

**PENGARUH PENERAPAN PEMELIHARAAN GARDU DISTRIBUSI 20KV  
MENGUNAKAN METODE MINIM PADAM PADA NILAI SAIDI DAN ENS DI PT.  
PLN (PERSERO) AREA BULUNGAN (KB 11B)**

Arif Fadhillah Fajri, Nurwijayanti KN, ST. MT

Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknologi Industri Universitas Dirgantara Marsekal  
Suryadarma

**ABSTRACT**

Maintenance is carried out by turning off the distribution substations, causing the electricity supply to the customers to go out during the maintenance. This is a concern because customers feel an outage that will impact SAIDI (System Average Interruption Duration Index) and ENS (Energy Not Supply). This research will discuss the maintenance of the distribution substation of 20 KV PT. PLN (Persero) Bulungan Area with a minimal outage method in order to reduce the SAIDI (System Average Interruption Duration Index) and ENS (Energy Not Supply) values for maintenance. Maintenance of 20 KV distribution substations with minimal outage method, duration of outage decreased by 74.13%, SAIDI (System Average Interruption Duration Index) maintenance decreased from 0.0067 hours / customer to 0.0017 hours / customer, ENS (Energy Not Supply) decreased from 1,875,426 KWH to 485.1 KWH and Energy Not Sold decreased from Rp 2,751,775.06 to Rp 711,777.53. Maintenance of the 20 KV distribution substation using the minimal outage method greatly affects the reliability of the distribution of electric power in the low voltage network and decreases the duration of the blackout by 74.13%.

**Keywords:** Distribution substation, Bulungan Area, SAIDI, ENS.

**ABSTRAK**

Pemeliharaan yang dilakukan dengan memadamkan gardu distribusi, menyebabkan pasokan listrik pada pelanggan padam selama pemeliharaan berlangsung. Hal ini menjadi perhatian karena pelanggan merasakan pemadaman yang akan berdampak kepada SAIDI (System Average Interruption Duration Index) dan ENS (Energy Not Supply). Penelitian ini akan dibahas pemeliharaan gardu distribusi 20 KV PT. PLN (Persero) Area Bulungan dengan metode minim padam guna mengurangi nilai SAIDI (System Average Interruption Duration Index) dan ENS (Energy Not Supply) pemeliharaan. Pemeliharaan gardu distribusi 20 KV metode minim padam durasi padam turun sebesar 74,13%, SAIDI (System Average Interruption Duration Index) pemeliharaan turun dari 0,0067 jam/pelanggan menjadi 0,0017 jam/pelanggan, ENS (Energy Not Supply) turun dari 1.875,426 KWH menjadi 485,1 KWH dan Energy Not Sold turun dari Rp 2.751.775,06 menjadi Rp 711.777,53. Pemeliharaan gardu distribusi 20 KV menggunakan metode minim padam sangat berpengaruh terhadap kehandalan penyaluran tenaga listrik di jaringan tegangan rendah dan penurunan durasi pemadaman sebesar 74,13%.

**Kata Kunci:** Gardu distribusi, Area Bulungan, SAIDI, ENS.

## 1. Latar Belakang

Keandalan sistem merupakan suatu hal utama yang diperhitungkan oleh PLN (Persero) selaku penyedia tenaga listrik. Oleh karena itu, PLN pun mengembangkan berbagai cara untuk tetap menjamin keandalan penyaluran tenaga listrik tersebut dengan melakukan pemeliharaan secara preventif (rutin) sesuai dengan Surat Edaran Direksi: 040.E/152/DIR/1999.

Saat ini pola pemeliharaan yang dilakukan dengan memadamkan Gardu Distribusi menyebabkan pemadaman pelanggan selama pemeliharaan berlangsung. Berdasarkan data realisasi jadwal pemeliharaan gardu distribusi; disebut revisi gardu; selama bulan Februari 2020 sampai dengan bulan Juli 2020 terdapat 135 kali pemadaman. Hal ini menjadi perhatian karena pelanggan merasakan pemadaman yang akan berdampak kepada SAIDI (*System Average Interruption Duration Index*) dan ENS (*Energy Not Supply*).

Upaya yang dapat dilakukan untuk mengatasi permasalahan ini antara lain melalui pekerjaan dalam keadaan bertegangan. Akan tetapi, risiko yang dihadapi sangat tinggi karena harus bersentuhan langsung dengan tegangan. Upaya lainnya adalah dengan memindahkan beban gardu yang dipelihara ke gardu terdekat atau yang dikenal sebagai metode minim padam. Metode ini nantinya akan menampung beban gardu distribusi yang dipelihara dengan gardu distribusi yang ada di sekitar gardu tersebut sehingga waktu pemadaman pelanggan dapat diminimalkan.

