

Pengujian pengaruh ketebalan kertas isolasi jenis press paper pada transformator terhadap tegangan tembus

Samsurizal, Finka Rizkina Sani, Andi Makkulau, dan Rio Afrianda

Teknik Elektro, Institut Teknologi PLN

Jl. Lingkar. Luar Barat, Duri Kosambi, Jakarta Barat, Indonesia

Email:samsurizal@itpln.ac.id

Abstrak: Pemilihan bahan isolasi yang fleksibel atau lentur bertujuan untuk memastikan bahwa isolasi tersebut efektif dalam menahan panas atau dingin, tahan terhadap kerusakan, dan bisa diaplikasikan. Dengan mempertimbangkan faktor-faktor tersebut, maka bahan isolasi dalam penggunaannya dapat memberikan perlindungan maksimal terhadap perpindahan panas dan meningkatkan efisiensi energi. Hal ini dapat membantu mengurangi biaya energi dan memperpanjang umur pemakaian isolasi. Hasil dari pengujian kertas isolasi dengan ketebalan 1,04 mm pada keadaan kering menunjukkan nilai rata-rata *breakdown voltage* sebesar 6,7 kV dan dengan ketebalan yang sama 1,04 mm pada keadaan direndam minyak menunjukkan nilai rata-rata *breakdown voltage* sebesar 23,82 kV, hal tersebut menandakan bahwa kertas isolasi dengan metode perendaman memiliki *breakdown voltage* lebih baik dibandingkan kertas isolasi dalam keadaan kering. Pengaruh ketebalan kertas isolasi terhadap tegangan tembus atau *breakdown voltage* adalah semakin tebal suatu kertas isolasi maka semakin besar juga tegangan tembus yang dihasilkan, hal tersebut didapatkan menggunakan analisis regresi linier sederhana dimana variabel X berpengaruh terhadap variabel Y dengan nilai korelasi sebesar 0,998.

Kata kunci: *transformator, kertas isolasi, tegangan tembus*

Testing the influence of the thickness of press paper type insulating paper on the transformer to the breakdown voltage

Abstract: Choosing flexible or bendable insulation materials aimed to ensure that the insulation is effective in retaining heat or cold, resistant to damage, and can be applied. By considering these factors, the insulation material used can provide maximum protection against heat transfer and increase energy efficiency. This can help reduce energy costs and extend the life of the insulation. The results of testing insulation paper with a thickness of 1.04 mm in the dry state shows an average breakdown voltage value of 6.7 kV and with the same thickness of 1.04 mm in an oil-immersed state shows an average breakdown voltage value of 23.82 kV, this indicates that the insulating paper with the immersion method has a better breakdown voltage than insulating paper in a dry state. While the effect of the thickness of the insulation paper on the breakdown voltage is that the thicker the insulation paper, the greater the resulting breakdown voltage, this was obtained using a simple linear regression analysis where the X variable affects the Y variable with a correlation value of 0.998.

Keywords: *transformer, paper insulation, breakdown voltage*

How to cite (APA 7th Style): Samsurizal, Sani, F. R., Makkulau, A., & Afrianda. R. (2023). Pengujian pengaruh ketebalan kertas isolasi jenis press paper pada transformator terhadap tegangan tembus. *Jurnal Penelitian Saintek*, 28(2), 110-117. <http://dx.doi.org/10.21831/jps.v1i2.59692>.

PENDAHULUAN

Pada era digitalisasi ini kemajuan ilmu pengetahuan dan teknologi berkembang sangat pesat, terdapat beberapa aspek yang dimanfaatkan dalam sektor-sektor tertentu, seperti sektor pendidikan, industri, transportasi, ekonomi, perdagangan, bahkan sektor rumah tangga. Dalam hal ini, energi listrik memiliki peran yang besar untuk menjalankan aktivitas sehari-hari. Pada proses penyaluran energi listrik sendiri berawal dari pembangkit, transmisi dan distribusi. Terdapat alat yang paling penting pada sistem pendistribusian listrik yaitu transformator (Irwanto & Prabustya, 2020). Transformator berfungsi untuk mentransformasikan tegangan tanpa merubah frekuensi yang digunakan pada sistem pembangkit.

