

BAB IV

PENGUJIAN

I. SISTEMATIKA PENELITIAN

Sistematika penelitian dalam hal ini mengambil tiga acuan yang digunakan untuk meneliti sejauh mana penghantar kabel memberikan kontribusi dalam terjadinya suatu kebakaran. Ketiga acuan tersebut adalah :

1. Menguji kabel yang ada di pasaran yang mudah didapat dan banyak digunakan oleh para instalatir dan masyarakat dalam melakukan pemasangan penghantar kabel, baik di perumahan maupun di gedung-gedung komersial.
Kabel yang akan diujikan disesuaikan dengan jenis kabel yang paling banyak digunakan dilapangan yaitu :

- Kabel Jenis NYA
Kabel jenis NYA adalah jenis kabel tunggal dan bernampang penghantar jenis pejal. Kabel ini banyak digunakan untuk menghemat biaya dan dalam pemasangannya dimasukkan kedalam pipa penyalur kabel (*conduit*), baik pipa metal maupun pipa PVC.
- Kabel Jenis NYAF
Kabel jenis NYAF, adalah juga kabel berjenis tunggal namun berpenampang penghantar berupa kawat serabut. Kabel jenis ini dipasaran lebih mahal dari jenis NYA, oleh karena hanya banyak digunakan sebagai kabel control pada panel-panel listrik karena sifatnya yang lentur, dan dalam pemasangannya juga menggunakan pipa penyalur atau *conduit*.
- Kabel Jenis NYM
Kabel ini adalah kabel yang paling banyak digunakan didalam instalasi listrik baik diperumahan masyarakat maupun dikedung komersial, dalam pemasangannya ada yang menggunakan *conduit* dan ada yang langsung memasang langsung tanpa *conduit*.

Dalam Pengujian untuk pengambilan data awal ini, kabel yang diuji hanya satu jenis saja yaitu jenis NYA dengan penampang penghantar 1,5 mm², dimana sesuai dengan PUIL 2000 dimana dari table dapat dilihat bahwa arus nominal yang bisa alirkan oleh kabel jenis ini adalah 24 Amper.

Pengujian menggunakan kabel NYA ini saja karena kabel jenis NYA merupakan dasar dari jenis kabel lainnya. Penggunaan kabel NYM-pun pada dasarnya sama dengan kabel NYA namun ada tambahan lapisan isolasi PVC namun pada sambungan kabel, tetap saja yang disambung adalah kabel jenis NYA.

2. Dalam penyambungan kabel, baik didalam maupun diluar kotak sambung, untuk ini akan diuji beberapa jenis sambungan yang sering digunakan di lapangan.

Untuk itu akan diambil contoh dari beberapa jenis sambungan, dengan cara beberapa orang, baik dari kalangan tukang listrik, *foreman*, *supervisor* dan *engineer* untuk memberikan contoh sambungan kabel yang dikerjakan sendiri, dari cara ini didapat empat jenis sambungan yang sama yang paling banyak digunakan akan diuji.

II. TAHAP PELAKSANAAN PENGUJIAN

Dengan menggunakan kabel penghantar dengan ukuran yang banyak digunakan dilapangan ukuran 1,5 mmsq, kabel dialiri arus sama dengan arus nominalnya (Sesuai dengan BS 6004 Table 1 (c), BS 6231 and BS 6346).

1. Kemudian masing – masing kabel dibebani perlahan – lahan mulai dua kali arus nominalnya sampai dengan dibatasi empat kali arus nominalnya saja, sampai dengan kabel mulai terbakar, dan waktu terbakarnya diukur dan dikumpulkan untuk dijadikan data pengujian.

Pada saat mulai dibebani dengan menggunakan *thermograph* akan diikuti perkembangan tahapannya sehingga setiap langkah penelitian dapat diberikan gambaran yang lebih jelas.

Sesuai dengan PUIL 2000 3.13.3.2 jika terjadi hubungan pendek dalam suatu instalasi maka arus yang timbul adalah :

$$I_k = \frac{V_E}{V_E - V_{E1}} I \dots\dots\dots (4.1)$$

Dimana :

- I_k = Besarnya arus hubungan pendek dalam amper
- I = Besar arus yang diukur dalam amper pada saat bekerja normal
- V_E = Tegangan pada saat kondisi normal
- V_{E1} = Tegangan pada saat terjadinya hubungan singkat

Pada saat terjadinya hubungan arus singkat, maka arus yang timbul akan sangat besar bahkan cenderung tak terbatas, sesuai dengan persamaan pada PUIL 2000 – 3.24.4.3.2 disyaratkan dimana semua arus yang disebabkan oleh hubungan pendek yang terjadi pada setiap rangkaian, harus diputus dalam waktu yang tidak melampaui batas waktu yang membuat penghantar mencapai suhu batas yang dapat diterima.

Pada PUIL 2000 – 7.3.5.4 disebutkan pada kabel berisolasi PVC Resistansi Panas Jenisnya adalah 600°C cm/W, jika diberi tegangan pengenal 0,6 / 1kV sampai dengan 3,6 / 6 kV maka temperaturnya adalah 80°C.

