

Prediksi Sisa Umur Generator Dengan Metode Pengujian Dielektrik Pada Stator Generator Unit 2 PLTU Ombilin

Alex Fernandes¹; Niken Pradina Saputri¹; Samsurizal^{1}*

1. Teknik Elektro, Insitut Teknologi PLN, DKI Jakarta 11750, Indonesia

**Email: samsurizal@itpln.ac.id*

Received: 5 April 2023 | Accepted: 5 April 2023 | Published: 27 April 2023

ABSTRACT

Electrical demand getting higher every year, therefore reliability is needed in distributing electrical energy to consumers, to realize this reliability, electrical equipment that can work properly is needed so that there are no obstacles in the operating system, one of the electrical equipment that has a very important role very important in a steam power plant is the generator, along with the age of use of the generator which has been more than 20 years at the Ombilin PLTU, there must be some obstacles including its isolation which can cause current leakage and total damage to the generator. The purpose of the dielectric test. This research was conducted to predict the remaining life of the generator due to dielectric problems that occur in the insulation system by conducting dielectric tests and finding solutions to extend the life of the generator. The method used in this study using the D-MAP method with the formula used from the values obtained in dielectric testing, such as tan delta testing, leakage current testing, and partial discharge testing. The results of this dielectric test get a breakdown voltage of 42.48% and get a prediction of the remaining life of the generator for another 4 years. And to improve the breakdown voltage value, a revarnish is carried out to improve the partial discharge value.

Keywords: *Generator, Dielectric, isolation, tan delta, partial discharge*

ABSTRAK

Kebutuhan akan energi listrik yang semakin tinggi setiap tahunnya, maka dari itu diperlukan keandalan dalam menyalurkan energi listrik kepada konsumen, untuk mewujudkan keandalan tersebut diperlukan peralatan listrik yang dapat bekerja dengan baik agar tidak terjadinya kendala dalam sistem pengoperasiannya, salah satu peralatan listrik yang memiliki peranan yang sangat penting dalam pembangkit listrik tenaga uap adalah generator, seiring dengan usia pemakaian generator yang sudah lebih dari 20 tahun di PLTU Ombilin pasti mengalami beberapa kendala termasuk dalam isolasinya yang dapat menyebabkan kebocoran arus dan kerusakan total pada generator. Tujuan dilakukannya pengujian dielektrik. Penelitian ini dilakukan untuk memprediksi sisa umur dari generator karena adanya masalah dielektri yang terjadi pada sistem isolasinya dengan melakukan pengujian dielektrik dapat memprediksi sisa umur dari generator unit 2 PLTU Ombilin. Metode yang digunakan dalam penelitian ini dengan menggunakan metode D-MAP dengan formula yang digunakan dari nilai yang didapatkan dalam pengujian dielektrik, seperti pengujian tan delta, pengujian arus bocor, dan pengujian partial discharge. Hasil dari pengujian dielektrik ini mendapatkan tegangan tembus sebesar 42,48% dan mendapatkan hasil prediksi sisa umur pada generator 4 tahun lagi. Dan untuk memperbaiki nilai tegangan tembus dilakukan revarnish atau resin untuk memperbaiki nilai partial discharge nya.

Kata kunci: *Generator, isolasi, tan delta, arus bocor, partial discharge*

1. PENDAHULUAN

Generator merupakan peralatan utama dalam konversi energi mekanik menjadi energi listrik, maka generator harus bekerja secara optimal tanpa adanya gangguan. Salah satu bagian yang paling penting dari generator adalah isolasinya, dimana isolasi merupakan bagian yang harus sangat diperhatikan pada generator karena 26% kegagalan generator disebabkan oleh kegagalan isolasinya[1][2]. Seiring dengan usia pengoperasian kondisi isolasi generator dapat mengalami penurunan kekuatan isolasi yang dapat menyebabkan kegagalan isolasi pada generator. Ada beberapa pengujian dielektrik dilakukan pada isolasi[3]. Hasil dari beberapa pengujian dielektrik ini dapat digunakan untuk memprediksi berapa lama lagi generator dapat bekerja secara maksimum. Pengujian tahanan isolasi yang umum digunakan adalah pengujian *Tan Delta*, pengujian arus bocor dan pengujian *Partial Discharge*[4]. Hasil dari pengujian tersebut dapat digunakan untuk memprediksi sisa umur dari suatu generator. Generator PLTU umumnya di *design* mampu beroperasi normal sampai 30 tahun.

