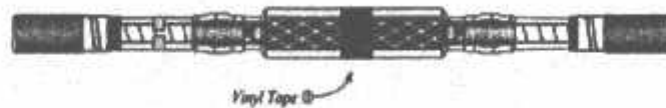


4. Pemasangan Water Block

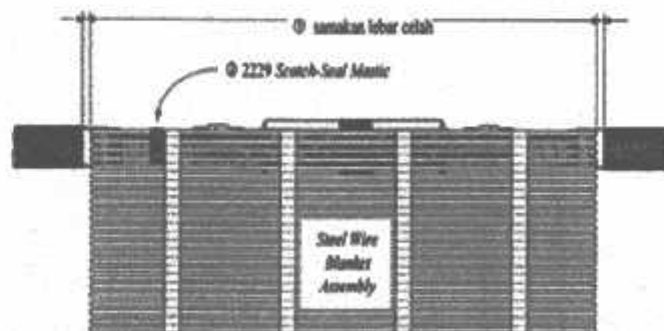
- a) Tempatkan foam seal insert diantara fasa kabel pada jarak 190 mm dari ujung jaket kabel. Dan pastikan untuk sisi pendek plastik spacer web menutupi seluruh bagian antara ujung jaket kabel hingga foam seal insert terposisikan dengan tepat.



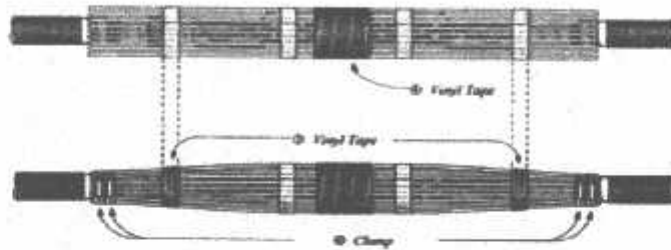
- b) Gabungkan ketiga fasa kabel dengan vinyl tape dibagian tengah sambungan



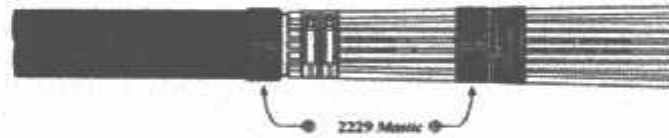
- c) Belitkan satu lapis 229 scotch seal mastic dengan sedikit tarikan dan lepaskan liner putih dari mastik sewaktu membelitkan. Lapisan mastic akan menumpuk kira-kira 15 mm dan maksimum 25 mm.
- d) Bungkus kabel dengan steel wire blanket assembly samakan celah antara jaket kabel dan steel wire blanket pada kedua sisi gambar 1, lalu potong 2229 scotch seal mastic sepanjang 150 mm lepaskan linernya dan tempatkan pada sisi tepi steel wire blanket seperti pada gambar 2.
- e) Gulung steel wire blanket menutupi seluruh sambungan kabel, sisi luar steel wire blanket ini tidak boleh melewati potongan mastic yang telah ditempatkan sebelumnya. Tambahkan potongan mastic bila perlu, belitkan vinyl tape pada tengah-tengah sambungan.



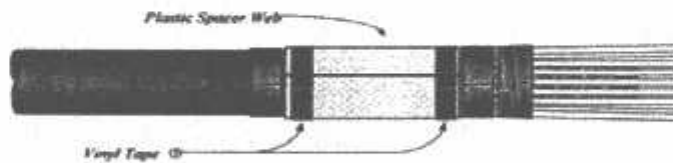
- f) belitkan vinyl tape pada tengah-tengah sambungan gambar 4. dan belitkan vinyl tape di kedua sisi untuk membentuk steel wire blanket dan jangan menutupi potongan mastic dengan vinyl tape pada gambar 5 kemudian pasang clamp pada kedua ujung steel wire blanket dan harus berada tepat di atas armour gambar 6.



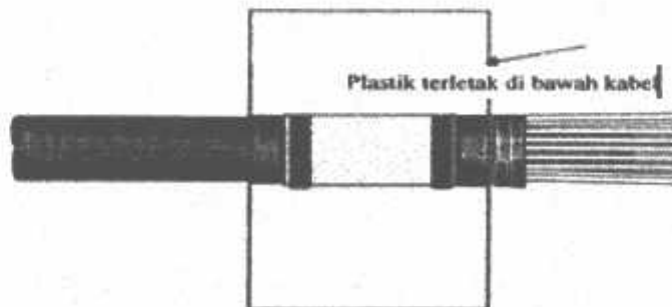
- g) Belitkan satu lapis 2229 scotch seal mastic diatas steel wire blanket dan lapisan mastic sbelumnya lalu belitkan pula satu lapis mastic di tepi ujung jaket kabel. Mastic harus bertumpuk sepanjang 15 mm.



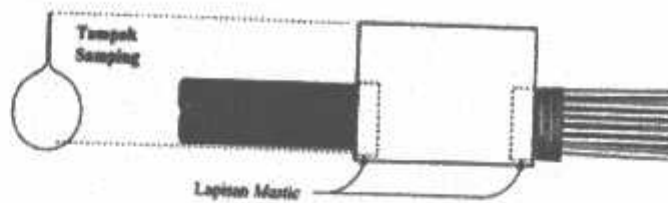
- h) Posisikan plastik spacer web di atas steel wire blanket dan di antara dua lilitan mastic. Bungkus spacer web dan tahan dengan menggunakan vinyl tape



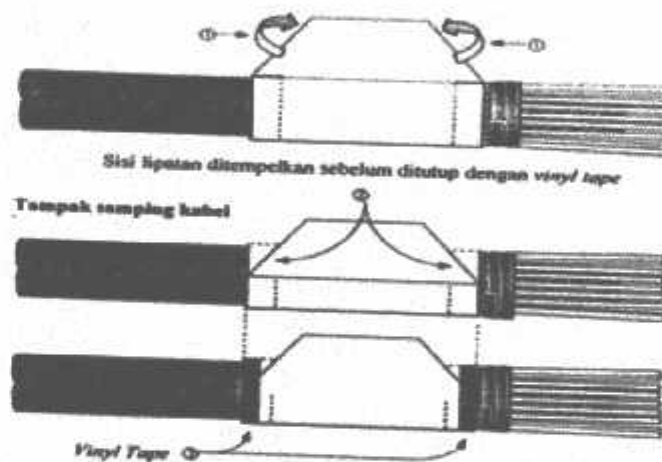
- i) Tempatkan plastik resin containing sheet ditengah-tengah



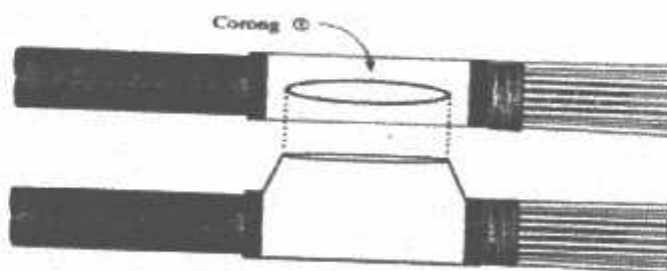
- j) Bungkus bagian kabel dan pertemuan kedua tepi plastik resin containing sheet kemudian tekan lapisan tersebut kelapisan mastic pada saat pembungkusan



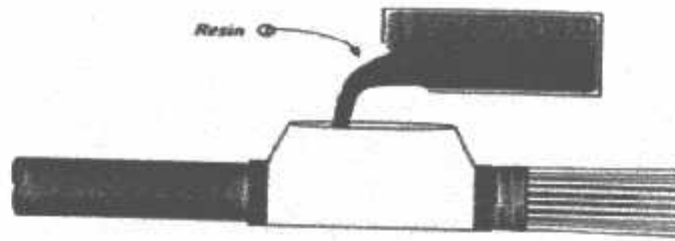
- k) Lipat sisi plastic resin containing sheet dan tempatkan sisi lipatan pada tumpukan lapisan mastic kemudian belitkan bagian tepi tersebut dengan empat lapis vinyl tape yang di tarik dengan kuat.



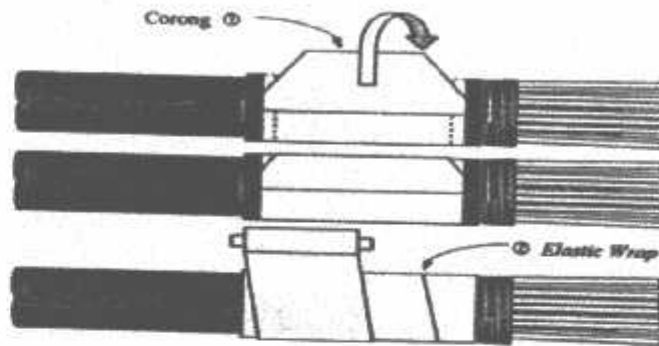
- l) Posisikan tepi plastik resin containing sheet menghadap keatas. Buakan ini akan berfungsi sebagai corong untuk menuang resin.



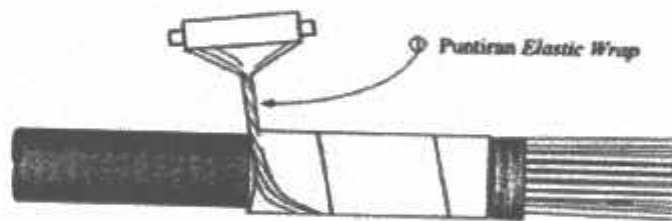
- m) Setelah pencampuran resin, tuangkan resin ke dalam cetakan water blocking sheet. Selama penuangan tekan sedikit demi sedikit kantung tersebut untuk mengeluarkan gelembung udara yang mungkin terperangkap.



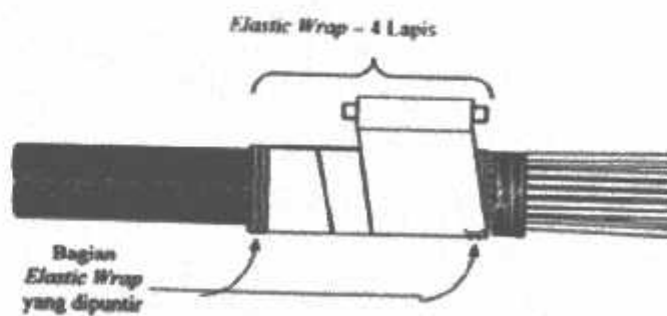
- n) Belitkan corong plastik containing sheet setelah resin seluruhnya dituangkan dan tutup resin containing sheet dengan dua lapis clear elastic wrap.



- o) Puntir roll elastic wrap sehingga membentuk seperti tali kemudian belitkan dua kali bagian tali ini di atas daerah mastic dan buka kembali puntiran tali lalu belitkan elastic wrap ini kesisi yang lain. Ulangi kembali langkah memuntir untuk menutup daerah mastic di sisi ini.