Maka jika untuk hubungan pendek yang berdurasi sampai dengan lima detik maka waktu t (waktu yang diperlukan untuk menaikkan temperatur penghantar yang diijinkan dalam kerja normal sampai dengan mencapai suhu batas), dapat dihitung dengan rumus pendekatan sebagai berikut :

$$\sqrt{t} = k \cdot \frac{A}{I} \dots\dots\dots(4.2)$$

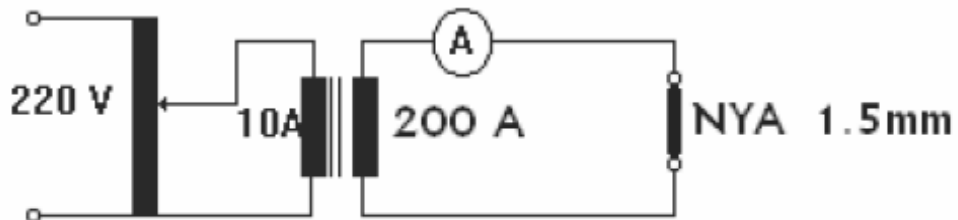
Dimana :

- t = waktu dalam detik
- A = Luas penampang dalam mm²
- I = Arus hubungan pendek dalam amper
- k = 115 untuk penghantar tembaga dengan isolasi tembaga

Kabel NYA tembaga dengan penampang 1,5 mm² dengan durasi yang diijinkan maksimum 5 detik untuk mencapai batas temperatur yang diijinkan , maka arus hubungan singkat yang terjadi adalah sebesar 77,35 amper, atau jika dibandingkan dengan PUIL 2000 Tabel 7.3-5a dimana disana dapat dilihat untuk kabel dengan ukuran tersebut hanya mempunyai kemampuan hantar arus sebesar 24 amper (kabel tembaga berinti tunggal, isolasi PVC, ditempatkan diudara dengan suhu keliling 30°C dan dengan tegangan pengenal 0,6/1kV), dari sini dapat dilihat bahwa arus hubungan singkat yang terjadi hampir empat kali lebih besar dari kemampuan hantar arusnya.

III. PROSEDUR PENGUJIAN

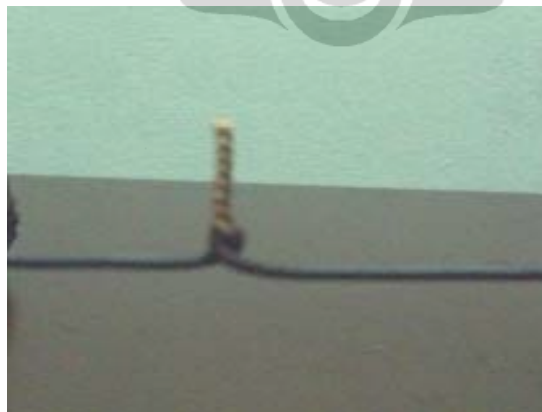
Dengan menggunakan rangkaian listrik untuk pengujian seperti yang digambar 1.7 dan digambarkan lagi pada gambar dibawah ini :



Gambar 4.1 : Rangkaian listrik pengujian kabel

Maka langkah pengujian adalah sebagai berikut :

1. Dengan menggunakan kabel NYA diameter 1.5 dibuat sambungan Jointing 0.0, dengan memberikan arus sebesar 1 x Arus nominalnya (PUIL 2000 : 24 Amper) dan kemudian dicatat kenaikan temperturnya setiap 1 menit samapai dengan menit kesepuluh dan data dicatat pada Tabel 5.1.
2. Prosedur yang sama juga dilakukan pada sambunga kabel pada jenis Jointing 0.1 dan Jointing 0.2 dan hasil pengamatan juga dicatatkan pada Tabel 5.1.
3. Tahap berikutnya dengan menaikkan arus nominalnya menjadi 2 x Arus nominal atau sama dengan 48 amper, maka Jointing 0.0, 0.1 dan Jointing 0.2 didata sama hanlnya dengan langkah pada butir 1 dan 2, hasil data pengamatan didata pada Tabel 5.2
4. Data yang dicatatkan pada Tabel 5.1 dan Tabel 5.2 semua sambungan dengan kondisi belum diisolasi.
5. Pada pendataan berikutnya dengan menggunakan Tabel 5.3, disini kabel NYA dengan diameter 1.5 mm diberikan arus dari 1 x arus nominalnya sampai dengan 4 kali arus nomilnyanya. Setiap 5 menit sekali didata berapa temperatur yang timbul pada sambungan kabel sampai dengan kabel mulai meleleh. Pada kabel NYA ini dengan diameter 1.5 mm ini dibuatkan empat jenis isolasi yang sudah disambung dengan menggunakan penyambung dan isolasi. Data hasil pengamatan ini dimasukkan dalam Tabel 5.3.
6. Untuk kabel dengan sambungan berlainan jenis yaitu kabel dengan diameter 1.5 mm namun dengan dua jenis kabel yang berbeda yaitu kabel jenis NYAF disambungkan dengan jenis NYA. Data dari pengamatan ini dimasukkan dalam Tabel 5.4
7. Adapun jenis sambungan yang diuji dapat dilihat pada gambar berikut ini :



Gambar 4.2 : Sambungan Kabel sejenis Jointing 0.0



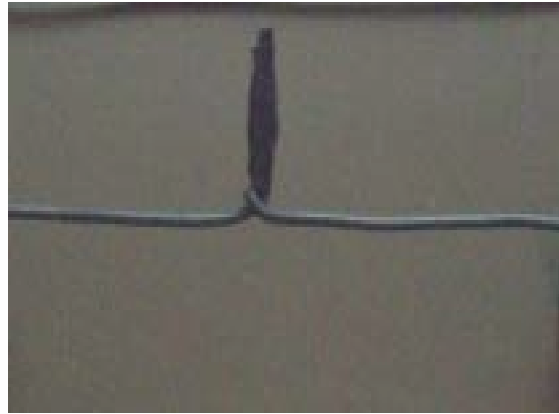
Gambar 4.3 : Sambungan Kabel sejenis Jointing 0.1



Gambar 4.4 : Sambungan Kabel sejenis Jointing 0.2



Gambar 4.5 : Sambungan Kabel sejenis, Jointing 1



Gambar 4.6 : Sambungan Kabel sejenis, Jointing 2

- Jointing 3 adalah jointing 0.1 diisolasi dengan PVC
- Jointing 4 adalah jointing 0.2 diisolasi dengan PVC

Sedangkan untuk sambungan yang tidak sejenis maka :

- Jointing 1 adalah jointing 0.0 diisolasi lasdop atau sama dengan Jointing 1 pada kabel sejenis.
- Jointing 2 Jointing 0.0 diisolasi atau sama dengan Jointing 2 pada jointing sejenis
- Jointing 3 tidak ada atau sama dengan jointing 2
- Jointing 4 adalah jointing 0.2 dan diisolasi.

