

ANALISIS KONDISI PERANGKAT HUBUNG BAGI TEGANGAN RENDAH (PHB-TR) GARDU DISTRIBUSI PT. PLN (PERSERO) ULP KUPANG

Yohana Asfi Wula¹, I Made Parsa², Crispinus Paulus Tamal³, Nur Hijriah Zubaedah Narang⁴

^{1,2,3,4}*Pendidikan Teknik Elektro, FKIP, Universitas Nusa Cendana Jl.
Adisucipto. Penfui, Kupang*

¹yohanaasfiwula94@gmail.com

Abstract - The aim of this research is to determine the suitability of PHB-TR conditions at distribution substations within the scope of work of PT. PLN (Persero) ULP Kupang with SPLN D3.016- 1:2013 and to identify PHB-TR component standards based on the size of the load current. The method used is pure qualitative. Data collection was carried out by direct observation, measurements and observations were made of aspects of construction, wiring, protection, marking and electrical conditions of several PHB-TRs in the PT work area. PLN (Persero) ULP Kupang. The research results from the five aspects of the PHB-TR assessment studied, namely, Substation KT 116, show that the condition of the PHB-TR is quite good. Judging from the level of component suitability in each aspect starting from the wiring aspect with a 100% conformity level, the construction aspect 78.75%, the protection aspect 82%, the marking aspect 50%, and the electrical condition aspect is good and no damage was found to the safety components.

Keywords: PHB-TR, Construction, Wiring, Marking, Protection.

Abstrak – Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui kesesuaian kondisi PHB-TR pada gardu distribusi dalam lingkup kerja PT. PLN (Persero) ULP Kupang dengan SPLN D3.016-1:2013 dan untuk mengidentifikasi standar komponen PHB-TR berdasarkan besar arus beban. Metode yang digunakan adalah kualitatif murni. Pengumpulan data dilakukan dengan cara observasi langsung, dilakukan pengukuran dan pengamatan terhadap aspek konstruksi, pengawatan, proteksi, penandaan dan kondisi kelistrikan beberapa PHB-TR dalam wilayah kerja PT. PLN (Persero) ULP Kupang. Hasil penelitian dari lima aspek penilaian PHB-TR yang diteliti yaitu, Gardu KT 116 menunjukkan bahwa kondisi PHB-TR dalam cukup baik. Dilihat dari tingkat kesesuaian komponen pada setiap aspek mulai dari aspek pengawatan dengan tingkat kesesuaian 100%, aspek konstruksi 78,75%, aspek proteksi 82%, aspek penandaan 50%, dan aspek kondisi kelistrikan yang baik dan tidak ditemukan kerusakan pada komponen pengamannya.

Kata kunci – PHB-TR, Konstruksi, Pengawatan, Penandaan, Proteksi.

I. PENDAHULUAN

Meningkatnya pertumbuhan populasi dan aktivitas penduduk tentunya memiliki korelasi dengan bertambahnya kebutuhan penggunaan energi listrik untuk perumahan, gedung-gedung perkantoran, industri, gedung-gedung sekolah, fasilitas publik dan lainnya. Semakin banyak jumlah penduduk maka, semakin meningkat pula kebutuhan akan energi listrik.

Berdasarkan data Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM), sepanjang tahun 2022 konsumsi listrik perkapita di Indonesia telah mencapai angka 1.173 *kilowatt hour* (kWh). Tidak hanya karena jumlah penduduk Indonesia yang semakin bertambah, kemajuan teknologi serta topografi Indonesia juga menjadi faktor utama perlunya penambahan jumlah energi listrik di Indonesia. Penambahan atau peningkatan jumlah energi listrik ini menjadi tanggungjawab penuh pemerintah Indonesia.

Langkah yang dapat dilakukan oleh pemerintah adalah dengan menambah jumlah pusat pembangkit tenaga listrik. Pemerintah secara berkelanjutan membangun pusat-pusat pembangkit listrik yang diperhitungkan mampu untuk menyalurkan energi listrik bagi seluruh warga negara dalam jangka waktu panjang. Pemerintah Indonesia melalui PT PLN (Persero) sebagai perusahaan yang mengatur penyaluran energi listrik negara merancang perencanaan segala hal terkait penyaluran energi listrik termasuk rencana pembangunan pusat-pusat pembangkit listrik yang tertuang dalam buku Rencana Usaha Penyediaan Tegangan Listrik PT Perusahaan Listrik Negara (persero) atau sering disebut RUPTL PLN. Pada RUPTL tahun 2021-2023 direncanakan setidaknya akan ada penambahan tegangan pembangkit listrik sebesar 4.323 MW. Pembangunan pusat-pusat pembangkit tenaga listrik yang baru ini tentunya memanfaatkan berbagai macam jenis energi yang tersedia sebagai penggerak awal (*prime mover*).

