

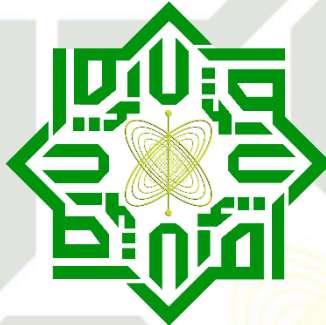
**Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang**

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

ANALISIS KUALITAS TAHANAN ISOLASI PADA TRANSFORMATOR DENGAN PREVENTIVE MAINTENANCE DI GARDU INDUK GARUDA SAKTI

TUGAS AKHIR

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
pada Program Studi Teknik Elektro Fakultas Sains dan Teknologi



UIN SUSKA RIAU

Oleh :

RANDRA AGUSTIO EFRYANSAH
11850510505

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI**

UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SULTAN SYARIF KASIM RIAU

PEKANBARU

2023



LEMBAR PERSETUJUAN

ANALISIS KUALITAS TAHANAN ISOLASI PADA TRANSFORMATOR DENGAN PREVENTIVE MAINTENANCE DI GARDU INDUK GARUDA SAKTI

TUGAS AKHIR

oleh:

RANDRA AGUSTIO EFRYANSAH

11850510505

Telah diperiksa dan disetujui sebagai laporan Tugas Akhir Program Studi Teknik Elektro
di Pekanbaru, pada tanggal 13 April 2023

Pembimbing

Dr. Zulfatri Aini, S.T., M.T.
NIP. 19721021 200604 2 001

Ketua Prodi Teknik Elektro

Dr. Zulfatri Aini, S.T., M.T.
NIP. 19721021 200604 2 001

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



LEMBAR PENGESAHAN

ANALISIS KUALITAS TAHANAN ISOLASI PADA TRANSFORMATOR DENGAN PREVENTIVE MAINTENANCE DI GARDU INDUK GARUDA SAKTI

TUGAS AKHIR

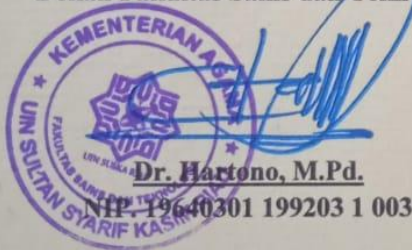
oleh:

RANDRA AGUSTIO EFRYANSAH
11850510505

Telah dipertahankan di depan Sidang Dewan Penguji
sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik
Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau
di Pekanbaru, pada tanggal

Pekanbaru, 13 April 2023
Mengesahkan,

Dekan Fakultas Sains dan Teknologi



Dr. Hartono, M.Pd.

NIP. 19640301 199203 1 003

Ketua Prodi Teknik Elektro

Dr. Zulfatri Aini, S.T., M.T.

NIP. 19721021 200604 2 001

DEWAN PENGUJI :

Ketua : Ahmad Faizal, S.T., M.T.

Sekretaris : Dr. Zulfatri Aini, S.T., M.T.

Anggota 1 : Dr. Liliana, S.T., M.Eng.

Anggota 2 : Nanda Putri Miefthawati, B.Sc, M.Sc.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



LEMBAR HAK ATAS KEKAYAAN INTELEKTUAL

Tugas Akhir yang tidak diterbitkan ini terdaftar dan tersedia di Perpustakaan Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau serta terbuka untuk umum dengan ketentuan bahwa hak cipta pada penulis. Referensi keputusan diperkenankan dicatat, tetapi pengutipan atau ringkasan tanpa dapat dilakukan seizin penulis dan harus disertai dengan kebiasaan ilmiah untuk menyebutkan sumbernya.

Penggunaan atau penerbitan sebagian atau seluruh Tugas Akhir ini harus memperoleh izin dari Dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau. Perpustakaan yang meminjamkan Tugas Akhir ini untuk anggotanya diharapkan untuk mengisi nama, tanda peminjaman dan tanggal pinjam.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertandatangan di bawah ini:

Nama : Randra Agustio Efyansah
NIM : 11850510505
Tempat, Tgl. Lahir : Pekanbaru, 16 Agustus 1999
Fakultas : Sains dan Teknologi
Prodi : Teknik Elektro
Judul Jurnal :

Analisis Kualitas Tahanan Isolasi Pada Transformator Dengan Preventive Maintenance Di Gardu Induk Garuda Sakti

Menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa:

1. Penulisan jurnal dengan judul sebagaimana tersebut di atas adalah hasil pemikiran dan penelitian saya sendiri.
2. Semua kutipan pada karya tulis saya ini sudah disebutkan sumbernya.
3. Oleh karena itu jurnal saya ini, saya nyatakan bebas dari plagiat.
4. Apabila di kemudian hari terbukti terdapat plagiat dalam penulisan jurnal saya tersebut, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai peraturan perundang-undangan.

Demikianlah Surat Pernyataan ini saya buat dengan penuh kesadaran dan tanpa paksaan dari pihak manapun juga.

Pekanbaru, 16 Mei 2023
Yang membuat pernyataan



Randra Agustio Efyansah
NIM. 11850510505



ANALISIS KUALITAS TAHANAN ISOLASI PADA TRANSFORMATOR DENGAN PREVENTIVE MAINTENANCE DI GARDU INDUK GARUDA SAKTI

Randra Agustio Efryansah¹, Zulfatri Aini²

Program Studi Teknik Elektro, Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau, Jl. HR. Soebrantas No.KM. 15, Pekanbaru, 28293