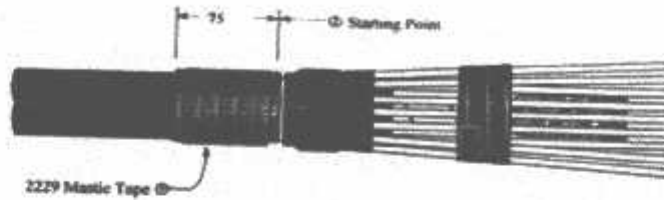


- p) Dengan menggunakan tarikan yang kuat, tutup seluruh bagian ini dengan 4 lapis elastic wrap.

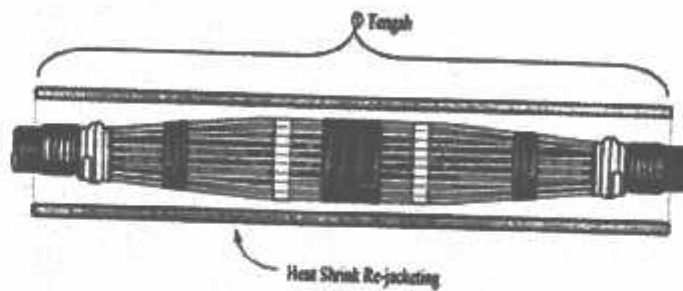


5. Pemasangan Jaket Sambungan

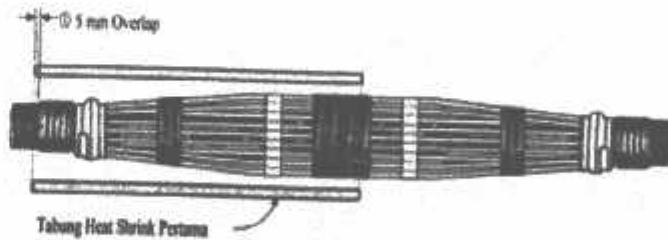
- a) Dengan sedikit tarikan belitkan satu lapis scotch seal 2229 mastic tape diatas jaket pada kabel kedua sisi dan mulai pembelitan mastic tape pada ujung jaket kabel dengan panjang 75 mm menjauhi sambungan kabel.



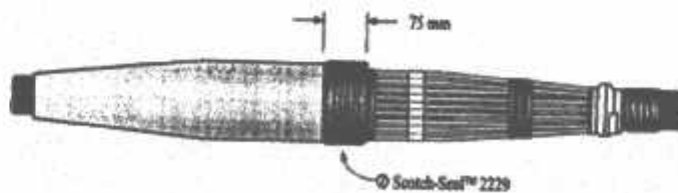
- b) Tempatkan heat shrink re jacketing sleeve di tengah-tengah sambungan kabel dan ciutkan menggunakan pemanas.



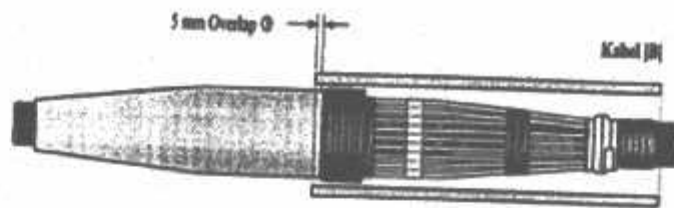
- c) Untuk posisi terbatas, potong heat shrink sleeve menjadi dua dan posisikan heat shrink sleeve pertama menumpuk pada mastic seal tape sekitar 5 mm kemudian ciutkan menggunakan pemanas.



- d) Belitkan satu lapis scotch seal 2229 mastic tape pada sisi ujung heat shrink sleeve di tengah-tengah sambungan sepanjang 75 mm



- e) Posisikan heat shrink sleeve kedua dan menumpuk di atas lapisan mastic lalu ciutkan heat shrink sleeve dengan menggunakan pemanas.



- f) Diamkan beberapa saat agar tabung heat shrink tersebut mendingin sebelum ditanam kembali.

D. Analisa

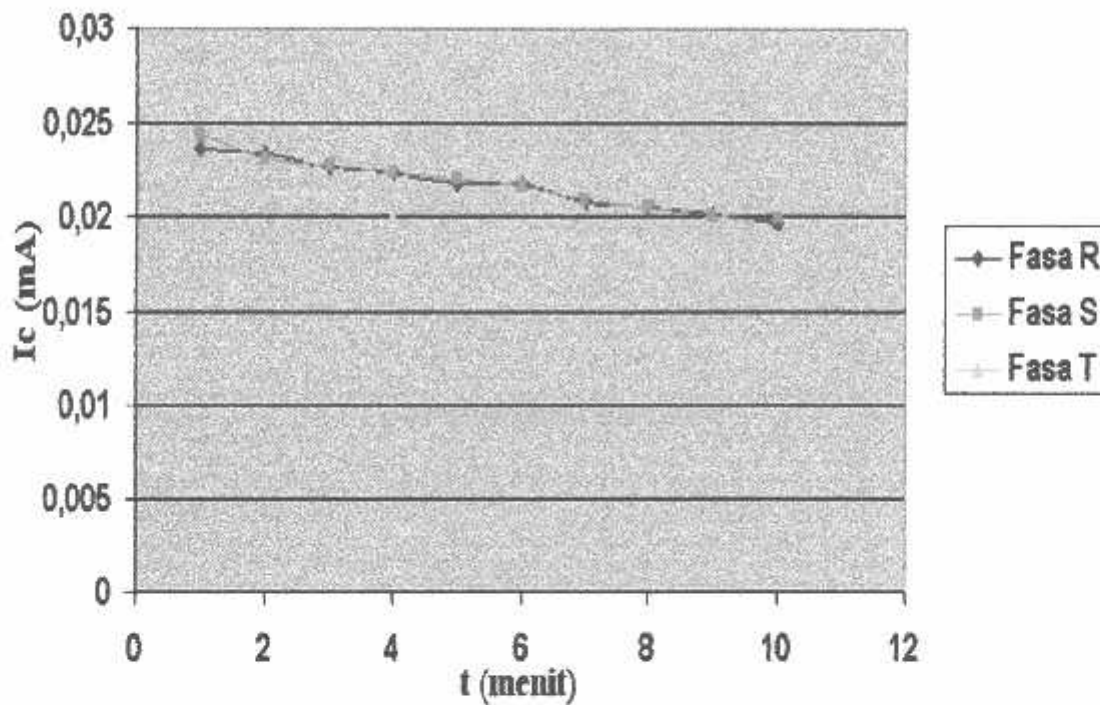
Pada penyambungan kabel tanah TM 20 kV dengan memakai metode resin tuang seperti halnya dengan metode ciut panas yaitu dimungkinkan adanya suatu kavitasi (gelembung udara), adanya kavitasi tersebut maka akan dapat menimbulkan terjadinya partial discharge pada sambungan yaitu pelepasan muata akibat ionisasi local. Hal ini dikarenakan pada pemasangan bahan-bahan yang ada masih kurang praktis dan terutama pada saat percampuran resin dengan bahan lain, jika kurang diperhatikan akan dapat berakibat patal pada sambungan, karena bahan resin tersebut nantinya akan berfungsi sekaligus sebagai isolasi dan pemisah antara fasa kabel. Pada saat penuangan resin ke kotak sambung juga dibutuhkan ketelitian yang tinggi bagi pihak penyambung kabel.

Adapun hal-hal yang dapat menyebabkan terjadinya suatu kavitasi (gelembung udara) pada penyambungan dengan memakai metode resin tuang adalah sebagai berikut:

- a. Saat pencampuran resin yang kurang sempurna

Pada saat resin di campur dengan bahan lain masih kurang sempurna misalnya dalam hal dalam takaran atau jumlah. Sehingga nantinya dapat berakibat bahan resin tersebut tidak dapat berfungsi seperti yang diharapkan

Dari data hasil pengujian arus bocor di atas dapat di buat dalam suatu grafik sebagai berikut :



Gambar 4.1. Grafik Arus Bocor (I_c) Metode Ciut Panas

4.1.2. Analisa

Pada pengujian dielektrik dari sambungan kabel dengan metode ciut panas, dari data terlihat bahwa untuk arus bocor (I_c) masih terjadi walaupun kecil. Dari data hasil pengujian arus bocor (I_c) diatas terlihat pada grafik bahwa pertemuan antara garis dalam grafik hanya terjadi pada fasa R dan T yaitu pada harga $I_c = 0.0224$ pada saat $t = 4$ menit. Terjadinya arus bocor pada fasa T cenderung lebih kecil dibandingkan dari fasa R dan S. Adanya perbedaan nilai dari pengukuran antara fasa pada kabel yang walaupun kecil, hal ini disebabkan oleh kemampuan dari suatu bahan yang digunakan dan tidak lepas juga dari keterbatasan kemampuan manusia di dalam penyambungan kabel. Untuk menyamakan pemasangan tersebut sangat sulit, sehingga dengan adanya perbedaan pemasangan antara kabel maka arus bocor yang ditimbulkan pada masing-masing fasa akan berbeda pula.

Dari data arus bocor diatas maka dapat dicari besarnya tahanan isolasi pada penghantar yang disambung dengan metode ciut panas. Dalam hal ini mengambil contoh pada salah satu fasa yaitu pada fasa R.

