

# Analisa Kinerja Transformator Distribusi Kawanua Emerald City - Amethyst

Muhammad Ikhsan Wiranto, Lily S. Patras, Sartje Silimang.

Teknik Elektro Universitas Sam Ratulangi Manado, Jl. Kampus Bahu-Unsrat Manado, 95115  
Email: [muhammadwiranto45@gmail.com](mailto:muhammadwiranto45@gmail.com), [patraslily48@gmail.com](mailto:patraslily48@gmail.com), [sartje.silimang@unsrat.ac.id](mailto:sartje.silimang@unsrat.ac.id)

*Abstract-- Distribution transformer has an important role in everyday life, namely to distribute electrical energy to homes. Electrical energy itself is needed to run existing electronic furniture. The transformer itself has the capacity to distribute electrical energy, therefore the distribution transformer must be measured periodically to determine the performance of the transformer itself. The efficiency of using the transformer is when the transformer has a load of 60% - 80%. The Kawanua Emerald City – Amethyst housing estate has 4 (four) distribution transformers, each with a capacity of 250kVA. In measurements made in September 2021, each transformer in the Kawanua Emerald City – Amethyst housing on average only has a load below 3%, because the housing is relatively new, and there are still many unoccupied houses. Therefore, the performance of the transformer in the Kawanua Emerald City - Amethyst housing can be said to be able to distribute electrical energy in the housing. The use of load on each transformer when the entire housing unit has been occupied according to calculations, can reach more than 60%, which has touched the minimum number for transformer efficiency.*

**Keywords:** transformer, transformer performance, transformer efficiency, emerald city

*Abstrak-- Transformator distribusi memiliki peranan penting dalam kehidupan sehari-hari, yaitu untuk mendistribusikan energi listrik ke rumah-rumah. Energi listrik sendiri dibutuhkan untuk menjalankan perabotan elektronik yang ada. Transformator sendiri memiliki kapasitas untuk mendistribusikan energi listrik, maka dari itu transformator distribusi harus diukur secara berkala untuk mengetahui kinerja dari transformator itu sendiri. Efisiensi pemakaian transformator berada pada saat transformator memiliki beban 60% - 80%. Perumahan Kawanua Emerald City – Amethyst memiliki 4 (empat) buah transformator distribusi yang masing-masing memiliki kapasitas sebesar 250kVA. Pada pengukuran yang dilakukan pada bulan September 2021, setiap transformator yang ada di perumahan Kawanua Emerald City – Amethyst rata-rata hanya memiliki beban di bawah 3%, dikarenakan perumahan yang tergolong baru, dan masih banyak rumah yang belum ditinggali. Karena itu, kinerja transformator yang ada di perumahan Kawanua Emerald City – Amethyst dapat dibidang mampu untuk mendistribusikan energi listrik di perumahan tersebut. Penggunaan beban pada setiap transformator saat seluruh unit rumah telah ditinggali menurut perhitungan, dapat mencapai lebih dari 60%, dimana telah menyentuh angka minimal untuk efisiensi transformator.*

**Kata kunci:** transformator, kinerja transformator, efisiensi transformator, kawawua emerald city

## I PENDAHULUAN

Transformator merupakan peralatan listrik yang berfungsi untuk menaikkan dan menurunkan tegangan. Transformator termasuk peralatan penting dalam sistem kelistrikan, misalnya transformator distribusi untuk menurunkan tegangan dari tegangan menengah ke tegangan rendah untuk didistribusikan ke konsumen.

Transformator distribusi di Perumahan Kawanua Emerald City – Amethyst yang memiliki kapasitas masing – masing 250kVA guna untuk memenuhi kebutuhan listrik di tiga belas blok yang memiliki puluhan rumah dan beberapa ruko.

Kawanua Emerald City – Amethyst merupakan kawasan perumahan yang termasuk perumahan baru yang ada di Kota Manado. Setiap rumah yang ada di perumahan tersebut menggunakan daya 1300VA. Pada perkembangannya masih ada kemungkinan beberapa konsumen ingin menambahkan daya ke rumahnya masing – masing. Transformator yang berfungsi untuk mendistribusikan energi listrik juga belum pernah dilakukan pengukuran secara berkala dikarenakan perumahan yang tergolong baru.

### A. Transformator

Transformator atau trafo merupakan alat yang berfungsi untuk menaikkan atau menurunkan tegangan. Transformator biasa digunakan di gardu induk maupun gardu distribusi. Pada gardu induk, transformator yang digunakan biasanya adalah trafo step up (menaikkan tegangan). Dan pada gardu distribusi transformator yang digunakan adalah transformator step down (menurunkan tegangan). Adapun Transformator distribusi berfungsi untuk menurunkan tegangan dari tegangan Saluran Udara Tegangan Menengah (SUTM) 20kV ke tegangan rendah yaitu 400V.

Pada umumnya trafo di Indonesia memiliki sistem pendinginan ONAN yang dibebani dengan tipe siklus. Secara umum dengan suhu rata-rata Indonesia sekitar 30°C maka suatu trafo dapat dibebani kontinu sebesar 80% kapasitasnya. Namun trafo juga mampu dibebani hingga 110% kapasitasnya tetapi hanya untuk waktu kurang dari 4 jam.

### B. Prinsip Kerja Transformator

Transformator terdiri atas dua buah kumparan (primer dan sekunder) yang bersifat induktif. Kedua kumparan ini terpisah secara elektrik namun berhubungan secara magnetis melalui jalur yang memiliki reluctance rendah. Apabila kumparan primer dihubungkan dengan sumber tegangan bolak-balik maka fluks bolak-balik akan muncul di dalam inti yang dilaminasi, karena kumparan tersebut membentuk jaringan tertutup maka mengalirlah arus primer. Akibat adanya fluks di kumparan primer maka di kumparan primer terjadi induksi (self induction) dan terjadi pula induksi di kumparan sekunder karena pengaruh induksi dari kumparan

primer atau disebut sebagai induksi bersama (mutual induction) yang menyebabkan timbulnya fluks magnet di kumparan sekunder, maka mengalirlah arus sekunder jika rangkaian sekunder dibebani, sehingga energi listrik dapat ditransfer keseluruhan (secara magnetisasi).

### C. Bagian Utama Transformator

Bagian utama pada transformator merupakan bagian-bagian paling penting pada transformator. Bagian-bagian tersebut yaitu inti besi, kumparan, minyak transformator, tangki, dan bushing transformator.