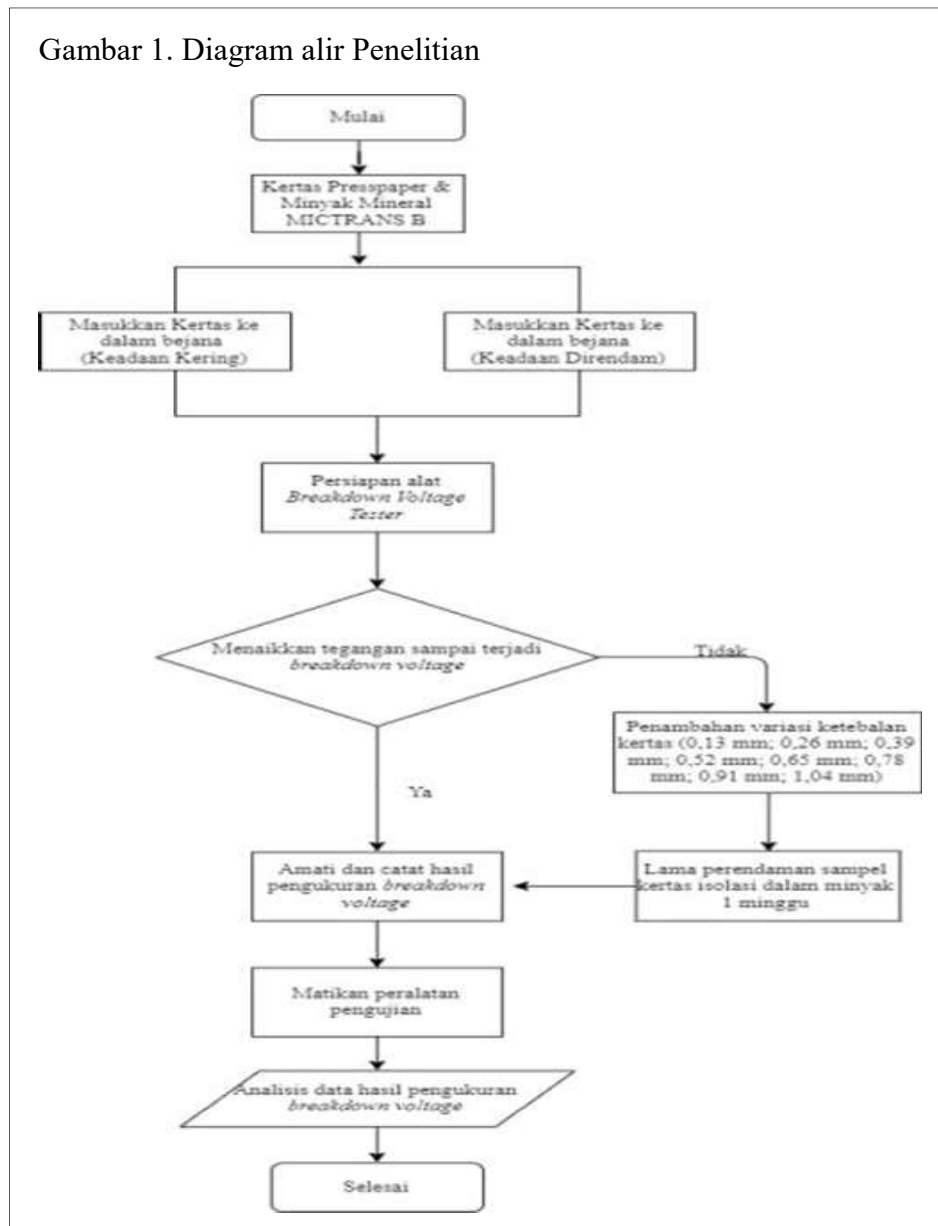
Isolasi yang umum digunakan pada transformator diantaranya adalah isolasi minyak dan isolasi kertas. Isolasi minyak yang sering digunakan adalah isolasi minyak jenis mineral. Karena isolasi minyak jenis mineral memiliki kinerja penyerapan serta kekuatan isolasi yang cukup baik. Isolasi kertas umumnya diaplikasikan sebagai lapisan gulungan kawat pada transformator. Faktor penting yang harus diperhatikan pada suatu bahan isolasi adalah kekuatan dan daya tahannya (Jatmiko, 2015). Salah satu pengujian yang digunakan untuk mengetahui kekuatan isolasi adalah pengujian *breakdown voltage* atau tegangan tembus. *Breakdown voltage* atau tegangan tembus merupakan suatu peristiwa dimana tegangan dinaikkan secara terus menerus, hingga atom-atom terionisasi sampai dengan batas kemampuan isolator untuk menahan tegangan. (Simanjuntak, 2019)

