

KAJIAN KANDUNGAN GARAM DAN TEMPERATUR TERHADAP TEGANGAN TEMBUS MINYAK ISOLASI

Purwiyanto^{1*}, Supriyono², Galih mustiko Aji³, Muhammad Nur Hilal⁴

^{1,2,3}Jurusan Teknik Elektronika, Politeknik Negeri Cilacap, Jalan Dr. Soetomo 1 Cilacap Indonesia, Telp. 0282 533329, Faks. 0282537992

⁴Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Cilacap, Jalan Dr. Soetomo 1 Cilacap Indonesia, Telp. 0282 533329, Faks. 0282537992

Received: 12 Juli 2024

Accepted: 31 Juli 2024

Published: 7 Agustus 2024

Keywords:

Tegangan Tembus;

Isolasi cair;

Temperatur;

Garam

Correspondent Email:

purwi_power@pnc.ac.id

Abstrak. Untuk menghindari terjadinya aliran, lompatan atau percikan listrik antar penghantar listrik yang bertegangan digunakan isolasi. Minyak isolasi merupakan salah satu bahan isolasi yang digunakan pada transformator yang berfungsi untuk mengisolasi sekaligus mendinginkan peralatan listrik. Sifat minyak isolasi transformator berubah ketika mengandung polutan yang masuk ke dalam minyak, yang menyebabkan kegagalan yang makin cepat, selain itu perubahan temperatur juga akan berpengaruh pada kekuatan minyak isolasi. Dari hasil penelitian menunjukkan bahwa persentase sumbangan pengaruh temperatur dan kandungan garam terhadap tegangan tembus sebesar 36,4% dengan kenaikan temperatur 1°C akan disertai kenaikan tembus tegangan sebesar 0,044 kalinya dan setiap kenaikan kandungan garam diiringi penurunan tegangan tembus sebesar 0,292 kalinya.

Abstract. To avoid the occurrence of currents, jumps or electric sparks between electrical conductors, then isolation is used. Insulating oil is one of the insulating materials used in transformers that function to isolate and cool electrical equipment. The properties of transformer insulating oil change when it contains pollutants that enter the oil, in which causes faster failure. Besides the change of temperature will also affect the strength of the insulating oil. The results showed that the percentage contribution of the effect of temperature and salt content on the breakdown voltage was 36.4% with a temperature increase of 1°C followed by an increase in the breakdown voltage of 0.044 times and each increase in the salt content was followed by a decrease in the breakdown voltage of 0.292 times.

1. PENDAHULUAN

Salah satu unsur yang terpenting dalam ketenagalistrikan adalah isolator, khususnya untuk isolator tegangan tinggi, hal ini karena isolator berfungsi untuk menghindari terjadinya percikan atau loncatan bunga-bunga listrik antara dua konduktor yang bertegangan [1]. Seperti kebanyakan isolasi, isolator pada listrik yang bertegangan tinggi, juga dikelompokkan menurut jenis unsur penyusun bahannya, seperti jenis kertas, nylon, Plexiglas, bentuk gas misalnya SF₆, CO₂, N₂ dan bentuk cair misalnya oli trafo, oli silikon. Sebagai bahan dielektrik cair, minyak isolasi mampu mengembalikan pengosongan sebagian muatan

pada minyak isolasinya. Pengosongan muatan ini disebabkan oleh ketidak sempurnaan minyak isolasi yang berupa partikel-partikel seperti pengotor di antara kedua penghantar. Hal ini menyebabkan beberapa insulasi terlepas dan menjembatani ruang antara dua konduktor secara tidak lengkap [2].

Sifat minyak isolasi transformator berubah ketika mengandung polutan yang masuk kedalam minyak, yang menyebabkan kegagalan yang makin cepat. Ada empat macam teori yang menjelaskan tentang teori kegagalan isolasi cair, teori tersebut yaitu [3]:

- Yang pertama tentang ketidak berhasilan elektron, ketidakberhasilan ini

merupakan pengembangan dari teori penguraian gas, elektron awal ini yang memulai proses kerusakan.

