



# Pengaruh Lama Pemakaian Minyak Shell Diala B Terhadap Kuat Tegangan Tembus

Aulidina Dwi Nur Andriyanti<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Teknik Elektro, Universitas Kahuripan Kediri

\*Email : [aulidina@kahuripan.ac.id](mailto:aulidina@kahuripan.ac.id)

**Abstract:** The electrical energy distribution of the power plant to customers was required the role of transformer that could increase and decrease voltage levels. Transformers was essential equipment in electricity distribution, both in transmission and distribution systems. Transformer was arranged of conductive materials and operated continuously, therefore it was need to be protected by insulation. The liquid insulation was commonly used, such as Shell Diala B which focused on this research. Although insulating oil was able to use over a long period, it might be regularly monitored because its ability to protect electrical equipment deteriorate. This paper was used laboratory research as the method. The researcher analyzed the effect of usage duration to determine its dielectric breakdown strength. It was found that the longer Shell Diala B oil is used, the more its quality declines, indicated by increased turbidity and decreased dielectric performance.

**Keywords:** duration; dielectric breakdown strength; shell diala B oil; transformer

## 1. PENDAHULUAN

Listrik menjadi sumber energi yang penting dalam kehidupan manusia dalam beraktifitas. Pembangkitan energi listrik dimulai dari sistem pembangkitan listrik seperti pada PLTA, PLTD, PLTS atau jenis pembangkit lainnya. Setelah listrik dibangkitkan, maka akan didistribusikan kepada sistem penyaluran transmisi dari gardu induk satu dengan lainnya, selanjutnya akan disalurkan pada sistem distribusi untuk digunakan oleh konsumen.

Pada sistem transmisi dan distribusi terdapat sebuah peralatan esensial yaitu transformator. Transformator diimpletasikan untuk mengonversi tegangan dengan menaikkan atau menurunkan tegangan tersebut. Transformator yang bekerja secara terus menerus akan mengalami pemanasan karena energi listrik yang berkapasitas besar mengalir secara terus menerus juga. Oleh karena itu diperlukan minyak isolasi yang berfungsi sebagai pendingin dan penyerap panas pada inti dan belitan transformator daya (Teknik Elektro et al., n.d.). Isolator pasang luar ruangan dikatakan baik, dimana selain memiliki karakteristik elektrik dan mekanik yang baik tentunya juga harus memiliki daya tahan yang baik pula terhadap penuaan akibat pengaruh cuaca (Tropis Perkotaan Samsurizal et al., 2018).

Isolasi digolongkan dalam isolasi gas, isolasi cair dan isolasi padat. Isolasi ini berfungsi sebagai pendingin, pemisah antar bagian yang bertegangan dan melindungi peralatan

listrik dari kerusakan. Pada transformator isolasi yang umum digunakan adalah jenis isolasi cair berupa minyak isolasi. Minyak isolasi merupakan dielektrik penting dalam perangkat listrik, dan banyak penelitian tentang minyak isolasi campuran telah dilakukan dalam beberapa tahun terakhir untuk meningkatkan kinerja minyak isolasi (Feng et al., 2020).

Isolator wujud cair secara meluas digunakan pada peralatan listrik seperti transformator, rangkaian pemutus (*circuit breaker*), kondensator, kabel dan lain sebagainya dengan jenis yang bermacam-macam antara lain adalah minyak natural (mineral, nabati), minyak sintesis (hidrokarbon, askarel, silikon, ester) dan nonorganik (cairan N<sub>2</sub>, He, SF<sub>6</sub>). Pada praktiknya jenis minyak yang umum dimanfaatkan pada peralatan listrik khususnya transformator adalah minyak mineral, pada penelitian ini menganalisis minyak mineral jenis shell diala B (Rosyidi, n.d.).

**Tabel 1.** Kegunaan Isolator Cair pada Masing-masing Peralatan Listrik

<b>Pelindung Antar Bagian Bertegangan</b>	Transformator
Bahan Pengisi	Kondensator, kabel
Sebagai pendingin	Transformator
Pemadam busur api	<i>Circuit breaker</i>
Dielektrikum	Kapasitor

Pembangkitan tegangan tinggi AC didapatkan dari pembangkitan khusus transformator uji. Seperti pada transformator umumnya memiliki belitan primer dan belitan sekunder. Belitan primer terhubung dengan sumber PLN 220 VAC sedangkan belitan sekunder akan menjadi sisi pembangkitan tegangan tinggi hingga ratusan kV. Dalam pembangkitan pulsa tegangan tinggi, Generator marx sering digunakan dan akan dikombinasikan dengan ditambahkan transformator (Homepage et al., 2024).