Isolasi merupakan suatu material yang tidak dapat menghantarkan listrik. Karakteristik dari isolasi adalah memisahkan atau menyekat satu bagian tegangan dengan bagian bertegangan lainnya untuk mencegah kebocoran pada peralatan tegangan tinggi. Isolasi juga berfungsi sebagai pelindung untuk melindungi bagian yang bertegangan agar orang disekitar peralatan atau penghantar tidak tersengat listrik. Isolasi listrik yang baik mengacu pada resistansi isolasi yang tinggi dan kekuatan dielektrik yang baik. Penggunaan material pada tegangan tinggi diklasifikasikan menjadi tiga material utama, yaitu isolasi padat, isolasi cair dan isolasi gas. Pada penelitian ini akan dilakukan pengujian kekuatan isolasi terhadap kertas isolasi transformator dengan variasi ketebalan dan dengan dua keadaan yang berbeda, yaitu keadaan kering serta keadaan direndam minyak isolasi. Kertas isolasi yang digunakan adalah jenis *presspaper* dimana kertas jenis ini memiliki kepadatan, kehalusan permukaan, kekuatan mekanik yang tinggi serta ketahanan terhadap tegangan tembus yang tinggi. Penelitian ini bertujuan untuk melihat pengaruh ketebalan kertas isolasi terhadap tegangan tembus atau *breakdown voltage* pada keadaan kering dan keadaan direndam minyak isolasi transformator.

METODE

Adapun diagram alir pengujian isolasi kertas jenis *presspaper* dari penelitian yang akan dilakukan oleh penulis seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1. Tahapan pengujian isolasi kertas dengan keadaan kering serta keadaan direndam minyak isolasi dijelaskan pada alinea berikut.

Pada pengujian isolasi kertas ini menggunakan kertas isolasi jenis *presspaper*. Dimana kertas tersebut akan diuji tegangan tembusnya atau *breakdown voltage* dalam keadaan kering dan direndam minyak isolasi jenis mineral. Pengujian ini menggunakan delapan variasi ketebalan kertas, yaitu 0,13; 0,26; 0,39; 0,52; 0,65; 0,78; 0,91; 1,04 mm yang telah diukur dengan mikrometer. Kertas isolasi yang digunakan sebelumnya sudah dikeringkan melalui proses pemanasan (oven) dari pabrikannya. Proses pemanasan tersebut bertujuan untuk



mengurangi kadar air yang terkandung dalam kertas isolasi. Selanjutnya dilakukan pengujian pada kertas isolasi sampai terjadi *breakdown voltage*. Nilai hasil *breakdown voltage* tersebut dicatat lalu diamati apa pengaruh variasi ketebalan kertas terhadap *breakdown voltage* atau tegangan tembusnya.

Untuk pengujian kertas isolasi pada keadaan direndam minyak, kertas isolasi direndam kedalam minyak isolasi jenis mineral MICTRANS B selama 1 (satu) minggu pada semua variasi ketebalan kertas. Setelah melalui proses perendaman, kertas isolasi tersebut diuji hingga terjadi *breakdown voltage*. Nilai hasil *breakdown voltage* tersebut dicatat lalu diamati apa pengaruh proses perendaman terhadap *breakdown voltage* atau tegangan tembusnya.

Regresi linier sederhana adalah regresi yang hanya melibatkan satu variabel independen. Analisis regresi linier sederhana merupakan metode yang digunakan untuk melihat hubungan

atau pengaruh variabel independen terhadap variabel dependen. Untuk menganalisis pengaruh variasi ketebalan kertas isolasi terhadap tegangan tembus pada penelitian ini terdapat tiga parameter yang harus diperhatikan, yaitu R (koefisien korelasi), R *Square* dan nilai *Significant* pada tabel hasil uji T. Keeratan korelasi dapat diklasifikasikan menjadi beberapa tingkat, disajikan pada tabel 1 sebagai berikut (Sugiyono, 2017):

Tabel 1

Tingkat koefisien korelasi

Nilai Koefisien Korelasi	Tingkat Korelasi
0,00 – 0,199	Korelasi Sangat Rendah
0,20 – 0,399	Korelasi Rendah
0,40 – 0,599	Korelasi Sedang
0,60 – 0,799	Korelasi Kuat
0,80 – 1,000	Korelasi Sangat Kuat

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian Isolasi Kertas Keadaan Kering. Setelah dilakukan pengujian sebanyak lima kali untuk setiap ketebalan kertas isolasi yang berbeda pada keadaan kering maka diperoleh hasil berupa nilai *breakdown voltage* yang kemudian nilai *breakdown voltage* tersebut dirata-rata. Nilai rata-rata *breakdown voltage* dari masing-masing ketebalan kertas yang berbeda tersebut dituangkan ke dalam Tabel 2.