PT PLN (Persero) kemudian mengeluarkan standar-standar dalam proses pembangunan dan pendistribusian energi listrik mulai dari pusat pembangkit hingga sampai ke konsumen. Standar-standar yang dimaksud termuat dalam IEC, Buku PLN, SNI, dan lain sebagainya. Standar-standar ini dirancang guna menjadi acuan dalam melaksanakan kegiatan di lapangan. Namun, pada kenyataannya masih ditemukan banyak ketidaksesuaian yang dilakukan saat proses penggerakan di lapangan yang akan berakibat pada munculnya gangguan-gangguan disetiap bagian penyaluran. Ketidaksesuaian yang cukup sering ditemukan adalah pada konstruksi dan komponen Perangkat Hubung Bagi Tegangan Rendah (PHB – TR)

hingga tiang distribusi sekunder. PHB – TR sendiri merupakan suatu kombinasi dari satu atau lebih peralatan *switching* tegangan rendah dengan peralatan control, ukur, pengaman dan pengaturan yang saling berhubungan yang dirangkit lengkap dengan energi pengawatan dan interkoneksi mekanis pada bagian-bagian penyangga (SPLN D.3 016-2 :2013).

Salah satu contoh ketidaksesuaian yang sering ditemukan dilapangan adalah kapasitas NH *Fuse* sebagai pengaman arus yang kurang dari besar arus beban yang dihasilkan sehingga perlu dilakukan penggantian NH *Fuse* atau *uprating*. Seperti yang terjadi pada Gardu KT058 milik PT. PLN (Persero) ULP Kupang yang memiliki daya sebesar 250 VA dengan tahanan awal 250 A di-*uprating* menjadi 299 A dan pada Gardu KS022 dengan daya sebesar 200 VA dan tahanan awal 250 A di-*uprating* menjadi 245 A agar mampu menampung beban yang lebih akibat adanya penambahan pada konsumsi tegangan. Hal ini dilakukan untuk mengurangi terjadinya gangguan dan kerugian pada penyaluran tegangan ke konsumen.

PHB – TR merupakan komponen jaringan distribusi yang letaknya paling dekat dengan konsumen dan apabila kinerja PHB – TR terganggu, maka *supply* listrik ke konsumen tegangan rendah akan terganggu atau terhenti yang tentunya menimbulkan kerugian pada PT PLN (Persero). Atas dasar ini maka, diperlukan penelitian mengenai kesesuaian konstruksi dan komponen PHB – TR. Untuk itu, peneliti melakukan observasi di PT PLN (Persero) ULP Kupang di Jalan Palapa nomor 27, Kecamatan Oebobo, Kabupaten Kota Kupang dimana ditemukan adanya permasalahan mengenai ketidaksesuaian komponen pada PHB-TR berdasarkan standar PT PLN (Persero) nomor D3.016-1 ;2013 yang telah ditetapkan dalam lingkup kerja ULP Kupang guna mengurangi potensi terjadinya gangguan pada penyaluran energi listrik ke konsumen akibat ketidaksesuaian kondisi Perangkat Hubung Bagi Tegangan Rendah.