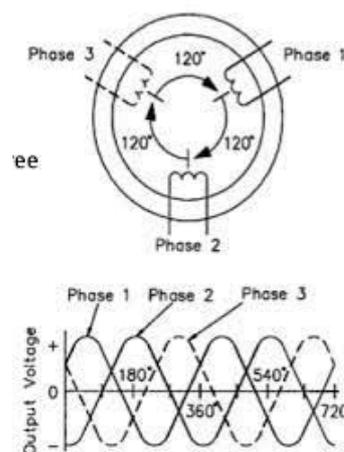
Uji kekuatan dielektrik, atau uji kekuatan dielektrik, adalah salah satu pengujian yang disyaratkan oleh standar uji keamanan listrik[5][6]. Uji kekuatan dielektrik dilakukan dengan mengukur kebocoran arus dari alat atau peralatan yang diuji. Hasil pengukuran uji kekuatan dielektrik harus lebih rendah dari batas yang ditentukan dalam standar internasional.

Karena pentingnya peran generator pada sistem tenaga listrik khususnya untuk Pembangkit Listrik Tenaga Uap, maka dalam penelitian ini penulis akan melakukan Analisis Prediksi Sisa Umur Generator Dengan Melakukan Pengujian Dielektrik Pada Generator Unit 2 PLTU Ombilin PT PLN (Persero).

2. METODE/PERANCANGAN PENELITIAN

2.1. Generator Sinkron

Generator sinkron atau yang biasanya disebut dengan generator AC (*alternating current*), bekerja berdasarkan dari prinsip kerja induksi elektromagnetik atau fluks yang mengubah energi listrik. Prinsip dari kerja generator menurut hukum induksi faraday “ketika jumlah garis gaya yang melalui kumparan diubah, maka gaya gerak listrik (GGL) dalam kumparan. Medan putar yang diperoleh dari rotor diinduksikan pada kumparan jangkar sehingga kumparan jangkar yang berada pada stator dapat menghasilkan fluks magnet yang besarnya dapat berubah-ubah terhadap waktu, setiap perubahan yang terjadi pada fluks magnet yang mengelilingi sebuah kumparan akan menciptakan GGL induksi pada ujung ujung kumparan tersebut.



Gambar 1. Prinsip Kerja Generator Sinkron

Perputaran rotor akan memutar medan magnet yang dihasilkan oleh kumparan medan. Medan putar yang dihasilkan pada rotor akan diinduksikan pada kumparan jangkar sehingga pada kumparan jangkar yang terletak pada stator akan menghasilkan fluks magnetik yang berubah-ubah besarnya terhadap waktu. Adanya perubahan fluks magnetik yang melingkupi suatu kumparan akan menimbulkan GGL induksi pada ujung kumparan tersebut.

