

# ANALISIS PENGARUH KENAIKAN TEMPERATUR DAN UMUR MINYAK TRANSFORMATOR TERHADAP DEDRADASI TEGANGAN TEMBUS MINYAK TRANSFORMATOR

Bagus Wijonarko<sup>1</sup>, Ramadoni Syahputra<sup>2</sup>, Muhamad Yusvin Mustar<sup>2</sup>

Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta  
Jl. Lingkar Barat, Tamantirto, Kasihan, Bantul, Yogyakarta 55183, Telp: 0274-387656 Fax. 0274-387646  
Email: [baguswijonarko38@gmail.com](mailto:baguswijonarko38@gmail.com)

## ABSTRACT

*Breakdown voltage is an important indicator in determining whether the quality of the isolation of an insulator is good or bad, including liquid insulation. Breakdown voltage of liquid insulation is different for each different type of oil. There are several things that influences the decline in value of breakdown voltage and insulation qualities of this liquid insulator and some of which are the temperature rise and age of the transformer oil. The rising temperatures of the transformer oil is happened because the transformer was used in high load conditions continuously. The age of transformer oil is calculated based on the length of the oil it self is used in the transformer. Testing the effect of temperature rise and the transformer oil's age to breakdown voltage is necessary to know the degradation of transformer oil breakdown voltage as one indicator of the merits of a power transformer liquid insulation.*

**Keywords:** *liquid insulation, temperature rise, age of transformer oil, breakdown voltage.*

## I. PENDAHULUAN

Didalam suatu Sistem Tenaga Listrik, aliran daya dari suatu Pembangkit Tenaga Listrik menuju suatu saluran transmisi tegangan tinggi dan pada akhirnya di distribusikan menuju para konsumen, suatu divais atau peralatan yang memegang peranan yang sangat penting dalam kelancaran system tenaga listrik khususnya pada transformator. Transformator berfungsi untuk meningkatkan tegangan yang dihasilkan oleh pembangkit dan mengalirkannya melalui saluran transmisi dan nantinya tegangan ini akan diturunkan untuk selanjutnya di distribusikan ke pelanggan yang ada. Sebagai penghubung antara pembangkit dan saluran transmisi digunakan Transformator Pembangkit, dan penghubung antara saluran transmisi dengan konsumen, digunakan Transformator Distribusi.

Sistem transmisi dan distribusi seperti ini sangat bergantung pada kemampuan dan efektifitas dari transformator itu sendiri. Kemampuan yang tidak optimal dari suatu transformator, akan menyebabkan aliran daya yang dikirimkan menuju beban juga akan semakin berkurang dan pada akhirnya tidak sesuai dengan permintaan beban.

Beberapa waktu yang lalu, terjadi kasus yang menyebabkan beberapa Interbus Transformer (IBT) atau Transformator Daya yang ada di Gardu Induk di daerah Jawa Barat

meledak. Setelah diselidiki oleh para ahli, penyebab utama yang mengakibatkan transformator ini meledak adalah akibat dari pembebanan yang sangat besar pada transformator yang mengakibatkan Interbus Transformer (IBT) atau Transformator Daya bekerja pada titik tertingginya selama beberapa waktu secara terus menerus. Hal ini tentu saja berakibat buruk pada kondisi dan karakteristik dari transformator dan isolasinya sendiri. Akibat pemakaian pada kondisi 100% secara terus menerus, maka pada transformator tersebut akan timbul panas pada daerah-daerah/bagian internal dari transformator atau bisa disebut sebagai temperatur *hotspot* yang bila dibiarkan akan menyebabkan degradasi pada isolasi transformator tersebut, terutama isolasi cair yang berupa minyak dan biasa disebut sebagai minyak transformator. Temperatur yang besar dapat menyebabkan transformator menjadi panas dan bisa mengurangi keandalan kerja dari transformator tersebut.

Keberadaan isolasi sangat penting karena selain berfungsi sebagai pemisah antara inti transformator tersebut, isolasi ini berfungsi juga sebagai pendingin transformator sehingga mampu meminimalisir panas yang timbul pada transformator tersebut. Karena minyak transformator tersebut berada dalam keadaan panas selama beberapa waktu, maka minyak

tersebut akan mendidih dan menghasilkan uap-uap air pada bagian langit-langit dari transformator ini. Nantinya, uap-uap air yang timbul tadi akan jatuh kedalam minyak transformator dan akan mengendap pada isolasi antar inti dan juga pada bagian inti itu sendiri.

Hal ini tentu saja akan menyebabkan tegangan tembus dari minyak transformator akan semakin berkurang karena minyak tersebut sudah tidak murni lagi. Inilah yang menyebabkan beberapa Interbus Transformer (IBT) atau Transformator Daya yang dipakai dalam sistem distribusi di daerah Jawa Barat ini meledak. Isolator sudah tidak berfungsi sebagaimana mestinya dan menyebabkan kegagalan pada isolasi yang ada di dalam Transformator itu sendiri.

## II. ISOLASI CAIR TRANSFORMATOR

### 1. Pengertian Transformator

Transformator daya adalah suatu peralatan tenaga listrik yang berfungsi untuk menyalurkan tenaga/daya listrik dari tegangan tinggi ke tegangan rendah atau sebaliknya.