BAB V

HASIL DAN PEMBAHASAN DATA PENGUJIAN

I. DATA DAN BAHASAN HASIL PENGUJIAN

Dari data-data yang didapat dari hasil pengujian ini dapat dilihat pada Tabel 5.1. Pada Tabel ini sambungan kabel tanpa isolasi diukur untuk dijadikan acuan pada kenaikan temperature sambungan.

Sedangkan Kabel adalah temperature yang terjadi pada kabel pada saat pengujian berlangsung. Pada pengukuran temperatur pada kabel ini, pengambilan data hanya dilakukan pada menit ke 5 dan ke sepuluh, sedangkan temperature lainnya didapat dari pendekatan rata-rata kenaikan dan penurunan temperature.

Tabel 5.1 : Tabel data pengujian sambungan dengan pembebanan $1 \times In$

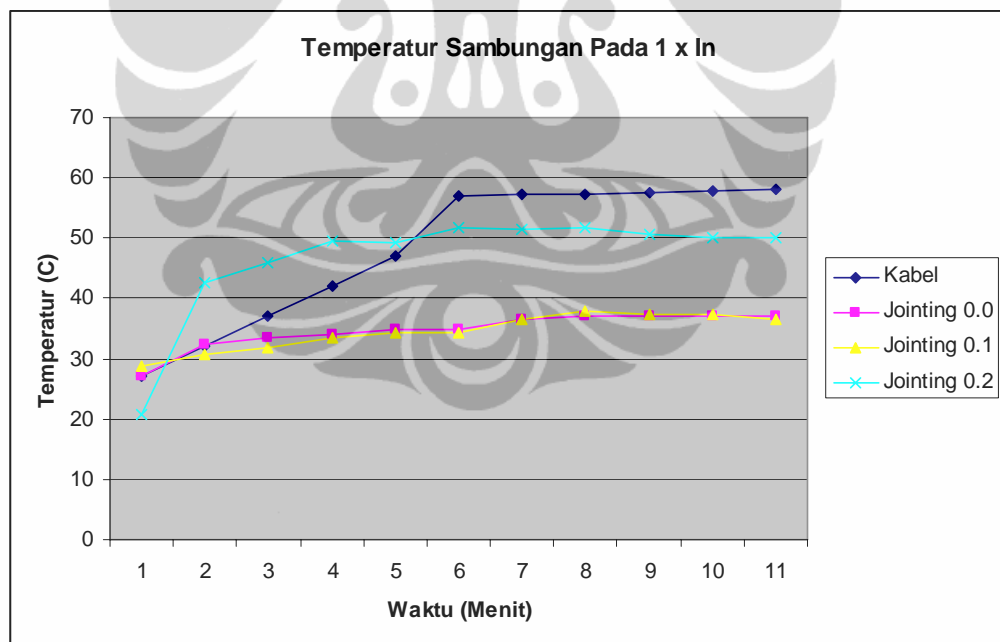
TABEL PERCOBAAN KEMAMPUAN HANTAR ARUS KABEL										Keterangan
NO	JENIS	UKURAN (MMSQ)	ARUS PEMBEBANAN (A)		WAKTU PEMBEBANAN (Detikt)	TEMPERATUR (°C)				
			x In	In		KABEL	JOINTIN 0.0	JOINTING 0.1	JOINTING 0.2	
					0	27.20	27.20	28.80	20.80	
1	NYA	1,5	1.0 In	24	1	32.17	32.50	30.70	42.50	
2					2	37.13	33.50	31.80	48.00	
3					3	42.10	34.10	33.40	49.80	
4					4	47.07	34.80	34.20	49.30	
5					5	57.00	36.00	34.20	51.70	
6					6	57.20	36.80	36.80	51.80	
7					7	57.40	37.00	37.80	51.70	
8					8	57.80	37.00	37.40	50.70	
9					9	57.80	37.20	37.40	50.10	
10					10	58.00	37.00	36.80	50.00	

Dari Tabel 5.1 dapat dilihat bahwa :

1. Kondisi kabel utuh tanpa sambungan pada pembebanan $1 \times In$, mempunyai temperature lebih tinggi dibandingkan temperature pada sambungan kabel tanpa isolasi pada ketiga jenis sambungan.
2. Lebih rendahnya temperature pada sambungan kabel tanpa isolasi ini dibandingkan dengan kabel tanpa sambungan ini dapat dijelaskan bahwa, pada sambungan kabel adanya dua permukaan yang disatukan sehingga memperluas penampang kabel. Dimana dengan menambah luas penampang kabel akan menurunkan nilai tahanan kabel, dimana dengan turunnya nilai tahanan kabel akan menurunkan temperature pada sambungan. Seperti dapat dilihat pada persamaan (3.8) dan persamaan (3.9) sehingga pelepasan panas pada sambungan bertambah.

