

KETAHANAN ISOLASI KAWAT POLY VINIL FORMALDEHID (PVF)

Dedi Harianto Sitompul

Dosen Jurusan Teknik Elektro Universitas Darma Agung
Jl.Dr.TD. Pardede No.21 Medan

ABSTRAK

Perkembangan industri di Indonesia ini mengalami kemampuan yang cukup pesat di tahun-tahun terakhir ini, sejalan dengan itu maka banyak pula masalah yang timbul. Untuk mengatasi masalah yang tersebut perlu diadakan pengujian terhadap hasil suatu produk industri guna mengetahui sifat-sifat bahan yang diproduksi agar hasil suatu produk dapat digunakan sesuai dengan standard-standard dan kualitas yang baik. Pengujian juga bermanfaat mencegah timbulnya bahaya terhadap diri manusia dan lingkungan sekitarnya yang disebabkan tembusnya (breakdown) isolasi kabel. Sehingga pengujian yang dilakukan berulang-ulang sangat baik dalam pemilihan konduktor yang akan dipergunakan. Setiap bahan-bahan hasil produk industri sebelum digunakan sebagai bagian bagian dari suatu peralatan misalnya untuk coil transformator harus diuji berdasarkan standard-standard yang telah ditentukan. Hal ini bertujuan agar bahan-bahan tersebut dapat diketahui sifat-sifat dielektriknya dari hasil pengujian, maka akan diambil suatu kesimpulan apakah bahan tersebut layak untuk dipakai atau tidak.

1. PENDAHULUAN

Perkembangan industri di Indonesia mengalami kemajuan yang cukup pesat di tahun-tahun akhir-akhir ini. Sejalan dengan itu, banyak masalah yang timbul. Untuk mengatasi masalah tersebut perlu diadakan pengujian terhadap hasil produk industri untuk mengetahui sifat-sifat bahan yang diproduksi agar hasil suatu produk dapat digunakan sesuai dengan standard-standard kualitas yang baik.

Disamping hal tersebut hasil pengujian juga bermanfaat mencegah timbulnya bahaya terhadap diri manusia dan lingkungan sekitarnya, yang disebabkan tembusnya isolasi kabel.

Untuk itu sebaiknya setiap bahan-bahan hasil produksi industri sebelum

digunakan sebagai bagian dari suatu peralatan misalnya untuk koil transformator harus diuji berdasarkan standard-standard yang telah ditentukan. Hal ini bertujuan agar bahan-bahan tersebut dapat diketahui sifat-sifat dielektriknya dari hasil pengujian, maka dapat diambil suatu kesimpulan apakah bahan tersebut layak untuk dipakai atau tidak.

2. ISOLASI LISTRIK

Isolasi adalah sifat bahan yang dapat memisahkan secara elektris dua buah penghantar atau lebih yang berdekatan sehingga tidak terjadi kebocoran arus. Isolasi tersebut dirancang untuk dapat dipakai secaraterus menerus pada tegangan 10 - 15 % lebih tinggi dari

tegangan yang diperbolehkan, hal ini dilakukan untuk menjaga kemungkinan adanya perubahan tegangan pada saat beroperasi, dan mempunyai kekuatan untuk menjamin faktor keselamatan yang diperlukan. Kegagalan (Failure) dapat terjadi disebabkan karena isolasi memburuk (*deterioration*) atau karena terjadi kegagalan (*break down*) pada bagian-bagiannya. Pada umumnya bahan-bahan isolasi sangat sukar diketahui sifat-sifat dielektriknya.

2.1 Klasifikasi Bahan Isolasi Listrik

Klasifikasi Bahan Isolasi Listrik terhadap temperatur dapat dilihat pada tabel dibawah ini:

Tabel 1 Klasifikasi Bahan Isolasi Listrik

Kelas	Temperatur Maks (°c)
Y	90 °c
A	105 °c
E	120 °c
B	130 °c
F	155 °c
H	180 °c
C	>180 °c

2.2 Isolasi Kawat PVF

Salah satu bahan polimer isolasi yang digunakan adalah bahan isolasi yang berjenis PVF (polyvinyl formadehid) bahan ini dapat di dapat dengan proses formulasi (formaldehid) dari polivinil klorida dan metanal yang menghasilkan polyvinyl formaldehid (PVF). Karena isolasi ini mempunyai isolasi listrik dan daya rekat yang baik dengan logam dipakai sebagai lapisan isolasi listrik setelah dicampurkan dengan alkifenal (kabel yang diisolasi formal) PVF (polyvinyl formadehid) memiliki sifat baik dalam tahanan

terhadap panas air minyak bahankimia dan abrasi terdegradasi dengan meningkatkan temperature.