- Yang kedua tentang Kegagalan kavitasi Kegagalan kavitasi adalah bentuk kerusakan cairan yang disebabkan oleh adanya gelembung gas.
- Yang ke tiga tentang kegagalan bola cair Apabila bahan isolasi mengandung jenis cairan yang berbeda dari bola cair, dan terjadi ketidakstabilan bola cair dalam medan listrik maka akan menyebabkan kegagalan dari minyak isolasi. Tetesan cairan berbentuk bola dalam minyak yang mengambang dan memanjang disebabkan oleh medan listrik yang membuat tidak stabil dari isolasi minyak. Saluran patahan memanjang dari bagian dipping yang menyatu dan tak terputus, akan mengakibatkan kegagalan total.
- Yang ke empat tentang Kerusakan Butir Padat Kerusakan isolasi pada minyak transformator jenis ini disebabkan oleh adanya kemunculannya butiran padat (partikel) pada isolasi cairan

2. TINJAUAN PUSTAKA

Minyak trafo yang digunakan sebagai media isolasi dan pendingin harus memenuhi persyaratan sebagai berikut : [4]

- Minyak isolasi mempunyai kekuatan isolasi yang tinggi, terhadap tegangan tembus
- Minyak isolasi dapat berfungsi sebagai media pendinginan dari trafo
- Minyak isolasi memiliki berat jenis yang kecil kecil, sehingga polutan-polutan pada isolasi minyak tidak mudah menyebar dan dapat mengendap dengan cepat
- Minyak isolasi memiliki viskositas atau kekentalan yang rendah sehingga akan mudah disirkulasi dan dapat sebagai media pendinginan transformator yang baik
- Minyak isolasi memiliki titik nyala api yang besar, sehingga akan sulit menguap dan tidak membahayakan atau merusak komponen lain pada transformator

- Minyak isolasi memiliki Sifat kimia (keasaman) yang stabil

Pada transformator tegangan, lilitan yang ada baik lilitan sekunder ataupun lilitan primer menggunakan minyak isolasi, sekaligus sebagai pendingin, terutama pada transformator tenaga dengan kapasitas besar [5]. Kekuatan tegangan tembus dari minyak isolasi tergantung dari unsur molekul minyak isolasi itu sendiri, yaitu tergantung dari unsur molekul-molekul penyusunnya atau unsur atom dari molekul-molekul penyusunnya. penyebab berubahnya sifat molekul cairan yang akan mempengaruhi kekuatan tegangan tembus tergantung juga terhadap besarnya tegangan kerja yang diterapkan, suhu serta kandungan gas yang ada di dalam cairan isolasi. Kegagalan dalam minyak isolasi akan mudah terjadi jika tegangan kerja yang diterapkan pada minyak isolasi cair tersebut semakin tinggi [6].

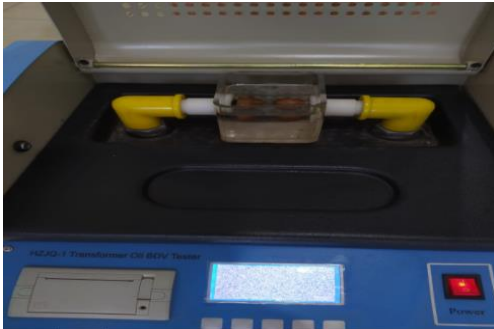
Kehandalan dari minyak isolasi menyatakan bahwa suatu minyak isolasi yang bekerja sesuai standarnya dalam selang waktu dan kondisi tertentu. Analisa bentuk kegagalan merupakan suatu analisa bagian dari sistem atau peralatan yang dapat gagal, bentuk kegagalan yang mungkin, efek masing-masing, ataupun dari ketidakberhasilan sebuah sistim. [7]

Minyak isolasi dari bahan mineral temperatur tinggi (*high temperature mineral oils*) harus digunakan pada daerah yang rawan kebakaran seperti area pemukiman yang padat, instalasi minyak bumi, instalasi kimia. hal ini digunakan untuk menghindari kemungkinan kebakaran yang. Kekuatan tegangan tembus akan kuat jika kadar air dalam minyak transformator rendah, begitu sebaliknya jika kandungan air dalam minyak cukup tinggi maka kekuatan dari minyak isolasi menjadi kecil [8]. Dalam penelitian ini, peneliti akan dikaji pengaruh kandungan garam terhadap kekuatan isolasi cair minyak Shell Diala B. Peralatan uji yang digunakan untuk menguji dan mencari karakteristik dan kekuatan isolasi cair berupa elektroda jarum-jarum

3. METODE PENELITIAN

Alat dan bahan yang digunakan pada penelitian ini merupakan peralatan yang berada di Laboratorium Teknik Listrik Politeknik Negeri Cilacap, peralatan tersebut antara lain meliputi :

- **Alat Pembangkit Tegangan**
Panel kontrol dan trafo ukur merupakan bagian utama dari alat pembangkit tegangan. Tegangan yang mampu dibangkitkan pada trafo penaik tegangan ini sebesar 80 kv.



