

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Pengujian

Berdasarkan pengujian yang dilakukan untuk mengetahui pengaruh kenaikan temperatur dan umur minyak isolasi transformator. Data yang diperoleh adalah nilai tegangan tembus. Selanjutnya data ini akan diolah menggunakan Microsoft Excel 2007 untuk membuat grafik tegangan tembus terhadap temperatur dari minyak transformator tersebut. Pengujian dilakukan dengan 3 buah variable, yaitu umur minyak (minyak baru, minyak 5 tahun, minyak 24 tahun) dan temperatur minyak (Normal, 80°C, 100°C, 120°C).

Dalam pengujian minyak menggunakan alat *Megger OTS100AF* seperti gambar dibawah ini:



Gambar 4.1 Alat Penguji Tegangan Tembus Minyak Transformator

Megger OTS100AF

Sebelum dilakukan pengujian dilakukan pengambilan sampel minyak di transformator seperti gambar berikut:



Gambar 4.2 Pengambilan Bahan Uji

Setelah itu dilakukan pengujian yang dilakukan adalah sebanyak 6 kali dalam 1 kali pengujian, untuk masing-masing sampel kemudian dirata-rata dan temperatur minyak yang diharapkan, sehingga diperoleh 8 buah data. Untuk setiap sampel, mula-mula minyak dipanaskan melebihi temperatur yang telah ditetapkan (80°C , 100°C , 120°C). selanjutnya, alat uji dijalankan dengan cara mengkalibrasi terlebih dahulu dengan cara mengecek jarak elektroda apakah jaraknya sudah 2,5 mm, jika belum maka atur jarak elektroda dengan jarak 2,5 mm dengan pengukur ketebalan yang sudah ada, kemudian tekan tombol up secara otomatis alat akan mendeteksi tegangan tembus dilayar dengan waktu uji pertama selama 5 menit dan 2 menit untuk uji ke 2 sampai uji ke 6.



Gambar 4.3 Pengukuran jarak elektroda 2.5mm



Gambar 4.4 Pengukur ketebalan jarak elektroda

Sesuai dengan teori, temperatur dan umur minyak transformator akan berbanding terbalik dengan tegangan tembus minyak. Semakin tinggi temperatur minyak transformator, maka tegangan tembusnya akan semakin kecil, dan semakin tua umur minyak transformator, maka tegangan tembusnya akan semakin kecil juga. Analisis lebih lanjut akan dibahas pada bagian analisis data.

4.1.1 Hasil Pengujian Minyak Jenis 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 4.5 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 4.6 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 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 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.

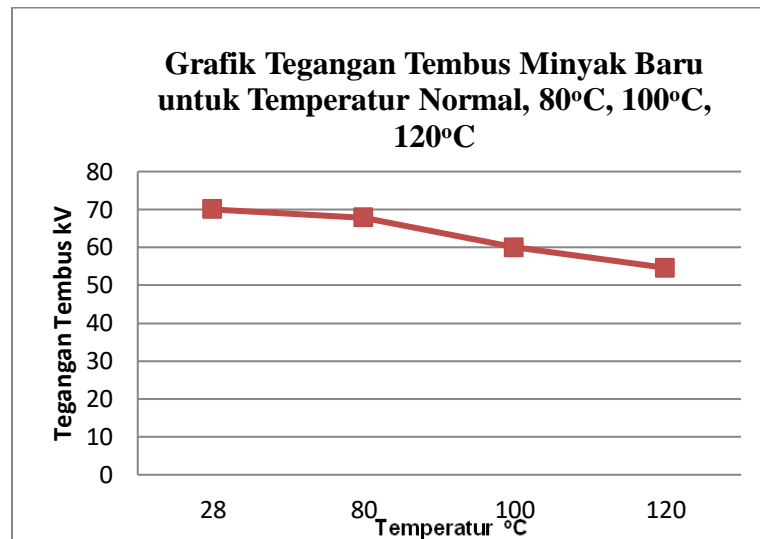
Setelah bagian wadah selesai di *Flushing*, selanjutnya minyak baru yang telah dipanaskan sebelumnya dengan temperatur 110°C dituang ke dalam wadah tersebut dan kemudian diukur kembali temperaturnya. Jika temperatur minyak sudah mencapai kisaran 110°C maka akan dilakukan

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

4.1.2 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.