## 2. Landasan Teori

### 2.1 PT. PLN (Persero) Area Bulungan

Area Bulungan adalah salah satu dari 20 Area yang berada di PT. PLN (Persero) Distribusi Jakarta Raya dan Tangerang yang mencakup pelayanan pelanggan listrik untuk wilayah Kabupaten Jakarta Selatan, yang pada saat ini dengan luas

area  $\pm 112,625$  Km persegi, menangani 233.806 pelanggan dan pendapatan rata-rata  $\pm 103.829.005$  Milyar Rupiah per bulan.

Pada bagian distribusi jaringan listrik, PT. PLN (Persero) area Bulungan di supply oleh 14 Gardu Induk yaitu GI Kebon Jeruk, GI Karet Baru, GI Senayan, GI Danayasa, GI New Senayan, GI CSW, GI Mampang Baru, GI Duren Tiga, GI Antasari, GI Kemang, GI Kemang Mini, GI Pondok Indah, GI Bintaro dan GI Petukangan yang disalurkan ke 34 Gardu Hubung dan 1187 gardu distribusi untuk pelanggan tegangan rendah 220/380 Volt dan pelanggan tegangan menengah 20 KV.

### 2.2 Sistem Distribusi Tenaga Listrik

Pada pembangkit tegangan yang dikeluarkan oleh generator yaitu 16 KV kemudian dinaikkan tegangannya melalui Trafo *Step-up* di GITET hingga tegangannya menjadi 500 KV, kemudian disalurkan melalui SUTET menuju ke konsumen pemakai tegangan tinggi, sebelum ke konsumen pemakai tegangan tinggi, maka tegangan terlebih dahulu diturunkan dari TET menjadi TT yaitu sekitar 150 KV, tegangan tersebut diturunkan melalui Trafo *step-down* yang berada di Gardu Induk (GI).

Setelah itu listrik dialirkan melalui SUTT menuju ke konsumen pemakai Tegangan Menengah, sebelum ke konsumen pemakai (TM), tegangan diturunkan kembali oleh Gardu Induk melalui Trafo *step-down*, dari (TT) menjadi (TM) yaitu sekitar 20 KV. Mendekati pusat pemakaian tenaga listrik yang umum, energi listrik yang dialirkan melalui Jaringan Tegangan Menengah akan diturunkan, dari TM menjadi TR oleh Trafo *step-down* di gardu distribusi, tegangannya yaitu 220 Volt dan 380 Volt, yang kemudian didistribusikan ke pemakai oleh gardu distribusi melalui JTR.

### 2.3 Gardu Distribusi

Pengertian Gardu Distribusi Tegangan Listrik yang Paling dikenal

adalah sebuah bangunan Gardu Listrik yang berisi atau terdiri dari instalasi Perlengkapan Hubung Bagi Tegangan Menengah (PHB-TM), Transformator Distribusi dan Perlengkapan Hubung Bagi Tegangan Rendah (PHB-TR) untuk memasok kebutuhan tenaga listrik bagi para pelanggan baik dengan tegangan menengah (TM 20 KV) maupun tegangan rendah (TR 220/380 Volt).

Secara umum gardu distribusi dibagi menjadi 3 macam, yaitu :

- 1) Gardu Beton
- 1) Gardu Tiang

Secara garis besarnya, gardu tiang ada 2 jenis yaitu gardu portal dan gardu cantol.

- 2) Gardu Kios

#### 2.4 Kubikel 20 KV (PHB-TM)

Kubikel 20 KV adalah seperangkat peralatan listrik yang dipasang pada gardu hubung distribusi yang berfungsi sebagai pembagi, pemutus, penghubung, pengontrol dan proteksi sistem penyaluran tenaga listrik tegangan 20 KV. Kubikel biasanya terpasang pada gardu hubung distribusi atau gardu hubung yang berupa beton maupun kios.

Kubikel yang terdapat di dalam Gardu Hubung (GH) merupakan panel tegangan menengah yang berfungsi sebagai salah satu sarana penunjang utama untuk mendistribusikan tenaga listrik ke konsumen, dimana di dalam GH selain terdapat trafo distribusi terdapat pula beberapa kubikel dengan beberapa peralatan bantu sesuai kebutuhan antara lain, pemutus beban pasangan dalam, *disconnecting switch*, isolator, Rel *busbar*, *vacum circuit breaker*, kabel saluran masuk atau keluar, transformator instrumen atau pengukuran antara lain *current transformer* dan *potential transformer*.