2.2. Isolasi

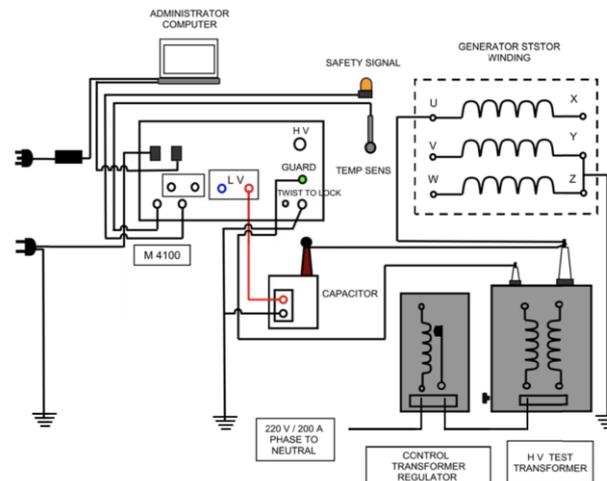
Kualitas dari isolasi merupakan faktor yang harus diperhatikan pada saat melakukan restorasi (*rewinding*) atau (*re-insulation*). Pengujian menggunakan tegangan tinggi pada belitan merupakan salah satu cara untuk mengetahui ada tidaknya arus bocor pada isolasi belitan. Dengan menerapkan tegangan tinggi ke insulasi belitan, ia dapat membagi kualitas asli insulasi sehubungan dengan tegangan kerja yang akan diterima. Besarnya nilai arus bocor terdeteksi selama pengujian, membentuk parameter asli dari resistansi kualitas isolasi pada tegangan kerja yang diterima. Faktor disipasi atau *tan delta* adalah parameter yang digunakan untuk menunjukkan efisiensi isolasi. Pengujian menggunakan metode *tan delta* paling efektif untuk mendeteksi adanya kontaminasi isolasi, kualitas semikonduktor. Konten vakum total dan pelepasan sebagian.

Bahan yang terbuat dari isolasi terkadang tidak sesuai antara aslinya dengan kenyataannya, kedua jenisnya ialah *mano* metalik yang tidak tersusun secara teratur atau biasa disebut juga dengan organik, seragam atau tidak sejenis dikomposisi, alami atau buatan. Asal dari bahan pembuat isolasi ini adalah bahan alami yakni kertas, kain, mika dan lilin. Kualitas suatu bahan isolasi dapat dilihat dari daya hambat, kekuatan elektik, histeris dielectric serta keuletan merupakan syarat suatu bahan isolasi. Suatu bahan isolasi yang dikatakan sempurna harus memenuhi syarat diatas. Bahan isolasi yang digunakan untuk mesin-mesin listrik pada korelasi menggunakan stabilitas yang berkenaan ketahanan terhadap panas maka isoasi terdiri dari beberapa kelas.

2.3. Pengujian Tan Delta

Pengujian *tan delta* dilakukan untuk mengetahui nilai faktor disipasi material isolasi. Penurunan kualitas isolasi akan menyebabkan nilai tangen delta semakin tinggi. *Tan delta* menyatakan faktor rugi – rugi daya, besaran inilah yang menjadi indikasi besarnya daya yang terdisipasi, semakin besar nilai tangen delta maka semakin besar daya yang terdisipasi yang berarti kualitas isolasi semakin buruk.

Pengujian tangen delta pada generator dapat menggunakan beberapa alat antara lain tettetex dan alat uji tangen delta megger 2000. Langkah awal sebelum melakukan pengujian adalah Buka terminal bus bar titik bintang dan output generator kemudian buat instalasi pengujian sesuai gambar rangkaian instalasi pengujian. Berikut ini rangkaian untuk pengujian tan delta pada generator.



Gambar 2. Rangkaian pengujian Tangent Delta dengan *external power supply*

Tahapan pengujian *Tan Delta* menggunakan jembatan schering digital yang mana jembatan schering adalah jembatan yang memiliki peranan yang sangat penting dalam mengukur kapasitansi kapasitor, faktor disipasi jembatan ini merupakan jembatan AC yang paling sering digunakan. Jembatan ini bekerja pada prinsip keseimbangan pada beban lengannya, akan tetapi yang digunakan dalam pengujian ini sudah otomatis tidak perlu lagi melakukan pengaturan kesetimbangan jembatan secara manual tetapi dengan mengukur dan menghitung perbedaan arus dan beda fasa yang terjadi secara otomatis. Pada pengujian jembatan schering dihubungkan ke generator statornya pada salah satu fasa dan untuk pembacaan data disini menggunakan CPC 100 yang nantinya CPC 100 dihubungkan ke *schering bridge* dan generator. Ketika kita akan menguji salah satu fasa maka fasa yang tidak diuji akan di shortkan dan dihubungkan ke ground, misalnya yang diuji Fasa R, maka Terminal Fasa S dan Fasa T di Short kemudian dihubungkan ke ground.