Dalam operasi penyaluran tenaga listrik transformator dapat dikatakan sebagai jantung dari transmisi dan distribusi. Dalam kondisi ini suatu transformator diharapkan dapat beroperasi secara maksimal. Mengingat kerja keras dari suatu transformator seperti itu maka cara pemeliharannya juga dituntut sebaik mungkin. Oleh karena itu transformator harus dipelihara dengan menggunakan sistem dan peralatan yang benar, baik dan tepat.

Untuk itu regu pemeliharaan harus mengetahui bagian-bagian transformator dan bagian-bagian mana yang perlu diawasi melebihi bagian yang lainnya.

Berdasarkan tegangan operasinya dapat dibedakan menjadi transformator 500/150kV dan 150/70kV biasa disebut *Interbus Transformer* (IBT). Transformator 150/20kV dan 70/20kV disebut juga transformator distribusi. Titik netral transformator ditanahkan sesuai dengan kebutuhan untuk sistem pengamanan/proteksi. Sebagai contoh transformator 150/20kV ditanahkan secara langsung disisi netral 150kV dan transformator 70/20kV ditanahkan dengan tahanan rendah atau tahanan tinggi atau langsung disisi netral 20kVnya.

Transformator dapat dibagi menurut fungsi/pemakaian seperti:

1. Transformator Mesin (Pembangkit)
2. Transformator Gardu Induk.
3. Transformator Distribusi.

Transformator dapat juga dibagi menurut Kapasitas dan Tegangan seperti:

1. Transformator besar
2. Transformator sedang
3. Transformator kecil



Gambar 2.1 Transformator Daya

### 2. Bahan Isolasi Cair

Isolasi cair berfungsi untuk memisahkan bagian-bagian yang memiliki beda tegangan agar tidak terjadi percikan ataupun lompatan bunga api di antara bagian-bagian tersebut. Selain itu, isolasi cair juga dapat berfungsi sebagai pendingin (*cooling*). Isolasi cair banyak digunakan pada peralatan listrik seperti pemutus tenaga, transformator dan lainnya.

Pada transformator, akan timbul panas, baik yang dibangkitkan oleh kumparan tembaga maupun inti besi. Jika panas tersebut tidak disalurkan atau tidak dilakukan pendinginan, maka akan ada bagian dari peralatan yang akan rusak apabila panas yang timbul melampaui suhu maksimum yang diperbolehkan. Untuk mengatasi hal ini maka inti dan kumparan dari transformator di celupkan kedalam suatu isolasi cair (minyak diala), yang berfungsi sebagai media pendingin dan media isolasi.

#### 2.1 Minyak Transformator

Minyak Transformator adalah cairan yang dihasilkan dari proses pemurnian minyak mentah. Selain itu minyak ini juga berasal dari bahan bahan organik, misalnya minyak piranol dan silikon, berapa jenis minyak transformator yang sering dijumpai dilapangan adalah minyak transformator jenis Diala A, diala B dan Mectrans.

Minyak transformator merupakan salah satu bahan isolasi cair yang dipergunakan sebagai isolasi dan pendingin pada transformator. Sebagian bahan isolasi minyak harus memiliki kemampuan untuk menahan tegangan tembus, sedangkan sebagai pendingin minyak transformator harus mampu meredam panas yang ditimbulkan, sehingga dengan kedua kemampuan

ini maka minyak diharapkan akan mampu melindungi transformator dari gangguan.

Minyak transformator mempunyai unsur atau senyawa hidrokarbon yang terkandung dalam minyak transformator ini adalah :

1. Senyawa hidrokarbon parafinik.
2. Senyawa hidrokarbon naftenik.
3. Senyawa hidrokarbon aromatik.

Selain ketiga senyawa diatas minyak transformator masih mengandung senyawa yang disebut zat aditif meskipun kandungannya sangat kecil. Kenaikan suhu pada transformator akan menyebabkan terjadinya proses hidrokarbon pada minyak, nilai tegangan tembus dan kerapatan arus konduksi merupakan beberapa indikator atau variable yang digunakan untuk mengetahui apakah suatu minyak transformator memiliki ketahanan listrik yang memahami persyaratan yang berlaku.

Berikut ini merupakan syarat ketahanan tegangan tembus minyak diala:

Tabel 2.3 Syarat Ketahanan Tegangan Tembus Minyak Diala

| No | Sela (mm) | Tegangan Tembus (kV) |
|----|-----------|----------------------|
| 1  | 25.5      | 23,868               |
| 2  | 5         | 40,906               |
| 3  | 7.5       | 58,782               |
| 4  | 10        | 69,466               |

Minyak transformator mempunyai sifat yang sama seperti sebuah isolasi dan media pemindah, sehingga minyak transformator tersebut dapat berfungsi sebagai media pendingin dan isolasi.

### III. METODOLOGI PENGUJIAN

Adapun diagram alir ataupun tahap-tahap yang hendak dilakukan dalam penelitian seminar ini adalah sebagai berikut.



