

Implementasi dan Pengujian Tahanan Isolasi pada Transformator Distribusi 200 kVA di PT. PLN (PERSERO) UP3 Pekanbaru

Chrismondari¹, Bayu Rianto²

¹Teknik Elektro, Sekolah Tinggi Teknologi Pekanbaru

²Sistem Informasi, Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer, Universitas Islam Indragiri
chrismondari123@gmail.com¹ rianto.bayu91@gmail.com²

Abstract

Power transformers are high-voltage equipment that function to distribute electrical power, either from high voltage to low voltage or vice versa. However, if the insulation condition of the transformer experiences a decrease in quality, this can cause operational failure, even more serious damage that disrupts the electrical system as a whole. To prevent this, testing of the insulation resistance is required. One of the methods used to test this insulation condition is the polarization index method. This method is considered the most accurate and effective way to assess the feasibility of insulation resistance in transformers, especially those located in substations and distribution substations in Indonesia. This study was conducted by taking data from the location of PT. PLN (Persero) UP3 Pekanbaru. Through insulation resistance testing, the results of the measurement of the polarization index value were obtained. The data collected were then calculated and analyzed to obtain more optimal evaluation results. The results show that the polarization index value on the primary ground is at 1.25 and the secondary ground is 1.5. Both values are still in the good category, referring to the standard polarization index value which ranges from 1.25 to 2.0.

Keywords:

Polarization Index
Insulation
Insulation Resistance Testing

Abstrak

Transformator tenaga merupakan peralatan tegangan tinggi yang berfungsi untuk menyalurkan daya listrik, baik dari tegangan tinggi ke tegangan rendah maupun sebaliknya. Namun, jika kondisi isolasi pada transformator mengalami penurunan kualitas, hal ini dapat menyebabkan kegagalan operasi, bahkan kerusakan yang lebih serius hingga mengganggu sistem kelistrikan secara keseluruhan. Untuk mencegah hal tersebut, diperlukan pengujian terhadap tahanan isolasi. Salah satu metode yang digunakan untuk menguji kondisi isolasi ini adalah metode indeks polarisasi. Metode ini dianggap sebagai cara yang paling akurat dan efektif dalam menilai kelayakan tahanan isolasi pada transformator, khususnya yang berada di gardu induk dan gardu distribusi di Indonesia. Penelitian ini dilakukan dengan mengambil data dari lokasi PT. PLN (Persero) UP3 Pekanbaru. Melalui pengujian tahanan isolasi, diperoleh hasil pengukuran nilai indeks polarisasi. Data yang dikumpulkan kemudian dihitung dan dianalisis untuk mendapatkan hasil evaluasi yang lebih optimal. Hasilnya menunjukkan bahwa nilai indeks polarisasi pada ground-primer berada pada angka 1,25 dan ground-sekunder sebesar 1,5. Kedua nilai tersebut masih berada dalam kategori baik, mengacu standar nilai indeks polarisasi antara 1,25 hingga 2,0.

Corresponding Author:

Chrismondari
Teknik Elektro
Sekolah Tinggi Teknologi Pekanbaru
chrismondari123@gmail.com

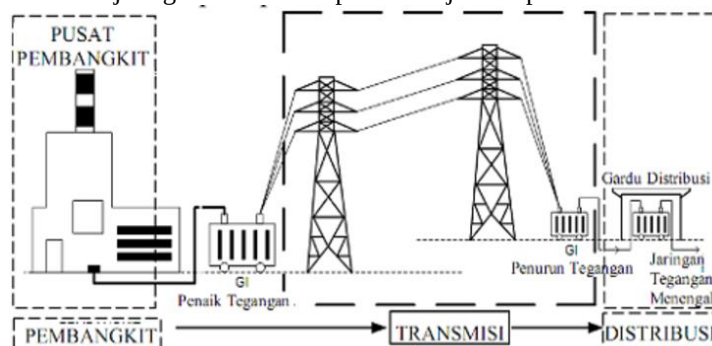
1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

PT PLN (Persero) merupakan satu-satunya perusahaan negara yang bergerak di bidang penyaluran tenaga listrik di Indonesia. Sebagai penyedia utama energi listrik, PLN memiliki tanggung jawab besar dalam menjaga ketersediaan dan stabilitas pasokan listrik, tidak hanya di wilayah perkotaan, tetapi juga hingga ke pelosok negeri. Tugas ini tentunya memerlukan sistem kelistrikan yang andal dan komponen-komponen yang selalu berada dalam kondisi prima. Salah satu cara yang dilakukan untuk memastikan listrik tetap tersedia secara berkelanjutan adalah dengan melakukan pemeliharaan secara berkala terhadap peralatan dan komponen penyalur tenaga listrik. Di antara komponen utama dalam sistem kelistrikan adalah transformator tenaga. Transformator ini berperan penting dalam proses penyaluran daya, yaitu mengubah tegangan listrik dari tinggi ke rendah atau sebaliknya, tergantung pada jenis dan kebutuhan sistem. Mengingat fungsinya yang sangat vital, transformator tenaga harus selalu berada dalam kondisi baik saat dioperasikan. Untuk mengetahui apakah transformator dalam keadaan layak pakai atau mengalami penurunan fungsi, perlu dilakukan pengujian transformator, khususnya pada bagian isolasi. Isolasi dalam transformator berperan sebagai pelindung yang mencegah terjadinya hubungan singkat (short circuit) antar belitan. Jika isolasi melemah atau rusak, dapat terjadi arus bocor yang menyebabkan gangguan fungsi hingga kerusakan serius pada transformator. Salah satu metode yang digunakan untuk mengevaluasi kondisi isolasi adalah pengujian tahanan isolasi, yang bertujuan untuk mendeteksi adanya penurunan kualitas isolasi. Penurunan kualitas ini bisa disebabkan oleh berbagai faktor, seperti suhu lingkungan yang tinggi, kotoran pada bushing atau isolator yang menyebabkan jalur bocor pada permukaan eksternal, usia dari peralatan, serta kualitas alat ukur yang digunakan. Perlu diketahui bahwa 80% kerusakan pada mesin listrik disebabkan oleh kegagalan isolasi, sehingga pemantauan kondisi isolasi menjadi sangat penting. Ketika terjadi short circuit antar belitan, arus besar dapat mengalir dan menghasilkan panas berlebih, yang pada akhirnya dapat menyebabkan belitan terbakar. Untuk mengukur kualitas isolasi, digunakan alat bernama Megger atau Mega Ohm Meter. Alat ini digunakan untuk mengukur tahanan isolasi pada transformator, dan hasilnya dinyatakan baik apabila nilai tahanannya melebihi batas minimum yang telah ditetapkan. Selain itu, pengukuran juga melibatkan perhitungan Polarization Index (PI), yaitu perbandingan antara pembacaan pada menit ke-10 dengan menit pertama. Nilai PI yang baik umumnya berada di atas 2, yang menunjukkan bahwa kondisi isolasi masih stabil dan tidak mengalami degradasi signifikan. Dengan melakukan pengujian ini secara rutin, PLN dapat memastikan bahwa transformator yang digunakan tetap dalam kondisi optimal dan dapat diandalkan dalam menjaga kestabilan sistem kelistrikan nasional. Hal ini sejalan dengan komitmen PLN dalam menyediakan layanan listrik yang andal, aman, dan merata bagi seluruh masyarakat Indonesia.