#### 1. Inti Besi

Inti besi berfungsi untuk mempermudah jalan fluksi, yang ditimbulkan oleh arus listrik melalui kumparan. Pada transformator, inti besi dibuat dari lempengan-lempengan besi tipis yang beisolasi, untuk mengurangi panas (sebagai rugi-rugi besi) yang ditimbulkan oleh "Eddy Current"

#### 2. Kumparan

Kumparan beberapa lilitan kawat berisolasi akan membentuk suatu kumparan. Kumparan tersebut diisolasi, baik terhadap inti besi maupun terhadap kumparan lain disebelahnya dengan isolasi padat, seperti karton, pertinax

#### 3. Minyak Transformator

Sebagian besar transformator tenaga, kumparan-kumparan dan intinya direndam dalam minyak transformator, terutama transformator tenaga yang berkapasitas besar, karena minyak transformator mempunyai sifat sebagai media pemindah panas, dan bersifat sebagai isolasi, sehingga minyak transformator tersebut berfungsi sebagai media pendingin dan isolasi

#### 4. Tangki

Pada umumnya bagian-bagian dari transformator yang terendam minyak transformator berada dalam tangki. Untuk menampung pemuaiannya minyak transformator, tangki dilengkapi dengan konservator

#### 5. Bushing Transformator

Hubungan antara kumparan transformator ke jaringan luar melalui sebuah *bushing*, yaitu sebuah konduktor diselubung oleh isolator, yang sekaligus berfungsi sebagai penyekat antara konduktor tersebut dengan tangki transformator.

### D. Jenis – Jenis Transformator

Transformator memiliki 2 jenis, yaitu transformator step up dan transformator step down. Transformator step up biasanya terdapat di pembangkit listrik untuk menaikkan tegangan untuk masuk ke sistem transmisi, sedangkan transformator step down biasanya terdapat di gardu distribusi untuk menurunkan tegangan agar dapat didistribusikan untuk digunakan di rumah-rumah.

#### 1. Transformator *Step Up*

Transformator *Step Up* adalah transformator yang digunakan untuk menaikkan tegangan bolak-balik (AC). Pada transformator ini, jumlah lilitan kumparan sekunder lebih banyak daripada lilitan kumparan primer.

#### 2. Transformator *Step Down*

Transformator *Step Down* adalah transformator yang digunakan untuk menurunkan tegangan bolak-balik (AC). Pada transformator ini, jumlah lilitan kumparan primer lebih banyak daripada jumlah lilitan kumparan sekunder.

### E. Tap Changer Transformator

Pada sisi distribusi peningkatan efisiensi dapat dilakukan dengan menjaga tegangan terminal konsumen sampai pada batas yang ditentukan. Tegangan keluaran atau tegangan terminal konsumen dapat dikendalikan dengan pemasangan tapping pada sisi primer atau sekunder. Pada sisi distribusi peningkatan efisiensi dapat dilakukan dengan menjaga tegangan terminal konsumen sampai pada batas yang ditentukan. Tegangan keluaran atau tegangan terminal konsumen dapat dikendalikan dengan pemasangan tapping pada sisi primer atau sekunder. Perubahan posisi tapping dikendalikan oleh tap changer.

Tap Changer atau pengubah tapping adalah suatu alat pengubah tegangan dengan mengubah rasio perbandingan belitan transformator untuk mendapatkan tegangan operasi sekunder akibat adanya perubahan tegangan pada sisi primer. Pada umumnya Tap Changer dihubungkan dengan kumparan sisi Primer dengan pertimbangan lebih mudah cara penyambungan karena kumparan Primer terletak pada belitan paling luar, dan juga arus di sisi primer lebih kecil daripada disisi sekunder, tujuannya untuk memperkecil resiko bila terjadi los kontak dan dengan arus yang lebih kecil dapat dipergunakan ukuran/jenis konduktor yang kecil. Pemilihan tapping transformator berdasarkan pada penyesuaian besar tegangan primer transformator, besar tegangan yang diterima oleh kumparan primer transformator dipengaruhi oleh jatuh tegangan yang terjadi pada saluran.

### F. Tap Changer Transformator

Pada sisi distribusi peningkatan efisiensi dapat dilakukan dengan menjaga tegangan terminal konsumen sampai pada batas yang ditentukan. Tegangan keluaran atau tegangan terminal konsumen dapat dikendalikan dengan pemasangan tapping pada sisi primer atau sekunder. Pada sisi distribusi peningkatan efisiensi dapat dilakukan dengan menjaga tegangan terminal konsumen sampai pada batas yang ditentukan. Tegangan keluaran atau tegangan terminal konsumen dapat dikendalikan dengan pemasangan tapping pada sisi primer atau sekunder. Perubahan posisi tapping dikendalikan oleh tap changer.

Tap Changer atau pengubah tapping adalah suatu alat pengubah tegangan dengan mengubah rasio perbandingan belitan transformator untuk mendapatkan tegangan operasi sekunder akibat adanya perubahan tegangan pada sisi primer. Pada umumnya Tap Changer dihubungkan dengan kumparan sisi Primer dengan pertimbangan lebih mudah cara penyambungan karena kumparan Primer terletak pada belitan paling luar, dan juga arus di sisi primer lebih kecil daripada disisi sekunder, tujuannya untuk memperkecil resiko bila terjadi los kontak dan dengan arus yang lebih kecil dapat dipergunakan ukuran/jenis konduktor yang kecil. Pemilihan

tapping transformator berdasarkan pada penyesuaian besar tegangan primer transformator, besar tegangan yang diterima oleh kumparan primer transformator dipengaruhi oleh jatuh tegangan yang terjadi pada saluran.

#### G. Jenis-jenis Gardu Distribusi

Secara garis besar Gardu Distribusi dibedakan atas:

- a. Jenis pemasangannya:
  - a) Gardu pasangan luar: Gardu Portal, Gardu Cantol.
  - b) Gardu pasangan dalam: Gardu Beton, Gardu Kios.
- b. Jenis konstruksinya:
  - a) Gardu Beton (bangunan sipil: batu, beton).
  - b) Gardu Tiang: Gardu Portal, Gardu Cantol.
  - c) Gardu Kios.
- c. Jenis penggunaannya:
  - a) Gardu Pelanggan Umum.
  - b) Gardu Pelanggan Khusus.

Secara garis besar gardu distribusi dibedakan menjadi 3 jenis yaitu jenis pemasangannya, jenis konstruksinya dan jenis penggunaannya. Menurut Jenis Pemasangannya ialah gardu pasangan luar dan gardu pasangan dalam. Menurut Jenis Konstruksinya ialah gardu beton, gardu tiang dan gardu kios. Dan menurut Jenis Penggunaannya ialah gardu pelanggan umum dan gardu pelanggan khusus. Terdapat juga jenis gardu distribusi yang memiliki fungsi berbeda dengan gardu distribusi pada umumnya yaitu gardu hubung. Konstruksi gardu distribusi dirancang berdasarkan optimalisasi biaya terhadap maksud dan tujuan penggunaannya yang kadang kala harus disesuaikan dengan pemda setempat. Konstruksi yang digunakan difungsikan untuk menunjang dan mencapai kontinuitas pendistribusian pelayanan yang terjamin, mutu yang tinggi dan menjalin keselamatan bagi manusia.