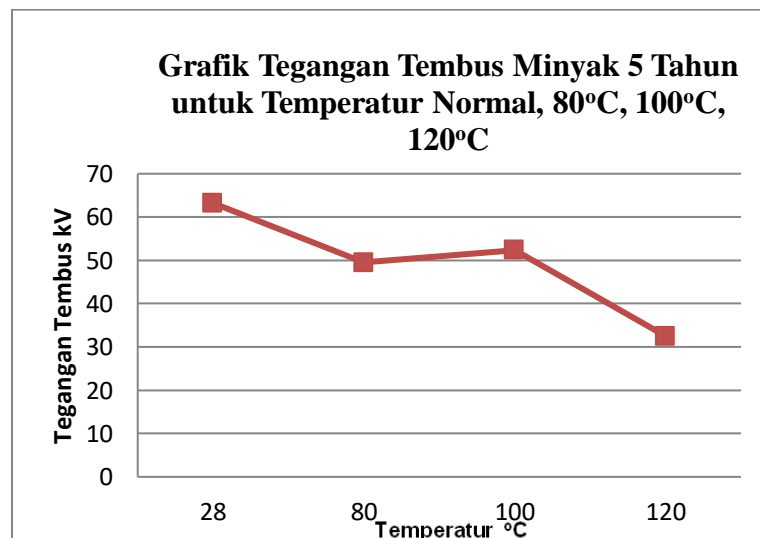
Setelah bagian wadah selesai di *Flushing*, selanjutnya minyak baru yang telah dipanaskan sebelumnya dengan temperatur 110°C dituang ke dalam wadah tersebut dan kemudian diukur kembali temperturnya. Jika temperatur minyak sudah mencapai kisaran 110°C maka akan dilakukan pengujian. Jika terjadi loncatan 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 4.8 Grafik Tegangan Tembus Minyak 5 Tahun untuk Temperatur Normal, 80°C, 100°C, 120°C

4.1.3 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.

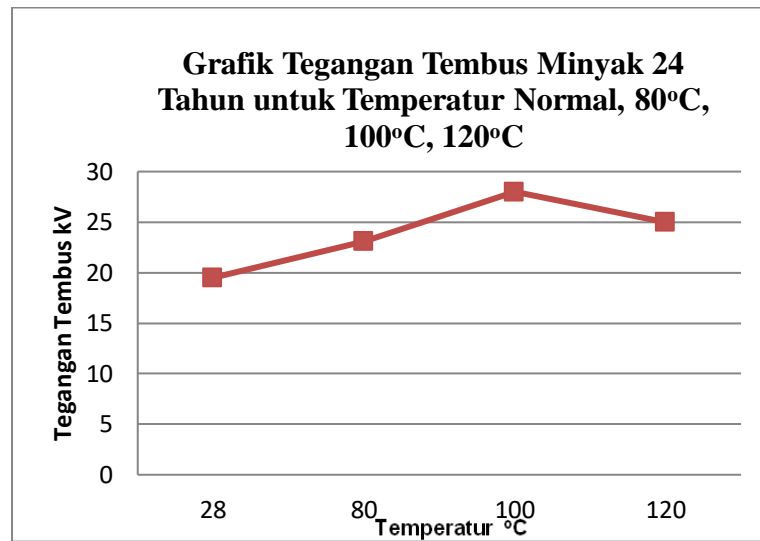
Setelah bagian wadah selesai di *Flushing*, selanjutnya minyak baru yang telah dipanaskan sebelumnya dengan temperatur 110°C dituang ke