II. LANDASAN TEORI

1. Gardu Distribusi

Dalam Buku 4 Standar Konstruksi Gardu Distribusi Dan Gardu Hubung Tenaga Listrik^[1] gardu distribusi tenaga listrik adalah suatu bangunan gardu listrik berisi atau berdiri dari instalasi Perangkat Hubung Bagi Tegangan Menengah (PBH TM), transformator Distribusi (TD), dan Perangkat Hubung Bagi Tegangan Rendah (PHB-TR) untuk memasok kebutuhan tenaga listrik bagi para pelanggan baik dengan tegangan menengah (20 kV) maupun tegangan rendah (TR 220 v/380v). Atau dapat dikatakan, gardu distribusi merupakan salah satu komponen

dari suatu sistem distribusi energi listrik yang berfungsi untuk menghubungkan jaringan tenaga listrik dari sumber pembangkit hingga ke konsumen baik konsumen tegangan menengah maupun konsumen tegangan rendah untuk mendistribusikan tenaga listrik yang dibutuhkan.

a. Gardu Portal

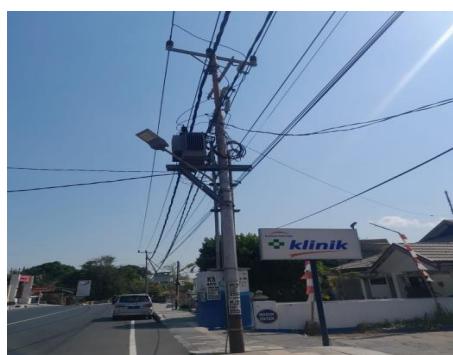
Umumnya konfigurasi gardu tiang yang dicat dari SUTM adalah *T section* dengan peralatan pengaman Pengaman Lebur *Cut-Out* (FCO) sebagai pengaman hubung singkat transformator dengan elemen pelebur (pengaman lebur *link type expulsion*) dan *Lightning Arrestor* (LA) sebagai sarana pencegah naiknya tegangan pada transformator akibat surja petir. Untuk gardu tiang/portal pada sistem jaringan lingkaran terbuka (*open-loop*).



Gambar 2. 1. Gardu Portal

b. Gardu Cantol

Gardu cantol adalah gardu trafo yang secara keseluruhan instalasinya dipasang pada satu tiang besarnya kekuatan tiang minimal 500 daN. Gardu cantol adalah tipe gardu distribusi jenis pasangan luar (*outdoor*) yang terpasang dengan konstruksi 1 tiang dan memiliki transformator yang terpasang jenis 3 phasa atau 1 phasa dengan tipe CSP (*Completely Self Protected Transformer*) yaitu, peralatan switching dan proteksinya sudah terpasang lengkap dalam tangki transformator.



Gambar 2. 2. Gardu Cantol

c. Gardu Beton

Gardu beton adalah gardu trafo/hubung yang secara keseluruhan konstruksinya tersebut dari tembok/beton. Gardu beton/tembok sesuai dengan namanya, gardu ini terbuat dari beton. Gardu beton adalah gardu distribusi tipe pasangan dalam karena pada umumnya seluruh komponen utama instalasi yaitu, transformator, peralatan *switching*, dan proteksi terangkai di dalam bangunan sipil yang dirancang, dibangun dan difungsikan dengan konstruksi bangunan pelindung terbuat dari beton (*masonrywall building*).



Gambar 2. 3. Gardu Beton

d. Gardu Kios

Gardu dengan tipe kios adalah bangunan yang dibuat dipabrik (prefabricated) dari konstruksi baja, fiberglass, atau kombinasinya yang dapat dirangkai di lokasi rencana pembangunan gardu distribusi. Ada beberapa jenis dari kombinasi gardu kios diantaranya kios kompak dan kios bertingkat. Ada beberapa jenis gardu kios ini seperti, gardu kios kompak, gardu kios modular dan gardu kios bertingkat.



Gambar 2.4. Gardu Kios

2. Perangkat Hubung Bagi Tegangan Rendah (PHB-TR)

Perangkat Hubung Bagi (PHB) Tegangan

Rendah adalah 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 sistem pengawatan dan mekanis pada bagian-bagian penyangganya. Perangkat Hubung Bagi dipasang pada sisi Tegangan Rendah (TR) atau sisi sekunder Trafo sebuah gardu Distribusi baik Gardu Beton, Gardu Kios, Gardu Portal maupun Gardu Cantol.

Jumlah jurusan per transformator atau gardu distribusi sebanyak-banyaknya 8 jurusan, disesuaikan dengan besar daya transformator dan Kemampuan Hantar Arus (KHA) Pengantar JTR (Jaringan Tengangan Rendah) yang digunakan. Pada PHB-TR harus dicantumkan diagram satu garis, arus pengenal gawai proteksi dan kendali serta nama jurusan JTR (PT. PLN 2010 : 8).