Pada saat $t = 1$ menit

$$I_c = 0.02360 \text{ mA}$$

$$R_i = \frac{V(kV)}{I_c(mA)}$$

$$R_i = \frac{57.5}{0.02360}$$

$$R_i = 2436,440678 \text{ M}\Omega$$

Pada saat $t = 2$ menit

$$I_c = 0.02340 \text{ mA}$$

$$R_i = \frac{V(kV)}{I_c(mA)}$$

$$R_i = \frac{57.5}{0.0234}$$

$$R_i = 2457,264957 \text{ M}\Omega$$

Pada saat $t = 3$ menit

$$I_c = 0.0227 \text{ mA}$$

$$R_i = \frac{V(kV)}{I_c(mA)}$$

$$R_i = \frac{57.5}{0.0227}$$

$$R_i = 2533,039648 \text{ M}\Omega$$

Pada saat $t = 4$ menit

$$I_c = 0.0224 \text{ mA}$$

$$R_i = \frac{V(kV)}{I_c(mA)}$$

$$R_i = \frac{57.5}{0.0224}$$

$$R_i = 2566,964286 \text{ M}\Omega$$

Pada saat $t = 5$ menit, 6 menit

$$I_c = 0.0218 \text{ mA}$$

$$R_i = \frac{V(kV)}{I_c(mA)}$$

$$R_i = \frac{57.5}{0.0218}$$

$$R_i = 2637,614679 \text{ M}\Omega$$

Pada saat $t = 7$ menit

$$I_c = 0.0208 \text{ mA}$$

$$R_i = \frac{V(kV)}{I_c(mA)}$$

$$R_i = \frac{57.5}{0.0208}$$

$$R_i = 2764,423077 \text{ M}\Omega$$

Pada saat $t = 8$ menit

$$I_c = 0.02054 \text{ mA}$$

$$R_i = \frac{V(kV)}{I_c(mA)}$$

$$R_i = \frac{57.5}{0.02054}$$

$$R_i = 2799,415774 \text{ M}\Omega$$

Pada saat $t = 9$ menit

$$I_c = 0.02014 \text{ mA}$$

$$R_i = \frac{V(kV)}{I_c(mA)}$$

$$R_i = \frac{57.5}{0.02014}$$

$$R_i = 2855,014896 \text{ M}\Omega$$

Pada saat $t = 10$ menit

$$I_c = 0.01966 \text{ mA}$$

$$R_i = \frac{V(kV)}{I_c(mA)}$$

$$R_i = \frac{57.5}{0.01966}$$

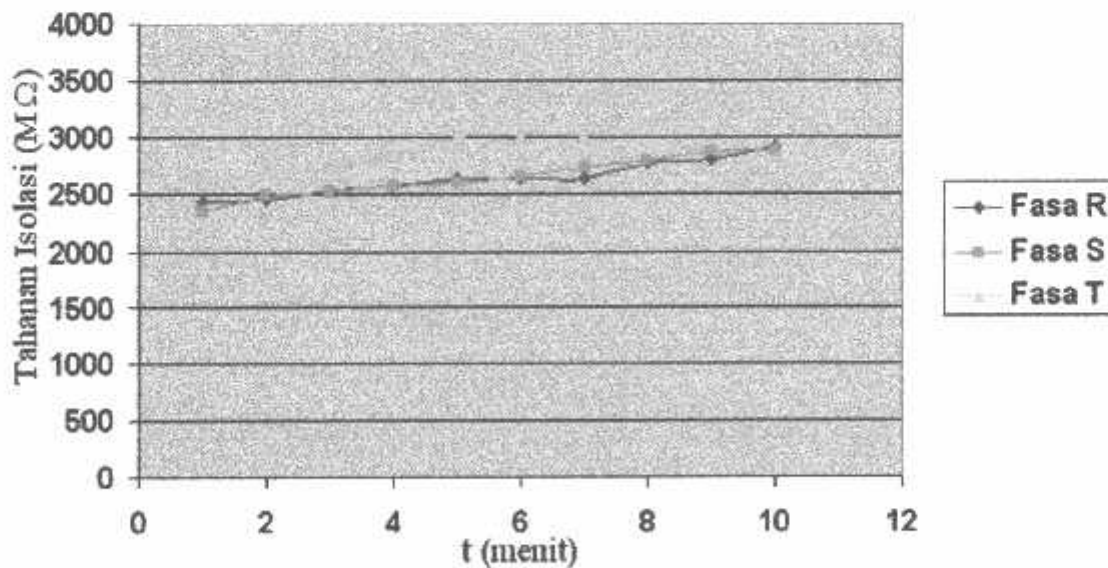
$$R_i = 2924,720244 \text{ M}\Omega$$

Dari perhitungan diatas maka didapat nilai tahanan isolasi pada fasa R, begitu pula pada fasa S dan Fasa T. Dan dapat pula dibuat dalam suatu tabel dan grafik sebagai berikut :

Tabel 4.2. Data Hasil Perhitungan Tahanan Isolasi Metode Ciut Panas

Tegangan Uji	t (Detik)	Tahanan Isolasi (Ri)		
		Fasa R (M Ω)	Fasa S (M Ω)	Fasa T (M Ω)
57,5 kV/DC	60	2436,440678	2356,557377	2601,809955
57,5 kV/DC	120	2457,264957	2487,024221	2694,470478
57,5 kV/DC	180	2533,039648	2521,929825	2738,095238
57,5 kV/DC	240	2566,964286	2566,964286	2860,696517
57,5 kV/DC	300	2637,614679	2613,636364	3010,471204
57,5 kV/DC	360	2637,614679	2662,037037	3026,315789
57,5 kV/DC	420	2764,423077	2745,940783	3032,700422
57,5 kV/DC	480	2799,415774	2793,974733	3114,842904
57,5 kV/DC	540	2855,014896	2877,877878	3374,413146
57,5 kV/DC	600	2924,720244	2892,354125	3390,330189

Berdasarkan hasil tabel diatas maka dapat diperoleh grafik sebagai berikut :



Gambar 4.2. Grafik Tahanan Isolasi (Ri) Metode Ciut Panas

Dari grafik diatas terlihat bahwa semakin besar arus bocor yang ditimbulkan maka tahanan isolasi semakin kecil atau dapat dikatakan I_c berbanding terbalik dengan R_i dengan V tetap.

Dengan adanya hasil pengujian dan hasil perhitungan yaitu arus bocor dan tahanan isolasi maka didapat rugi-rugi daya pada penghantar akibat sambungan dengan metode ciut panas dalam hal ini perhitungan mengambil data pada fasa R.

Pada saat $t = 1$ menit

$$P = I_c^2 \times R_i$$

$$I_c = 0.02360 \text{ mA}$$

$$R_i = 2436,440678 \text{ M}\Omega$$

$$P = (0.02360)^2 \times (2436,440678)$$

$$P = 1.357 \text{ VA}$$

Pada saat $t = 2$ menit

$$P = I_c^2 \times R_i$$

$$I_c = 0.0234 \text{ mA}$$

$$R_i = 2457,264957 \text{ M}\Omega$$

$$P = (0.0234)^2 \times (2457,264957)$$

$$P = 1.3455 \text{ VA}$$

Pada saat $t = 3$ menit

$$P = I_c^2 \times R_i$$

$$I_c = 0.0227 \text{ mA}$$

$$R_i = 2533,039648 \text{ M}\Omega$$

$$P = (0.0227)^2 \times (2533,039648)$$

$$P = 1.30525 \text{ VA}$$

Pada saat $t = 4$ menit

$$P = I_c^2 \times R_i$$

$$I_c = 0.0224 \text{ mA}$$

$$R_i = 2566,964286 \text{ M}\Omega$$

$$P = (0.0224)^2 \times (2566,964286)$$

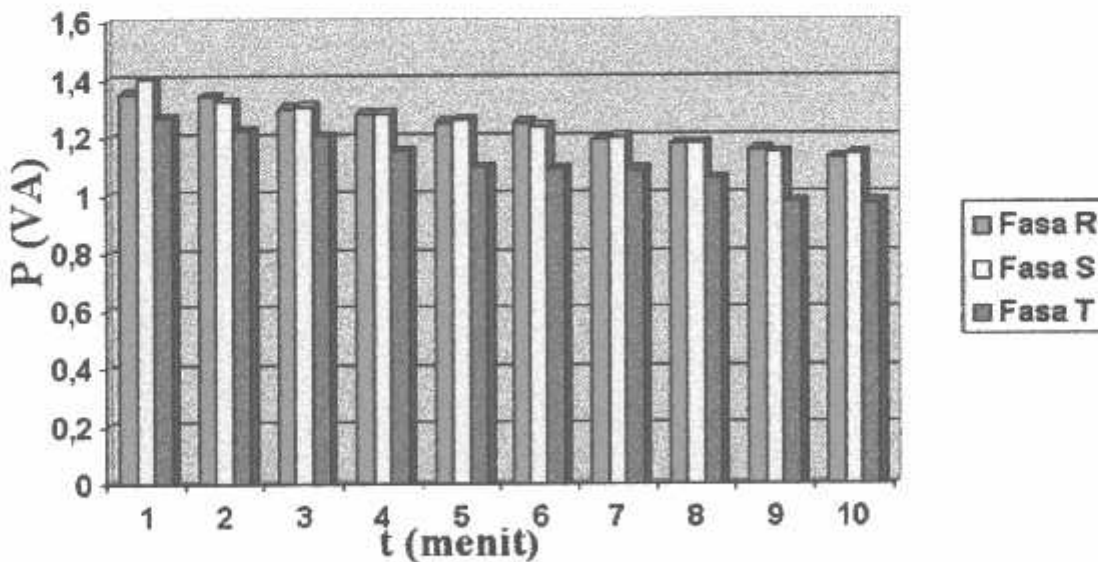
$$P = 1.288 \text{ VA}$$

Berdasarkan hasil perhitungan diatas maka didapatkan rugi daya pada tiap fasa yaitu fasa R, S dan T sehingga perbandingan rugi daya untuk fasanya dapat dibuat dalam suatu tabel dan grafik sebagai berikut :

Tabel 4.3. Hasil Perhitungan Rugi Daya Sambungan Metode Ciut Panas

Tegangan Uji	Waktu (Detik)	Rugi Daya (P)		
		Fasa R (VA)	Fasa S (VA)	Fasa T (VA)
57,5 kV/DC	60	1.35700	1.40300	1.27075
57,5 kV/DC	120	1.34550	1.32940	1.22705
57,5 kV/DC	180	1.30525	1.31100	1.20750
57,5 kV/DC	240	1.28800	1.28800	1.15575
57,5 kV/DC	300	1.25350	1.26500	1.09825
57,5 kV/DC	360	1.25350	1.24200	1.09250
57,5 kV/DC	420	1.19600	1.20405	1.09020
57,5 kV/DC	480	1.18105	1.18335	1.06145
57,5 kV/DC	540	1.15805	1.14885	0.97980
57,5 kV/DC	600	1.13045	1.14310	0.97520

Berdasarkan hasil tabel diatas maka dapat diperoleh grafik sebagai berikut :



Gambar 4.3. Grafik Rugi Daya (P) Metode Ciut Panas

Dari hasil tabel di atas dapat di lihat bahwa semakin besar arus bocor (I_c) maka daya (P) semakin besar pula atau arus bocor (I_c) berbanding lurus dengan daya (P). Pada pemeriksaan sifat tampak dari sambungan sesuai data yang ada pada sambungan kabel, kondisi sambungan kabel dalam keadaan baik sesuai dengan yang ditetapkan oleh pihak PT. PLN.

Kemudian dilihat dari hasil pengujian tahanan isolasi yang dilakukan dengan alat meger 5000 Volt dengan tegangan DC antara fasa dengan fasa dan antara fasa dengan ground, jarum alat ukur yang ada menunjukkan skala melebihi kemampuan alat. Hal ini menandakan tahanan isolasi pada kabel pengujian sangat besar dan kerugian yang terjadi pada sambungan kabel sangat kecil.