Minyak isolasi memiliki rantai hidrokarbon yang akan terurai akibat adanya ketidaknormalan di dalam transformator. Ketidaknormalan dapat disebabkan suhu yang terlampaui tinggi hingga breakdown, sehingga pembentukan gas-gas hidrokarbon akan muncul dan terlarut di dalam minyak tersebut. Gas yang akan terbentuk merupakan penguraian bahan dari minyak yang mengalami reaksi kimia dan listrik. Pada suhu sekitar 150°C, pembentukan gas H<sub>2</sub> dan CH<sub>4</sub> mulai muncul dalam jumlah kecil, sedangkan produksi CH<sub>4</sub>, C<sub>2</sub>H<sub>6</sub> dan C<sub>2</sub>H<sub>4</sub> akan menurun dengan kenaikan suhu. Produksi C<sub>2</sub>H<sub>6</sub> akan dimulai pada suhu sekitar 250°C. Saat suhu sekitar mencapai 350°C produksi C<sub>2</sub>H<sub>4</sub> mulai terbentuk, sedangkan C<sub>2</sub>H<sub>2</sub> akan mulai diproduksi pada suhu 500°C sampai 700°C. Gangguan termal yang disebut *hot spot* pada suhu 500°C mampu menghasilkan sedikit C<sub>2</sub>H<sub>2</sub> dan konsentrasinya akan semakin meningkat dengan adanya aktifitas *internal arcing* saat suhu mencapai 700°C (Harahap & Kartika, 2023).

Produksi gas bervariasi tergantung pada jenis medan listrik yang diterapkan. Produksi gas pada sistem isolasi di bawah kombinasi tegangan AC dan DC, beserta kandungan harmoniknya, cukup signifikan bila dibandingkan dengan penuaan isolasi yang terjadi hanya di bawah tegangan AC (Cui *et al.*, 2020). Munculnya gelembung gas memicu pelepasan sebagian dan penurunan kerusakan. Suhu, tekanan listrik, dan penuaan pada gas dalam minyak dilaporkan memiliki beberapa efek (Dwi *et al.*, 2022; Qin *et al.*, 2018).

Kegagalan pada isolasi cair dapat dipengaruhi dari jenis, lama pemakaian, besar tegangan yang digunakan pada isolasi cair serta kandungan gas, air dan ketidakmurnian di dalamnya. Kegagalan isolasi cair dapat dikategorikan seperti berikut.

#### 1. Kegagalan elektrik

Secara elektrik yang disebabkan mekanisme elektron pada tegangan AC atau tegangan impuls. Proses ionisasi tercipta dengan menghasilkan ruang kosong (*hole*) berisi gas asing yang terlarut pada minyak, *hole* tersebut jika dibiarkan seiring peningkatan arus maka mengakibatkan gelembung gas yang akan menimbulkan kegagalan total atau kegagalan secara menyeluruh (Kamerlisa Putra *et al.*, 2017).

#### 2. Kegagalan akibat partikel pejal

Dalam pengoperasian jangka lama akan timbul kotoran dari pejal tersebut yang terlarut dalam minyak dan ketika terjadi kontak dengan ruang terbuka maka dapat terdeteksi adanya air dan meningkatkan kelembaban. Adanya peningkatan arus akan menyebabkan peningkatan suhu, dan dapat memicu pembentukan uap serta menghasilkan gelembung gas. Penuaan pada isolasi cair dapat terjadi saat terdapat kandungan air dalam jumlah yang besar sehingga akan meningkatkan faktor rugi secara eksponensial dan mampu menurunkan kekuatannya. Akibat lainnya dari penggunaan dengan durasi lama adalah dapat memunculkan partikel metal yang akan menghasilkan endapan dengan ditandai terjadi perubahan warna akibat oksidasi, hal ini ditakutkan akan menghalangi proses pendinginan belitan. Proses pendinginan yang terhalang menjadi sinyal berbahaya karena terjadi pembebanan thermal dan mendorong terjadinya kegagalan termal.

Kerusakan isolasi atau breakdown voltage minyak transformator semakin cepat (buruk) seiring dengan bertambahnya kandungan air yang terdapat dalam minyak transformator shell diala B. Hal ini terjadi karena kandungan air yang tinggi pada minyak transformator shell diala B dapat mengakibatkan korosi serta endapan, bahan kontaminan seperti air (Ariwinoto *et al.*, 2022).