3. Proteksi Rangkaian PHB-TR

Agar suatu sistem distribusi dapat berfungsi secara baik, gangguan-gangguan yang terjadi pada tiap bagian harus dapat dideteksi dan dipisahkan dari sistem lainnya dalam waktu yang secepatnya, bahkan pada awal terjadinya gangguan. Peralatan utama yang digunakan terdiri atas sekring (fuse), saklar daya yang dilengkapi proteksi misalnya relai arus lebih, dan arester petir. Keberhasilan berfungsinya proteksi memerlukan adanya suatu koordinasi antara berbagai alat proteksi yang dipakai.

4. Hubungan Pembumian

Salah satu faktor kunci dalam setiap usaha pengamanan (perlindungan) rangkaian listrik adalah pentanahan. Apabila suatu tindakan pengamanan/perlindungan yang baik akan dilaksanakan, maka harus ada sistem pentanahan yang dirancang dengan benar (Pabla 1994 :154). Agar sistem pentanahan dapat berjalan efektif, harus memenuhi persyaratan-persyaratan sebagai berikut : a) Membuat jalur impedansi rendah ke tanah untuk pengamanan personil dan peralatan , menggunakan rangkaian yang efektif. b) Dapat melawan dan menyebarkan gangguan berulang dan arus akibat surja hubung (*surge currents*). c) Menggunakan bahan tahan korosi terhadap berbagai kondisi kimiawi tanah, untuk meyakinkan kontinuitas penampilannya sepanjang umur peralatan yang dilindungi. d) Menggunakan sistem mekanik yang kuat namun mudah dalam pelayanan.

5. Pengawatan

Bahan untuk kabel dan kabel tanah pada umumnya terdiri atas tembaga atau aluminium. Sebagai isolasi dipergunakan bahan-bahan berupa kertas serta perlindungan mekanikal berupa timah hitam. Untuk tegangan menengah sering dipakai juga minyak sebagai isolasi. Jenis kabel demikian dinamakan GPLK (*Gewapend Papier Lood Kabel*) yang merupakan standar Belanda, atau NKBA (*Normalkabel mit Bleimantel Ausserumheullung*), standar Jerman.

III. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan kualitatif untuk mendeskripsikan permasalahan pada penelitian ini. pendekatan kualitatif adalah langkah-langkah penelitian sosial untuk mendapatkan data deskriptif berupa kata-kata dan gambar. Pendekatan penelitian kualitatif adalah pendekatan yang tidak menggunakan dasar kerja statistik, tetapi berdasarkan bukti- bukti kualitatif.

1. Teknik Pengumpulan Data

a. Observasi

Dalam pengumpulan metode observasi ini peneliti menggunakan bentuk observasi partisipatif. Observasi partisipatif merupakan metode yang bertujuan untuk memperoleh data yang lengkap. Metode ini dilakukan dengan membuat kedekatan secara mendalam dengan suatu komunitas atau lingkungan alamiah dari objek. Peneliti akan menempatkan diri sebagai bagian dari objek yang sedang diteliti tersebut.

b. Wawancara

Dalam penelitian ini penulis menggunakan wawancara mendalam (*in-depth interview*) dengan tujuan untuk menemukan permasalahan secara lebih terbuka dan intensif mengenai ketidaksesuaian konstruksi gardu distribusi milik PT. PLN (Persero) ULP Kupang. Peneliti melakukan wawancara langsung dengan petugas PT. PLN (Persero) ULP Kupang.

c. Dokumentasi

Metode dokumentasi digunakan dalam penelitian ini adalah untuk mengumpulkan data terutama yang berkaitan dengan konstruksi gardu distribusi milik PT. PLN (Persero) ULP Kupang dan dokumen-dokumen lain berkaitan dengan penelitian.

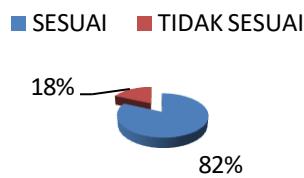
d. Triangulasi

Penelitian ini menerapkan triangulasi sumber dan triangulasi teknik. Triangulasi sumber yaitu, peneliti mengumpulkan data dari sumber yang berbeda-beda dengan menggunakan teknik yang sama. Sedangkan, triangulasi teknik yaitu, peneliti mengumpulkan data dengan teknik yang berbeda untuk mendapatkan data yang sama.