Gambar 1. Kit pembangkit tegangan
Sumber: Laboratorium Teknik Listrik PNC (2021)

Transformator pada laboratorium teknik listrik digunakan untuk menaikkan tegangan, yaitu dari tegangan rendah PLN satu fasa sebesar 220 V untuk dinaikkan menjadi tegangan tinggi dengan kemampuan membangkitkan sampai 80 kv.

- **Peralatan pengujian**
Peralatan ini terdiri dari sebuah kotak yang berisikan jenis elektroda yang akan digunakan sebagai tempat pengujian minyak trafo.



Gambar 2. Elektroda uji
Sumber: Laboratorium Teknik Listrik PNC (2021)

Bahan yang di gunakan untuk membuat kotak pengujian terbuat dari acrylic, hal ini dipilih karena bahan acrylic mempunyai daya tahan panas tinggi dan warnanya putih bening sehingga memudahkan dalam pengamatan.

- **Elektroda uji**

Pada penelitian ini menggunakan tembaga jarum-jarum untuk alat uji.

Jalan Penelitian

Proses pengambilan data dilakukan di laboratorium teknik listrik Politeknik Negeri Cilacap. Untuk mengetahui tingkat kekuatan tegangan tembus dilakukan pengambilan data kuantitatif yang berbentuk angka-angka dari hasil pengujian bahan minyak Shell Dial B jika diterapkan pada penambahan kandungan garam dan peningkatan temperatur. Untuk mendapatkan kegagalan (*breakdown*) sempurna, tegangan dinaikkan terus hingga terjadi suatu tegangan tembus yang mencapai elektroda [9].

Proses pengujian dan pengambilan data tegangan tembus minyak isolasi ini mengacu pada standar IEC 60156, yaitu :

1. **Persiapan Sampling.**

Persiapan sampling dilakukan secepatnya sebelum mengisi kotak uji, pastikan minyak isolasi tidak ada gumpalan-gumpalan cairan dan tidak menimbulkan gelembung udara pada cairan dengan cara sampel dikocok perlahan beberapa kali. Hindari udara dari suhu ruang yang tidak diperlukan.

2. **Pengisian Kotak Uji.**

Kotak pengujian dibuat sebersih mungkin, dinding-dindingnya, elektroda dan bagian lainnya sebelum melakukan pengujian. Kemudian tuangkan perlahan minyak uji, hindari pembentukan gelembung-gelembung udara pada saat menuangkan minyak uji.

3. **Pemberian Tegangan.**

Pada kotak uji yang sudah diberi minyak isolasi, selanjutnya, pada elektroda beri tegangan dengan cara menaikkan tegangan dari 0 V sampai sekitar 2,0 kV/dt secara linear hingga memunculkan tegangan tembus pada minyak yang diuji. Pengambilan data dilakukan pada minyak yang diuji sebanyak enam kali pengambilan data, dengan waktu jeda sekurang-kurangnya 2 menit dari setiap pengambilan data.

4. **Laporan,** dilakukan dengan memasukkan data hasil pengujian kedalam tabel. Data pengujian berupa hasil dari nilai rata-rata pengambilan data yang sama sebanyak 6 kali.