1.2 Sistem Distribusi Tenaga Listrik

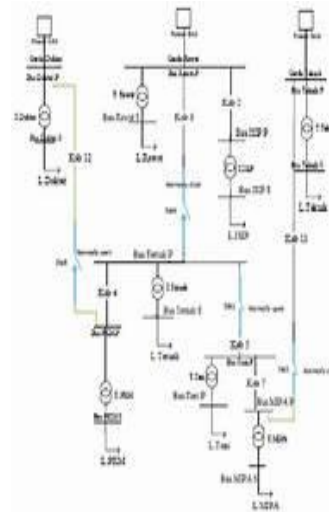
Sistem distribusi tenaga listrik berperan dalam menyalurkan tenaga listrik dari sumber daya listrik besar (bulk power source) hingga sampai ke konsumen. Proses penyaluran ini melalui beberapa tahapan, dimulai dari pembangkit tenaga listrik sebagai penghasil energi, kemudian disalurkan ke jaringan transmisi (SUTET) menuju gardu induk. Dari gardu induk, tenaga listrik dialirkan ke jaringan distribusi primer (SUTM), kemudian melalui gardu distribusi disalurkan ke jaringan distribusi sekunder (SUTR) hingga sampai ke konsumen. Dengan demikian, sistem distribusi tenaga listrik berfungsi untuk membagikan tenaga listrik kepada konsumen melalui jaringan tegangan rendah (SUTR), sedangkan jaringan transmisi berfungsi menyalurkan tenaga listrik bertegangan ekstra tinggi ke pusat-pusat beban dalam kapasitas daya besar, yang selanjutnya didistribusikan melalui jaringan distribusi seperti ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1 Sistem Distribusi Tenaga Listrik

Pada Gambar 1 dapat digambarkan secara sederhana bagaimana proses pembangkitan hingga penyaluran listrik kepada konsumen berlangsung. Energi listrik dihasilkan di pusat pembangkit yang memanfaatkan berbagai sumber energi potensial seperti air (PLTA), uap (PLTU), panas bumi (PLTP), nuklir, dan lainnya. Energi potensial ini digunakan untuk menggerakkan turbin yang porosnya dihubungkan

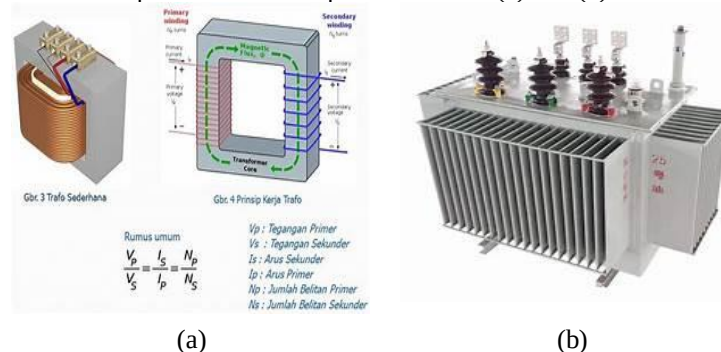
langsung dengan generator. Ketika turbin berputar, generator ikut berputar dengan kecepatan tertentu dan menghasilkan energi listrik arus bolak-balik tiga fase. Energi listrik yang dihasilkan ini kemudian disalurkan melalui sistem distribusi menuju gardu induk. Di gardu induk, dilakukan proses penyesuaian tegangan sesuai kebutuhan penyaluran. Sebagai contoh, jika pembangkit menghasilkan listrik dengan tegangan sekitar 20 kV, maka tegangan ini perlu dinaikkan terlebih dahulu menggunakan transformator jenis Step-Up. Proses ini penting karena penyaluran listrik dalam jarak jauh memerlukan tegangan tinggi agar lebih efisien dan untuk meminimalisir rugi-rugi daya selama transmisi. Setelah melalui proses peningkatan tegangan di gardu induk, listrik dialirkan melalui jaringan transmisi dan masuk ke sistem distribusi. Sebelum sampai ke konsumen akhir, baik itu konsumen industri maupun rumah tangga, tegangan listrik kembali diturunkan menggunakan transformator Step-Down. Tujuannya agar listrik yang diterima sesuai dengan kebutuhan peralatan listrik di rumah tangga, yaitu sekitar 220 volt. Pada Gambar 1 ditunjukkan bahwa proses penurunan tegangan ini dilakukan sebelum energi listrik didistribusikan melalui jaringan distribusi sekunder. Dengan begitu, listrik yang semula memiliki tegangan tinggi dapat digunakan dengan aman oleh konsumen. Untuk memperjelas alur proses penyaluran energi listrik dari pembangkit hingga ke konsumen, digunakanlah diagram satu garis (single line diagram) yang menggambarkan sistem distribusi tenaga listrik secara ringkas dan sistematis, seperti yang dapat dilihat pada Gambar 2. Diagram ini memudahkan dalam memahami jalur dan komponen penting yang terlibat dalam sistem distribusi listrik secara keseluruhan.



Gambar 2 Single Line Diagram Sistem Distribusi

1.3 Transformator

Transformator merupakan suatu alat listrik yang mengubah tegangan arus bolak-balik dari satu tingkat ke tingkat yang lain melalui suatu gandengan magnet dan berdasarkan prinsip-prinsip induksi elektromagnet. Transformator terdiri atas sebuah inti, yang terbuat dari besi berlapis dan dua buah kumparan, yaitu kumparan primer dan kumparan sekunder seperti Gambar 3 (a) dan (b).