Sifat-sifat isolasi jenis PVF (polivinil formaldehid) ini dapat dilihat dalam Table 1 sebagai berikut :

Table 1 Sifat-Sifat Isolasi Jenis PVF

POLIVINIL (PVF)	FORMALDEHID	SIMAN
Berat Jenis 1,2-1,4		
Kekuatantarik (KGF/M ²)		6,3-8,4
Kekuatan (KGF/CM/CM ²)	Impak	7-11
Perpanjang (%)		2.2-4,2
Tahanan Volume (Ω-CM)		10-15
Kekuatan Putus Dielektrik (KV/MM)		12-14
Konstanta Dielektrik (10HZ)		3,0
Penyerapan Air (24],3 MM TEBAL %)		0.8

2.3 Konduktor Kawat Tembaga

Konduktor adalah bahan dengan resistansi rendah untuk dilalui arus listrik pada suatu kabel berarti kawat yang secara listrik kontiniu atau kawat membentuk bagian konduksi

Tembaga logam yang mempunyai konduktivitas listrik dan thermal yang baik sifat mekanisnya baik, tahan terhadap karat penyambungan. Konduktor yang dibuat dari tembaga mempunyai kemampuan khusus untuk mengalirkan arus listrik yang tinggi yang dikuatkan untuk menjaga kelenturannya sejumlah kawat tembaga dijalin menjadi satu ini dilakukan untuk ukuran yang besar.

2.4 Tegangan Tembus

Terjadinya perubahan secara tiba-tiba pada suatu isolasi dari keadaan non konduksi menjadi konduksi ketika

isolasi itu dihadapkan pada medan listrik yang cukup kuat perubahan ini bisa mengakibatkan kerusakan inilah yang kita sebut bocoran listrik sementara isolasi berfungsi sebagai pelindung alat-alat dari isolasi ini disebut dengan isolator . Peristiwa kegagalan suatu bahan isolasi dalam melaksanakan fungsinya disebut break down dan tegangan yang menyebabkan breakdown ini disebabkan tegangan tembus atau tegangan down.

3. Bahan Uji

Data dimensi konduktor tembaga adalah sebagai berikut pada Tabel 2

Table 2 Ukuran Diameter Kawat.

No	Ukuran pabrik diameter kawat (mm)	Berat (gram) (p=50 cm)	HASIL UKUR	
			Dengan isolasi (mm)	Tanpa isolasi (mm)
1	0,80	2,215	0,89	0,80
2	1,0	3,500	1,115	1,00
3	1,10	4,146	1,21	1,10
4	1,20	5,900	1,32	1,21
5	1,30	6,850	1,41	1,29
6	1,40	8,850	1,50	1,395
7	1,50	8,150	1,62	1,502
8	1,60	8,975	1,72	1,60
9	1,70	10,100	1,79	1,70
10	1,80	11,445	1,92	1,81

Data Hasil Pengujian Resistifitas Konduktor Tembaga adalah ditunjukkan pada Tabel 3 sebagai berikut :

Tabel 3 Nilai Resistifitas.

N O	DIAMET ER KAWAT (MM)	TAHANA N (Ω)	TEMPERAT UR ($^{\circ}$ C)

1	0,8	0,017476 5	24,8
2	1,0	0,011114	28,5
3	1,10	0,009357 9	27,6
4	1,20	0,007684 1	30,3
5	1,30	0,006647 2	27
6	1,40	0,005762 45	30
7	1,50	0,004907 15	32
8	1,60	0,004416 15	30,5
9	1,70	0,003874	27
10	1,80	0,003435 3	30,2

Data Hasil Pengujian Tegangan Tembus (break down) Untuk Konduktor Tembaga ditunjukkan pada Table 4 sebagai berikut:

Tabel 4 Nilai Tegangan Tembus

NO	DIAMETER KAWAT (mm)	TEGANGAN TEMBUS (KV)
1	0,8	12
2	1,0	20
3	1,10	18
4	1,20	15
5	1,30	11
6	1,40	20
7	1,50	12
8	1,60	14
9	1,70	18
10	1,80	14

Data hasil pengujian konduktivitas (%) untuk konduktor tembaga dalam Tabel 5 sebagai berikut :

Tabel 5 Nilai Konduktifitas

NO	DIAMETER (mm)	KONDUKTIVITAS (%)
1	0,8	100,8
2	1,0	101,5
3	1,10	101,7
4	1,20	101,5
5	1,30	100,4
6	1,40	100,9
7	1,50	100,3
8	1,60	100,6
9	1,70	100,6
10	1,80	101