Untuk mendeteksi kondisi isolasi pada sebuah peralatan melalui pengujian, salah satunya pengujian tegangan tembus. Pengujian tegangan tembus isolasi cair mengacu pada standar IEC 60156 tahun 1995 menggunakan elektroda setengah bola dengan tegangan uji berupa tegangan tinggi bolak-balik frekuensi 50 Hz (Nyoman Oksa Winanta *et al.*, 2019).

Uji tegangan tembus dan spektrometri inframerah transformasi Fourier dilakukan sesuai dengan standar MS IEC 60156:2012 dan ASTM D2144, yang menjamin keandalan

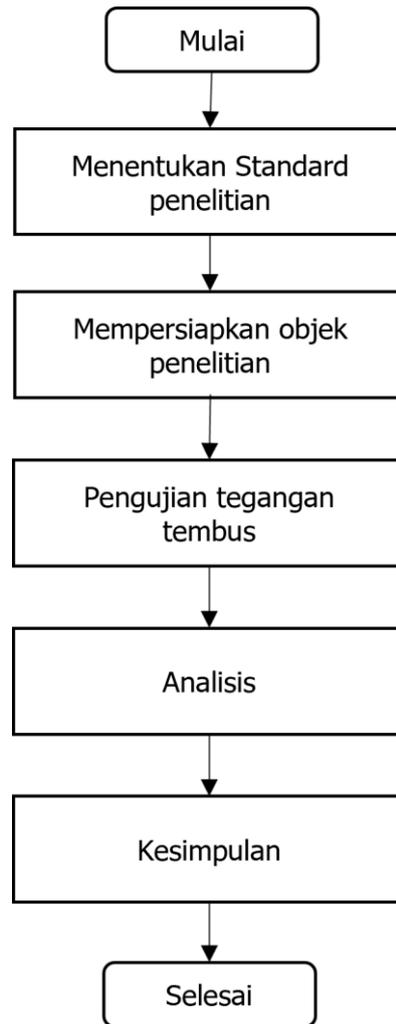
prosedur pengujian. Berdasarkan temuan penelitian, dapat disimpulkan bahwa kadar air memiliki pengaruh yang signifikan terhadap tegangan tembus dan karakteristik spektral minyak isolasi berbasis mineral dan minyak sawit – namun, pengaruhnya lebih jelas untuk sampel minyak mineral (Ghani et al., 2016). Pada penelitian ini, penulis menyajikan hasil pengaruh lama pemakaian minyak shell diala B yang dapat mempengaruhi kuat tegangan tembus. Tujuan dari penelitian ini penulis mampu menganalisis penurunan tegangan tembus atau *breakdown voltage* berdasarkan pada lama pemakaian minyak dalam beberapa sampel. Pada bab I terdapat pendahuluan, bab II metode penelitian, bab III pembahasan hasil penelitian dan bab IV kesimpulan.

## 2. METODOLOGI PENELITIAN

Pada bab ini menjelaskan mengenai peralatan dan bahan yang akan digunakan, langkah-langkah pengujian dan rancangan penelitian, persiapan dan metode perolehan. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah penelitian laboratorium. Prosedur penelitian yang dilakukan seperti yang terlihat pada Gambar 1 yang menjelaskan alur dalam pengujian secara garis besar. Penelitian dimulai dengan menentukan standar penelitian dimana menggunakan standar IEC 60156 untuk pengujian tegangan tembus, kemudian mempersiapkan objek penelitian dengan mempersiapkan sampel minyak Shell Diala B dengan usia minyak 0, 250 dan 500 jam yang masing-masing ditambahkan isolasi padat berupa *kraft paper*. Langkah selanjutnya yaitu melakukan pengujian tegangan tembus sesuai dengan standar yang ditentukan, kemudian menganalisis dari hasil pengujian yang didapat serta membuat Kesimpulan.

Dalam mempersiapkan obyek penelitian dengan cara sebagai berikut.

1. Minyak Shell Diala B dipersiapkan dalam beberapa usia minyak yaitu 0, 250 dan 500 jam
2. Untuk minyak 0 jam merupakan minyak baru, sedangkan minyak 250 dan 500 jam merupakan minyak yang telah dikondisikan telah mengalami pemanasan serta telah ditambahkan *kraft paper* yang sudah dipotong kecil dan diwadahi ke dalam gelas beker
3. Kemudian dipanaskan ke dalam oven dengan suhu 115 °C selama 250 dan 500 jam



**Gambar 1.** Prosedur Penelitian

Metode pengambilan data dilakukan dengan pengujian tegangan tembus atau *breakdown voltage* dikaitkan dengan studi pustaka yang relevan. Pengujian *breakdown voltage* dilakukan dengan mengambil data dengan pengamatan langsung dan tertulis.