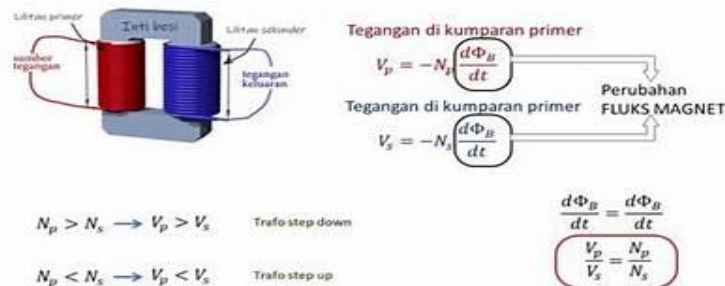
Gambar 2.3 (a) Belitan Transformator, (b) Transformator Daya

Transformator distribusi merupakan jenis transformator yang digunakan untuk menurunkan tegangan menengah menjadi tegangan rendah, agar dapat digunakan oleh konsumen akhir seperti rumah tangga atau industri kecil. Sama seperti komponen lain dalam sistem distribusi tenaga listrik, pemilihan dan penempatan transformator distribusi sangat dipengaruhi oleh rugi-rugi energi serta penurunan tegangan yang terjadi akibat aliran arus listrik menuju beban. Oleh karena itu, lokasi dan spesifikasi transformator distribusi harus dirancang secara optimal agar efisiensi sistem tetap terjaga. Secara konstruksi, bagian utama dari

transformator terdiri atas dua buah kumparan yang dililitkan pada satu inti besi. Kedua kumparan ini memiliki jumlah lilitan yang berbeda. Kumparan yang dihubungkan langsung ke sumber tegangan bolak-balik (AC) disebut kumparan primer, sedangkan kumparan lainnya disebut kumparan sekunder. Ketika kumparan primer dialiri arus AC, inti besi akan berubah menjadi elektromagnet. Karena arus yang masuk adalah arus bolak-balik, maka medan magnet yang dihasilkan pun terus berubah arah. Perubahan medan magnet ini akan menimbulkan gaya gerak listrik (GGL) induksi pada kumparan sekunder. GGL inilah yang menghasilkan arus AC pada kumparan sekunder, yang kemudian digunakan untuk menyuplai daya ke beban. Proses ini merupakan prinsip kerja dasar transformator yang memanfaatkan induksi elektromagnetik.

1.4 Prinsip Kerja Transformator

Sebuah transformator sederhana pada dasarnya terdiri dari dua buah lilitan atau kumparan kawat yang terisolasi, yaitu kumparan primer dan kumparan sekunder. Pada umumnya, kedua kumparan ini dililitkan pada sebuah inti besi yang disebut inti besi (core). Inti ini berfungsi untuk memperkuat hubungan magnetis antara kedua kumparan. Ketika kumparan primer dialiri arus bolak-balik (AC), maka akan terbentuk medan magnet atau fluks magnetik di sekitarnya. Kekuatan medan magnet ini (atau densitas fluks magnet) dipengaruhi oleh besarnya arus yang mengalir—semakin besar arus, maka medan magnet yang dihasilkan juga semakin kuat. Medan magnet yang berubah-ubah ini akan menginduksi gaya gerak listrik (GGL) pada kumparan sekunder. Proses ini menyebabkan terjadinya pelimpahan daya dari kumparan primer ke kumparan sekunder, tanpa adanya hubungan listrik langsung di antara keduanya. Dengan demikian, transformator memungkinkan terjadinya perubahan taraf tegangan, baik dari tegangan rendah ke tegangan tinggi maupun sebaliknya, dari tegangan tinggi ke tegangan rendah. Prinsip kerja ini dapat dilihat secara visual pada Gambar 4.



Gambar 4 Prinsip Kerja Transformator

Pada Gambar 4 Prinsip Kerja Transformator didapatkan perbandingan rasio pada persamaan 2.1

$$E = \frac{V_1}{V_2} \quad IP = \frac{N_1}{N_2} = a \quad (2.1)$$

Di mana:

E = GGL induksi di sisi primer (Volt)

V1 = Tegangan Primer

V2 = Tegangan Sekunder

N1 = Belitan Primer

N2 = Belitan Sekunder

a = Perbandingan transformator (Rasio)

2. METODE PENELITIAN

2.1 Pengujian Tahanan Isolasi

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui kondisi isolasi antara belitan dengan ground atau antara dua belitan dalam transformator. Metode yang umum digunakan adalah dengan memberikan tegangan searah (DC) dan hasil pengujian direpresentasikan dalam satuan Megohm. Nilai ini menunjukkan seberapa besar tahanan isolasi yang dimiliki oleh transformator. Pengujian tahanan isolasi memiliki peran yang sangat penting, karena berfungsi untuk mencegah terjadinya arus bocor pada belitan. Arus bocor ini dapat menimbulkan gangguan dalam sistem kerja transformator dan berpotensi menyebabkan kerusakan serius jika tidak terdeteksi sejak dini. Beberapa faktor yang dapat memengaruhi penurunan kualitas tahanan isolasi pada transformator tenaga antara lain adalah suhu lingkungan, jalur bocor pada permukaan eksternal seperti adanya kotoran pada bushing atau isolator, usia peralatan atau komponen, serta kualitas alat uji yang digunakan. Oleh karena itu, pemeliharaan dan pengujian rutin sangat penting untuk memastikan transformator tetap berfungsi dengan baik dan aman dalam sistem kelistrikan.

2.2 Indeks Polarisasi (Polarization Index)

Tujuan dari pengujian indeks polarisasi (Polarization Index/IP) adalah untuk memastikan bahwa peralatan, khususnya transformator, berada dalam kondisi layak untuk dioperasikan. Pengujian ini umum digunakan untuk menunjukkan pembacaan tahanan isolasi transformator, yang dikenal dengan istilah dielectric absorption. Nilai ini diperoleh dari pengukuran berkelanjutan selama periode waktu tertentu menggunakan sumber tegangan DC yang konstan. Pengujian indeks polarisasi biasanya dilakukan selama 10 menit. Hal ini karena tahanan isolasi pada transformator memiliki sifat kapasitif, sehingga dibutuhkan waktu untuk "mengisi" kapasitansi internal dalam isolasi. Jika kondisi isolasi bersih dan kering, maka pembacaan resistansi akan meningkat lebih cepat seiring waktu. Indeks polarisasi diperoleh dari rasio antara pembacaan tahanan isolasi pada menit ke-10 dengan pembacaan pada menit pertama. Semakin tinggi rasio ini, semakin baik kualitas isolasi transformator. Menurut standar IEEE 62-1995 tentang evaluasi isolasi transformator, nilai indeks polarisasi ini dapat dihitung menggunakan persamaan 2.2, yang merupakan rumus perbandingan nilai tahanan pada dua titik waktu tersebut.

$$IP = \frac{R_{10}}{R_1} \quad (2.2)$$

Keterangan :

IP = Indeks Polaritas

R1 = Nilai tahanan isolasi pengujian menit pertama,

R10 = Nilai tahanan isolasi pengujian pada menit kesepuluh.

