

ANALISA PEMBANGUNAN GARDU JENIS CANTOL GUNA MENUNJANG PASANG BARUDAYA 66 KVA DI PT PLN (PERSERO)-KARAWANG KOTA

Dava Aulia Maulana, Ulinnuha latifa

Teknik Elektro, Universitas Singaperbangsa Karawang
Jl. HS.Ronggo Waluyo, Karawang, Indonesia
2110631160006@student.unsika.ac.id

ABSTRAK

Permintaan energi listrik di sektor komersial terus meningkat, sehingga diperlukan infrastruktur distribusi listrik yang handal. Salah satu elemen penting dalam sistem distribusi adalah gardu tipe cantol, yang berperan dalam menurunkan tegangan dari jaringan menengah sebelum disalurkan ke pelanggan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pembangunan gardu distribusi tipe cantol dalam mendukung pemasangan daya baru sebesar 66 kVA di PT PLN (Persero) ULP Karawang Kota. Metode yang diterapkan mencakup analisis teknis terhadap tahapan perencanaan, persiapan, instalasi, hingga operasional gardu distribusi. Hasilnya menunjukkan bahwa pembangunan gardu telah sesuai dengan standar PLN, dengan daya transformator sebesar 100 kVA yang mampu memenuhi kebutuhan daya pelanggan. Pengukuran tegangan menunjukkan kestabilan dalam rentang aman untuk sistem listrik tiga fasa, sedangkan hasil awal pengukuran arus menunjukkan nol ampere karena belum adanya beban pelanggan yang aktif. Selain itu, sistem pentanahan memenuhi standar resistansi di bawah 5 Ohm, dan hasil pengukuran urutan fasa menunjukkan konfigurasi yang tepat, memastikan keandalan sistem dalam mendukung operasional listrik di lokasi tersebut. Dengan demikian, gardu distribusi ini diharapkan mampu meningkatkan keandalan dan efisiensi pasokan listrik bagi sektor komersial di Karawang Kota.

Kata kunci : *Sistem Distribusi Tenaga Listrik, Gardu Distribusi, Gardu Cantol, Trafo Distribusi, Papan Hubung Bagi Tegangan Rendah*

1. PENDAHULUAN

Listrik memiliki peran yang sangat penting dalam kehidupan manusia. Seiring dengan kemajuan teknologi dan perkembangan zaman, kebutuhan akan listrik terus meningkat untuk mendukung berbagai aktivitas. Keterbatasan pasokan listrik dapat menghambat kelancaran kegiatan yang bergantung pada energi listrik [1].

Energi listrik kebutuhan utama dalam kehidupan manusia, baik di sektor rumah tangga, industri, maupun komersial. Seiring dengan perkembangan teknologi dan pertumbuhan ekonomi, permintaan terhadap energi listrik terus meningkat. PT PLN (Persero) sebagai penyedia layanan kelistrikan memiliki peran strategis dalam memastikan ketersediaan pasokan listrik yang andal dan berkelanjutan.

Salah satu infrastruktur penting dalam sistem distribusi tenaga listrik adalah gardu distribusi. Gardu distribusi berfungsi untuk menurunkan tegangan listrik dari jaringan menengah sebelum didistribusikan ke pelanggan. Terdapat berbagai jenis gardu distribusi, salah satunya adalah gardu distribusi tipe cantol yang banyak digunakan pada instalasi jaringan listrik dengan kebutuhan daya tertentu.

Dalam pembangunan gardu distribusi tipe cantol, terdapat beberapa aspek teknis yang perlu diperhatikan, mulai dari tahap persiapan, proses pembangunan, hingga pengoperasian dan pemeliharaan. Selain itu, pengukuran tegangan dan arus beban pada papan hubung bagi tegangan rendah di gardu distribusi menjadi faktor penting dalam memastikan keandalan dan efisiensi sistem kelistrikan.

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pembangunan gardu distribusi tipe cantol guna menunjang pasang baru daya 66 kVA. Analisis dilakukan dengan meninjau pengertian dan fungsi umum gardu distribusi, karakteristik gardu distribusi tipe cantol, proses pembangunan, metode pengoperasian, serta pengukuran tegangan dan arus beban pada papan hubung bagi tegangan rendah. Melalui kajian ini, diharapkan pembangunan gardu dapat mendukung optimalisasi pasokan listrik, meningkatkan keandalan sistem distribusi, serta memenuhi kebutuhan listrik bagi sektor komersial di Karawang Kota.

2. TINJAUAN PUSTAKA

Sistem distribusi ini berguna untuk menyalurkan tenaga listrik dari sumber daya listrik besar (bulk power source) sampai ke konsumen [2].

Sistem distribusi tenaga listrik merupakan bagian dari sistem tenaga listrik yang berfungsi menyalurkan energi listrik dari Gardu Induk sebagai pusat pembebanan utama hingga mencapai pelanggan melalui Alat Penghitung dan Pembatas (APP). Berdasarkan tingkat tegangannya, sistem distribusi dibagi menjadi dua jenis, yaitu Distribusi Primer atau Jaringan Tegangan Menengah (JTM) dengan tegangan operasional sekitar 20 kV/11,6 kV dan Distribusi Sekunder atau Jaringan Tegangan Rendah (JTR) dengan tegangan operasional sekitar 380/220 volt [3].