Teknik pengambilan data dilakukan untuk memperoleh karakteristik tegangan tembus pada isolasi shell diala B yang belum mengalami penuaan (0 jam) dan sudah mengalami penuaan (250 dan 500 jam), yang telah dilakukan pemanasan dengan menggunakan oven seperti tertera pada penjelasan sebelumnya.

Pada pengujian tegangan tembus elektroda uji yang digunakan menggunakan elektroda sela bola atau *mushroom* yang disesuaikan dengan standar pengujian IEC 60156, untuk jarak yang dipasangan antar elektroda sebesar 2,5 mm. Sedangkan untuk *chumber* pada penelitian ini digunakan *chumber* berbentuk kubus dengan ukuran 10x10x10 cm<sup>3</sup>. Pada sisi atas *chumber* telah dimodifikasi ditambahkan katup udara untuk menghisap udara sisa yang ada pada *chumber* tersebut dengan menggunakan mesin vakum agar hasil pengujian yang yang didapatkan lebih optimal. Pada Gambar 2 merupakan wujud dari *chumber* yang digunakan.



**Gambar 2.** *Chumber* Pengujian

Pengujian tegangan tembus dilakukan menggunakan tegangan tinggi AC. Merk peralatan pembangkitan adalah Hafely dengan spesifikasinya transformator tersebut mendapatkan suplai dari jala-jala PLN 220V dengan rasio transformator 220/100.000 V. Sisi keluaran dari transformator dihubungkan dengan kapasitor pengukuran yang dikendalikan oleh *control box*. Pada saat arus akan mengalir menuju objek uji maka akan melalui tahanan RE terlebih dahulu. Pada nantinya setelah melakukan pengujian, *grounding switch* diposisikan tertutup kembali agar tidak ada arus sisa dalam peralatan dan transformator dihubungkan ke ground untuk menghilangkan arus sisanya.

Pengujian tegangan tembus atau *breakdown voltage* dilakukan dengan menggunakan tegangan AC (50 Hz) menggunakan elektroda *mushroom* atau sela bola, sesuai dengan standar IEC 60156 maka tegangan tembus minyak pada suhu 30°C adalah 30 kV dengan jarak sela 2,5 mm seperti terlihat pada. Prosedur yang digunakan adalah sebagai berikut:

1. Mempersiapkan sampel yang akan diuji
2. Mempersiapkan peralatan uji dalam keadaan bersih
3. Memberikan tegangan pada elektrode dimulai dari 0 hingga timbul tegangan tembus
4. Mencatat data yang dilakukan dalam 6 kali percobaan dengan jeda tiap percobaan minimal 6 menit
5. Dari data yang dicatat kemudian diambil nilai rata-ratanya seperti pada rumus berikut ini.

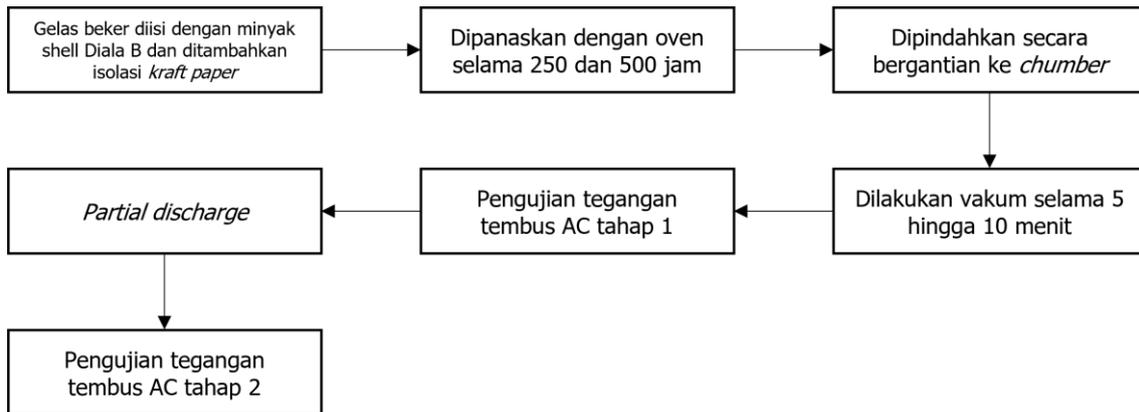
$$V = \frac{V_1 + V_2 + V_3 + V_4 + V_n}{n}$$

Dimana :

V : tegangan rata-rata

$V_1, V_2, V_3, V_4, V_n$  : tegangan ke satu, tegangan ke dua, tegangan ke tiga, tegangan ke empat dan tegangan ke-n

Untuk alur teknik pengujian dapat diamati seperti Gambar 3 ini.