#### 2.5 Panel Hubung Bagi Tegangan Rendah (PHB - TR)

Panel Hubung bagi Tegangan Rendah atau yang disingkat dengan PHB –

TR adalah panel hubung bagi yang dipasang pada sisi TR atau sisi sekunder trafo sebuah gardu distribusi. Fungsinya sebagai penghubung dan pembagi atau pendistribusian tenaga listrik dari output trafo sisi tegangan rendah TR ke rel pembagi dan diteruskan ke jaringan tegangan rendah (JTR) melalui kabel jurusan (*Opstyg Cable*) yang diamankan oleh NH Fuse.

Perlengkapan Hubung Bagi Tegangan Menengah (PHB – TM), Transformator Distribusi (TD) dan Perlengkapan Hubung Bagi Tegangan Rendah (PHB – TR) berfungsi untuk memasok kebutuhan tenaga listrik bagi para pelanggan baik dengan Tegangan Menengah (TM 20 KV) maupun Tegangan Rendah (TR 220/380V).

#### 2.6 Transformator

Transformator atau sering disebut trafo adalah peralatan yang berfungsi untuk menaikkan atau menurunkan tegangan. Transformator terdiri dari sebuah inti besi (*core*) dan dua buah lilitan yang biasa disebut lilitan primer dan lilitan sekunder.

Manfaat penggunaan transformator dalam transmisi dan distribusi listrik, yaitu :

- 1) Meminimalisir penurunan tegangan (*voltage drop*) pada proses transmisi dan distribusi listrik.
- 2) Mengurangi kehilangan energi listrik (*loses*) pada proses transmisi dan distribusi listrik karena semakin besar tegangan yang kita gunakan pada saat transmisi atau distribusi maka semakin kecil arus yang dilewati oleh jalur transmisi atau distribusi itu, sehingga panas yang dikarenakan arus listrik yang besar dapat kita kurangi.
- 3) Penghematan penggunaan kabel karena seperti point nomor 2, semakin besar tegangan maka akan semakin kecil arus yang kita alirkan. Maka diameter kabel yang kita gunakan semakin kecil.

**2.7 Pemeliharaan Gardu Distribusi**

Pemeliharaan gardu distribusi bertujuan untuk mencegah terjadinya kerusakan peralatan secara tiba-tiba untuk mempertahankan unjuk kerja peralatan yang optimum sesuai umur teknisnya (*Preventive Maintenance*), dapat beroperasi sesuai sasaran yang diharapkan, aman bagi manusia dan lingkungan, handal dalam sistem penyaluran tenaga listrik serta dapat melakukan efisien. Kegiatan ini dilaksanakan secara berkala dengan berpedoman kepada Instruksi Manual dari pabrik, standar-standar yang ada dan pengalaman operasi di lapangan. Pemeliharaan ini disebut juga dengan pemeliharaan berdasarkan waktu (*Time Base Maintenance*). Metodologi yang digunakan meliputi *literature*, dimana perumusan yang diperoleh selanjutnya sebagai dasar untuk menganalisa. Studi pustaka mengumpulkan bahan-bahan dari berbagai sumber pustaka yang menunjang pada teori dan data penulisan. Memperhatikan SOP (*Standar Operating Prosedure*) dalam pelaksanaan pekerjaan pemeliharaan gardu distibusi.

**2.8 SAIDI (System Average Interruption Duration Index)**

SAIDI menginformasikan tentang durasi pemadaman rata-rata untuk tiap konsumen dalam kurun waktu setahun pada suatu area yang dievaluasi. Nilai SAIDI dipengaruhi oleh 3 faktor yaitu pemeliharaan, gangguan dan bencana alam.

Cara menghitungnya adalah total durasi pemadaman dari konsumen dalam setahun dibagi dengan jumlah total konsumen yang dilayani sebagaimana dinyatakan dalam persamaan (1).

$$SAIDI = \frac{\Sigma(\text{lama padam}) \times (\text{pelanggan padam})}{\text{total pelanggan yang dilayani}} \quad (1)$$

**Keterangan:**

Jumlah dari perkalian lama padam dengan pelanggan padam dibagi dengan jumlah pelanggan yang dilayani.