Jika nilai indeks polarisasi (IP) terlalu rendah, hal ini mengindikasikan bahwa isolasi kemungkinan telah terkontaminasi oleh kotoran, kelembaban, suhu tinggi, atau adanya arus bocor. Metode ini digunakan untuk menilai kondisi isolasi berdasarkan hasil pengujian tahanan isolasi. Kategori kondisi isolasi berdasarkan nilai indeks polarisasi sesuai dengan standar IEEE 62 tahun 1995 ditunjukkan pada Tabel 3.1.

Tabel 1 Tabel Indeks Polarisasi (IP) menurut standar IEEE-62 tahun 1995

Hasil Pengujian	Keterangan	Rekomendasi
<1	Berbahaya	Ditindak lanjuti
1-1,1	Jelek	Ditindak lanjuti
1,1-1,25	Dipertanyakan	Uji kadar minyak, Uji tangen delta
1,25-2	Baik	-
>2	Sangat baik	-

Untuk memastikan bahwa belitan transformator memiliki kualitas isolasi yang baik, maka salah satu indikator yang digunakan adalah nilai indeks polarisasi (IP). Nilai IP ini sebaiknya memiliki angka minimum sebesar 1,25 ketika pengukuran dilakukan pada suhu standar, yaitu 20°C. Angka ini menjadi batas dasar yang menandakan bahwa kondisi isolasi masih dalam taraf aman untuk digunakan.

Pada umumnya, apabila nilai IP berada dalam rentang antara 1,25 hingga 2,0, kondisi isolasi masih dianggap cukup baik dan peralatan masih dapat beroperasi sebagaimana mestinya. Namun demikian, rentang ini menunjukkan bahwa sistem sudah mulai menunjukkan tanda-tanda penurunan kualitas, sehingga diperlukan pengawasan yang lebih intensif. Pemantauan berkala terhadap kondisi isolasi menjadi penting guna mencegah terjadinya kerusakan yang lebih serius di kemudian hari.

Sebaliknya, jika hasil pengukuran menunjukkan nilai IP yang lebih rendah dari 1,25, hal ini merupakan indikasi bahwa kondisi isolasi belitan sudah tidak lagi optimal. Isolasi yang memiliki IP rendah sering kali disebabkan oleh berbagai faktor seperti kelembaban yang tinggi (basah), akumulasi kotoran, atau bahkan adanya kebocoran pada sistem isolasi. Dalam situasi seperti ini, langkah-langkah perbaikan harus segera diambil. Beberapa tindakan yang dapat dilakukan antara lain adalah membersihkan bagian yang terkontaminasi, mengeringkan komponen yang lembap, serta melakukan evaluasi menyeluruh terhadap kondisi isolasi. Jika ditemukan kerusakan yang cukup parah, maka proses perbaikan (repair) atau bahkan penggantian (refurbish) pada bagian isolasi tersebut menjadi hal yang sangat diperlukan untuk memastikan transformator tetap beroperasi secara andal dan aman.

3. PEMBAHASAN

3.1 High Voltage Insulation Tester (Mega Ohm Meter)

Pengambilan data pengukuran uji tahanan isolasi dilakukan untuk mengetahui kondisi aktual dari transformator, khususnya dalam menilai kualitas sistem isolasinya. Alat yang digunakan dalam pengujian ini adalah High Voltage Insulation Tester, yang lebih dikenal sebagai Megger atau Mega Ohm Meter, karena kemampuannya mengukur tahanan dalam satuan mega ohm. Seperti ditunjukkan pada Gambar 5, alat ini

memberikan tegangan tinggi untuk mengukur seberapa besar tahanan isolasi, yang mencerminkan baik atau buruknya kondisi isolasi transformator.



Gambar 5 High Voltage Insulation Tester (Megger)

High Voltage Insulation Tester digunakan untuk mengukur nilai tahanan isolasi antara belitan dengan ground atau antara dua belitan dalam transformator. Prinsip kerja alat ini serupa dengan Ohm Meter, yaitu dengan memberikan tegangan dari alat ukur ke bagian isolasi peralatan. Karena tahanan isolasi umumnya sangat tinggi, maka diperlukan tegangan uji yang cukup besar agar arus dapat mengalir dan pengukuran dapat dilakukan dengan akurat. Tegangan pengukuran yang digunakan disesuaikan dengan tegangan kerja dari peralatan yang diuji. Tegangan uji ini dapat disesuaikan tergantung pada kelas isolasi yang digunakan pada peralatan tersebut. Semakin tinggi tegangan kerja peralatan, maka semakin tinggi pula nilai tahanan isolasi yang disyaratkan. Pada saat pengujian transformator, parameter utama yang diukur adalah tahanan isolasi, yang selanjutnya digunakan untuk menghitung indeks polarisasi (Polarization Index). Adapun spesifikasi teknis dari alat High Voltage Insulation Tester dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 4.1 Spesifikasi High Voltage Insulation Tester (Megger)

Merk	KYORITSU
Type	KEW 3123A
Tegangan Inject	5000/1000 V
Rentang Ukur	5GΩ/200GΩ (Auto-ranging) (5000V) 10GΩ/400GΩ (Auto-ranging) (10000V)
Satuan	Giga Ohm (GΩ)
Akurasi	± 5% rdg
Tegangan Sumber	R6 (AA) (1.5V) × 8
Dimensi	200 (L) × 140 (W) × 80 (D) mm
Berat	± 1 kilogram

