

PENGUJIAN TEGANGAN TEMBUS PADA ISOLASI RUBBER DALAM RENDAMAN MINYAK

Slamet Hani¹

¹Jurusan Teknik Elektro, Institut Sains & Teknologi AKPRIND Yogyakarta

Masuk: 15 April 2016, revisi masuk : 21 Mei 2016, diterima: 17 Juni 2016

ABSTRACT

Insulation materials used to secure the power lines must be guaranteed in advance to endure, and perform as expected. Insulation materials fatal failure in the operation of electric power, as it will cause the cessation of service. Those problems be a very interesting experiment, in this study will be carried out tests on the insulation tape made from rubber. Tests will be carried out in open air conditions and immersed in transformer oil. The testing focused on aspects of the thickness of the specimen. After testing that the test results of high voltage states, in the open air breakdown voltage greater because of the thickness affects the breakdown voltage. And when soaked breakdown voltage value decreases due to the ugly rubber chemical properties of oil resistance and solvent resistance. Insulating tape Scotch™ 130C Linerless Rubber Splicing Tape 3M production has a breakdown voltage of 22 888 V in the open air with a thickness of 0.762 mm and 25 833 V transformer oil in a bath with a thickness of 0.762 mm for 20 minutes immersion.

Keywords: testing, isolation, breakdown voltage

INTISARI

Bahan isolasi yang akan digunakan untuk menahan tegangan listrik terlebih dahulu harus diketahui besar tegangan yang mampu ditahannya, agar dalam tugasnya menahan tegangan tidak mengalami kegagalan. Kegagalan bahan isolasi berakibat fatal dalam operasi tenaga listrik, karena akan menyebabkan terhentinya pelayanan. Permasalahan tersebut sangat menarik untuk dijadikan eksperimen, yang dalam penelitian ini khusus pada isolasi pita yang berbahan karet. Pengujian akan dilakukan pada kondisi udara terbuka dan direndam pada minyak transformator. Pengujian tersebut difokuskan pada aspek ketebalan benda uji. Setelah dilakukan pengujian tegangan tinggi ternyata, pada udara terbuka tegangan tembus semakin besar sesuai ketebalan untuk mengatasi tegangan tembus tersebut. Dan saat direndam nilai tegangan tembus menurun karena sifat kimia karet jelek terhadap ketahanan minyak dan ketahanan pelarut. Isolasi pita Scotch™ 130C Linerless Rubber Splicing Tape produksi 3M memiliki tegangan tembus sebesar 22.888 V di udara terbuka dengan ketebalan 0,762 mm dan 25.833 V dalam rendaman minyak transformator dengan ketebalan 0,762 mm selama 20 menit rendaman.

Kata Kunci : pengujian, isolasi, tegangan tembus

PENDAHULUAN.

Penyediaan energi listrik pada konsumen melibatkan sistem tenaga listrik dari pembangkit, transmisi, distribusi, dan pusat-pusat beban. Dalam penyaluran tenaga listrik dari pembangkit ke konsumen tersebut sarana yang digunakan adalah kabel listrik sebagai penghantar daya. Secara umum kabel

daya listrik terbagi menjadi dua yaitu kabel berisolasi dan kabel tanpa isolasi.

Kabel yang berisolasi terdiri dari penghantar, lapisan isolasi (*insulation*), *screen*, dan *protective sheaf*. Isolasi kabel berfungsi untuk memisahkan antar dua penghantar bertegangan dan kawat netral/tidak bertegangan. Karena fungsi yang penting inilah, maka isolasi kabel menjadi perhatian yang cukup serius

sehingga isolasi pada kabel mampu menaham pembebanan medan listrik dan mampu membawa daya baik dalam keadaan kontinyu ataupun keadaan hubungan singkat.

Isolasi padat pada isolasi kabel dikelompokkan menjadi isolasi kertas dan isolasi sintesis/polimer. Isolasi sintesis terdiri atas *thermoplastik* seperti *polyethylene*, *polyvinil chlorida (PVC)*, dan *elestomer* (karet buatan) yang terdiri dari *Conducting Rubber*, *Natural Rubber*, *Styrene Butadiene Rubber*, dan *Nitrile Butadiene Rubber*.