##### a.) Gardu Portal

Gardu Portal adalah gardu listrik jenis terbuka (out-door) dengan memakai konstruksi dua tiang atau lebih. Tempat kedudukan transformator sekurang – kurangnya 3 meter di atas tanah dan ditambahkan platform sebagai fasilitas kemudahan kerja teknisi operasi dan pemeliharaan. Transformator dipasang pada bagian atas dan lemari panel atau PHB-TR pada bagian bawah. Lokasi penempatan gardu portal biasanya berdekatan langsung dengan daerah pelayanan konsumen, tegangan disalurkan ke konsumen melewati jurusan-jurusan, dan untuk setiap unit gardu portal dapat disalurkan sampai empat jurusan.

##### b.) Gardu Cantol

Gardu Cantol adalah tipe gardu distribusi jenis pasangan luar (outdoor) yang terpasang dengan konstruksi 1 tiang dan memiliki transformator yang terpasang jenis 3 fasa atau 1 fasa dengan tipe CSP (Completely Self Protected Transformator) yaitu peralatan switching dan proteksinya sudah terpasang lengkap dalam tangki transformator.

Perlengkapan perlindungan tambahan LA (Lightning Arrester) dipasang terpisah dengan penghantar hubung bagi tegangan rendah (PHB-TR) maksimum 2 jurusan dengan saklar pemisah pada sisi masuk dan pengaman lebur (type NH,NT) sebagai pengaman jurusan. Semua bagian konduktif terbuka (BKT) dan bagian konduktif ekstra (BKE) dihubungkan dengan pembumian sisi tegangan rendah.

##### c.) Gardu Beton

Gardu beton adalah gardu distribusi tipe pasangan dalam, karena pada umumnya seluruh komponen utama instalasi yaitu transformator, peralatan switching, dan proteksi terangkai didalam bangunan sipil yang dirancang, dibangun dan difungsikan dengan konstruksi bangunan pelindung terbuat dari beton (masonrywall building). Dalam pembangunannya semua peralatan di rancang dan dipasang pada lokasi sesuai dengan ukuran bangunan gardu. Konstruksi ini dimaksudkan untuk pemenuhan persyaratan terbaik bagi keselamatan ketenagalistrikan. Kapasitas transformator yang terpasang pada gardu beton biasanya lebih besar dibandingkan dengan jenis gardu lainnya, karena keamanan dari konstruksi bangunan. Pelayanan dari gardu beton biasanya untuk pemenuhan ditempatkan pada daerah – daerah pemukiman padat atau daerah kawasan industri. Peralatan hubung bagi tegangan menengah (PHB-TM) pada gardu beton berbentuk lemari yang disebut kubikel dan difungsikan sebagai alat penghubung dan pemutus pada sisi tegangan menengah. Sedangkan peralatan hubung bagi tegangan rendah (PHB-TR) berbentuk rangka terbuka tanpa panel pelindung yang disebut rak TR dan memiliki cabang jurusan yang akan menyalurkan tenaga listrik ke jaringan tegangan rendah.

##### d.) Gardu Kios

Gardu kios adalah bangunan prefabricated terbuat dari konstruksi baja, fiberglass atau kombinasinya, yang dapat dirangkai di lokasi rencana pembangunan gardu distribusi. Terdapat beberapa jenis konstruksi, yaitu kios kompak, kios modular dan kios bertingkat. Gardu ini dibangun ditempat-tempat yang tidak diperbolehkan membangun gardu beton. Karena sifat mobilitasnya, maka kapasitas transformator distribusi yang terpasang terbatas. Kapasitas maksimum adalah 400 kVA, dengan empat jurusan tegangan rendah. Khusus untuk kios kompak, seluruh instalasi komponen utama gardu sudah dirangkai selengkapnya di pabrik, sehingga dapat langsung diangkut ke lokasi dan disambungkan pada sistem distribusi yang sudah ada untuk

difungsikan sesuai tujuannya.

#### H. Komponen Utama Gardu Distribusi

##### a.) *Lightning Arrester* (LA).

*Lightning Arrester* berfungsi sebagai alat proteksi atau pengaman pada transformator distribusi dari tegangan lebih akibat surja petir.



Gambar 2. 1 Lightning Arrester

(Sumber: Studi Karakteristik Transien Lightning Arrester Pada Tegangan Menengah Berbasis Pengujian dan Simulasi.)

##### b.) *Fused Cut Out* (FCO atau CO)

*Fused Cut Out* (FCO atau CO) berfungsi sebagai alat pengaman pada Trafo Distribusi dari arus hubung singkat. Proteksi pada FCO ini dipasang dalam bentuk *Fuse Link* (kawat bentuk sikring) yang dapat disesuaikan dengan arus nominal pada Trafo yang terpasang.



Gambar 2. 2 Fused Cut Out

(Sumber: Sujito; Koordinasi Proteksi Arus Lebih Pada Jaringan Distribusi Menggunakan Software Edsa 2005.)

##### c.) Dudukan *Fuse Cut Out* dan *Arrester*.

Berfungsi untuk menempatkan *Fuse Cut Out* dan *Lightning Arrester*.



Gambar 2. 3 Dudukan fuse cut out

(Sumber: Imaduddin Ariefah; Tugas Sistem Proteksi)

##### d.) Konektor

Konektor merupakan alat yang berfungsi untuk mencabangkan kawat penghantar SUTM ke gardu.



Gambar 2. 4 Konektor

(Sumber: Buku PLN Jilid 4; Standar Konstruksi Gardu Distribusi dan Gardu Hubung Tenaga Listrik.)

##### e.)Tiang

Berfungsi untuk menopang transformator pada gardu distribusi.



Gambar 2.14 Tiang

(Tiang besi.)

##### f.) Dudukan Trafo

Dudukan transformator berfungsi untuk menempatkan Trafo Distribusi pada tiang.



Gambar 2. 5 Dudukan Transformator

(Dudukan trafo.)

g.) Panel Hubung Bagi Tegangan Rendah (PHB-TR)

Merupakan suatu kombinasi dari satu atau lebih perlengkapan hubung bagi tegangan rendah dengan peralatan kontrol, peralatan ukur, pengaman dan kendali yang saling berhubungan. Keseluruhannya dirakit lengkap dengan system pengawatan dan mekanis pada bagian-bagian penyangganya.