Penulis untuk Korespondensi/E-mail: 11850510505@students.uin-suska.ac.id

Abstrak – Transformator bekerja sepanjang hari untuk menjaga kestabilan penyaluran tenaga listrik hingga ke masyarakat, jika kurang dilakukannya pengecekan dan perawatan akan menimbulkan permasalahan seperti gangguan dan kerusakan, salah satunya gangguan pada tahanan isolasi transformator yang ditimbulkan oleh faktor operasi yang tinggi, temperatur, arus bocor, serta usia peralatan yang dapat mengakibatkan kualitas isolasi menurun atau rusak. Maka penting dilakukan pemeliharaan rutin salah satunya dengan preventive maintenance sebagai upaya mengetahui kualitas tahanan isolasi pada transformator. Dalam penelitian ini, dilakukannya preventive maintenance yang mencakup empat metode yaitu indeks polarisasi, tangen delta, breakdown voltage, dan ratio tegangan yang berguna untuk mengetahui kelayakan kualitas tahanan isolasi dengan standar yang ditetapkan dan langkah preventive selanjutnya. Penelitian ini mengambil data di Gardu Induk Garuda Sakti, data tersebut meliputi data pengujian dari indeks polarisasi, tangen delta, breakdown voltage, dan ratio tegangan. Hasil pembahasan didapatkan pada transformator 1 dan 3 masih berada di batas standar yang diizinkan, namun terdapat beberapa bagian isolasi transformator yang mengalami penurunan kualitas dan perlu dilakukan tindakan preventive maintenance. Langkah preventive maintenance dari pemburukan pada Indeks polarisasi yaitu perlu dilakukan pembersihan antara belitan meminimalisir terjadi pemburukan. Pada breakdown voltage pemeriksaan lebih lanjut seperti melakukan pemurnian guna meningkatkan kembali kekuatan dielektrik minyak pada transformator.

Abstract – Transformers work around the clock to maintain the stability of power distribution to the community. If inspections and maintenance are not done, it will cause problems such as disturbances and damage, one of which is a disturbance in transformer insulation resistance caused by high operation factors, temperature, leakage current, and equipment age that can cause a decrease or damage in insulation quality. Therefore, it is important to do regular maintenance, one of which is through preventive maintenance as an effort to know the quality of insulation resistance on transformers. In this study, preventive maintenance was carried out which includes four methods, namely polarization index, tangent delta, breakdown voltage, and voltage ratio, which are useful for knowing the feasibility of insulation resistance quality with the established standards and next preventive steps. This research took data at Garuda Sakti Main Substation, the data included testing data from polarization index, tangent delta, breakdown voltage, and voltage ratio. The results of the discussion were obtained in transformer 1 and 3 were still within the allowed standard, but there were some parts of transformer insulation that experienced a decrease in quality and preventive maintenance needs to be done. The preventive maintenance step from the deterioration of the polarization index is that cleaning between windings is needed to minimize deterioration. In the breakdown voltage, further examination is needed, such as purifying in order to increase the dielectric strength of oil in the transformer.

Keywords - Transformer, Isolation Resistance, Preventive Maintenance, polarization index



PENDAHULUAN

terhadap energi listrik dengan meningkatnya hari terus meningkat karena kemajuan teknologi dan taraf hidup masyarakat semakin bertambah. Tenaga listrik saat ini menjadi kebutuhan utama bagi konsumen[1]. Peranan tenaga listrik yang semakin dididam kehidupan sehari-hari, maka tenaga listrik harus terus stabil, oleh itu dibutuhkan perawatan terhadap komponen-komponen sistem tenaga listrik supaya kualitasnya tetap terjaga, karna kualitas tenaga listrik ditentukan oleh kemampuan dari komponen pada proses penyaluran tenaga listrik[2].

Gardu induk adalah suatu fasilitas yang digunakan untuk mengatur penyaluran energi listrik dari sumber energi ke beberapa jaringan distribusi. Gardu induk terdiri dari beberapa komponen di dalamnya seperti transformator, switchgear, dan peralatan kontrol yang digunakan untuk mengatur arus listrik dan tegangan serta melindungi jaringan dari gangguan. Gardu induk juga digunakan untuk pemisahan jaringan distribusi dari sistem tenaga utama[2].

Salah satu komponen terpenting dalam gardu induk adalah penyaluran tenaga listrik iyalah transformator. Fungsi transformator dalam sistem tenaga listrik yaitu untuk mengubah dan memindahkan energi listrik bolak-balik (AC) dengan cara menaikkan atau menurunkan tegangan dari suatu nilai ke nilai yang lain. Transformator bekerja berlandaskan prinsip induksi elektromagnetik, arus bolak balik yang melewati kumparan kawat akan menciptakan medan magnet. Dan *output* energi listrik dari transformator tersebut yang akan disalurkan ke konsumen[3].

Transformator beroperasi sepanjang hari untuk menjaga kestabilan penyuplaian energi listrik hingga ke konsumen. Oleh karena itu transformator harus terus dijaga kestabilannya, salah satu cara dengan mengetahui kondisi kualitas isolasi transformator dengan *preventive maintenance*[4].

Preventive maintenance merupakan salah satu dari kebijakan dalam pemeliharaan sebagai upaya meminimalisir terjadinya gangguan serta menjaga komponen agar beroperasi dengan baik. *Preventive maintenance* pada transformator salah satunya dilakukan dengan tujuan mengetahui keadaan

kualitas tahanan isolasi dalam kondisi baik atau mengalami gangguan. Adapun manfaat dari *preventive maintenance* ini yaitu dapat memperpanjang usia trafo, menjaga kehandalan trafo, mendeteksi dini apabila terdapat gangguan pada trafo, meningkatkan keamanan serta mengurangi resiko munculnya kerusakan atau kegagalan pada trafo.[5] Dengan adanya *preventive maintenance* yang dilaksanakan secara rutin dan terjadwal dapat mengatasi resiko gangguan yang bisa terjadi serta mampu meningkatkan kualitas dan efisiensi dalam penyuplaian tenaga listrik, sehingga peralatan dapat bekerja secara optimal dalam menyalurkan energi listrik [6].

Permasalahan yang peneliti angkat dalam penelitian ini adalah bagaimana mengetahui kualitas dari tahanan isolasi pada transformator di Gardu Induk Garuda Sakti yang diakibatkan oleh temperatur, arus bocor, usia peralatan serta aspek lingkungan dan standar yang berlaku serta langkah-langkah *preventive maintenance*-nya. Gardu Induk Garuda Sakti mempunyai 4 unit trafonsformator dengan daya masing-masing sebesar 60 MVA 150/20 kV. Pada penelitian ini peneliti mengambil dari 2 sampel pengujian tahanan isolasi yakni pada transformator 1 dan 3 Gardu Induk Garuda Sakti.