4.2. Metode Resin Tuang

4.2.1. Data Hasil Pengujian.

A. Pemeriksaan fisik sambungan kabel

Sifat tampak pada sambungan kabel:

1. Penandaan (R,S,T)	: sesuai
2. Mutu pengerjaan sambungan	: baik
3. Penguluran	: baik
4. Panjang kabel	: ± 6 m
5. Jenis kabel	: XLPE (N2XSEBY)
6. Inti kabel	: 3 inti
7. Penampang kabel	: 150 mm^2
8. Tegangan nominal	: 20 kV
9. Jenis sambungan	: Celpack/Resin tuang
10. Pengerjaan sambungan	: baik
11. Kabel milik	: Udiklat Pandaan
12. Kondisi sifat tampak keseluruhan	: baik

B. Kemampuan Kuat Tarik dan Pemuluran.

1. Kuat tarik	: sesuai
2. Pemuluran	: sesuai
3. Kondisi kuat tarik	: sesuai

C. Kemampuan Tahanan Isolasi

1. Fasa dengan Fasa

$$\text{Fasa R - S} = \sim \text{M}\Omega$$

$$\text{Fasa R - T} = \sim \text{M}\Omega$$

$$\text{Fasa T - S} = \sim \text{M}\Omega$$

2. Fasa dengan Ground

Fasa R – Ground = ~ MΩ

Fasa S – Ground = ~ MΩ

Fasa T – Ground = ~ MΩ

3. Kondisi tahanan isolasi keseluruhan : sesuai

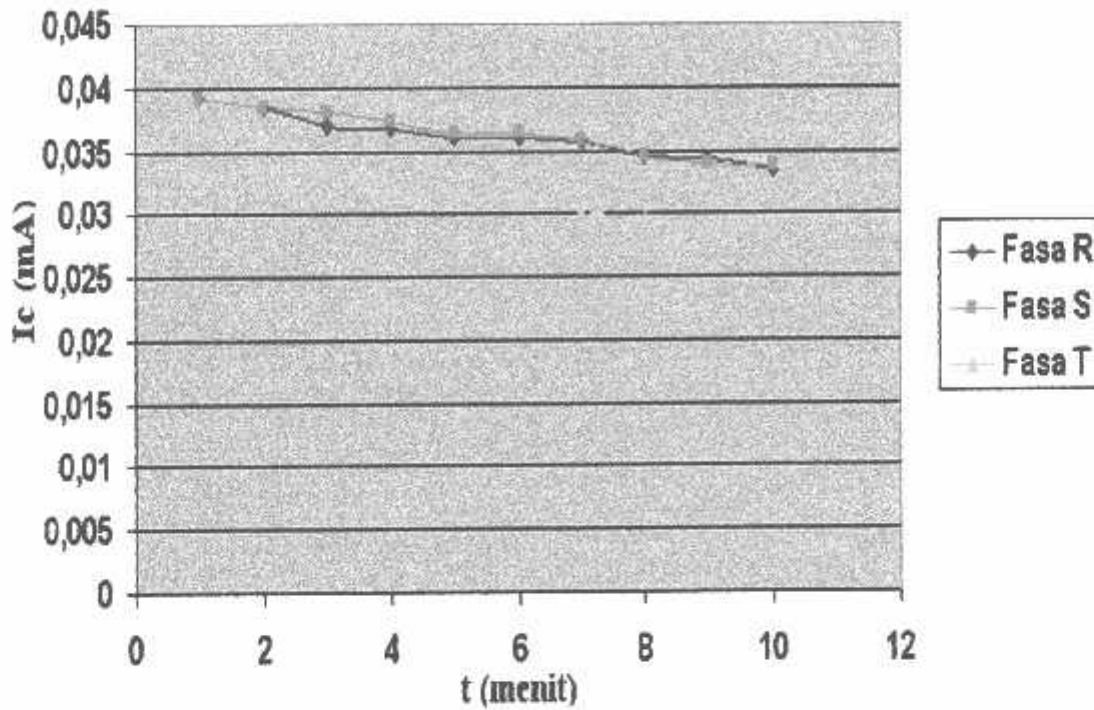
D. Kemampuan Dielektrik.

Tegangan uji = 57,5 kV/DC di uji selama 10 menit

Tabel 4.4. Data Hasil Rata-Rata Pengujian Sambungan Metode Resin Tuang

Tegangan Uji	Waktu (Detik)	Arus Bocor (Ic)		
		Fasa R (mA)	Fasa S (mA)	Fasa T (mA)
57,5 kV/DC	60	0.0392	0.0392	0.0338
57,5 kV/DC	120	0.0384	0.0384	0.0336
57,5 kV/DC	180	0.0370	0.0380	0.0336
57,5 kV/DC	240	0.0368	0.0378	0.0318
57,5 kV/DC	300	0.0360	0.0364	0.0316
57,5 kV/DC	360	0.0360	0.0364	0.0312
57,5 kV/DC	420	0.0356	0.0358	0.0302
57,5 kV/DC	480	0.0346	0.0346	0.0296
57,5 kV/DC	540	0.0344	0.0340	0.0290
57,5 kV/DC	600	0.0334	0.0338	0.0290

Dari hasil data pengujian diatas dapat dibuat dalam suatu grafik sebagai berikut :



Gambar 4.4. Grafik Arus bocor (I_c) Metode Resin tuang

4.2.2. Analisa

Pada pengujian dielektrik dari sambungan kabel dengan metode resin tuang, dari data terlihat bahwa untuk arus bocor (I_c) masih terjadi walaupun kecil. Seperti dapat dilihat dari grafik untuk besarnya arus bocor yang terjadi tiap-tiap fasanya juga berbeda-beda dan hanya pada fasa R dan T yaitu pada menit ke-1 dan ke-2 yang mengalami kesamaan nilai. Terlihat bahwa terjadinya arus bocor pada fasa T cenderung lebih kecil dibandingkan dari fasa R dan S. hal ini disebabkan oleh kemampuan dari suatu bahan yang digunakan dan tidak lepas juga dari keterbatasan kemampuan manusia di dalam penyambungan kabel. Untuk menyamakan pemasangan tersebut sangat sulit, sehingga dengan adanya perbedaan pemasangan antara kabel maka arus bocor yang ditimbulkan pada masing-masing fasa akan berbeda pula.

Dari data arus bocor diatas maka dapat dicari besarnya tahanan isolasi pada penghantar yang disambung dengan metode resin tuang. Dalam hal ini mengambil contoh pada salah satu fasa yaitu pada fasa R.

Pada saat $t = 1$ menit

$$I_c = 0.0392 \text{ mA}$$

$$R_i = \frac{V(kV)}{I_c(mA)}$$

$$R_i = \frac{57.5}{0.0392}$$

$$R_i = 1466,836735 \text{ M}\Omega$$

Pada saat $t = 2$ menit

$$I_c = 0.0384 \text{ mA}$$

$$R_i = \frac{V(kV)}{I_c(mA)}$$

$$R_i = \frac{57.5}{0.0384}$$

$$R_i = 1497,395833 \text{ M}\Omega$$

Pada saat $t = 3$ menit

$$I_c = 0.037 \text{ mA}$$

$$R_i = \frac{V(kV)}{I_c(mA)}$$

$$R_i = \frac{57.5}{0.037}$$

$$R_i = 1554,054054 \text{ M}\Omega$$

Pada saat $t = 4$ menit

$$I_c = 0.0368 \text{ mA}$$

$$R_i = \frac{V(kV)}{I_c(mA)}$$

$$R_i = \frac{57.5}{0.0368}$$

$$R_i = 1562,500000 \text{ M}\Omega$$

Pada saat $t = 5$ menit, 6 menit

$$I_c = 0.036 \text{ mA}$$

$$R_i = \frac{V(kV)}{I_c(mA)}$$

$$R_i = \frac{57.5}{0.0236}$$

$$R_i = 2637,614679 \text{ M}\Omega$$

Pada saat $t = 7$ menit

$$I_c = 0.0356 \text{ mA}$$

$$R_i = \frac{V(kV)}{I_c(mA)}$$

$$R_i = \frac{57.5}{0.0356}$$

$$R_i = 1597,222222 \text{ M}\Omega$$

Pada saat $t = 8$ menit

$$I_c = 0.02054 \text{ mA}$$

$$R_i = \frac{V(kV)}{I_c(mA)}$$

$$R_i = \frac{57.5}{0.02054}$$

$$R_i = 1671,511628 \text{ M}\Omega$$

Pada saat $t = 9$ menit

$$I_c = 0.0344 \text{ mA}$$

$$R_i = \frac{V(kV)}{I_c(mA)}$$

$$R_i = \frac{57.5}{0.0344}$$

$$R_i = 1671,511628 \text{ M}\Omega$$

Pada saat $t = 10$ menit

$$I_c = 0.0334 \text{ mA}$$

$$R_i = \frac{V(kV)}{I_c(mA)}$$

$$R_i = \frac{57.5}{0.0334}$$

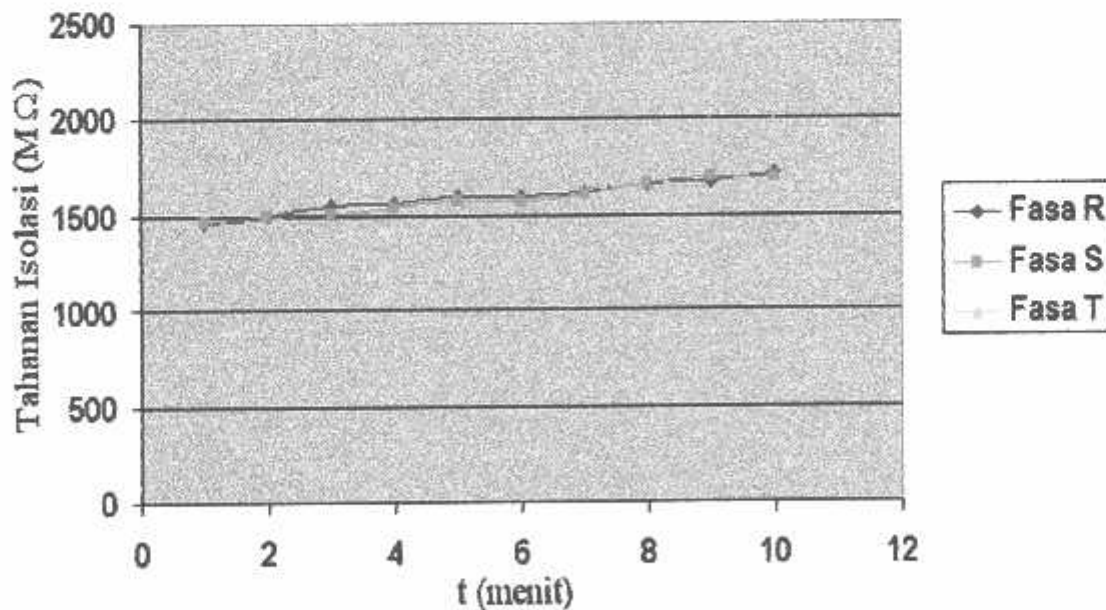
$$R_i = 2924,720244 \text{ M}\Omega$$

Dari perhitungan diatas maka didapat nilai tahanan isolasi pada fasa R, fasa S dan Fasa T. Dan dapat pula dibuat dalam suatu tabel dan grafik sebagai berikut :

Tabel 4.5. Data Hasil Perhitungan Tahanan Isolasi Metode Resin Tuang

Tegangan Uji	t (Detik)	Tahanan Isolasi (Ri)		
		Fasa R (M Ω)	Fasa S (M Ω)	Fasa T (M Ω)
57,5 kV/DC	60	1466,836735	1466,836735	1701,183432
57,5 kV/DC	120	1497,395833	1497,395833	1711,309524
57,5 kV/DC	180	1554,054054	1513,157895	1711,309524
57,5 kV/DC	240	1562,500000	1537,433155	1808,176101
57,5 kV/DC	300	1597,222222	1579,670330	1819,620253
57,5 kV/DC	360	1597,222222	1579,670330	1842,948718
57,5 kV/DC	420	1615,168539	1606,145251	1903,973510
57,5 kV/DC	480	1661,849711	1661,849711	1942,567568
57,5 kV/DC	540	1671,511628	1691,176471	1982,758621
57,5 kV/DC	600	2924,720244	1701,183432	1982,758621

Berdasarkan hasil tabel diatas maka dapat diperoleh grafik sebagai berikut :



Gambar 4.5. Grafik Tahanan Isolasi (Ri) Metode Resin Tuang

Dari grafik diatas terlihat bahwa semakin besar arus bocor yang ditimbulkan maka tahanan isolasi semakin kecil atau dapat dikatakan I_c berbanding terbalik dengan R_i dengan V tetap.