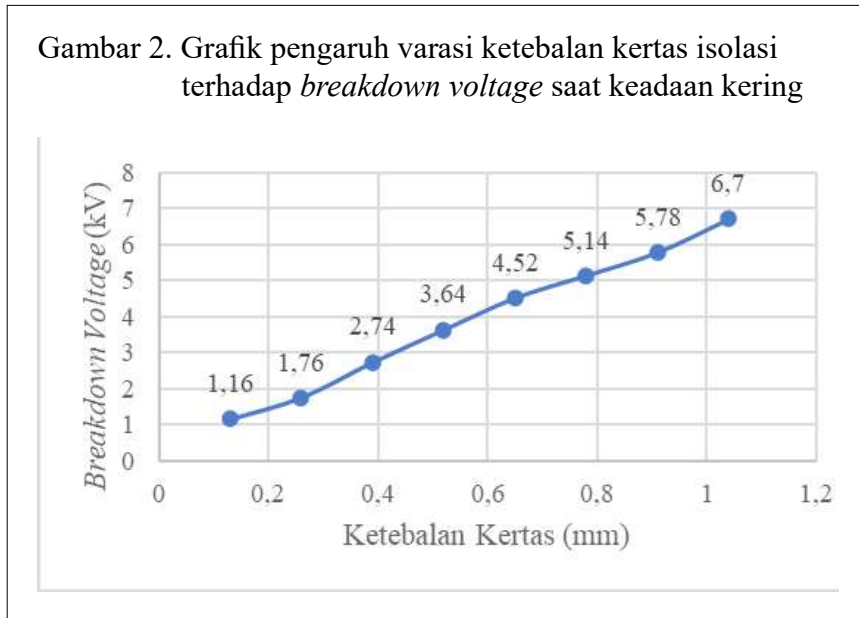
Tabel 2

Hasil pengujian isolasi kertas keadaan kering

Ketebalan Kertas Isolasi (mm)	Nilai Rata-Rata <i>Breakdown Voltage</i> (kV)
0,13	1,16
0,26	1,76
0,39	2,74
0,52	3,64
0,65	4,52
0,78	5,14
0,91	5,78
1,04	6,7

Tabel 2 menunjukkan bahwa ketebalan kertas isolasi mempengaruhi nilai *breakdown voltage*, dimana semakin tebal suatu kertas isolasi maka nilai *breakdown voltage* yang dihasilkan juga semakin besar. Dapat dilihat dari tabel diatas pada ketebalan 0,13 mm menghasilkan nilai rata-rata *breakdown voltage* sebesar 1,16 kV hingga ketebalan 1,04 mm menghasilkan nilai rata-rata *breakdown voltage* sebesar 6,7 kV. Sehingga dapat disimpulkan bahwa ketebalan kertas isolasi dengan nilai *breakdown voltage* nya memiliki hubungan saling berbanding lurus. Selanjutnya nilai rata-rata *breakdown voltage* hasil pengujian isolasi kertas keadaan kering akan diplot ke dalam grafik.

Gambar 2. Grafik pengaruh variasi ketebalan kertas isolasi terhadap *breakdown voltage* saat keadaan kering



Berdasarkan grafik pengaruh variasi ketebalan kertas isolasi terhadap *breakdown voltage* saat keadaan kering dengan variabel ketebalan kertas sebesar 0,13; 0,26; 0,39; 0,52; 0,65; 0,78; 0,91; 1,04 mm dapat dianalisis bahwa pengaruh ketebalan kertas terhadap *breakdown voltage* atau tegangan tembus, yaitu semakin tebal kertas isolasi maka semakin besar pula nilai *breakdown voltage* yang diperoleh. Hal tersebut dikarenakan, semakin tebal kertas isolasi, maka energi yang dibutuhkan untuk terjadinya *breakdown voltage* juga semakin besar.