Pada Penelitian [7] dalam mengetahui kualitas tahanan isolasi dengan menggunakan tiga metode diantaranya, indeks polarisasi, tangen delta, dan *breakdown voltage*. Pada penelitian ini mendapatkan hasil perhitungan indeks polarisasi sebesar 1,26 untuk nilai terendah dan tertinggi bernilai 1,97 dalam keadaan baik. Pengujian tangen delta mendapatkan rata-rata dalam keadaan baik berada dibawah 0,5% dan dihasil tangen delta dibagian CHT mengalami pemburukan senilai -0,07%. Pada pengujian *breakdown voltage* mendapatkan hasil untuk minyak bawah dan OLTTC dalam keadaan masih baik dan tidak perlu dilakukan adanya pergantian minyak.

Dalam Penelitian [8] untuk mengetahui kualitas tahanan isolasi menggunakan dua metode yaitu tangen delta dan ratio tegangan, pada hasil tangen delta didapatkan nilai CHL di transformator IP254-T02, mengalami pemburukan karna melewati standar yang ditetapkan yaitu diatas 0,5%. Pengujian pada transformator IP254-T20 sebesar 0,144 masih rendah dari 0,5 yang menyatakan kualitas isolasinya masih baik. Dari hasil pengujian ratio tegangan pada trafo IP 954 -T01 dengan posisi tap 3 memperoleh nilai 0,288% deviasi masih dibawah 0,5, sedangkan pada trafo UP254 -



2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

T02 diposisi tap 3 memperoleh nilai sebesar 1,440% yang mana besar dari 0,5 sehingga tidak memenuhi kriteria yang ditetapkan.

Penelitian [9] melakukan dua metode untuk mendapatkan nilai dari kualitas tahanan isolasi pada transformator yaitu indeks polarisasi dan tangen delta. Dari penelitian ini mendapatkan hasil pada nilai indeks polarisasi (IP) disisi primary – skunder sebesar 1,1 dengan standar range indeks polarisasi 0,25 sehingga transformator berada pada kondisi kurang baik. Pada tahun 2018 setelah diadakan pemeliharaan dan perbaikan nilai IP bagian primary – sekunder naik menjadi 1,23 transformator beroperasi dalam keadaan baik tanpa perlu pengawasan berkala terhadap isolasinya. Pada penujian tangen delta mendapatkan hasil tahanan isolasi yang bagus dengan nilai rata-rata sebesar 1,38% berada pada standar pengujian 0,5% yang diizinkan.

Berdasarkan penelitian terkait, mengembangkan penelitian ini yaitu menggunakan empat metode diantaranya indeks polarisasi, tangen delta, *breakdown voltage*, dan ratio tegangan sehingga dapat mengetahui kualitas isolasi transformator dengan akurat.

Penujian terhadap tahanan isolasi ini penting dilakukan karena dapat mencegah arus bocor pada belitan yang dapat menimbulkan terjadinya gangguan sehingga dapat mengakibatkan kerusakan pada transformator. Isolasi berguna dalam memisahkan dua bagian yang bertegangan serta mencegah terjadinya hubung singkat antar susunan dalam transformator. Isolasi yang rentan mengalami kerusakan dikarenakan oleh beberapa hal seperti kelembaban, operasi yang tinggi, temperatur, arus bocor, aspek lingkungan serta usia peralatan yang dapat mengakibatkan kualitas isolasi menurun atau rusak[6].

Maka dari itu, tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui kualitas tahanan isolasi pada transformator berdasarkan standar yang ditetapkan serta langkah-langkah preventive maintenance untuk mencegah penurunan kualitas tahanan isolasi pada Gardu Induk Garuda Sakti sehingga transformator dapat bekerja dengan efektif dan menyalurkan energi listrik ke konsumen tetap terjaga.

METODE

Tempat dan waktu

Penelitian ini dilakukan di Gardu Induk Garuda Sakti pada bulan Juni 2022 – November 2022.

Studi Literatur

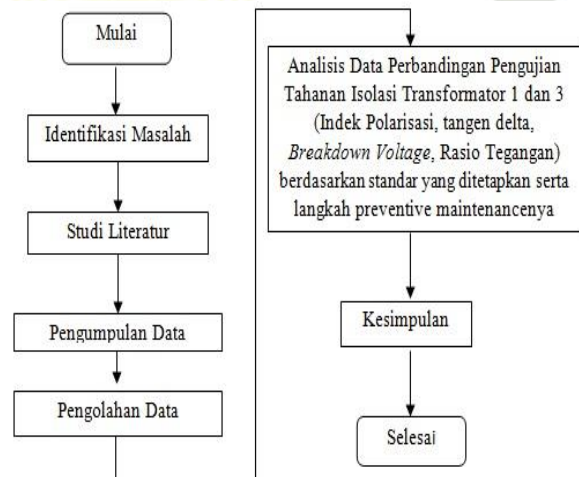
Pada metode ini dilaksanakan pengumpulan data dari referensi – referensi terkait seperti jurnal dan buku-buku untuk mendapatkan teori-teori yang memiliki keterkaitan sebagai penguat tulisan pada penelitian ini..

Pengumpulan Data

Metode ini dilakukan untuk pengumpulan data-data yakni data pengujian indeks polariasasi, tangen delta, *breakdown voltage*, dan ratio tegangan serta mengamati transformator secara langsung di Gardu Induk Garuda Sakti.

Pengolahan dan Analisis data

Setelah seluruh data didapatkan serta dianggap lengkap maka selanjutnya dilakukan pengolahan data dan dilakukan analisis terhadap data-data yang diperoleh menggunakan persamaan-persamaan serta mengacu pada standar yang telah ditetapkan.