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

4.2 Analisis Hasil Pengujian

4.2.1 Analisis Pengaruh Kenaikan Temperatur

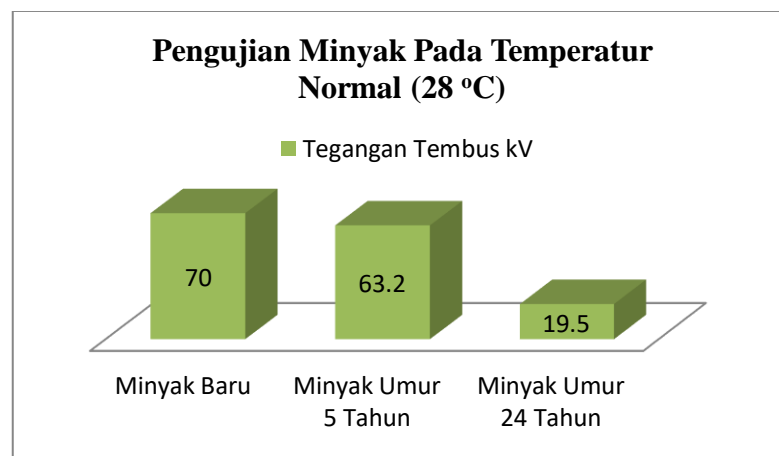
Dari grafik yang telah ada pada bagian hasil pengujian dapat dilihat bahwa semakin tinggi temperatur minyak suatu transformator, maka tegangan tembus dari minyak tersebut akan semakin kecil/menurun. Kenaikan temperatur minyak pada transformator daya akan meningkatkan temperatur minyak transformator. 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.

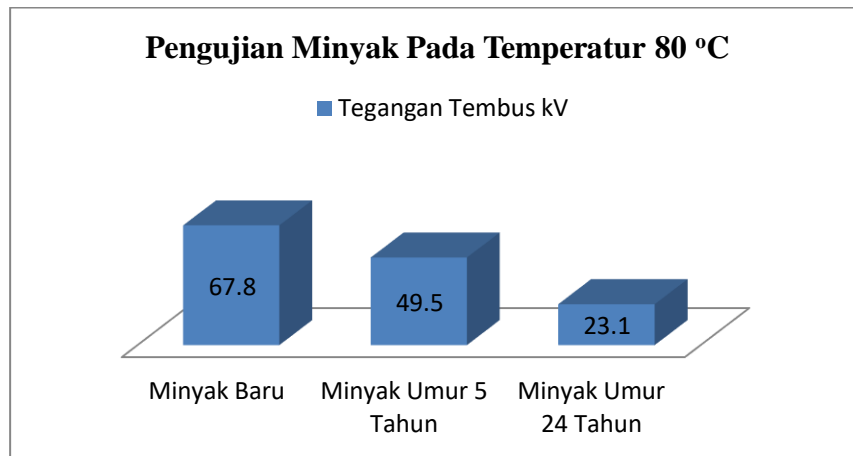
Selain itu temperatur yang semakin tinggi akan memberi pengaruh pada penurunan viskositas dari minyak. Saat transformator dipakai pada keadaan optimum secara terus menerus, maka minyak yang sudah berumur (tua/lama) dipakai akan ikut panas sehingga menyebabkan viskositas menjadi turun. Kenaikan temperatur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

4.2.2 Analisis Pengaruh Umur Minyak Transformator

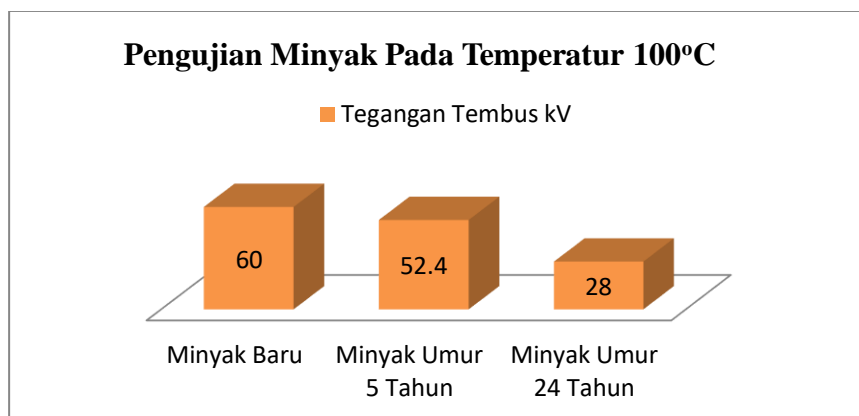
Berikut ini merupakan grafik karakteristik tegangan tembus yang terbentuk berdasarkan hasil pengujian pada variasi umur minyak transformator.