Untuk melihat seberapa besar pengaruh dari variasi ketebalan kertas isolasi terhadap tegangan tembusnya saat keadaan kering dilakukan perhitungan dengan menggunakan software SPSS, sehingga diperoleh nilai korelasinya sebesar 0,998. Nilai korelasi sebesar 0,998 termasuk ke dalam korelasi yang sangat kuat mengacu kepada tabel 1. Sedangkan model *summary* juga diperoleh nilai koefisien determinasi sebesar 0,996 yang berarti bahwa pengaruh yang diberikan variabel X (ketebalan kertas) sebesar 99,6%. Untuk mengetahui nilai *analysis of variance* (ANOVA) dapat dilihat menggunakan regresi linier, besarnya nilai uji ANOVA atau nilai F yaitu sebesar 1581,420. Dilakukannya uji ANOVA bertujuan untuk melihat pengaruh signifikan yang diberikan variabel X terhadap variabel Y. Kemudian dilakukan uji T untuk melihat pengaruh variabel X terhadap variabel Y. Berdasarkan hasil simulasi bahwa besarnya nilai T signifikan terhadap variabel Y. Maka hal ini menyatakan bahwa variabel Y memberikan pengaruh yang signifikan terhadap variabel X. Sehingga diperoleh persamaan regresi $Y = 0,343 + 6,132X$. Dari persamaan yang diperoleh, maka dapat diketahui bahwa semakin besar nilai variabel X maka nilai Y juga akan semakin besar. Hal tersebut berarti semakin tebal suatu kertas isolasi maka menghasilkan tegangan tembus yang semakin besar juga.

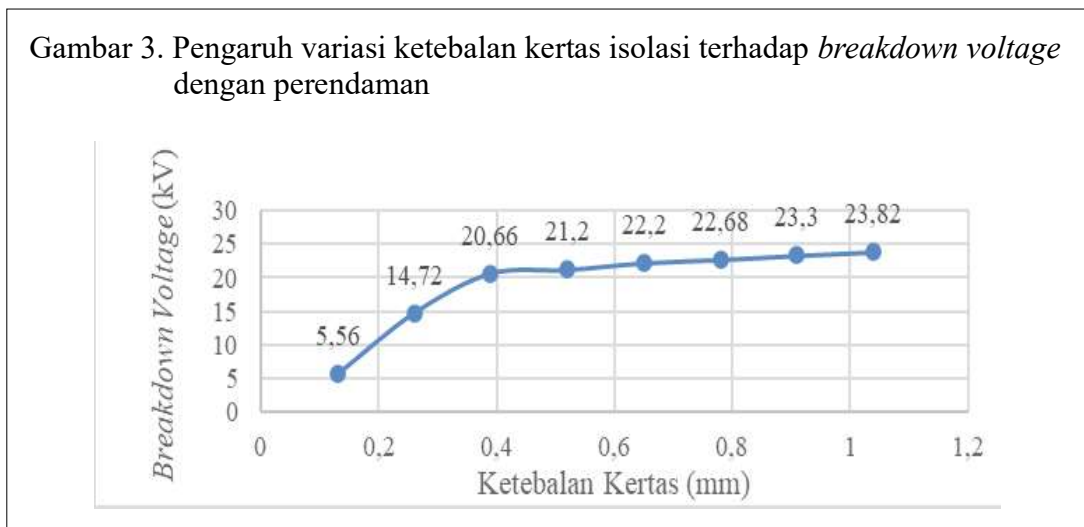
Pengujian Isolasi Kertas dengan Perendaman. Pada pengujian ini kertas isolasi diperlakukan dengan direndam ke dalam minyak isolasi jenis mineral dengan tujuan untuk melihat pengaruh perendaman terhadap nilai *breakdown voltage* yang dihasilkan. Perendaman dilakukan selama 1 minggu pada setiap ketebalan kertas isolasi. Berikut ini adalah hasil pengujian isolasi kertas dengan perendaman disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3
 Hasil pengujian isolasi kertas dengan perendaman

Ketebalan Kertas (mm)	Nilai Rata-Rata Breakdown Voltage (kV)
0,13	5,56
0,26	14,72
0,39	20,66
0,52	21,2
0,65	22,2
0,78	22,68
0,91	23,3
1,04	23,82

