JURNAL TEKNIK
Volume 17, No. 1, Juni 2019
P-ISSN : 1693-6191 E-ISSN : 2715-7660 DOI : https://doi.org/10.37031/jt.v17i1.39

Karakteristik Tegangan Tembus Isolasi Cair dan Isolasi Udara pada Beberapa Perubahan Suhu dan Diameter Elektroda

I Made Dwi Harinata [1)], Jumiati Ilham [2)], Taufiq Ismail Yusuf [3)]

[1),2),3)] Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Gorontalo
email: dwi.harinata04@gmail.com

Abstrak

Kegagalan isolasi adalah masalah yang sering terjadi dalam penyaluran energi listrik. Isolasi diperlukan untuk memisahkan dua atau lebih penghantar listrik yang bertegangan agar tidak terjadi lompatan listrik. Apabila pada bahan dielektrik diberikan medan listrik yang melebihi kemampuannya maka isolasi akan mengalami tegangan tembus dan kerusakan peralan listrik sehingga kontinuitas kerja sistem terganggu.Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik tegangan tembus pada isolasi cair dan isolasi udara serta mengetahui pengaruh suhu dan diameter elektroda terhadap karakteristik tegangan tembus pada isolasi cair dan isolasi udara. Metode pengujian yang dilakukan untuk mencapai tujuan penelitian yaitu menggunakan tegangan tinggi AC frekuensi 50 Hz dengan elektroda bola-bola dan elektroda bidang-bidang. Berdasarkan hasil penelitian diperoleh hasil tegangan tembus minyak transformator dan isolasi udara sebelum diatur suhunya diperoleh nilai tegangan tembus minyak transformator pada elektroda bola-bola berdiameter 1,8 cm sebesar 33,79 kV, diameter 4,9 cm sebesar 36,58 kV, dan diameter 9,7 cm sebesar 39,07 kV, pada elektroda bidang-bidang berdiameter 1,4 cm sebesar 39,91 kV, diameter 4,8 cm sebesar 34,31 kV, dan diameter 16 cm sebesar 39,91 kV. Sedangkan tegangan tembus isolasi udara pada elektroda bola-bola berdiameter 1,8 cm sebesar 7,95 kV, diameter 4,9 cm sebesar 8,27 kV, dan diameter 9,7 cm sebesar 9,13 kV, pada elektroda bidang-bidang berdiameter 1,4 cm sebesar 7,93 kV, diameter 4,8 cm sebesar 8,25 kV, dan diameter 16 cm sebesar 9,25 kV. Setiap terjadi kenaikan suhu pada minyak transformator dan isolasi udara maka nilai tegangan tembus akan semakin menurun dan setiap bertambahnya ukuran diameter elektroda maka nilai tegangan tembus minyak transformator dan isolasi udara akan semakin meningkat.

Kata kunci: isolasi cair, isolasi udara, tegangan tembus, perubahan suhu, diameter elektroda

Abstract

Insulation failure is a frequent problem in electrical energy distribution.The insulation is needed to separate two or more electrical conductors which have Voltage in order to avoid electrical jump. If the dielectric material is given electric Field which exceeds its capacity thus the insulation will encounter breakdown Voltage and electric equipment damage thus it interferes system work continuity.The research aimed to find out the characteristiscs of breakdown voltage at liquid and air insulation as well as to find out the effect of temperature and electrode diameter on the characteristics of breakdown voltage at bliquid and airinsulations. The method of testing used high voltage ac of frequency of 50 Hzwith ball and field electrodes. Based on the research finding, the result of the breakdown voltage of transformer oil and air insulation before the temperaturewas set, found value of transformer voltage of transformer oil at ball electrodes with diameter of.1,8 cm for 33,97 Kv. Diameter of 4,9 cm for 36,58 Kv, and diameter of 9,7 cm for 39,l07 Kv, meanwhile , at field electrodes at vvdiameter of 1,4cm was 39,91 kV,diameter of 4,8 cm was 34,31 Kv, and diameter of 16 cm was39,91 Kv.In.addition, the breakdown voltage of air insulation at ball electrodes With diameter of 1,8 cm was 7,95 kv, diameter of 4,9 cm was 8,27 kv, and Diameter of 9,7 cm was 9,13 kv at field electron with diameter of 1,4 cm was7,93 cm , diameter of 9,7 cm was 8,25 kv and diameter of 16 was 9,25 kv.Every increase in temperature at transformaer oil and air insulation, thus the valueOf breakdown voltage would decxline, and each of increase in size of electrode Diameter would increase the value of breakdown voltage of transformer oil and air Insulatio

Keywords: *liquid insulation,air insulation, brakdwon voltage, temperatureChange, electrode diameter*

Diterima Januari 2019
Disetujui Mei 2019
Dipublikasi Juni 2019

©2019 I Made Dwi Harinata, Jumiati Ilham, Taufiq Ismail Yusuf
Under the license CC BY-SA 4.0

Pendahuluan

Energi listrik merupakan salah satu bagian penting dalam kehidupan sehari-hari. Energi listrik adalah energi yang saat ini banyak digunakan untuk menunjang kebutuhan masyarakat.

Dalam penyaluran energi listrik yang bertegangan tinggi dibutuhkan peralatan yang handal. Masalah yang sering terjadi dalam penyaluran energi listrik adalah kegagalan isolasi, khususnya isolasi cair dan udara. Isolasi diperlukan untuk memisahkan dua atau lebih penghantar listrik yang bertegangan sehingga penghantar penghantar tersebut tidak terjadi lompatan listrik. Apabila pada bahan dielektrik diberikan medan listrik yang melebihi kemampuannya maka isolasi akan mengalami peristiwa tegangan tembus dan kerusakan peralatan listrik sehingga kontinuitas kerja sistem terganggu. Hal ini disebabkan oleh dua faktor yaitu adanya tegangan lebih dan pemanasan termal karena adanya energi panas yang ditimbulkan oleh penghantar listrik. Panas yang ditimbulkan penghantar dapat menyebabkan kenaikan temperatur isolasi di atas suhu kerjanya. Apabila pemanasan ini berlangsung terus menerus isolasi akan mengalami pemburukan dan juga dapat menyebabkan kegagalan isolasi yang dapat menyebabkan terjadinya tegangan tembus, hal ini dikarenakan isolasi sudah tidak mampu lagi untuk menahan tegangan tinggi yang melaluinya. Agar tidak terjadi kegagalan isolasi maka perlu diketahui terlebih dahulu kemampua kerja isolasi yang digunakan.