**Gambar 3.** Teknik Pengujian

Pada teknik pengujian Gambar 3 ini dijelaskan bahwa peneliti melakukan pengujian tegangan tembus sejumlah dua kali, dimana diantaranya dilakukan pengkondisian *partial discharge*.

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bagian ini hasil dan pembahasan dari penelitian yang dilakukan, dipaparkan hasil datanya dan dianalisis. Pengujian *breakdown* digunakan untuk mengetahui karakteristik *breakdown voltage* yang dilakukan pada sampel pengujian minyak 0, 250 dan 500 jam. Untuk prosedur pengujian menggunakan standar IEC 60156 dimana karakteristik elektroda yang diaplikasikan berbentuk sela bola atau *mushroom*. Kondisi tahap 1 adalah kondisi dimana minyak shell diala B yang telah dipanaskan menggunakan oven dan dikategorikan menjadi sampel 0, 250 dan 500 jam. Sedangkan kondisi tahap 2 diambil dari masing-masing pemanasan yang telah diuji *breakdown voltage* pada tahap 1 dan dikondisikan mendapatkan perlakuan *partial discharge* atau korona kemudian dilakukan pengujian *breakdown voltage* kembali.

Pengujian dilakukan sebanyak enam kali dengan pengkondisian minyak yang dimasukkan dalam *chamber* selanjutnya dihisap menggunakan pompa vakum agar mengurangi konsentrasi kontaminan gelembung udara.

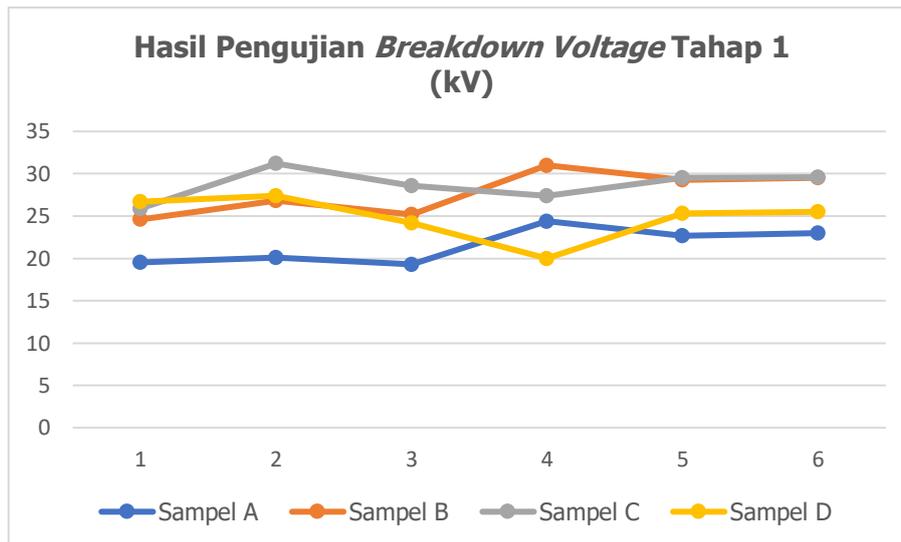
#### **Pengujian *Breakdown Voltage* Tahap 1**

Pengujian tahap 1 dilakukan untuk empat sampel yaitu minyak 0 jam (sampel A), minyak dan kertas 0 jam (sampel B), minyak dan kertas 250 jam (sampel C) serta minyak dan kertas 500 jam (sampel D). Pengujian ini akan diberikan pembangkitan tegangan tinggi AC dimana dinaikkan secara bertahap, kemudian setelah mendapatkan satu kali data maka akan diulangi hingga enam kali. Tabel 2 berikut adalah data untuk hasil pengujian *breakdown voltage* tahap 1.

**Tabel 2.** Hasil Pengujian *Breakdown Voltage* Tahap 1

No Pengujian	Nilai <i>Breakdown Voltage</i> (kV)			
	Sampel A	Sampel B	Sampel C	Sampel D
1	19,5	24,6	25,9	26,7
2	20,1	26,8	31,2	27,4
3	19,3	25,2	28,6	24,2
4	24,4	31	27,4	20
5	22,7	29,3	29,5	25,3
6	23	29,5	29,6	25,5
Rata – rata	21,5	27,73	28,7	24,85