Tegangan tembus pada minyak uji diperoleh dengan cara menaikkan tegangan pembangkit secara perlahan-lahan, suara percikan atau ledakan akan terdengar. Ketika isolasi sudah mengalami kegagalan (*breakdown voltage*), tumbukan dan tekanan impulsif yang menyebabkan terjadinya suara pada saat minyak isolasi mengalami kegagalan [10]. Dalam pengujian metode studi literatur, studi pustaka dan konsultasi digunakan pada proses pengambilan data, proses menganalisis serta saat penyusunan laporan penelitian. Langkah-langkah untuk pengujian minyak isolasi dilakukan sebagai berikut :

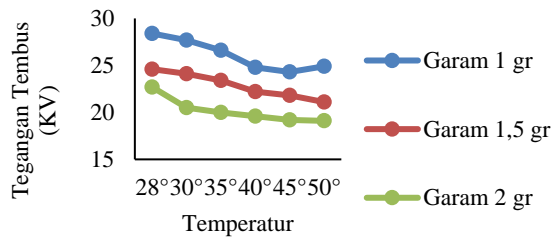
1. Siapkan alat-alat dan kebutuhan bahan yang digunakan untuk melakukan pengujian kekuatan isolasi minyak Trafo. Bahan dan peralatan tersebut meliputi: minyak Shell Diala B, kotak uji, elektroda
2. Setelah bahan dan peralatan penelitian disiapkan selanjutnya bersihkan kotak uji dari kotoran-kotoran yang mungkin ada pada kotak uji. Kocok perlahan-lahan minyak Shell Diala B untuk memastikan adanya homogenisasi kontaminan minyak Shell Diala B tanpa menimbulkan gelembung udara pada minyak Shell Diala B.
3. Pada pengujian pertama pasang elektroda pada kotak uji dengan jarak sela elektroda 5 mm.
4. Kemudian tuang minyak Shell Diala B kedalam kotak uji yang sudah di pasang elektroda secara perlahan dan hindari terjadinya gelembung-gelembung udara.
5. Langkah selanjutnya kotak uji yang sudah terpasang elektroda dan minyak Shell Diala B dirangkai dengan kit pembangkit tegangan tinggi untuk dilakukan pengujian dengan temperatur awal yaitu temperatur ruang.
6. Setelah seluruh peralatan terangkai, kemudian lakukan pengujian dengan cara menghidupkan trafo uji dari panel kontrol dengan menghidupkan saklar power yang sekaligus berfungsi sebagai penghubung dan pemutus dari regulator tegangan ke trafo uji tersebut.
7. Nilai tegangan akan diukur dan ditampilkan pada panel kontrol penarik tegangan dan nilai tegangan tembusnya ditampilkan pada display secara digital.

8. Setelah *breakdown* lalu tegangan diturunkan dan dinormalkan kembali dengan memutar balik tombol penurun tegangan pada panel kontrol, kemudian catat hasil tegangan *breakdown*-nya.
9. Mengembalikan ke pengaturan awal dengan meng-off-kan saklar power
10. Menunggu beberapa menit dilanjutkan mengulangi pengujian, kembali dimulai dari langkah 6, begitu seterusnya sebanyak 6 kali pengujian. Karena untuk satu hasil data diambil dari rata-rata 6 kali pengujian.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Ada dua kategori utama variabel penelitian, variabel tersebut berupa variabel terikat (*dependen*) serta variabel bebas (*independen*). Yang dimaksud variabel bebas yaitu variabel yang menyebabkan perubahan atau munculnya kejadian pada variabel *dependen* [11]. Identifikasi parameter-parameter variabel perlu dilakukan karena merupakan tahapan dalam penentuan variabel, baik itu untuk variabel terikat dan variabel bebas [12]. Variabel yang akan digunakan dalam penelitian ini yaitu temperatur dan kandungan garam, dimana kandungan garam merupakan variabel bebas (*variabel independen*) terhadap tegangan tembus minyak yang merupakan variabel (*variable dependen*). Pengolahan data digunakan statistik program SPSS.24 dan EXCEL. Hasil dari pengolahan data berupa analisis Multiple Regresi yang meliputi [13] :

- Analisa korelasi ganda (R)
Analisa korelasi ganda berguna untuk mengetahui secara serentak koefisien korelasi antara kedua variabel, yaitu variabel bebas dan variabel terikat.
- Analisa determinasi (R²)
Analisa ini berguna untuk mengetahui koefisien persentase adanya pengaruh dari kedua variabel yang dihasilkan dengan menggunakan analisis regresi linear determinan.
- Uji koefisien regresi secara serentak (Uji F)
Uji koefisien regresi secara serentak dilakukan untuk mengetahui apakah kedua variabel secara bersama-sama berpengaruh secara signifikan terhadap *independen* (X) variabel *dependen* (Y).