Berbagai penelitian telah dilakukan untuk melihat atau mengetahui karakteristik tegangan tembus isolasi cair dan isolasi udara dengan berbagai metode atau perlakuan. Namun belum ada yang melakukan pengujian menggunakan beberapa perubahan suhu dan diameter elektroda. Oleh karena itu penulis ingin melakukan pengujian karakteristik tegangan tembus isolasi cair dan isolasi udara pada beberapa perubahan suhu dan diameter elektroda.

Metode

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Teknik Tegangan Tinggi Teknik Elektro Universitas Negeri Gorontalo.

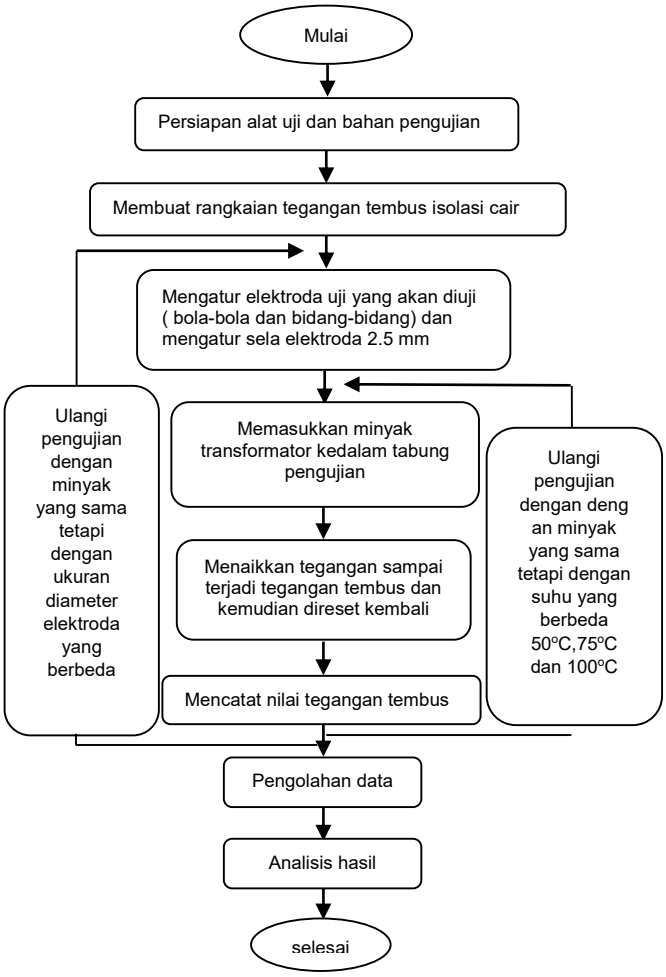
Metode penelitian yang digunakan yaitu metode eksperimen. Metode eksperimen yaitu cara penyajian pelajaran dengan suatu percobaan, mengalami dan membuktikan sendiri apa yang sementara diteliti, serta dapat menarik suatu kesimpulan dari proses yang dialaminya.

Komponen peralatan pengujian tegangan tinggi yang digunakan adalah transformator penaik tegangan type HV9105, kapasitor type HV9141 kapasitas 100 pF

100 kV, HV 9133 Measuring Spark Gap, control desk, oil cup standar, alat pemanas, elektroda bola-bola dan elektroda bidang-bidang

a. Tahapan pengujian isolasi cair

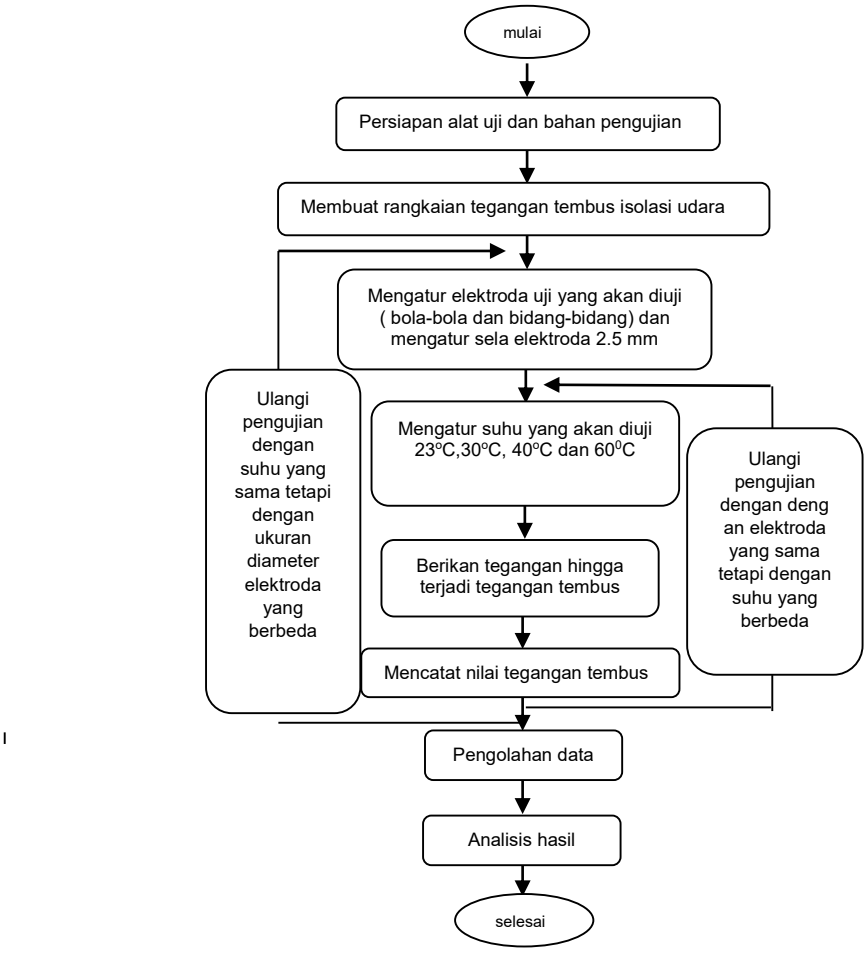
Prosedur pengujian pada penelitian tegangan tembus minyak transformator mengacu pada *standard* SPLN No 49-1:1982 yaitu:



Gambar 1. Flow chart pengujian isolasi cair

b. Tahapan pengujian isolasi udara

Prosedur pengujian pada penelitian tegangan tembus isolasi udara mengacu pada *standard* VDE 0433-2 yaitu:



Gambar 2. Flow chart pengujian isolasi udara

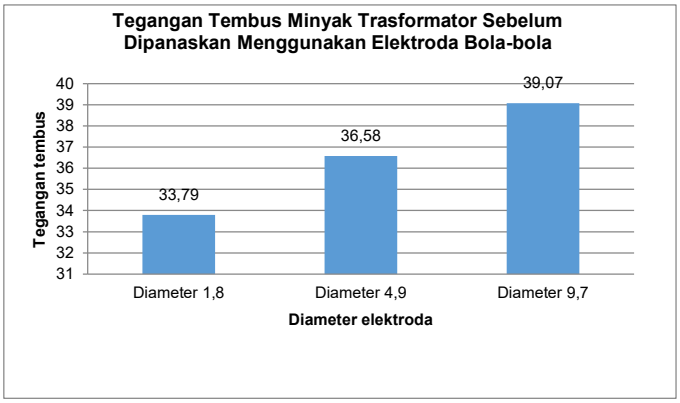
Hasil Dan Pembahasan

Analisis Pengujian Minyak Transformator Sebelum Dipanaskan

Tabel 1. Nilai rata-rata tegangan tembus minyak trasformator elektroda bola-bola sebelum dipanaskan

Diameter elektroda (cm)	Tegangan tembus (kV)
1,8	33,79
4,9	36,58
9,7	39,07

Sumber: Data pengujian

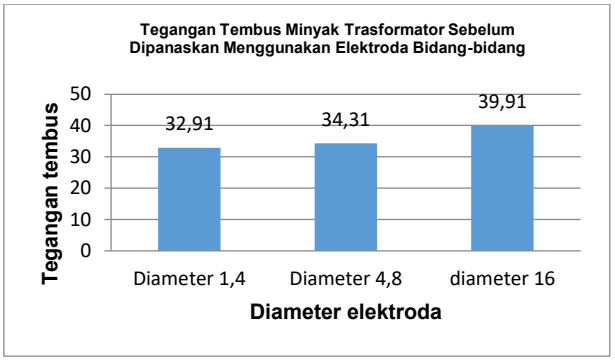


Gambar 3. Grafik tegangan tembus pada minyak trasformator mengunakan elektroda bola-bola

Tabel 2. Nilai rata-rata tegangan tembus minyak trasformator elektroda bidang-bidang sebelum dipanaskan

Diameter elektroda (cm)	Tegangan tembus (kV)
1,4	32,91
4,8	34,31
16	39,91

Sumber: Data pengujian



Gambar 4. Grafik tegangan tembus pada minyak trasformator mengunakan elektroda bidang-bidang

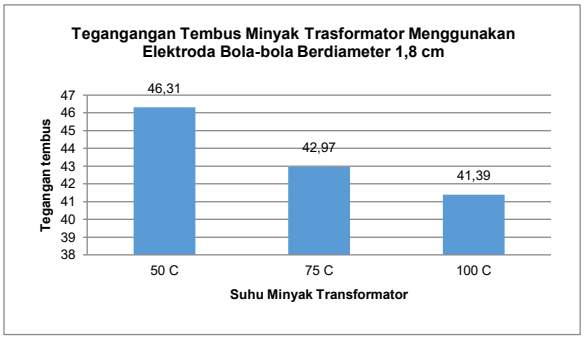
Gambar 3 dan gambar 4 menunjukkan karakteristik tegangan tembus pada minyak transformator. Dari gambar tersebut dapat diketahui karakteristik tegangan tembus pada minyak transformator mengalami kenaikan seiring dengan bertambahnya ukuran diameter elektroda, semakin besar elektroda yang digunakan maka semakin besar juga tegangan tembusnya. Bardasarkan hasil pengujian tegangan tembus minyak trasformator terlihat bahwa rata-rata nilai tegangan tembus minyak trasformator pada elektroda bola-bola dan elektroda bidang-bidang memenuhi standar SPLN 49-1:1982 dengan tegangan tembus diatas ≥ 30 kV/2,5 mm.

Analisis Pengujian Minyak Transformator Sesudah Dipanaskan

Tabel 3. Tegangan tembus minyak trasformator menggunakan elektroda bola-bola berdiameter 1,8 cm

Suhu Minyak Trasformator (^{0}C)	Tegangan tembus (kV)
50	46,31
75	42,97
100	41,39

Sumber: Data pengujian

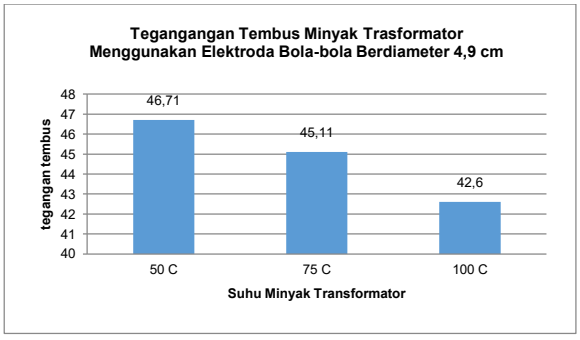


Gambar 5. Grafik Tegangan tembus minyak trasformator menggunakan elektroda bola-bola berdiameter 1,8 cm