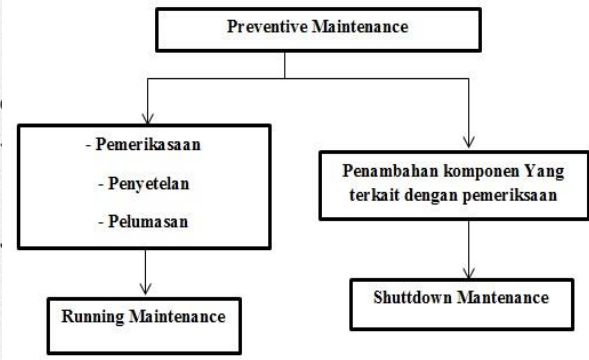
Gambar 1. Metodologi Penelitian

Preventive Maintenance

Preventive Maintenance merupakan pemeliharaan yang dilaksanakan pada kriteria atau interval yang telah ditentukan dari kondisi suatu perakatan listrik. Pemeliharaan yang dilakukan bertujuan untuk mengurangi kemungkinan terjadinya penurunan kinerja atau kerusakan mendadak pada peralatan listrik tersebut sehingga dapat diketahui secara dini gejala kerusakan atau gangguan pada peralatan[5].



2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



2. Blok Diagram Preventive Maintenance

gambar 2 memperlihatkan proses preventive maintenance mulai dari pemeriksaan mulai dari kondisi mesin dan komponen termasuk didalamnya proses penyetelan dan pelumasan yang dilakukan secara rutin dengan jangka waktu tertentu. *Running Maintenance* merupakan pemeliharaan yang dilakukan tanpa mematikan kerja atau proses produksi pada peralatan. *Shutdown maintenance* dapat dilakukan jika peralatan memerlukan perawatan berdasarkan hasil pemeriksaan [10].

Preventive maintenance pada transformator dapat dilakukan melalui beberapa tindakan pencegahan, seperti pemeriksaan visual, pengukuran tegangan dan arus, pembersihan, dan perawatan berkala. Pemeriksaan visual dilakukan untuk mengecek kondisi fisik transformator, seperti kondisi luar, kondisi terminal, dan kondisi pendingin. Pengukuran tegangan dan arus dilakukan untuk mengecek kondisi operasi transformator, seperti tegangan masuk dan keluar, arus masuk dan keluar, isolasi dan faktor daya. Pembersihan dilakukan untuk membersihkan debu dan kotoran yang menempel pada transformator, seperti debu yang menempel pada pendingin, debu yang menempel pada terminal, dan debu yang menempel pada komponen lain. Perawatan berkala dilakukan untuk melakukan perbaikan dan perawatan pada komponen yang rusak atau aus, seperti pergantian oli pendingin, pergantian bushing, dan pergantian komponen lain yang rusak [6].

Dengan melakukan *preventive maintenance* secara teratur, transformator dapat diandalkan untuk beroperasi dengan baik dan menghasilkan tegangan yang stabil. Selain itu, preventive maintenance juga dapat meningkatkan efisiensi operasi transformator, menurunkan biaya perbaikan, dan meningkatkan umur pakai transformator. Oleh karena itu, preventive maintenance sangat penting dilakukan

pada transformator untuk menjamin ketersediaan dan kestabilan sistem distribusi listrik [10].

Pengujian Indeks Polarisasi

Pengujian indeks polarisasi (IP) dilakukan pada belitan yang bertujuan untuk mengetahui keadaan isolasi antara dua belitan atau belitan dengan bumi. Pengujian ini memberikan tegangan DC dan menampilkan keadaan isolasi menggunakan satuan megaohm [11]. Pengujian ini membandingkan berupa hasil pengujian yang dilakukan pada menit ke 10 dengan hasil pengujian yang dilakukan pada menit ke 1 [12].

Perhitungan indeks polarisasi dapat dilakukan menggunakan persamaan 1:

$$IP = \frac{R_{10}}{R_1} \quad (1)$$

Keterangan:

- IP = Indeks Polarisasi
- R_{10} = Nilai pengujian di menit ke 10 (Ω)
- R_1 = Nilai pengujian di menit ke 1 (Ω)

Jika nilai IP dibawah standar yang ditetapkan maka dapat diindikasikan bahwa isolasi sudah terkontaminasi oleh kelembaban, suhu, kotoran, dan arus bocor, maka dari itu diperlukan tindakan *preventive maintenance* berupa pembersihan antara belitan dikarenakan terdapat kotoran yang terkontaminasi pada belitan. Standar nilai pengujian indeks polarisasi pada tahanan isolasi transformator berdasarkan standar IEE 43-2000 [9]. Ditunjuk pada tabel 1 berikut:

Tabel 1. Standar Pengujian Tahana Isolasi Pada Indeks Polarisasi

Kondisi	Nilai Uji Indeks Polarisasi	Rekomendasi
Berbahaya	Kecil dari 1	Ditindak lanjuti
Buruk	1,0 – 1,1	Ditindak lanjuti Uji kadar minyak, uji tangen delta(δ)
Dipertanyakan	1,1 - 1,25	
Baik	1,25 - 2,0	-
Sangat Baik	Lebih dari 2	-

Pengujian Tangen Delta(δ)

Pengujian tangen delta adalah pengukuran kerugian dielektrik guna mendapatkan kualitas isolasi belitan dengan melakukan pengukuran pada arus bocor kapasitif [13]. Apabila mendapatkan hasil pemburukan dari tangen delta maka hal ini



2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

disebabkan karena ada kebocoran arus di isolasi belitan perlu melakukan tindakan seperti pengecekan lebih lanjut seperti pengecekan tangen delta merupakan hasil yang didapat dari perbandingan antara arus resistif dengan arus kapasitif [14]. Dimana tangen delta dapat menggunakan persamaan 2:

$$\tan \delta = \frac{P_{loss}}{V^2 \cdot \omega \cdot C} \quad (2)$$

- = Tangen delta (%)
- = Losses Daya (W)
- = Tegangan (V)
- = $2\pi f$
- = Kapasitansi (F)