4. PEMBAHASAN

Pengolahan data hasil pengujian ini dimaksudkan sesuai dengan tujuan pengujian yaitu meneliti ketebalan isolasi, konduktivitas diameter konduktor tegangan tembus pinhole serta dapat mengetahui sifat kondisi tegangan dengan uraian pengolahan dari hasil pengujian perhitungan tahanan kawat (Rx)

4.1 Analisa Data Hasil pengujian Resistifitas Untuk Konduktor Tembaga (Rx)

Perhitungan tahanan konduktor berdasarkan percobaan temperature dimana besarnya tahanan konduktor pada temperature 20 °c dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$R_{20} = Rx \left[\frac{234,5 + 20}{234,5 + Tk} \right]$$

$$R_{20} = Rx \left[\frac{Rx + \alpha}{1} \right] \times 1000$$

Dimana :

Rx = tahanan konduktor

Tk = temperature kamar

I = panjang kawat pengujian

A = koefisien temperature tahanan

Dari besarnya tahanan konduktor pada temperature 75°C dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$R_{75} = \left[\frac{234,5 + 75}{234,5 + 20} \right] + R_{20}$$

Berdasarkan data hasil pengujian dapatlah kita peroleh besar tahanan pada temperature 20°C dan 75°C, dimana untuk kawat pengujian diambil sepanjang 50 cm sebagai berikut :

Untuk Rx = 0,0174765 Ω, pada t = 24°C, dimana α = 0,981

Maka tahanan pada 20°C dan 75°C adalah :

Tahanan pada 20°C adalah :

$$R_{20} = \frac{Rx \cdot \alpha}{1} \times 1000$$

$$R_{20} = \frac{0,0174765 \Omega \times 0,981}{0,5 m} \times 1000$$

$$R_{20} = 34,289 \Omega / Km$$

Tahanan pada 75°C adalah :

$$R_{75} = \left[\frac{234,5 + 75}{234,5 + 20} \right] \times R_{20}$$

$$R_{75} = \left[\frac{234,5 + 75}{234,5 + 20} \right] \times 34,289 \Omega / Km$$

$$R_{75} = 41,699 \Omega / Km$$

Untuk Rx = 0,01114 Ω, pada t = 28,5°C, dimana α = 0,966

Maka pertahanan pada 20°C dan 75°C adalah :

Tahanan pada 20°C adalah :

$$R_{20} = \frac{Rx \cdot \alpha}{1} \times 1000$$

$$R_{20} = \frac{0,01114 \Omega \times 0,966}{0,5 m} \times 1000$$

$$R_{20} = 21,522 \Omega / Km$$

Tahanan pada 75°C adalah :

$$R_{75} = \left[\frac{234,5 + 75}{234,5 + 20} \right] \times R_{20}$$

$$R_{75} = \left[\frac{234,5 + 75}{234,5 + 20} \right] \times 21,522 \Omega / Km$$

$$R_{75} = 41,699 \Omega / Km$$

Untuk Rx = 0,0093579 Ω, pada t = 27,6°C, dimana α = 0,970

Maka tahanan pada 20°C dan 75°C adalah :

Tahanan pada 20°C adalah :

$$R_{20} = \frac{R_x \cdot \alpha}{1} \times 1000$$

$$R_{20} = \frac{0,0093579\Omega \times 0,970}{0,5 m} \times 1000$$

$$R_{20} = 18,154\Omega / Km$$

Tahanan pada 75°C adalah :

$$R_{75} = \left[\frac{234,5 + 75}{234,5 + 20} \right] \times R_{20}$$

$$R_{75} = \left[\frac{234,5 + 75}{234,5 + 20} \right] \times 18,154 \Omega / Km$$

$$R_{75} = 22,077\Omega / Km$$

Untuk $R_x = 0,0076841 \Omega$, pada $t = 30,3$, dimana $\alpha = 0,959$

Maka tahanan pada 20°C dan 75°C adalah :

Tahanan pada 20°C adalah :

$$R_{20} = \frac{R_x \cdot \alpha}{1} \times 1000$$

$$R_{20} = \frac{0,0076841\Omega \times 0,959}{0,5 m} \times 1000$$

$$R_{20} = 14,738\Omega / Km$$

Tahanan pada 75°C adalah :

$$R_{75} = \left[\frac{234,5 + 75}{234,5 + 20} \right] \times R_{20}$$

$$R_{75} = \left[\frac{234,5 + 75}{234,5 + 20} \right] \times 14,738\Omega / Km$$

$$R_{75} = 17,923\Omega / Km$$

Untuk $R_x = 0,0066472 \Omega$, pada $t = 27^\circ C$, dimana $\alpha = 0,973$

Maka tahanan pada 20°C dan 75°C adalah :