Dalam keadaan tertentu isolasi harus dikelupas dari kabel listriknya untuk tujuan tertentu misalnya penyambungan kabel, pada ujung-ujung kabel. Sebagai pengganti dari isolasi kabel ini biasanya digunakan isolasi pita untuk menutup penghantar yang terbuka tersebut.

Peluhan parsial (*partial discharge*) adalah peristiwa pelepasan/loncatan bunga api listrik yang terjadi pada suatu bagian isolasi (pada rongga dalam atau pada permukaan) sebagai akibat adanya beda potensial yang tinggi dalam isolasi tersebut. Peluahan parsial dapat terjadi pada bahan isolasi padat, bahan isolasi cair maupun bahan isolasi gas. Mekanisme kegagalan pada bahan isolasi padat meliputi kegagalan asasi (intrinsik), elektro mekanik, *streamer*, thermal dan kegagalan erosi. Kegagalan pada bahan isolasi cair disebabkan oleh adanya kavitas, adanya butiran pada zat cair dan tercampurnya bahan isolasi cair. Pada bahan isolasi gas mekanisme *townsend* dan mekanisme *streamer* merupakan penyebab kegagalan. Dari uraian di atas menunjukkan bahwa kegagalan isolasi ini berkaitan dengan adanya peluahan parsial (Abdul Syamsir, 2003).

Pengukuran peluahan parsial pada peralatan tegangan tinggi merupakan hal yang sangat penting karena dari data yang diperoleh dan interpretasinya dapat ditentukan reabilitasi suatu peralatan yang disebabkan oleh penuaan (*agging*) dan resiko kegagalan dapat dianalisis. Spesifikasi pengujian *partial discharge* tergantung pada tipe peralatan tes dan bahan isolasi yang

digunakan pada proses konstruksi suatu peralatan. Adanya *partial discharge* di dalam bahan isolasi dapat ditentukan dengan tiga metode yaitu: dengan pengukuran tegangan pada objek, dengan pengukuran arus di dalam rangkaian luar dan mengukur intensitas radiasi gelombang elektromagnetik yang disebabkan karena adanya peluahan parsial.

Kegagalan isolasi (*insulation breakdown, insulation failure*) disebabkan karena beberapa hal antara lain isolasi tersebut sudah lama dipakai, berkurangnya kekuatan dielektrik dan karena isolasi tersebut dikenakan tegangan lebih. Pada prinsipnya tegangan pada isolator merupakan suatu tarikan atau tekanan (*stress*) yang harus dilawan oleh gaya dalam isolator itu sendiri agar isolator tidak gagal. Dalam struktur molekul material isolasi, elektron-elektron terikat erat pada molekulnya, dan ikatan ini mengadakan perlawanan terhadap tekanan yang disebabkan oleh tegangan. Bila ikatan ini putus pada suatu tempat maka sifat isolasi pada tempat itu hilang. Bila pada bahan isolasi tersebut diberikan tegangan akan terjadi perpindahan elektron-elektron dari suatu molekul ke molekul lainnya sehingga timbul arus konduksi atau arus bocor. Karakteristik isolator akan berubah bila material tersebut termasuk suatu ketidakmurnian (*impurity*) seperti adanya arang atau kelembaban dalam isolasi yang dapat menurunkan tegangan gagal (Ariawan, Putu Rusdi, 2010).

Bahan isolasi digunakan untuk memisahkan bagian-bagian bertegangan atau bagian-bagian yang aktif. Untuk itu sifat kelistrikannya memegang peran yang sangat penting, namun demikian sifat mekanis, sifat thermal, ketahanan terhadap bahan kimia serta sifat lainnya perlu diperhatikan (Muhaimin, 1999). Maksud pengujian isolasi adalah untuk mengetahui kinerja isolasi, supaya kegagalan dalam operasi dapat dihindarkan sebelumnya (Artono Arismunandar, 1983).