Perikut ini standar pengujian tangen delta menggunakan standar ANSI C57.12.90 yang ditunjukkan pada tabel 2 berikut:

Nilai Uji Tangen Delta (%)	Kondisi
< 0,5	Bagus
> 0,5 - < 0,7	Mengalami Pemburukan
> 0,7 - < 1,0	Perlu Investigasi
> 1,0	Tidak Bagus

Pengujian Breakdown Voltage (BDV)

Pengujian *breakdown voltage* adalah sebuah pengujian tegangan tembus pada minyak transformator pengujian ini sendiri bertujuan untuk dapat mengetahui kondisi minyak yang digunakan sebagai isolasi tegangan transformator. Adanya gelembung udara, gas terlarut, kotoran-kotoran atau endapan pada minyak solasi akan membuat kualitas kekuatan bahan dielektrik menjadi menurun sehingga diperlukan *preventive maintenance* yaitu dengan melakukan pemurnian guna meningkatkan kembali kekuatan dielektrik minyak pada transformator. Minyak transformator memiliki tingkat isolasi lebih baik daripada dengan udara bebas [15].

Perhitungan pada nilai dielektrik minyak isolasi transformator dapat menggunakan persamaan 3:

$$E_{rata-rata} = \frac{V_b(rata-rata)}{d} \text{ (kV/mm)} \quad (3)$$

- Keterangan:
- $E_{rata-rata}$ = Kekuatan Dielektrik (kV/mm)
- V_b = Tegangan Tembus (kV)
- d = Jarak sela (mm)

Kekuatan dielektrik minyak akan berbanding lurus dengan nilai tegangan tembus dan pada saat terjadi lonjakan nilai terhadap tegangan tembus maka pada kekuatan dielektrik juga akan terjadi kenaikan. Standar pada metode pengujian break down voltage berdasarkan IEC 60156 [15].

Tabel 3. Standar Pengujian Tahana Isolasi Pada Breakdown Voltage

Tegangan (kV)	Baik (Kv/mm)	Cukup (kV/mm)	Buruk (kV/mm)
70	>40	30 - 40	< 30
150	>50	40 - 50	< 40
500	>60	50 - 60	< 50

Pengujian Ratio Tegangan

Pengujian ratio tegangan bertujuan untuk mendapatkan adanya permasalahan antar belitan dan bagian isolasi trafo. Pengujian ini memberikan tegangan variable pada sisi *High Voltage* (HV) dan melakukan pengukuran tegangan yang timbul disisi *Low Voltage* (LV), kemudian membandingkan antara tegangan primer dengan tegangan sekunder agar mendapatkan rasio perbandingannya [16]. Pengujian ini berguna untuk mengetahui kemungkinan terjaninya kerusakan berupa putusnya lilitan, hubung singkat antara lilitan, serta kerja tidak normal pada tap changer. Berdasarkan standar IEC 60076 yang diizinkan dalam analisa pengujian ratio ini yakni sebesar 0,5%. [8]

Perhitungan dalam mencari nilai ratio tegangan pada transformator dapat menggunakan 4:

Persamaan mencari nilai ratio *name plate*:

$$K_{name\ plate} = \frac{Name\ Plate\ V_p}{Name\ Plate\ V_s} \quad (4)$$

Keterangan:

- $K_{name\ plate}$ = Ratio name plate
- V_p = Name plate tegangan primer
- V_s = Name plate tegangan sekunder

Persamaan 5 digunakan mencari nilai deviasi:

$$DIFF = \frac{K - K_{name\ plate}}{K_{name\ plate}} \times 100\% \quad (5)$$

Keterangan:

- DIFF = Deviasi (%)
- K = Kostanta (rasio transformator)
- $K_{name\ plate}$ = Ratio name plate



2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

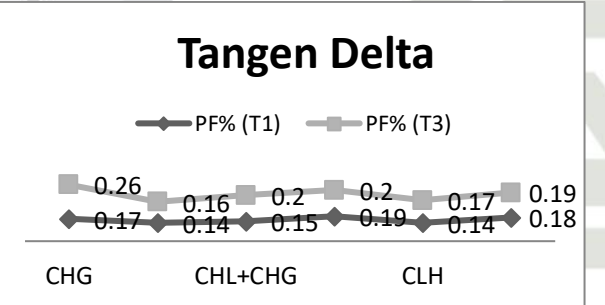
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Pengukuran	Test kV	Test Mode	Watts	PF(%)	Cap (pF)
a. Pengukuran CHG	10,0	GSTg	29.21	0.26	3470.67
	10,0	UST-R	35.92	0.16	6812.08
	10,0	GST-GND	65.17	0.20	10286
b. Pengukuran CHL+CHG	10,0	GSTg	107.91	0.20	16662.4
	10,0	UST-R	36.44	0.17	6813.04
	10,0	GST-GND	144.23	0.19	23477.8

Sumber data: Gardu Induk Garuda Sakti)

Tabel 6 dan tabel 7 menunjukkan nilai pengujian nilai tangen delta dari transformator 1 dan 3 telah dihitung. Dari persamaan 2 dapat dihitung nilai tangen delta pada transformator Gardu Induk Garuda Sakti sebagai berikut:

$$\delta = \frac{0,3060}{0,0000^2 \times 2 \times 3,14 \times 50 \times 4482,75 \times 10^{-12}} = 0,17\%$$



Grafik 2. Hasil pengujian tangen delta

Dari perhitungan tangen delta pada transformator 1 dan 3 dapat dilihat nilainya pada grafik 2 yang menunjukkan pada posisi CHG didapatkan nilai 0,17% dan pada transformator 3 sebesar 0,26% maka dapat dinyatakan kondisi tangen delta berada pada kondisi baik mengacu pada standar ANSI C57, 12, yaitu berada dibawah nilai 0,5%. Namun demikian terlihat pada grafik 2 pada transformator 3 mengalami kenaikan nilai tangen delta dibandingkan transformator 1 sebesar 9%, ini dapat disebabkan karena adanya kotoran, debu ini dapat mempengaruhi hasil dari pengukuran. Hasil perhitungan dari Indeks polarisasi dan tangen delta menunjukkan bahwa nilai IP berbanding lurus terhadap nilai tangen delta yang mengkonidisikan

bahwa kenaikan arus bocor dibagian tahanan isolasi akan memperbesar pemburukan di isolasi transformator.