Tahanan pada 20°C adalah :

$$R_{20} = \frac{R_x \cdot \alpha}{1} \times 1000$$

$$R_{20} = \frac{0,0066472\Omega \times 0,973}{0,5 m} \times 1000$$

$$R_{20} = 12,935\Omega / Km$$

Tahanan pada 75°C adalah :

$$R_{75} = \left[\frac{234,5 + 75}{234,5 + 20} \right] \times R_{20}$$

$$R_{75} = \left[\frac{234,5 + 75}{234,5 + 20} \right] \times 12,935 \Omega / Km$$

$$R_{75} = 15,730\Omega / Km$$

Untuk $R_x = 0,00576245 \Omega$, pada $t = 30^\circ C$, dimana $\alpha = 0,962$

Maka tahanan pada 20°C dan 75°C adalah :

Tahanan pada 20°C adalah :

$$R_{20} = \frac{R_x \cdot \alpha}{1} \times 1000$$

$$R_{20} = \frac{0,00576247\Omega \times 0,962}{0,5 m} \times 1000$$

$$R_{20} = 11,086\Omega / Km$$

Tahanan pada 75°C adalah :

$$R_{75} = \left[\frac{234,5 + 75}{234,5 + 20} \right] \times R_{20}$$

$$R_{75} = \left[\frac{234,5 + 75}{234,5 + 20} \right] \times 11,086 \Omega / Km$$

$$R_{75} = 13,481\Omega / Km$$

Untuk $R_x = 0,00490715 \Omega$, pada $t = 32^\circ C$, dimana $\alpha = 0,955$

Maka tahanan pada 20°C dan 75°C adalah :

Tahanan pada 20°C adalah :

$$R_{20} = \frac{R_x \cdot \alpha}{1} \times 1000$$

$$R_{20} = \frac{0,00490715\Omega \times 0,955}{0,5 m} \times 1000$$

$$R_{20} = 9,372\Omega / Km$$

Tahanan pada 75°C adalah :

$$R_{75} = \left[\frac{234,5 + 75}{234,5 + 20} \right] \times R_{20}$$

$$R_{75} = \left[\frac{234,5 + 75}{234,5 + 20} \right] \times 9,372 \Omega / Km$$

$$R_{75} = 11,397\Omega / Km$$

Untuk $R_x = 0,00441615 \Omega$, pada $t = 30,5^\circ C$, dimana $\alpha = 0,959$

Maka tahanan pada 20°C dan 75°C adalah :

Tahanan pada 20°C adalah :

$$R_{20} = \frac{R_x \cdot \alpha}{1} \times 1000$$

$$R_{20} = \frac{0,00441615\Omega \times 0,959}{0,5 m} \times 1000$$

$$R_{20} = 8,470\Omega / Km$$

Tahanan pada 75°C adalah :

$$R_{75} = \left[\frac{234,5 + 75}{234,5 + 20} \right] \times R_{20}$$

$$R_{75} = \left[\frac{234,5 + 75}{234,5 + 20} \right] \times 8,470 \Omega / Km$$

$$R_{75} = 10,300 \Omega / Km$$

Untuk $R_x = 0,003874 \Omega$, pada $t = 27^\circ C$,
dimana $\alpha = 0,973$

Maka tahanan pada $20^\circ C$ dan $75^\circ C$
adalah :

Tahanan pada $20^\circ C$ adalah :

$$R_{20} = \frac{R_x \cdot \alpha}{1} \times 1000$$

$$R_{20} = \frac{0,003874 \Omega \times 0,973}{0,5 m} \times 1000$$

$$R_{20} = 7,538 \Omega / Km$$

Tahanan pada $75^\circ C$ adalah :

$$R_{75} = \left[\frac{234,5 + 75}{234,5 + 20} \right] \times R_{20}$$

$$R_{75} = \left[\frac{234,5 + 75}{234,5 + 20} \right] \times 7,538 \Omega / Km$$

$$R_{75} = 9,167 \Omega / Km$$

Untuk $R_x = 0,0034353 \Omega$, pada $t =$
 $30,2^\circ C$, dimana $\alpha = 0,959$

Maka tahanan pada $20^\circ C$ dan $75^\circ C$
adalah :