Gambar 2. 6 Panel hubung bagi tegangan rendah

Komponen dari PHB-TR yaitu sebagai berikut:

- *NH-Fuse*, berfungsi untuk mengamankan Trafo Distribusi dari arus lebih yang disebabkan oleh hubung singkat pada Jaringan Udara Tegangan Menengah (SUTM) maupun karena beban lebih.



Gambar 2.17 NH Fuse

- Rel Tembaga atau Rel Jurusan, berfungsi untuk menghubungkan tegangan dari beberapa komponen pada PHB-TR.



Gambar 2. 7 Rel Tembaga/Rel Jurusan

- KWh MTD (*Kilo Watt hour Monitor Trafo Distribusi*), berfungsi untuk menghitung pemakaian daya pada gardu.



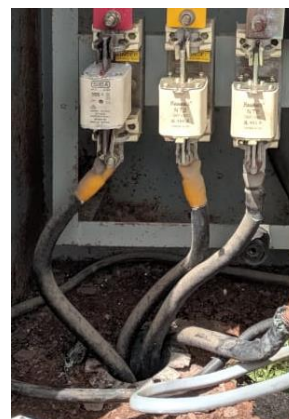
(Sumber: Suhinar El; Instalasi Listrik Setelah KWh dan MCB Utama yang lebih handal.)

- Saklar utama, sebagai pemutus dan penghubung saluran sirkuit masuk.



Gambar 2.20 Saklar Utama  
(Sumber: Hengki Chandra; Tugas Makalah Instalasi Listrik.)

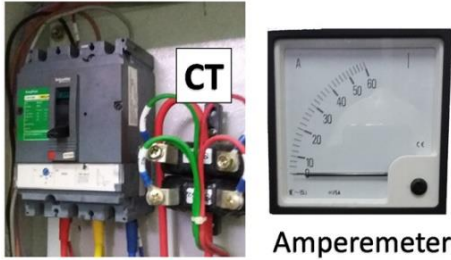
- Kabel Turun (Kabel penghubung dari Trafo ke PHB-TR) bisa berupa kabel NYY atau NYFGBY dengan ukuran disesuaikan dengan kebutuhan dan Trafo Distribusi yang terpasang.



Gambar 2. 9 Kabel Penghubung dari transformator ke PHB-TR

- Trafo Arus atau *Current Transformer (CT)*, berfungsi untuk mengkonversi arus besar ke arus kecil guna pengukuran sesuai batas alat ukur, juga sebagai proteksi dan isolasi dari sirkuit sekunder dari sisi primernya.





Gambar 2. 10 Trafo arus

( Sumber: Rahmad Azly; Ampere Meter, CT (Current Transformer) dan Perhitungannya.)

- Kabel naik atau kabel jurusan (bisa berupa NYY atau NYFGBY) dengan ukuran sesuai dengan kebutuhan.



Gambar 2. 11 Kabel Jurusan

## I. Efisiensi Transformator

Transformator yang ideal adalah Transformator yang memiliki 100% efisiensi yaitu trafo yang tidak terjadi kehilangan daya sama sekali. Namun Trafo yang ideal atau yang sempurna ini hampir dapat dikatakan tidak mungkin akan tercapai, hal ini dikarenakan adanya beberapa faktor yang menyebabkan terjadi kerugian atau kehilangan daya. Faktor-faktor tersebut diantaranya adalah faktor yang disebabkan oleh Inti Besi yang biasanya disebut dengan *Core Loss* atau *Iron Loss* dan faktor yang disebabkan oleh Kumparan atau lilitan pada Trafo itu sendiri yang biasanya disebut dengan *Copper loss*.

Efisiensi transformator dapat didefinisikan sebagai perbandingan antara daya listrik keluaran ( $P_{\text{output}}$ ) dengan daya listrik masukan ( $P_{\text{input}}$ ). Efisiensi transformator dapat dirumuskan dengan persamaan sebagai berikut:

$$\eta = \frac{P_{\text{output}}}{P_{\text{input}}} \times 100\%$$

dimana:

$\eta$  = efisiensi PLN

$P_{\text{input}}$  = daya listrik masukan ke gardu

$P_{\text{output}}$  = daya listrik keluaran gardu ke pelayanan beban

100% = perbandingan keluaran terhadap masukan yang dinyatakan dalam desimal untuk mengubahnya menjadi presentase.

Rumus-rumus turunan untuk efisiensi transformator lainnya:

$$\eta = \left( \frac{V_s \times I_s}{V_p \times I_p} \right) \times 100\%$$

$$\eta = \left( \frac{P_{\text{out}}}{P_{\text{out}} + \text{Copper loss} + \text{Core loss}} \right) \times 100\%$$

$$\eta = \frac{(P_{\text{input}} - \text{Losses})}{P_{\text{input}}} \times 100\%$$

$$\eta = \frac{N_s \times I_s}{N_p \times I_p} \times 100\%$$

Dimana:

$\eta$  = Efisiensi Transformator

$V_s$  = Tegangan Sekunder

$V_p$  = Tegangan Primer

$I_s$  = Arus Sekunder

$I_p$  = Arus Primer

$N_s$  = Lilitan Sekunder

$N_p$  = Lilitan Primer

## J. Keseimbangan Beban

Kebutuhan energi listrik menjadi kebutuhan utama bagi masyarakat. Dengan itu dibutuhkan cara penyaluran energi listrik yang sangat baik. Namun memang tidak akan ada hal yang ideal saat ini. Begitu pula dengan penyaluran energi listrik. Sistem penyaluran energi listrik yang dilakukan di Indonesia adalah sistem penyaluran dengan 3 fasa (fasa R, fasa S, dan fasa T). Selain itu Indonesia memakai sistem transmisi dan distribusi dimana sistem transmisi adalah sistem penyaluran daya dengan menaikkan tegangan yang selanjutnya diturunkan lagi pada sistem distribusi. Penggunaan energi listrik pelanggan sering kali memiliki jam operasi yang berbeda, akibatnya arus beban yang mengalir di setiap fasa tidak akan sama mengalir pada fasa netral. Dalam proses menaikkan dan menurunkan tegangan digunakanlah transformator 3 fasa. Dalam keadaan ideal, transformator 3 fasa akan mempunyai nilai yang sama pada tiap fasanya, yang berbeda hanyalah sudut fasanya yaitu harus  $120^\circ$ . Untuk menghitung daya yang didistribusikan oleh transformator, dapat menggunakan rumus;

$$P = P_R + P_S + P_T$$

## K. Ketidakseimbangan Beban

Ketidakseimbangan beban pada suatu sistem distribusi tenaga listrik selalu terjadi dan penyebab ketidakseimbangan tersebut adalah pada beban-beban satu fasa pada pelanggan jaringan tegangan rendah. Akibat ketidakseimbangan beban tersebut muncullah arus di netral trafo. Arus yang mengalir di netral trafo ini menyebabkan terjadinya losses (rugi-rugi), yaitu losses akibat adanya arus netral pada penghantar netral trafo dan losses akibat arus netral yang mengalir ke tanah.