Hasil Pengujian Breakdown Voltage Transformator

Tabel 8. Hasil Pengujian Breakdown Voltage Transformator 1 GI Garuda Sakti

Uraian Kegiatan	Hasil Pengujian (kV)						Rata-rata
	1	2	3	4	5	6	
Test Suhu: 43,4°C							
Minyak Bawah	68,3	80,0	76,1	50,2	68,3	52,5	65,9

(Sumber data: Gardu Induk Garuda Sakti)

Tabel 9. Hasil Pengujian Breakdown Voltage Transformator 3 GI Garuda Sakti

Uraian Kegiatan	Hasil Pengujian (kV)						Rata-rata
	1	2	3	4	5	6	
Test Suhu: 43,4°C							
Minyak Bawah	43,0	53,9	52,8	51,9	41,3	37,5	46,7

(Sumber data: Gardu Induk Garuda Sakti)

Tabel 8 dan tabel 9 menunjukkan hasil pengujian serta nilai breakdown voltage yang telah dihitung dari transformator 1 dan 3. Berdasarkan persamaan 1 dapat dilakukan perhitungan terhadap kekuatan dielektrik minyak isolasi transformator pada suhu 43,4°C sebagai berikut:

Perhitungan kekuatan dielektrik transformator 1 GI Garuda Sakti:

$$E_{rata-rata} = \frac{65,9}{2,5} = 26,36 \text{ (kV/mm)}$$

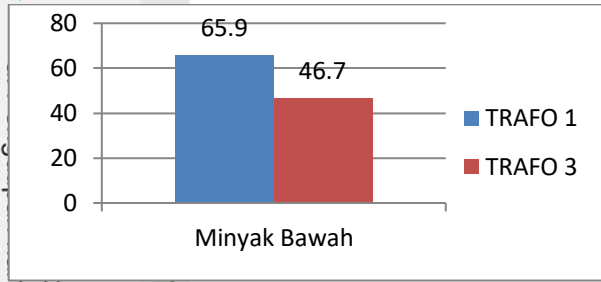
Perhitungan kekuatan dielektrik Transformator 3 GI Garuda Sakti

$$E_{rata-rata} = \frac{46,7}{2,5} = 18,68 \text{ (kV/mm)}$$



2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.



Garfik 3. Hasil pengujian *breakdown voltage*

Perhitungan kekuatan dielektrik minyak pada transformator 1 dapat dilihat pada bahwa nilai dielektrik minyak bawah yaitu sebesar 26,36 (kV/mm) dan transformator 3 sebesar (kV/mm). Hasil rata-rata dari transformator 1 sesuai dengan batas yang diizinkan dalam kondisi baik yakni diatas 50 kV dan transformator 3 berada dalam standar cukup yakni diatas 40 kV berdasarkan standar IEC 60156. Garfik 3 juga

melihatkan pada transformator 3 memiliki nilai rata-rata hasil pengujian lebih kecil yang berarti mengalami penurunan kualitas dari pada transformator 1, hal ini dapat disebabkan oleh gelembung gas atau endapan partikel padat pada minyak solasi akan membuat kualitas kekuatan bahan dielektrik menjadi menurun sehingga diperlukan adanya langkah *preventive maintenance* seperti pemeriksaan lebih lanjut atau melakukan pemurnian guna meningkatkan kembali kekuatan dielektrik minyak pada transformator.

Data Hasil Pengujian Ratio Tegangan Transformator

Tabel 10. Hasil Pengujian Ratio Tegangan Transformator 1 GI Garuda Sakti

Posisi Tap	Teg Name Plate (V)		Ratio Name Plate	Hasil Pengukuran					
	Primer	Sekunder		Rasio (K)			Deviasi (%)		
				R	S	T	R	S	T
1	165000	22000	7,5	7.529	7.527	7.531	0.39	0.36	0,41
2	163125	22000	7,4148	7.442	7.440	7.445	0.37	0.34	0,40
3	161250	22000	7,3295	7.355	7.353	7.355	0.35	0.32	0,34
4	159375	22000	7,2443	7.266	7.267	7.271	0.30	0.31	0,36
5	157500	22000	7,1591	7.181	7.179	7.184	0.31	0.28	0,34
6	155625	22000	7,0739	7.093	7.092	7.096	0.27	0.26	0,31
7	153750	22000	6,9886	7.006	7.005	7.009	0.25	0.23	0,29
8	151875	22000	6,9034	6.919	6.919	6.923	0.23	0.23	0,28
9	150000	22000	6,8182	6.833	6.832	6.835	0.22	0.2	0,24
10	148125	22000	6,7330	6.744	6.745	6.747	0.16	0.18	0,20
11	146250	22000	6,6477	6.658	6.657	6.661	0.15	0.14	0,20
12	144375	22000	6,5625	6.571	6.569	6.574	0.13	0.1	0,17
13	142500	22000	6,4773	6.485	6.483	6.486	0.12	0.9	0,13
14	140625	22000	6,3920	6.398	6.396	6.400	0.9	0.6	0,12
15	138750	22000	6,3068	6.310	6.310	6.313	0.05	0.05	0,09
16	136875	22000	6,2216	6.225	6.223	6.227	0.05	0.02	0,08
17	135000	22000	6,1364	6.139	6.136	6.139	0.04	0.01	0,04

Sumber data: Gardu Induk Garuda Sakti)