2.4. Pengujian Arus Bocor

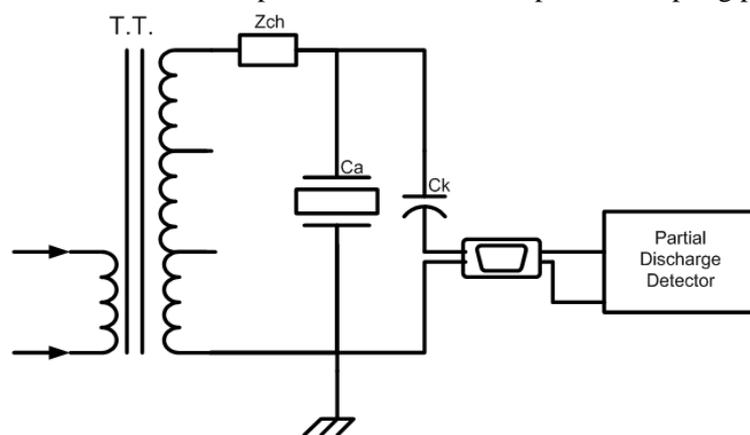
Arus bocor (*leakage current*) merupakan arus yang mengalir menembus atau melalui permukaan isolasi. Isolasi berfungsi untuk memisahkan secara elektrik dua buah penghantar atau lebih yang saling berdekatan, sehingga tidak terjadi kebocoran arus. Arus bocor juga disebabkan oleh rongga-rongga pada bahan isolasi yang disebabkan kesalahan pembuatan bahan isolasi tersebut. Arus listrik secara normal akan melewati konduktor kabel, sedangkan arus bocor yang tidak diinginkan akan mengalir secara radial dari konduktor melalui dielektrik ke lapisan pelindung. Arus bocor terjadi jika ada degradasi kualitas dari komponen instalasi.

Di dalam belitan generator sering kali terdapat rongga-rongga yang berisi gas atau udara. Rongga gas atau udara ini terbentuk pada waktu pembuatan winding atau terbentuk karena operasi generator. seperti yang diketahui bahwa kontruksi belitan generator terdiri dari beberapa macam lapisan yang terbuat dari bahan yang berlainan dan mempunyai koefisien muai yang berlainan pula. Jika terjadi pemanasan dan pendinginan baik pada waktu pembuatan atau pada waktu pembebanan dengan arus maka pemuaiian dan penyusutan dari masing- masing bahan isolasi akan berbeda. Akibatnya akan terbentuklah rongga-rongga berisi gas atau udara diantara lapisan-lapisan itu dan rongga-rongga gas atau udara ini mempunyai kekuatan dielektrik yang lebih kecil dari bahan-bahan isolasinya yang padat. Selain itu rongga-rongga pada bahan isolasi belitan generator dapat juga timbul pada waktu pembuatannya.

2.5. Pengujian *Partial Discharge*

Partial discharge suatu kegagalan isolasi yang berada didalam rongga atau pada permukaan dari bahan isolasi yang diakibatkan karena sangat tingginya beda potensial yang sangat tinggi terjadi dalam isolasi tersebut, *partial discharge* ini juga dapat disimpulkan karena adanya konsentrasi *electrical stress* yang biasa terdapat di dalam dan permukaan dari isolasi, *partial discharge* ini juga dapat dikatakan sebagai peristiwa loncatan bunga api listrik yang terjadi pada isolasi.