Untuk memprediksi variabel dependen atau dengan uji ini juga dapat ditentukan hasilnya, berpengaruh signifikan atau tidak signifikan. Jika berpengaruh secara signifikan artinya hubungan yang terjadi dapat berlaku untuk populasi dapat digeneralisasikan. Dengan melihat hasil tingkat signifikansi serta dengan membandingkan F hitung dengan F tabel dapat, maka dapat dilakukan pengujian F tes (ANOVA).

Tahap-tahap untuk melakukan uji F dengan melihat tingkat signifikansi yaitu:

- Membuat Hipotesis
 - H0 : Menunjukkan bahwa tidak ada pengaruh signifikan secara serempak.
 - H1 : Menunjukkan bahwa terdapat pengaruh signifikan secara serempak.
- Menentukan Tingkat Signifikansi
 - Ukuran standar yang sering digunakan dalam penelitian untuk mendapatkan tingkat signifikansi dengan menggunakan $\alpha = 5\%$ (signifikansi 5% atau 0,05).
 - H0 : Tidak diterima apabila Probabilitas (sig) $< \alpha$ 0,05
 - H1 : Dapat diterima apabila Probabilitas (sig) $> \alpha$ 0,05
- Membuat Kesimpulan.

- Uji Koefisien Regresi Secara Parsial (Uji t)
 - Uji Koefisien Regresi variabel independen (X) secara parsial dapat mempengaruhi secara signifikan atau tidak berpengaruh terhadap variabel terikat (Y) digunakan dengan menggunakan Uji Koefisien regresi parsial.

Proses Pengambilan data

Pada bagian ini akan disampaikan dan dibahas mengenai data-data hasil pengujian yang sudah dilakukan di laboratorium teknik listrik Politeknik Negeri Cilacap. Untuk

memproteksi kerusakan pada transformator uji akibat tegangan lebih yang dibangkitkan, maka pada peralatan uji perlu ditambahkan *spare gap* [14]. Data observasi dalam penelitian tegangan tembus ini didapatkan dari kekuatan tegangan tembus dielektrik minyak isolasi Shell Diala B yang masih baru, yang diambil tegangan tembusnya melalui hasil pengujian. Data-data ini berupa data kuantitatif yaitu data yang berbentuk angka. Observasi ini dilakukan langsung di laboratorium dengan materi penelitian; tegangan tembus dielektrik minyak isolasi Shell Diala B menggunakan konfigurasi elektroda jarum-jarum dengan jarak sela 5 mm dengan variabel kandungan garam dan perubahan temperatur.

Tabel 1. Tegangan Tembus Terhadap Kandungan Garam

No.	Temperatur	Tegangan Tembus (KV)		
		1 gram	1.5 gram	2 gram
1	28 ⁰	28.4	24.6	22.7
2	30 ⁰	27.7	24.1	20.5
3	35 ⁰	26.6	23.4	20.0
4	40 ⁰	24.8	22.2	19.6
5	45 ⁰	24.3	21.8	19.2
6	50 ⁰	24.9	21.1	19.1

Sumber: Hasil olah data (2021)

Pada **Tabel 1** ditampilkan hasil pengujian tegangan tembus dielektrik minyak isolasi Shell Diala B dengan menggunakan variasi perubahan kandungan garam dan perubahan temperatur. Berdasarkan hasil pengujian nilai tegangan tembus isolasi udara berbanding terbalik dengan nilai temperatur, semakin tinggi temperatur maka nilai tegangan tembus akan menurun. Hal ini dikarenakan molekul-molekul udara akan bersirkulasi dengan kecepatan tinggi jika temperatur semakin tinggi, sehingga terjadi benturan antar molekul dengan kecepatan yang tinggi dan semakin keras yang akan menyebabkan elektron terlepas dari molekul netralnya dan menjadi elektron bebas. Tegangan tembus terjadi karena adanya banyaknya elektron bebas di udara yang mengakibatkan terjadinya tembus listrik antar penghantar pada udara tersebut [15].