**2.9 ENS (Energy Not Supply)**

ENS merupakan besaran energi listrik yang tidak termanfaatkan yang diakibatkan oleh gangguan maupun pemeliharaan dalam kurun waktu tertentu. ENS juga dipengaruhi oleh 3 faktor yaitu pemeliharaan, gangguan dan bencana alam.

Secara matematis dituliskan sebagai berikut :

$$P = V \times I \quad (2)$$

$$ENS = P \times h \quad (3)$$

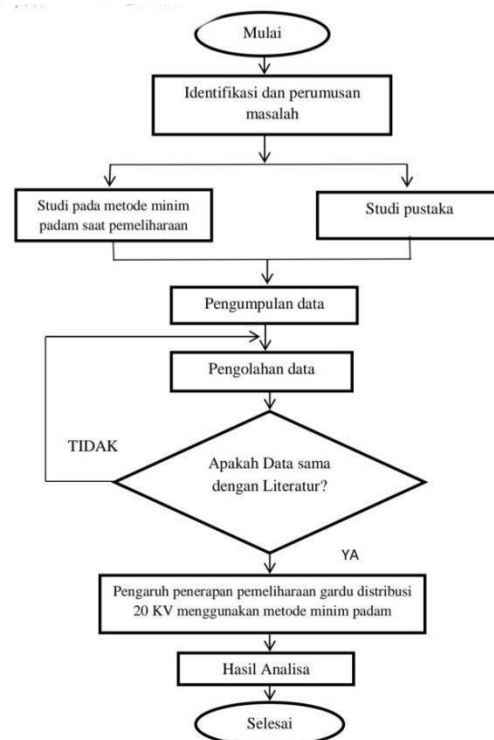
**2.10 Persentase Penurunan Durasi Padam**

Pemeliharaan gardu menggunakan metode minim padam dapat menurunkan durasi padam pada saat melakukan kegiatan pemeliharaan gardu. Untuk menghitung nilai persentase penurunan durasi padam dapat dihitung dengan cara:

$$\frac{\text{durasi padam tanpa minim padam} - \text{durasi padam dengan minim padam}}{\text{durasi padam tanpa minim padam}} \times 100\% \quad (4)$$

**3. Penelitian**

**3.1 Flowchart Tugas Akhir**



Gambar 1. Flowchart Tugas Akhir

### 3.2 Tempat dan Waktu Penelitian

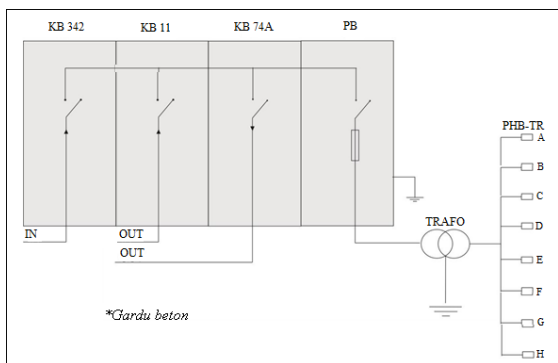
Adapun tempat penelitian ini di rumah mahasiswa dengan alamat Jalan Cirendeu Indah IV GG. H. Tompel No. 87 E RT 002/RW 001 kode pos 15419 dan pengambilan data dilakukan di area PLN UP3 Bulungan sejak September 2020 sampai Februari 2021.

Tabel 1. Kegiatan Penelitian

Prediksi Kegiatan	Sep 2020			Okt 2020			Nov 2020			Des 2020			Jan 2021			Feb 2021				
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Menyerahkan Judul Skripsi	■																			
Pembuatan Proposal		■																		
Revisi Proposal Tugas Akhir			■																	
Studi Pustaka				■																
Studi Kasus pada Pemeliharaan Gardu Minim Padam					■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Pengumpulan Data												■	■	■	■	■	■	■	■	■
Penulisan Skripsi																			■	■

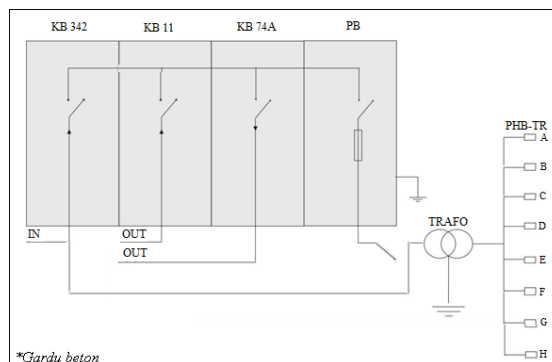
## 4. Analisa dan Pembahasan

### 4.1 Gardu KB 11B



Gambar 2. Wiring Gardu KB 11B

Di gardu KB 11B melakukan pemeliharaan gardu pada tanggal 04 Agustus 2020 menggunakan sistem kabel *additional* (tambahan) jenis N2XSY3 x 35 mm<sup>2</sup>.