Dalam penelitian sebelumnya, terdapat tiga penelitian yang membahas aspek pengelola gardu distribusi. Penelitian Pertama yang berjudul "Studi Pemeliharaan dan Pengoperasian pada Gardu

Distribusi di PT. PLN (Persero) ULP Gunungsitol” membahas terkait pentingnya pemeliharaan rutin gardu distribusi melalui inspeksi, pembersihan, pergantian komponen yang rusak dan pemantauan kondisi secara berkala untuk memastikan keandalan pasokan listrik [4].

Penelitian kedua, berjudul *”Perencanaan Pemasangan Gardu Sisipan pada Gardu Distribusi MNK 008 Penyulang Kasuari di PT. PLN (Persero) ULP Manokwari Kota”* berisi analisis simulasi ETAP untuk evaluasi dampak pemasanga gardu sisipan terhadap gardu distribusi daya listrik. Dimana hasil penelitian menunjuka bahwa penambahan satu transformator sisipan berkapasitas 150 kVA mampu mengurangi beban pada gardu utama, menstabilkan tegangan, serta mencegah overload yang dapat merusak sistem [5].

Pada penelitian ketiga, berjudul *” Rancang Bangun Gardu Distribusi Tipe Trafo Cantol di Bengkel Tegangan Menengah Politeknik Negeri Ujung Pandang”* berisi perancangan gardu distribusi tipe trafo cantol sebagai media pembelajaran bagi mahasiswa teknik listrik. Penelitian ini memastikan bahwa peralatan yang digunakan, seperti trafo berkapasitas 50 kVA, *Lightning Arrester* 24 kV/100 kA, dan sistem pentanahan di bawah 5 Ohm, sesuai dengan standar PLN agar dapat digunakan dalam praktik di laboratorium [6].

Meskipun penelitian-penelitian sebelumnya telah membahas aspek pemeliharaan, optimalisasi dan perancangan gardu distribusi, masi terdapat kebetuhan untuk pembahasan terkait pembangunan gardu jenis cantol untuk pemasangan daya baru yang lebih spesifik. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk menganalisis pembangunan gardu distribusi tipe cantol dalam menunjang pasang baru daya 66 kVA di PT PLN (Persero) ULP Karawang Kota. Dengan meninjau aspek teknis mulai dari tahap perencanaan, persiapan, pemasangan, hingga operasional gardu, penelitian ini bertujuan untuk memastikan bahwa pembangunan gardu telah sesuai dengan standar serta dapat mendukung keandalan dan efisiensi sistem distribusi listrik di wilayah tersebut.

2.1. Gardu Distribusi

Gardu distribusi merupakan bagian penting dalam sistem distribusi tenaga listrik PLN yang berfungsi menghubungkan jaringan listrik ke konsumen serta mendistribusikan tenaga listrik pada tegangan menengah maupun tegangan rendah. Gardu ini dilengkapi dengan berbagai peralatan utama, seperti instalasi perlengkapan hubung bagi tegangan menengah (PHB-TM), transformator distribusi, dan instalasi perlengkapan hubung bagi tegangan rendah (PHB-TR), yang berperan dalam memastikan pasokan listrik yang stabil kepada konsumen [7].

2.2. Gradu Distribusi Tipe Cantol

Salah satu jenis gardu distribusi adalah gardu cantol, yaitu fasilitas distribusi listrik dengan transformator berkapasitas maksimal 100 kVA. Gardu ini menggunakan transformator tipe Completely Self Protected (CSP) yang telah dilengkapi sistem switching dan proteksi terintegrasi dalam tangkinya. Selain itu, Peralatan Hubung Bagi Tegangan Rendah (PHB-TR) dipasang langsung pada tiang, sehingga instalasi lebih efisien dan hemat ruang [8].

Gardu cantol umumnya menggunakan sistem tiga fase, mengingat jaringan Tegangan Menengah (TM) di Indonesia sebagian besar telah beralih ke konfigurasi ini. Sebagai perlindungan tambahan, *Lightning Arrester* (LA) dipasang terpisah dengan penghantar pembumian yang langsung terhubung ke badan transformator. PHB-TR memiliki maksimal dua jurusan dengan saklar pemisah serta pengaman lebur tipe NH atau NT fuse. Gardu ini juga dilengkapi dengan Fused Cut Out (FCO) sebagai pengaman hubung singkat transformator serta *Lightning Arrester* (LA) untuk mencegah lonjakan tegangan akibat sambaran petir[9].

2.3. Transformator Distribusi

Transformator merupakan sesuatu perlengkapan listrik yang bisa memindahkan serta mengonversikan tenaga listrik dari satu maupun beberapa rangkaian listrik ke rangkaian listrik lainnya dengan sesuatu gandengan magnet yang berlandaskan kepada prinsip induksi elektromagnet. Pemanfaatan transformator pada sistem tenaga listrik perlu disesuaikan dengan kebutuhan, baik dalam hal tegangan tinggi, menengah, juga rendah [10].

