

**ANALISA PENGARUH PDKB PADA PEKERJAAN PEMELIHARAAN  
ISOLATOR TUMPU DI PENYULANG 10 GI SAYUNG 150/20 KV  
DEMAK**

**LAPORAN TUGAS AKHIR**

LAPORAN INI DISUSUN UNTUK MEMENUHI SALAH SATU SYARAT  
MEMPEROLEH GELAR S1 PADA PRODI TEKNIK ELEKTRO FAKULTAS  
TEKNOLOGI INDUSTRI UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG  
SEMARANG



**DISUSUN OLEH :**

**WAHYU AJI SAPUTRA**

**NIM 30601800069**

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO  
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI  
UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG  
SEMARANG  
DESEMBER 2022**

**FINAL PROJECT**

**ANALYSIS OF THE EFFECT OF PDKB ON THE  
MAINTENANCE WORK OF THE FULCRUM INSULATOR IN  
THE FEEDER 10 GI SAYUNG 150/20 KV DEMAK**

*Proposed to complete the requirement to obtain a bachelor's degree (S1) at  
Department of Industrial Engineering, Faculty of Industrial Technology,  
Universitas Islam Sultan Agung*



*Arranged By:*

**WAHYU AJI SAPUTRA**

**NIM 30601800069**

**MAJORING OF INDUSTRIAL ENGINEERING  
INDUSTRIAL TECHNOLOGY FACULTY  
SULTAN AGUNG ISLAMIC UNIVERSITY  
SEMARANG  
DESEMBER 2022**

## LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING

Laporan Tugas Akhir dengan judul "ANALISA PENGARUH PDKB PADA PEKERJAAN PEMELIHARAAN ISOLATOR TUMPU DI PENYULANG 10 GI SAYUNG 150/20 KV DEMAK" ini disusun oleh :

Nama : Wahyu Aji Saputra

NIM : 30601800069


Program Studi : Teknik Elektro

Telah disahkan oleh dosen pembimbing pada :

Hari : Kamis

Tanggal : 29 Desember 2022

Pembimbing I



Ir. Ida Widiastuti, MT

NIDN. 0005036501

Pembimbing II



Dr. Ir. H. Muhamad Haddin, MT

NIDN. 0618066301

Mengetahui,

Ketua Program Studi Teknik Elektro



Jenny Putri Hapsari, ST, MT

NIDN. 0607018501

## LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI

Laporan Tugas Akhir dengan judul **"ANALISA PENGARUH PDKB PADA PEKERJAAN PEMELIHARAAN ISOLATOR TUMPU DI PENYULANG 10 GI SAYUNG 150/20 KV DEMAK"** ini telah dipertahankan di depan Dosen Penguji Tugas Akhir pada :

Hari : Kamis

Tanggal : 29 Desember 2022

Penguji II

Penguji III

  
Ir. Ida Widi Hastuti, MT

NIDN. 0005036501

  
Dr. Ir. H. Mohamad Haddin, MT

NIDN. 0618066301

**UNISSULA**

جامعة سلطان ابي صفيح الإسلامية

Mengetahui,

Ketua Penguji



Ir. H. Sukarno Budi Utomo, MT

NIDN. 0628086501

## SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Wahyu Aji Saputra  
NIM : 30601800069  
Judul Tugas Akhir : ANALISA PENGARUH PDKB PADA PEKERJAAN PEMELIHARAAN ISOLATOR TUMPU DI PENYULANG 10 GI SAYUNG 150/20 KV DEMAK

Dengan ini saya menyatakan bahwa judul dan isi dari Tugas Akhir yang saya buat dalam rangka menyelesaikan Pendidikan Strata Satu (S1) Teknik Elektro tersebut adalah asli (orisinil) dan belum pernah diangkat, ditulis maupun dipublikasikan oleh siapa pun baik keseluruhan ataupun sebagian kecil, kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka, dan apabila dikemudian hari ternyata terbukti jika judul Tugas Akhir tersebut pernah diangkat, ditulis maupun dipublikasikan maka saya bersedia diberikan sanksi akademis. Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan sadar dan penuh tanggung jawab.

Semarang, 29 Desember 2022



Yang Menyatakan

Wahyu Aji Saputra

## PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Wahyu Aji Saputra

NIM : 30601800069

Program Studi : Teknik Elektro

Fakultas : Teknologi Industri

Alamat Asal : Lingkungan Nglejok RT 02/15 Ds. Kuripan Kec. Purwodadi Kab.  
Grobogan

Dengan ini menyatakan Karya Ilmiah berupa Tugas Akhir dengan judul  
**“ANALISA PENGARUH PDKB PADA PEKERJAAN PEMELIHARAAN  
ISOLATOR TUMPU DI PENYULANG 10 GI SAYUNG 150/20 KV  
DEMAK”**

Menyetujui menjadi hak milik Universitas Islam Sultan Agung serta memberikan Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif untuk disimpan, di alih media-kan, dikelola dan pangkalan data dan dipublikasikan di internet dan media lain untuk kepentingan akademis selama tetap mencantumkan nama penulis sebagai pemilik hak cipta. Pernyataan ini saya buat dengan sungguh-sungguh. Apabila dikemudian hari terbukti ada pelanggaran Hak Cipta/Plagiarisme dalam karya ilmiah ini maka segala bentuk tuntutan hukum yang timbul akan saya tanggung secara pribadi tanpa melibatkan Universitas Islam Sultan Agung.

Semarang, 29 Desember 2022



Yang Menyatakan

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Wahyu Aji Saputra', is written over the text 'Yang Menyatakan'.

Wahyu Aji Saputra

## HALAMAN PERSEMBAHAN

### Persembahan :

Pertama,

Kepada kedua Orang Tua, Istri dan Anak saya yang saya cintai yang selalu menjadi semangat dan menjadi motivasi saya untuk menyelesaikan studi saya.

Kedua,

Kepada seluruh Rekan Kerja di PT PLN (Persero) UP3 Demak yang telah memberi semangat, memotivasi dan mendoakan saya, sebuah puji syukur karena dapat menyelesaikan studi saya.

Ketiga,

Kepada seluruh Dosen Fakultas Teknologi Industri Teknik Elektro Universitas Islam Sultan Agung yang senantiasa memberikan ilmu-ilmu yang bermanfaat dan juga selalu memotivasi saya dalam menyelesaikan studi.

## HALAMAN MOTTO

### Motto :

“Sesungguhnya bersama kesulitan ada kemudahan”

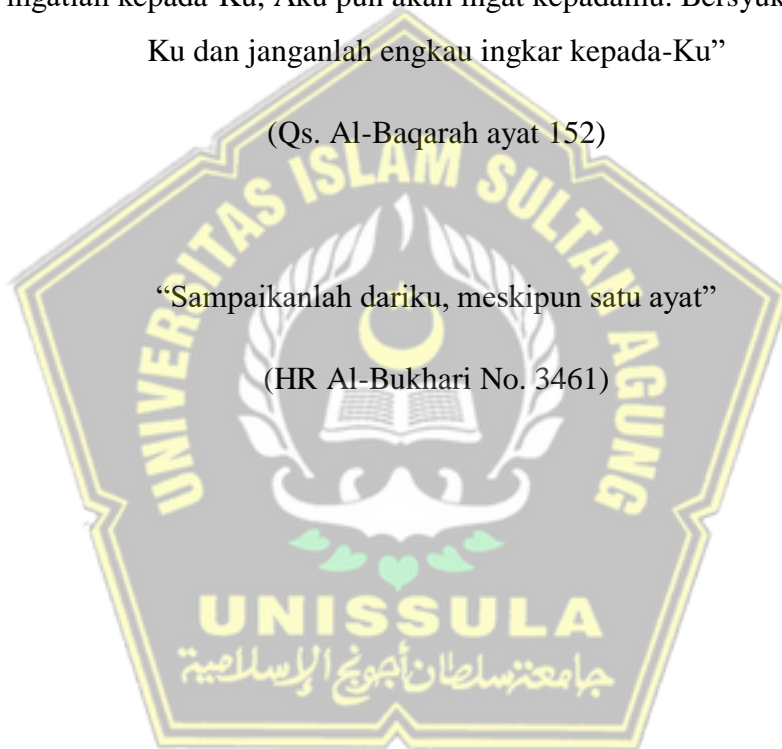
(Qs. Al-Insyirah ayat 6)

“Maka ingatlah kepada-Ku, Aku pun akan ingat kepadamu. Bersyukurlah kepada-Ku dan janganlah engkau ingkar kepada-Ku”

(Qs. Al-Baqarah ayat 152)

“Sampaikanlah dariku, meskipun satu ayat”

(HR Al-Bukhari No. 3461)





## KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan atas kehadiran Tuhan Yang Maha Esa atas limpahan rahmat, taufik dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan Tugas Akhir dengan judul **“ANALISA PENGARUH PDKB PADA PEKERJAAN PEMELIHARAAN ISOLATOR TUMPU DI PENYULANG 10 GI SAYUNG 150/20 KV DEMAK”**. Tidak lupa Shalawat serta salam tercurahkan kepada Nabi Muhammad SAW beserta keluarga, sahabat dan Insya-Allah pengikutnya hingga akhir zaman nanti.

Penulis sadar jika dalam penyusunan Tugas Akhir ini tidaklah lepas dari dukungan dan bantuan dari berbagai pihak. Pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada yang terhormat :

1. Kedua Orang Tua Penulis yang selalu memberi dukungan kepada penulis.
2. Istri dan Anak penulis yang selalu hadir memberikan semangat.
3. Bapak Firman Sadikin selaku *Manager* PT PLN UP3 Demak, yang telah memberi kesempatan kepada penulis untuk melaksanakan penelitian tugas akhir ini.
4. Bapak Andri Wisnu Jatileksono selaku *Supervisor* PDKB Demak yang telah memberi ilmu yang sangat bermanfaat.
5. Bapak Prof. Dr. Gunarto, S.H, M.Hum. selaku Rektor Universitas Islam Sultan Agung Semarang.
6. Ibu Dr. Ir. Novi Marlyana, S.T., M.T. selaku Ketua Dekan Fakultas Teknik Universitas Islam Sultan Agung Semarang.
7. Ibu Jenny Putri Hapsari, S.T., M.T. selaku Ketua Jurusan Fakultas Teknik Elektro Universitas Islam Sultan Agung Semarang.
8. Ibu Ir. Ida Widiastuti, M.T. selaku dosen pembimbing 1 yang telah meluangkan waktunya dan memberikan bimbingan yang sangat berharga.
9. Bapak Dr. Ir. H. Muhamad Haddin, M.T. selaku dosen pembimbing 2 yang telah meluangkan waktunya dan memberikan bimbingan yang sangat berharga.

10. Seluruh pegawai PT PLN (Persero) UP3 Demak.

11. Teman-teman mahasiswa Universitas Islam Sultan Agung Semarang yang selalu memberikan kritik dan saran yang membangun.

Penulis sadar jika dalam penyusunan tugas akhir ini masih banyak kekurangan maka dari itu segala kritik dan saran yang membangun akan selalu diterima dengan senang hati. Semoga penelitian Tugas Akhir ini dapat memberi manfaat untuk semua pihak, terima kasih.