Berdasarkan Tabel 3 dapat dianalisis bahwa setelah dilakukan proses perendaman pada kertas isolasi jenis *presspaper* selama 1 minggu menghasilkan rata-rata nilai breakdown voltage yang lebih tinggi disetiap ketebalan kertas yang berbeda dibandingkan dengan pengujian isolasi kertas saat keadaan kering. Dapat dilihat pada ketebalan kertas 0,13 mm menghasilkan nilai *breakdown voltage* sebesar 5,56 kV hingga ketebalan kertas 1,04 mm menghasilkan nilai *breakdown voltage* sebesar 23,82 kV. Sehingga dapat disimpulkan semakin tebal suatu kertas isolasi maka semakin tinggi nilai *breakdown voltage* yang dihasilkan. Rata-rata nilai breakdown voltage hasil pengujian isolasi kertas dengan perendaman tersebut akan dituangkan kedalam grafik untuk memudahkan dalam menganalisis lebih lanjut. Gambar 3 menunjukkan grafik hasil pengujian isolasi kertas dengan perendaman.

Dari Gambar 3 grafik pengaruh variasi ketebalan kertas isolasi terhadap *breakdown voltage* dengan perendaman dimana variabel ketebalan kertas sebesar 0,13; 0,26; 0,39; 0,52; 0,65; 0,78; 0,91; 1,04 mm, dapat dianalisis bahwa semakin tebal kertas isolasi, nilai rata-rata *breakdown voltage* yang dihasilkan juga semakin tinggi. Menunjukkan bahwa besarnya *breakdown voltage* pada ketebalan kertas 0,13 hingga 0,39 mm mengalami peningkatan secara linier. Sedangkan 0,52 hingga 1,04 mm kenaikan *breakdown voltage* cenderung mendatar. Hal ini dikarenakan



pengaruh ketebalan kertas isolasi terhadap nilai *breakdown voltage* pada keadaan direndam tidak terlalu besar.

Untuk melihat seberapa besar pengaruh dari variasi ketebalan kertas isolasi terhadap tegangan tembusnya saat keadaan direndam dilakukan perhitungan dengan menggunakan software SPSS, hasil simulasi diperoleh bahwa nilai korelasinya sebesar 0,832. Nilai korelasi sebesar 0,832 termasuk ke dalam korelasi yang sangat kuat mengacu kepada Tabel 1. Sedangkan model *summary* juga diperoleh nilai koefisien determinasi sebesar 0,693 yang berarti bahwa pengaruh yang diberikan variabel X (ketebalan kertas) sebesar 69,3%. Selanjutnya, kita perlu mengetahui nilai uji *analysis of variance* (ANOVA), hasilnya dapat diketahui besarnya nilai uji ANOVA atau nilai F yaitu sebesar 13,543. Dilakukannya uji ANOVA bertujuan untuk melihat pengaruh signifikan yang diberikan variabel X terhadap variabel Y. Kemudian dilakukan uji T untuk melihat pengaruh variabel X terhadap variabel Y. Hasil uji T didapatkan bahwa besarnya nilai T signifikan terhadap variabel Y. Maka hal ini menyatakan bahwa variabel Y memberikan pengaruh yang signifikan terhadap variabel X. Sehingga diperoleh persamaan regresi sebagai $Y = 9,744 + 16,280X$, dengan menggunakan persamaan tersebut maka dapat diketahui bahwa semakin besar nilai variabel X maka nilai Y juga akan semakin besar. Hal tersebut berarti semakin tebal suatu kertas isolasi maka menghasilkan tegangan tembus yang semakin besar juga.

Perbandingan Pengujian Isolasi Kertas Keadaan Kering dan Keadaan Direndam. Berikut ini adalah hasil nilai rata-rata *breakdown voltage* pada pengujian isolasi kertas keadaan kering dan keadaan direndam isolasi minyak disajikan pada Tabel 4.