Transformator distribusi berfungsi menyalurkan tenaga listrik dari tegangan menengah ke tegangan rendah untuk keperluan konsumen melalui jaringan transmisi. Perangkat ini terdiri dari sisi primer yang menyuplai daya ke sisi sekunder melalui beberapa komponen, seperti saluran penghubung dari Sistem Utilitas Tegangan Menengah (SUTM), Fuse Cut Out (FCO), dan *Lightning Arrester* (LA). Transformator distribusi umumnya bertipe step-down dengan spesifikasi 20 kV pada sisi primer dan 400 V pada sisi sekunder. Meskipun tegangan antar fasa sistem distribusi adalah 380 V, tegangan pada sisi rendah transformator sering kali dinaikkan sedikit di atas 380 V untuk mengkompensasi penurunan tegangan, sehingga tegangan yang diterima konsumen tetap stabil sesuai standar [11].

2.4. Papan Hubung Bagi Tegangan Rendah (PHBTR)

PHB TR, singkatan dari Perangkat Hubung Bagi Tegangan Rendah, merupakan bagian integral dari infrastruktur gardu distribusi. PHB TR berperan sebagai panel listrik di dalam gardu distribusi yang menjadi titik 22 percabangan dari sirkuit utama yang akan dibagi menjadi beberapa jalur untuk kemudian disalurkan ke pelanggan atau konsumen. [12].

Jumlah jurusan pada Papan Hubung Bagi Tegangan Rendah (PHB TR) ditentukan berdasarkan jumlah pelanggan di suatu wilayah. PHB TR di perkotaan umumnya memiliki lebih banyak percabangan dibandingkan di pedesaan, seiring dengan jumlah konsumen yang lebih tinggi. Secara umum, PHB TR memiliki 2 hingga 4 jurusan. Di Indonesia, kepemilikan PHB TR dapat dimiliki oleh PLN maupun pihak swasta. PHB TR milik PLN biasanya terletak di gardu distribusi, sedangkan PHB TR milik pribadi umumnya dipasang pada dinding bangunan dan banyak dijumpai di fasilitas seperti pabrik, rumah sakit, mal, kampus, serta bangunan besar lainnya [13].

2.5. Mold Case Circuit Breaker (MCCB)

MCCB (*Molded Case Circuit Breaker*) adalah alat pengaman listrik yang memiliki dua fungsi utama, yaitu sebagai pengaman dan alat penghubung [14].

Molded Case Circuit Breaker digunakan sebagai pengaman dari terjadinya hubung singkat/short circuit dan beban berlebih/overload agar tidak terjadi kerusakan pada motor listrik maupun kebakaran yang dari munculnya bunga api. Pada saat terjadi pemutusan rangkaian, aliran listrik dapat dihubungkan kembali atau ditutup dengan cara manual yaitu dengan tuas, dan dengan menggunakan otomatisasi sistem motorize [15].

Alat ini memiliki kemampuan pemutusan yang dapat diatur sesuai dengan kebutuhan, yang memungkinkan pengaturan nilai arus tertentu untuk melindungi peralatan listrik. MCCB umumnya digunakan pada sistem dengan arus di atas 100A [16]. Berikut ini adalah cara untuk menentukan besar arus MCCB menggunakan rumus di bawah ini :

$$MCCB = \frac{P_s}{V} \quad (1)$$

2.6. Fuse Cut Out

Fuse cut out adalah perangkat perlindungan listrik yang dirancang untuk melindungi sistem dari arus lebih atau arus beban berlebih yang melebihi kapasitas maksimum, yang dapat disebabkan oleh gangguan hubung singkat atau beban berlebih. Meskipun konstruksinya relatif sederhana dibandingkan pemutus beban di gardu induk, fuse cut out memiliki kemampuan yang setara dalam memutuskan arus. [17].

Proteksi pada *fuse cut out* menggunakan *fuse link* berupa kawat sikring yang dapat disesuaikan dengan arus nominal transformator yang terpasang. Sesuai dengan mekanisme kerja yang dijelaskan oleh Abshor (2013), *fuse cut out* beroperasi dengan melelehkan bagian tertentu, biasanya *fuse link*, ketika terjadi gangguan. Prinsip kerja ini memungkinkan *fuse cut out* untuk secara otomatis memutuskan sirkuit saat arus gangguan terjadi, sehingga *fuse link* akan melebur dan menghentikan aliran listrik dalam rangkaian [18]. Untuk menghitung Fuse Cut Out dapat menggunakan rumus berikut ini;

$$S = V \times I \times \sqrt{3} \quad (2)$$

2.7. NH Fuse

NH Fuse adalah perangkat pelindung listrik yang berfungsi untuk membatasi arus berlebih dan gangguan hubung singkat [19].

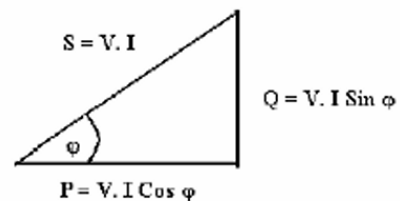
NH Fuse dapat digunakan pada tegangan menengah atau untuk melindungi arus besar, seperti pada trafo di tiang listrik tegangan menengah. Di dalamnya terdapat kawat lebur yang berfungsi sebagai penghantar arus dan pelindung dari arus berlebih. Ketika terjadi gangguan, kawat lebur akan meleleh akibat peningkatan suhu, sehingga memutuskan arus listrik [20].