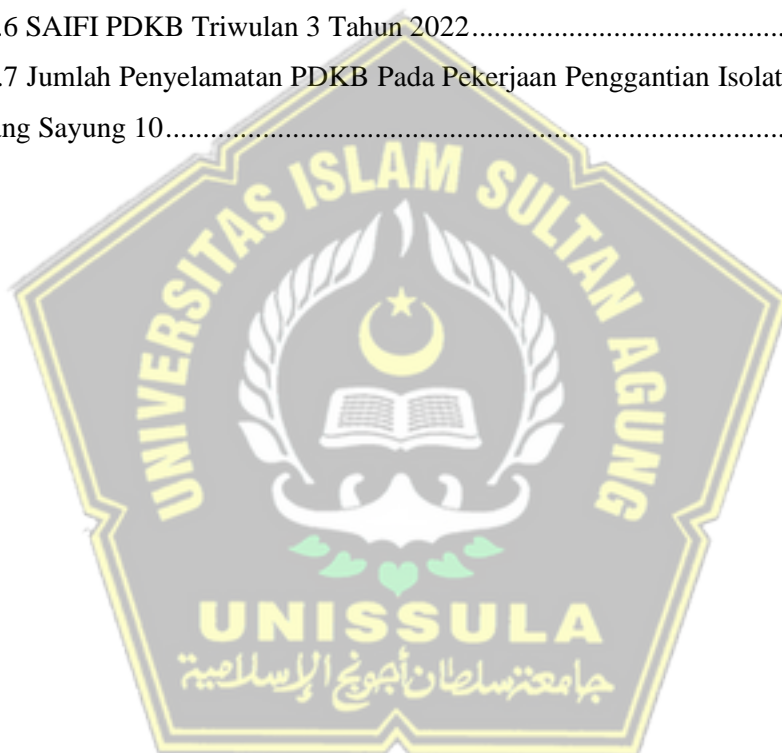
## DAFTAR ISI

JUDUL TUGAS AKHIR .....	i
LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING .....	ii
LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI.....	iii
SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR .....	iv
PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH.....	v
HALAMAN PERSEMBAHAN.....	vi
HALAMAN MOTTO .....	vii
KATA PENGANTAR .....	viii
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR TABEL.....	xii
DAFTAR GAMBAR.....	xiii
ABSTRAK.....	xiv
<i>ABSTRACT</i> .....	xv
BAB I PENDAHULUAN .....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Perumusan Masalah .....	2
1.3 Pembatasan Masalah.....	2
1.4 Tujuan.....	3
1.5 Manfaat.....	3
1.6 Sistematika Penulisan .....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI .....	5
2.1 Tinjauan Pustaka.....	5
2.2 Landasan Teori .....	6
2.2.1 Sistem Jaringan Distribusi.....	6
2.2.2 Konfigurasi Jaringan Distribusi.....	8
2.2.3 Saluran Udara Tegangan Menengah.....	11
2.2.4 Peralatan Jaringan Distribusi .....	12
2.2.5 Isolator <i>Flashover</i> .....	17
2.2.6 Isolator Retak atau Pecah .....	18
2.2.7 Gangguan Pada Jaringan SUTM .....	19
2.2.8 Pemeliharaan Saluran Udara Tegangan Menengah (SUTM).....	20
2.2.9 Bentuk Pemeliharaan Jaringan .....	20

2.2.10	Pekerjaan Dalam Keadaan Bertegangan (PDKB).....	21
2.2.11	Tugas Personil PDKB Tegangan Menengah .....	23
2.2.12	Pengaruh Listrik Terhadap Manusia.....	23
2.2.13	Energi (kWh) Terselamatkan .....	25
2.2.14	Rupiah Terselamatkan.....	25
2.2.15	SAIDI (System Average Interruption Duration Index).....	26
2.2.16	SAIFI (System Average Interruption Frequency Index).....	26
<b>BAB III METODE PENELITIAN .....</b>		<b>28</b>
3.1	Model Penelitian .....	28
3.2	Lokasi Penelitian .....	29
3.3	Tahapan Penelitian.....	30
3.4	Metode Pengumpulan Data .....	32
3.5	Metode Analisis Data.....	32
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>		<b>34</b>
4.1	Data Hasil Pekerjaan Penggantian Isolator Tumpu Triwulan 3 Tahun 2022	34
4.1.1	Tarif Dasar Listrik .....	34
4.1.2	Proses Bisnis PDKB .....	35
4.1.3	Alur Perencanaan Pekerjaan ULP (Unit Layanan Pelanggan).....	36
4.2	Data Perhitungan Pekerjaan Penggantian Isolator Tumpu .....	37
4.2.1.	Perhitungan kWh Terselamatkan.....	37
4.2.2.	Perhitungan Rupiah Terselamatkan.....	40
4.2.3.	Perhitungan SAIDI PDKB .....	42
4.2.4.	Perhitungan SAIFI PDKB .....	44
<b>BAB V KESIMPULAN .....</b>		<b>47</b>
5.1	Kesimpulan.....	47
5.2	Saran .....	48
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>		<b>49</b>
<b>LAMPIRAN.....</b>		<b>51</b>

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Pengaruh Arus Listrik Terhadap Tubuh Manusia.....	24
Tabel 3.1 Data Hasil Pekerjaan Pemeliharaan Isolator Tumpu PDKB Triwulan 3 Penyulang Sayung 10.....	33
Tabel 4.1 kWh Terselamatkan .....	39
Tabel 4.2 Rp/kWh Triwulan 3 Tahun 2022 PLN UP3 Demak .....	40
Tabel 4.3 Rupiah Terselamatkan.....	41
Tabel 4.5 SAIDI PDKB Triwulan 3 Tahun 2022 .....	43
Tabel 4.6 SAIFI PDKB Triwulan 3 Tahun 2022.....	45
Tabel 4.7 Jumlah Penyelamatan PDKB Pada Pekerjaan Penggantian Isolator Tumpu Pada Penyulang Sayung 10.....	46



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Sistem Tenaga Listrik .....	7
Gambar 2.2 Sistem Jaringan Radial .....	8
Gambar 2.3 Sistem Jaringan <i>Loop</i> .....	9
Gambar 2.4 Sistem Jaringan <i>Cluster</i> .....	10
Gambar 2.6 Sistem Jaringan <i>Spindel</i> .....	11
Gambar 2.7 Konstruksi Saluran Udara Tegangan Menengah .....	12
Gambar 2.8 Rangkaian Transformator .....	14
Gambar 2.9 <i>Arrester</i> .....	15
Gambar 2.10 Isolator Tumpu .....	17
Gambar 2.11 Isolator Tarik .....	17
Gambar 2.12 Isolator <i>Flashover</i> .....	18
Gambar 2.13 Isolator Pecah .....	19
Gambar 2.14 PDKB Tegangan Menengah .....	22
Gambar 2.15 Ilustrasi Jarak Aman .....	23
Gambar 3.1 SLD GI Sayung 150/20 Kv .....	28
Gambar 3.2 SLD Penyulang Sayung 10 .....	29
Gambar 3.1 Denah Lokasi dan <i>Layout</i> PT PLN (Persero) UP3 Demak .....	29
Gambar 3.2 <i>Flowchart</i> Penelitian .....	31
Gambar 4.1 Tarif Dasar Listrik Bulan Juli Hingga September Tahun 2022 .....	35
Gambar 4.2 Proses Bisnis PDKB .....	36
Gambar 4.3 Alur Perencanaan Pekerjaan ULP .....	37
Gambar 4.4 Grafik kWh Terselamatkan .....	39
Gambar 4.5 Grafik Rupiah Terselamatkan .....	41
Gambar 4.6 Grafik SAIDI PDKB .....	43
Gambar 4.7 Grafik SAIFI PDKB .....	45

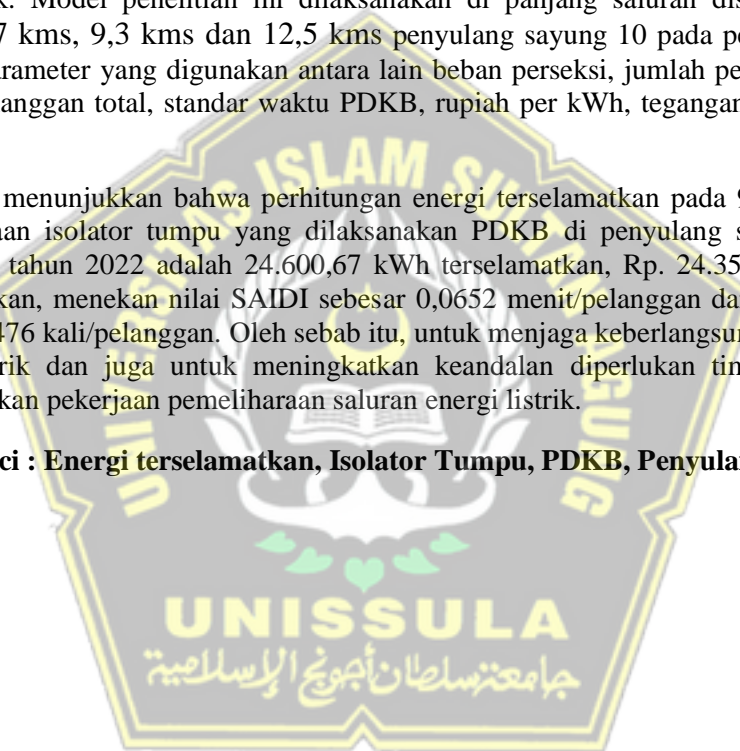
## ABSTRAK

Peningkatan jumlah gangguan yang terjadi di Penyulang 10 GI Sayung 150/20 kV Demak pada triwulan 3 tahun 2022 antara lain disebabkan karena isolator rusak. Akibat dari gangguan yang disebabkan isolator tersebut menyebabkan sebanyak 24.210,83 kWh hilang tidak tersalurkan kepada pelanggan dan menurunkan tingkat keandalan penyaluran energi listrik. Solusi dari permasalahan tersebut adalah dengan melakukan inspeksi menyeluruh dan pemeliharaan jaringan tanpa padam dengan menggunakan tim khusus tim PDKB.

Penelitian ini membahas tentang analisa kWh terselamatkan pada pekerjaan pemeliharaan isolator tumpu dengan metode PDKB pada penyulang 10 GI Sayung 150/20 kV Demak. Model penelitian ini dilaksanakan di panjang saluran distribusi masing-masing 2,7 kms, 9,3 kms dan 12,5 kms penyulang sayung 10 pada pekerjaan PDKB. Dengan parameter yang digunakan antara lain beban perseksi, jumlah pelanggan padam, jumlah pelanggan total, standar waktu PDKB, rupiah per kWh, tegangan penyulang dan cos phi.

Hasil menunjukkan bahwa perhitungan energi terselamatkan pada 9 kali pekerjaan pemeliharaan isolator tumpu yang dilaksanakan PDKB di penyulang sayung 10 pada triwulan 3 tahun 2022 adalah 24.600,67 kWh terselamatkan, Rp. 24.357.700,63 rupiah terselamatkan, menekan nilai SAIDI sebesar 0,0652 menit/pelanggan dan menekan nilai SAIFI 0,0476 kali/pelanggan. Oleh sebab itu, untuk menjaga keberlangsungan penyaluran energi listrik dan juga untuk meningkatkan keandalan diperlukan tim PDKB dalam melaksanakan pekerjaan pemeliharaan saluran energi listrik.