Isolator listrik adalah bahan yang tidak bisa atau sulit melakukan perpindahan muatan listrik. Dalam bahan isolator valensi elektronnya terikat kuat

pada atom-atomnya. Bahan-bahan ini dipergunakan dalam alat-alat elektronika sebagai isolator, atau penghambat mengalirnya arus listrik. Isolator berguna pula sebagai penopang beban atau pemisah antara konduktor tanpa membuat adanya arus mengalir ke luar atau antara konduktor. Istilah ini juga dipergunakan untuk menamai alat yang digunakan untuk menyangga kabel transmisi listrik pada tiang listrik.

Beberapa bahan, seperti kaca, kertas, atau teflon merupakan bahan isolator yang sangat bagus. Beberapa bahan sintesis masih "cukup bagus" dipergunakan sebagai isolator kabel. Contohnya plastik atau karet. Bahan-bahan ini dipilih sebagai isolator kabel karena lebih mudah dibentuk/diproses sementara masih bisa menyumbat aliran listrik pada voltase menengah (ratusan, mungkin ribuan volt).

Mekanisme *Flashover* Pada Isolasi Padat, kegagalan isolasi adalah kondisi dimana suatu isolator tidak dapat berfungsi sebagai isolasi karena tidak mampu menanggung tegangan yang ditahannya. Pada isolasi padat, terjadinya kegagalan dapat dibedakan dalam 2 kategori yaitu: kegagalan tembus (*breakdown voltage*) dan kegagalan pada permukaan isolator (*flashover*). Kegagalan berupa tembus berkaitan dengan adanya rongga udara pada isolator yang menyebabkan *partial discharge*, rongga udara ini muncul ketika ada udara yang terjadi saat pembuatan isolator tersebut. Berbeda dengan kegagalan tembus, kegagalan *flashover* biasanya ditandai dengan adanya loncatan busur api dari kedua elektroda yang mengapit isolator tersebut. Munculnya busur api dipengaruhi oleh lingkungan disekitar isolator dan kondisi permukaan isolator. Adanya pengaruh lingkungan disekitar isolator yang berbeda-beda membuat setiap perhitungan tegangan gagal memerlukan suatu faktor koreksi untuk mendapatkan hasil tegangan gagal standarnya. Untuk mendapatkan tegangan gagal standar maka dilakukan suatu koreksi dengan menggunakan suhu udara, tekanan udara, dan kelembaban udara ketika tegangan gagal tersebut terjadi.

Nilai tegangan gagal standar dengan faktor koreksi suhu udara dan tekanan udara diperoleh rumusan sebagai berikut:

$$V_s = \frac{V_b}{\delta} \dots\dots\dots(1)$$

dimana:

V_s :Tegangan gagal standar (V)

V_b :Tegangan gagal yang diukur pada kondisi sebenarnya (V)

δ : Faktor koreksi suhu udara dan tekanan udara

Faktor koreksi suhu udara dan tekanan udara memiliki persamaan sebagai berikut:

$$\delta = \frac{b_B}{760} \times \frac{273 + 20}{273 + t_B} \dots\dots\dots(2)$$

dimana:

b_B : Tekanan udara saat pengujian (mBar)

t_B : Suhu udara saat pengujian (°C)

METODE

Bahan yang akan di uji berupa isolasi pita (*tape insulation*) yang beredar dipasaran yaitu: *Scotch™ 130C Linerless Rubber Splicing Tape* produksi 3M dengan bahan utama *rubber*. Ukuran disesuaikan dengan produk yaitu: 19mm x 9,1m x 0,762mm.

Alat yang digunakan untuk pengujian, satu set pembangkit tegangan AC, untuk menghasilkan tegangan tinggi AC yang diperlukan untuk pengujian ketahanan isolasi bahan dalam menerima tegangan. Alat ini terdiri dari:

Satu set pembangkit tegangan tinggi AC, untuk menghasilkan tegangan tinggi AC yang diperlukan untuk menguji bahan isolator. Alat ini terdiri dari : Transformator penaik tegangan dengan kapasitas, Tegangan primer:100/200V, Tegangan sekunder: 25 kV dan 50 kV, Kapasitas : 5 kVA, Frekuensi : 50 Hz.