Gangguan yang sering terjadi pada NH-Fuse umumnya disebabkan oleh terputusnya fuse akibat gangguan pada sistem atau beban berlebih (*overload*). Beban berlebih ini dapat terjadi karena adanya pemasangan instalasi listrik baru atau penggunaan daya listrik yang melebihi kapasitas yang telah ditentukan [21].

Untuk menghitung rating NH Fuse digunakan persamaan berikut ini ;

$$I = \frac{S}{V \times \sqrt{3}} \quad (3)$$

2.8. Segitiga Daya



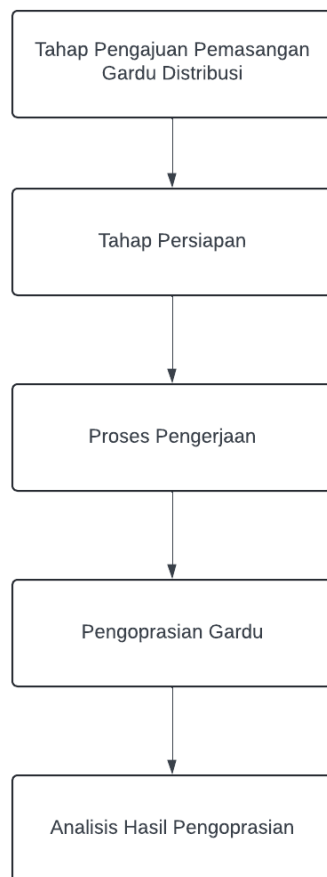
Gambar 1. Segitiga daya

Daya listrik dapat didefinisikan sebagai laju hantaran energi listrik dalam bentuk rangkaian listrik. Pada jaringan listrik AC (*Alternating Current*) dengan bentuk gelombang sinusoidal dikenal beberapa jenis bentuk daya, diantaranya adalah, daya aktif (P), daya reaktif (Q) dan daya semu (S). Data – data real yang sudah dikumpulkan di lapangan akan diolah menggunakan perhitungan segitiga daya yang dapat dijelaskan sebagai berikut. Segitiga daya menggambarkan interaksi antara daya yang dirasakan, daya aktif, dan daya reaktif [22].

Segitiga daya merupakan segitiga yang menggambarkan hubungan matematika antara tipe - tipe daya yang berbeda antara daya semu, daya aktif dan daya reaktif berdasarkan prinsip trigonometri [23].

3. METODE PENELITIAN

Dalam pembangunan gardu distribusi tipe cantol, terdapat beberapa tahapan yang dilakukan untuk memastikan proses pemasangan berjalan dengan baik dan sesuai standar. Diagram berikut menggambarkan alur tahapan pemasangan gardu distribusi tipe cantol secara sistematis.



Gambar 2. Diagram alir pembangunan gardu distribusi tipe cantol

3.1. Tahap Pengajuan

Tahapan pengajuan pembangunan gardu distribusi tipe cantol dimulai dengan permohonan resmi dari pelanggan kepada PLN melalui departemen operasional layanan pelanggan. Permohonan ini mencakup rincian kebutuhan daya tambahan, lokasi, serta karakteristik instalasi listrik yang sudah ada. Setelah permohonan diterima, melakukan survei lokasi untuk memastikan kesesuaian tempat pemasangan berdasarkan kapasitas daya, aksesibilitas, faktor lingkungan, jarak dari permukiman, serta ketersediaan infrastruktur pendukung. Selain itu, aspek perizinan dan regulasi juga dipertimbangkan dalam tahap ini.

Setelah survei selesai dan lokasi disetujui, menyusun rencana anggaran biaya yang mencakup estimasi biaya material, tenaga kerja, dan aspek administratif pembangunan gardu distribusi. Desain lokasi dan jaringan gardu kemudian dibuat untuk memastikan kelayakan teknis proyek. Tahap pengajuan dilanjutkan dengan persetujuan dari PT. PLN ULP Karawang Kota sebelum diajukan ke PT. PLN (Persero) UP3 Karawang untuk mendapatkan izin final. Setelah disetujui, proses pemesanan material, termasuk tiang listrik, dilakukan melalui penerbitan *Work Order* (WO), yang menjadi dasar pelaksanaan proyek.

3.2. Tahap Persiapan

Tahapan persiapan pembangunan gardu distribusi tipe cantol bertujuan memastikan kelancaran dan keselamatan pengerjaan. Persiapan mencakup peralatan kerja, material, dan perlengkapan K3. Peralatan meliputi alat ukur, perkakas, serta alat bantu seperti kamera dan GPS. Material mencakup tiang beton, rangka gardu, trafo, kabel, dan komponen listrik pendukung. Perlengkapan K3, seperti helm, sepatu safety, dan rompi pengaman, digunakan untuk menjaga keselamatan pekerja selama proses pembangunan.