**Kata Kunci : Energi terselamatkan, Isolator Tumpu, PDKB, Penyulang Sayung 10**



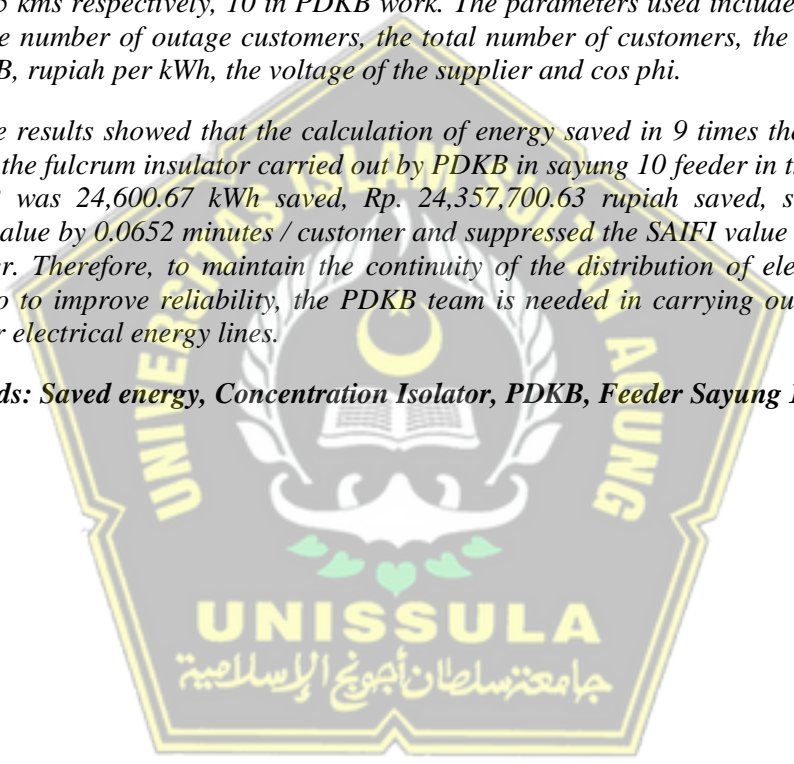
## **ABSTRACT**

*The increase in the number of disturbances that occurred in Feeder 10 GI Sayung 150/20 kV Demak in the 3rd quarter of 2022 was partly due to damaged insulators. As a result of the interference caused by the insulator, as much as 24,210.83 kWh was lost, which was not distributed to customers and decreased the level of reliability of electrical energy distribution. The solution to this problem is to conduct a thorough inspection and maintenance of the network without going out using a special team of the PDKB team.*

*This study discusses the analysis of saved kWh in the maintenance work of the fulcrum insulator with the PDKB method on the 10 GI Sayung 150/20 kV Demak feeder. This research model was carried out at distribution channel lengths of 2.7 kms, 9.3 kms and 12.5 kms respectively, 10 in PDKB work. The parameters used include the frequency load, the number of outage customers, the total number of customers, the standard time of PDKB, rupiah per kWh, the voltage of the supplier and cos phi.*

*The results showed that the calculation of energy saved in 9 times the maintenance work of the fulcrum insulator carried out by PDKB in sayung 10 feeder in the 3rd quarter of 2022 was 24,600.67 kWh saved, Rp. 24,357,700.63 rupiah saved, suppressed the SAIDI value by 0.0652 minutes / customer and suppressed the SAIFI value 0.0476 times / customer. Therefore, to maintain the continuity of the distribution of electrical energy and also to improve reliability, the PDKB team is needed in carrying out maintenance work for electrical energy lines.*

**Keywords:** *Saved energy, Concentration Isolator, PDKB, Feeder Sayung 10*





## BAB I

### PENDAHULUAN

#### 1.1 Latar Belakang

Penyulang Sayung 10 merupakan salah satu dari 16 penyulang dan merupakan keluaran dari transformator 3 yang ada di Gardu Induk Sayung 150/20 kV, yang melayani kebutuhan energi listrik di wilayah kerja Unit Layanan Pelanggan Demak dengan jumlah total pelanggan 11692 pelanggan yang tersebar di wilayah Kabupaten Demak.

Permasalahan muncul pada penyaluran energi listrik pada penyulang Sayung 10, di mana terjadi peningkatan jumlah gangguan yang menyebabkan PMT trip pada triwulan ke-3 dibanding triwulan sebelumnya. Pada triwulan ke-3 penyulang Sayung 10 mengalami 7 kali gangguan yang mengakibatkan PMT trip. Salah satu penyebab meningkatnya jumlah gangguan di triwulan ke-3 ini adalah dikarenakan isolator rusak, dari 7 kali gangguan terdapat 2 kali gangguan yang disebabkan isolator rusak, baik karena *flashover* maupun karena isolator pecah. Akibat dari gangguan isolator tersebut menyebabkan kerugian bagi PT. PLN (Persero) sebesar 24.210,83 kWh hilang tidak tersalurkan kepada pelanggan dan juga akibat dari gangguan tersebut menyebabkan menurunnya tingkat keandalan jaringan. Pada sistem distribusi energi listrik indikator-indikator yang sering dipakai untuk menentukan tingkat keandalan suatu sistem penyaluran energi listrik adalah SAIDI (*System Average Interruption Duration Index*) atau rata-rata lama padam (jam/pelanggan/tahun) dan SAIFI (*System Average Interruption Frequency Index*) atau rata-rata jumlah gangguan yang dialami per pelanggan (kali/pelanggan/tahun). Solusi untuk meningkatkan keandalan jaringan dan menjaga keberlangsungan penyaluran energi listrik maka diperlukan inspeksi menyeluruh dan melakukan pemeliharaan jaringan dengan metode PDKB.

Atas dasar uraian di atas, penelitian ini akan membahas perhitungan *saving* kWh dengan judul “Analisa Pengaruh PDKB Pada Pekerjaan Pemeliharaan Isolator Tumpu di Penyulang 10 GI Sayung 150/20 KV Demak”.

## 1.2 Perumusan Masalah

Perumusan masalah yang akan dibahas pada penelitian Tugas Akhir ini sebagai berikut :

1. Bagaimana menghitung kWh terselamatkan pada pekerjaan pemeliharaan isolator tumpu dalam keadaan bertegangan di Penyulang 10 GI Sayung 150/20 kV Demak.
2. Bagaimana menghitung rupiah terselamatkan pada pekerjaan pemeliharaan isolator tumpu dalam keadaan bertegangan di Penyulang 10 GI Sayung 150/20 kV Demak.
3. Bagaimana menghitung SAIDI dan SAIFI terselamatkan pada pekerjaan pemeliharaan isolator tumpu dalam keadaan bertegangan di Penyulang 10 GI Sayung 150/20 kV Demak.
4. Bagaimana cara meningkatkan keandalan dan menjaga kontinuitas penyaluran energi listrik di Penyulang 10 GI Sayung 150/20 kV Demak.

## 1.3 Pembatasan Masalah

Agar penelitian ini dapat dilaksanakan lebih fokus dan mendalam, maka riset permasalahan penelitian yang diangkat perlu dibatasi variabelnya. Oleh karena itu, batasan-batasan masalahnya adalah penelitian ini hanya pada pekerjaan pemeliharaan isolator tumpu secara PDKB di Penyulang 10 GI Sayung 150/20 kV Demak pada jarak masing-masing titik pekerjaan di 2,7 kms, 9,3 kms dan 12,5 kms dengan menghitung kWh, rupiah, SAIDI dan SAIFI terselamatkan.

## **1.4 Tujuan**

Adapun tujuan dari penelitian Tugas Akhir ini adalah untuk mengetahui berapa jumlah kWh, rupiah, SAIDI dan SAIFI terselamatkan pada pekerjaan pemeliharaan isolator tumpu dengan metode PDKB pada Penyulang Sayung 10 triwulan ke-3 tahun 2022 di PT PLN (Persero) UP3 Demak.

## **1.5 Manfaat**

Adapun manfaat yang diharapkan dengan adanya penelitian Tugas Akhir ini adalah :

1. Bagi perusahaan dapat membandingkan keuntungan-keuntungan yang didapatkan bilamana pekerjaan dengan metode PDKB atau dengan pekerjaan dari vendor yang harus memadamkan jaringan energi listrik.
2. Menambah wawasan atau pengetahuan bilamana dengan adanya PDKB keandalan dan kontinuitas penyaluran energi listrik dapat terjaga, serta dengan adanya PDKB dapat menyelamatkan kWh tak tersalurkan akibat pekerjaan harus dilakukan dengan pemadaman.

## **1.6 Sistematika Penulisan**

Untuk memberi gambaran secara menyeluruh, dalam hal ini dijelaskan isi tiap-tiap bab dari penelitian ini, maka sistematika penulisan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

### **BAB I PENDAHULUAN**

Bab ini menguraikan tentang latar belakang, rumusan masalah, pembatasan masalah, tujuan, manfaat dan sistematika penulisan penelitian yang dilakukan.

### **BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI**

Bab ini menjelaskan tentang tinjauan pustaka dari penelitian-penelitian terdahulu dan menjelaskan tentang landasan teori yang relevan dengan penelitian tugas akhir.

### **BAB III METODE PENELITIAN**

Bab ini menjelaskan tentang metode-metode apa yang digunakan dalam melakukan penelitian dan alur atau tahap penelitian tugas akhir.

### **BAB IV HASIL DAN ANALISA**

Bab ini akan menjelaskan tentang hasil perhitungan *saving* kWh, *saving* rupiah, *saving* SAIDI dan *saving* SAIFI

### **BAB V PENUTUP**

Bab ini berisikan kesimpulan dari hasil penelitian tugas akhir dan juga saran-saran untuk penelitian-penelitian tugas akhir selanjutnya.



## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI

#### 2.1 Tinjauan Pustaka

Berikut ini beberapa penelitian terdahulu yang menjadi referensi dalam penyusunan Tugas Akhir.

- a. Studi Pemeliharaan Isolator SUTM 20 KV Menggunakan Metode PDKB di PT PLN UP3 Surabaya Selatan (Abidin & Tasmono, 2021). Mengatakan bahwa, agar keandalan dan kontinuitas dalam penyaluran energi listrik tetap terjaga maka diperlukannya sebuah metode tanpa padam. Oleh karena itu teknik Pekerjaan Dalam Keadaan Bertegangan (PDKB) menjadi solusi teknik pemeliharaan atau pengoperasian tanpa adanya pemadaman listrik.
- b. Analisa KWH Terselamatkan Pada Pemeliharaan ABSW (*Air Break Switch*) Dengan Metode PDKB (Pekerjaan Dalam Keadaan Bertegangan) di PT.PLN (Persero) Distribusi Jawa Tengah dan D.I.Yogyakarta Rayon Purwokerto (Juliasandi & Alfi, 2019). Mengatakan bahwa, tolak ukur tingkat keandalan jaringan dari sistem distribusi listrik adalah seberapa sering sistem distribusi listrik tersebut mengalami pemadaman.
- c. Analisis Perhitungan KWH Terselamatkan Pada Pekerjaan Dalam Keadaan Bertegangan (PDKB) Saluran Udara Tegangan Menengah (SUTM) 20 KV Cabang Singkawang (Sugiarto et al., 2014). Mengatakan bahwa, salah satu solusi dalam proses perbaikan, pemeliharaan serta perluasan jaringan untuk mengurangi tingkat pemadaman yang cukup tinggi adalah dengan menggunakan teknik PDKB.
- d. Analisa Kontribusi Peran Pekerjaan Dalam Keadaan Bertegangan (PDKB) Terhadap Peningkatan KWH Jual Pada Penyulang Virgo di PT.PLN (Persero) WS2JB Area Lahat (Putra, 2016). Mengatakan bahwa, keuntungan jika meminimalkan padam, menekan rasio SAIDI dan SAIFI, kWh salur tidak berkurang, rupiah tidak berkurang serta yang paling penting pelayanan

terhadap pelanggan akan semakin baik, maka semakin sering listrik mengalir maka semakin banyak pendapatan untuk perusahaan.

- e. Analisis Perhitungan Penghematan Pada SUTM 20KV Tanpa Padam Di PT.PLN (Persero) UP3 Parepare (Aulia Rahman, 2021). Mengatakan bahwa, untuk mendapatkan sistem jaringan listrik yang andal maka dilakukanlah suatu pemeliharaan, akan tetapi pemeliharaan ini masih perlu dilakukan pemadaman di sisi konsumen sehingga menimbulkan tidak nyaman bagi konsumen dan membuat adanya daya yang tidak tersalurkan ke pelanggan sehingga membuat PT.PLN (Persero) mengalami kerugian. Untuk mengurangi hal tersebut maka dilakukanlah suatu jenis pemeliharaan yaitu Pekerjaan Dalam Keadaan Bertegangan (PDKB).