Gambar 3.1. Diagram alir tahapan penelitian

### IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 4.1 Hasil Pengujian Minyak Diala Baru

Pertama-tama, minyak transformator yang

dalam keadaan normal yaitu sebesar 28°C, minyak tersebut dituang ke dalam bejana uji yang telah disiapkan sebelumnya, seperti gambar berikut:



Gambar Penuangan minyak ke bejana uji

Lalu pasang bejana uji ke alat uji, kemudian dilakukan pengujian dengan cara menekan tombol “UP” pada alat uji secara otomatis alat akan menguji otomatis sebanyak 6 kali dengan durasi waktu selama ±11 menit. Kemudian data tegangan tembus keluar dari cetakan alat yang menunjukkan besarnya tegangan tembus dengan nilai 70 kV.

Setelah pengujian minyak dengan suhu normal selesai, bejana uji dilakukan *Flushing* 1 kali agar minyak yang dipakai sebelumnya telah hilang. Kemudian setelah itu dilakukan pengujian dengan suhu 80°C, yang telah dipanaskan dengan menggunakan kompor listrik sampai suhu sekitar 90°C. seperti pada gambar berikut ini:



Gambar Pemanasan dan pengukuran bahan uji

ini dikarenakan suhu yang di uji akan mengalami penurunan saat pengujian yang membutuhkan waktu selama ±11. Selanjutnya, minyak tersebut dituang ke dalam bejana uji yang telah disiapkan sebelumnya. Setelah dituangkan tekan tombol “UP” pada alat uji. Secara otomatis alat akan menunjukkan besar tegangan tembus, yang besarnya 67.8 kV terjadi loncatan tegangan dari elektroda yang satu ke elektroda yang lainnya. Besarnya tegangan ini dicatat untuk selanjutnya dimasukkan ke tabel.

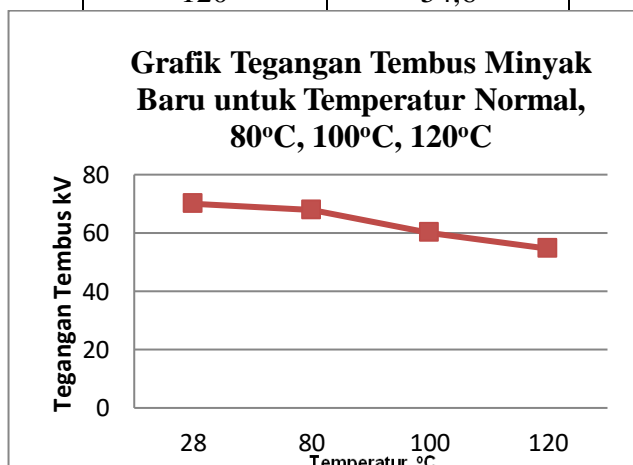
Setelah percobaan dengan 80°C dilakukan, maka selanjutnya dilakukan pengujian untuk temperatur 100°C. minyak hasil pengujian sebelumnya dikeluarkan dari wadah tempat pengujian dan wadah tersebut di *Flushing* 1 kali agar sisa minyak yang dipakai sebelumnya telah hilang.

Setelah bagian wadah selesai di *Flushing*, selanjutnya minyak baru yang telah dipanaskan sebelumnya dengan temperatur 110°C dituang ke dalam wadah tersebut dan kemudian diukur kembali temperaturnya. Jika temperatur minyak sudah mencapai kisaran 110°C maka akan dilakukan pengujian. Jika terjadi loncatan tegangan maka alat akan otomatis berhenti. Hingga pada akhirnya, saat tegangan tembus menunjukkan nilai 60 kV terjadilah loncatan tegangan dari elektroda yang satu ke elektroda yang lainnya. Besarnya tegangan ini dicatat untuk selanjutnya dimasukkan ke tabel.

Selanjutnya wadah kembali dibersihkan dengan cara yang sama seperti sebelumnya. Dan setelah wadah bersih dari minyak sebelumnya, maka minyak baru yang telah dipanaskan sampai temperatur 130°C dimasukkan ke dalam wadah tersebut. Setelah minyak berada didalam, temperatur diukur lagi mencapai temperatur 130°C. lalu tekan up pada alat uji. Jika terjadi loncatan tegangan maka alat akan otomatis berhenti. Hingga pada akhirnya, saat tegangan tembus menunjukkan nilai 54.6 kV terjadilah loncatan tegangan ini dicatat untuk selanjutnya dimasukkan ke tabel.

Tabel 4.1 Tegangan Tembus Minyak Baru untuk Temperatur 28°C 80°C, 100°C, 120°C

| Temperatur °C | Tegangan Tembus kV |
|---------------|--------------------|
| 28            | 70                 |
| 80            | 67,8               |
| 100           | 60                 |
| 120           | 54,6               |



Gambar Grafik Tegangan Tembus Minyak Baru untuk Temperatur Normal, 80°C, 100°C, 120°C

#### 4.2 Hasil Pengujian Minyak Diala Umur 5 Tahun

Setelah pengujian minyak baru selesai, maka dilanjutkan dengan pengujian minyak diala berumur 5 tahun. Minyak transformator yang dalam keadaan suhu normal dituang kedalam bejana uji yang telah disiapkan sebelumnya. Lalu dilakukan pengujian dengan cara menekan tombol “UP” pada alat uji secara otomatis alat akan menguji otomatis sebanyak 6 kali dengan durasi waktu selama ±11 menit. Kemudian data tegangan tembus keluar dari cetakan alat yang menunjukkan besarnya tegangan tembus dengan nilai 63,2 kV.