3.3. Proses Pembangunan

Tahapan ini bertujuan untuk memastikan pembangunan gardu distribusi tipe cantol dilakukan dengan aman, sesuai standar konstruksi, serta memenuhi persyaratan operasional. Proses ini dimulai dengan pengkodean dan pengambilan material sesuai kebutuhan, verifikasi kecocokan material dengan surat jalan, serta pelaksanaan *safety briefing*. Selanjutnya, dilakukan pembuatan pondasi gardu cantol, pemasangan rangka, serta instalasi perangkat keras seperti PHBTR. Setelah itu, trafo distribusi dipasang dengan pengawasan ketat guna memastikan kelayakan operasional dan keselamatan kerja. Tahap akhir adalah pengujian menyeluruh untuk memastikan seluruh peralatan telah terpasang dengan benar, berfungsi sesuai spesifikasi, serta aman digunakan. Setelah semua tahapan selesai, dilakukan *safety briefing* penutup untuk memastikan kelengkapan peralatan dan kesiapan akhir sebelum gardu siap beroperasi.



Gambar 3. kegiatan *safety briefing* sebelum pengerjaan



Gambar 4. Pemasangan tiang dan trafo distribusi



Gambar 5. Pemasangan PHBTR dengan nama TSRB

3.4. Pengoprasian Gardu

Serah Terima Operasi (STOP) merupakan tahap akhir setelah pemasangan gardu distribusi tipe cantol, di mana gardu dioperasikan, dipelihara, dan dikelola sesuai standar. Proses ini memastikan gardu siap digunakan dengan dokumen serah terima yang mencakup pemeriksaan akhir. Setelah STOP, dilakukan pemasangan kWh Meter untuk mengukur konsumsi energi listrik pelanggan, khususnya pada Toserba dengan daya 66KVA yang menggunakan kWh Meter dalam Box APP dengan pengukuran tidak langsung. Pengoperasian gardu distribusi memerlukan beberapa langkah, termasuk persiapan dokumen, safety briefing, pemeriksaan fisik, pengukuran tahanan isolasi dan pentanahan, serta koordinasi dengan pihak berwenang sebelum gardu dioperasikan. Setelah beroperasi, dilakukan pemeriksaan tegangan, pembebanan, dan penyesuaian agar sistem berjalan optimal, diakhiri dengan perapihan peralatan kerja dan pengecekan keamanan gardu.



Gambar 6. Pemasangan box APP pada toserba



Gambar 7. Pengukuran beban pada gardu distribusi

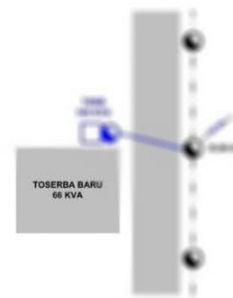
3.5. Analisis Hasil Pengoprasian

Analisis hasil pengoperasian bertujuan untuk mengevaluasi kinerja gardu distribusi guna memastikan operasionalnya berjalan dengan optimal, aman, dan efisien. Analisis ini mencakup perhitungan tegangan berdasarkan hasil pengukuran beban untuk menilai kestabilan daya yang disuplai. Selain itu, dilakukan perhitungan dan evaluasi terhadap komponen utama gardu distribusi, seperti NH Fuse, FCO, dan MCCB, guna memastikan spesifikasi serta kapasitasnya sesuai dengan kebutuhan operasional.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Dalam proses pembangunann gardu distribusi tipe cantol pada sebuah toserba, didapatkan bahwa

4.1. Tahap Persiapan :

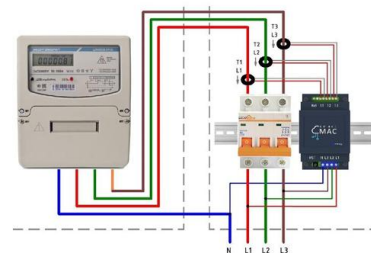


Gambar 8. Desain jaringan gardu cantol pada toserba

Gambar Diatas merupakan desain rancangan penempatan gardu distribusi tipe cantol serta rancangan jaringan untuk pembangunan gardu distribusi. Didalam gambar desain tersebut menjelaskan Daya yang dibutuhkan Toserba baru Sebesar 66KVA dengan kapasitas trafo pada gardu 100KVA. Gardu Distribusi ini diberi nama "TSRB" dengan Penyulang berasal dari "RJNI/Rinjani". Untuk spesifikasi peralatan yang digunakan agar berdasarkan standar dapat di perhitungankan sebagai berikut :

4.1.1. Jenis kWh dan MCCB

Jenis kWh yang digunakan dan penentuan MCCB Pada Toserba memiliki daya sebesar 66KVA maka pemasangan kwh metter menggunakan jenis kwh metter 3 phase. Dalam pemasangan KWH Metter 3 phase menggunakan Box APP dengan pengukuran tidak langsung.



Gambar 9. Wiring kWh 3 Fasa

Dalam sistem kelistrikan Toserba, kWh meter dipasang pada Box APP dengan metode pengukuran langsung. Di dalamnya terdapat *Current Transformer* (CT) yang berfungsi untuk mengukur arus listrik dalam sirkuit secara tidak langsung. Pada instalasi di gambar, masing-masing CT dipasang pada tiga fase, yaitu fase R, S, dan T. Konfigurasi pemasangan terminal pada CT adalah sebagai berikut:

- S1 pada fase R dihubungkan ke terminal 1,
- S1 pada fase S masuk ke terminal 4,
- S1 pada fase T masuk ke terminal 7.