## **2.2 Landasan Teori**

### **2.2.1 Sistem Jaringan Distribusi**

Diperlukan suatu jaringan tenaga listrik dalam penyaluran energi listrik dari pusat-pusat pembangkit menuju konsumen. Sistem jaringan tenaga listrik terdiri dari sistem jaringan transmisi (sistem tegangan ekstra tinggi dan tegangan tinggi) dan sistem jaringan distribusi (sistem tegangan menengah dan tegangan rendah). Dalam sistem jaringan distribusi pokok permasalahan tegangan muncul akibat konsumen menggunakan peralatan-peralatan dengan tegangan yang besarnya telah ditentukan. Apabila tegangan sistem distribusi terlalu tinggi atau terlalu rendah sehingga melewati batas toleransi maka akan mengganggu peralatan konsumen yang selanjutnya berakibat kerusakan pada peralatan konsumen.

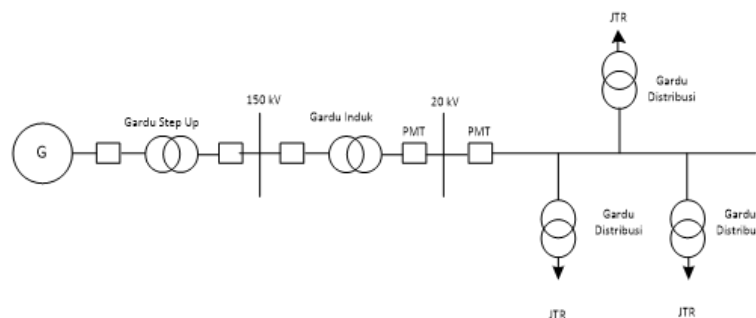
Sistem tenaga listrik pada umumnya memiliki tiga bagian utama. Bagian-bagian tersebut adalah :

1. Pusat pembangkit
2. Saluran transmisi
3. Sistem distribusi

Energi listrik diproduksi oleh pusat-pusat pembangkit tenaga listrik yang kemudian diteruskan oleh saluran-saluran transmisi menuju sistem distribusi. Suatu sistem distribusi menghubungkan semua beban yang terpisah antara satu dengan yang lainnya dengan saluran transmisi. Hal tersebut terjadi pada gardu induk di mana juga dilakukan transformasi tegangan, fungsi-fungsi pemutusan dan penghubung beban (*switching*).

Apabila dilihat dari fungsi tegangannya, jaringan distribusi dibedakan menjadi jaringan distribusi primer dan jaringan distribusi sekunder. Jaringan distribusi primer adalah jaringan dari transformator gardu induk menuju gardu distribusi, yang dikenal sebagai jaringan tegangan menengah, sedangkan jaringan distribusi sekunder ialah jaringan distribusi dari transformator distribusi menuju gardu distribusi hingga konsumen atau beban, yang lebih dikenal sebagai jaringan tegangan rendah.

Sistem distribusi memiliki fungsi utama menyalurkan dan mendistribusikan energi listrik dari gardu induk distribusi menuju pelanggan listrik dengan mutu pelayanan yang baik. Salah satu indikator mutu pelayanan yang baik adalah kontinuitas pelayanan yang tergantung pada topologi dan konstruksi jaringan serta peralatan tegangan menengah (Hajar1 et al., 2018). Di bawah ini Gambar 2.1 adalah ilustrasi dari sistem tenaga listrik.



Gambar 2.1 Sistem Tenaga Listrik

### 2.2.2 Konfigurasi Jaringan Distribusi

Sistem jaringan distribusi primer memiliki beragam variasi bentuk, bentuk jaringan memiliki kelebihan dan kekurangannya masing-masing. Pada dasarnya ada empat bentuk dasar dari sistem jaringan distribusi primer yaitu:

#### 1. Sistem jaringan radial

Sistem jaringan radial secara umum diaplikasikan di daerah yang mempunyai rapatan beban daya yang rendah karena hanya menyalurkan tenaga listrik pada satu arah saja yang bersumber dari pusat tenaga ke daerah pengguna dengan memakai satu maupun beberapa kawat penghantar. Sistem jaringan radial dapat dilihat pada Gambar 2.2.



Gambar 2.2 Sistem Jaringan Radial

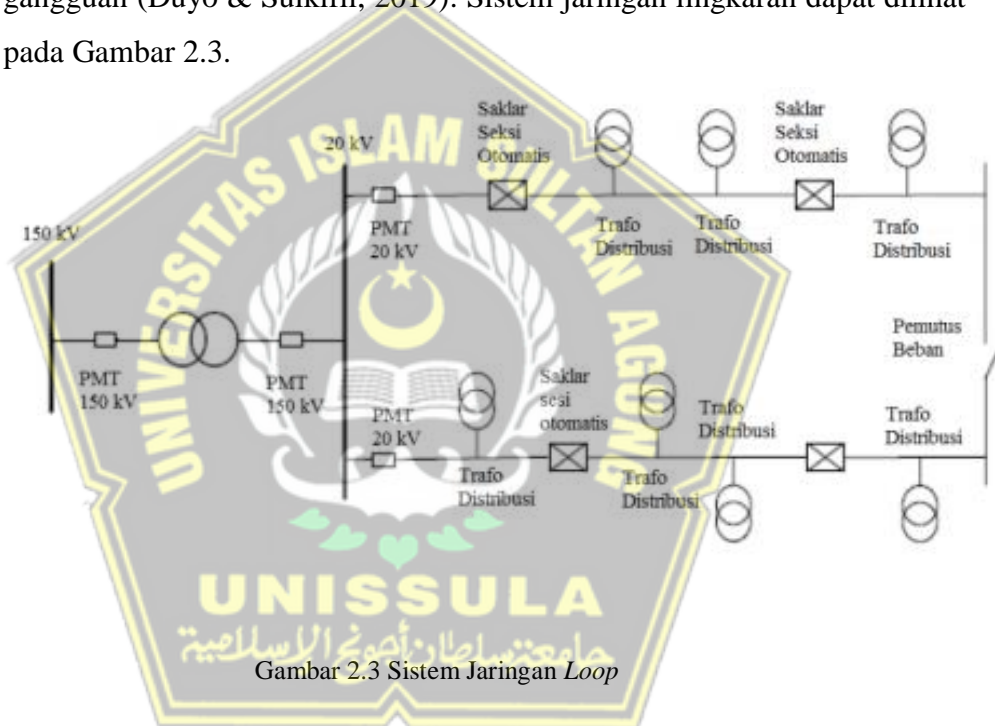
Pada sistem jaringan radial memiliki keandalan yang rendah dan pelaksanaan pengoperasiannya mudah. Pada sistem ini memiliki satu jalur ke beban sehingga apabila terjadi gangguan di pangkal jaringan maka semua beban pada jaringan tersebut akan kehilangan daya. Salah satu kelemahan sistem jaringan radial adalah kontinuitas pelayanan kurang baik dan keandalannya rendah serta drop tegangan yang terjadi besar, terutama untuk beban yang terdapat pada ujung saluran (Pratama, 2022).

#### 2. Sistem jaringan *loop*

Sistem jaringan lingkaran pada umumnya direalisasikan di daerah yang rapatan beban tinggi seperti wilayah industri maupun perkantoran. Sistem ini mempunyai beberapa sumber pengisian (*substation*) untuk menyalurkan beberapa daerah pengguna dan membentuk rangkaian



tertutup. Jika jaringan ini terjadi suatu gangguan pada bagian penyalur, maka tiap daerah masih mendapat *backup* energi listrik. Dengan adanya lebih dari satu sumber pengisian maka pada sistem jaringan lingkaran sistem keandalannya lebih baik, cara pengoperasiannya lebih mudah dan dapat mengurangi drop tegangan sehingga dapat memperkecil rugi-rugi jaringan. Struktur *loop* ini lebih mahal karena kapasitas dari konduktor yang digunakan harus sanggup untuk menanggung beban secara keseluruhan jika salah satu penyulang yang dekat gardu induk mengalami gangguan (Duyo & Sulkifli, 2019). Sistem jaringan lingkaran dapat dilihat pada Gambar 2.3.



### 3. Sistem jaringan *cluster*

Sistem jaringan ini tidak menggunakan gardu hubung atau gardu *switching*, sehingga *express feeder* ini dapat berfungsi sebagai alat manufer ketika terjadi gangguan pada salah satu bagian jaringan. Sistem jaringan *cluster* dapat dilihat pada Gambar 2.4.

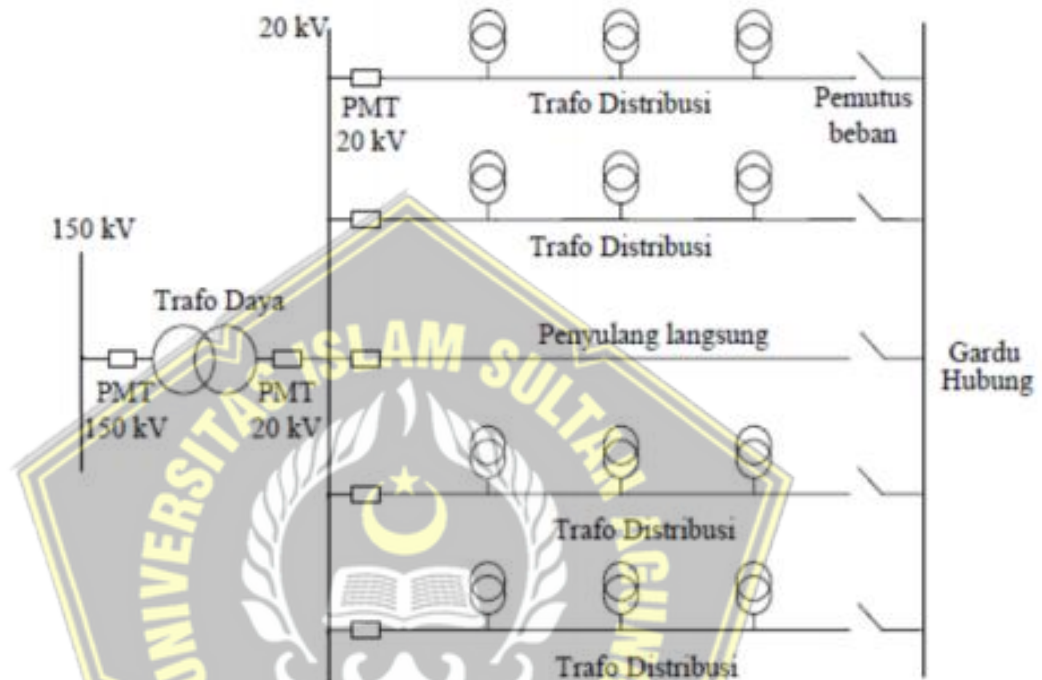


Gambar 2.4 Sistem Jaringan *Cluster*

#### 4. Sistem jaringan *spindel*

Sistem spindel adalah sistem jaringan yang merupakan pengembangan dari sistem jaringan radial dan lingkaran. Pada sistem ini menggunakan 2 jenis penyulang yaitu penyulang cadangan (*standby* atau *express feeder*) dan penyulang operasi (*working feeder*). Penyulang cadangan tidak dibebani dan berfungsi sebagai *backup supply* jika terjadi gangguan pada penyulang operasi, sehingga sistem ini tergolong sistem yang andal. Sistem ini sudah memperhitungkan perkembangan beban atau penambahan jumlah konsumen atau beban sampai beberapa tahun ke depan, sehingga dapat difungsikan dalam waktu yang cukup lama, akan tetapi investasi pembangunannya juga memerlukan biaya investasi aset lebih besar. Proteksinya tergolong sederhana dan mirip dengan sistem *loop*. Pada bagian tengah jaringan umumnya dipasang gardu tengah yang berfungsi sebagai alat manuver saat terjadi gangguan pada jaringan itu. Untuk konfigurasi antar penyulang, faktor beban hanya diperbolehkan maksimal 50%. Pada konsep *spindel* jumlah penyulang pada 1 *spindel* adalah 6 penyulang operasi dan 1 penyulang cadangan sehingga faktor beban konfigurasi *spindel* penuh adalah 85%. Hal ini agar penyulang cadangan mampu saat mendapat limpahan beban dari seluruh penyulang operasi di

sistem tersebut. Tiap ujung penyulang berakhir pada gardu yang disebut Gardu Hubung dengan kondisi penyulang operasi “NO” (*Normally Open*), kecuali penyulang cadangan dengan kondisi “NC” (*Normally Close*). Sistem jaringan *spindel* dapat dilihat pada Gambar 2.5.