Dengan adanya hasil pengujian dan hasil perhitungan yaitu arus bocor dan tahanan isolasi maka didapat rugi-rugi daya pada penghantar akibat sambungan dengan metode resin tuang dalam hal ini perhitungan mengambil data pada fasa R.

Pada saat $t = 1$ menit

$$P = I_c^2 \times R_i$$

$$I_c = 0.0392 \text{ mA}$$

$$R_i = 1466,836735 \text{ M}\Omega$$

$$P = (0.0392)^2 \times (1466,836735)$$

$$P = 2.254 \text{ VA}$$

Pada saat $t = 2$ menit

$$P = I_c^2 \times R_i$$

$$I_c = 0.0384 \text{ mA}$$

$$R_i = 1497,395833 \text{ M}\Omega$$

$$P = (0.0384)^2 \times (1497,395833)$$

$$P = 2.208 \text{ VA}$$

Pada saat $t = 3$ menit

$$P = I_c^2 \times R_i$$

$$I_c = 0.037 \text{ mA}$$

$$R_i = 1554,054054 \text{ M}\Omega$$

$$P = (0.037)^2 \times (1554,054054)$$

$$P = 2.1275 \text{ VA}$$

Pada saat $t = 4$ menit

$$P = I_c^2 \times R_i$$

$$I_c = 0.0224 \text{ mA}$$

$$R_i = 1562,5 \text{ M}\Omega$$

$$P = (0.0224)^2 \times (1562,5)$$

$$P = 2.116 \text{ VA}$$

Pada saat t = 5 menit; 6 menit

$$P = I_c^2 \times R_i$$

$$I_c = 0.036 \text{ mA}$$

$$R_i = 1597,222222 \text{ M}\Omega$$

$$P = (0.036)^2 \times (1597,222222)$$

$$P = 2.07 \text{ VA}$$

Pada saat t = 7 menit

$$P = I_c^2 \times R_i$$

$$I_c = 0.0356 \text{ mA}$$

$$R_i = 1615,168539 \text{ M}\Omega$$

$$P = (0.0356)^2 \times (1615,168539)$$

$$P = 2.047 \text{ VA}$$

Pada saat t = 8 menit

$$P = I_c^2 \times R_i$$

$$I_c = 0.02054 \text{ mA}$$

$$R_i = 1671,511628 \text{ M}\Omega$$

$$P = (0.02054)^2 \times (1671,511628)$$

$$P = 1.978 \text{ VA}$$

Pada saat t = 9 menit

$$P = I_c^2 \times R_i$$

$$I_c = 0.0344 \text{ mA}$$

$$R_i = 1671,511628 \text{ M}\Omega$$

$$P = (0.0344)^2 \times (1671,511628)$$

$$P = 1.978 \text{ VA}$$

Pada saat t = 10 menit

$$P = I_c^2 \times R_i$$

$$I_c = 0.0334 \text{ mA}$$

$$R_i = 2924,720244 \text{ M}\Omega$$

$$P = (0.0334)^2 \times (2924,720244)$$

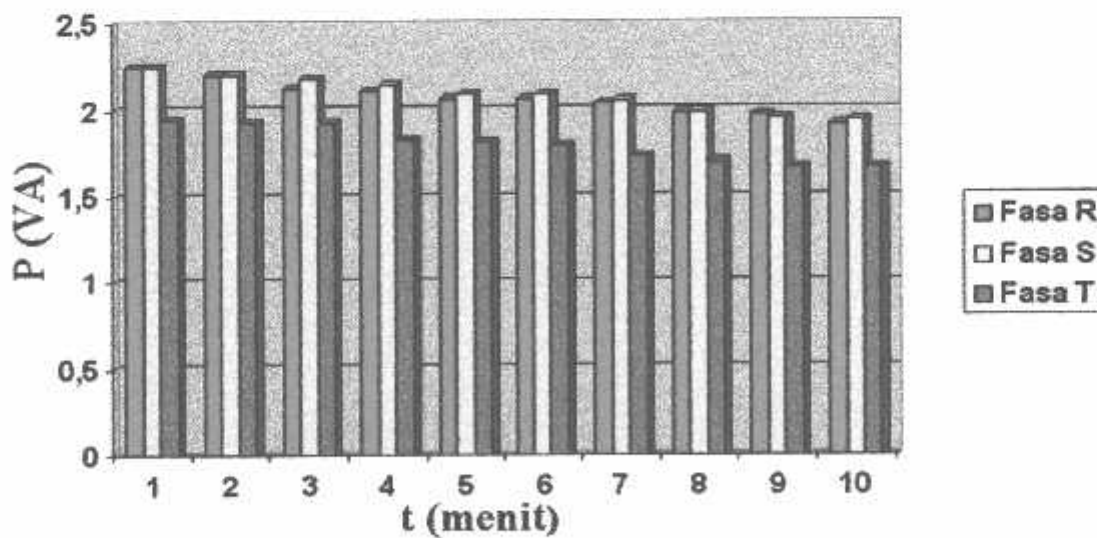
$$P = 1.9205 \text{ VA}$$

Berdasarkan hasil perhitungan diatas maka didapatkan rugi daya pada tiap fasa yaitu fasa R, fasa S dan fasa T sehingga perbandingan rugi daya untuk fasanya dapat dibuat dalam suatu tabel dan grafik sebagai berikut :

Tabel 4.6. Hasil Perhitungan Rugi Daya Sambungan Metode Resin Tuang

Tegangan Uji	Waktu (Detik)	Rugi Daya (P)		
		Fasa R (VA)	Fasa S (VA)	Fasa T (VA)
57,5 kV/DC	60	2.2540	2.2540	1.9435
57,5 kV/DC	120	2.2080	2.2080	1.9320
57,5 kV/DC	180	2.1275	2.1850	1.9320
57,5 kV/DC	240	2.1160	2.1505	1.8285
57,5 kV/DC	300	2.0700	2.0930	1.8170
57,5 kV/DC	360	2.0700	2.0930	1.7940
57,5 kV/DC	420	2.0470	2.0585	1.7365
57,5 kV/DC	480	1.9895	1.9895	1.7020
57,5 kV/DC	540	1.9780	1.9550	1.6675
57,5 kV/DC	600	1.9205	1.9435	1.6675

Berdasarkan hasil tabel diatas maka dapat diperoleh grafik sebagai berikut :



Gambar 4.6. Grafik Rugi Daya (P) Metode Resin Tuang

Dari hasil tabel di atas dapat di lihat bahwa semakin besar arus bocor (I_c) maka daya (P) semakin besar pula atau arus bocor (I_c) berbanding lurus dengan daya (P). Pada pemeriksaan sifat tampak dari sambungan sesuai data yang ada pada sambungan kabel, kondisi sambungan kabel dalam keadaan baik sesuai dengan yang ditetapkan oleh pihak PT. PLN.

Dan dari hasil perbandingan pengujian yang di tinjau dari arus bocor yang terjadi antara penyambungan dengan menggunakan metode ciut panas dan metode resin tuang maka dalam hal ini metode ciut panas untuk arus bocornya lebih kecil dibandingkan dengan menggunakan metode resin tuang. Dan dilihat dari kemungkinan-kemungkinan kegagalan dielektrik antara kedua metode dalam hal ini metode resin tuang lebih besar kemungkinan terjadinya kegagalan dielektrik.

Kemudian dilihat dari hasil pengujian tahanan isolasi yang dilakukan dengan alat meger 5000 Volt dengan tegangan DC antara fasa dengan fasa dan antara fasa dengan ground, jarum alat ukur yang ada menunjukkan skala melebihi kemampuan alat. Hal ini menandakan tahanan isolasi pada kabel pengujian sangat besar dan kerugian yang terjadi pada sambungan kabel sangat kecil.

Tabel 4.7
Perbandingan Data Hasil Pengujian Arus Bocor (Ic)
Antara Metode Ciut Panas Dan Resin Tuang

Tegangan Uji	Waktu (Detik)	Arus bocor (Ic) Metode Ciut Panas		
		Fasa R (mA)	Fasa S (mA)	Fasa T (mA)
57,5 kV/DC	60	0.02360	0.02440	0.02210
57,5 kV/DC	120	0.02340	0.02312	0.02134
57,5 kV/DC	180	0.02270	0.02280	0.02100
57,5 kV/DC	240	0.02240	0.02240	0.02010
57,5 kV/DC	300	0.02180	0.02200	0.01910
57,5 kV/DC	360	0.02180	0.02160	0.01900
57,5 kV/DC	420	0.02080	0.02094	0.01896
57,5 kV/DC	480	0.02054	0.02058	0.01846
57,5 kV/DC	540	0.02014	0.01998	0.01704
57,5 kV/DC	600	0.01966	0.01988	0.01696

Tegangan Uji	Waktu (Detik)	Arus Bocor (Ic) Metode Resin Tuang		
		Fasa R (mA)	Fasa S (mA)	Fasa T (mA)
57,5 kV/DC	60	0.0392	0.0392	0.0338
57,5 kV/DC	120	0.0384	0.0384	0.0336
57,5 kV/DC	180	0.0370	0.0380	0.0336
57,5 kV/DC	240	0.0368	0.0378	0.0318
57,5 kV/DC	300	0.0360	0.0364	0.0316
57,5 kV/DC	360	0.0360	0.0364	0.0312
57,5 kV/DC	420	0.0356	0.0358	0.0302
57,5 kV/DC	480	0.0346	0.0346	0.0296
57,5 kV/DC	540	0.0344	0.0340	0.0290
57,5 kV/DC	600	0.0334	0.0338	0.0290