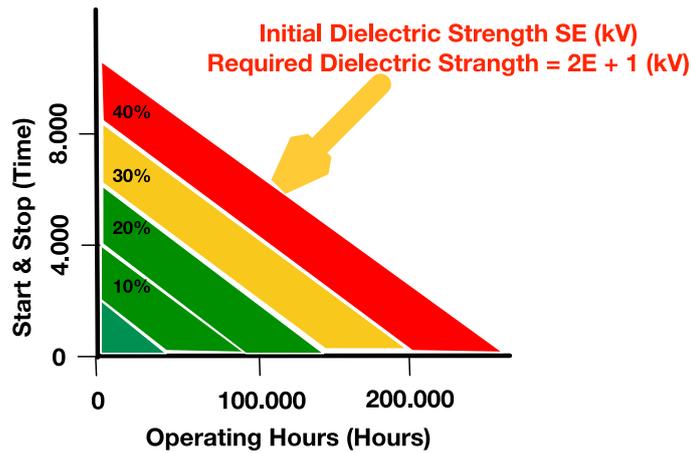
Pada prinsipnya, pengukuran PD didasarkan pada pengukuran langsung pulsa-pulsa frekuensi tinggi yang dibuat selama terjadinya peluahan parsial. Beberapa metode offline didasarkan pada hubungan kapasitif antara keseluruhan belitan dan peralatan pengukuran. Uji *Partial Discharge offline* memerlukan catu daya untuk memberi energi pada belitan setidaknya dengan rating tegangan fase ke tanah. Jadi, untuk generator besar, dibutuhkan transformator dengan rating daya 20 sampai 40 kVA. Dalam uji *Partial Discharge offline*, biasanya secara umum dilakukan dengan menaikkan tegangan sampai dengan nominal peralatan serta bersamaan dengan memantau pulsa *Partial Discharge* pada layar osiloskop. Tegangan dimana *Partial Discharge* pertama kali terdeteksi disebut *discharge inception voltage* atau DIV. Untuk mengukur aktivitas *Partial Discharge* pada setiap fase, kapasitor yang disetel atau "*coupler capacitive*" terhubung ke masing-masing terminal generator. Perancah kemudian dihubungkan ke filter band-pass RC yang outputnya adalah sinyal yang mengandung pulsa *Partial Discharge* frekuensi tinggi. Meskipun kopling kapasitif telah terbukti berperan penting dalam pendeteksian *Partial Discharge* secara online maupun offline, namun memerlukan banyak pengalaman dalam membedakan pulsa *Partial Discharge* di generator. Gambar 3 memperlihatkan instalasi Kapasitor Coupling pada sistem.



Gambar 3. Coupling Capacitor

2.6. Metode D-MAP

Metode perhitungan estimasi umur isolasi generator menggunakan analisa *Residual Breakdown Voltage* atau sisa tegangan tembus dengan perhitungan metode D-Map dan dengan metode dari *Equivalent Operating Hours* sebuah unit pembangkit. *Working Group Discussion* tentang Generator menyatakan bahwa sesuai dengan *Stator Insulation Requirement* yang di keluarkan oleh Mitsubishi Electric Company (MELCO), batas maksimal *Residual Breakdown Voltage Generator* adalah 40 % dari nilai inisial *Dielectric Breakdown Voltage* $2E + 1$ (kV), dimana E adalah nominal tegangan output generator (kV). Gambar 4 memperlihatkan batas maksimal *Residual Breakdown Voltage*.



Gambar 4. Batas Maksimal Breakdown Voltage

2.7. Prediksi Sisa Umur Metode D-MAP

Metode D Map merupakan metode perhitungan residual breakdown voltage diperoleh dari parameter pengujian arus bocor (mA), $\tan \delta$ test, dan Partial Discharge Offline. Berikut adalah formula yang digunakan dalam perhitungan metode D – Map :

$$VR = 100 - 1.8(\Delta - 0.8) - 27.4 \log \left(\frac{Q_{max}}{1500} \right) \tag{1}$$

Dimana :

VR = Sisa Tegangan Tembus (%)

Δ = $\Delta 2 + \Delta I$ (%)

$\Delta I = \frac{I - I_0}{I_0} \times 100\%$

$\Delta 2$ = $\tan \delta$ test hasil pengujian (%)

Qmax = Maximal Nilai Partial Discharge (pC)

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Gambaran Umum Objek Penelitian

Pada penelitian ini menggunakan generator yang terdapat di PLTU Ombilin unit 2 yang telah beroperasi sejak 1996 dengan spesifikasi sebagai berikut:

Tabel 1. Spesifikasi Generator

| Data Mesin | |
|-------------------|-----------------------|
| Informasi | |
| Type, Mfg | GE Alsthom (T240-370) |
| ag – ID | U #2 |
| Installation Year | 1994 |
| Cooling system | Air Cooler |
| Winding Type | Form Wound |
| Insulation Class | B |
| Insulation Type | Epoxy Mica |
| Voltage | 11.5 Kv |
| Power | 137.8 MVA |
| Frequency | 50 Hz |
| Number Of Poles | 12 |

3.2. Pengujian Tan Delta

Dari hasil pengujian nilai tan delta didapatkan tahanan isolasi masih dalam range yang diijinkan namun ada dua nilai yang sudah mendekati batas maksimumnya.

Tabel 2. Hasil pengujian Tan Delta

| TD Value | Max. allowed value | Phasa R | Phasa S | Phasa T |
|---------------------------------|--------------------|---------|---------|---------|
| 0.2 Un | 4% | 1.91% | 1.9% | 1.8% |
| (0.6Un-0.2Un)/2 | 0.25% | 0.05% | 0.13% | 0.24% |
| Δ Tan Delta per interval | 0.5% | 0.11% | 0.43% | 0.49% |

Hasil pengujian Tan δ menunjukkan bahwa isolasi belitan stator generator dua fasa memiliki masalah serius terhadap void yang kemungkinan disebabkan oleh thermal stress akibat pola pengoperasian yang melebihi nilai nominal generator.

3.3. Pengujian Arus Bocor

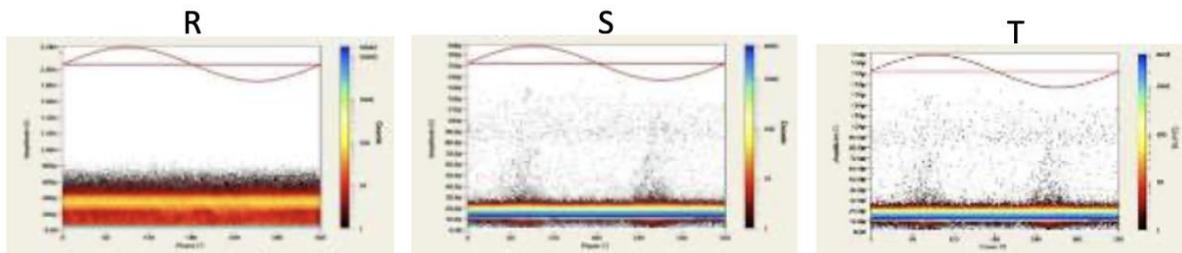
Pengujian arus bocor ini dilakukan agar kita dapat mengetahui nilai arus yang terlepas pada saat melakukan pengujian dielektrik, dan pengujian arus bocor ini memiliki persentase sebesar pada masing-masing fasa, Fasa R 2,02%, Fasa S 1,37%, Fasa T 4,52%%, sesuai dengan standar yang telah ditetapkan yaitu sesuai dengan MELCO (Mittshubishi Electric Co) yang menyatakan bahwa standar dari nilai kebocoran arus tidak boleh melebihi dari 2%, dan kita lihat pada nilai yang di dapatkan 2,02% melewati dengan standar yang telah ditetapkan yang menandakan akan indikasi seteriorisasi pada belitan isolasinya.

Tabel 3. Hasil pengujian Arus Bocor

| Pengujian Arus Bocor | Fasa R | Fasa S | Fasa T |
|----------------------|--------------|--------------|--------------|
| Nilai arus bocor | 2,02% | 1,37% | 4,52% |

3.4. Pengujian *Partial Discharge*

Dengan menggunakan tegangan pengujian sebesar 6,6Kv maka diperoleh nilai *discharge* muatan terukur fasa R = 99,668 nC, fasa S = 1,00 nC, fasa T = 1,99 nC, berdasarkan standart *Site Test Procedure MELCO* menyatakan bahwa nilai maksimum *discharge* muatan atau Qmax adalah 15 nC. Nilai yang terukur untuk fasa W melebihi batasan maksimum, sehingga terindikasi fenomena *Partial Discharge* yang cukup tinggi pada isolasi belitan fasa R.