Gambar 2.6 Sistem Jaringan *Spindel*

### 2.2.3 Saluran Udara Tegangan Menengah

Saluran udara tegangan menengah adalah jaringan distribusi tenaga listrik bertegangan 20 kV yang memiliki fungsi untuk menghubungkan gardu induk dengan gardu-gardu distribusi. Konstruksi saluran udara tegangan menengah adalah konstruksi dengan biaya paling murah apabila dibandingkan dengan konstruksi-konstruksi yang lain dengan daya yang sama (20 kV). Di Indonesia konstruksi saluran udara tegangan menengah merupakan konstruksi yang paling banyak dipakai. Ciri-ciri utama konstruksi saluran udara tegangan menengah adalah dengan penggunaan penghantar telanjang yang kemudian ditopang dengan isolator pada tiang besi ataupun tiang beton. Di bawah ini Gambar 2.7 Konstruksi Saluran Udara Tegangan Menengah.



Gambar 2.7 Konstruksi Saluran Udara Tegangan Menengah

#### 2.2.4 Peralatan Jaringan Distribusi

Jaringan distribusi yang baik adalah jaringan yang memiliki peralatan dan perlengkapan yang cukup lengkap, baik itu peralatan untuk konstruksi maupun peralatan untuk proteksi. Pada jaringan distribusi sistem saluran udara, peralatan-peralatan untuk proteksi dipasangkan pada tiang-tiang listrik yang berdekatan dengan letak pemasangan trafo, perlengkapan utama pada sistem distribusi tersebut antara lain sebagai berikut :

1. Tiang

Berfungsi untuk tempat konduktor dan perlengkapan sistem jaringan lain seperti *Fuse Cut Out*, transformator distribusi, isolator, *arrester*, dan *recloser*. Terdapat 3 jenis tiang yaitu tiang beton, kayu, dan besi.

## 2. Penghantar

Berfungsi untuk penyalur energi listrik dari trafo di gardu induk ke pelanggan. Konduktor yang sering digunakan di jaringan sistem distribusi adalah konduktor terbuka dan konduktor jaringan bawah.

Ada beberapa macam jenis konduktor alumunium, yaitu :

- AAC (*All Alumunium Conductor*)

Yaitu konduktor yang seluruhnya berbahan dasar dari alumunium.

- AAAC (*All Alumunium Alloy Conductor*)

Yaitu konduktor yang berbahan dasar dari campuran alumunium.

- ACSR (*All Conductoe Steel Reinforced*)

Yaitu konduktor berinti kawat baja.

- ACAR (*All Conductor Alloy Reinforced*)

Yaitu konduktor alumunium yang diperkuat dengan logam campuran.

Sedangkan berdasarkan bentuk penampangnya, konduktor terdiri dari :

- Konduktor Batangan, biasanya digunakan pada panel daya.
- Kawat Pilin, digunakan untuk jaringan distribusi dan transmisi.
- Konduktor Berongga, digunakan pada transmisi tegangan tinggi dan pada kabel yang mengalirkan arus besar.
- Konduktor Berkas, digunakan pada transmisi tegangan tinggi.

## 3. Kapasitor

Berfungsi untuk mengatur faktor daya pada sistem jaringan distribusi.

## 4. Recloser

Berfungsi sebagai pemutus sistem distribusi secara otomatis pada saat terjadi gangguan dan akan segera menutup kembali sesuai dengan waktunya. *Recloser* ini diatur untuk dua kali bekerja, yaitu dua kali memutuskan dan dua kali menyambungkan. Jika *recloser* bekerja kedua kalinya pada keadaan masih membuka dan menutup, berarti telah terjadi gangguan tetap.

5. *Fuse*

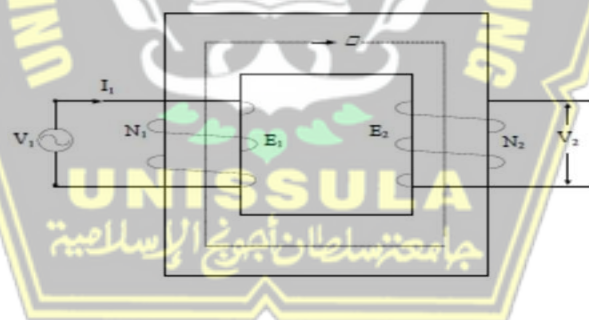
Berfungsi sebagai pemutus saluran apabila terjadi gangguan beban lebih maupun adanya gangguan hubung singkat. Pada jaringan distribusi tegangan menengah 20 kV sendiri. *Fuse Cut Out* mempunyai 2 jenis ataupun tipe. Kedua jenis itu adalah *FCO Tipe Expulsion Fiber Tube* dan *FCO Tipe Expulsion Open Link*. Kedua *FCO* ini mempunyai perlengkapan utama yaitu *fuse support*, *fuse holder* dan *fuse link*.

6. PMT

Berfungsi untuk memutuskan saluran tenaga listrik secara keseluruhan pada suatu jaringan distribusi. Pemutusan dapat terjadi karena adanya gangguan sehingga secara otomatis PMT akan membuka ataupun secara manual karena adanya pemeliharaan jaringan.

7. Transformator

Berfungsi untuk menurunkan level tegangan sehingga sesuai dengan tegangan kerja yang diinginkan. Gambar transformator dapat dilihat pada Gambar 2.8.



Gambar 2.8 Rangkaian Transformator

Penggunaan transformator dalam sistem tenaga listrik memungkinkan untuk terpilihnya tegangan sesuai yang diinginkan dan ekonomis untuk tiap-tiap keperluan. Jadi transformator mengubah energi listrik dari suatu rangkaian listrik ke rangkaian listrik yang lainnya dengan frekuensi yang sama dan perbandingan transformasi tertentu, dimana perbandingan tegangan antara sisi primer dan sisi sekunder berbanding terbalik dengan perbandingan arusnya.

Transformator dalam bidang tenaga listrik dapat dikelompok menjadi :

1. Transformator daya / tenaga (Umumnya digunakan pada pembangkit atau gardu induk).
2. Transformator distribusi.
3. Transformator pengukuran, yang terdiri dari transformator arus dan transformator tegangan.

Prinsip kerja transformator berdasarkan induksi *electromagnet*. Apabila transformator dalam keadaan tanpa beban maka kumparan primernya akan dihubungkan dengan sumber tegangan  $V_1$  yang sinusoid, maka pada kumparan primer akan mengalir arus primer selanjutnya menimbulkan fluks ( $\phi$ ) yang sefasa dan juga berbentuk sinusoid.

Pada transformator distribusi tiga fasa tegangan keluaran dari sisi sekunder sebesar 380 Volt, sedangkan pada transformator distribusi satu fasa sebesar 220 Volt. Tegangan keluaran dari sisi sekunder inilah yang nantinya dapat digunakan oleh pelanggan baik itu pelanggan satu fasa maupun tiga fasa.

8. *Arrester*

Berfungsi untuk melindungi instalasi listrik, peralatan listrik, alat elektronik saat terjadi lonjakan tegangan atau tegangan lebih. Gambar *arrester* dapat dilihat pada Gambar 2.9.



Gambar 2.9 *Arrester*

## 9. Isolator

Isolator memiliki fungsi utama sebagai penyekat aliran listrik, baik sebagai penyekat antara konduktor bertegangan dengan *ground* (tanah) ataupun sebagai penyekat antara konduktor bertegangan dengan konduktor bertegangan yang lainnya. Pada jaringan tegangan menengah (20 kV) bahan isolator yang digunakan terbuat dari keramik yang dilapisi gelas dan glazur ataupun terbuat dari bahan porselin. Isolator yang paling banyak dipakai di Indonesia adalah isolator yang terbuat dari bahan porselin jika dibandingkan dengan yang berbahan gelas. Pemilihan bahan isolator porselin tentu bukan tanpa alasan, akan tetapi pemilihan bahan porselin sebagai isolator yang paling banyak digunakan di Indonesia dikarenakan iklim atau keadaan cuaca di Indonesia yang memiliki kelembapan yang relatif tinggi maka permukaan isolator berbahan porselin tidak mudah ditempeli embun berbeda dengan isolator berbahan gelas yang lebih mudah ditempeli embun. Isolator memiliki konstruksi berlekuk-lekuk yang menyerupai dengan sirip ini berfungsi apabila dalam kondisi hujan sirip atau lekuk-lekuk tadi dapat memper jauh jarak rambat air sehingga masih terdapat bagian permukaan isolator yang tidak ter-aliri oleh air hujan. Isolator memiliki 2 jenis yaitu :

### 1. Isolator Tumpu

Isolator tumpu selain sebagai penyekat, isolator tumpu juga memiliki fungsi lain yaitu sebagai penopang konduktor. Di bawah ini Gambar

2.10 Isolator Tumpu.





Gambar 2.10 Isolator Tumpu

## 2. Isolator Tarik

Isolator tarik atau isolator penegang adalah isolator yang pemasangannya searah dengan tarikan konduktor. Isolator ini berfungsi sebagai pemikul dan penahan akibat adanya tarikan ataupun andongan dari konduktor. Di bawah ini Gambar 2.11 Isolator Tarik.



Gambar 2.11 Isolator Tarik

### 2.2.5 Isolator *Flashover*

*Flashover* adalah kegagalan isolasi yang dikarenakan oleh tegangan dan arus listrik pada permukaan isolator yang melebihi kapasitas dari batas

kemampuan ketahanan elektriknya. *Flashover* dapat menimbulkan efek panas (*hotspot*) dan juga dapat menyebabkan kerusakan pada isolator. Penyebab terjadinya *flashover* antara lain dikarenakan sambaran petir dan juga pengotoran oleh polutan garam [1]. Di bawah ini Gambar 2.12 Isolator *Flashover*.



Gambar 2.12 Isolator *Flashover*

#### **2.2.6 Isolator Retak atau Pecah**

Penyebab utama pecah atau retaknya isolator dikarenakan tekanan yang terjadi dari dalam bahan isolator yang disebabkan oleh tidak seragaman pemuaian dan penyusutan yang terdapat dalam bahan porselen, semen dan baja yang terjadi karena cuaca panas ataupun dingin atau cuaca kering dan lembab (Abidin & Tasmono, 2021). Di bawah ini Gambar 2.13 Isolator Pecah.



Gambar 2.13 Isolator Pecah

### **2.2.7 Gangguan Pada Jaringan SUTM**

Pada dasarnya gangguan yang sering terjadi pada sistem distribusi saluran 20 kV dapat digolongkan menjadi dua macam yaitu gangguan dari dalam sistem dan gangguan dari luar sistem. Gangguan pada jaringan SUTM ini bila dibiarkan terus menerus akan merusak peralatan listrik, serta pengaman listrik yang terpasang setelah arusnya melebihi kemampuan hantar arus peralatan listrik setelah terjadinya gangguan.

Gangguan hubung singkat, dapat terjadi antara fasa (2 fasa maupun 3 fasa) yang sifatnya bisa permanen atau temporer.