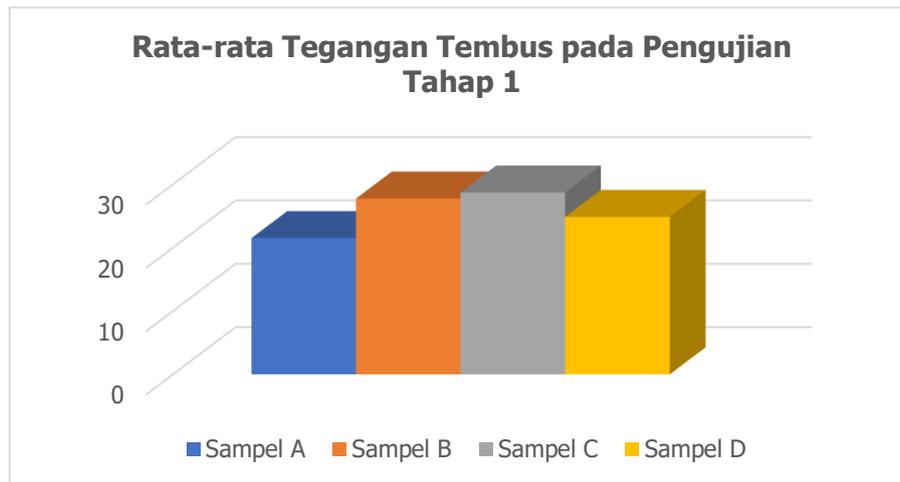
Dari Tabel 2 tegangan tembus atau *breakdown voltage* yang diukur sebanyak enam kali berturut-turut diambil nilai rata-ratanya mulai dari 21,5 hingga 28,7 kV. Seperti yang dapat dilihat pada data diatas bahwa selama beberapa kali pengukuran nilai yang didapat tidak tetap pada satu tegangan saja melainkan fluktuatif. Dengan hasil yang didapatkan di atas 20 kV, hal ini dikategorikan tegangan tembus masih dalam keadaan yang baik.



**Gambar 4.** Hasil Pengujian *Breakdown Voltage* Tahap 1

Pada Gambar 4 yang menunjukkan grafik hasil pengujian pada tahap 1, dimana terlihat adanya fluktuasi pada pengambilan data di awal kemudian namun menunjukkan rentang yang masih pada angka 20 kV. Hal ini juga dibuktikan dengan gambar 5 dimana rata-rata yang didapat pada sampel A paling rendah, kemudian sampel B dan C rata-rata cukup tinggi, dan sampel D sedikit menurun. Penurunan hasil tegangan tembus ini diakibatkan karena adanya pengaruh lama pemanasan dari sampel dan berhasil

menunjukkan pada sampel dengan lama pemanasan 500 jam tegangan tembusnya menurun cukup signifikan.



**Gambar 5.** Grafik Rata-rata Hasil Pengujian *Breakdown Voltage* Tahap 1

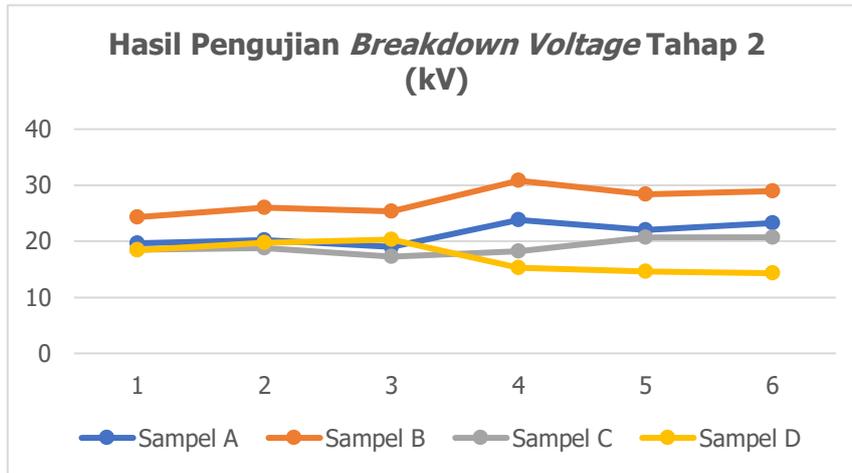
### Pengujian *Breakdown Voltage* Tahap 2

Pengujian tahap 2 dilakukan dengan menguji empat sampel dari tahap 1 yang dipanaskan lagi dengan oven dengan suhu pemanasan diubah-ubah. Setelah proses pemanasan selesai, sampel A, B, C dan D tersebut diberi efek korona untuk melihat perbedaan yang terjadi. Pengujian diambil data sebanyak enam kali pengambilan tegangan tembus dengan selalu diberikan jeda tiap pengambilan dilakukan, dan dapat dilihat pada tabel 3. Dari hasil pengujian tahap ini, sampel A tetap stabil sedangkan sampel B, C dan D mengalami penurunan kemampuan dengan dibuktikan. Hal ini menunjukkan adanya pengaruh lama dan aktifitas korona yang mampu mempengaruhi kuat isolasi. Grafik hasil pengujian ini dapat diamati pada Gambar 6 menunjukkan grafik hasil pengujian pada tahap 2 yang terlihat adanya fluktuasi pada pengambilan data. Hal ini juga dibuktikan dengan gambar 7 dimana rata-rata yang didapat pada sampel A dan B stabil, kemudian sampel C terjadi penurunan di bawah 20kV namun untuk sampel D paling rendah di bawah 20 kV.