HASIL DAN PEMBAHASAN

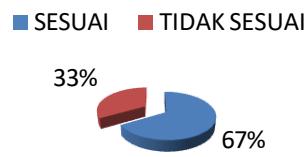
1. Hasil Penelitian

Kesesuaian Konstruksi PHB-TR Gardu KT 116



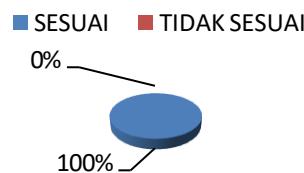
Gambar 1. Diagram Kesesuaian Konstruksi PHB-TR Gardu KT 116

Kesesuaian Proteksi PHB-TR Gardu KT 116



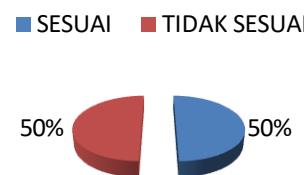
Gambar 1. Diagram Kesesuaian Proteksi PHB-TR Gardu KT 116

Kesesuaian Pengawatan PHB-TR Gardu KT 116



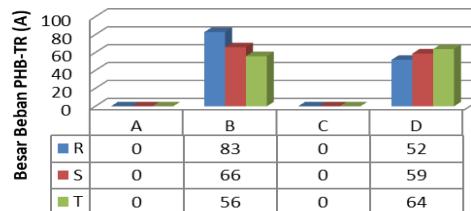
Gambar 2. Diagram Kesesuaian Pengawatan PHB-TR Gardu KT 116

Kesesuaian Penandaan PHB-TR Gardu KT 116



Gambar 4. Diagram Kesesuaian Penandaan PHB-TR Gardu KT 116

Kondisi Kelistrikan PHB-TR Gardu KT 116



Gambar 4. 3. Diagram Kondisi Kelistrikan PHB-TR Gardu KT 116

2. Pembahasan Hasil Penelitian

Berdasarkan hasil pengamatan dan pengukuran yang telah dilakukan selama proses penelitian dapat diketahui secara umum bahwa Perangkat Hubung Bagi Tegangan Rendah (PHB-TR) Gardu Distribusi KT 116 yang terdapat pada wilayah kerja PT. PLN (Persero) ULP Kupang memiliki tingkat kesesuaian pada komponen-komponen PHB-TRnya terhadap SPLN yang cukup tinggi. Dapat dilihat dari 5 (lima) aspek yang diamati yaitu, aspek konstruksi, aspek proteksi, aspek pengawatan, aspek penandaan, dan aspek kondisi kelistrikan memiliki presentase kesesuaian sebesar 74,75%. Meskipun demikian, masih terdapat beberapa komponen PHB-TR yang tidak sesuai dengan standar.

Namun, selama penelitian dilakukan dan setelah penelitian dilakukan, ketidaksesuaian yang ditemukan dilapangan mulai dari tidak adanya pemisah pengaman lebur, pemisah keluaran, penggunaan NH Fuse yang lebih besar dari perhitungan rating NH Fuse sesuai besar beban yang ditanggung, luas besi siku dan tinggi terminal pembumian yang tidak sesuai standar, tidak adanya penandaan pada fasa dalam PHB-TR dan cat busbar yang tidak sesuai ini tidak menjadi penghambat dalam penyaluran energi listrik ke konsumen. Dibuktikan dengan tidak terdapatnya pemadaman baik secara terencana maupun tidak terencana pada seluruh wilayah dalam tanggungan gardu KT 116.

IV. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan dapat disimpulkan bahwa terdapat kesesuaian penggunaan komponen-komponen PHB-TR Gardu KT 116 yang mencapai rerata 100% pada aspek pengawatan, 82% pada aspek konstruksi, 67% pada aspek proteksi, dan 50% pada aspek penandaan. Serta besar beban pada tiap fasa jurusan PHB TR sangat berpengaruh pada kondisi komponen PHB TR. Semakin besar beban dari salah satu fasa akan

menyebabkan komponen pada NH Fuse melebur, maka perlu digunakan NH Fuse dengan rating yang tepat secara perhitungan beban.