Sedangkan terminal keluaran CT diatur sebagai berikut:

- Terminal 3 menuju S2 pada fase R,
- Terminal 6 menuju S2 pada fase S,
- Terminal 9 menuju S2 pada fase T.

Selain pemasangan kWh dilengkapi dengan *Molded Case Circuit Breaker* (MCCB) tiga fase yang berfungsi sebagai perlindungan terhadap arus lebih (*overcurrent*). MCCB bekerja dengan memutus aliran listrik secara mekanis atau elektronik ketika arus yang melewati sirkuit melebihi ambang batas yang telah ditentukan, sehingga mencegah potensi kerusakan akibat beban berlebih. Pada instalasi kWh meter tiga fase ini, digunakan MCCB dengan ukuran yang sesuai dengan kapasitas daya terpasang, yaitu 66.000 VA. Dengan tegangan tiga fase sebesar $3 \times 220 \text{ V} = 660 \text{ V}$, arus yang melewati sistem dapat dihitung berdasarkan persamaan yang telah ditetapkan dalam perhitungan sebelumnya.

$$\begin{aligned} MCCB &= \frac{66000}{(3 \times 220)} \\ &= \frac{66000}{660} = 100 \text{ A} \end{aligned}$$

Jadi, ukuran MCCB yang digunakan adalah 100 A atau $3 \times 100 \text{ A}$

4.2. Fuse Cut Out dan Fuse Link

Dalam menghitung Rating Fuse Cut Out dan Fuse Link yang digunakan berdasarkan kapasitas trafo menggunakan perhitungan pada persamaan (3);

Daya : 100 kVA

Tegangan : 20 kV

Fasa : 3

$$\begin{aligned} I &= \frac{100.000}{34.600} \\ &= 2,9 \text{ A} \end{aligned}$$

Jadi dari hasil perhitungan didapatkan 2,89 A dan yang digunakan seharusnya adalah 3 A / Fasa atau bisa juga 4 A / Fasa sesuai dengan standar operasi.

4.3. NH Fuse

Untuk menentukan Rating NH Fuse yang digunakan dibutuhkan perhitungan dengan rumus berdasarkan persamaan;

$$\begin{aligned} I &= \frac{100.000}{400 \times 1,732} \\ &= 144,3 / \text{phasa} \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil perhitungan Beban TR Max yang diizinkan adalah 144,3 / Fasa atau jika sesuai standar kita bisa menggunakan NH Fuse adalah 125 / Fasa.

4.4. Pembumian/ pentanahan pada gardu distribusi

Sistem pembumian pada gardu distribusi bertujuan menciptakan jalur impedansi rendah untuk mengatasi gelombang listrik dan melindungi sistem dengan menyalurkan arus gangguan ke tanah. Terdapat dua jenis pentanahan: titik netral sistem tenaga untuk perlindungan jaringan dan pentanahan peralatan untuk mencegah tegangan sentuh. Sesuai standar PLN, resistansi pembumian harus di bawah 5 Ohm, dan jika melebihi, perlu dilakukan perbaikan agar memenuhi standar.

4.5. Pengoprasian Gardu, Pengukuran Tegangan dan Arus Beban Pada Gardu

Hasil pengukuran Tegangan setelah gardu distribusi beroperasi didapatkan ;

Tabel 1. Tabel Hasil Ukur Tegangan Gardu

Kabel Fasa	Hasil Ukur (V)
R-N	236,5 V
S-N	239,4 V
T-N	235 V
R-S	413 V
R-T	313 V
S-T	414 V



Gambar 1. Pengukuran Tegangan Pada Gardu

Hasil pengukuran tegangan terdiri dari dua jenis, yaitu fasa-fasa dan fasa-netral. Pengukuran fasa-fasa menunjukkan tegangan antara dua fasa, sedangkan fasa-netral menunjukkan tegangan antara fasa dan netral. Hasil pengukuran fasa-netral menunjukkan nilai R-N sebesar 236,5 V, S-N sebesar 239,4 V, dan T-N sebesar 235 V, yang berada dalam kisaran standar sistem listrik tiga fasa. Sementara itu, hasil pengukuran fasa-fasa menunjukkan nilai R-S sebesar 213 V, R-T sebesar 313 V, dan S-T sebesar 414 V, yang sesuai dengan standar keseimbangan tegangan sistem tenaga listrik tiga fasa. Nilai tegangan fasa-fasa

lebih tinggi dibandingkan fasa-netral karena melibatkan dua fasa. Dengan demikian, hasil pengukuran menunjukkan bahwa sistem distribusi listrik di gardu beroperasi dengan stabil dan aman.

Hasil pengukuran arus setelah gardu distribusi beroperasi ;

Tabel 2. Tabel Hasil Ukur Arus pada Gardu

Kabel Fasa	Hasil Ukur (V)
R	0
S	0
T	0



Gambar 2. Pengukuran Arus Pada Gardu

Dari hasil pengukuran arus yang dilakukan, terlihat bahwa arus pada kabel R-S-T adalah 0. Hal ini terjadi karena, pada saat proses pengukuran beban pada setiap jurusan belum terpakai oleh pelanggan. Dimana Toserba baru ini masih berada dalam pengerjaan. Hal ini yang menyebabkan arus beban yang terhitung adalah 0 A.