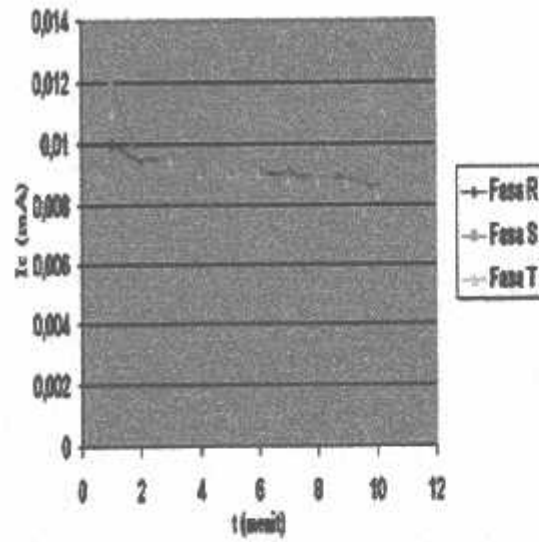
Tabel 4.8
Perbandingan Hasil Perhitungan Rugi Daya (P)
Antara Metode Ciut Panas Dan Resin Tuang

Tegangan Uji	Waktu (Detik)	Rugi Daya (P) Metode Ciut Panas		
		Fasa R (VA)	Fasa S (VA)	Fasa T (VA)
57,5 kV/DC	60	1.35700	1.40300	1.27075
57,5 kV/DC	120	1.34550	1.32940	1.22705
57,5 kV/DC	180	1.30525	1.31100	1.20750
57,5 kV/DC	240	1.28800	1.28800	1.15575
57,5 kV/DC	300	1.25350	1.26500	1.09825
57,5 kV/DC	360	1.25350	1.24200	1.09250
57,5 kV/DC	420	1.19600	1.20405	1.09020
57,5 kV/DC	480	1.18105	1.18335	1.06145
57,5 kV/DC	540	1.15805	1.14885	0.97980
57,5 kV/DC	600	1.13045	1.14310	0.97520

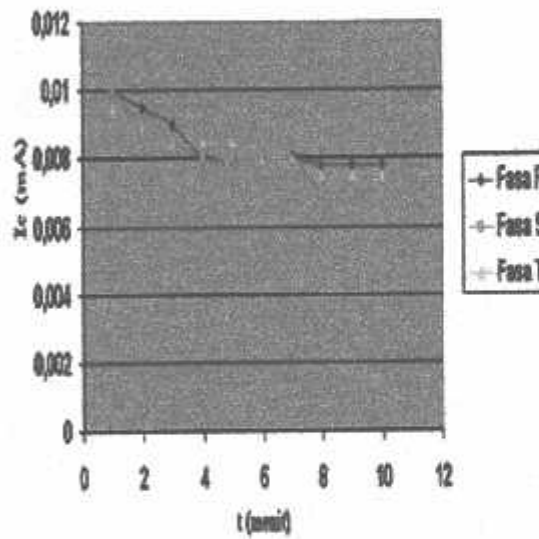
Tegangan Uji	Waktu (Detik)	Rugi Daya (P) Metode Resin Tuang		
		Fasa R (VA)	Fasa S (VA)	Fasa T (VA)
57,5 kV/DC	60	2.2540	2.2540	1.9435
57,5 kV/DC	120	2.2080	2.2080	1.9320
57,5 kV/DC	180	2.1275	2.1850	1.9320
57,5 kV/DC	240	2.1160	2.1505	1.8285
57,5 kV/DC	300	2.0700	2.0930	1.8170
57,5 kV/DC	360	2.0700	2.0930	1.7940
57,5 kV/DC	420	2.0470	2.0585	1.7365
57,5 kV/DC	480	1.9895	1.9895	1.7020
57,5 kV/DC	540	1.9780	1.9550	1.6675
57,5 kV/DC	600	1.9205	1.9435	1.6675

Tabel dan grafik hasil pengujian arus bocor (I_c) dengan metode ciut panas

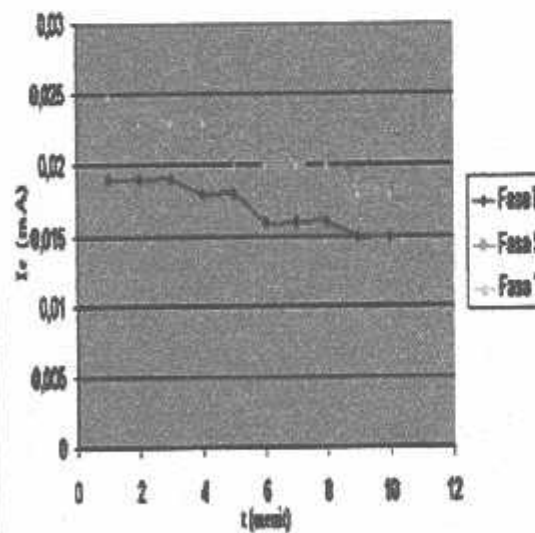
No	Waktu (Detik)	Arus Fasa		
		R (mA)	S (mA)	T (mA)
1	60	0.0100	0.0120	0.0110
2	120	0.0095	0.0096	0.0097
3	180	0.0095	0.0095	0.0095
4	240	0.0090	0.0090	0.0090
5	300	0.0090	0.0090	0.0090
6	360	0.0090	0.0090	0.0090
7	420	0.0090	0.0089	0.0088
8	480	0.0089	0.0089	0.0088
9	540	0.0089	0.0089	0.0087
10	600	0.0085	0.0084	0.0083



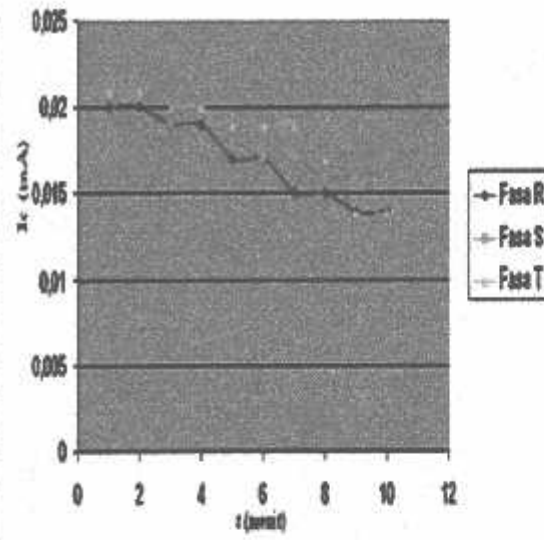
No	Waktu (Detik)	Arus Fasa		
		R (mA)	S (mA)	T (mA)
1	60	0.0100	0.0108	0.0095
2	120	0.0095	0.0096	0.0090
3	180	0.0090	0.0085	0.0085
4	240	0.0090	0.0090	0.0085
5	300	0.0080	0.0080	0.0085
6	360	0.0080	0.0080	0.0080
7	420	0.0080	0.0078	0.0080
8	480	0.0078	0.0076	0.0075
9	540	0.0078	0.0070	0.0075
10	600	0.0078	0.0070	0.0075



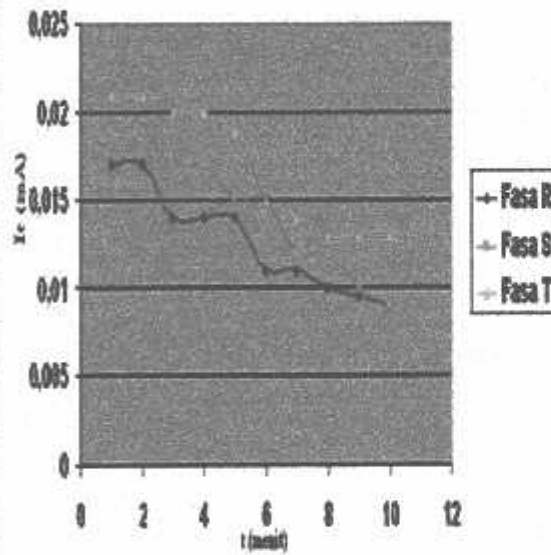
No	Waktu (Detik)	Arus Fasa		
		R (mA)	S (mA)	T (mA)
1	60	0.019	0.023	0.025
2	120	0.019	0.023	0.023
3	180	0.019	0.022	0.023
4	240	0.019	0.022	0.023
5	300	0.018	0.022	0.020
6	360	0.018	0.021	0.020
7	420	0.016	0.021	0.020
8	480	0.016	0.021	0.020
9	540	0.015	0.019	0.018
10	600	0.015	0.019	0.018



No	Waktu (Detik)	Area Fase		
		R (mA)	S (mA)	T (mA)
1	60	0.020	0.019	0.021
2	120	0.020	0.019	0.021
3	180	0.019	0.019	0.020
4	240	0.019	0.018	0.020
5	300	0.017	0.018	0.019
6	360	0.017	0.017	0.019
7	420	0.015	0.017	0.019
8	480	0.015	0.016	0.017
9	540	0.014	0.016	0.014
10	600	0.014	0.016	0.014

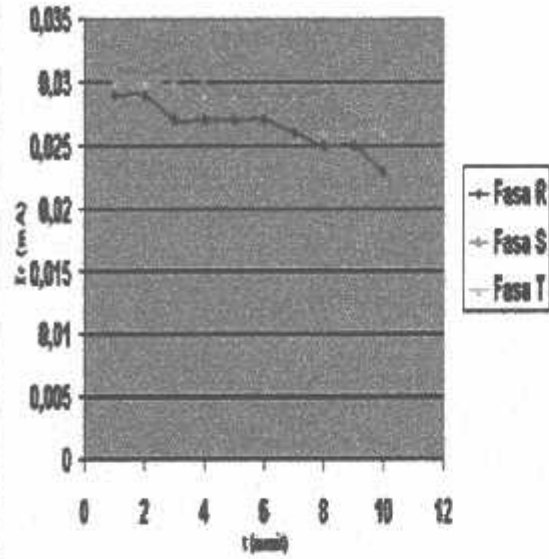


No	Waktu (Detik)	Area Fase		
		R (mA)	S (mA)	T (mA)
1	60	0.0170	0.019	0.021
2	120	0.0170	0.019	0.021
3	180	0.0140	0.017	0.020
4	240	0.0140	0.017	0.020
5	300	0.0140	0.015	0.019
6	360	0.0110	0.015	0.015
7	420	0.0110	0.012	0.014
8	480	0.0100	0.012	0.013
9	540	0.0095	0.010	0.013
10	600	0.0090	0.009	0.013