3.2 Pengujian Transformator

Sebelum melakukan pengukuran atau pengujian pada transformator, terdapat beberapa langkah awal yang harus diperhatikan. Hal pertama yang wajib dipastikan adalah bahwa transformator bebas dari tegangan AC, DC, maupun tegangan induksi. Keberadaan tegangan ini dapat mempengaruhi keakuratan hasil pengukuran. Adapun prosedur pengujian tahanan isolasi transformator dilakukan melalui langkah-langkah berikut:

1. Periksa keadaan baterai, usahakan baterai dalam kondisi penuh sebelum melakukan pengukuran
2. Kemudian melakukan grounding
3. Koneksinya dipastikan sudah betul, koneksi konduktor dari trafo sudah dilepas dan input sama outputnya sudah lepas juga, hanya trafonya saja yang diuji dikarenakan trafo yang diuji sudah berada di gudang.
4. Bersihkan isolator pada bushing dan body trafonya
5. Selesai dibersihkan, untuk Megger diatur tegangan inject sebesar 5000V
6. Kemudian hubungkan kedua jumper dari alat ukur ke fasa (R-S), (S-T), dan (T-R), (R-r), (S-s), (T-t), (R-body), (S-body), (T-Body), (r-Body), (s-Body), (t-Body), dan (r-r), (s-s), (t-t) untuk mengukur tahanan isolasi fasa ke fasa, dan fasa ke ground.
7. Kemudian atur waktu T1 = 1 menit dan T2 = 10 menit untuk Primer – Body dan Sekunder – Body.
8. Lalu, hasil pengukuran dicatat pada Berita Acara Pengoperasian Transformator PT. PLN (Persero) UP3 Pekanbaru.

3.3 Jenis Transformator yang diuji

Jenis transformator yang digunakan di PT. PLN (Persero) UP3 Pekanbaru adalah transformator distribusi, yang berfungsi untuk menurunkan tegangan listrik ke level tertentu sesuai dengan kebutuhan sistem atau rangkaian listrik. Transformator ini berperan penting dalam menyesuaikan tegangan agar aman dan sesuai untuk digunakan oleh konsumen akhir. Pada sistem distribusi di lokasi tersebut, transformator

digunakan untuk mengubah tegangan dari 20 kV menjadi 380/220 V, yang kemudian dialirkan ke jaringan distribusi Saluran Udara Tegangan Rendah (SUTR). Dari jaringan ini, listrik disalurkan ke berbagai jenis konsumen seperti rumah tangga, pabrik, dan instansi komersial. Adapun bentuk fisik dari transformator distribusi yang digunakan di PT. PLN (Persero) UP3 Pekanbaru dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6 Transformator Distribusi 160 KVA

Transformator distribusi memiliki berbagai jenis, merek, dan tipe yang berbeda-beda. Informasi lengkap mengenai spesifikasi teknis dari masing-masing transformator dapat dilihat pada **name plate** yang terpasang pada badan transformator. Name plate ini mencantumkan data penting seperti kapasitas daya, tegangan, arus, frekuensi, dan informasi lainnya yang diperlukan dalam proses pengujian maupun pengoperasian.



Gambar 7 Name Plate Transformator

3.4 Data Hasil Pengujian Tahanan Isolasi Transformator

Setelah dilakukan pengujian tahanan isolasi pada transformator distribusi di PT. PLN (Persero) UP3 Pekanbaru, diperoleh hasil pengukuran yang menunjukkan kondisi masing-masing transformator. Dalam pengujian ini, penulis membandingkan dua jenis transformator, yaitu transformator yang masih dalam kondisi baik dan transformator yang mengalami kerusakan. Perbandingan hasil pengukuran dari kedua transformator tersebut dapat dilihat pada Tabel 3 dan Tabel 4

Tabel 3 Hasil Pengukuran Tahanan Isolasi Transformator (Trafindo)

Primer-Body	Primer-Sekunder			Sekunder-body
R – Body : 40 G Ohm (Menit Pertama) 50 G Ohm (Menit Kesepuluh)	R-r : 40 G Ohm	R-S : 0 G Ohm	r-r : 0 G Ohm	R – Body 30 G Ohm (Menit Pertama) 45 G Ohm (Menit Kesepuluh)
S – Body : 45 G Ohm	S-s : 40 G Ohm	S-T : 0 G Ohm	s-s : 0 G Ohm	s- Body : 30 G Ohm
T – Body : 45 G Ohm	T-t : 40 G Ohm	R-T : 0 G Ohm	t-t : 0 G Ohm	T – Body : 30 G Ohm

Tabel 4 Hasil Pengukuran Tahanan Isolasi Transformator (B & D)

Primer-Body	Primer-Sekunder			Sekunder-body
R – Body : 6 G Ohm	R-r : 2 G Ohm	R-S : 0 G Ohm	r-r : 0 G Ohm	R – Body : 4 G Ohm
S – Body : 6 G Ohm	S-s : 40 G Ohm	S-T : 0 G Ohm	s-s : 0 G Ohm	s- Body : 4 G Ohm
T – Body : 6 G Ohm	T-t : 40 G Ohm	R-T : 0 G Ohm	t-t : 0 G Ohm	t – Body : 4 G Ohm

Berdasarkan hasil pengukuran yang ditampilkan pada Tabel 4.2 dan Tabel 4.3, diperoleh data tahanan isolasi dari dua jenis transformator yang diuji, yaitu transformator merek TRAFINDO dan B&D Transformer. Untuk transformator TRAFINDO, hasil pengukuran menunjukkan nilai tahanan isolasi antara primer dengan body sebesar 35 M Ω pada fasa R, 40 M Ω pada fasa S, dan 40 M Ω pada fasa T. Pada pengukuran antara primer dengan sekunder (R-r, S-s, T-t), masing-masing menunjukkan nilai 40 M Ω . Sedangkan pada sekunder dengan body (r-Body, s-Body, t-Body), masing-masing memiliki nilai sebesar 30 M Ω . Adapun hasil pengukuran tahanan isolasi antara kumparan primer maupun sekunder adalah 0 G Ω .

Sementara itu, untuk transformator B&D Transformer, hasil pengukuran tahanan isolasi antara primer dengan body menunjukkan nilai yang jauh lebih rendah, yaitu 6 M Ω untuk fasa R, S, dan T. Pengukuran antara primer dan sekunder (R-r, S-s, T-t) menghasilkan nilai sebesar 2 M Ω , dan untuk sekunder dengan body (r-Body, s-Body, t-Body) masing-masing menunjukkan nilai sebesar 4 M Ω . Nilai tahanan isolasi antara kumparan primer maupun sekunder disebutkan sama, meskipun tidak dijelaskan secara rinci nilainya, namun berada pada satuan G Ω .