Tabel 11. Hasil Pengujian Ratio Tegangan Transformator 3 GI Garuda Sakti

Posisi Tap	Teg Name Plate (V)		Ratio Name Plate	Hasil Pengukuran					
	Primer	Sekunder		Rasio (K)			Deviasi (%)		
				R	S	T	R	S	T
1	65750	20000	8.2875	8.301	8.3	8.31	0.16	0.15	0,27
2	63500	20000	8.1750	8.19	8.187	8.198	0.18	0.15	0,28
3	61250	20000	8.0625	8.076	8.074	8.084	0.17	0.14	0,26
4	59000	20000	7.95	7.964	7.961	7.971	0.18	0.14	0,26



156750	20000	7.8375	7.851	7.849	7.859	0.17	0.15	0,27
154500	20000	7.725	7.624	7.737	7.745	0.17	0.16	0,25
152250	20000	7.6125	7.512	7.624	7.631	0.15	0.15	0,24
150000	20000	7.5	7.512	7.511	7.519	0.16	0.15	0,25
147750	20000	7.3875	7.399	7.399	7.519	0.16	0.16	0,25
145500	20000	7.275	7.287	7.287	7.293	0.16	0.16	0,24
143250	20000	7.1625	7.174	7.174	7.181	0.16	0.16	0,25
141000	20000	7.05	7.062	7.060	7.068	0.17	0.14	0,25
138750	20000	6.9375	6.949	6.948	6.955	0.17	0.15	0,25
136500	20000	6.825	6.836	6.836	6.841	0.16	0.16	0,23
134250	20000	6.7125	6.723	6.722	6.729	0.16	0.14	0,24
132000	20000	6.6	6.611	6.610	6.617	0.17	0.15	0,25
129750	20000	6.4875	6.499	6.497	6.504	0.18	0.15	0,25
127500	20000	6.375	6.386	6.384	6.391	0.17	0.14	0,25

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

5. Dilarang mengutip, menyalin, atau menyalin sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mengizinkan dan menyebutkan sumbernya.

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan dan penyusunan karya tulis.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

ber data: Gardu Induk Garuda Sakti)

berdasarkan persamaan 4 dapat dilakukan perhitungan pada nilai ratio name plate sebagai berikut:

$$K_{name\ plate} = \frac{165750}{20000} = 8.2875$$

Setelah didapatkan nilai rasio name plate maka selanjutnya dapat melakukan perhitungan nilai polarisasi menggunakan persamaan 5 berikut:

$$R = \frac{8.301 - 8.2875}{8.2875} \times 100\% = 0,16\%$$

$$S = \frac{8.3 - 8.2875}{8.2875} \times 100\% = 0,15\%$$

$$T = \frac{8.31 - 8.2875}{8.2875} \times 100\% = 0,27\%$$

Dari hasil perhitungan nilai ratio tegangan terlihat pada tabel 11 di diketahui bahwa nilai perbandingan antara rasio namplate dengan hasil rasio pengujian ke 2 tranformator dalam keadaan baik dan masih berada dibawah standar yang ditetapkan sebesar 0,5% mengacu pada standar IEEE57.125.1991 sehingga dinyatakan bahwa kondisi trafo layak beroperasi.

KESIMPULAN

Kualitas tahanan isolasi pada transformator di Gardu Induk Garuda Sakti telah berhasil didapatkan. Bahwa dari *preventive maintenance* yang dilakukan mulai dari pengujian indeks polarisasi, tangen delta, *breakdown voltage*, dan ratio tegangan yang telah

dilakukan terhadap transformator 1 dan 3 masih berada pada batas standar yang diizinkan namun dari beberapa pengujian diperlukan langkah preventive lanjutan seperti: Nilai tangen delta pada transformator 3 mengalami penurunan kualitas dibandingkan dengan transformator 1 yang disebabkan karna pengaruh suhu, beban trafo, hingga kelembaban, maka diperlukan adanya pembersihan antara belitan.

Pada pengujian tangen delta seperti halnya pada nilai indeks polarisasi menunjukkan pemburukan pada transformator 3 pada pengukuran CHG sebesar 0,9% dari transformator 1 ini disebabkan karna adanya kenaikan arus bocor pada tahanan isolasi yang dapat memperbesar pemburukan di isolasi transformator. Pada pengujian minyak tembus pada transformator 3 mendapatkan nilai rata dari hasil pengujian lebih kecil dari transformator 1 yakni pada trafo 3 sebesar 65,9 dan trafo 3 sebesar 46,7 kV ini mengindikasikan bahwa transformator 3 mengalami pemburukan yang dapat disebabkan oleh gelembung gas atau endapan partikel padat maka dapat dilakukan pemurnian untuk meningkatkan kulaitas dari minyak tembus. Pada pengujian ratio tegangan menunjukkan masih dalam keadaan baik dengan nilai rata-rata dibawah dari 0,5% dari rasio tegangan nameplate berdasarkan standar IEEE 57.125.1991 sehingga transformator layak operasikan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini dibimbing oleh Zulfatri Aini, selaku dosen Jurusan Teknik Elektro UIN Sultan Syarif Kasim Riau, dan Terimakasih kepada PT. PLN



Persero (P3B Sumatera) UPT Pekanbaru yang telah bersedia mendukung terwujudnya penelitian ini.

REFERENSI

D. Azka, "PERFORMANCE ANALYSIS OF STEP-DOWN TYPE-TRANSFORMATOR OF FACTORIES AT THE COMPANY OF SURYA TOTO INDONESIA", *CEKUPA*, vol. 2, no. 1, hlm. 13, 2020, doi: 10.23960/jpvti.v2.i1.202002.

L. Parinduri, "Pembangunan Gardu Induk 150 KV di Desa Parbaba Dolok Kecamatan Pangururan Kabupaten Samosir," *Journal of Electrical Technology*, vol. 2, no. 3, 2017, [Online]. Tersedia pada: <https://jurnal.uisu.ac.id/index.php/jet/article/view/233>

Ismujianto, R. Andriani, S. Aisyah, dan C. C. Hutapea, "PENGUNJIAN VOLTAGE RATIO TRANSFORMATOR 60 MVA 150/22 KV," *Prosiding Seminar Nasional Teknik Elektro*, vol. 3, hlm. 204–208, 2018. [Online]. Tersedia pada: <https://prosiding-old.pnj.ac.id/index.php/snte/article/view/035%20-%202017>

D. Aribowo, R. Wiryadinata, dan D. A. Yh, "Care and Maintenance System Generator Transformer 20KV-150KV," *ELECTRICIAN – Jurnal Rekayasa dan Teknologi Elektro*, vol. 8, no. 1, hlm. 6, 2014, doi: 10.23960/elc.v8n1.122.