Setelah pengujian minyak dengan suhu normal selesai, bejana uji dilakukan *Flushing* 1 kali agar minyak yang dipakai sebelumnya telah hilang. Kemudian setelah itu dilakukan pengujian dengan suhu 80°C, yang telah dipanaskan dengan menggunakan kompor listrik sampai suhu sekitar 90°C. ini dikarenakan suhu yang di uji akan mengalami penurunan saat pengujian yang membutuhkan waktu selama ±11. Selanjutnya, minyak tersebut dituang kedalam bejana uji yang telah disiapkan sebelumnya. Setelah dituangkan tekan tombol “UP” pada alat uji. Secara otomatis alat akan menunjukkan besar tegangan tembus, yang besarnya 49,5 kV terjadi loncatan tegangan dari elektroda yang satu ke elektroda yang lainnya. Besarnya tegangan ini dicatat untuk selanjutnya dimasukkan ke tabel.

Setelah percobaan dengan 80°C dilakukan, maka selanjutnya dilakukan pengujian untuk temperatur 100°C. minyak hasil pengujian sebelumnya dikeluarkan dari wadah tempat pengujian dan wadah tersebut di *Flushing* 1 kali agar sisa minyak yang dipakai sebelumnya telah hilang.

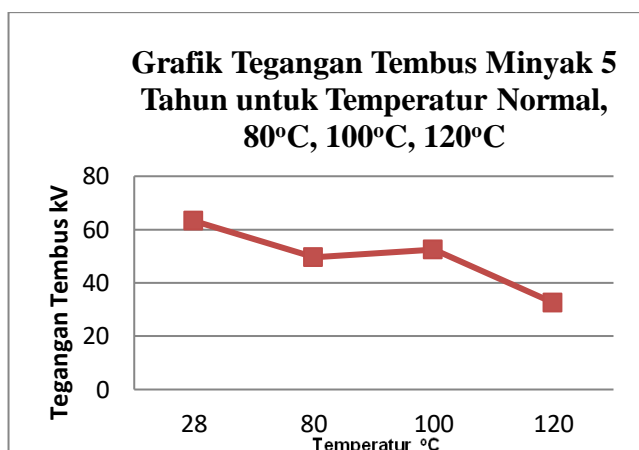
Setelah bagian wadah selesai di *Flushing*, selanjutnya minyak baru yang telah dipanaskan sebelumnya dengan temperatur 110°C dituang ke dalam wadah tersebut dan kemudian diukur kembali temperaturnya. Jika temperatur minyak sudah mencapai kisaran 110°C maka akan dilakukan pengujian. Jika terjadi loncatan tegangan maka alat akan otomatis berhenti. Hingga pada akhirnya, saat tegangan tembus menunjukkan nilai 52,4 kV terjadilah loncatan tegangan dari elektroda yang satu ke elektroda yang lainnya. Besarnya tegangan ini dicatat untuk selanjutnya dimasukkan ke tabel.



Selanjutnya wadah kembali dibersihkan dengan cara yang sama seperti sebelumnya. Dan setelah wadah bersih dari minyak sebelumnya, maka minyak baru yang telah dipanaskan sampai temperatur 130°C dimasukkan ke dalam wadah tersebut. Setelah minyak berada didalam, temperatur diukur lagi mencapai temperatur 130°C. lalu tekan up pada alat uji. Jika terjadi loncatan tegangan maka alat akan otomatis berhenti. Hingga pada akhirnya, saat tegangan tembus menunjukkan nilai 32,5 kV terjadilah loncatan tegangan ini dicatat untuk selanjutnya dimasukkan ke tabel.

Tabel 4.2 Tegangan Tembus Minyak Umur 5 Tahun untuk Temperatur Normal, 80°C, 100°C, 120°C

| Temperatur °C | Tegangan Tembus kV |
|---------------|--------------------|
| 28            | 63,2               |
| 80            | 49,5               |
| 100           | 52,4               |
| 120           | 32,5               |



Gambar Grafik Tegangan Tembus Minyak 5 Tahun untuk Temperatur Normal, 80°C, 100°C, 120°C

### 4.3 Hasil Pengujian Minyak Diala Umur 24 Tahun

Setelah pengujian minyak 5 tahun selesai, maka dilanjutkan dengan pengujian minyak diala berumur 24 tahun. Minyak transformator yang dalam keadaan suhu normal dituang kedalam bejana uji yang telah disiapkan sebelumnya. Lalu dilakukan pengujian dengan cara menekan tombol “UP” pada alat uji secara otomatis alat akan menguji otomatis sebanyak 6 kali dengan durasi waktu selama ±11 menit. Kemudian data tegangan tembus keluar dari cetakan alat yang menunjukkan besarnya tegangan tembus dengan nilai 19,5 kV.