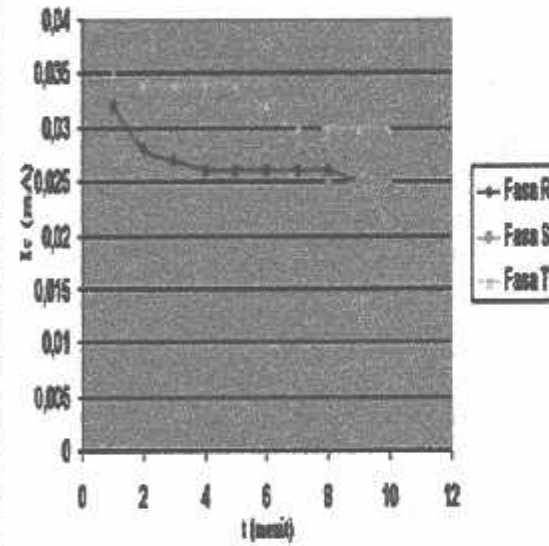


Tabel dan grafik hasil pengujian arus bocor (I_c) dengan metode resin tuang

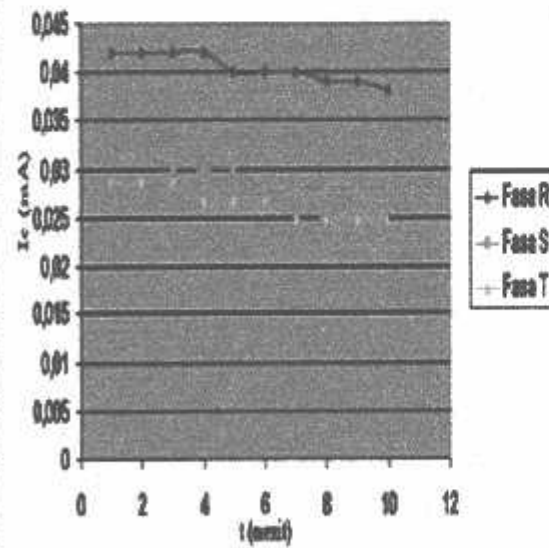
No	Waktu (Detik)	Arus Fase		
		R (mA)	S (mA)	T (mA)
1	60	0.029	0.031	0.030
2	120	0.029	0.031	0.030
3	180	0.027	0.031	0.030
4	240	0.027	0.030	0.029
5	300	0.027	0.029	0.029
6	360	0.027	0.029	0.029
7	420	0.026	0.029	0.029
8	480	0.025	0.029	0.026
9	540	0.025	0.027	0.026
10	600	0.023	0.027	0.026



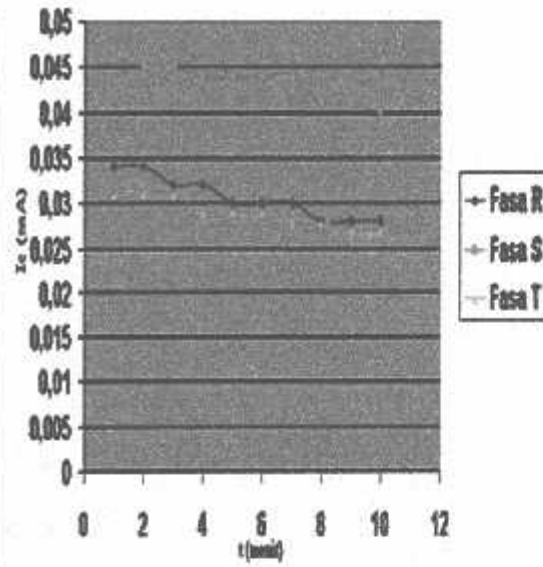
No	Waktu (Detik)	Arus Fase		
		R (mA)	S (mA)	T (mA)
1	60	0.032	0.029	0.035
2	120	0.028	0.029	0.034
3	180	0.027	0.029	0.034
4	240	0.026	0.028	0.034
5	300	0.026	0.028	0.034
6	360	0.026	0.028	0.032
7	420	0.026	0.028	0.030
8	480	0.026	0.025	0.030
9	540	0.025	0.025	0.030
10	600	0.025	0.025	0.030



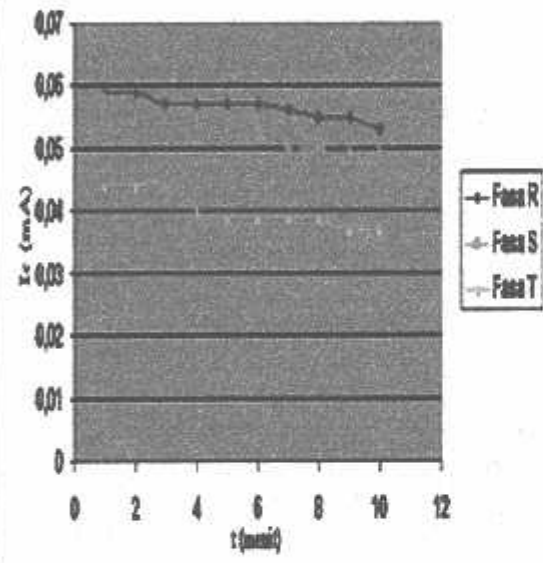
No	Waktu (Detik)	Arus Fase		
		R (mA)	S (mA)	T (mA)
1	60	0.042	0.032	0.029
2	120	0.042	0.032	0.029
3	180	0.042	0.030	0.029
4	240	0.042	0.030	0.027
5	300	0.040	0.028	0.027
6	360	0.040	0.028	0.027
7	420	0.040	0.028	0.025
8	480	0.039	0.028	0.025
9	540	0.039	0.028	0.025
10	600	0.038	0.028	0.025



No	Waktu (Detik)	Arus Fasa		
		R (mA)	S (mA)	T (mA)
1	60	0.034	0.045	0.031
2	120	0.036	0.045	0.031
3	180	0.032	0.045	0.031
4	240	0.032	0.044	0.029
5	300	0.030	0.044	0.029
6	360	0.030	0.044	0.029
7	420	0.030	0.044	0.028
8	480	0.028	0.041	0.028
9	540	0.028	0.041	0.027
10	600	0.028	0.040	0.027



No	Waktu (Detik)	Arus Fasa		
		R (mA)	S (mA)	T (mA)
1	60	0.059	0.058	0.044
2	120	0.059	0.055	0.044
3	180	0.057	0.055	0.044
4	240	0.057	0.055	0.040
5	300	0.057	0.053	0.039
6	360	0.057	0.053	0.039
7	420	0.056	0.050	0.039
8	480	0.055	0.050	0.039
9	540	0.055	0.049	0.037
10	600	0.053	0.049	0.037



BAB V

PENUTUP

5.1. Kesimpulan

Dari hasil pengujian arus bocor yang terjadi pada penyambungan kabel dengan menggunakan metode ciut panas dan resin tuang maka dapat diperoleh kesimpulan sebagai berikut :

- Dari hasil perbandingan besarnya tahanan isolasi pada metode ciut panas lebih besar dibandingkan tahanan isolasi pada metode resin tuang dengan besarnya tahanan isolasi metode ciut panas rata-rata yaitu pada $t_1 - t_{10}$ untuk fasa R = 2661,251292 M Ω , fasa S = 2651,829663 M Ω dan fasa T = 2984,414584 M Ω . Dan untuk metode resin tuang pada fasa R = 146,6836735 M Ω , fasa S = 146,6836735 M Ω dan fasa T = 170,1183432 M Ω
- Dari perbandingan data hasil pengujian arus bocor pada metode ciut panas cenderung lebih kecil arus bocornya jika dibandingkan dengan metode resin tuang. Dengan arus bocor rata-rata pada saat $t_1 - t_{10}$ metode ciut panas pada fasa R = 0.021684 mA ; S = 0.02177 mA dan T = 0.019406 mA. Dan metode resin tuang untuk fasa R = 0.03614 mA; S = 0.03644 mA dan T = 0.03134 mA
- Di tinjau dari kegagalan dielektrik pada grafik tahanan isolasi untuk metode resin tuang lebih besar terjadinya kegagalan dibandingkan dengan metode ciut panas.

5.2. Saran

Dalam penyambungan kabel TM 20 kV dengan memakai metode ciut panas dan resin tuang, untuk kemungkinan terjadinya kavitasi (jebakan udara) pada lapisan isolasi atau penyambungan yang dapat mengakibatkan terjadinya kerusakan isolasi

penyambungan telah selesai tidak ada partikel-partikel yang tinggal sehingga menyebabkan terjadinya void pada penyambungan.

- Dalam melaksanakan penyambungan benar-benar harus teliti dan hati-hati sehingga hasil yang akan di peroleh benar-benar maksimal.
- Memperhatikan prosedur penyambungan yang sudah ditetapkan oleh supplier kotak sambung

DAFTAR PUSTAKA

- —————, *"Pengujian Sambungan Kabel Tanah 20 kV"*, Pusdiklat PLN Pandaan, 1995.
 - —————, *"Kursus Penyambungan gan terminasi Kabel Tanah Tegangan Menengah"*, Pusdiklat PLN Pandaan, 1995.
 - —————, *"Kotak Sambung Kabel Tanah 20 kV dan permasalahannya "*, Pusdiklat PLN Pandaan, 1995.
 - PT. Raychem, Indonesia
 - Bahan Presentasi *"Pembinaan Instalasi kotak sambung Kabel Tanah 20 kV"*, Pusdiklat PLN Pandaan, 1991.
 - Installation Intruction For 6,6 kV – 300 MM2 – 3 Core Sraight – Through Joint Intended For Cables.
 - Mochizuki et al.: Development of a New Type of Straightthrough Joint for 22-kV XLPE Cables, 344, Electric Power and Energy Div., IEEJ Conference, 1999. (in Japanese)
 - Polythylene (XLPE), Proceiding Seminar Nasional dan Workshop Teknik Tegangan Tinggi II, UGM, Yogyakarta
 - Reddy,J.N. 1984, *An Introduction to The Finite Element Methode*, Mc-Graw Hill Book Company, New York
 - Anders , George J, 1997, *Rating Electric Power Cables*, IEE PRESS.
 - Turi,E.A.(ed). 1981, *Thermal Characterisation on Polymeric Materials*, Isted. Academic Press,Inc, New York..
-





LEMBAR BIMBINGAN SKRIPSI

Nama : NEDI ALOT
Nim : 02.12.078
Jurusan : TEKNIK ELEKTRO
Konsentrasi : TEKNIK ENERGI LISTRIK
Judul Skripsi : STUDI PERBANDINGAN
PENYAMBUNGAN TM 20 kV XLPE
ANTARA METODE CIUT PANAS
DAN RESIN TUANG DI TINJAU
DARI SEGI ARUS BOCOR
Tanggal Mengajukan Skripsi : 20 Juli 2006
Tanggal Menyelesaikan Skripsi : 21 September 2006
Telah dievaluasi dengan Nilai : 85,00 (Delapan Puluh Lima Koma nol nol)

Malang, September 2006

Mengetahui,
Ketua Jurusan Teknik Elektro

Ir. Yudi Limpraptono, MT
Nip. Y. 1039500274

Menyetujui,
Dosen Pembimbing

Ir. Teguh Herbasuki, MT
NIP.Y.1038900209



**BERITA ACARA UJIAN SKRIPSI
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI**

Nama : NEDI ALOT
Nim : 02.12.078
Jurusan : TEKNIK ELEKTRO
Konsentrasi : TEKNIK ENERGI LISTRIK
Judul Skripsi :