1. Gangguan permanen (tetap) Gangguan hubung singkat permanen, bisa terjadi pada kabel atau pada belitan trafo tenaga yang diakibatkan karena arus gangguan hubung singkat antara fasa, sehingga penghantar menjadi panas yang berpengaruh pada isolasi atau minyak trafo tenaga sehingga isolasi tembus. Gangguan yang bersifat permanen bisa diakibatkan karena adanya kerusakan pada peralatan sistem tenaga listrik, dan peralatan yang

terganggu baru bisa dioperasikan kembali setelah bagian yang rusak sudah diperbaiki atau diganti.

2. Gangguan temporer (sementara) disebabkan karena adanya sambaran petir pada penghantar listrik yang tergelar udara (SUTM) yang menyebabkan *flashover* antar penghantar dengan *traves* melalui isolator. Gangguan ini yang bocor (*breakdown*) adalah isolasi udaranya, oleh karena itu tidak ada kerusakan yang permanen. Setelah arus gangguan terputus, misalnya karena terbukanya *circuit breaker* oleh relai pengaman, peralatan atau saluran yang terganggu tersebut bisa dioperasikan kembali.

### 2.2.8 Pemeliharaan Saluran Udara Tegangan Menengah (SUTM)

Saluran Udara Tegangan Menengah (SUTM) adalah sarana instalasi tenaga listrik di atas tanah untuk menyalurkan energi listrik dari Gardu Induk (GI) ke Gardu distribusi.

1. Pengertian pemeliharaan adalah kegiatan yang meliputi : perawatan / pemeriksaan, perbaikan, penggantian dan pengujian.
2. Tujuan pemeliharaan yaitu: untuk mempertahankan kemampuan kerja peralatan, memperpanjang umur peralatan, menghilangkan dan mengurangi risiko kerusakan, mengembalikan kemampuan kerja peralatan, mengurangi kerugian secara ekonomis, dan memberi keyakinan keandalan operasinya.

### 2.2.9 Bentuk Pemeliharaan Jaringan

1. Pemeliharaan *Preventif*

Pemeliharaan rutin atau Preventif Maintenance merupakan pemeliharaan untuk mencegah terjadinya kerusakan peralatan tiba-tiba dan mempertahankan unjuk kerja jaringan agar selalu beroperasi dengan keadaan dan efisiensi yang tinggi. Pemeliharaan yang dapat dilakukan berdasarkan periode waktu pemeliharaan seperti triwulan, semesteran ataupun tahunan (Kartika, 2022).

2. Pemeliharaan Korektif

Pemeliharaan korektif dapat dibedakan dalam 2 kegiatan yaitu: terencana dan tidak terencana. Kegiatan yang terencana diantaranya adalah pekerjaan perubahan/penyempurnaan yang dilakukan pada jaringan untuk memperoleh keandalan yang lebih baik (dalam batas pengertian operasi) tanpa mengubah kapasitas semula. Kegiatan yang tidak terencana misalnya mengatasi/ perbaiki kerusakan peralatan/gangguan (Amalia & Saputra, 2020)

### 3. Pemeliharaan Khusus

Pemeliharaan khusus atau disebut juga pemeliharaan darurat adalah pekerjaan pemeliharaan untuk memperbaiki jaringan yang rusak akibat *force majeure* seperti bencana alam, kebakaran, huru-hara dan sebagainya.

#### **2.2.10 Pekerjaan Dalam Keadaan Bertegangan (PDKB)**

Pekerjaan Dalam Keadaan Bertegangan (PDKB) merupakan sebuah tim atau regu di PT PLN (Persero) yang dalam melaksanakan pekerjaan pemeliharaan ataupun perluasan jaringan energi listrik di mana jaringan energi listrik tetap dalam kondisi bertegangan.

Pekerjaan Dalam Keadaan Bertegangan (PDKB) di PT PLN (Persero) terbagi menjadi tiga, yaitu PDKB TM (PDKB Tegangan Menengah), PDKB TT/TET (PDKB Tegangan Tinggi/Tegangan Ekstra Tinggi) dan PDKB GI TT/TET (PDKB Gardu Induk Tegangan Tinggi/Tegangan Ekstra Tinggi), yang membedakan antara ketiga PDKB yaitu ruang lingkup pelaksanaan pekerjaannya. Di mana PDKB TM bekerja di wilayah kerja distribusi dengan tegangan 20 kV, PDKB TT/TET bekerja di wilayah kerja transmisi tegangan 150 kV sampai 500 kV dan PDKB GI TT/TET bekerja di wilayah kerja gardu induk. Di bawah ini Gambar 2.14 Pekerjaan Dalam Keadaan Bertegangan.



Gambar 2.14 PDKB Tegangan Menengah

Jarak aman minimum PDKB hanya untuk PDKB tegangan menengah metode berjarak, merupakan daerah dimana pelaksana dapat bekerja dan peralatan dapat digunakan dengan aman pada daerah bertegangan. Pelaksana PDKB harus tetap menjaga dirinya dan peralatan yang dibawa agar tidak melanggar jarak aman minimum dan jarak minimum peralatan. Jarak aman dalam PDKB TM Metode Berjarak disebut dengan istilah Elemen Pelindung. Adapun jarak yang ditekankan untuk keselamatan adalah 6 EP (Elemen Pelindung) dengan 1 EP udara adalah 10 cm. Untuk jarak kurang dari 6 EP tersebut merupakan pelanggaran keras, karena dapat membahayakan pelaksana, ruang bebas gerak pelaksana dengan bagian jaringan yang bertegangan sebagai berikut. Gambar ilustrasi jarak aman PDKB dapat dilihat pada Gambar 2.15.



Gambar 2.15 Ilustrasi Jarak Aman

### 2.2.11 Tugas Personil PDKB Tegangan Menengah

1. *Supervisor*

Mengkoordinasikan pekerjaan-pekerjaan yang ada di area dan juga melengkapi peralatan dan memantau jenjang karir personil PDKB.

2. *Preparator*

Bertugas untuk mensurvey area pekerjaan di lapangan yang merupakan order dari bidang lain dan hasilnya menjadi pedoman untuk membuat langkah kerja yang selanjutnya dilaksanakan oleh tim PDKB TM.

3. Kepala Regu

Bertugas untuk memimpin pekerjaan di lapangan dan memantau setiap pergerakan *linesman* sehingga tidak melanggar SOP yang bertujuan tercapainya *Zero Accident*.

4. Petugas K3

Memeriksa dan memantau peralatan K3 yang dipakai oleh *linesman*.

5. *Linesman*

Personil yang bertugas melaksanakan pekerjaan di lapangan dan dipimpin Kepala Regu.

### 2.2.12 Pengaruh Listrik Terhadap Manusia

Tegangan ekstra rendah adalah sistem tegangan yang aman bagi manusia, dengan nilai setinggi-tingginya 50 V AC atau 120 V DC. Tegangan sentuh

terhadap manusia menyebabkan risiko efek fisiologis yang berbahaya dalam tubuh manusia yang tersentuh bagian konduktif dan terjangkau secara simultan (PUIL 2000, 2000). Bila tegangan terus dinaikan maka otot-otot akan terasa kaku dan orang tersebut tidak bisa melepaskan konduktor karena sudah tidak berdaya, batas arus maksimal di mana manusia masih bisa melepaskan konduktor yang terdapat arusnya adalah 9 mA untuk laki-laki dan 6 mA untuk perempuan. Tabel pengaruh arus listrik terhadap tubuh manusia disajikan pada tabel 2.1.

Tabel 2.1 Pengaruh Arus Listrik Terhadap Tubuh Manusia

No.	Arus (mA)	Pengaruh Terhadap Tubuh Manusia
1	0 - 0,9	Belum merasakan pengaruh
2	0,9 - 1,2	Baru terasa adanya arus listrik tapi tidak menimbulkan kejang
3	1,2 - 1,6	Mulai terasa seakan-akan ada yang merayap di dalam tangan
4	1,6 - 6,0	Tangan sampai kesiku merasa kesemutan
5	6,0 - 8,0	Tangan mulai kaku, rasa kesemutan semakin bertambah
6	13 - 15	Rasa sakit tak tertahankan penghantar masih bisa dilepas
7	15 - 20	Otot tidak sanggup melepas penghantar
8	20 - 50	Dapat mengakibatkan kerusakan pada tubuh manusia
9	50 - 100	Batas arus yang dapat menyebabkan kematian



### 2.2.13 Energi (kWh) Terselamatkan

Pada saat pelaksanaan pekerjaan pemeliharaan ataupun perluasan jaringan energi listrik jika pekerjaan tersebut dilakukan menggunakan metode PDKB maka akan mendapatkan energi (kWh) terselamatkan. Sedangkan apabila pekerjaan pemeliharaan ataupun perluasan jaringan energi listrik dilakukan dengan pemadaman maka energi listrik (kWh) akan hilang (tidak terjual/terselamatkan). Untuk menghitung energi listrik (kWh) terselamatkan digunakan persamaan (2.1).

$$E_{safe} = \sqrt{3} \times 20 \text{ kV} \times I \times \cos\phi \times t \quad (2.1)$$

Dengan :

$E_{safe}$  : Energi terselamatkan (kWh)

$20 \text{ kV}$  : Tegangan *line to line*

$I$  : Arus atau beban (Ampere)

$\cos\phi$  : Faktor Daya

$t$  : Lama pengerjaan (Jam)

### 2.2.14 Rupiah Terselamatkan

Rupiah terselamatkan merupakan keuntungan finansial dari penjualan energi listrik secara terus menerus yang didapatkan apabila pekerjaan pemeliharaan atau perluasan jaringan energi listrik menggunakan metode PDKB. Untuk menghitung rupiah terselamatkan digunakan persamaan (2.2).

$$Rp_{safe} = E_{safe} \times Rp \text{ per kWh} \quad (2.2)$$

Dengan :

$Rp_{safe}$  : Rupiah terselamatkan (Rp)

$E_{safe}$  : kWh terselamatkan (kWh)

$Rp \text{ per kWh}$  : Harga rata-rata per kWh (Rp)

Dalam pelaksanaan pekerjaan menggunakan PDKB, PLN tidak perlu mengeluarkan biaya tambahan untuk membayar jasa pihak ke-3 dalam melakukan pemeliharaan ataupun sambung baru. Untuk menghitung harga jasa penggunaan pihak ke-3 dalam pelaksanaan pekerjaan dapat digunakan persamaan (2.3) dan (2.4).

$$\text{Upah Pasang} = \text{Harga Satuan Pekerjaan} \times \text{Titik Pekerjaan} \quad (2.3)$$

$$\text{Upah Bongkar} = \text{Harga Satuan Pekerjaan} \times \text{Titik Pekerjaan} \quad (2.4)$$

#### 2.2.15 SAIDI (System Average Interruption Duration Index)

SAIDI adalah salah satu indeks yang menyatakan lamanya pemadaman (gangguan) yang terjadi pada pelanggan (konsumen) pada suatu sistem secara menyeluruh. Jumlah lama gangguan pelanggan adalah baik karena pemadaman ataupun gangguan akibat pemeliharaan. Untuk menghitung nilai SAIDI dapat menggunakan persamaan (2.5).

$$SAIDI = \frac{\sum t_i n_i}{N_i} \quad (2.5)$$

Dengan :

SAIDI : Durasi atau lama gangguan (jam/pelanggan)

$t_i$  : Durasi atau lama padam (jam)