3. Dari tiga jenis sambungan yang paling banyak digunakan sebagai aplikasi lapangan dapat dilihat bahwa sambungan yang terbaik adalah sambungan jenis Jointing 0.0 dan Jointing 0.1 yang kenaikan temperaturnya nyaris relative sama. Dimana dapat dilihat dengan penyambungan ini merupakan kombinasi antara sambungan langsung permukaan dengan permukaan ditambah dengan lilitan sehingga menghilangkan efek *Eddy Current*.
4. Dari kurva dapat dilihat bahwa sambungan dengan jenis Jointing 0.2 tanpa isolasi mempunyai tingkat kenaikan temperature yang relative tinggi dan hampir mendekati temperature kabelnya. Ini dapat dijelaskan karena pada sambungan ini mempunyai metal didalamnya dan ditambah dengan adanya baut metal yang menjepit yang bersentuhan langsung dengan kabel dan selongsong metal yang menyambung kabel, sehingga luasan perambatan panas lebih luas sehingga meningkatkan temperature pada sambungan selainnya banyaknya celah-celah kosong pada sambungan ini sehingga selain menambah tahanan pada kabel juga adanya efek kapasitansi yang meningkat *heat loss*.
Secara kurva dapat dilihat sebagai berikut :

Grafik 5.1 : Grafik temperature pada sambungan tanpa isolasi



5. Pada pembebanan arus 2 x In, dapat dilihat pada Tabel 5.2, terlihat bahwa pada kenaikan temperature yang naik yang menunjukkan kenaikan arus identik dengan kenaikan temperature dapat dilihat bahwa pada pembebanan arus ini dimana temperature mencapai 70°C, semua jenis sambungan mulai berasap. Seperti dapat dilihat pada Tabel 5.2 berikut ini :

Tabel 5.2 : Tabel data pengujian sambungan dengan pembebanan $2 \times I_n$

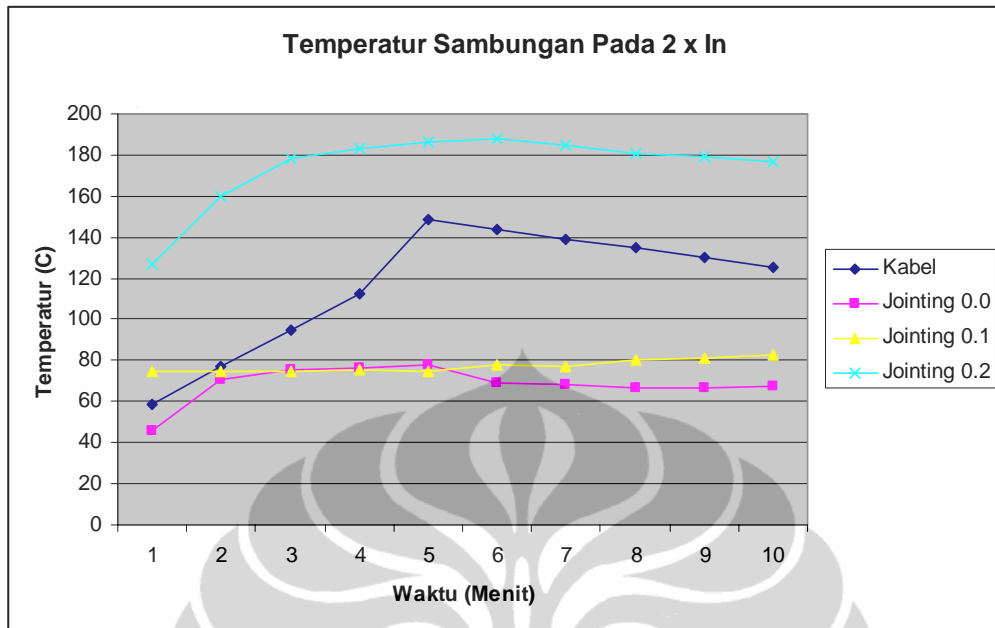
TABEL PERCOBAAN KEMAMPUAN HANTAR ARUS KABEL										Keterangan
NO	JENIS	UKURAN (MMSQ)	ARUS PEMBEBANAN (A)		WAKTU PEMBEBANAN (Detik)	TEMPERATUR (°C)				
			$x I_n$	I_n		KABEL	JOINTIN 0.0	JOINTING 0.1	JOINTING 0.2	
1	NYA	1,5	2.0 I_n	48	1	59.00	46.00	75.10	126.90	
2					2	76.90	70.70	74.40	159.70	
3					3	94.80	75.80	74.50	178.40	
4					4	112.70	76.50	75.70	183.00	
5					5	148.50	77.90	74.80	186.00	
6					6	143.90	69.30	78.20	187.70	
7					7	139.30	68.40	77.30	185.00	
8					8	134.70	66.70	80.70	181.00	
9					9	130.10	66.70	81.30	178.90	
10					10	125.50	67.50	83.00	176.50	

Melihat fenomena dimana pada saat dibebani arus $2 \times I_n$ dan dengan temperature 70°C kabel dan sambungan mulai berasap maka aturan yang dibuat oleh PUIL 2000 seperti pada persamaan(4.2) maka hal ini tidak berlaku, dimana jika luas penampang adalah 1.5 mm harus mampu menahan paling tidak empat kali dari arus nominalnya dan adanya sambungan yang mempunyai luas penampang 2×1.5 mm seharusnya bisa menahan sampai delapan kali arus nominalnya disini tidak terbukti.

Pada sambungan Jointing 0.0 dan Jointing 0.1 pada menit kesepuluh dapat dilihat perubahan warna karena kenaikan temperature yang awalnya berwarna tembaga , pada akhir menit kesepuluh sudah berubah menjadi berwarna perak. Sedangkan pada kabel Jenis 0.2 sambungan kabel sudah meleleh. Dengan fenomena yang sama, pada Jointing 0.2 dapat dilihat bahwa dengan kenaikan arus listrik pada sambungan dengan temperature pada akhir menit kesepuluh mencapai 176.5°C sudah menyebabkan Jointing dengan menggunakan PVC sudah meleleh, karena melting temperature PVC hanya mempunyai temperature 80°C .

Pada Grafik 5.2 dapat dilihat kondisi kabel dan sambungan kabel pada saat pembebanan $2 \times I_n$.