Setelah pengujian minyak dengan suhu normal selesai, bejana uji dilakukan *Flushing* 1 kali agar minyak yang dipakai sebelumnya telah hilang. Kemudian setelah itu dilakukan pengujian dengan suhu 80°C, yang telah dipanaskan dengan menggunakan kompor listrik sampai suhu sekitar 90°C. ini dikarenakan suhu yang di uji akan mengalami penurunan saat pengujian yang membutuhkan waktu selama ±11. Selanjutnya, minyak tersebut dituang kedalam bejana uji yang telah disiapkan sebelumnya. Setelah dituangkan tekan tombol “UP” pada alat uji. Secara otomatis alat akan menunjukkan besar tegangan tembus, yang besarnya 23,1 kV terjadi loncatan tegangan dari elektroda yang satu ke elektroda yang lainnya. Besarnya tegangan ini dicatat untuk selanjutnya dimasukkan ke tabel.

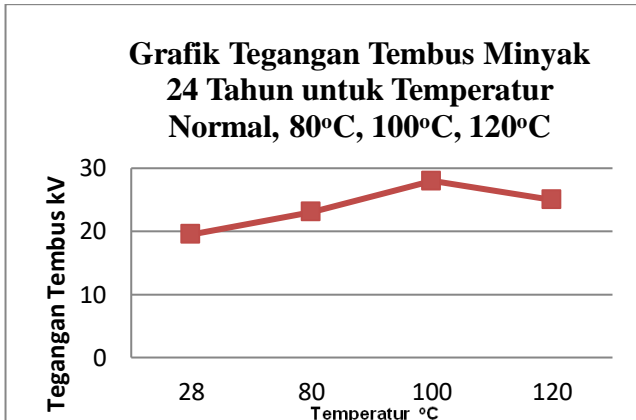
Setelah percobaan dengan 80°C dilakukan, maka selanjutnya dilakukan pengujian untuk temperatur 100°C. minyak hasil pengujian sebelumnya dikeluarkan dari wadah tempat pengujian dan wadah tersebut di *Flushing* 1 kali agar sisa minyak yang dipakai sebelumnya telah hilang.

Setelah bagian wadah selesai di *Flushing*, selanjutnya minyak baru yang telah dipanaskan sebelumnya dengan temperatur 110°C dituang ke dalam wadah tersebut dan kemudian diukur kembali temperaturnya. Jika temperatur minyak sudah mencapai kisaran 110°C maka akan dilakukan pengujian. Jika terjadi loncatan tegangan maka alat akan otomatis berhenti. Hingga pada akhirnya, saat tegangan tembus menunjukkan nilai 28 kV terjadilah loncatan tegangan dari elektroda yang satu ke elektroda yang lainnya. Besarnya tegangan ini dicatat untuk selanjutnya dimasukkan ke tabel.

Selanjutnya wadah kembali dibersihkan dengan cara yang sama seperti sebelumnya. Dan setelah wadah bersih dari minyak sebelumnya, maka minyak baru yang telah dipanaskan sampai temperatur 130°C dimasukkan ke dalam wadah tersebut. Setelah minyak berada didalam, temperatur diukur lagi mencapai temperatur 130°C. lalu tekan up pada alat uji. Jika terjadi loncatan tegangan maka alat akan otomatis berhenti. Hingga pada akhirnya, saat tegangan tembus menunjukkan nilai 25 kV terjadilah loncatan tegangan ini dicatat untuk selanjutnya dimasukkan ke tabel.

Tabel 4.3 Tegangan Tembus Minyak Umur 24 Tahun untuk Temperatur Normal, 80°C, 100°C, 120°C

| Temperatur °C | Tegangan Tembus kV |
|---------------|--------------------|
| 28            | 19,5               |
| 80            | 23,1               |
| 100           | 28                 |
| 120           | 25                 |



Gambar Grafik Tegangan Tembus Minyak 24 Tahun untuk Temperatur Normal, 80°C, 100°C, 120°C

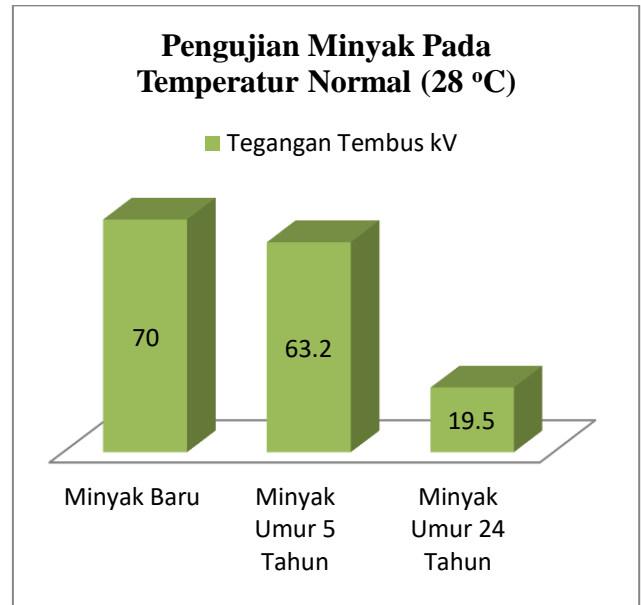
#### 4.4 Analisis Pengaruh Kenaikan Temperatur

Dari grafik yang telah ada pada bagian hasil pengujian dapat dilihat bahwa semakin tinggi temperatur minyak suatu transformator, maka tegangan tembus dari minyak tersebut akan semakin kecil/menurun. Kenaikan temperatur minyak pada transformator daya akan meningkatkan temperatur minyak transformator. Semakin tinggi temperatur, maka panas dari *body* transformator akan mengalir ke minyak secara konduksi. Hal ini mengakibatkan terjadinya pemanasan dari minyak transformator tersebut. Pemanasan minyak transformator tersebut menyebabkan minyak tersebut memuai sehingga akan terjadi kehilangan dielektrik dari minyak transformator akibat pemecahan molekul-molekulnya. Semakin tinggi temperatur, maka nilai faktor kehilangan dielektriknya juga akan semakin tinggi, sehingga besar tegangan tembus akan semakin kecil.