**STUDI PERBANDINGAN PENYAMBUNGAN KABEL TANAH
TM 20 kV XLPE ANTARA METODE CIUT PANAS DAN RESIN TUANG
DI TINJAU DARI SEGI ARUS BOCOR**

Dipertahankan dihadapan Majelis Penguji Skripsi Jenjang Strata Satu (S1) pada :

Hari : Kamis
Tanggal : 21 September 2006
Dengan Nilai : 78,25 (Tujuh Puluh Delapan Koma Dua Puluh Lima)



Ir. Mochtar Asroni, MSME
Ketua

Panitia Ujian Skripsi

Ir. Yudi Limpraptono, MT
Sekretaris

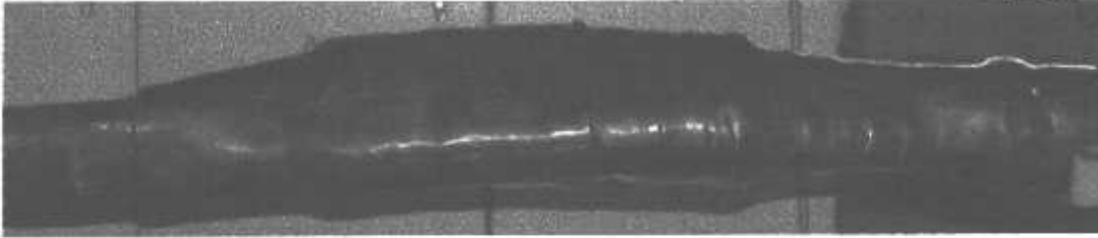
Anggota Penguji

Ir. Eko Nurcahyo
Penguji Pertama

Ir. Taufik Hidayat, MT
Penguji Kedua

HASIL PENYAMBUNGAN DARI KEDUA METODE

GAMBAR HASIL PENYAMBUNGAN METODE CIUT PANAS



GAMBAR HASIL PENYAMBUNGAN METODE RESIN TUANG





DATA HASIL PENGUJIAN SAMBUNGAN CIUT PANAS

1. Metode Ciut Panas.

1.1. Data Hasil Pengujian.

A. Pemeriksaan fisik sambungan kabel

Sifat tampak pada sambungan kabel:

- | | |
|--------------------------------------|-----------------------|
| 1. Penandaan (R,S,T) | : sesuai |
| 2. Mutu pengerjaan sambungan | : baik |
| 3. Penguluran | : baik |
| 4. Panjang kabel | : ± 6 m |
| 5. Jenis kabel | : XLPE (N2XSEBY) |
| 6. Inti kabel | : 3 inti |
| 7. Penampang kabel | : 150 mm ² |
| 8. Tegangan nominal | : 20 kV |
| 9. Jenis sambungan | : Raychem/Ciut panas |
| 10. Pengerjaan sambungan | : baik |
| 11. Kabel milik | : Udiklat Pandaan |
| 12. Kondisi sifat tampak keseluruhan | : baik |

B. Kemampuan Kuat Tarik dan Pemuluran.

- | | |
|-----------------------|----------|
| 1. Kuat tarik | : sesuai |
| 2. Pemuluran | : sesuai |
| 3. Kondisi kuat tarik | : sesuai |

c. Kemampuan Tahanan Isolasi

1. Fasa dengan Fasa

$$\text{Fasa R - S} = \sim M\Omega$$



$$\text{Fasa R - T} = \sim M\Omega$$

$$\text{Fasa T - S} = \sim M\Omega$$

2. Fasa dengan Ground

$$\text{Fasa R - Ground} = \sim M\Omega$$

$$\text{Fasa S - Ground} = \sim M\Omega$$

$$\text{Fasa T - Ground} = \sim M\Omega$$

3. Kondisi tahanan isolasi keseluruhan : sesuai

D. Kemampuan Dielektrik.

Tegangan uji = 57,5 KV/DC di uji selama 10 menit

Tabel 1. Data Hasil Pengujian Sambungan Metode Ciat Panas

Tegangan Uji	Waktu (Detik)	Arus Bocor (Ic)		
		Fasa R (mA)	Fasa S (mA)	Fasa T (mA)
57,5 kV/DC	60	0.0100	0.0120	0.0110
57,5 kV/DC	120	0.0095	0.0096	0.0097
57,5 kV/DC	180	0.0095	0.0095	0.0095
57,5 kV/DC	240	0.0090	0.0090	0.0090
57,5 kV/DC	300	0.0090	0.0090	0.0090
57,5 kV/DC	360	0.0090	0.0090	0.0090
57,5 kV/DC	420	0.0090	0.0089	0.0088
57,5 kV/DC	480	0.0089	0.0089	0.0088
57,5 kV/DC	540	0.0089	0.0089	0.0087
57,5 kV/DC	600	0.0085	0.0084	0.0083

Mengetahui
Instruktur

HARRY MOERWANTORO, BE



Tabel 2. Data Hasil Pengujian Sambungan Metode Ciut Panas

Tegangan Uji	Waktu (Detik)	Arus Bocor (Ic)		
		Fasa R (mA)	Fasa S (mA)	Fasa T (mA)
57,5 kV/DC	60	0.0100	0.0100	0.0095
57,5 kV/DC	120	0.0095	0.0090	0.0090
57,5 kV/DC	180	0.0090	0.0085	0.0085
57,5 kV/DC	240	0.0080	0.0080	0.0085
57,5 kV/DC	300	0.0080	0.0080	0.0085
57,5 kV/DC	360	0.0080	0.0080	0.0080
57,5 kV/DC	420	0.0080	0.0078	0.0080
57,5 kV/DC	480	0.0078	0.0070	0.0075
57,5 kV/DC	540	0.0078	0.0070	0.0075
57,5 kV/DC	600	0.0078	0.0070	0.0075

Tabel 3. Data Hasil Pengujian Sambungan Metode Ciut Panas

Tegangan Uji	Waktu (Detik)	Arus Bocor (Ic)		
		Fasa R (mA)	Fasa S (mA)	Fasa T (mA)
57,5 kV/DC	60	0.019	0.023	0.025
57,5 kV/DC	120	0.019	0.023	0.023
57,5 kV/DC	180	0.019	0.022	0.023
57,5 kV/DC	240	0.019	0.022	0.023
57,5 kV/DC	300	0.018	0.022	0.020
57,5 kV/DC	360	0.018	0.021	0.020
57,5 kV/DC	420	0.016	0.021	0.020
57,5 kV/DC	480	0.016	0.021	0.020
57,5 kV/DC	540	0.015	0.019	0.018
57,5 kV/DC	600	0.015	0.019	0.018



Tabel 4. Data Hasil Pengujian Sambungan Metode Ciut Panas

Tegangan Uji	Waktu (Detik)	Arus Bocor (Ic)		
		Fasa R (mA)	Fasa S (mA)	Fasa T (mA)
57,5 kV/DC	60	0.020	0.019	0.021
57,5 kV/DC	120	0.020	0.019	0.021
57,5 kV/DC	180	0.019	0.019	0.020
57,5 kV/DC	240	0.019	0.018	0.020
57,5 kV/DC	300	0.017	0.018	0.019
57,5 kV/DC	360	0.017	0.017	0.019
57,5 kV/DC	420	0.015	0.017	0.019
57,5 kV/DC	480	0.015	0.016	0.017
57,5 kV/DC	540	0.014	0.016	0.014
57,5 kV/DC	600	0.014	0.016	0.014

Tabel 5. Data Hasil Pengujian Sambungan Metode Ciut Panas

No	Waktu (Detik)	Arus Fasa		
		R (mA)	S (mA)	T (mA)
1	60	0.0170	0.019	0.021
2	120	0.0170	0.019	0.021
3	180	0.0140	0.017	0.020
4	240	0.0140	0.017	0.020
5	300	0.0140	0.015	0.019
6	360	0.0110	0.015	0.015
7	420	0.0110	0.012	0.014
8	480	0.0100	0.012	0.013
9	540	0.0095	0.010	0.013
10	600	0.0090	0.009	0.013



DATA HASIL PENGUJIAN SAMBUNGAN RESIN TUANG

2. Metode Resin Tuang

2.1. Data Hasil Pengujian.

A. Pemeriksaan fisik sambungan kabel

Sifat tampak pada sambungan kabel:

- | | |
|--------------------------------------|-----------------------|
| 1. Penandaan (R,S,T) | : sesuai |
| 2. Mutu pengerjaan sambungan | : baik |
| 3. Penguluran | : baik |
| 4. Panjang kabel | : ± 6 m |
| 5. Jenis kabel | : XLPE (N2XSEBY) |
| 6. Inti kabel | : 3 inti |
| 7. Penampang kabel | : 150 mm ² |
| 8. Tegangan nominal | : 20 kV |
| 9. Jenis sambungan | : Celpack/Resin tuang |
| 10. Pengerjaan sambungan | : baik |
| 11. Kabel milik | : Udiklat Pandaan |
| 12. Kondisi sifat tampak keseluruhan | : baik |

B. Kemampuan Kuat Tarik dan Pemuluran.

- | | |
|-----------------------|----------|
| 1. Kuat tarik | : sesuai |
| 2. Pemuluran | : sesuai |
| 3. Kondisi kuat tarik | : sesuai |

c. Kemampuan Tahanan Isolasi

1. Fasa dengan Fasa

$$\text{Fasa R - S} = \sim M\Omega$$



Fasa R – T = ~ MΩ

Fasa T – S = ~ MΩ

2. Fasa dengan Ground

Fasa R – Ground = ~ MΩ

Fasa S – Ground = ~ MΩ

Fasa T – Ground = ~ MΩ

3. Kondisi tahanan isolasi keseluruhan : sesuai

D. Kemampuan Dielektrik.

Tegangan uji = 57,5 KV/DC di uji selama 10 menit

Tabel 1. Data Hasil Pengujian Sambungan Metode Resin Tuang

Tegangan Uji	Waktu (Detik)	Arus Bocor (Ic)		
		Fasa R (mA)	Fasa S (mA)	Fasa T (mA)
57,5 kV/DC	60	0.029	0.031	0.030
57,5 kV/DC	120	0.029	0.031	0.030
57,5 kV/DC	180	0.027	0.031	0.030
57,5 kV/DC	240	0.027	0.030	0.029
57,5 kV/DC	300	0.027	0.029	0.029
57,5 kV/DC	360	0.027	0.029	0.029
57,5 kV/DC	420	0.026	0.029	0.029
57,5 kV/DC	480	0.025	0.029	0.026
57,5 kV/DC	540	0.025	0.027	0.026
57,5 kV/DC	600	0.023	0.027	0.026

Mengetahui
Instruktur



HARRY MOERWANTORO, BE