Referensi

- [1] Annur CM. Demografi. Katadata Media Network. 2023 Jan 31 [cited 2023 Mar 28]. Available from: <https://databoks.katadata.co.id>
- [2] Ariawan P. Spesifikasi Perangkat Hubung Bagi (PHB) Tegangan Rendah Gardu Listrik Ditinjau Dari Aspek Keamanan dan Kesehatan Manusia Sekitar. Jurnal Pengetahuan Lingkungan Hidup. 2010;5-6.
- [3] Arikunto S. Prosedur Penelitian: Suatu Pendekatan Praktik. Bandung: Bina Aksara; 1992.
- [4] Benu FL, Benu AS. Metodologi Penelitian Kuantitatif. Jakarta: Kencana; 2019.
- [5] Cekdin C, Berlian T. Rangkaian Listrik. Palembang: ANDI; 2013.
- [6] Daman S. Sistem Distribusi Tenaga Listrik. Padang: Universitas Negeri Padang; 2009.
- [7] Daryanto. Keterampilan Kejuruan Teknik Listrik. Jurnal Fakultas Teknik Universitas Pakuan. 2010;1.
- [8] Duyo R, Sulkifli A. Analisis Jaringan dan Pemeliharaan pada Jaringan Distribusi Di PT PLN Wilayah Cabang Pinrang. Vertex Elektro. 2019;2.
- [9] Gaffar, Ahmad, Salim A, Arisandi, Dedi. Analisis Gangguan Singkat pada Jaringan Distribusi 20 kV di Gardu Induk Panakkukang. Jurnal Teknologi Elektro Politeknik Ujung Pandang. 2017;156-62.
- [10] Guitarra P. News. CNBC Indonesia. 2022 Mar 22 [cited 2023 Mar 29]. Available from: <https://www.cnbcindonesia.com>
- [11] Hardani, dkk. Penelitian Kuantitatif & Kualitatif. Yogyakarta: CV. Pustaka Ilmu Group Yogyakarta; 2020.
- [12] Izhar. Upaya Penurunan Gangguan NH Fuse Dengan Mengoptimalkan Analisa Laporan Gangguan Harian Dan Inspeksi Gardu di Area Tanjung Priok. 2004.
- [13] Jarwa T, Suhardi D. Analisa Pembangunan Dan Pemasangan Jaringan Distribusi Tegangan Menengah pada Pelanggan Premium. Seminar Keinsinyuran. 2021;28-9.
- [14] Julian H, Arif R. Standar Konstruksi Jaringan Tegangan Rendah Tenaga Listrik. In: PT PLN (Persero), editor. BUKU 5. Jakarta: PT PLN (Persero); 2010.
- [15] Kadir A. Distribusi dan Utilasi Tenaga Listrik. Jakarta: Universitas Indonesia (UI Press); 2006.
- [16] Kawihing A, Teugeh M, Patras L, Pakiding M. Pemerataan Beban Transformator pada Saluran Distribusi Sekunder. e-jurnal Teknik Elektro dan Komputer. 2013;3.
- [17] Kurniawan B, Wahyuni I. Hubungan Radiasi Gelombang Elektromagnetik dan Faktor Lain dengan Keluhan pada Tenaga Kerja Industri Elektronik GE di Yogyakarta. Jurnal Promosi Kesehatan Indonesia. 2008;3(1).
- [18] Kusnandar VB. Utilitas. Katadata Media Network. 2022 Mar 30 [cited 2023 Apr 2]. Available from: <https://databoks.katadata.co.id>
- [19] Lexy JM. Metodologi Penelitian Kualitatif. Bandung: PT. Remaja Rosdakarya; 2007.
- [20] M Z. Prinsip Dasar Elektronik. Jakarta: PT Gramedia Pustaka Utama; 2004.
- [21] N S, Wahyudi. Proteksi Sistem Distribusi Tenaga Listrik. Depok: Garamon; 2016.
- [22] Naibaho N, Mukti DA. Analisa Kegagalan Sistem Proteksi Pada Gardu T 149 Pt Pln . Jurnal Ilmiah Elektrokrisna. 2021;23-4.
- [23] Nasution. Metode Penelitian Naturalistik Kualitatif. Bandung: Tarsito; 1996.
- [24] Nusa Juwito A, Pramono Hadi S, Haryono T. Optimalisasi Energi Terbarukan Pada Pembangkit Dalam Menghadapi Desa Mandiri Energi di Margajaya. Jurnal Ilmiah Teknika Semesta. 2012;15(22-24).
- [25] Pabla A. Sistem Distribusi Daya Listrik. Universitas Indonesia; 2010. p. 30-1.
- [26] Patilima H. Metode Penelitian Kualitatif. Bandung: Alfabeta; 2004.
- [27] Parera L. Analisis Perlindungan Transformator Distribusi Yang Efektif Terhadap Surja Petir. Ambon: Politeknik Negeri Ambon; 2009.
- [28] Pramono J, Hajar I, Wahyuni S. Studi Analisis Perangkat Hubung Bagi Tegangan Rendah dan Upaya Mengatasinya di PLN Area Tanjung Priok. Jurnal Energi & Kelistrikan. 2018.
- [29] PT PLN (Persero). SPLN D3.016-2. Jakarta: PT PLN (Persero); 2013.
- [30] Putri AM. Berita Research. CNBC Indonesia. 2023 Feb 3 [cited 2023 Mar 28]. Available from: <https://www.cnbcindonesia.com>
- [31] Rahardjo M. Triangulasi Dalam Penelitian Kualitatif [Internet]. 2014 [cited 2023 May 30]. Available from: <http://mudjiarahardjo.com>
- [32] Ramadhani M. Rangkaian Listrik. Jakarta: Erlangga; 2008.
- [33] Richards JC. Kriteria Desain Engineering Jaringan Distribusi Tenaga Listrik. Jakarta: PT PLN (Persero); 2010.
- [34] S W. Analisis Pemeliharaan Saluran Distribusi 20 Kv Dalam Keadaan Bertegangan Di Rayon Kuta Bali. E-Journal SPEKTRUM. 2017;36.
- [35] Sekretariat Perusahaan PT PLN (Persero). Statistik PLN 2021. In: Statistik PLN 2021. Jakarta: Sekretariat Perusahaan PT PLN (Persero); 2021. p. 55.
- [36] Siahaan AN, Ispranyoto E, Tresya KM. Studi Kasus Pengaman Lebur Sebagai Proteksi Jaringan