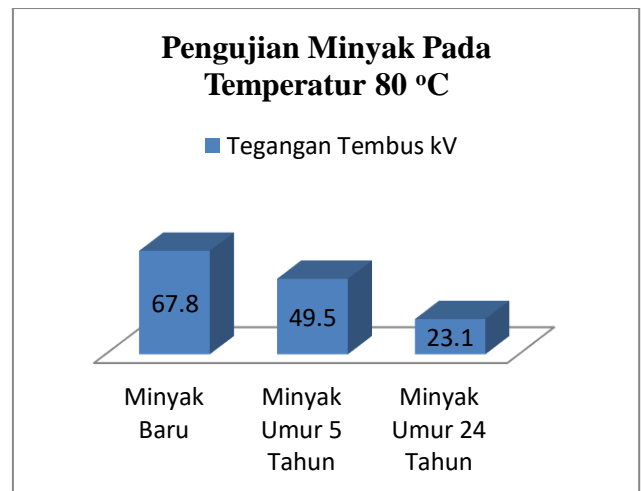
Selain itu temperatur yang semakin tinggi akan memberi pengaruh pada penurunan viskositas dari minyak. Saat transformator dipakai pada keadaan optimum secara terus menerus, maka minyak yang sudah berumur (tua/lama) dipakai akan ikut panas sehingga menyebabkan viskositas menjadi turun. Kenaikan temperatur ini akan menyebabkan molekul-molekul pada minyak akan merenggang sehingga akan menjadi lebih cair karena nilai viskositasnya kecil.

#### 4.6 Analisis Pengaruh Umur Minyak Transformator

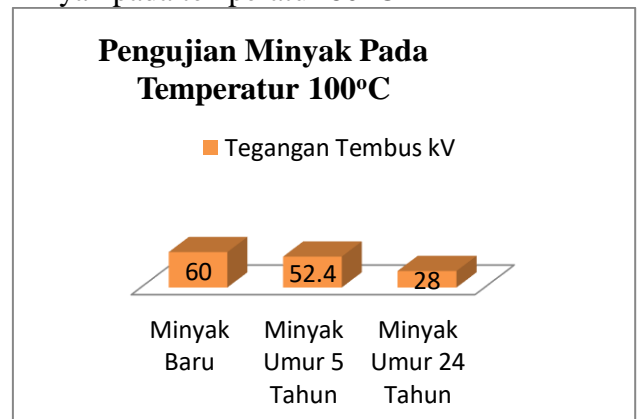
Berikut ini merupakan grafik karakteristik tegangan tembus yang terbentuk berdasarkan hasil pengujian pada variasi umur minyak transformator.



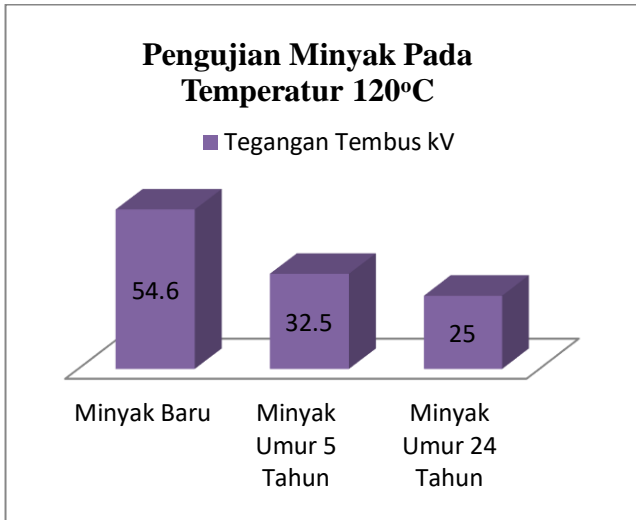
Gambar Tegangan tembus minyak vs umur minyak pada temperatur normal (28 °C)



Gambar Tegangan tembus minyak vs umur minyak pada temperatur 80 °C



Gambar Tegangan tembus minyak vs umur minyak pada temperatur 100°C



Gambar Tegangan tembus minyak vs umur minyak pada temperatur 120°C

Dari grafik yang ada terlihat bahwa semakin tua umur minyak transformator yang berada dalam transformator daya, maka kualitas tegangan tembusnya juga akan menurun. Seperti yang sudah diketahui, semakin lama minyak transformator terpasang didalam transformator, maka hal ini menunjukkan jika minyak ini sudah terpakai untuk isolasi dari transformator tersebut. Hal ini berarti, ketika transformator bekerja secara terus-menerus. Karena minyak bekerja secara terus-menerus pada suhu yang tinggi akibat transformator bekerja pada keadaan optimum, maka pada minyak transformator ini akan timbul uap air dan zat kimia lain seperti asam dan karbon yang bereaksi akibat pemanasan dari minyak transformator tersebut. Selain itu, viskositas dari transformator juga akan semakin buruk sehingga kualitas minyaknya menjadi semakin buruk. Hal inilah yang menyebabkan tegangan tembus dari minyak tersebut akan menurun.