Selain tegangan dan arus di perlukan juga pengukuran putaran fasa, putaran fasa di ukur menggunakan sebuah alat ukur *Phase Rotation*. Berfungsi untuk menentukan urutan terminal fasa R, S dan T dari jaringan arus putar atau u arus gaya. Pada gardu distribusi didapatkan hasil pengukuran tegangan fasa ke sebelah kanan atau searah dengan jarum jam. Dalam instalasi listrik tiga fasa, rangkaian fasa yang sesuai adalah R-S-T (atau R-S-T-N, dengan N sebagai netral). Apabila urutan ini bergerak searah jarum jam, disebut sebagai "putaran fasa ke kanan", ini berarti pengoperasian tepat dan terjamin sehingga kelistrikan nya terhubung dengan baik.

4.6. Analisis Hasil Persiapan dan Pengoperasian

Berdasarkan hasil analisis pengoperasian dan persiapan pembangunan gardu distribusi tipe cantol pada toserba, sistem kelistrikan telah dirancang dan dipasang sesuai standar operasional dengan daya trafo 100 kVA untuk memenuhi kebutuhan daya sebesar 66 kVA. Persiapan meliputi perhitungan spesifikasi peralatan seperti pemasangan kWh meter tiga fase dengan metode pengukuran tidak langsung, MCCB 100 A sebagai proteksi arus lebih, serta Fuse Cut Out 3 A dan NH Fuse 125 A yang sesuai dengan kapasitas trafo. Pengukuran tegangan menunjukkan keseimbangan dan stabilitas dalam kisaran aman untuk

sistem listrik tiga fasa, dengan nilai fasa-netral dan fasa-fasa yang sesuai standar. Namun, hasil pengukuran arus menunjukkan nol ampere karena beban pelanggan belum aktif, yang merupakan kondisi wajar dalam tahap awal operasional. Sistem pembumian juga telah dipasang untuk memastikan jalur impedansi rendah, sesuai dengan standar PLN yang menetapkan resistansi pembumian di bawah 5 Ohm. Selain itu, hasil pengukuran putaran fasa menunjukkan arah searah jarum jam (R-S-T), menandakan konfigurasi fasa yang benar dan memastikan kelistrikan terhubung dengan baik. Dengan demikian, gardu distribusi telah siap beroperasi secara optimal setelah beban pelanggan mulai digunakan, memastikan suplai listrik yang stabil dan aman bagi operasional toserba.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Dapat disimpulkan bahwa gardu distribusi tipe cantol merupakan salah satu jenis gardu distribusi yang dirancang untuk menyalurkan energi listrik dengan kapasitas terbatas. Penelitian ini telah menganalisis pembangunan gardu distribusi tipe cantol guna menunjang pasang baru daya 66 kVA di PT PLN (Persero) ULP Karawang Kota melalui beberapa tahapan, mulai dari pengajuan, persiapan, pemasangan, hingga pengoperasian gardu. Berdasarkan hasil analisis, pembangunan gardu telah sesuai dengan standar operasional yang berlaku, dengan daya trafo 100 kVA yang mampu memenuhi kebutuhan daya pelanggan.

Hasil pengukuran tegangan menunjukkan keseimbangan dan stabilitas dalam batas aman sistem kelistrikan tiga fasa, sementara pengukuran arus menunjukkan nol ampere karena beban pelanggan belum aktif. Selain itu, sistem pembumian telah memenuhi standar resistansi di bawah 5 Ohm, serta hasil pengukuran putaran fasa menunjukkan konfigurasi yang sesuai, sehingga memastikan keandalan sistem dalam mendukung operasional kelistrikan di lokasi yang dituju. Sebagai rekomendasi untuk penelitian selanjutnya, disarankan dilakukan evaluasi terhadap performa gardu distribusi tipe cantol dalam jangka waktu tertentu setelah pelanggan mulai menggunakan daya, guna memastikan efisiensi dan keandalan sistem dalam kondisi beban nyata.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] D. F. Iman, P. Khaerunnisa, H. M. Fitri, dan D. Aribowo, "Analisis operasional sistem distribusi tegangan menengah ke tegangan rendah di Gardu Induk Serang," *Journal of Electrical Power Control and Automation*, vol. 7, no. 2, pp. 66–71, 2024.
- [2] Jordan, Salahuddin, Badriana, S. Meliala, dan Kartika, "Analisis penempatan recloser guna memaksimalkan kinerja sistem tenaga listrik di jaringan distribusi 20 kV pada PT. PLN (Persero) Unit Pelaksana Pelayanan Pelanggan (UP3)