Tabel 4. Tegangan tembus minyak trasformator menggunakan elektroda bola-bola berdiameter 4,9 cm

Suhu Minyak Trasformator (^{0}C)	Tegangan tembus (kV)
50	46,71
75	45,11
100	42,60

Sumber: Data pengujian

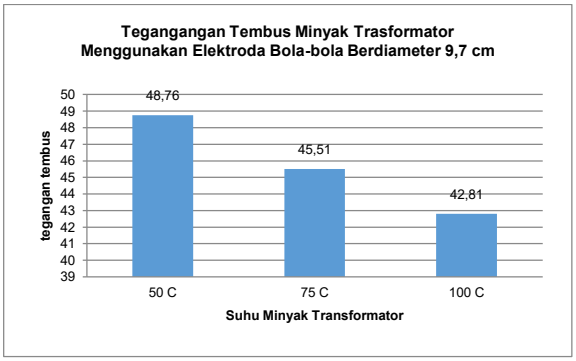


Gambar 6. Grafik Tegangan tembus minyak trasformator menggunakan elektroda bola-bola berdiameter 4,9 cm

Tabel 5 Tegangan tembus minyak trasformator menggunakan elektroda bola-bola berdiameter 9,7 cm

Suhu Minyak Trasformator (^{0}C)	Tegangan tembus (kV)
50	48,76
75	45,51
100	42,81

Sumber: Data pengujian

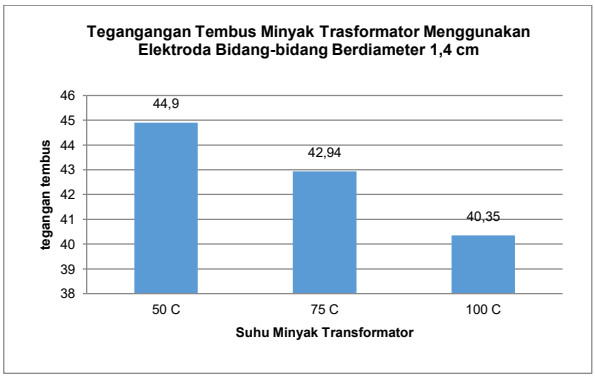


Gambar 7. Grafik Tegangan tembus minyak trasformator menggunakan elektroda bola-bola berdiameter 9,7 cm

Tabel 6. Tegangan tembus minyak trasformator menggunakan elektroda bidang-bidang berdiameter 1,4 cm

Suhu Minyak Trasformator (^{0}C)	Tegangan tembus (kV)
50	44,90
75	42,94
100	40,35

Sumber: Data pengujian

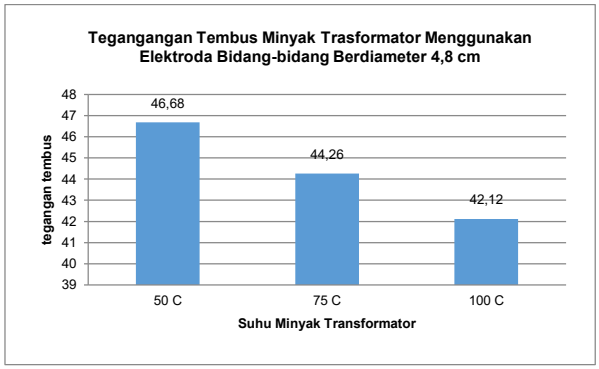


Gambar 8. Grafik Tegangan tembus minyak trasformator menggunakan elektroda bidang-bidang berdiameter 1,4 cm

Tabel 7. Tegangan tembus minyak trasformator menggunakan elektroda bidang-bidang berdiameter 4,8 cm

Suhu Minyak Trasformator (^{0}C)	Tegangan tembus (kV)
50	46,68
75	44,26
100	42,12

Sumber: Data pengujian

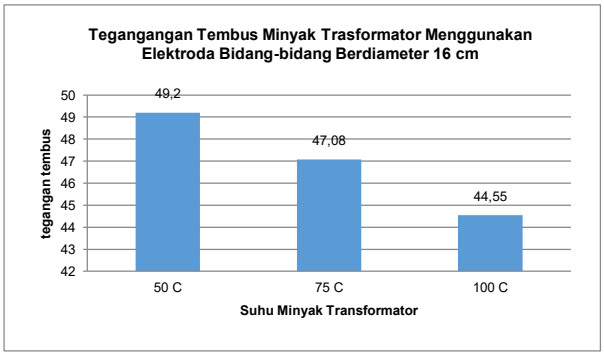


Gambar 9. Grafik Tegangan tembus minyak trasformator menggunakan elektroda bidang-bidang berdiameter 4,8 cm

Tabel 8 Tegangan tembus minyak trasformator menggunakan elektroda bidang-bidang berdiameter 16 cm

Suhu Minyak Trasformator (^{0}C)	Tegangan tembus (kV)
50	49,20
75	47,08
100	44,55

Sumber: Data pengujian



Gambar 10. Grafik Tegangan tembus minyak trasformator menggunakan elektroda bidang-bidang berdiameter 16 cm

Bardasarkan hasil pengujian tegangan tembus minyak trasformator sesudah dipanaskan terlihat bahwa rata-rata nilai tegangan tembus minyak trasformator pada elektroda bola-bola dan elektroda bidang-bidang memenuhi standar SPLN 49-1:1982

dengan tegangan tembus diatas ≥ 30 kV/2,5 mm. Namun tegangan tembus minyak transformator cenderung menurun seiring dengan kenaikan tempuratur. Kenaikan temperatur menyebabkan pecahnya molekul-molekul yang terdapat pada minyak transformator sehingga menyebabkan kehilangan dielektrik dari minyak transformator. Semakin tinggi temperatur, maka nilai faktor kehilangan dielektriknya juga akan semakin tinggi, sehingga tegangan tembus akan semakin kecil (Jonathan F Simamora, 2011: 47).