Grafik 5.2 : Grafik temperature pada sambungan dibebani 2 x In



Pada kurva 5.2 ini dapat dilihat bahwa temperature sambungan Jointing 0.2 bahkan kenaikan temperatur pada pembebanan 2 x In jauh melebihi temperature kabelnya sendiri.

- Jika dibandingkan dengan pengambilan pada saat semua sambungan telah diberikan isolasi dan pembebanan dengan arus listrik yang dinaikan perlahan sampai dengan 4 x In, maka data pengujian pada sambungan yang sejenis dapat dilihat hasil pengujian pada Tabel 5.3 berikut ini :

Tabel 5.3 : Tabel data pengujian sambungan kabel sejenis

TABEL PERCOBAAN KEMAMPUAN HANTAR ARUS KABEL											
NO	JENIS	UKURAN (MMSQ)	ARUS PEMBEBANAN (A)		WAKTU PEMBEBANAN (Menit)	TEMPERATUR (°C)					Keterangan
			x In	In		KABEL	JOINTING 1	JOINTING 2	JOINTING 3	JOINTING 4	
			0	0	0	30.00	28.30	28.20	34.30	33.40	
1	NYA	1,5	1.0 In	24	5	31.21	53.84	49.40	55.60	47.70	
2			1.5 In	30	10	31.89	67.17	57.20	67.60	58.80	
3			1.8 In	43	15	33.86	100.70	72.40	102.40	89.30	Berasap tipis
4			2.0 In	48	20	34.81	119.00	108.60	129.60	108.10	isolasi menggelembung
5			2.5 In	60	25	37.51	169.40	136.20	178.80	165.90	isolasi mulai meleleh
6			3.5 In	75	30	41.73	366.70	199.60	248.30	253.20	isolasi lumer
7			4.0 In	96	35	-	-	235.60	244.60	256.90	kabel membara
8			4.5 In	108	40	-	-	-	-	-	
9			5.0 In	120	45						

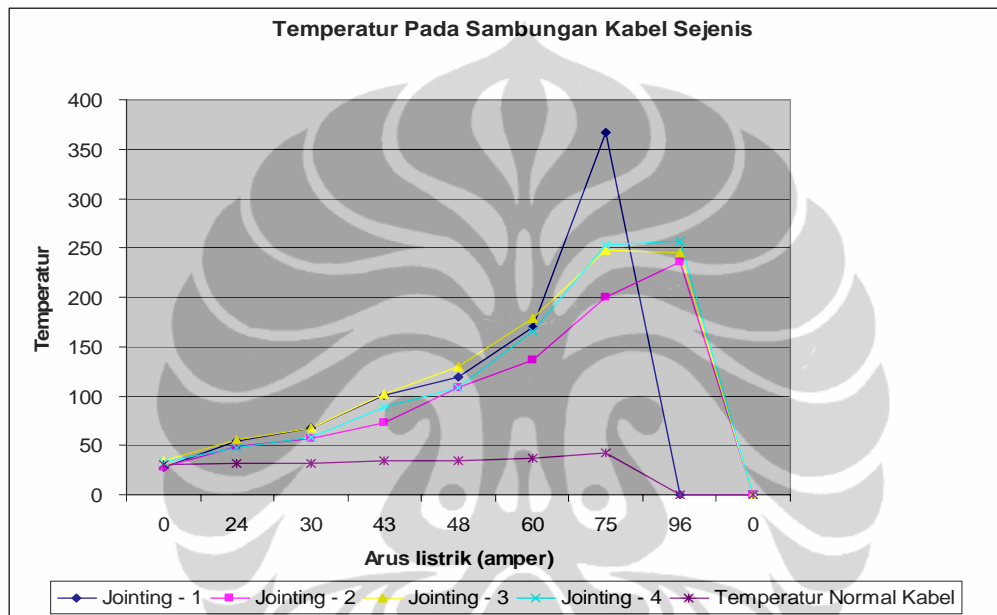
- Pada Menit kelima dibandingkan antara sambungan pada Tabel 5.1 dan 5.3 dapat dilihat bahwa semua sambungan kabel yang telah di tambahkan

dengan isolasi mengalami kenaikan temperature yang relative tinggi. Dimana setelah diabndingkan dengan sambungan tanpa isolasi maka :

- Jointing 1 menggunakan lasdop mempunyai ΔT : 18.84 °C
- Jointing 2 menggunakan isolasi PVC mempunyai ΔT : 13.40 °C
- Jointing 3 menggunakan isolasi PVC mempunyai ΔT : 21.40 °C
- Jointing 4 menggunakan isolasi PVC mempunyai ΔT : 4.00 °C

Kurva dari Tabel 5.3 ini dapat dilihat sebagai berikut :

Grafik 5.3 : Grafik temperature pada sambungan sejenis



Dari perbandingan tersebut diatas dapat dicermati sebagai berikut :

- Penggunaan isolasi sebagai pelindung dari bahaya sengatan arus listrik pada sisi yang lain meningkatkan *heat loss* pada sambungan kabel
- Penggunaan lasdop pada sambungan lebih mudah dan cepat dalam pelaksanaannya namun mempunyai ΔT yang relative tinggi
- Penggunaan sambungan Jointing 0.1 sebelum diisolasi mempunyai *heat loss* yang rendah namun pada saat isolasi mempunyai ΔT yang juga relative tinggi.
- Penggunaan Jointing 0.0 dengan isolasi mempunyai *heat loss* yang rendah dibandingkan jenis jointing lain yang diisolasi.
- Sedangkan Jointing 4 mempunyai *heat loss* rendah setelah diisolasi namun tidak disarankan untuk arus diatas 2 x In, sedangkan pemakaian arus inilah yang selama ini tidak bisa dikontrol. Dimana sebelum diisolasi *heat loss*nya sudah tinggi seperti pada Tabel 5.1.
(pengambilan data pada Jointing 4 ini setelah isolasi ini salah karena tidak pada spot yang sama, sehingga adanya perbedaan ΔT yang tajam)