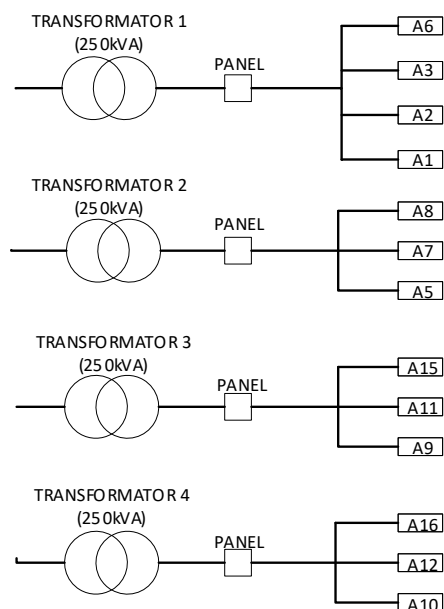
Persamaan beban arus seimbang ditunjukkan pada persamaan dibawah ini :

$$I_{\text{Rata-rata}} = \frac{I_R + I_S + I_T}{3}$$

## II. Data dan Perhitungan

### A. Sistem Tenaga Listrik pada Perumahan

Perumahan Kawanua Emerald City – Amethyst adalah sebuah perumahan dengan beban listrik yang diperlukan sekitar 600kVA dan untuk mensupply kebutuhan energy listrik ini maka digunakan 4 buah supply yakni dari PLN. diagram satu garis dari sistem distribusi ini dapat dilihat pada gambar di bawah ini.



### B. Data Transformator

Transformator adalah alat yang mengubah energy dari satu rangkaian ke rangkaian lainnya, dan transformator yang digunakan disini merupakan trafo distribusi untuk mendukung kebutuhan akan energy listrik di Perumahan ini terlayani dengan baik. Adapun trafo yang digunakan disini terdiri dari 4 buah yang masing-masing mempunyai kapasitas sebesar 250 kVA.

Transformator 1 terletak pada daerah perumahan blok A1, A2, A3, A6. Transformator 2 bertugas untuk mendistribusikan energi listrik ke tiga blok perumahan, yaitu blok A5 A7 A8. Transformator 3 bertugas untuk mendistribusikan energi listrik ke tiga blok perumahan, yaitu blok A9 A10 A15. Transformator 4 bertugas untuk mendistribusikan energi listrik ke tiga blok perumahan, yaitu blok A10 A12 A16. Transformator yang digunakan adalah trafo bukan trafo kering karena menggunakan oli sebagai pendingin dan isolasi, dan menggunakan tapping untuk mengantisipasi kenaikan beban di masa datang.

Adapun data spesifikasi transformator dapat dilihat pada table dibawah ini:

No.		
1	Kapasitas	250 kVA
2	Ratio Tegangan	20000 /400V
3	Vektor Grup	Dyn5
4	Tipe Pendinginan	ONAN
6	Frekuensi	50 Hz
7	Fasa	3
8	Impedansi	4 %
9	Minyak Isolasi	Mineral
10	BIL	125 kV
11	Tap Changer	7 Tap

### C. Data Pengukuran Transformator

Data pengukuran yang diperoleh pada saat dilakukan pemeliharaan dari transformator, antara lain : pengukuran arus tiap fasa dari tiap transformator dan tegangan fasa-netral dari tiap transformator yang ada.

Pengukuran data Transformator dilakukan di perumahan Kawanua Emerald City – Amethyst. Ada empat transformator yang diukur dalam pengukuran ini. Pengukuran transformator dilakukan dengan jadwal satu minggu dengan tiga kali pengukuran selama satu bulan pada September 2021.

#### A. Data Pengukuran Transformator 1

Transformator 1 memiliki kapasitas sebesar 250kVA dan bertugas untuk menyalurkan energi listrik ke empat blok, yaitu blok A1, A2, A3 dan A6. Di bawah ini merupakan data pengukuran pada transformator 1 selama bulan September 2021.

Tanggal	V			I			
	R	S	T	R	S	T	N
1	221.5V	222.2 V	223	13.9A	17.1A	11.4A	12.6A
3	234 V	234.3 V	234.7V	13.7A	12.4A	6.6A	8.4A
7	234 V	233.9 V	234.2V	6.6A	11.7A	12.7A	9.5A
8	234.3 V	234.3 V	234.7V	9.8A	12.3A	14.7A	7.3A
10	233.4 V	233.5 V	233.7V	10.4A	10.2A	17.2A	10.5A
14	228.4 V	228 V	228.6V	14.5A	15.1A	28A	13.1A
16	228.8 V	228.5V	229.2V	11.3A	8.3A	10.7A	7.2A
17	227 V	226.8V	227.6V	6A	11.7A	18.4A	12.3A
22	238.4 V	238.4V	238.8V	8.1A	8.8A	22.3A	13.1A
23	241.9 V	241.5V	242.3V	7.5A	11.8A	13.3A	8.7A
27	229.4 V	229.4V	230.1V	14.5A	12.1A	13.8A	7.2A
28	232 V	232.1V	232.6V	12.8A	8.1A	15.3A	7.7A
29	232.8 V	232.9V	233.4V	24.7A	12.3A	16.1A	11.7A
Total	3015.9V	3015.8V	3022.9V	153.8A	151.9A	200.5A	129.3A
Rata-rata	232 V	232V	232.5V	11.8A	11.7A	15.4A	9.9A

## B. Data Pengukuran Transformator 2

Transformator 2 memiliki kapasitas sebesar 250kVA dan bertugas untuk menyalurkan energi listrik ke tiga blok, yaitu blok A5, A7 dan A8. Di bawah ini merupakan data pengukuran pada transformator 2 selama bulan September 2021.