Gambar 3. Wiring Gardu KB 11B Minim Padam

### 4.2 Menghitung Nilai SAIDI (System Average Interruption Duration Index)

Tabel 2. Durasi Padam Sebelum menggunakan Metode Minim Padam

No	Gardu	Tgl. Padam	Jam Padam	Tgl. Nyala	Jam Nyala	Lama Padam
1	KB11B	28/06/2019	13:37	28/06/2019	15:33	116 menit

Tabel 3. Durasi Padam Setelah Menggunakan Metode Minim Padam

No	Gardu	Tgl. Padam	Jam Padam	Tgl. Nyala	Jam Nyala	Lama Padam
1	KB11B	04/08/2020	10:12	04/08/2020	10:29	17 menit
		(Pemasangan Kabel Primer Additional)				
1	KB11B	04/08/2020	12:02	04/08/2020	12:15	13 menit
		(Pelepasan Kabel Primer Additional)				
Total Durasi Padam (menit)						30 menit

$$\begin{aligned} \text{SAIDI pemeliharaan metode padam total :} &= \frac{1,933 \text{ jam} \times 809 \text{ pelanggan}}{233.806 \text{ Pelanggan}} \\ &= 0,0067 \text{ jam/pelanggan.} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{SAIDI pemeliharaan metode minim padam :} &= \frac{0,5 \text{ jam} \times 809 \text{ pelanggan}}{233.806 \text{ Pelanggan}} \\ &= 0,0017 \text{ jam/pelanggan.} \end{aligned}$$

Keterangan :

- 116 menit : 1,933 jam.
- 30 menit : 0,5 jam.
- 809 Pelanggan : Total pelanggan yang di suplai Gardu KB 11B.
- 233.806 Pelanggan : Total pelanggan PT. PLN Area Bulungan.

### 4.3 Menghitung Persentase Penurunan Durasi Padam

$$= \frac{\text{Durasi padam tanpa minipadam} - \text{durasi padam dengan minipadam}}{\text{Durasi padam tanpa minipadam}} \times 100\%$$

$$= \frac{116 \text{ menit} - 30 \text{ menit}}{116 \text{ menit}} \times 100\%$$

$$= 74,13\%$$

### 4.4 Pengukuran Arus (A) Gardu KB 11B

Tabel 4. Pengukuran Beban Gardu KB 11B

	A	B	C	D	E	F	G	H
Phase R + S + T	527,88 A	405,62 A	237,46 A	502,78 A	43,82 A	148,46 A	16,32 A	82,97 A
Neutral	60,77 A	59,79 A	84,67 A	26,82 A	10,28 A	8,79 A	2,91 A	16,99 A

$$\text{Atotal} = \text{Feeder A} + \text{Feeder B} + \text{Feeder C} + \text{Feeder D} + \text{Feeder E} + \text{Feeder F} + \text{Feeder G} + \text{Feeder H}$$

$$= 527,88 \text{ A} + 405,62 \text{ A} + 237,46 \text{ A} + 502,78 \text{ A} + 43,82 \text{ A} + 148,46 \text{ A} + 16,52 \text{ A} + 82,97 \text{ A}$$

$$= 1.965,51 \text{ A.}$$

### 4.5 Menghitung ENS (Energy Not Supply) dan Energy Not Sold

#### 4.5.1 ENS Metode Padam Total

$$P = V \times I \times \cos \pi \times \sqrt{3}$$

$$= 380 \times 1965,51 \times 0,75 \times \sqrt{3}$$

$$= 970.215 \text{ W} = 970,215 \text{ KW.}$$

$$\text{ENS} = P \times h$$

$$= 970,215 \text{ KW} \times 1,933 \text{ jam}$$

$$= 1.875,426 \text{ KWH.}$$

$$\text{Energy Not Sold} = \text{ENS} \times \text{Harga per KWH}$$

$$= 1.875.426 \times 1467,28$$

$$= \text{Rp. } 2.751.775,06.$$

Dimana :

P = Daya (W)  
 V = Tegangan (V) = 380 V  
 I = Arus Beban (A) = 1.965,51 A  
 h = Durasi Padam (jam) = 116 menit = 1,933 jam  
 Harga per KWH = 1467,28  
 Cos π = Faktor daya = 0,75