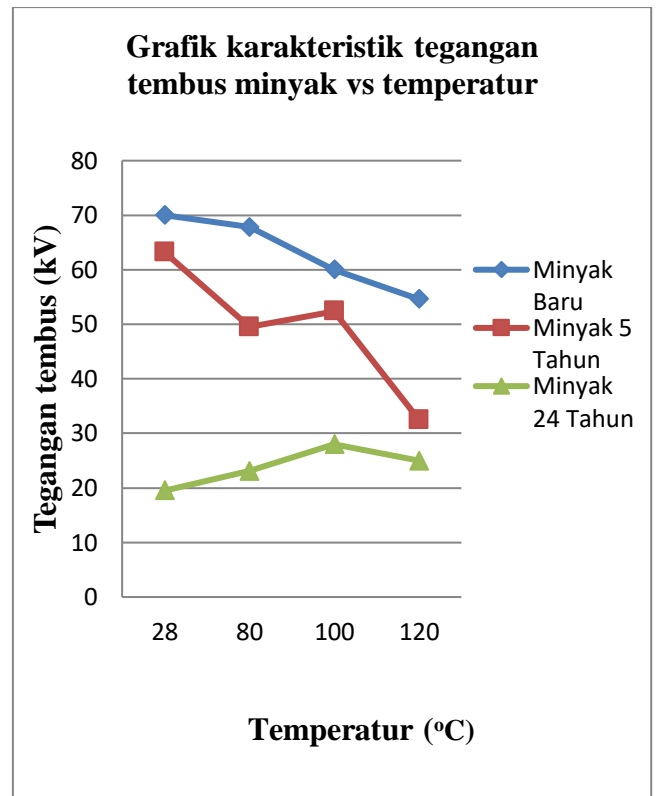
#### 4.7 Analisis Pengaruh Kenaikan Temperatur dan Umur Minyak Transformator Terhadap Degradasi Tegangan Tembus Minyak Transformator

Jika kita gabungkan kedua variabel sebelumnya untuk dianalisis, maka akan diperoleh tabel dan grafik sebagai berikut.

Tabel 4.4 Tegangan tembus minyak yang umurnya berbeda terhadap kenaikan temperatur

| Temperatur (°C) | Tegangan Tembus (kV) |                |                 |
|-----------------|----------------------|----------------|-----------------|
|                 | Minyak Baru          | Minyak 5 Tahun | Minyak 24 Tahun |
| 28 (Normal)     | 70                   | 63,2           | 19,5            |

|     |      |      |      |
|-----|------|------|------|
| 80  | 67,8 | 49,5 | 23,1 |
| 100 | 60   | 52,4 | 28   |
| 120 | 54,6 | 32,5 | 25   |



Gambar Tegangan tembus minyak vs umur minyak pada temperatur Normal, 80°C, 100°C, 120°C

Dari grafik tersebut, dapat dilihat bahwa semakin tinggi temperatur dan semakin tua umur dari minyak transformator, maka tegangan tembus dari minyak transformator akan semakin menurun, berbeda dengan minyak yang berumur 24 tahun cenderung mengalami kenaikan yang disebabkan oleh menurunnya kualitas isolasi minyak yang menyebabkan tegangan tembus minyak menjadi tidak stabil jika dipanaskan dengan temperatur yang berbeda. Selain itu dari grafik diatas juga dapat dibandingkan tegangan tembus antara minyak-minyak yang diuji.

Sesuai dengan yang telah disebutkan di dasar teori yang menyebutkan tentang sifat yang harus terdapat pada minyak transformator yang baik, dimana faktor kebocoran dielektrik yang rendah, maka hal ini sesuai dengan hasil pengujian yang telah dilakukan sebelumnya. Minyak transformator yang baru dipasang pada transformator akan bekerja sebagai isolasi dari transformator. Transformator tersebut bekerja pada keadaan optimum secara terus-menerus sehingga menyebabkan temperatur minyak dari transformator akan naik. Temperatur minyak yang tinggi ini akan menyebabkan pemanasan pada transformator yang selanjutnya akan

menyebabkan pemanasan pada minyak transformator tersebut. Pemanasan minyak transformator ini akan menyebabkan molekul-molekul pada minyak tersebut akan pecah sehingga faktor kebocoran dielektriknya akan semakin tinggi. Selain itu warna dari minyak transformator yang pada kondisi baru masih berwarna kuning bening akan menjadi semakin coklat bahkan gelap. Seiring dengan penambahan zat kimia lain seperti asam dan karbon dapat menyebabkan kualitas minyak transformator akan semakin buruk karena sebagian minyak akan mengalami reaksi kimia yang dapat menyebabkan susunan kimia dari minyak transformator tersebut menjadi terurai. Selain itu semakin tua umur minyak transformator tersebut, maka kotoran tadi akan semakin banyak sehingga minyak akan semakin terkontaminasi dan menyebabkan tegangan tembus dari transformator akan semakin rendah.