Tanggal	V			I			
	R	S	T	R	S	T	N
1	216.3V	217V	218.2V	7.2A	1A	8.3A	5.7A
3	228.4V	228.4V	228.9V	9A	1.7A	6.4A	6.4A
7	228.2V	228.3V	228.5V	0.9A	1.1A	8.9A	7.2A
8	228.5V	228.5V	228.9V	6.1A	5.2A	10.1A	5.5A
10	227.6V	227.9V	228.1V	3.9A	3A	11.2A	7.6A
14	222.8V	222.4V	223.3V	7.1A	6.4A	9.5A	5.3A
16	223.1V	223V	223.4V	6.7A	1.4A	9.2A	8.4A
17	221.4V	221.5V	221.9V	1.1A	1.6A	5.6A	4.2A
22	232.6V	232.4V	233V	2A	9.5A	7.7A	6.1A
23	235.8V	235.3V	236.3V	1.4A	10.9A	4.5A	9.9A
27	223.9V	223.8V	224.3V	3.9A	1.8A	6.6A	5.1A
28	226.1V	226.4V	226.9V	12.6A	7.8A	12.4A	6.2A
29	227.1V	227.1V	227.6V	13.2A	2A	8A	11.1A
Total	2941.8V	2942V	2949.3V	75.1A	53.4A	108.4A	88.7A
Rata-rata	226.3V	226.3V	226.8V	5.8A	4.1A	8.3A	6.8A

## C. Data Pengukuran Transformator 3

Transformator 3 memiliki kapasitas sebesar 250kVA dan bertugas untuk menyalurkan energi listrik ke tiga blok, yaitu blok A9, A11 dan A15. Di bawah ini merupakan data pengukuran pada transformator 3 selama bulan September 2021.

Tanggal	V			I			
	R	S	T	R	S	T	N
1	215V	216.1V	217.5V	7.5A	2.7A	14.9A	6A
3	227.6V	227.9V	228.3V	9.6A	2.5A	10.4A	6.3A
7	226.8V	227.1V	227.4V	5.2A	1A	7.9A	4.5A
8	228.4V	228.5V	228.9V	5.8A	1.1A	20.4A	7.9A
10	226.9V	226.9V	227.3V	6.9A	3.1A	3.5A	2.9A
14	222.5V	222.2V	223V	10.7A	3.2A	10.4A	5.1A
16	222.9V	222.9V	223.6V	13A	17.3A	4.2A	13.4A
17	221.3V	221.4V	221.9V	12.2A	3.1A	5.2A	5.4A
22	232.5V	232.6V	233.1V	12.9A	4.3A	5A	8.2A
23	235.7V	235.5V	236.3V	13.3A	3.3A	10.7A	8.4A
27	223.7V	223.6V	224.3V	7.6A	1.3A	12A	7.1A
28	224.9V	225V	225.7V	19.3A	3.7A	12A	11.4A
29	227.4V	227.6V	227.9V	18.3A	3.6A	21.5A	16A
Total	2935.6V	2937.3V	2945.2V	142.3A	50.2A	138.1A	102.6A
Rata-rata	225.8V	225.9V	226.9V	10.9A	3.8A	10.6A	7.9A

## D. Data Pengukuran Transformator 4

Transformator 4 memiliki kapasitas sebesar 250kVA dan bertugas untuk menyalurkan energi listrik ke tiga blok, yaitu blok A10, A12 dan A16. Di bawah ini merupakan data pengukuran pada transformator 4 selama bulan September 2021.

Tanggal	V			I			
	R	S	T	R	S	T	N
1	211.2V	211.3V	212.8V	2.5A	18.1A	11A	10.5A
3	222.2V	222.2V	222.8V	10.1A	17.3A	16.3A	7.7A
7	222V	221.9V	222.3V	1.5A	14.9A	6.5A	13.3A
8	222.9V	222.7V	223.3V	3.6A	17.2A	11.5A	12.8A
10	221.3V	221.3V	221.9V	10.3A	15.7A	4.9A	7.6A
14	217.2V	216.6V	217.6V	4.2A	15.6A	9.6A	12.3A
16	217.7V	217.4V	217.9V	6.1A	13.7A	5.9A	8.9A
17	215.9V	215.8V	216.4V	8.6A	20.9A	10.5A	8.1A
22	226.9V	226.8V	227.4V	5.4A	8.7A	8.4A	9.6A
23	230V	229.1V	230.5V	6.9A	10.6A	8.1A	3.2A
27	218.3V	218.1V	218.8V	4.8A	13.7A	11.3A	9.2A
28	219.8V	218.6V	214.9V	3.4A	12.3A	7.9A	7.3A
29	221.9V	221.8V	224.1V	10A	11.7A	9.8A	2.8A
Total	2867.3V	2863.6V	2870.7V	77.4A	190.4A	121.7A	113.3A
Rata-rata	220.5V	220.3V	220.8V	5.9A	14.6A	9.3A	8.7A

## III. Analisa Data

### A. Analisa Kinerja Transformator Distribusi

Analisa yang dilakukan bertujuan untuk mengetahui berapa persen kapasitas transformator yang digunakan di perumahan, dan untuk mengetahui berapa beban seimbang untuk setiap fasa.

#### a.) Transformator 1

Transformator 1 memiliki kapasitas sebesar 250kVA dan bertugas untuk menyalurkan listrik ke empat blok perumahan, yaitu blok A1, A2, A3 dan A6. Pada data pengukuran yang diambil pada bulan september 2021, rata-rata tegangan pada fasa R adalah 232V dan arus sebesar 11.8A. Pada fasa S memiliki tegangan rata-rata yang sama, yaitu sebesar 232V dan arus sebesar 11.7A. Dan pada fasa T memiliki rata-rata tegangan sebesar 232.5V dan arus sebesar 15.4A. Di bawah ini merupakan analisa terhadap kapasitas pada transformator 1 serta persamaan beban seimbang tiap fasa pada transformator 1.

Untuk menghitung total daya yang dibebankan pada transformator, penulis memakai rumus:  $P = P_R + P_S + P_T$

$$P_R = 232 \times 11.8 = 2737.6VA$$

$$P_S = 232 \times 11.7 = 2714.4VA$$

$$P_T = 232.5 \times 15.4 = 3580.5VA$$

$$P = 2737.6 + 2714.4 + 3580.5 = 9032.5VA$$

Total daya rata-rata yang dibebankan pada transformator 1, adalah sebesar 9032.5VA



Untuk menghitung berapa persen kapasitas yang digunakan pada transformator 1, penulis menggunakan rumus:

$$\eta = \frac{P_{output}}{P_{input}} \times 100\% \text{ dimana, } P_{output} = 9032.5\text{VA dan } P_{input} = 250000\text{VA}$$

$$\eta = \frac{P_{output}}{P_{input}} \times 100\%$$

$$\eta = \frac{9032.5}{250000} \times 100\% = 3.6\%$$

Dari hasil perhitungan di atas menunjukkan bahwa transformator 1 hanya menggunakan 3.6% dari total kapasitas transformator.

Untuk menghitung persamaan arus beban seimbang, penulis menggunakan rumus:  $I_{Rata-rata} = \frac{I_R + I_S + I_T}{3}$  dimana,  $I_R = 11.8\text{A}$ ;  $I_S = 11.7\text{A}$ ;  $I_T = 15.4\text{A}$

$$I_{Rata-rata} = \frac{11.8 + 11.7 + 15.4}{3} = 12.96\text{A}$$

Berdasarkan perhitungan di atas, untuk beban seimbang dari setiap fasa memiliki nilai sebesar 12.96A.