- Tegangan Rendah pada PHB-TR di PT PLN (Persero) ULP Bogor. Jakarta: Institut Teknologi PLN; 2020.
- [37] Soeroso B. Identifikasi Gardu Distribusi Tenaga Listrik Di Kota Manado Berbasis Sistem . E-Jurnal Teknik Elektro dan Komputer. 2016;2.
- [38] Subiyakto A, Ahlan. Standar Konstruksi Jaringan Tegangan Rendah Tenaga Listrik. In: Buku 3. Jakarta: PT PLN (Persero); 2013. p. 253.
- [39] Sugiyono. Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif, dan R&D. Bandung: CV. ALFA BETA; 2011.
- [40] Sugiyono. Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif, dan R&D. Bandung: Alfabeta, CV; 2017.
- [41] Suryawan I. Proteksi Trafo Distribusi Lanjutan Proteksi Arus Lebih pada PHB-TR. 2020;3.
- [42] Sulasno. Teknik dan sistem Distribusi Tenaga Listrik. Semarang: Badan Penerbit UNDIP Semarang; 2001.
- [43] Susilo R. SISTEM TENAGA LISTRIK [Internet]. scirbd.com. 2019 Jan 23 [cited 2023 Mar 15]. Available from: <https://www.scribd.com/doc/36440708/SISTEM-TENAGA-LISTRIK>
- [44] Wibowo R, dkk. Kriteria Desain Enjinering Konstruksi Jaringan Distribusi Tenaga Listrik. In: Sarwono J, editor. Buku 1. Jakarta: PT PLN (Persero); 2010. p. 562.
- [45] Wibowo R, dkk. Standar Konstruksi Gardu Distribusi dan Gardu Hubung Tenaga Listrik. In: Sarwono J, editor. Buku 4. Jakarta: PT PLN (Persero); 2010. p. 562.
- [46] Wibowo SS. Analisa Sistem Tenaga. Malang: Polinema Press; 2016.
- [47] Wirawan. Dasar Sistem Proteksi dan Penalaan Out Of Step Relay Pada Generator Sinkron. Jakarta: PLN Research Institute; 2013.