### 4.5.2 ENS Metode Minim Padam

$$\text{ENS} = P \times h$$

$$= 970,215 \text{ KW} \times 0,5 \text{ jam}$$

$$= 485,1 \text{ KWH.}$$

$$\text{Energy Not Sold} = \text{ENS} \times \text{Harga per KWH}$$

$$= 485,1 \times 1467,28$$

$$= \text{Rp. } 711.777,53.$$

Dimana :

P = Daya (W)  
 h = Durasi Padam (jam) = 30 menit = 0,5 jam  
 ENS = Energy Not Supply (KWH)  
 Harga per KWH = 1467,28

### 5. Kesimpulan

- 1) Berdasarkan hasil pengukuran beban arus pada PHB-TR, beban arus terbesar terletak di *feeder* A yaitu total 527,88 A. Sedangkan beban arus terkecil terletak di *feeder* G yaitu total 16,52 A. Hal tersebut terjadi karena *feeder* A menyuplai area yang lebih luas serta lebih banyak konsumen sehingga menyebabkan beban arus pada *feeder* A lebih besar dari *feeder* lain.
- 2) Dari hasil perhitungan maka didapatkan nilai SAIDI metode minim padam yaitu 0,0017 jam/pelanggan lebih kecil dibanding nilai SAIDI metode padam total yaitu 0,0067 jam/pelanggan. Pada perhitungan persentase penurunan durasi padam dari metode padam total ke metode minim padam yaitu sebesar 74,13%.
- 3) Pada perhitungan *Energy Not Supply* pada metode minim padam yaitu 485,1 KWH dan *Energy Not Sold* pada metode minim padam yaitu Rp. 711.777,53 jauh lebih kecil *Energy Not Supply* metode padam total yaitu 1.875,426

- KWH dan *Energy Not Sold* metode padam total yaitu Rp. 2.751.775,06.
- 4) Pemeliharaan gardu distribusi 20 KV menggunakan metode minim padam sangat berpengaruh terhadap kehandalan penyaluran tenaga listrik di jaringan tegangan rendah dan penurunan durasi pemadaman sebesar 74,13%.

#### Daftar Pustaka

- [1] Avd, Margiono. *Sistem Distribusi Tenaga Listrik di Indonesia*. 2013. Jakarta: YKT Publisher.
- [2] Stevenson, Jr, William, D. *Analisa Sistem Tenaga Listrik*. Jakarta: Erlangga 1994.
- [3] Sarimun, Wahyudi. *Proteksi Sistem Distribusi Tenaga Listrik*. 2012. Jakarta: Garamond.
- [4] Kadir, A. *Pembangkit Tenaga Listrik (Edisi Revisi)*. 2000. Jakarta: UI Press.
- [5] Latumahina, Abraham, dkk. 2015. *Optimalisasi Penjadwalan, Perawatan dan Perbaikan Pembangkit PLTD 20 kV dengan Levelized Reserve Method*. Jurnal EECCIS Vol. 9, No. 1. Hal 95-96.
- [6] Kadir, A. *Transformator*. 2010. Jakarta: UI Press.
- [7] Wayan, I Sudiarta, dkk. 2016. *Manajemen Trafo Distribusi 20kv Antar Gardu B1031 Dan B1033 Penyulang Liligundi Dengan Menggunakan Simulasi Program ETAP*. Jurnal Logic Vol. 16, No. 3. Hal 168.
- [8] Pabla, AS dan Abdul Hadi. *Sistem Distribusi Daya Listrik*. 2019. Jakarta: Erlangga.
- [9] Fatoni, Ahmad, dkk. 2016. *Analisa Keandalan Sistem Distribusi 20 kV PT.PLN Rayon Lumajang dengan Metode FMEA (Failure Modes and Effects Analysis)*. Jurnal Teknik ITS Vol. 5, No. 2. Hal B-462.
- [10] Markoni. *Operasi Sistem & Pemeliharaan Jaringan Distribusi Tenaga Listrik*. 2018. Jakarta: Teknosain.
- [11] PT. PLN (Persero). *Katalog Peralatan Jaringan Distribusi Tenaga Listrik*. 2012. Jakarta: PT. PLN (PERSERO).
- [12] Husodo BY dan Arditya Perdana Akbar. Penerapan Metode Minim Padam untuk Pemeliharaan Gardu Distribusi 20 kV di PT PLN Area Bulungan (KL224). *Teknologi Elektro*. 2018;9(3):159-162.