Peralatan pengukuran, tipe D205 (52) "*High Voltage Testing Device*", ex jepang. Dengan spesifikasi alat yaitu:Kapasitas: 5 kVA,Tegangan masuk impuls: 200 kV, Resistor (50 kΩ), di-

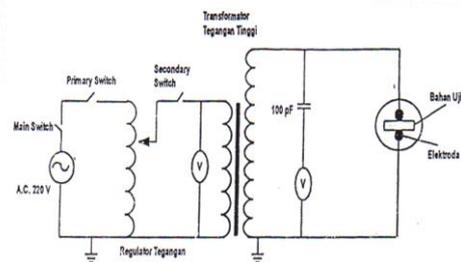
gunakan untuk melindungi transformator dari arus yang besar saat terjadi tegangan gagal.

Alat penguji (*Sphere Gap*), untuk menguji bahan terhadap kemampuannya menahan tegangan AC. Pada alat penguji menggunakan 2 elektroda (*Changing Electrode*) jenis batang dengan luas penampangnya 1,25 cm². Elektroda tersebut berfungsi untuk menjepit dan menghantarkan tegangan tinggi ke bahan yang akan di uji.

Alat pengukur tegangan gagal yang diatur oleh *Sliding voltage regulator (SVR)*, dimana SVR tersebut dinaikkan hingga mendapatkan nilai tegangan gagal minyak yang ditunjukkan oleh *break down voltage* dimana dalam hitungan kV. Dalam pengujiannya dilakukan sebanyak 3 kali pengujian. Pada pengujian tegangan tembus ini, terhadap bahan diberikan tegangan yang berupa tegangan tinggi AC frekuensi rendah (50 Hz). Peralatan diatas dibuat oleh Yokyo Transformator Co.LTD Jepang. Pengujian kuat dielektrik dilakukan dengan mengacu pada standar pengujian *American Society For Testing and Material (ASTM) D149-87* yang merupakan standar pengujian guna menentukan gagal bahan dielektrik melalui ketebalan bahan tersebut (*puncture*) dan juga tegangan gagal dielektrik sepanjang antarmuka (*interface*) antara bahan uji padat dan dengan media gas atau cairan disekelilingnya (*flashover*). Inti dari pengujian ini ialah meningkatkan tegangan yang diterapkan pada isolasi pita dari nol atau dari tingkat tertentu hingga mencapai tingkat tegangan yang menghasilkan kegagalan dielektrik bahan tersebut.

Dalam pengujian ini isolasi pita dibuat dengan ukuran yang cukup luas. Karena keterbatasan ukuran isolasi pita (dengan lebar 19mm), maka untuk mendapatkan ukuran yang dikehendaki ditempuh dengan cara menumpuk antar isolasi pita satu dengan yang lainnya pada setengah lebarnya. Untuk satu benda uji satu lapis dengan ukuran 7cm x 5,7cm x 0,762mm, dua lapis 7cm x 5,7cm x 1,524mm, tiga lapis 7cm x 5,7cm x 2,286mm. Masing-masing dibuat tiga benda uji.

Metode pengujian waktu singkat (*Short Time Test*) yaitu menerapkan pada elektroda pengujian dari nol sampai dengan tegangan tembusnya dalam rentang waktu 10 - 20 detik. Besarnya kecepatan kenaikan tegangan harus disesuaikan dengan persyaratan tersebut, sehingga sebelum dilakukan pengambilan data dilakukan pemilihan kecepatan perubahan tegangan dengan melakukan pengujian awal sehingga diketahui kecepatan perubahan tegangan yang menghasilkan dielektrik dalam waktu tidak kurang dari 10 detik dan tidak lebih dari 20 detik. Kecepatan kenaikan tegangan dalam penelitian ini sebesar 1,5 kV/detik. Rangkaian yang digunakan dalam pengujian ini adalah rangkaian bolak balik seperti Gambar 1.