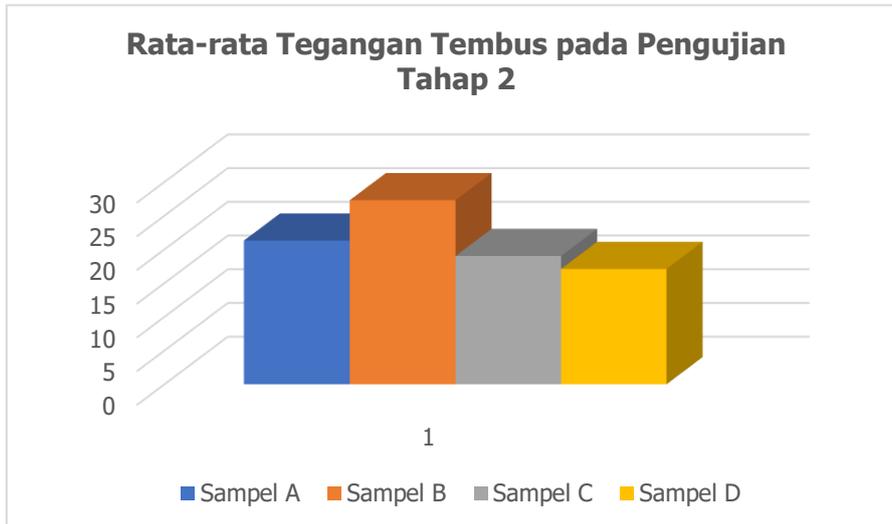
**Tabel 3.** Hasil Pengujian *Breakdown Voltage* Tahap 2

No Pengujian	Nilai <i>Breakdown Voltage</i> (kV)			
	Sampel A	Sampel B	Sampel C	Sampel D
1	19,6	24,3	18,5	18,45
2	20,2	26	18,8	19,7
3	19	25,3	17,25	20,3
4	23,8	30,8	18,2	15,25

No Pengujian	Nilai <i>Breakdown Voltage</i> (kV)			
	Sampel A	Sampel B	Sampel C	Sampel D
5	22	28,4	20,65	14,6
6	23,2	28,9	20,7	14,3
Rata – rata	21,3	27,28	19,07	17,1



**Gambar 6.** Hasil Pengujian *Breakdown Voltage* Tahap 2



**Gambar 7.** Grafik Rata-rata Hasil Pengujian *Breakdown Voltage* Tahap 2

Dari penelitian ini setelah mengalami kondisi 2 menunjukkan bahwa pada penggunaan shell diala B yang telah mengalami penuaan (digunakan dalam waktu lama) dan telah mengalami kondisi *partial discharge*, dapat mengalami penurunan kemampuan terbukti pada sampel C dan D *breakdown voltage* yang dihasilkan menurun hingga di bawah 20 kV dan dapat mencapai 17,1 kV. Hal ini diakibatkan karena adanya pengaruh lama pemanasan dari sampel pada 250 dan 500 jam sangat riskan dengan kondisi *partial*

*discharge* dan menghasilkan tegangan tembus menurun cukup tajam. Selain pengaruh lama pemanasan juga dapat dipengaruhi adanya peluruhan dari isolasi kertas yang rentan dengan suhu berlebih.

#### 4. KESIMPULAN

Pada penelitian ini penulis berhasil melakukan pengujian dengan membandingkan minyak shell diala B yang telah digunakan dalam jangka panjang pada 0, 250 dan 500 jam, dan dapat disimpulkan bahwa proses penuaan yang ditandai dengan lama pemanasan pada sampel minyak tersebut mampu mempengaruhi kekuatan dari isolasi. Hal ini dibuktikan dengan semakin lama pemanasan dalam oven maka kekuatan *breakdown voltage* menurun secara berkala namun masih dalam angka 20 kV. Adapun kondisi akan semakin menurun kekuatan *breakdown voltage* akibat adanya pengaruh *partial discharge* yang terjadi dengan ditandai tegangan tembus dapat mencapai di bawa 20 kV. Penulis berharap kedepannya penelitian ini dapat berkembang dengan melakukan penelitian kandungan kontaminan air, gas dan selulosa pada penggunaan minyak shell diala B yang dapat mempengaruhi kemampuan isolasi tersebut.