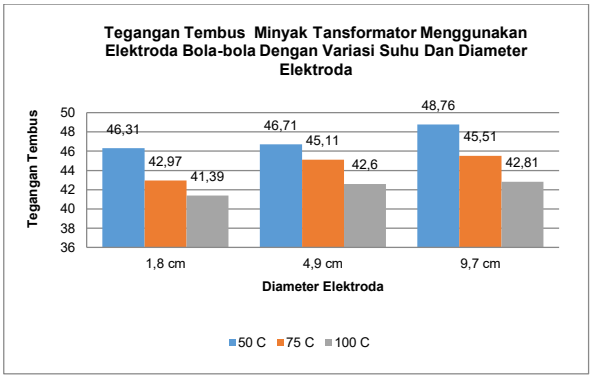
Analisis Pengaruh Diameter Terhadap Tegangan Tembus Isolasi Cair

a. Elektroda bola-bola

Tabel 9 Nilai rata-rata tegangan tembus minyak transformator pada elektroda bola bola dengan variasi suhu dan diameter elektroda

Diameter Elektroda	Tegangan tembus (kV)		
	50^0C	75^0C	100^0C
1,8	46,31	42,97	41,39
4,9	46,71	45,11	42,60
9,7	48,76	45,51	42,81

Sumber: Data pengujian



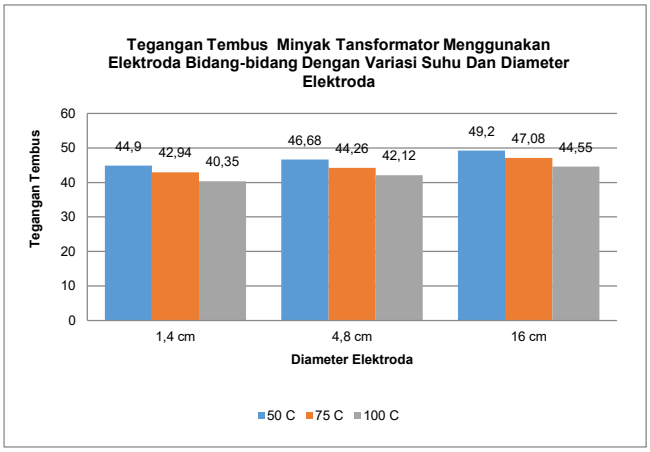
Gambar 11. Grafik tegangan tembus pada minyak trasformator mengunakan elektroda bola-bola dengan variasi suhu dan diameter elektroda

b. Elektroda bidang-bidang

Tabel 10 Nilai rata-rata tegangan tembus minyak trasformator pada elektroda bola bola dengan variasi suhu dan diameter elektroda

Diameter Elektroda	Tegangan tembus (kV)		
	50^0C	75^0C	100^0C
1,4	44,90	42,94	40,35
4,8	46,68	44,26	42,12
16	49,20	47,08	44,55

Sumber: Data pengujian



Gambar 12. Grafik tegangan tembus pada minyak trasformator mengunakan elektroda bidang-bidang dengan variasi suhu dan diameter elektroda

Dari hasil perhitungan luas permukaan kedua elektroda, dikatahui bahwa luas permukaan elektroda bidang-bidang berdiameter 16 cm lebih besar dari pada elektroda bola-bola berdiameter 9,7 cm. Hal ini menyebabkan nilai tegangan tembus minyak transformator yang diuji dengan menggunakan elektroda bidang-bidang berdiameter 16 cm menjadi lebih besar dari pada tegangan tembus minyak transformator yang diuji menggunakan elektroda bola-bola berdiameter 9,7, karena luas permukaan elektroda mempengaruhi kerapatan elektron pada elektroda, semakin besar luas permukaan suatu elektroda maka kerapatan elektron akan semakin kacil, sehingga elektroda akan sulit untuk melepaskan elektronnya. Semakin luas permukaan elektroda maka dibutuhkan tegangan yang lebih besar untuk menghasilkan medan listrik yang besar pula supaya terjadi proses ionisasi (Wahyu K Wibowo, 2008: 7).

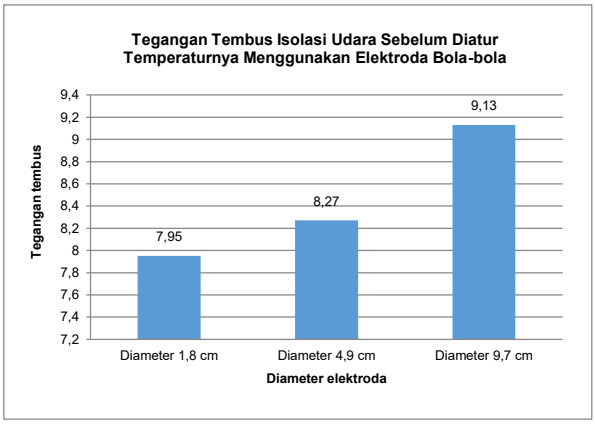
Analisis Pengujian Isolasi Udara Sebelum Diatur Temperaturnya

Berdasarkan hasil pengujian tegangan tembus isolasi udara sebelum diatur temperaturnya diperoleh nilai rata-rata tegangan tembus untuk masing-masing elektroda (elektroda bola-bola dengan diameter 1,8 cm, 4,9 cm dan 9,7 cm dan elektroda bidang-bidang dengan diameter 1.4 cm, 4,8 cm dan 16 cm) yang diperlihatkan pada tabel 11 dan tabel 12 berikut.