H. de Faria, J. G. S. Costa, dan J. L. M. Olivas, "A review of monitoring methods for predictive maintenance of electric power transformers based on dissolved gas analysis," *Renew. Sustain. Energy Rev.*, vol. 46, hlm. 201–209, Jun 2015, doi: 10.1016/j.rser.2015.02.052.

E. Permata, "MAINTENANCE PREVENTIVE PADA TRANSFORMATOR STEP-DOWN AV05 DENGAN KAPASITAS 150KV DI PT. KRAKATAU DAYA LISTRIK," *Prosiding Seminar Nasional Pendidikan FKIP*, vol. 3, no. 1, hlm. 485–493, 2020. [Online]. Tersedia pada: <https://jurnal.untirta.ac.id/index.php/psnp/article/view/9977/6486>

M. F. Robbani, D. Nugroho, dan G. Gunawan, "Penentuan Kelayakan Tahanan Isolasi Pada Transformator 60 MVA Di Gardu Induk 150 kV Tegal

Dengan Menggunakan Indeks Polarisasi, Tangen Delta, Dan Breakdown Voltage," *Elektrika*, vol. 12, no. 2, hlm. 60, Des 2020, doi: 10.26623/elektrika.v12i2.2721.

[8] R. Ondrialdi, U. Situmeang, dan Zulfahri, "Analisis Pengujian Kualitas Isolasi Transformator Daya di PT. Indah Kiat Pulp and Paper Perawang," *SainETIn*, vol. 4, no. 2, hlm. 72–81, Jun 2020, doi: 10.31849/sainetin.v4i2.6288.

[9] A. Muis, "Analisa Kualitas Tahanan Isolasi Transformator Daya," *Sinusoida*, vol. 23, no. 2, hlm. 10, 2021, doi: 10.37277/s.v23i2.1114.

[10] Irwanto, "SISTEM MAINTENANCE TRANSFORMATOR 60 MVA PADA ELECTRIC ARC FURNACE (EAF) 7 SLAB STEEL PLANT 1," *J. Mech. Eng. Mechatron.*, vol. 5, no. 2, hlm. 75, Okt 2020, doi: 10.33021/jmem.v5i2.1260.

[11] A. R. Hidayat, A. Jamal, A. N. N. Chamim, R. Syahputra, dan J. Jeckson, "Analysis of Power Transformer Insulation: A Case Study in 150 kV Bantul Substation," *J. Electr. Technol. UMY*, vol. 3, no. 2, hlm. 50–60, 2019, doi: 10.18196/jet.3254.

[12] Wiwin A Oktaviani, Taufik Barlian, dan Marami Ahmad Gazani, "Pengujian Isolasi Trafo Daya 30 MVA pada GI Sungai Juaro Palembang dengan Indeks Polarisasi dan Tangen Delta," *J. Rekayasa Elektro Sriwij.*, vol. 3, no. 1, hlm. 199–204, Nov 2021, doi: 10.36706/jres.v3i1.43.

[13] L. Abidin, "Pengujian Dissipation Factor pada Transformator dengan Jumper dan tanpa Jumper Bushing," *Energi Kelistrikan*, vol. 11, no. 2, hlm. 189–196, Des 2019, doi: 10.33322/energi.v11i2.762.

[14] A. A. Yani, Margono, dan K. Hasto, "ANALISA TAHANAN ISOLASI TRANSFORMATOR 3 DI PT. PLN (Persero) GARDU INDUK 150 KV Pati," *Pros. Semin. Nas. NCIET*, vol. 1, no. 1, Des 2020, doi: 10.32497/nciet.v1i1.72.

[15] A. Rezki, T. K. Wijaya, dan M. I. M. Irsyam, "ANALISA PENGUNJIAN RESISTANSI TEGANGAN TEMBUS PADA OLI TRANSFORMATOR 5.000 KVA DI PLTMG PANBIL," *SIGMA Tek.*, vol. 1, no. 2, hlm. 122, Nov 2018, doi: 10.33373/sigma.v1i2.1497.

[16] A. Makkulau, N. Pasra, dan R. R. Siswanto, "PENGUNJIAN TAHANAN ISOLASI DAN RASIO PADA TRAFU PS T15 PT INDONESIA POWER UP MRICA," *JURNAL ENERGI & KELISTRIKAN*, vol. 10, no. 1, hlm. 7, 2018, doi: 10.33322/energi.v10i1.320.

2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.



Surat Keterangan Artikel Diterima

Nomor: 007/A-01.01/UAI/IV/2023

Jakarta, 06 April 2023

Yth. 1. Randra Agustio Efriyansah
 2. Zulfatri Aini
 Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau

Assalamu'alaikum Warohmatullohi Wabarokatuh

Jurnal AL-AZHAR INDONESIA SERI SAINS DAN TEKNOLOGI, bersama ini menyampaikan bahwa artikel saudara, yang berjudul;

Analisis Kualitas Tahanan Isolasi Pada Transformator Dengan Preventive Maintenance Di Gardu Induk Garuda Sakti

Telah melalui proses review mitra bestari dan editor, Artikel tersebut dinyatakan DITERIMA untuk dipublikasikan di Jurnal AL-AZHAR INDONESIA SERI SAINS DAN TEKNOLOGI, Vol. 8, No 3, September 2023.

Demikian surat keterangan ini diberikan untuk dapat dimanfaatkan dengan sebagaimana mestinya.

Wassalamu'alaikum Warohmatullohi Wabarokatuh

Chief Editor

Dr. Dewi Elfidasari, S.Si., M. Si,