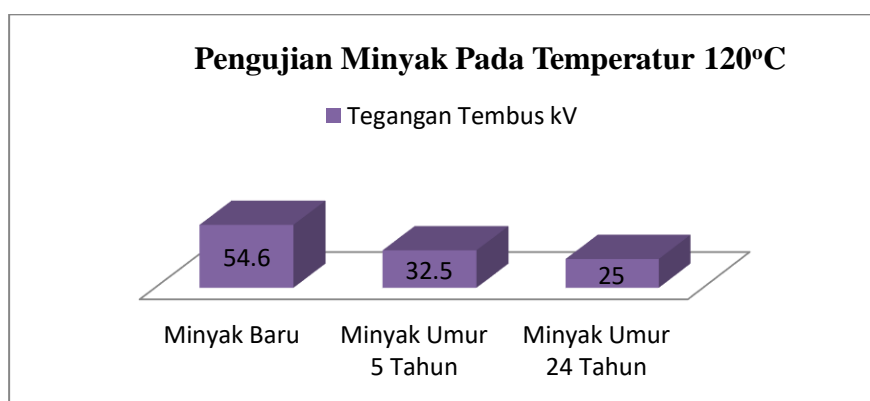
Gambar 4.10 Tegangan tembus minyak vs umur minyak pada temperatur normal (28 °C)



Gambar 4.11 Tegangan tembus minyak vs umur minyak pada temperatur 80°C



Gambar 4.12 Tegangan tembus minyak vs umur minyak pada temperatur 100°C



Gambar 4.13 Tegangan tembus minyak vs umur minyak pada temperatur 120°C

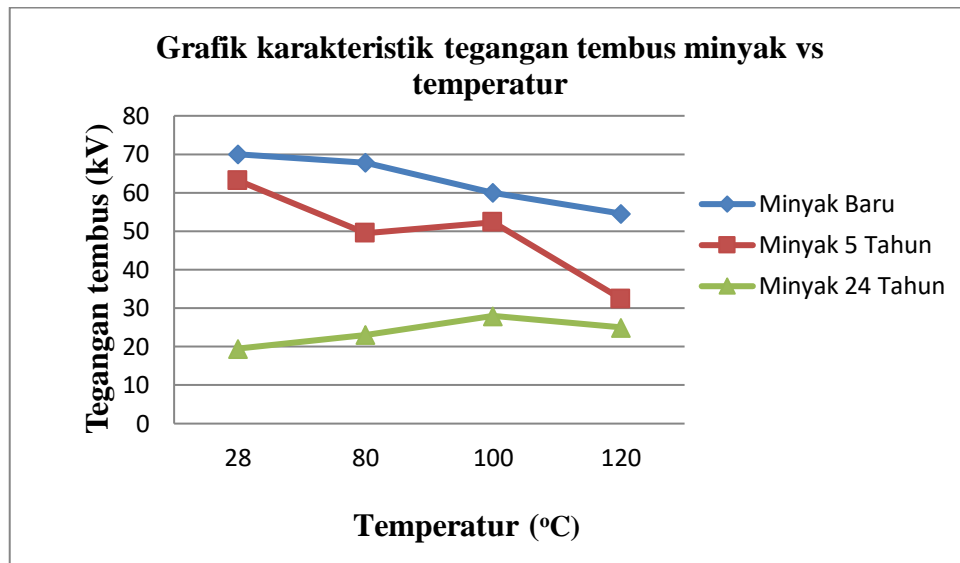
Dari grafik yang ada terlihat bahwa semakin tua umur minyak transformator yang berada dalam transformator daya, maka kualitas tegangan tembusnya juga akan menurun. Seperti yang sudah diketahui, semakin lama minyak transformator terpasang didalam transformator, maka hal ini menunjukkan jika minyak ini 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.

4.2.3 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 4.14 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.