Tabel 11 Nilai rata-rata tegangan tembus isolasi udara elektroda bola-bola sebelum diatur temperaturnya

Diameter elektroda (cm)	Tegangan tembus (kV)
1,8	7,95
4,9	8,27
9,7	9,13

Sumber: Data pengujian

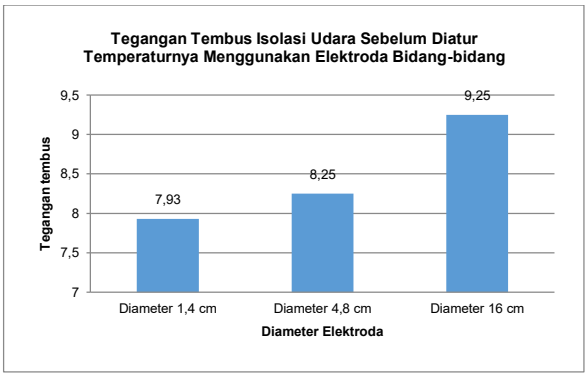


Gambar 13. Grafik tegangan tembus pada isolasi udara mengunakan elektroda bola bola

Tabel 12. Nilai rata-rata tegangan tembus isolasi udara elektroda bidang-bidang sebelum diatur temperaturnya

Diameter elektroda (cm)	Tegangan tembus (kV)
1,4	7,93
4,8	8,25
16	9, 25

Sumber: Data pengujian



Gambar 14. Grafik tegangan tembus pada isolasi udara mengunakan elektroda bidang-bidang

Gambar 13 dan gambar 14 menunjukkan karakteristik tegangan tembus pada isolasi udara. Dari gambar tersebut dapat diketahui karakteristik tegangan tembus pada isolasi udara mengalami kenaikan seiring dengan bertambahnya ukuran diameter elektroda, semakin besar elektroda yang digunakan maka semakin besar juga tegangan tembusnya. Bardasarkan hasil pengujian tegangan tembus isolasi udara terlihat bahwa rata-rata nilai tegangan tembus isolasi udara pada elektroda bola-bola dan elektroda

bidang-bidang memenuhi standar VDE 0433-2 dengan tegangan tembus diatas ≥ 7,92 kV/2,5 mm.

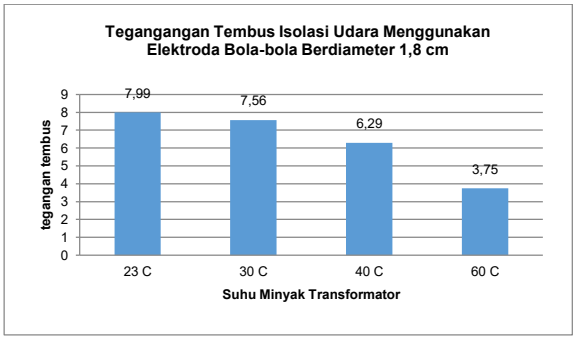
Analisis Pengujian Isolasi Udara Sesudah Diatur Temperaturnya

Berdasarkan hasil pengujian tegangan tembus isolasi udara sesudah atur temperatur udara dengan memvariasikan suhu diperoleh rata-rata tegangan tembus isolasi udara dengan mengunakan elektroda (elektroda bola-bola dengan diameter 1,8 cm, 4,9 cm dan 9,7 cm dan elektroda bidang-bidang dengan diameter 1.4 cm, 4,8 cm dan 16 cm) diperlihatkan pada tabel 13 sampai 18 berikut.

Tabel 13. Tegangan tembus isolasi udara menggunakan elektroda bola-bola berdiameter 1,8 cm

Suhu Minyak Trasformator (^{0}C)	Tegangan tembus (kV)
23	7,99
30	7,56
40	6,29
60	3,75

Sumber: Data pengujian

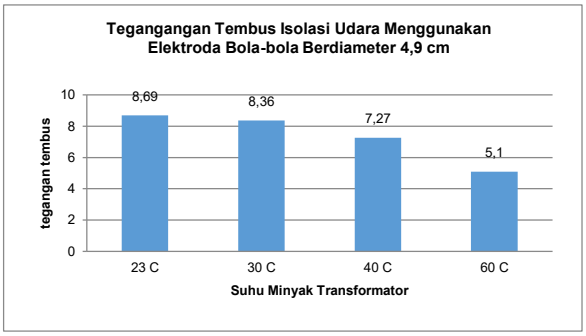


Gambar 15. Grafik Tegangan tembus isolasi udara menggunakan elektroda bola bola berdiameter 1,8 cm

Tabel 14. Tegangan tembus isolasi udara menggunakan elektroda bola-bola berdiameter 4,9 cm

Suhu Minyak Trasformator (^{0}C)	Tegangan tembus (kV)
23	8,69
30	8,36
40	7,27
60	5,10

Sumber: Data pengujian

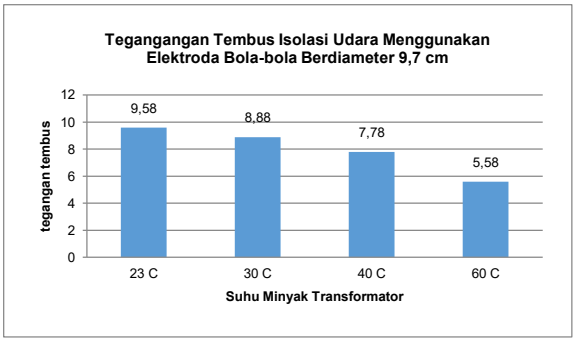


Gambar 16. Grafik Tegangan tembus isolasi udara menggunakan elektroda bola bola berdiameter 4,9 cm

Tabel 15. Tegangan tembus isolasi udara menggunakan elektroda bola-bola berdiameter 9,7 cm

Suhu Minyak Trasformator (^{0}C)	Tegangan tembus (kV)
23	9,58
30	8,88
40	7,78
60	5,58

Sumber: Data pengujian

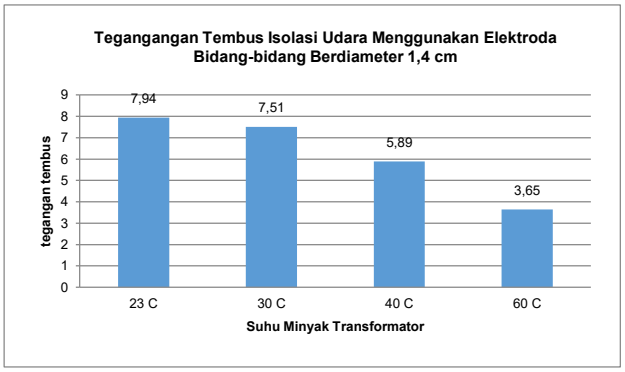


Gambar 17. Grafik Tegangan tembus isolasi udara menggunakan elektroda bola bola berdiameter 9,7 cm