$n_i$  : Jumlah pelanggan yang terdampak padam

$N_i$  : Jumlah pelanggan total unit

#### 2.2.16 SAIFI (System Average Interruption Frequency Index)

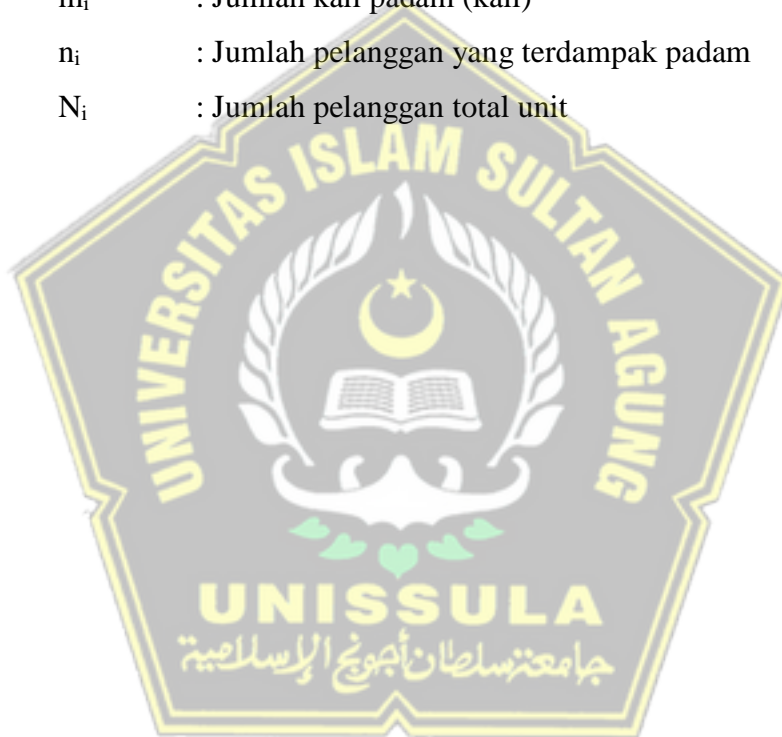
SAIFI adalah salah satu indeks yang menyatakan frekuensi (jumlah) pemadaman yang dialami oleh pelanggan (konsumen) pada suatu sistem secara menyeluruh, baik itu pemadaman akibat terjadi gangguan ataupun

akibat adanya pemeliharaan. Untuk menghitung nilai SAIFI dapat menggunakan persamaan (2.6).

$$SAIFI = \frac{\sum m_i n_i}{N_i} \quad (2.6)$$

Dengan :

- SAIFI : Frekuensi pemadaman (kali/pelanggan)
- $m_i$  : Jumlah kali padam (kali)
- $n_i$  : Jumlah pelanggan yang terdampak padam
- $N_i$  : Jumlah pelanggan total unit

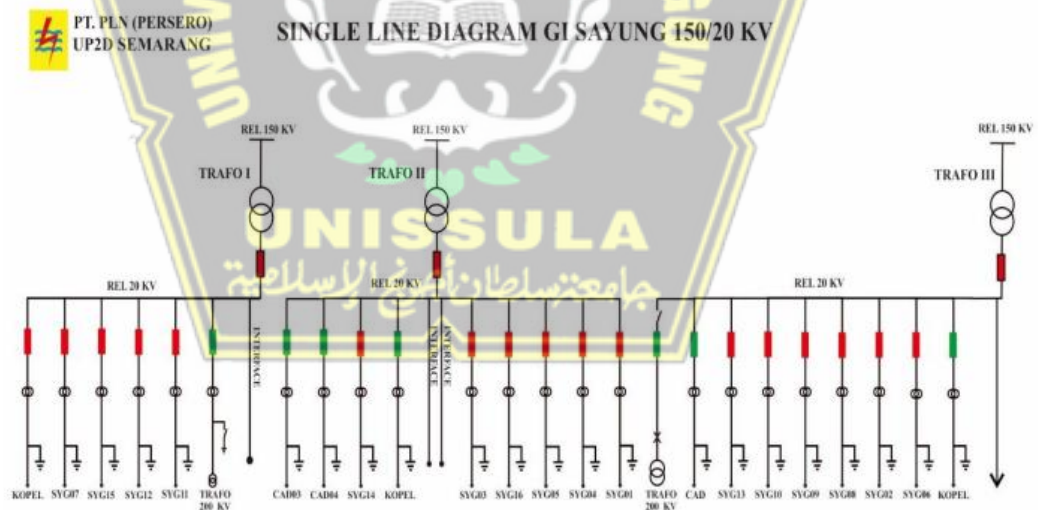


## BAB III

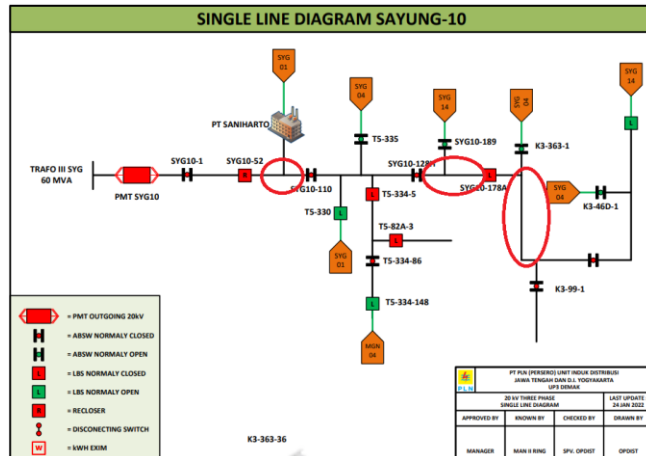
### METODE PENELITIAN

#### 3.1 Model Penelitian

Gardu induk Sayung berada di alamat Jl. PLN No.41, Jogo, Loireng, Kecamatan Sayung, Kabupaten Demak, Jawa Tengah 59563. Gardu Induk Sayung sendiri memiliki 3 buah transformator dengan kapasitas daya masing-masing 60 MVA, 16 penyulang dan jumlah pelanggan total sebanyak 106144 pelanggan. Penyulang Sayung 10 adalah salah satu keluaran dari trafo 3 GI Sayung 150/20 kV yang memiliki jumlah total pelanggan sebanyak 11692 pelanggan. Di bawah ini adalah Gambar 3.1 SLD GI Sayung 150/20 kV dan Gambar 3.2 SLD Penyulang Sayung 10.



Gambar 3.1 SLD GI Sayung 150/20 Kv



Gambar 3.2 SLD Penyulang Sayung 10

Penelitian ini berfokus pada pekerjaan penggantian isolator tumpu yang dikerjakan secara PDKB di penyulang sayung 10. Di mana masing-masing titik lokasi pekerjaan terletak pada 2,7 kms, 9,3 kms dan 12,5 kms.

### 3.2 Lokasi Penelitian

Penelitian ini mengambil lokasi di wilayah PT PLN (Persero) UP3 Demak yang berlokasi di Jalan Raya Demak-Purwodadi KM.03 Wonosalam, Kabupaten Demak, Jawa Tengah. Di bawah ini Gambar 3.1 Denah Lokasi dan *Layout* PT PLN (Persero) UP3 Demak.



Gambar 3.1 Denah Lokasi dan *Layout* PT PLN (Persero) UP3 Demak

### 3.3 Tahapan Penelitian

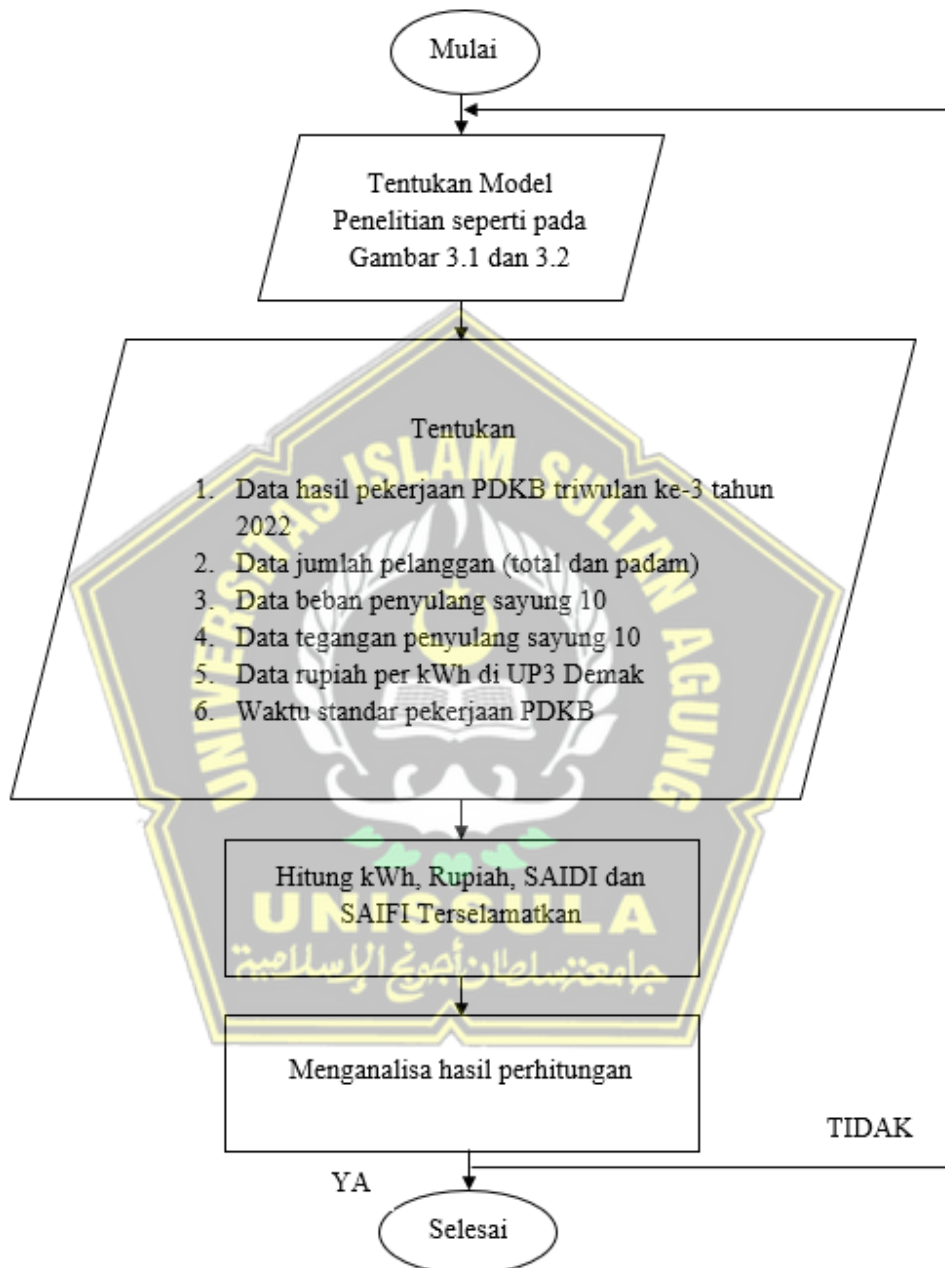
Tahapan pertama yang diambil pada saat penelitian yaitu studi literatur (mengumpulkan informasi, rumus-rumus/persamaan yang akan digunakan dalam penelitian, mengumpulkan data-data pendukung, membaca referensi dan lain sebagainya). Kemudian tahapan yang dilakukan adalah observasi dengan ikut serta mengamati langsung ke lapangan (titik kerja yang dilaksanakan) tempat peneliti melakukan penelitian tugas akhir. Pada saat pengambilan data di tim PDKB dilakukan dengan cara wawancara kepada staf-staf PDKB dan juga observasi dalam mengamati objek yang sedang diteliti sehingga memperoleh informasi-informasi yang dibutuhkan dalam penelitian. Adapun data-data pendukung yang diperoleh pada saat pengambilan data di PDKB di antaranya yaitu:

1. SLD (*Single Line Diagram*) penyulang di UP3 Demak
2. Data pekerjaan yang dilaksanakan PDKB pada triwulan ke-3 tahun 2022
3. Beban atau arus pada setiap penyulang
4. Jumlah pelanggan pada setiap penyulang dan pada setiap section
5. Jumlah pelanggan total PLN UP3 Demak
6. Durasi pekerjaan di setiap titik pekerjaan
7. Rata-rata tarif dasar listrik setiap bulan pada triwulan ke-3 tahun 2022

Untuk menunjang pengumpulan data dan membantu dalam proses penelitian dibutuhkan beberapa peralatan pendukung, di mana alat pendukung penelitian tersebut adalah sebagai berikut :

1. Laptop
2. *Handphone*
3. Buku
4. Alat tulis
5. Microsoft Excel 2016
6. Microsoft word 2016

Penelitian tugas akhir ini dilaksanakan dalam beberapa tahapan. Di bawah ini dijelaskan tahapan penelitian pada Gambar 3.2 *Flowchart* Penelitian.