Gambar 1. Rangkaian pengujian isolasi pita

PEMBAHASAN

Pada Kelembaban udara: 56 %, Tekanan udara: 985 mBar dan suhu udara: 28°C maka hasil pengujian dapat di tunjukkan pada Tabel 1, sedangkan rata-rata tegangan tembus isolasi pita di udara dengan perekat ditunjukkan pada Tabel 2.

Tegangan dadal standart pada temperatur 28°C dan tekanan 985 mBar. Untuk pengukuran pada suhu dan tekanan udara yang lain diberikan faktor koreksi δ (δ = intensitas udara) yang dapat dihitung sesuai dengan rumus:

$$\delta = \frac{b_B}{760} \times \frac{273 + 20}{273 + t_B}$$

Tegangan dadal standart dengan faktor koreksi δ dapat diperoleh dengan rumus:

$$V_s = \frac{V_b}{\delta}$$

Hasil perhitungan rata-rata tegangan tembus isolasi pita diudara

berdasarkan persamaan diatas dapat ditunjukkan pada Tabel 3.

Selanjutnya dengan menggunakan nilai rata-rata dilakukan analisis regresi dengan menggunakan tebal bahan uji sebagai variabel bebasnya (nilai pada sumbu X), dan nilai variabel tak bebasnya (nilai pada sumbu Y) adalah rata-rata tegangan tembus isolasi pita

Scotch™ 130C Linerless Rubber Splicing Tape 3M. Persamaan garis regresi yang diperoleh adalah $Y = 6666x + 16.222$, dengan nilai koefisien determinasi sebesar 0,908 atau 90,8%. Menggunakan persamaan regresi yang diberikan dapat diperoleh nilai-nilai tegangan tembus yang dapat ditunjukkan Tabel 4.

Tabel 1. Hasil pengujian tegangan tembus isolasi pita di udara dengan perekat.

Pengujian	Tebal bahan		
	1 lapis	2 lapis	3 lapis
Tegangan tembus (V)	23.000	32.000	34.000
Uji 1 Ukuran (cm x mm)	7cmx0,762mm	7cmx1,524mm	7cmx2,286mm
Tegangan tembus (V)	22.000	31.000	36.000
Uji 2 Ukuran (cm x mm)	7cmx0,762mm	7cmx1,524mm	7cmx2,286mm
Tegangan tembus (V)	20.000	33.000	35.000
Uji 3 Ukuran (cm x mm)	7cmx0,762mm	7cmx1,524mm	7cmx2,286mm

Tabel 2. Rata-rata tegangan tembus isolasi pita di udara dengan perekat

Tebal bahan	Rata-rata tegangan tembus (V)
1 lapis	21.666,67
2 lapis	32.000
3 lapis	35.000

Tabel 3.. Rata-rata tegangan tembus isolasi pita di udara berdasarkan rumus.

Tebal bahan	Rata-rata tegangan tembus (V)
1 lapis	17.168,52
2 lapis	25.356,58
3 lapis	27.733,76

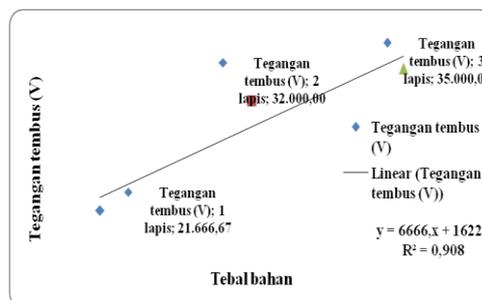
Tabel 4. Rata-rata tegangan tembus isolasi pita di udara berdasarkan persamaan regresi.