Berdasarkan ketentuan dari SE PLN No.032/PST/1984 dan standar VDE (catalogue 228/4), batas minimum tahanan isolasi untuk kumparan transformator pada suhu operasi normal adalah 1 M Ω per 1 kV. Maka untuk transformator yang diuji menggunakan tegangan injeksi sebesar 5000V, nilai minimum yang dianggap aman dan layak operasi adalah sebesar 20 M Ω . Dari hasil tersebut, dapat disimpulkan bahwa transformator TRAFINDO berada dalam kondisi baik dan masih layak untuk dioperasikan karena seluruh nilai tahanan isolasinya berada di atas 20 M Ω . Sebaliknya, transformator B&D Transformer menunjukkan nilai tahanan isolasi yang berada di bawah batas minimum 20 M Ω , sehingga dinyatakan tidak layak untuk dioperasikan karena berisiko mengalami kegagalan isolasi.

3.5 Data Hasil Indeks Polarisasi (Polarization Index)

Setelah dilakukan pengujian tahanan isolasi transformator dan pengambilan data di PT. PLN (Persero) UP3 Pekanbaru, untuk memastikan peralatan tersebut layak dioperasikan selain dari pengujian, dilakukan perhitungan Indeks Polarisasi (Polarization Index). Perhitungan ini hanya dilakukan pada transformator TRAFINDO dikarenakan jenis transformator ini sudah layak dioperasikan menurut pengujian tahanan isolasinya. Pengujian ini digunakan persamaan 2.2

(1) Primer – Body (Ground)

$$IP = \frac{R_{10}}{R_1}$$

$$IP = \frac{50 \text{ G Ohm}}{40 \text{ G Ohm}}$$

$$IP = 1,25$$

(2) Sekunder – Body (Ground)

$$IP = \frac{R_{10}}{R_1}$$

$$IP = \frac{45 \text{ G Ohm}}{30 \text{ G Ohm}}$$

$$IP = 1,5$$

Nilai indeks polarisasi antara ground dan kumparan primer menunjukkan kondisi yang baik, dengan hasil pengukuran sebesar 1,25. Sementara itu, nilai indeks polarisasi antara ground dan kumparan sekunder juga berada dalam kondisi baik dengan nilai 1,5. Kedua nilai tersebut berada dalam rentang standar yang ditetapkan, yaitu antara 1,25 hingga 2,0, yang menunjukkan bahwa kondisi isolasi transformator masih layak dan aman untuk dioperasikan.

3.6 Grafik Perbandingan Indeks Polarisasi Transformator

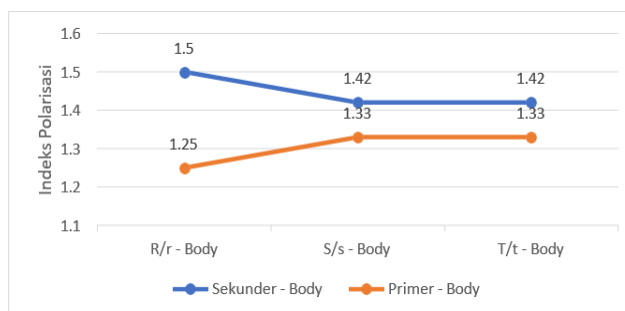
Setelah dilakukan proses perhitungan terhadap nilai Indeks Polarisasi (IP) pada kedua unit transformator yang diuji, diperoleh hasil yang memberikan gambaran mengenai perbandingan kondisi kinerja isolasi dari masing-masing transformator. Data perhitungan ini selanjutnya divisualisasikan dalam bentuk grafik agar dapat dianalisis dengan lebih mudah, jelas, dan informatif.

Visualisasi data ini ditampilkan dalam dua grafik terpisah. Grafik pertama, yaitu Grafik 1, menyajikan nilai Indeks Polarisasi yang diperoleh dari pengujian pada transformator merek TRAFINDO. Grafik ini menunjukkan bagaimana nilai IP bervariasi selama pengukuran dan seberapa baik kondisi isolasi yang dimilikinya. Sementara itu, Grafik 2 memperlihatkan hasil pengujian yang sama namun pada

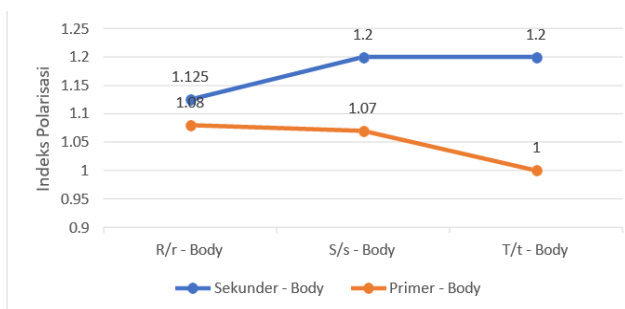
transformator merek B&D, sehingga memberikan perbandingan yang seimbang terhadap kinerja isolasi kedua transformator tersebut.

Melalui tampilan kedua grafik tersebut, pembaca atau analis dapat dengan mudah melihat dan membandingkan tingkat kelayakan isolasi dari kedua transformator berdasarkan nilai IP yang dihasilkan. Perbedaan nilai Indeks Polarisasi yang tampak pada grafik memberikan indikasi yang cukup jelas mengenai kualitas isolasi masing-masing transformator, serta memungkinkan untuk menarik kesimpulan awal mengenai mana di antara keduanya yang memiliki performa isolasi lebih baik dan lebih layak untuk dioperasikan dalam jangka waktu tertentu.