Gambar 5. Hasil pengujian *Partial Discharge*

3.5. Perhitungan Prediksi Sisa Umur Generator

Dari data yang telah didapatkan bisa kita rumuskan sebagai berikut yang digunakan dalam Metode D MAP.

Tabel 4. Perhitungan Menggunakan Metode D MAP

| Tan delta Test “ $\Delta 2$ ” (%) | Presentase Arus Bocor “ $\Delta 1$ ” (%) | $\Delta = \Delta 2 + \Delta 1$ (%) | Partial discharge Magnitude “ Q_{max} ” (pC) |
|-----------------------------------|--|------------------------------------|--|
| 0,49 | 4,52 | 5,08 | 99668 |

Sehingga prediksi sisa umur generator PLTU Ombilin dapat di hitung menggunakan metode D MAP menggunakan persamaan 1 sebagai berikut :

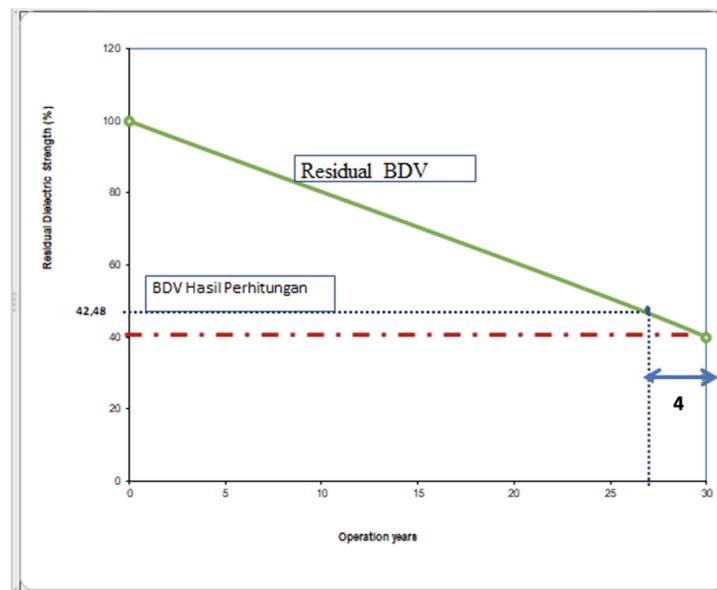
$$VR (\%) = 100 - (\Delta - 0.8) - 27.4 \log \left(\frac{Q_{max}}{1500} \right)$$

$$VR (\%) = 100 - ((4.52 + 0.49) - 0.8) - 27.4 \log \frac{99668}{1500}$$

$$VR\% = 100 - 9.018 - 27.4 \log 66.5$$

$$VR\% = 42.48 \%$$

Berdasarkan dengan perhitungan yang dilakukan, perhitungan terhadap tegangan tembus yang disebabkan dari pengujian dielektrik, hasil pengukuran tegangan tembus yang didapatkan sebesar 42,48%, yang mana mengacu dengan standar yang telah ditetapkan untuk nilai sisa tegangan tembus yaitu IEC 60126-2 menyatakan nilai tegangan tembus sebuah generator adalah 40% atau sama dengan desain lime time dari sebuah generator yaitu 30 tahun. Pada grafik dibawah ini anda akan diperlihatkan grafik *Remaing Life Breakdown Voltage* sesuai dengan perhitungan yang telah didapatkan.



Gambar 6. Hasil Prediksi Sisa Umur Generator berdasarkan D Map

Pada grafik *remaing life* ini mengacu kepada standar IEC 60612-2 yang menyatakan batas tegangan tembus sebuah generator adalah 40% sama dengan *lifetime* dari generator yaitu + 30

tahun. Hasil perhitungan tegangan tembus sebesar 42,48% di gambarkan pada grafik D Map seperti gambar 6. Sehingga berdasarkan hasil D Map kita bisa memprediksi sisa umur generator PLTU Ombilin unit 2 sekitar 4 tahun lagi.