#### b). Transformator 2

Transformator 2 memiliki kapasitas sebesar 250kVA dan bertugas untuk menyalurkan listrik ke tiga blok perumahan, yaitu blok A5, A7 dan A8. Pada data pengukuran yang diambil pada bulan september 2021, rata-rata tegangan pada fasa R adalah 226.3V dan arus sebesar 5.8A. Pada fasa S memiliki tegangan rata-rata yang sama, yaitu sebesar 226.3V dan arus sebesar 4.1A. Dan pada fasa T memiliki rata-rata tegangan sebesar 226.8V dan arus sebesar 8.3A. Di bawah ini merupakan analisa terhadap kapasitas pada transformator 2 serta persamaan beban seimbang tiap fasa pada transformator 2.

Untuk menghitung total daya yang dibebankan pada transformator, penulis memakai rumus:  $P = P_R + P_S + P_T$

$$\begin{aligned} P_R &= 226.3 \times 5.8 = 1312.5\text{VA} \\ P_S &= 226.3 \times 4.1 = 927.8\text{VA} \\ P_T &= 226.8 \times 8.3 = 1882.4\text{VA} \\ P &= 1312.5 + 927.8 + 1882.4 = 4122.7\text{VA} \end{aligned}$$

Total daya rata-rata yang dibebankan pada transformator 2, adalah sebesar 4122.7VA

Untuk menghitung berapa persen kapasitas yang digunakan pada transformator 2, penulis menggunakan rumus:  $\eta = \frac{P_{output}}{P_{input}} \times 100\%$  dimana,  $P_{output} = 4122.7\text{ VA}$  dan  $P_{input} = 250000\text{VA}$

$$\eta = \frac{4122.7}{250000} \times 100\% = 1.65\%$$

Dari hasil perhitungan di atas menunjukkan bahwa transformator 2 hanya menggunakan 1.65% dari total kapasitas transformator.

Untuk menghitung persamaan arus beban seimbang, penulis menggunakan rumus:  $I_{Rata-rata} = \frac{I_R + I_S + I_T}{3}$  dimana,  $I_R = 5.8\text{A}$ ;  $I_S = 4.1\text{A}$ ;  $I_T = 8.3\text{A}$

$$I_{Rata-rata} = \frac{5.8 + 4.1 + 8.3}{3} = 5.9\text{A}$$

Berdasarkan perhitungan di atas, untuk beban seimbang dari setiap fasa memiliki nilai sebesar 5.9A.

#### c). Transformator 3

Transformator 3 memiliki kapasitas sebesar 250kVA dan bertugas untuk menyalurkan listrik ke tiga blok perumahan, yaitu blok A9, A11 dan A15. Pada data pengukuran yang diambil pada bulan september 2021, rata-rata tegangan pada fasa R adalah 225.8V dan arus sebesar 10.9A. Pada fasa S memiliki tegangan rata-rata sebesar 225.9V dan arus sebesar 3.8A. Dan pada fasa T memiliki rata-rata tegangan sebesar 226.9V dan arus sebesar 10.6A. Di bawah ini merupakan analisa terhadap kapasitas pada transformator 3 serta persamaan beban seimbang tiap fasa pada transformator 3.

Untuk menghitung total daya yang dibebankan pada transformator, penulis memakai rumus:  $P = P_R + P_S + P_T$

$$\begin{aligned} P_R &= 225.8 \times 10.9 = 2461.2\text{VA} \\ P_S &= 225.9 \times 3.8 = 858.4\text{VA} \\ P_T &= 226.9 \times 10.6 = 2405.1\text{VA} \\ P &= 2461.2 + 858.4 + 2405.1 = 5724.7\text{VA} \end{aligned}$$

Total daya rata-rata yang dibebankan pada transformator 3, adalah sebesar 5724.7VA

Untuk menghitung berapa persen kapasitas yang digunakan pada transformator 3, penulis menggunakan rumus:  $\eta = \frac{P_{output}}{P_{input}} \times 100\%$  dimana,  $P_{output} = 5724.7\text{ VA}$  dan  $P_{input} = 250000\text{VA}$

$$\eta = \frac{5724.7}{250000} \times 100\% = 2.29\%$$

Dari hasil perhitungan di atas menunjukkan bahwa transformator 3 hanya menggunakan 2.29% dari total kapasitas transformator.

Untuk menghitung persamaan arus beban seimbang, penulis menggunakan rumus:  $I_{\text{Rata-rata}} = \frac{I_R + I_S + I_T}{3}$  dimana,  $I_R = 10.9\text{A}$ ;  $I_S = 3.8\text{A}$ ;  $I_T = 10.6\text{A}$

$$I_{\text{Rata-rata}} = \frac{10.9 + 3.8 + 10.6}{3} = 8.43\text{A}$$

Berdasarkan perhitungan di atas, untuk beban seimbang dari setiap fasa memiliki nilai sebesar 8.43A.

d). Transformator 4

Transformator 4 memiliki kapasitas sebesar 250kVA dan bertugas untuk menyalurkan listrik ke tiga blok perumahan, yaitu blok A10, A12 dan A16. Pada data pengukuran yang diambil pada bulan september 2021, rata-rata tegangan pada fasa R adalah 220.5V dan arus sebesar 5.9A. Pada fasa S memiliki tegangan rata-rata sebesar 220.3V dan arus sebesar 14.6A. Dan pada fasa T memiliki rata-rata tegangan sebesar 220.8V dan arus sebesar 9.3A. Di bawah ini merupakan analisa terhadap kapasitas pada transformator 4 serta persamaan beban seimbang tiap fasa pada transformator 4.

Untuk menghitung total daya yang dibebankan pada transformator, penulis memakai rumus:

$$P = P_R + P_S + P_T$$

$$P_R = 220.5 \times 5.9 = 1300.9\text{VA}$$

$$P_S = 220.3 \times 14.6 = 3216.4\text{VA}$$

$$P_T = 220.8 \times 9.3 = 2053.4\text{VA}$$

$$P = 1300.9 + 3216.4 + 2053.4 = 6552.7\text{VA}$$

Total daya rata-rata yang dibebankan pada transformator 4, adalah sebesar 6552.7VA

Untuk menghitung berapa persen kapasitas yang digunakan pada transformator 4, penulis menggunakan rumus:

$$\eta = \frac{P_{\text{output}}}{P_{\text{input}}} \times 100\% \text{ dimana, } P_{\text{output}} = 6552.7\text{VA dan } P_{\text{input}} = 250000\text{VA}$$

$$\eta = \frac{6522.7}{250000} \times 100\% = 2.62\%$$

Dari hasil perhitungan di atas menunjukkan bahwa transformator 4 hanya menggunakan 2.62% dari total kapasitas transformator.