Grafik 1 Grafik Indeks Polarisasi TRAFINDO Transformer



Grafik 2 Grafik Indeks Polarisasi B&D Transformer



Berdasarkan hasil yang ditampilkan pada Grafik 1 dan 2, nilai indeks polarisasi (IP) pada TRAFINDO Transformer menunjukkan bahwa kondisi isolasinya masih dalam kategori baik. Untuk pengukuran antara primer dan body, diperoleh nilai IP sebesar 1,25 pada fasa R-Body, serta 1,33 pada fasa S-Body dan T-Body. Sementara itu, pada pengukuran antara sekunder dan body, nilai IP sebesar 1,5 pada r-Body, dan 1,42 pada s-Body dan t-Body. Seluruh nilai tersebut berada dalam rentang standar yang dinyatakan baik, yaitu antara 1,25 hingga 2,0, yang berarti transformator dalam kondisi layak operasi. Sebaliknya, nilai indeks polarisasi pada B&D Transformer menunjukkan kondisi isolasi yang kurang baik atau tidak memenuhi standar. Untuk pengukuran primer-body, nilai IP hanya sebesar 1,08 pada R-Body, dan 1,07 pada S-Body serta T-Body. Sedangkan pada pengukuran sekunder-body, nilai IP yang diperoleh adalah 1,125 pada r-Body, dan 1,2 pada s-Body serta t-Body. Seluruh nilai tersebut berada di bawah batas minimum 1,25, sehingga menunjukkan bahwa kondisi isolasi transformator tidak memenuhi kriteria standar kelayakan dan perlu dilakukan evaluasi lebih lanjut atau tindakan perbaikan. Dari Grafik 1 dan 2 diatas untuk nilai index polarisasi pada TRAFINDO Transformer menunjukkan dalam kondisi baik dengan nilai IP Primer – Body yaitu: R-Body = 1,25, S-Body dan T-Body=1,33 dan nilai index polarisasi Sekunder- Body yaitu : r-Body = 1,5, sBody dan T-Body = 1,42 (standar baik antara 1,25 – 2,0). Nilai index polarisasi pada B&D Transformer menunjukkan dalam kondisi kurang baik (jelek) dengan nilai IP Primer – Body yaitu : R-Body = 1.08, S-Body dan T-Body=1.07 dan nilai index polarisasi SekunderBody yaitu : r-Body = 1.125, s-Body dan T-Body = 1,2 (standar baik antara 1,25 – 2,0)

4. KESIMPULAN DAN SARAN/REKOMENDASI

4.1 Kesimpulan

Dari pelaksanaan Kerja Praktek yang telah dilakukan, khususnya pada kegiatan implementasi dan pengujian tahanan isolasi transformator di PT. PLN (Persero) UP3 Pekanbaru, dapat disimpulkan bahwa kegiatan ini memberikan pemahaman nyata mengenai pentingnya evaluasi kondisi isolasi untuk menjaga keandalan dan keselamatan peralatan listrik.

1. Alat ukur yang digunakan untuk menguji tahanan isolasi pada transformator di PT. PLN (Persero) UP3 Pekanbaru adalah Kyoritsu High Voltage Insulation Tester. Alat ini berfungsi untuk mengukur nilai tahanan isolasi, baik antara belitan dengan ground maupun antara dua belitan yang berbeda. Pengukuran ini penting dilakukan untuk mengetahui sejauh mana kondisi isolasi masih dalam keadaan baik dan aman untuk dioperasikan. Pada selector alat, dipilih opsi 5000/10000 volt, dengan tegangan injeksi yang digunakan sebesar 5000 volt. Melalui pengujian ini, tidak hanya diperoleh nilai tahanan isolasi, tetapi juga memungkinkan untuk menghitung nilai Indeks Polarisasi (IP) yang menjadi indikator penting dalam menilai kelayakan sistem isolasi transformator.
2. Pengujian tahanan isolasi pada transformator dilakukan untuk mengetahui kualitas isolasi pada bagian-bagian transformator, apakah masih dalam kondisi baik atau mengalami masalah. Pengujian ini sangat penting untuk mencegah terjadinya arus bocor pada belitan yang dapat menyebabkan gangguan hingga kerusakan pada transformator. Pengujian dilakukan dengan cara mengukur nilai tahanan isolasi dan indeks polarisasi.
3. Hasil pengujian tahanan isolasi menunjukkan bahwa transformator TRAFINDO memiliki nilai yang memenuhi standar kelayakan, dengan R-Body sebesar 40 G Ω pada menit pertama dan meningkat menjadi 50 G Ω pada menit kesepuluh, S-Body dan T-Body masing-masing 40 G Ω untuk Primer-Body, R-r, S-s, dan T-t sebesar 40 G Ω untuk Primer-Sekunder, serta r-Body sebesar 30 G Ω (menit pertama) dan 45 G Ω (menit kesepuluh), sementara s-Body dan t-Body masing-masing 30 G Ω untuk Sekunder-Body, dan hasil pengukuran Primer-Primer serta Sekunder-Sekunder adalah 0 G Ω ; sedangkan pada transformator B&D Transformer, diperoleh hasil yang jauh di bawah standar dengan R-Body, S-Body, dan T-Body masing-masing 6 G Ω , R-r, S-s, dan T-t sebesar 2 G Ω , serta r-Body, s-Body, dan t-Body masing-masing 4 G Ω , dan nilai 0 G Ω untuk Primer-Primer dan Sekunder-Sekunder; mengacu pada standar SE PLN No.032/PST/1984 dan VDE yang menyatakan minimum 1 M Ω /kV atau 20 G Ω untuk pengujian dengan tegangan injeksi 5000V, maka TRAFINDO dapat dinyatakan layak dioperasikan, sedangkan B&D Transformer tidak layak karena nilai tahanan isolasinya berada di bawah batas minimum.

4.2 Saran/Rekomendasi

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan mengenai implementasi dan pengujian tahanan isolasi pada transformator distribusi 200 kVA di PT. PLN (Persero) UP3 Pekanbaru, penulis memberikan beberapa saran yang diharapkan dapat menjadi masukan untuk perawatan dan pengelolaan peralatan distribusi ke depannya. Pertama, perlu dilakukan pengujian tahanan isolasi secara berkala guna memantau kondisi isolasi transformator dan mencegah kerusakan dini akibat penurunan kualitas isolasi. Kedua, sebelum melakukan pengujian, penting memastikan bahwa transformator dalam kondisi bebas tegangan dan bersih dari debu atau kotoran yang dapat memengaruhi hasil pengukuran. Ketiga, apabila nilai indeks polarisasi menunjukkan hasil di bawah standar minimum (1,25), maka transformator perlu segera dilakukan tindakan seperti pembersihan, pengeringan, atau perbaikan bagian isolasinya. Terakhir, pelatihan teknis secara berkala kepada petugas lapangan terkait prosedur pengujian dan penanganan peralatan juga penting untuk menjaga keselamatan kerja serta kualitas hasil pengukuran. Diharapkan dengan pelaksanaan saran-saran ini, keandalan sistem distribusi listrik dapat lebih terjaga dan potensi gangguan dapat diminimalisir.