Tebal bahan	Rata-rata tegangan tembus (V)
1 lapis	22.888
2 lapis	29.554
3 lapis	36.220

Ditinjau dari persamaan regresi yang dihasilkan atas pengolahan data pengujian dapat dinyatakan bahwa ketebalan bahan uji memberikan kenaikan tegangan tembus isolasi pita Scotch™ 130C Linerless Rubber Splicing Tape dari 3M. Koefisien determinasi yang didapat sebesar 90,8% menunjukkan bahwa

ketebalan bahan uji akan memberikan sumbangan sebesar 90,8% terhadap perubahan nilai tegangan tembus isolasi Scotch™ 130C Linerless Rubber Splicing Tape dari 3M.

Dari pengujian diatas dapat diketahui bahwa semakin banyak lapisan yang dipakai isolasi pita (*tape insulation*) akan semakin besar tegangan tembus yang terjadi pada isolasi pita ini berarti ketebalan bahan uji dapat mempengaruhi besarnya nilai tegangan tembusnya. Jadi dalam penggunaannya sehari-hari atau dalam lapangan isolasi pita (*tape insulation*) dapat disesuaikan dengan menambah lapisannya untuk memperbesar tegangan tembusnya atau memper kecil kuat dielektriknya.



Gambar 3. Kurva regresi pengujian isolasi pita di udara

Dari analisa diatas dapat dituliskan perbandingan dari nilai tegangan

tembus isolasi pita *Scotch™ 130C Linerless Rubber Splicing Tape* dari 3M sebagai berikut: Tegangan tembus hasil pengujian: 21.666,67V, Tegangan tembus standar pabrik: 17.145V, Tegangan tembus standar dengan rumus: 17.168,52 Tegangan tembus dengan persamaan regresi: 22.888 V

PEMBAHASAN

Hasil pengujian isolasi pita dalam rendaman minyak transformator, dimaksudkan untuk mengetahui apakah tegangan tembus isolasi pita setelah direndam dalam minyak transformator

dengan waktu yang berbeda yaitu 20 menit, 40 menit, dan 60 menit.

Pada Kelembaban udara: 56 %, Tekanan udara: 985 mBar dan Suhu udara : 28 °C maka hasil pengujian dapat di tunjukkan tabel 5. Dan rata-rata tegangan tembus isolasi pita dalam rendaman minyak transformator ditunjukkan Tabel 6.

Tegangan dadal standart pada temperatur 28°C dan tekanan 985 mBar. Untuk pengukuran pada suhu dan tekanan udara yang lain diberikan faktor koreksi δ (δ = intensitas udara) yang dapat dihitung sesuai dengan persamaan diatas ditunjukkan Tabel 7.

Tabel 5. Hasil pengujian tegangan tembus isolasi pita dalam rendaman minyak transformator.

Tebal bahan	Uji	Pengujian	Lama rendaman		
			20 menit	40 menit	60 menit
1 lapis	Uji 1	Tegangan tembus (V)	27.000	26.000	25.000
		Ukuran (cm x mm)	7cmx0,762	7x0,762	7x0,762
		Tegangan tembus (V)	24.000	24.000	25.000
	Uji 2	Ukuran (cm x mm)	7x0,762	7x0,762	7x0,762
		Tegangan tembus (V)	33.000	32.000	32.000
		Tegangan tembus (V)	34.000	34.000	33.000
2 lapis	Uji 1	Ukuran (cm x mm)	7x1,524	7x1,524	7x1,524
		Tegangan tembus (V)	34.000	34.000	33.000
		Tegangan tembus (V)	38.000	36.000	34.000
	Uji 2	Ukuran (cm x mm)	7x1,524	7x1,524	7x1,524
		Tegangan tembus (V)	37.000	38.000	36.000
		Tegangan tembus (V)	37.000	38.000	36.000
3 lapis	Uji 2	Ukuran (cm x mm)	7x2,286	7x2,286	7x2,286
		Tegangan tembus (V)	37.000	38.000	36.000

Tabel 6. Rata-rata tegangan tembus isolasi pita dalam rendaman minyak transformator.