Tahanan pada $20^\circ C$ adalah :

$$R_{20} = \frac{R_x \cdot \alpha}{1} \times 1000$$

$$R_{20} = \frac{0,0034353 \Omega \times 0,959}{0,5 m} \times 1000$$

$$R_{20} = 6,588 \Omega / Km$$

Tahanan pada $75^\circ C$ adalah :

$$R_{75} = \left[\frac{234,5 + 75}{234,5 + 20} \right] \times R_{20}$$

$$R_{75} = \left[\frac{234,5 + 75}{234,5 + 20} \right] \times 6,588 \Omega / Km$$

$$R_{75} = 8,011 \Omega / Km$$

Untuk mengetahui kemurnian
dari tembaga, maka pada tahanan $75^\circ C$

tidak boleh melebihi standard yaitu
dengan menggunakan rumus :

$$R_{75} = \frac{0,0211415}{A} \times 1000 \Omega / Km$$

Dimana :

$$A = \frac{\pi}{4} d^2$$

Salah satu contoh diambil pada
penampang berdiameter 0,8 mm dimana :

$$A = \frac{3,14}{4} (0,8)^2$$

$$A = 0,5024 \text{ mm}^2$$

Maka didapat kemurnian tembaga pada
temperature $75^\circ C$

$$R_{75} = \frac{0,0211415}{0,5024} \times 1000 \Omega / Km$$

$$R_{75} = 42,081 \Omega / Km$$

Dari hasil perhitungan kondisi
temperature $75^\circ C$ diatas dapat
disimpulkan bahwa tahanan konduktor
tembaga untuk diameter 0,8 mm masih
dibawah standard yaitu tidak melebihi
tahanan sebesar 42,081 Ohm/Km.

Dari hasil perhitungan diatas
bahwa tahanan pada temperature $20^\circ C$
dan $75^\circ C$ masih berada dibawah standard
seperti terlihat pada tabel di bawah ini :
Dari hasil perhitungan pada temperature
 $20^\circ C$ dan $75^\circ C$ dapat terlihat pada Table 6
sebagai berikut :

Tabel 6 Data Hasil Perhitungan Tahanan Konduktor

Diameter Konduktor (mm)	Temperature $20^\circ C$		Temperature $75^\circ C$	
	Tahanan Konduktor Max Standard	Tahanan Konduktor Hasil Pengukuran	Tahanan Konduktor Max Standard	Tahanan Konduktor Hasil Pengukuran
0,80	36,08	34,289	42,081	41,699
1,00	23,33	21,522	26,931	26,173

1,10	19,17	18,154	22,277	22,077
1,20	16,04	14,738	18,709	17,923
1,30	13,61	12,935	15,943	15,730
1,40	11,70	11,086	13,746	13,481
1,50	10,16	9,372	11,971	11,397
1,60	8,906	8,470	10,523	10,300
1,70	7,871	7,538	9,321	9,167
1,80	7,007	6,588	8,313	8,011

Hasil perhitungan untuk panjang kawat 0,5 m , besar konduktivitas kawat adalah sebagai berikut:

Tabel 7 Besar Konduktivitas Untuk Panjang Kawat 0,5 Meter

Diameter Kawat (mm)	Rx Ω	Berat (gram)	Temperatur ($^{\circ}\text{C}$)	α (%)
0,80	0,0174765	2,215	24,8	100,8
1,00	0,1114	3,500	28,5	101,5
1,10	0,0093579	4,146	27,6	101,7
1,20	0,0076841	5,115	30,3	101,5
1,30	0,0066472	5,900	27	101,4
1,40	0,00576245	6,850	30	100,9
1,50	0,00490715	8,150	32	100,3
1,60	0,00441615	8,975	30,5	100,6
1,70	0,003874	10,100	27	100,6
1,80	0,0034353	11,445	30,5	101

4. Kesimpulan

Dari hasil pengujian dapat disimpulkan,

1. Berdasarkan fungsi isolasi mutlak perlu dan sangat penting sekali fungsinya di dalam bidang teknik tegangan tinggi serta pemakaian tenaga listrik.
2. Kualitas isolasi yang seimbang didapatkan dari pengujian yang dilakukan secara berulang ulang
3. Banyak bahan isolasi yang dibuat dengan tebal terbatas, pada kenyataanya banyak sekali kebenarannya menunjukkan bahwa gaya dielektrik suatu bahan isolasi jarang naik, bahkan selalu turun dengan kenaikan tebal isolasi. Apabila diuji dalam medan yang tidak seragam.