Gambar 3. Grafik tegangan tembus
Sumber: Hasil olah data (2021)

Gambar 3 di atas memperlihatkan grafik tegangan tembus minyak Shell Diala B pada elektroda jarum-jarum dengan variabel temperatur dan kandungan garam. Berdasarkan dari olah data *Multiple Regression* tegangan tembus minyak isolasi Shell Diala B menunjukkan variabel yang dimasukkan sebagai variabel bebas yaitu Temperatur dan kandungan garam. Hasil regresi ini menunjukkan bahwa nilai koefisien determinasi R^2 (*R Square*) sebanyak 0,364 atau (36,4%), dari hasil ini disimpulkan bahwa terjadi pengaruh tegangan tembus sebesar 36,4% dengan adanya kenaikan kandungan garam dan kenaikan temperatur pada minyak isolasi. Hasil regresi ini juga menampilkan tabel analisis varian (ANOVA), dari hasil regresi disimpulkan bahwa variabel temperatur dan kandungan garam secara bersamaan mempengaruhi tegangan tembus pada minyak Shell Diala B karena dari nilai signifikansi (*sig*) dalam tabel Anova sebesar 0,044 sehingga probabilitas $0,000 < \alpha 0,05$.

Dengan menggunakan Multiple Regression juga ditunjukkan tabel Coeficients, tegangan tembus minyak Shell Dial B pada perubahan kandungan garam dan temperatur, tabel ini dapat digunakan untuk melakukan uji koefisien regresi secara parsial (Uji t) yang berfungsi untuk mengetahui apakah dalam model regresi pengaruh temperatur juga kadar garam secara parsial berpengaruh signifikan terhadap tegangan tembus. Jika dilihat dari tabel Coefesiensi harga t untuk temperatur sebesar 1,143 dengan probabilitas (*sig*) = 0,271 di atas 0,05 maka dapat disimpulkan bahwa temperatur tidak berpengaruh secara signifikan terhadap tegangan tembus minyak Shell Diala B. Sedangkan harga t untuk kandungan garam sebesar -2,695 dengan probabilitas (*sig*) = 0,017 di bawah 0,05 maka dapat disimpulkan bahwa kandungan garam berpengaruh secara signifikan terhadap tegangan tembus pada minyak Shell Diala B.

Berdasarkan tabel hasil Multiple Regression dapat dibuat model persamaan sebagai berikut:

$$\text{Ln } Y = 3,318 + 0,044X_1 - 0,292X_2$$

Dimana X_1 = variabel temperatur

X_2 = variabel Kandungan garam

Pada faktor determinasi 0,364 yang menunjukkan kontribusi temperatur dan kandungan garam terhadap terjadinya tegangan tembus minyak jarak pada elektroda bidang-bidang sebesar 36,4% dengan standar error sebesar 0,179. Pada saat kondisi murni atau tidak ada pengaruh temperatur dan kandungan garam, maka besarnya tegangan tembus sebesar 3,318 KV dengan setiap kenaikan temperatur 1°C akan diiringi dengan kenaikan tegangan tembus sebesar 0,044 kalinya dan setiap terjadi kenaikan kandungan garam akan diiringi dengan menurunnya tegangan tembus sebesar 0,292 kalinya.

5. KESIMPULAN

Dari kajian tentang Kandungan Garam dan Temperatur Terhadap Tegangan Tembus Minyak Isolasi yang sudah dilakukan dapat diambil kesimpulan bahwa:

- Terjadi persentase sumbangan pengaruh temperatur dan kandungan garam terhadap tegangan tembus sebesar 36,4%. Besarnya tegangan tembus yang terjadi sebesar 3,318 KV pada saat kondisi murni atau belum ada pengaruh temperatur dan kandungan garam.
- Setiap kenaikan temperatur 1°C akan terjadi kenaikan besaran tegangan tembus sebesar 0,044 kalinya
- Setiap kenaikan kandungan garam akan terjadi penurunan tegangan tembus sebesar 0,292 kalinya.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Politeknik Negeri Cilacap yang telah memberikan dukungan pendanaan dan fasilitas laboratorium guna kelancaran penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] E. Nuraini, Suyatmo dan Darsono, "Kajian Bahan Isolaot Untuk Tegangan Tinggi Minyak MBE Lateks," dalam *Prosiding Pertemuan dan Presentasi Ilmiah Teknologi Akselerator dan Aplikasinya*, vol. 15, pp. 100-103, Oktober, 2013
- [2] I. N. O. Winanta, A.A.N. Amrita dan W. G. Ariastina, "Studi Tegangan Tembus Minyak Transformator," *Jurnal Spektrum*, vol. 6, no. 3, September 2019