Tebal bahan	Lama rendaman	Rata-rata tegangan tembus (V)
1 lapis	20 menit	25.500
	40 menit	25.000
	60 menit	25.000
2 lapis	20 menit	35.500
	40 menit	33.000
	60 menit	32.500
3 lapis	20 menit	37.500
	40 menit	37.000
	60 menit	35.000

Dengan menggunakan nilai rata-rata pada tabel diatas dilakukan analisis regresi dengan menggunakan tebal

bahan uji sebagai variabel bebasnya (nilai pada sumbu X), dan nilai variabel tak bebasnya (nilai pada sumbu Y) adalah rata-rata tegangan tembus isolasi pita *Scotch™ 130C Linerless Rubber Splicing Tape* 3M, dengan waktu rendaman 60 menit.

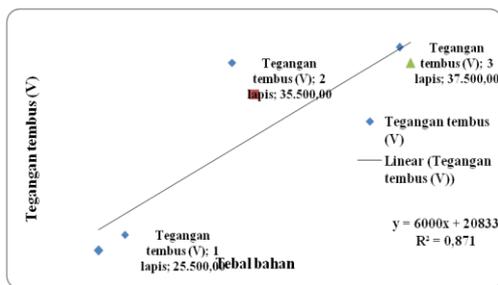
Persamaan garis regresi diperoleh adalah untuk waktu rendaman 20 menit: dengan nilai koefisien determinasi sebesar 0,871 atau 87,1%, untuk waktu rendaman 40 menit: dengan nilai koefisien determinasi sebesar 0,964 atau 96,4%, dan untuk waktu rendaman 60 menit: dengan nilai koefisien determinasi sebesar 0,923 atau 92,3%. Menggunakan persamaan regresi yang diberikan dapat diperoleh nilai-nilai tegangan tembus ditunjukkan Tabel 8.

Tabel 6. Rata-rata tegangan tembus isolasi pita dalam rendaman minyak transformator.

Tebal bahan	Lama rendaman	Rata-rata tegangan tembus (V)
1 lapis	20 menit	25.500
	40 menit	25.000
	60 menit	25.000
2 lapis	20 menit	35.500
	40 menit	33.000
	60 menit	32.500
3 lapis	20 menit	37.500
	40 menit	37.000
	60 menit	35.000

Tabel 7. Rata-rata tegangan tembus isolasi pita dalam rendaman minyak transformator berdasarkan rumus.

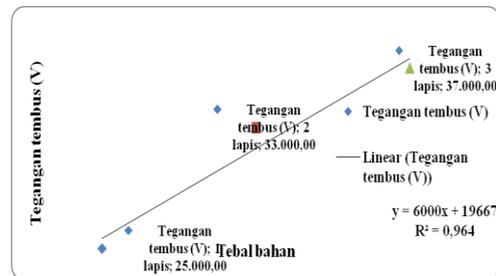
Tebal bahan	Lama rendaman	Rata-rata tegangan tembus (V)
1 lapis	20 menit	20.206,02
	40 menit	19.809,83
	60 menit	19.809,83
2 lapis	20 menit	28.129,95
	40 menit	26.148,97
	60 menit	25.752,77
3 lapis	20 menit	29.714,74
	40 menit	29.318,54
	60 menit	27.733,76



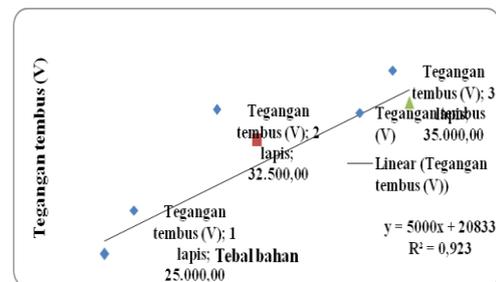
Gambar 4. Kurva regresi pengujian isolasi pita dalam minyak trafo dengan waktu rendaman 20 menit

Ditinjau dari persamaan regresi yang dihasilkan atas pengolahan data pengujian dapat dinyatakan bahwa dengan bertambahnya waktu rendaman memberikan penurunan tegangan tembus isolasi pita Scotch™ 130C Linerless Rubber Splicing Tape dari 3M. Koefisien

determinasi yang didapat sebesar 20 menit: 87,1%, 40 menit: 96,4%, dan untuk 60 menit: 92,3%.