Untuk menghitung persamaan arus beban seimbang, penulis menggunakan rumus:  $I_{\text{Rata-rata}} = \frac{I_R + I_S + I_T}{3}$  dimana,  $I_R = 5.9\text{A}$ ;  $I_S = 14.6\text{A}$ ;  $I_T = 9.3\text{A}$

$$I_{\text{Rata-rata}} = \frac{5.9 + 14.6 + 9.3}{3} = 9.93\text{A}$$

Berdasarkan perhitungan di atas, untuk beban seimbang dari setiap fasa memiliki nilai sebesar 9.93A

#### IV. Kesimpulan

1. Berdasarkan hasil analisa data yang didapatkan dari pengukuran pada Transformator 1 bulan September 2021, transformator 1 merupakan transformator yang memiliki beban paling banyak dibandingkan dengan transformator lainnya. Hal ini disebabkan oleh banyaknya blok yang disuplai oleh transformator 1, yaitu sebanyak empat blok. Namun, beban yang ditanggung oleh transformator termasuk kecil karena hanya 3.6% dari kapasitas Transformator 1, yaitu 250kVA.
2. Berdasarkan hasil analisa data yang didapatkan dari pengukuran pada transformator 2 pada bulan September 2021, Transformator 2 merupakan transformator yang memiliki beban yang paling rendah yaitu sebesar 1.65% dari total kapasitas Transformator 2 yaitu 250kVA.
3. Berdasarkan hasil analisa data yang didapatkan dari pengukuran pada transformator 3 pada bulan September 2021, beban yang ditanggung oleh transformator 3 sebesar 2.29% dari kapasitas transformator 3. Beban yang ditanggung oleh transformator 3 termasuk kecil untuk ukuran transformator yang berkapasitas 250kVA.
4. Berdasarkan hasil analisa data yang didapatkan dari pengukuran pada transformator 4 pada bulan September 2021, transformator 4 memiliki beban sebesar 2.62% dari kapasitas transformator 4. Nilai tersebut termasuk kecil mengingat kapasitas transformator 4, yaitu 250kVA.
5. Berdasarkan empat kesimpulan awal dari tiap-tiap transformator, seluruh transformator menanggung beban yang termasuk kecil mengingat kapasitas setiap transformator yaitu 250kVA. Hal ini disebabkan masih banyak rumah yang belum ditinggali.
6. Berdasarkan analisa data pada setiap transformator, setiap transformator memiliki arus yang berbeda di setiap fasa. Hal ini disebabkan oleh tidak sebangunnya rumah yang ditinggali di setiap blok yang disuplai oleh transformator sehingga mengakibatkan arus yang berbeda pada setiap fasa di tranformator.

#### B). Saran

Melihat dari analisa data transformator pada bulan September 2021, saran yang dapat penulis sampaikan pada pihak pengelola Kawanua Emerald City – Amethyst untuk lebih cepat melakukan serah terima dari rumah yang belum ditinggali agar arus pada setiap transformator dapat lebih seimbang.

## DAFTAR PUSTAKA

Abdillah, Fazari, Margo Pujiantara dan Soedibjo. 2014. *Penyeimbang Beban Pada Gardu Distribusi Dengan Metode Seimbang Beban Harian Di PT. PLN Area Bukittinggi*. Surabaya: Indonesia

Kartiko, Bangkit Wahyudian. Negara, I Made Yulistia dan Arif Musthofa. 2013. *Studi Karakteristik Transien Lightning Arrester Pada Tegangan Menengah Berbasis Pengujian dan Simulasi. Jurusan Teknik Elektro. Fakultas Teknologi Industri. Institut Sepuluh November (ITS)*. Surabaya: Indonesia

Sujito. 2005. *Koordinasi Proteksi Arus Lebih Pada Jaringan Distribusi Menggunakan Software Edsa*. Malang: Indonesia

*Buku PLN Jilid 4. Standar Konstruksi Gardu Distribusi dan Gardu Hubung Tenaga Listrik.*

Suryawan, I Putu Weda. Amrita, Anak Agung Ngurah dan Widyadi Setiawan. 2018. *Analisis Penyeimbangan Beban Pada Transformator Distribusi Menggunakan Metode Fuzzy*. Bali: Indonesia

Susanto, Haryanti. 2017. *Sistem Distribusi Tenaga Listrik. Jakarta Barat: Universitas Mercu Buana*.

Tanjung, Abrar dan Atmam. 2016. *Analisis Kinerja Transformator Distribusi Rusunawa Universitas Lancang Kuning Pekanbaru*. Pekanbaru: Indonesia

Syakur, Abdul. 2010. *Kinerja Arrester Akibat Induksi Sanbaran Petir*. Semarang: Indonesia

Okdiansyah, Muhammad Holik. 2017. *Instalasi Sistem Trafo Pemakaian Sendiri Di Gardu Induk 150kV Jajar*. Surakarta: Indonesia

Situmorang, Benson Marnata. 2011. *Analisis Biaya Trafo Akibat Rugi-rugi Daya Total Dengan Metode Nilai Tahunan (Annual Worth Method)*. Depok: Indonesia

Harahap, Raja dan Julius alfrado Pakpahan. 2018. *Analisa Pengukuran Ratio Transformator Daya Yang Menggunakan On Load Tap Changer (Aplikasi Pada Transformator Daya Paya Geli PLN Medan)*. Medan: Indonesia.

Setiono, Bobby. 2021. *Analisis Kinerja Sistem Proteksi Transformator Tenaga Berdasarkan Frekuensi Gangguan Di Gardu Induk 150kV Kalibakal*. Purwokerto: Indonesia

Sabari, Yudi Yantoro. 2013. *Pemeliharaan Minyak Transformator Pada Minyak Transformator Nomor 4 Di Gardu Induk Kebasen*. Tegal: Indonesia



**Muhammad Ikhsan Wiranto** lahir pada Tanggal 20 Maret 1998 di Kota Manado, Provinsi Sulawesi Utara. Pada tahun 2016 memulai pendidikan di Universitas Sam Ratulangi, Fakultas Teknik, Jurusan Teknik Elektro, dengan mengambil Konsentrasi Minat Teknik Tenaga Listrik pada tahun 2018. Dalam menempuh pendidikan, penulis juga pernah melaksanakan Kerja Praktek yang bertempat di PT. Jago Elfah Anugerah pada bulan Mei-Juli tahun 2019. Penulis selesai menempuh pendidikan di Fakultas Teknik Elektro Universitas Sam Ratulangi Manado pada tahun 2021, dengan judul penelitian yaitu Analisa Kinerja Transformator Distribusi Kawanua Emerald City – Amethyst.