Tabel 16. Tegangan tembus isolasi udara menggunakan elektroda bidang-bidang berdiameter 1,4 cm

Suhu Minyak Trasformator (^{0}C)	Tegangan tembus (kV)
23	7,94
30	7,51
40	5,89
60	3,65

Sumber: Data pengujian

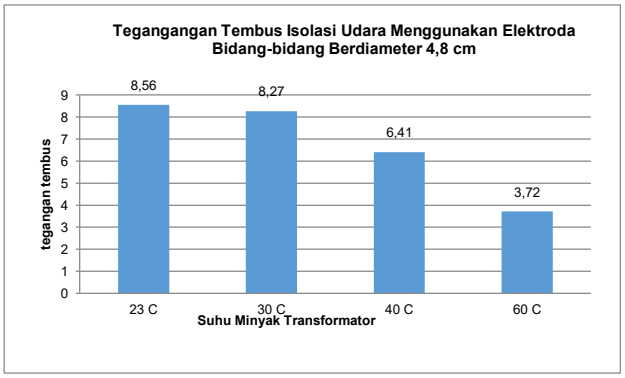


Gambar 18. Grafik Tegangan tembus isolasi udara menggunakan elektroda bidang bidang berdiameter 1,4 cm

Tabel 17. Tegangan tembus isolasi udara menggunakan elektroda bidang-bidang berdiameter 4,8 cm

Suhu Minyak Trasformator (^{0}C)	Tegangan tembus (kV)
23	8,56
30	8,27
40	6,41
60	3,72

Sumber: Data pengujian

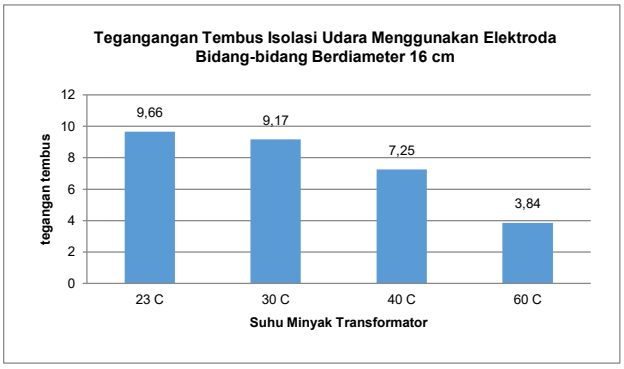


Gambar 19. Grafik Tegangan tembus isolasi udara menggunakan elektroda bidang bidang berdiameter 4,8 cm

Tabel 18. Tegangan tembus isolasi udara menggunakan elektroda bidang-bidang berdiameter 16 cm

Suhu Minyak Trasformator (^{0}C)	Tegangan tembus (kV)
23	9,66
30	9,17
40	7,25
60	3,84

Sumber: Data pengujian



Gambar 20. Grafik Tegangan tembus isolasi udara menggunakan elektroda bidang bidang berdiameter 16 cm

Bardasarkan hasil pengujian tegangan tembus isolasi udara sesudah diatur temperaturnya terlihat bahwa nilai tegangan tembus isolasi udara cenderung menurun seiring dengan kenaikan temperatur udara, hal ini dikarenakan Jika temperatur udara mengalami kenaikan, maka molekul-molekul udara akan bersikulasi dengan kecepatan tinggi sehingga terjadi benturan antar molekul dengan molekul. Jika temperatur semakin tinggi, maka kecepatan molekul semakin tinggi. Sehingga benturan antar molekul semakin keras dan dapat membuat terlepasnya elektron dari molekul netral. Terlepasnya elektron dari molekul netral menyebabkan banyaknya elektron-elektron bebas diudara. Banyaknya elektron diudara akan memungkinkan terjadinya tembus listrik pada udara tersebut dan membuat semakin cepat terjadinya tegangan tembus (Christian Daniel S, 2014: 6)

Analisis Pengaruh Diameter Terhadap Tegangan Tembus Isolasi Udara

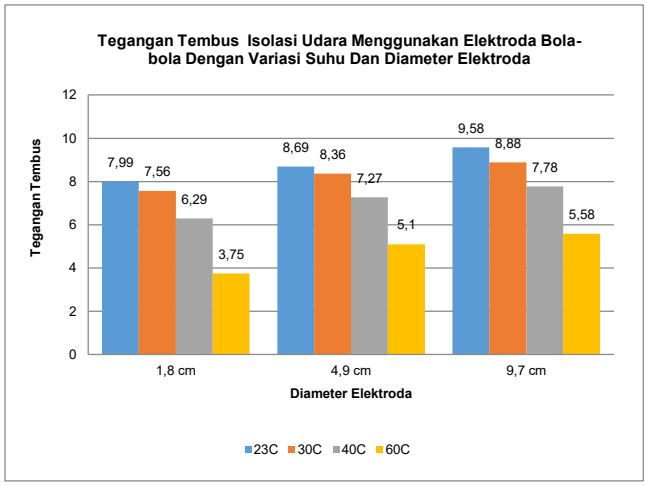
Berdasarkan hasil pengujian tegangan tembus isolasi udara sesudah divariasikan suhu udara dan diameter elektrodanya. Hasil nilai tegangan tembus isolasi udara yang diuji pada setiap variasi suhu dan diameter elektroda yang diterapkan berbeda-beda. Seperti yang terlihat pada tabel 22 dan 23 berikut.

a. Elektroda bola-bola

Tabel 19 Nilai rata-rata tegangan tembus isolasi udara pada elektroda bola bola dengan variasi suhu dan diameter elektroda