#### REFERENSI

- Ariwinoto, D., Kamil Amali, L. M., & Irawaty Tolago Teknik Elektro, A. (2022). Pengaruh Viskositas Dan Kadar Air Terhadap Breakdown Isolasi Minyak Transformator Shell Diala B. In *ELECTRICH SAN* (Vol. 11).
- Cui, H., Yang, L., Zhu, Y., Li, S., Abu-Siada, A., & Islam, S. (2020). A comprehensive analyses of aging characteristics of oil-paper insulation system in HVDC converter transformers. *IEEE Transactions on Dielectrics and Electrical Insulation*, *27*(5), 1707–1714. <https://doi.org/10.1109/TDEI.2020.008788>
- Dwi, A., Andriyanti, N., Ngurah, G., Hernanda, S., Made, I., Negara, Y., & Fahmi, D. (2022). An Investigation of Insulating Paper Effect on Gas Presence and Aging on Mineral Oil Transformer. In *Journal on Advanced Research in Electrical Engineering* (Vol. 6, Issue 1).
- Feng, D., Hao, J., Yang, L., Liao, R., Chen, X., & Li, J. (2020). Comparison of AC breakdown characteristics on insulation paper (pressboard) immersed by three-element mixed insulation oil and mineral oil. *High Voltage*, *5*(3), 298–305. <https://doi.org/10.1049/hve.2019.0103>
- Ghani, S. A., Muhamad, N. A., & Chairul, I. S. (2016). *A Study of Moisture Effects on the Breakdown Voltage and Spectral Characteristics of Mineral and Palm oil-based Insulation Oils*. <https://www.researchgate.net/publication/301807527>

- Harahap, N., & Kartika, K. (2023). Deteksi Gas Pada Minyak Transformator Berbasis Mikrokontroler. *Emitor: Jurnal Teknik Elektro*, 1(1), 37–43. <https://doi.org/10.23917/emitor.v1i1.20977>
- Homepage, J., Metode Pembangkitan Tegangan Tinggi, T. A., Pembangkitan yang Portabel dan Ekonomis Tengku Reza, P., Chaisar Al Furqon, M., Aziz, A., Elektro, T., Sultan Syarif Kasim Riau, U., & Corresponden, I. (2024). *IJEERE: Indonesian Journal of Electrical Engineering and Renewable Energy Review of AC High Voltage Generation Methods: Portable and Economical Generation Approach*. 4, 47–55. <https://doi.org/10.57152/ijeere.v4i2>
- Kamerlisa Putra, R., Murdiya, F., Program, M., Teknik, S., S1, E., Dosen, J, & Elektro, T. (2017). Karakteristik Tegangan Tembus Arus Bolak Balik Pada Minyak Jarak Pagar (*Jatropha curcas*) Sebagai Alternatif Isolasi Cair. In *Jom FTEKNIK* (Vol. 4).
- Nyoman Oksa Winanta, I., Agung Ngurah Amrita, A., Gede Ariastina, W., Kunci, K., Tembus, T., Transformator, M., Air, K., & Sela Elektroda, J. (2019). Studi Tegangan Tembus Minyak Transformator. In *Anak Agung Ngurah Amrita, Wayan Gede Ariastina Jurnal SPEKTRUM* (Vol. 6, Issue 3).
- Qin, C., He, Y., Shi, B., Zhao, T., Lv, F., & Cheng, X. (2018). Experimental study on breakdown characteristics of transformer oil influenced by bubbles. *Energies*, 11(3). <https://doi.org/10.3390/en11030634>
- Rosyidi, N. (n.d.). *PENGUJIAN TEGANGAN TEMBUS PADA MINYAK TRAF0*.
- Teknik Elektro, J., Riki Kartiko Anggara, G., Jember Suprihadi Prasetyono, U., Jember Moch Gozali, U. R., & Jember Abstrak, U. (n.d.). *Analisis Karakteristik Dielektrik Berbagai Minyak Nabati Sebagai Alternatif Isolasi Cair untuk Transformasi Tenaga*.
- Tropis Perkotaan Samsurizal, D., Pratama Putera, R., Studi Teknik Elektro, P., Tinggi Teknik -PLN, S., Barat, J., & Jakarta, D. (2018). Samsurizal 1 , Rizki Pratama Putera 1. *Christiono / Jurnal Ilmiah Setrum*, 7(2), 288–295.