5. UCAPAN TERIMA KASIH (JIKA ADA)

Penulis menyampaikan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada PT. PLN (Persero) UP3 Pekanbaru yang telah memberikan izin dan kesempatan untuk melakukan penelitian serta pengujian langsung terhadap transformator distribusi di lingkungan kerja yang sebenarnya. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada para teknisi dan staf yang telah membantu selama proses pengambilan data dan pelaksanaan pengujian di lapangan. Tak lupa, penulis mengapresiasi bimbingan dan arahan dari dosen pembimbing serta semua pihak yang telah memberikan masukan, dukungan, dan semangat selama proses penyusunan jurnal ini. Semoga hasil penelitian ini dapat memberikan manfaat dan menjadi kontribusi positif bagi pengembangan ilmu di bidang teknik elektro, khususnya dalam aspek pemeliharaan sistem distribusi tenaga listrik.

REFERENSI

- Hartini, S., Firdausi, S., Misbah, M., & Sulaeman, N. F. (2018). The Development of Physics Teaching Materials Based on Local Wisdom to Train Saraba Kawa Character. *Jurnal Pendidikan IPA Indonesia*, 7(2), 130–137.
- Mesin, J. T., Informatika, E., Tolibin, M., Fatkhurrohman, M., Vokasional, P., Elektro, T., Keguruan, F., Universitas, P., Tirtayasa, S. A., & Banten, S. (2025). *Pemeliharaan CT (Current Transformer)*

- sebagai Konversi Arus pada Gardu Induk Rangkas Kota 70 KV. 4, 332–342.
- Down, S., Pt, D. I., Persero, P. L. N., & Anyer, U. L. P. (2025). *POLA PEMELIHARAAN TRANSFORMATOR DISTRIBUSI*. 10(April), 44–52.
- Sosial, J., Taran, N., Sinambela, R., & Indonesia, U. K. (2025). *Diagnostik Dry Power Transformer Berusia di Atas 25 Tahun untuk Mengetahui Kondisi Terkini dan Rekomendasinya Corresponding : Nober Taran representatif kerusakan akibat thermal stress . signifikan , seiring dengan pertumbuhan industri dan perkembangan teknologi yang*. 5(5), 1297–1306.
- Suryani, S. (2025). *Analisis Hasil Pengujian Isolasi Transformator Daya 20 kV (Step-Up) di PT PLN (Persero) PLTD Tegineneng*. 19(1).
- Juhji, J. (2016). Peningkatan keterampilan proses sains siswa melalui pendekatan inkuiri terbimbing. *Jurnal Penelitian dan Pembelajaran IPA*, 2(1), 58–70.
- Juhji, J., & Nuangchalerm, P. (2020). Interaction between scientific attitudes and of students towards technological pedagogical content knowledge. *Journal for the Education of Gifted Young Scientists*, 8(1), 1–16.
- Koehler, M. J., Mishra, P., Kereluik, K., Shin, T. S., & Graham, C. R. (2014). The Technological Pedagogical Content Knowledge Framework. In J. M. Spector, M. D. Merrill, J. Elen, & M. J. Bishop (Eds.), *Handbook of Research on Educational Communications and Technology* (pp. 101–111). Springer New York. https://doi.org/10.1007/978-1-4614-3185-5_9
- Yuan, H., Kunaviktikul, W., Klunklin, A., & Williams, B. A. (2008). Improvement of nursing students' critical thinking skills through problem-based learning in the People's Republic of China: A quasi-experimental study. *Nursing & Health Sciences*, 10(1), 70–76. <https://doi.org/10.1111/j.1442-2018.2007.00373.x>
- Aliefah, F., Mawardi, A., Arfandi, I., Duyo, R. A., Zainuddin, Z., & Nasri, A. (2025). *Persentase ketidakseimbangan beban untuk kapasitas daya di gardu distribusi terhadap pembebanan trafo*. 17, 61–70.
- Elektro, P. T., Sultan, U., Tirtayasa, A., Elektro, P. T., Sultan, U., & Tirtayasa, A. (2025). *Proses Produksi Polymer Sebagai Proteksi Sistem Jaringan Distribusi Tegangan Menengah di PT . Powerindo Prima Perkasa*. 1.
- Koedoes, Y. A., Lolok, A., & Jaya, S. N. (2024). *Analisis Susut Daya Dan Energi Pada Jaringan Distribusi Di Gardu Induk Kendari New Penyulang Brimob Menggunakan Software ETAP 19 . 0 . 1 . Pada Waktu Beban Puncak*. 09(02), 112–130.
- Mahardika, M. R., Fadhil, M., Nadhiroh, N., & Kamil, I. (2024). *Perancangan dan Instalasi Kubikel 20 kV Schneider RM6 Pada Bengkel Distribusi Listrik*. 10, 124–129.
- Moh Afandy, Abdul Haris Mubarak, & Muhammad Ikbil Rianto. (2024). Temperature Monitoring System for 3 Phase Electric Arc Furnace (EAF) Transformer Cooling. *Journal of Electrical and Electronics Engineeringf*, 6, 132–137.
- Trafo, P. (2025). *Arus Jurnal Sains dan Teknologi (AJST) Persentase Ketidakseimbangan Beban untuk Kapasitas Daya di Gardu*. 3(1).
- Berdasarkan, C. T., Tahanan, P., Di, I., Induk, G., Pln, P. T., & Upt, P. (2025). *ANALISIS UJI KELAYAKAN CURRENT TRANSFORMER*. 10(April), 19–28.
- Isya Alfassa, A., Muni, A., Zulrahmadi, Rianto, B., & Yunita, F. (2024). Pemanfaatan Statistical Package for the Social Sciences (Spss) Untuk Analisis Data Statistik. *Jurnal Karya Abdi*, 5(1), 29–34. <https://doi.org/10.32520/karyaabdi.v5i1.3559>
- Rianto, B., Yunita, F., Amin, M., & Rahma, R. (2021). Information Systems of Official Trips At General Election Commission Office (Kpu)) Indragiri Hilir Regency. *Jurnal Teknologi Informasi Dan Pendidikan*, 14(1), 1–9. <https://doi.org/10.24036/tip.v14i1.369>
- Wildan Mahendra Ardiansyah. (2023). Peran Teknologi dalam Transformasi Ekonomi dan Bisnis di Era Digital. *JMEB Jurnal Manajemen Ekonomi & Bisnis*, 1, 1.