## V. KESIMPULAN

### 1. Kesimpulan

- 1) Semakin tinggi temperatur minyak transformator maka tegangan tembus dari minyak transformator tersebut akan semakin mengecil.
- 2) Kenaikan temperatur memberikan penurunan kualitas isolasi daripada minyak transformator yang terpasang pada transformator daya.
- 3) Tegangan tembus tiap minyak transformator yang paling rendah secara berurutan dari umur minyak baru sampai minyak umur 24 tahun yaitu sebesar 54.6kV, 32.5kV, 19.5kV.
- 4) Semakin tua umur minyak transformator yang dipakai, maka akan semakin buruk isolasinya. Hal ini dapat dilihat dari nilai tegangan tembusnya yang semakin menurun seiring dengan penambahan usia minyak.
- 5) Tegangan tembus minyak transformator yang berumur 24 tahun merupakan yang paling buruk bila dibandingkan dengan minyak baru dan minyak yang berumur 5 tahun, yaitu untuk suhu normal 28°C sebesar 19.5kV, suhu 80 °C sebesar 23.1kV, suhu 100°C sebesar 28kV, suhu 120°C sebesar 25kV.

### 2. Saran

- 1) Dalam penelitian pengujian tegangan tembus minyak transformator ini, hal yang harus yang dilakukan untuk pertamakali yaitu mengkalibrasi alat uji minyak terlebih

dahulu, jika tidak minyak yang di ukur oleh alat pengujian tidak sesuai.

- 2) Pengujian tegangan tembus minyak transformator yang sudah dipanaskan hendaknya dilakukan dengan hati-hati karena jika tidak, akan terjadi kerusakan pada mesin pengujian jika terjadi tumpahan minyak panas.
- 3) Untuk memperoleh hasil tegangan tembus yang maksimal saat menguji minyak yang bersuhu tinggi hendaknya saat memanaskan minyak suhu yang di ukur harus melebihi suhu normal, karena saat pengujian minyak alat pengujian akan memproses pengujian selama  $\pm 15$  menit, oleh karena itu saat pengujian, dalam waktu 15 menit suhu dikit demi sedikit akan menurun.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Aditya, G. (2016) Pengertian gardu induk dan jenis-jenis gardu induk. <https://bielisme.wordpress.com/2016/06/17/pengertian-gardu-induk-dan-jenis-gardu-induk/> di akses pada 21 Maret 2018.
- [2] Bawan, K. (2018) Transformator gardu induk 150kV. [http://jurnal.untad.ac.id/jurnal/index.php/FO\\_RISTEK/article/view/1618](http://jurnal.untad.ac.id/jurnal/index.php/FO_RISTEK/article/view/1618) di akses pada 20 Maret 2018.
- [3] Fritz, Jonathan., Simamora. (2011) “Analisis Pengaruh Kenaikan Temperatur dan Umur Minyak Transformator Terhadap Degradasi Tegangan Tembus Minyak Transformator”. Universitas Indonesia, Depok, Jawa Barat.
- [4] Hadi, A., Pabla, A., S. (1994). “Sistem Distribusi Daya Listrik”. Jakarta : Erlangga.
- [5] Jamal, A., Syahputra, R. (2016). *Heat Exchanger Control Based on Artificial Intelligence Approach. International Journal of Applied Engineering Research (IJAER)*, 11(16), pp. 9063-9069.
- [6] Sayogi, Hanung. (2015). Jurnal. *Analisis Mekanisme Kegagalan Isolasi Pada Minyak Trafo menggunakan Elektroda berpolaritas berbeda pada jarum bidang*. Universitas Diponegoro, Semarang.
- [7] Syahputra, R., Robandi, I., Ashari, M. (2015). *Performance Improvement of Radial Distribution Network with Distributed Generation Integration Using Extended Particle Swarm Optimization Algorithm. International Review of Electrical Engineering (IREE)*, 10(2). pp. 293-304.



- [8] Syahputra, R., Robandi, I., Ashari, M. (2015). *Reconfiguration of Distribution Network with DER Integration Using PSO Algorithm*. TELKOMNIKA, 13(3). pp. 759-766.
- [9] Syahputra, R., (2012), “*Distributed Generation: State of the Arts dalam Penyediaan Energi Listrik*”, LP3M UMY, Yogyakarta, 2012.
- [10] Syahputra, R., (2016), “*Transmisi dan Distribusi Tenaga Listrik*”, LP3M UMY, Yogyakarta, 2016.
- [11] Syahputra, R., (2015), “*Teknologi dan Aplikasi Elektromagnetik*”, LP3M UMY, Yogyakarta, 2016.
- [12] Syahputra, R., Robandi, I., Ashari, M. (2014). *Optimization of Distribution Network Configuration with Integration of Distributed Energy Resources Using Extended Fuzzy Multi-objective Method*. *International Review of Electrical Engineering (IREE)*, 9(3), pp. 629-639.
- [13] Tajudin. (1998) *Analisis Kegagalan Minyak Transformator*. Elektro Indonesia, Edisi 12 Maret 1998.