Gambar 5. Kurva regresi pengujian isolasi pita dalam minyak trafo dengan waktu rendaman 40 menit



Gambar 6. Kurva regresi pengujian isolasi pita dalam minyak trafo dengan waktu rendaman 60 menit

Tabel 8. Rata-rata tegangan tembus isolasi pita dalam rendaman minyak transformator berdasarkan persamaan regresi.

Tebal bahan	Lama rendaman	Rata-rata tegangan tembus (V)
1 lapis	20 menit	26.833
	40 menit	25.667
	60 menit	25.833
2 lapis	20 menit	32.833
	40 menit	31.667
	60 menit	30.833
3 lapis	20 menit	38.833
	40 menit	37.667
	60 menit	35.833

Hasil tersebut menunjukkan bahwa lamanya waktu rendaman akan memberikan pengaruh sebesar 87,1% (20 menit), 96,4% (40 menit), 92,3% (60 menit) terhadap perubahan nilai

tegangan tembus isolasi pita *Scotch™ 130C Linerless Rubber Splicing Tape* dari 3M.

Sifat kimia *rubber* yang tahan terhadap minyak ini berpengaruh pada tegangan tembus yang terjadi. Pembengkakan yang terjadi pada *rubber* akan menambah volume pada *rubber* yang terisi bahan pelarut (minyak) yang memiliki tegangan tembus yang lebih rendah dari tegangan tembus *rubber*. Adanya bahan pelarut yang mengisi dalam *rubber* akan menurunkan nilai tegangan tembus *rubber* tersebut. Hasil dari pengujian menyatakan bahwa semakin lama waktu rendaman, mengakibatkan menurunnya tegangan tembus pada isolasi pita tersebut.

KESIMPULAN

Dari penelitian yang telah dilaksanakan, maka dapat ditarik beberapa kesimpulan berikut.

Isolasi pita *Scotch™ 130C Linerless Rubber Splicing Tape* produksi 3M memiliki tegangan tembus sebesar 22.888 V di udara terbuka dengan ketebalan 0,762 mm dan 25.833 V dalam rendaman minyak transformator dengan ketebalan 0,762 mm selama 20 menit rendaman.

Hasil perbandingan nilai tegangan tembus isolasi pita *Scotch™ 130C Linerless Rubber Splicing Tape* dari 3M sebagai berikut: Tegangan tembus hasil pengujian: 21.666,67 V, Tegangan tem-

bus standar pabrik: 17.145 V, Tegangan tembus standar dengan rumus: 17.168,52V, Tegangan tembus dengan persamaan regresi: 22.888 V.

Lama rendaman juga mempengaruhi semakin lama isolasi pita direndam dalam minyak transformator maka semakin turun tegangan tembusnya yang berarti sifat kimia isolasi pita yang berbahan *rubber* jelek jika direndam dalam minyak.

Isolasi pita memiliki kekenyalan yang baik, kekuatan tarik yang tinggi, tetapi rendah transisi gelasnya (Tg kurang lebih 75°C). Karet alam memiliki sifat antara lain dapat digunakan sampai temperatur 90°C paling tinggi, melunak pada 130°C dan mengurai pada kira-kira 200°C.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdul Syamsir, "Teori Kegagalan Isolasi", 2003, Universitas Trisakti.
- Ariawan Putu Rusdi, 2010, "Analisis Kegagalan Minyak Transformator Universitas Udayana Denpasar.
- Arismunandar, Artono, 1994, *Teknik Tegangan Tinggi*, Jakarta, cetakan ketujuh, PT. Pradnya Paramita.
- Malik, N.H., Al-Arainy, A.A., and Quereshi, M.I., 1995, "Electrical Insulation in Power System", New York, Marcell Decker, Inc.
- Muhaimin, 1999, "Bahan-Bahan Listrik", Jakarta, Pradnya Paramita.