Diameter Elektroda	Tegangan tembus (kV)			
	23^0C	30^0C	40^0C	60^0C
1,8	7,99	7,56	6,29	3,75
4,9	8,69	8,36	7,27	5,10
9,7	9,58	8,88	7,78	5,58

Sumber: Data pengujian



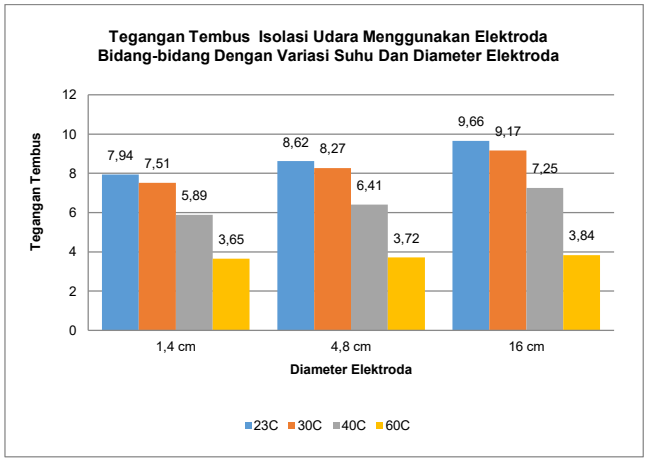
Gambar 21. Grafik tegangan tembus pada isolasi udara mengunakan elektroda bola-bola dengan variasi suhu dan diameter elektroda

b. Elektroda bidang-bidang

Tabel 20 Nilai rata-rata tegangan tembus isolasi udara pada elektroda bidang-bidang dengan variasi suhu dan diameter elektroda

Diameter Elektroda	Tegangan tembus (kV)			
	23^0C	30^0C	40^0C	60^0C
1,4	7,94	7,51	5,89	3,65
4,8	8,62	8,27	6,41	3,72
16	9,66	9,17	7,25	3,84

Sumber: Data pengujian



Gambar 22. Grafik tegangan tembus pada isolasi udara mengunakan elektroda bidang-bidang dengan variasi suhu dan diameter elektroda

Berdasarkan hasil pengujian tegangan tembus isolasi udara yang diuji semakin meningkat seiring dengan bertambahnya ukuran diameter elektroda yang digunakan. Peningkatan tegangan tembus isolasi udara seiring bertambahnya ukuran diameter elektroda, dikarenakan apabila elektroda mempunyai luas penampang yang lebih kecil maka akan mempunyai rapat muatan yang lebih besar sehingga elektron-elektron akan lebih mudah terlepas untuk proses ionisasi.

Karena untuk proses ionisasinya lebih mudah maka dibutuhkan energi yang lebih kecil sehingga tegangan yang diterapkan juga akan lebih kecil (Sasmito Teguh P, 2011: 7).

Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian karakteristik tegangan tembus isolasi cair dan isolasi udara pada beberapa berubahan suhu dan diameter elektroda dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Hasil pengujian tegangan tembus minyak transformator dalam keadaan normal memenuhi standar SPLN 49-1:1982 dan isolasi udara dalam keadaan normal memenuhi memenuhi standar VDE 0433-2.
2. Pengaruh perubahan suhu akan mempengaruhi nilai tegangan tembus dari minyak transformator dan isolasi udara yaitu semakin meningkat temperatur maka semakin menurun pula nilai tegangan tembus dari minyak transformator dan isolasi udara.
3. Pengaruh perubahan diameter elektroda akan mempengaruhi nilai tegangan tembus dari minyak transformator dan isolasi udara yaitu semakin besar diameter elektroda yang digunakan maka nilai tegangan tembus dari minyak transformator dan isolasi udara juga akan meningkat.

Saran

1. Penelitian ini hanya menguji tentang karakteristik tegangan tembus pada minyak trasformator Shell Dialla B dengan menaikkan temperatur dan merubah ukuran diameter elektroda yang digunakan maka dapat melanjutkan penelitian ini dengan menggunakan minyak transformator merk lain.
2. Penelitian ini hanya menguji tentang karakteristik tegangan tembus pada isolasi udara dengan menaikkan temperatur dan merubah ukuran diameter elektroda yang digunakan maka dapat melanjutkan penelitian ini dengan menguji isolasi udara dibawah suhu normal dan menguji isolasi udara dengan suhu yang lebih ekstrim lagi.
3. Bagi para pembaca dan peminat dalam bidang isolasi cair dan isolasi udara dapat meneruskan penelitian ini dengan menggunakan bentuk elektroda setengah bola, jarum-jarum, dan bahan pembuatan elektroda yang lainnya.

Daftar Pustaka

Daniel, S. Cristian, Syahrawardi. 2014. *pengaruh kenaikan temperatur terhadap tegangan tembus udara pada elektroda bola terpolusi asam.* Konsentrasi Teknik Tenaga Listrik, Departemen Teknik Elektro, Fakultas Teknik Universitas Sumatera Utara (USU).

Garniwa, Iwa, Fritz, S. Jonathan. 2011. *Analisis pengaruh kenaikan temperatur dan umur minyak transformator terhadap degradasi tegangan tembus minyak transformator.* Departemen Teknik Elektro, Universitas Indonesia.

Prihatnolo, Sasmito Teguh. 2011. *Pengukuran Tegangan Tembus Dielektrik Udara pada Berbagai Sela dan Bentuk Elektroda dengan Variasi Temperatur Sekitar.* Teknik Elektro, Universitas Diponogoro, Semarang

Sanyongi, Hanung. *Analisis mekanisme kegagalan isolasi pada minyak trafo menggunakan elektroda berpolaritas berbeda pada jarum bidang,* Teknik Elektro, Universitas Diponegoro, Semarang

SPLN 49-1, “Minyak Isolasi”, Perusahaan Umum Listrik Negara, 1982.

Wibowo, Wahyu K. 2008. *Analisis karakteristik breakdown voltage pada dielektrik minyak shell diala b pada suhu 300c-1300c.* Jurusan Teknik Elektro Fakulta Teknik Universitas Diponegoro.