- Sigli,” *Jurnal Energi Elektrik*, vol. 10, no. 1, pp. 30–XX, 2021.
- [3] L. Hutagaol, *Sistem Distribusi Tenaga Listrik*. Universitas Pamulang.
- [4] W. M. Telaumbanua, R. Bondar, and J. Napitupulu, “Studi Pemeliharaan dan Pengoperasian pada Gardu Distribusi di PT. PLN (Persero) ULP Gunungsitoli,” *Jurnal Teknologi Energi UDA*, vol. 13, no. 1, pp. 1–9, Mar. 2024.
- [5] W. A. Wabes, I. M. Wartana, and I. B. S., “Perencanaan Pemasangan Gardu Sisipan pada Gardu Distribusi MNK 008 Penyulang Kasuari di PT. PLN (Persero) ULP Manokwari Kota,” *Magnetika*, vol. 7, no. 2, 2023.
- [6] A. W. Anugrah and A. Widodo, *Rancang Bangun Gardu Distribusi Tipe Trafo Cantol di Bengkel Tegangan Menengah Politeknik Negeri Ujung Pandang*, Laporan Tugas Akhir, Program Studi D-3 Teknik Listrik, Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Ujung Pandang, Makassar, 2022.
- [7] H. Nur, *Pemeliharaan Gardu Distribusi di PT PLN (Persero) ULP Depok Kota*, 2022.
- [8] E. Sitompul, *Studi Analisis Overload Suatu Transformator Distribusi Aplikasi di PT PLN (Persero) ULP Siborongborong*, 2022.
- [9] D. P. Nanggala and A. Ahfas, “Rancangan Panel Sub Distribusi,” *Procedia of Engineering and Life Science, Vol. 7, Seminar Nasional & Call Paper Fakultas Sains dan Teknologi (SENASAINS 7th)*, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, 2024.
- [10] A. P. Suadi, I. G. S. Widharma, I. M. Budiada, dan I. M. Sumertayasa, “Treatment oli trafo terhadap peningkatan tegangan tembus pada trafo distribusi KA 1451 di penyulang Banteng,” *Ganapati: Jurnal Ilmiah Rekayasa Teknik*, vol. 1, no. 1, pp. 36–42, Feb. 2023.
- [11] S. Syukri, T. M. Asyadi, Muliadi, dan F. Moesnadi, “Analisa pembebanan transformator distribusi 20 kV pada penyulang LS5 gardu LSA 249,” *Jambura Journal of Electrical and Electronics Engineering*, vol. 4, no. 2, pp. XX–XX, Jul. 2022.
- [12] H. Y. Wirawan, M. S. Al-Amin, dan Emidiana, “Analisis kemampuan arrester sebagai pengaman transformator di PT. PLN (Persero) Gardu Induk Keramasan,” *Jurnal TEKNO (Civil Engineering, Electrical Engineering and Industrial Engineering)*, vol. 18, no. 1, pp. 1–10, 2021.
- [13] J. Jumari, J. Sinaga, and S. Zega, “Studi Pengaruh Kontaminasi Polusi Udara pada Isolator Tegangan Menengah 20 kV pada PT PLN (Persero) Unit Pelaksana Pelayanan Pelanggan (UP3) Medan,” *Jurnal Teknologi Energi UDA, Jurnal Teknik Elektro*, vol. 9, no. 1, pp. 31–43, 2020.
- [14] M. A. Prajuna, “Pemeliharaan PHB-TR (Perangkat Hubung Bagi Tegangan Rendah),” *Laporan Kerja Praktek, Jurusan Teknik Elektro, Program Studi D-IV Teknik Listrik, Politeknik Negeri Bengkalis*, 2024.
- [15] U. Faruq, A. Ridho, M. Vrayulis, and E. J. Sain, “Analisa Aliran Daya pada Sistem Tenaga Listrik menggunakan ETAP 12.6,” *Jurnal Sain, Energi, Teknologi & Industri*, vol. 6, no. 1, pp. 16–22, 2021.
- [16] B. Erdiansah, A. Margiantono, and F. Ahmad, “Analisis Pengaruh Kapasitor Bank Terhadap Nilai Faktor Daya dan Nilai Jatuh Tegangan,” *Jambura Journal of Electrical and Electronics Engineering*, vol. 5, no. 2, 2023.
- [17] A. Ferdiansyah, J. Tri Rijanto, dan R. Harimurti, “Analisis Kinerja Fuse Cut Out Pada Sistem Distribusi 20KV di PT. PLN (Persero) ULP Karangpilang,” *SI Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya*, 2024.
- [18] N. I. Hama, “Perencanaan Gardu Distribusi PT. Maccon Indonesia,” in *Prosiding Seminar Nasional Teknik Elektro dan Informatika (SNTEI) 2021*, 2021.
- [19] R. Nanda, “Sistem kelayakan sistem keamanan gardu distribusi oleh penyulang pagaruyung PT PLN (Persero) ULP Batu Sangkar,” 2023.
- [20] M. Irfai, “Laporan Kerja Praktek PT. Adra Gemilang Pelayanan Teknik Unit Layanan Pelanggan (ULP) Bengkalis 'Perawatan PHB-TR',” 2021.
- [21] M. Ridwan, Y. Ridal, and R. Rauf, “Analisa Pengaruh Pemeliharaan Preventif pada Penyulang Gasan di PT. PLN (Persero) ULPPARIAMAN,” *Jurnal Teknik Elektro*, vol. 4, no. 1, Mei 2024.
- [22] M.T. Payung, “Lengoperasian Gardu Distribusi Pasang Luar Padapt. PLN (Persero) Unit Layanan Pelanggan Abepura,” 2022.
- [23] A. Wiryana and A. Widodo, “Rancang Bangun Gardu Distribusi Tipe Trafo Cantol di Bengkel Tegangan Menengah Politeknik Negeri Ujung Pandang,” 2022.