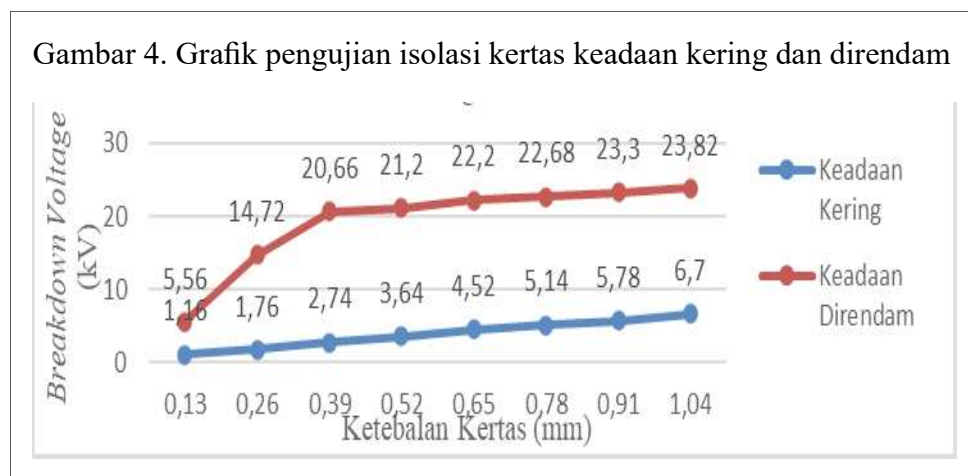
Tabel 4

Nilai rata-rata breakdown voltage saat keadaan kering dan direndam

Ketebalan Kertas (mm)	Nilai Rata-Rata <i>Breakdown Voltage</i> (kV)	
	Keadaan Kering	Keadaan Direndam
0,13	1,16	5,56
0,26	1,76	14,72
0,39	2,74	20,66
0,52	3,64	21,2
0,65	4,52	22,2
0,78	5,14	22,68
0,91	5,78	23,3
1,04	6,7	23,82

Berdasarkan Tabel 4 dapat dinyatakan bahwa nilai rata-rata *breakdown voltage* yang dihasilkan isolasi kertas jenis *presspaper* saat keadaan setelah direndam minyak isolasi jenis mineral lebih besar, yaitu dengan ketebalan 1,04 mm menghasilkan nilai rata-rata *breakdown voltage* sebesar 23,82 kV dibandingkan dengan nilai rata-rata *breakdown voltage* yang dihasilkan isolasi kertas saat keadaan kering, dengan ketebalan yang sama yaitu 1,04 mm menghasilkan nilai rata-rata *breakdown voltage* sebesar 6,7 kV.

Berdasarkan Gambar 4 dapat diketahui bahwa melalui proses perendaman yang dilakukan beberapa kali pengujian memiliki hasil *breakdown voltage* lebih baik dibanding dengan proses



kertas isolasi saat kering. Dikarenakan dengan proses perendaman pori-pori atau rongga udara pada kertas isolasi akan tertutupi oleh minyak isolasi sehingga dapat meningkatkan tegangan tembus atau *breakdown voltage* serta meningkatkan kualitas isolasi.

SIMPULAN

Kesimpulan yang dapat diambil dari penelitian pengaruh variasi ketebalan kertas isolasi transformator jenis *presspaper* terhadap tegangan tembus ini adalah pengaruh ketebalan kertas isolasi terhadap tegangan tembus atau *breakdown voltage* adalah semakin tebal suatu kertas isolasi maka semakin besar juga tegangan tembus atau *breakdown voltage* yang dihasilkan. Serta melalui metode regresi linier sederhana menyatakan bahwa variabel X berpengaruh terhadap variabel Y dengan nilai korelasi sebesar 0,998. Adapun saran yang bisa diberikan untuk pengembangan dan penelitian selanjutnya agar dapat memperluas bahasan mengenai kertas isolasi transformator dapat dengan menambahkan variasi jenis kertas isolasi yang digunakan, variasi suhu, dan variasi lama waktu perendaman.

DAFTAR PUSTAKA

- Irwanto, & Prabustya, R. D. (2020). Analisis transformator daya berdasarkan pengujian minyak trafo pada Ring Main Unit (RMU) Psk 151 di PT.PLN (Persero) Up3 Cikupa. *Jurnal INSTEK (Informatika Sains dan Teknologi)*, 5(2), 168-177.
- Jatmiko, F. (2015). *Pengaruh perendaman berbagai macam jenis kertas di dalam minyak trafo terhadap karakteristik tegangan tembus pada suhu 30, 40, dan 50°C* (Disertasi doktor tidak diterbitkan). Universitas Gajah Mada.
- Simanjuntak, M. I. (2019). *Pengaruh lama perendaman kertas trafo (pressboard) pada minyak mineral, minyak nabati, dan minyak sintesis terhadap karakteristik elektris kertas* (Skripsi tidak diterbitkan). Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Sugiyono, P. D. (2017). *Metode penelitian kombinasi*. Alfabeta.