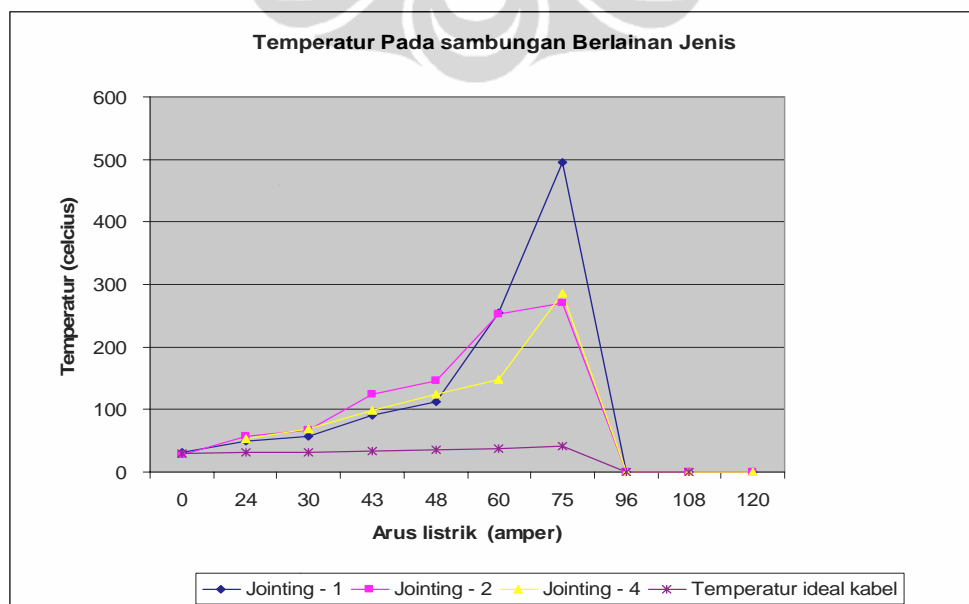
8. Sedangkan pada sambungan pada sambungan dengan lain jenis, acuan sambungan tetap menggunakan Tabel 5.1 karena pada PUIL 2000 Kemampuan hantar arus untuk jenis kabel NYA dan NYAF sama untuk diameter yang sama.

Pada Tabel 5.4 berikut dapat dilihat pengujian dengan menggunakan sambungan yang acuan Jointingnya sama seperti Tabel 5.3 namun pada Jointing 3 tidak diujikan karena pada pelaksanaan penyambungan dilapangan Jointing 3 tidak bisa pernah dilakukan. Hasil data dapat dilihat pada Tabel 5.4 dan grafik korelasinya dapat dilihat pada Kurva 5.4 berikut ini :

Tabel 5.4 : Tabel data pengujian sambungan kabel tidak sejenis

TABEL PERCOBAAN KEMAMPUAN HANTAR ARUS KABEL									Keterangan		
NO	JENIS	UKURAN (MMSQ)	ARUS PEMBEBANAN (A)		WAKTU PEMBEBANAN (Menit)	TEMPERATUR (°C)					
			x In	In		KABEL	JOINTING 1	JOINTING 2		JOINTING 3	JOINTING 4
			0	0	0	30.00	31.60	32.30		27.90	
1	NYA	1,5	1.0 In	24	5	31.21	49.20	53.80		56.80	
2	NYAF		1.5 In	30	10	31.89	57.40	69.40		67.80	
3			1.8 In	43	15	33.86	89.90	99.90		124.80	Berasap tipis
4			2.0 In	48	20	34.81	111.60	124.40		147.00	isolasi mulai menggelembung
5			2.5 In	60	25	37.51	255.10	160.00		252.60	isolasi mulai meleleh
6			3.5 In	75	30	41.73	494.60	256.60		269.60	isolasi lumer
7			4.0 In	96	35	.	.	.		.	kabel membara
8			4.5 In	108	40	.	.	.		.
9			5.0 In	120	45	.	.	.		.

Grafik 5.4 : Grafik temperature pada sambungan dengan kabel berlain jenis



Dari Tabel 5.4 ini dapat dilihat :

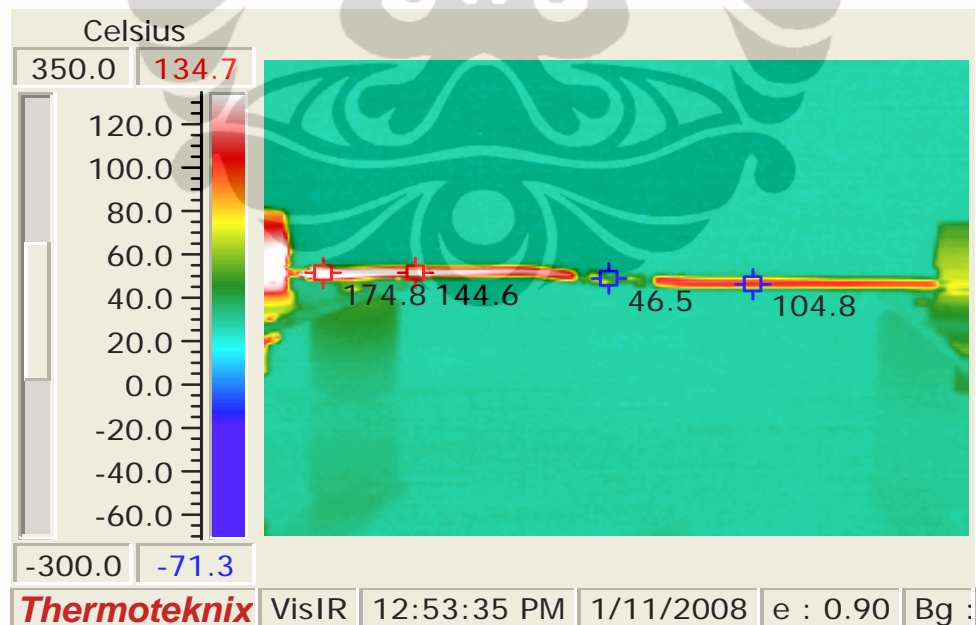
- Jointing 1 menggunakan lasdop mempunyai ΔT : 14.20 °C
- Jointing 2 menggunakan isolasi PVC mempunyai ΔT : 18.80 °C
- Jointing 4 menggunakan isolasi PVC mempunyai ΔT : 23.80 °C