- [3] H.T. Kurrahman dan S. Abduh, "Studi Tegangan Tembus Minyak Kemiri Sunan Sebagai Alternatif Pengganti Minyak Transformatot Daya," *JETri*, vol. 13, no. 2, pp. 11-18, Februari 2016
- [4] I.G.K. Abasana dan I.W. Teresna, "Treatment Oli Trafo Terhadap Peningkatan Tegangan Tembus Pada Trafo Distribusi KA 756 di By Pass Ngurah Rai," *Buletin Fisika*, vol. 14, no. 2, pp 36-46, Agustus, 2013
- [5] C. Widyastuti dan R. A. Wisnuaji, "Analisis Tegangan Tembus Minyak Minyak Transformator di PT. PLN (Persero) Bogor," *Elektron Jurnal Ilmiah*, vol. 11, no. 2, pp. 75-78, Desemberber, 2019
- [6] Suprianto dan Firdaus, "Analisis Pengaruh Pembebanan Terhadap Kekuatan Dielektrik Minyak Isolasi Transformator 6,6 kV/380 di PT. Intibenua Perkasatama Dumai," *J. FTEKNIK*, vol. 4, no. 2, 2017
- [7] H. Gusmedi, L. Hakim dan R. Ramadan, "Evaluasi Keandalan Jaringan Distribusi 20 KV Penyulang Stroberi 2 PT. PLN (Persero) ULP Kota Metro Dengan Metode Faiure Mode And Effect Analysis," *Jurnal. JITET*, vol. 12, no. 1, 2024
- [8] C. Widyastuti, O. Handayani dan T. Darmana, "Pengaruh Kadar Air Terhadap Tegangan Tembus Minyak Transformator Distribusi," *Jurnal. Energi dan Kelistrikan*, vol. 10, no. 2, September, 2018
- [9] A. I. Pratiwi, K. Nurkamiden dan F. E. Putra, "Pengaruh Penambahan Fenol Terhadap Tegangan Tembus Minyak Transformator," *Jurnal. Teknologi terpadu*, vol. 7, no. 2, Oktober, 2020
- [10] L. M. K. Amali, M. Alim dan A. Gunawan, "Uji Kelayakan Minyak Jarak Sebagai Bahan Isolasi Cair Pada Transformator," *Jurnal. Media Elektrik*, vol. 19, no. 3, Agustus, 2022
- [11] Y. Kusnadi, dan Mutoharoh, "Pengaruh Keterimaan Aplikasi Pendaftaran Online Terhadap Jumlah Pendaftar di Sekolah Dasar Negeri Jakarta," *Jurnal Paradigma*, vol. 13, no. 2, September, 2016
- [12] T. N. Padilah dan R. I. Adam, "Analisa Regresi Linier Begrganda Dalam Estimasi Produktifitas Tanaman Padi Di Kabupaten Karawang," *Jurnal. FIBONACCI*, vol. 5, no. 2, Desember, 2019
- [13] Y. Aryani dan D. Gustian, "Sistem Penjualan Barang Dengan Metode Regresi Linear Berganda Dalam Prediksi Pendapatan Perusahaan," *Jurnal. JURSISTEKNI*, vol. 2, no. 2, pp. 39-51, September, 2020
- [14] Aulia, A. Manab, E. P. Walidi, M. Kodrat dan G. Widia, "Pengaruh Penuan Elektrik Terhadap Karakteristik Tegangan Tembus dan PDIV Minyak Nano Nynas," *Jurnal. Nasional Teknik Elektro*, vol. 7, no. 1, Maret, 2018
- [15] I. M. D Harinata, J. Ilham dan T. S. Yusuf, "Karakteristik Tegangan Tembus Isolasi Cair dan Isolasi Udara Pada Beberapa Perubahan Suhu dan Diameter Elektroda," *Jurnal. Teknik*, vol. 17, no. 1, Juni, 2019