4. KESIMPULAN

4.2. Kesimpulan

Dari penelitian yang sudah dibuat dapat ditarik kesimpulan, setelah melakukan beberapa uji dielektrik seperti tan delta, perhitungan arus bocor dan pengujian *partial discharge* maka didapatkan nilai *residual breakdown voltage* pada generator sebesar 42,48% yang mana nilai telah mendekati minimum batas sisa tegangan tembus dan karena nilai mendekati batas minimum perlu dilakukan *insulating varnish*. Dari discharge mapping (D-Map) grafik Remaining Life Breakdown Voltage didapatkan prediksi sisa umur generator selama 4 tahun jika digunakan terus menerus tanpa adanya pemeliharaan lebih lanjut

4.2. Saran

Sebaiknya pengujian dilakukan sekali dalam setahun agar kondisi generator lebih terpantau lagi, karena pada pengujian ini didapatkan nilai residual breakdown voltage mendekati batas minimum yang telah ditetapkan maka sebaiknya dilakukan revarnish atau dengan melakukan resin ulang pada generator unit 2 di PLTU Ombilin

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada semua pihak yang terlibat yang telah mengijinkan melakukan pengumpulan data-data yang diperlukan pada penelitian ini sehingga penulis bisa menyelesaikan penelitian ini dan penulis bisa menyelesaikan artikel ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Afandi, Robin (2016), “Evaluasi Pengukuran Tahanan Isolasi Pada Sisi Output Generator Wescan Unit 1 di PT. PLN (Persero) Pembangkit Sumbangsel Sektor Pembangkit Keramasa”, Politeknik Negeri Sriwijaya.
- [2] Amir, Mohammad., & Julian, I Wayan Angga (2018) “Analisa Pengaruh Partial discharge Dan Tan Δ Terhadap Umur Isolasi Belitan Stator Akibat Ikatan Kumparan Generator Longgar”, Institut Sains Teknologi Nasional.
- [3] Arismunandar, A., (2001) Teknik Tegangan Tinggi, Pradnya Paramita, Jakarta.
- [4] Januarizki, Dery (2017) yang berjudul “analisis pengujian tahanan isolasi generator Unit 2
- [5] PT. PJB UBJ O & M PLTU 1 Pacitan Jawa Timur Dengan Metode Tan Delta” Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.
- [6] Julian, I Wayan Angga (2018) yang berjudul “Analisa Pengaruh Partial discharge Dan Tan Akibat Ikatan Longgar Pada Kumparan Generator Terhadap Umur Isolasi Belitan Stator” Institut Sains Dan Teknologi Nasional
- [7] Handojo, Sigit Pudji. (2015). Analisa Penerapan Jembatan Schering Pada Alat Ukur Bahan Isolasi. Jakarta : Institut Sains dan Teknologi Nasional
- [8] Husnul, Muhammad., (2008), Deteksi dan Analisis Peluahan Parsial pada Belitan Stator Generator., FTUI., Jakarta.
- [9] IEEE Std 286-2000, IEEE Recommended Practice for Measurement of Power Factor Tip-Up of Electric Machinery Stator Coil Insulation.
- [10] IEEE Guide for Insulation Maintenance of Electric Machines, 2016. IEEE Power and Energi

Society, New York

- [11] Afrianda, R., Samsurizal, S., & Nurul, A. A. (2020). Pengaruh Ketidakseimbangan Beban Terhadap Efisiensi Transformator Distribusi Studi Gardu PT PLN (PERSERO) Area Bekasi. *SUTET*, 10(1), 29-38.
- [12] Syakur, Abdul, (2009) Teori dan Hasil Eksperimen Partial discharge Pada Bahan isolasi, BP UNDIP, Semarang,
- [13] Samsurizal, S., & Hadinoto, B. (2020). Studi Analisis Dampak Overload Transformator Terhadap Kualitas Daya Di PT. PLN (Persero) Up3 Pondok Gede. *KILAT*, 9(1), 136-142.