Disini dapat dilihat untuk penyambungan kabel yang menggunakan Jointing 1 dengan lasdop mempunyai ΔT yang relative lebih rendah, hal ini karena kabel serabut mempunyai titik sentuh permukaan yang banyak, sehingga pada saat disambung dengan lasdop dimana serabut dipuntir dimana celah antar kabel akan saling mengisi dan titik sentuh akan lebih luas sehingga luasan penampang lebih luas dan bisa meredam efek kapasitif yang terjadi karena tidak rapatnya jarak antar serabut.

Memang efek kapasitif ini pada kabel-kabel kecil ini dampaknya juga tidak tersa dan kelihatan dibandingkan dengan kabel besar, sehingga pada kabel-kabel kecil efek ini sering diabaikan.

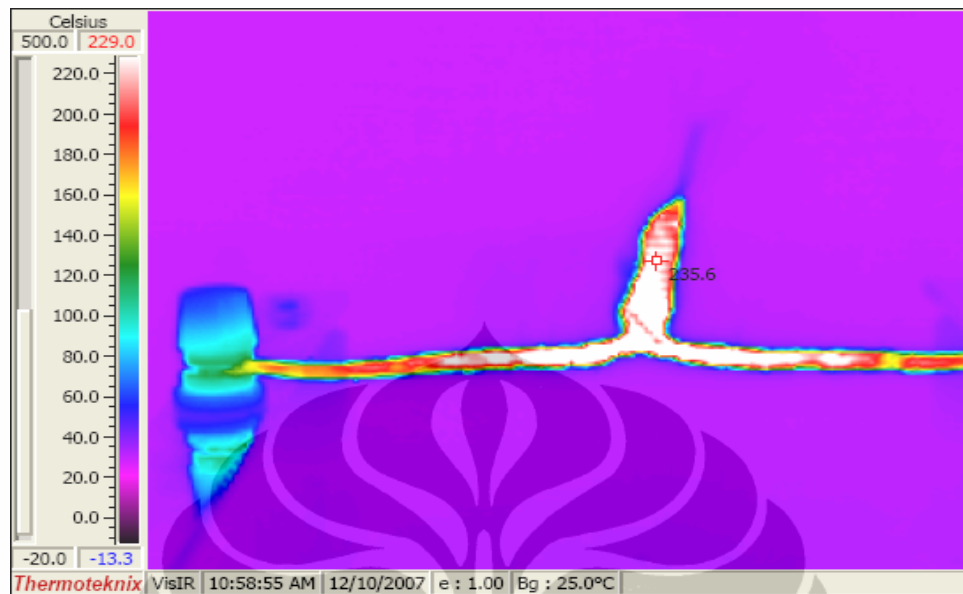
Namun secara umum bahwa sambungan dengan jenis Jointing 0.1 paling baik karena mempunyai heatloss yang rendah, namun jenis, bahan dan cara pelaksanaan isolasi sangat berpengaruh pada kenaikan temperatur pada sambungan.

Dimana pada sambungan sejenis yang mempunyai temperatur terendah pada sambungan yaitu sambungan pada model jointing 0.1, pada *thermal imaging* pada *thermographnya* dapat dilihat sebagai berikut :



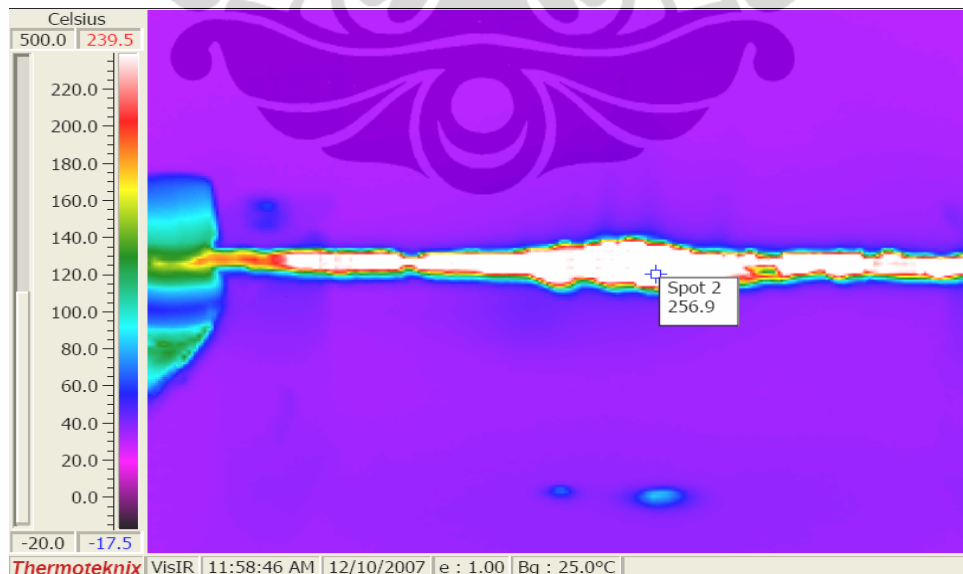
Gambar 5.1 : *Thermal imaging pada thermograph sambungan kabel jointing 0. 2 mempunyai temperature sambungan terendah untuk sambungan sejenis pada saat dibebani 1 x In pada menit ke - 5*

Pada sambungan sejenis setelah diisolasi maka sambungan yang mempunyai *heatloss* terendah adalah dengan jenis Jointing 2 seperti gambar berikut ini :



Gambar 5.2 : Thermal imaging pada thermograph sambungan kabel jointing 2 mempunyai temperature sambungan terendah untuk sambungan sejenis pada arus 96 A

Sedangkan untuk sambungan berlainan jenis maka temperature terendah adalah pada sambungan jenis jointing 2, seperti dapat dilihat pada *thermal imaging* pada gambar 5.3 berikut ini :



Gambar 5.3 : Thermal imaging pada thermograph sambungan kabel jointing – 4 mempunyai temperature sambungan terendah untuk sambungan pada pembebanan arus 96 A berlainan jenis

Namun walaupun mempunyai temperature sambungan terendah pada saat pembebanan 96 amper namun sambungan ini tidak direkomendasikan karena jika dilihat hasil data pada table 5.4 dapat dilihat sambungan jenis 4 ini pada pembebanan arus $2 \times I_n$ tanpa isolasi menunjukkan kerusakan pada kabel dan temperature yang relative tinggi.

II. PYROLISIS

Seperti yang dapat dilihat pada Tabel 3.4 bahwa untuk temperature isolasi PVC untuk hubungan singkat adalah 130°C , dan sesuai Table 3.7 untuk temperatur leleh PVC adalah $182^\circ\text{C} - 199^\circ\text{C}$.

Pada percobaan dapat dilihat bahwa pada saat kabel dibebani sampai dengan 43 amper atau pada saat temperature mencapai $73^\circ\text{C} - 100^\circ\text{C}$, sambungan kabel mulai mengeluarkan asap tipis, terjadinya pyrolisis pada saat temperature $112^\circ\text{C} - 145^\circ\text{C}$ dan mulai lumer pada saat temperature $254^\circ\text{C} - 361^\circ\text{C}$.

Pada saat terjadi hubungan singkat ataupun pada beban lebih, pada inti kabel (tembaga) terjadi panas yang mendekati titik lelehnya (*melting point*) pada 1083°C pada saat yang bersamaan isolasi kabel yang terbuat dari PVC sudah melewati batas titik lelehnya $182^\circ\text{C} - 199^\circ\text{C}$, maka terjadi reaksi pyrolisis dimana PVC mulai melepas unsur-unsur yang membentuknya menjadi gas sehingga terjadi penggelembungan pada isolasi kabel seperti yang dapat dilihat pada gambar 5.4



Gambar 5.4 : Proses terjadinya pyrolisis didalam kabel ditandai dengan penggelembungan pada isolasi kabel

Jika dicermati secara rata-rata temperature yang timbul pada sambungan kabel yang berlainan jenis, temperturnya lebih tinggi dari dari yang sambungan sejenis. Hal ini dikarenakan pada kabel serabut disipasi panas yang timbul lebih tinggi dari kabel tunggal karena adanya celah udara antar rambut-rambut kabel yang banyak sehingga jarak antar kabel diisi oleh udara dan yang menyebabkan timbulnya kapasitansi, yang menimbulkan tahanan tambahan pada kabel dan sehingga pada sambungan ini selain

adanya energi yang mengalir ditambah lagi dengan adanya kapasitansi pada sambungan dan kabelnya sendiri.

Pada satu saat dimana tekanan gas yang terjadi akan menembus isolasi PVC dan maka terjadilah semburan gas seperti yang dapat dilihat pada gambar 5.5



Gambar 5.5 : Terlepasnya gas hasil pyrolisis yang menyembur dari isolasi kabel

Semburan gas inilah yang jika terjadi di dekat dinding atau diatas plafon akan membentuk suatu pola (pattern) berbentuk V seperti yang dapat dilihat pada gambar 5.6 Maka dari tempat-tempat seperti inilah penyelidikan terjadinya kebakaran atau sumber api dimulai terutama yang diakibatkan oleh listrik.



Gambar 5.6 : V- Pattern akibat semburan gas hasil pyrolisis yang membentuk pola khas pada dinding

Dari titik-titik pola semburan inilah titik awal para petugas forensik untuk melakukan penelitian dan penyelidikan penyebab kebakaran.

III. MENENTUKAN HAMBATAN KONTAK ISOLASI

Jika temperature sambungan dalam kondisi belum diisolasi katakanlah Jointing 0.1 sebagaimana terukur pada table 4.1 pada menit ke lima adalah 34.2 °C dan arus yang mengalir 24A dan hambatan listrik $1.724 \times 10^{-8} \Omega/m$ dan temperature berada dalam ruangan dengan temperature 30 °C setelah diisolasi temperature terukur adalah 55.6 °C. Jika konduksi antara kabel dengan lingkungan adalah $25 \text{ W/ m}^2 \cdot \text{K}$. Maka :

$$q = P = I^2 \cdot R = (24)^2 \cdot (6 \times 10^{-4}) = 0.33 \text{ L watt}$$

$$q = h_t A (T_w - T)$$

$$R_{tc} = \frac{A(T_1 - T_2)}{q} = \frac{25 \text{ W/ m}^2 \cdot \text{K} (55.6^\circ - 34.2^\circ)}{42}$$

$$R_{tc} = \frac{535}{42} = 12.7 \text{ W/ m}^2 \cdot \text{K}$$

Jika isolasi dengan ketebalan 0.001 mm dililitkan sebanyak 15 lilitan maka setiap lilitan mempunyai hambatan kontak sebesar $0.845 \text{ W/ m}^2 \cdot \text{K}$.