Gambar 3.2 *Flowchart* Penelitian

### 3.4 Metode Pengumpulan Data

#### 1. Sumber Data

Sumber data yang digunakan dalam penelitian ini diperoleh dari PT PLN (Persero) UP3 Demak dengan berfokus pada penyulang Sayung 10.

#### 2. Teknik Pengambilan Data

##### a. Teknik Wawancara

Teknik ini dilaksanakan dengan cara tanya-jawab secara langsung kepada seluruh karyawan yang terkait di antaranya: *supervisor* PDKB, *staff* PDKB, *staff* bagian jaringan dan juga bagian lain yang terkait dengan data-data yang dibutuhkan.

##### b. Teknik Observasi

Teknik pengambilan data ini dilakukan dengan cara ikut secara langsung menuju kelapangan (titik pekerjaan) meninjau situasi sebenarnya yang ada di lapangan.

### 3.5 Metode Analisis Data

Metode yang digunakan ada penelitian ini adalah metode penelitian kuantitatif di mana metode ini merupakan prosedur penelitian untuk menghasilkan jumlah *SAIDI*, *SAIFI*, kWh dan Rupiah terselamatkan pada pekerjaan PDKB. Data-data yang dibutuhkan antara lain data pekerjaan PDKB triwulan 3 tahun 2022, data jumlah pelanggan unit, data jumlah pelanggan yang terdampak padam, data beban *section* penyulang sayung 10, data tegangan penyulang sayung 10, data Rupiah per kWh UP3 Demak dan data standar waktu pekerjaan PDKB. Tabel data hasil pekerjaan pemeliharaan isolator tumpu PDKB dapat dilihat pada Tabel 3.1.



Tabel 3.1 Data Hasil Pekerjaan Pemeliharaan Isolator Tumpu PDKB Triwulan 3 Penyulang  
Sayung 10

No.	Jenis Pekerjaan	Beban/ Section (Ampere)	Jumlah Pelanggan Padam	Jumlah Pelanggan Total	Standar Waktu PDKB (Jam)	Rupiah per kWh	Tegangan (kV)
Bulan Juli							
1	PENGGANTIAN ISOLATOR TUMPU	46	7154	762.605	1,5	965	20
2	PENGGANTIAN ISOLATOR TUMPU	46	7154	762.605	1,5	965	20
Bulan Agustus							
3	PENGGANTIAN ISOLATOR TUMPU	120	159	764.216	1,5	972	20
4	PENGGANTIAN ISOLATOR TUMPU	120	159	762.216	1,5	972	20
Bulan September							
5	PENGGANTIAN ISOLATOR TUMPU	45	4377	766.105	1,5	977	20
6	PENGGANTIAN ISOLATOR TUMPU	45	4377	766.105	1,5	977	20
7	PENGGANTIAN ISOLATOR TUMPU	45	4377	766.105	1,5	977	20
8	PENGGANTIAN ISOLATOR TUMPU	45	4377	766.105	1,5	977	20
9	PENGGANTIAN ISOLATOR TUMPU	45	4377	766.105	1,5	977	20

## BAB IV

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 4.1 Data Hasil Pekerjaan Penggantian Isolator Tumpu Triwulan 3 Tahun 2022

Merujuk pada model penelitian seperti pada Gambar 3.1 dan Gambar 3.2 didapatkan tabel hasil pekerjaan sesuai dengan Tabel 3.1 yang berisi antara lain :

1. Total pekerjaan penggantian isolator tumpu.
2. Beban per *section*.
3. Jumlah pelanggan total.
4. Jumlah pelanggan terdampak padam.
5. Standar waktu PDKB.
6. Rupiah per kWh.
7. Tegangan penyulang Sayung 10.

Jenis pekerjaan penggantian isolator tumpu itu sendiri adalah kegiatan atau pekerjaan yang bertujuan mengganti isolator tumpu yang terindikasi rusak baik itu karena *flashover* maupun retak (gumpil).

##### 4.1.1 Tarif Dasar Listrik

Tarif dasar listrik adalah tarif yang diterbitkan oleh pemerintah guna menjadi acuan harga rupiah per kWh yang dibebankan kepada pelanggan-pelanggan PLN. Pada Gambar 4.1 merupakan tarif dasar listrik pada bulan Juli hingga September.

**PENETAPAN  
PENYESUAIAN TARIF TENAGA LISTRIK (TARIFF ADJUSTMENT)**

**JULI - SEPTEMBER 2022**

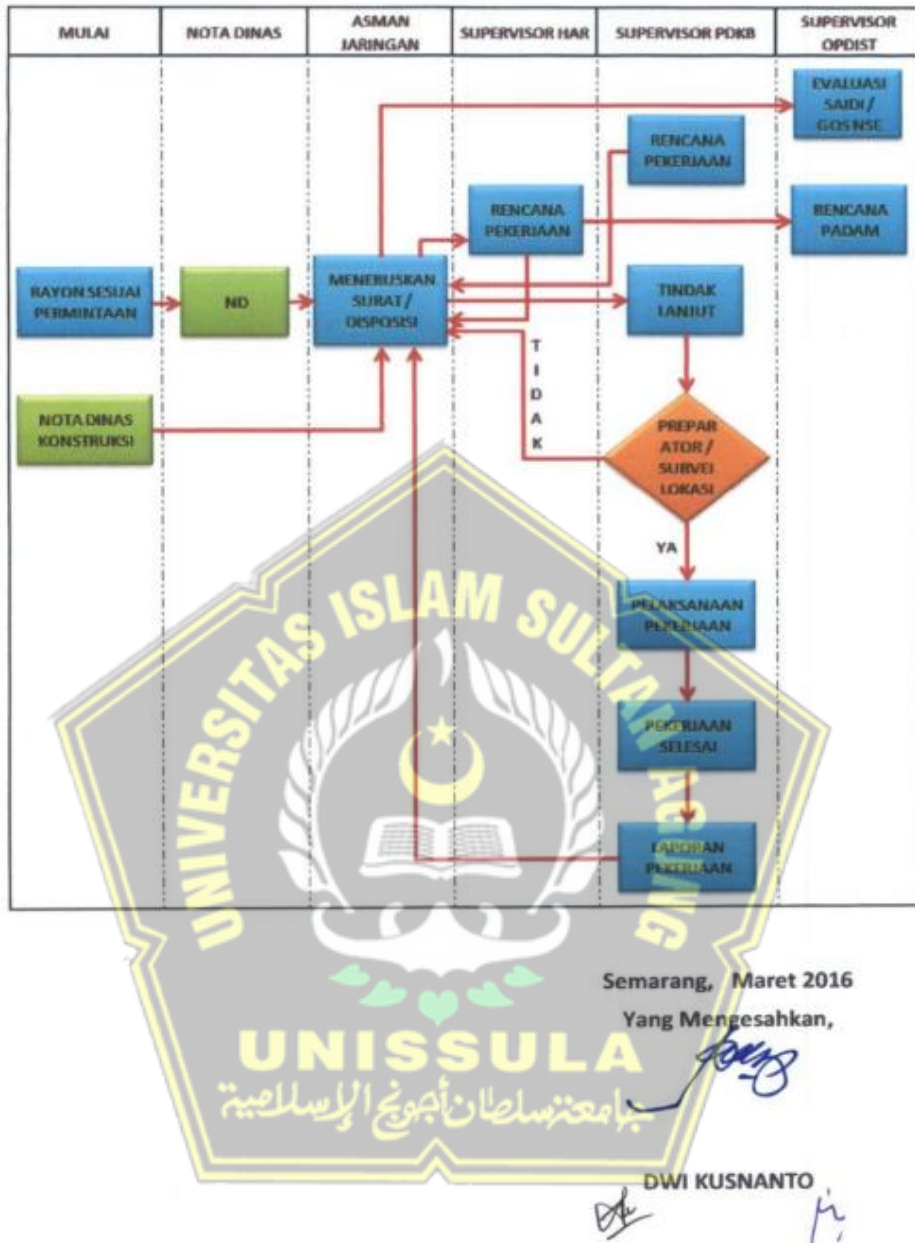
NO.	GOL. TARIF	BATAS DAYA	REGULER		PRA BAYAR (Rp/kWh)
			BIAYA BEBAN (Rp/kVA/bulan)	BIAYA PEMAKAIAN (Rp/kWh) DAN BIAYA kVArh (Rp/kVArh)	
1.	R-1/TR	900 VA-RTM	*	1.352,00	1.352,00
2.	R-1/TR	1.300 VA	*	1.444,70	1.444,70
3.	R-1/TR	2.200 VA	*	1.444,70	1.444,70
4.	R-2/TR	3.500 VA s.d. 5.500 VA	*	1.699,53	1.699,53
5.	R-3/TR	6.600 VA ke atas	*	1.699,53	1.699,53
6.	B-2/TR	6.600 VA s.d. 200 kVA	*	1.444,70	1.444,70
7.	B-3/TM	di atas 200 kVA	**	Blok WBP = $K \times 1.035,78$ Blok LWBP = $1.035,78$ kVArh = $1.114,74$ ****)	-
8.	I-3/TM	di atas 200 kVA	**	Blok WBP = $K \times 1.035,78$ Blok LWBP = $1.035,78$ kVArh = $1.114,74$ ****)	-
9.	I-4/TT	30.000 kVA ke atas	***	Blok WBP dan Blok LWBP = $996,74$ kVArh = $996,74$ ****)	-
10.	P-1/TR	6.600 VA s.d. 200 kVA	*	1.699,53	1.699,53
11.	P-2/TM	di atas 200 kVA	**	Blok WBP = $K \times 1.415,01$ Blok LWBP = $1.415,01$ kVArh = $1.522,88$ ****)	-
12.	P-3/TR		*	1.699,53	1.699,53
13.	L/TR, TM, TT		-	1.644,52	-

Catatan :  
 \*) Diterapkan Rekening Minimum (RM):  
 $RM1 = 40 \text{ (Jam Nyala)} \times \text{Daya tersambung (kVA)} \times \text{Biaya Pemakaian.}$   
 \*\*) Diterapkan Rekening Minimum (RM):  
 $RM2 = 40 \text{ (Jam Nyala)} \times \text{Daya tersambung (kVA)} \times \text{Biaya Pemakaian LWBP.}$   
 Jam nyala : kWh per bulan dibagi dengan kVA tersambung.  
 \*\*\*) Diterapkan Rekening Minimum (RM):  
 $RM3 = 40 \text{ (Jam Nyala)} \times \text{Daya tersambung (kVA)} \times \text{Biaya Pemakaian WBP dan LWBP.}$   
 Jam nyala : kWh per bulan dibagi dengan kVA tersambung.  
 \*\*\*\*) Biaya kelebihan pemakaian daya reaktif (kVArh) dikenakan dalam hal faktor daya rata-rata setiap bulan kurang dari 0,85 (delapan puluh lima per seratus).  
 K : Faktor perbandingan antara harga WBP dan LWBP sesuai dengan karakteristik beban sistem kelistrikan setempat ( $1,4 \leq K \leq 2$ ), ditetapkan oleh Direksi Perusahaan Perseroan (Persero) PT Perusahaan Listrik Negara.  
 WBP : Waktu Beban Puncak.  
 LWBP : Luar Waktu Beban Puncak.

Gambar 4.1 Tarif Dasar Listrik Bulan Juli Hingga September Tahun 2022

### 4.1.2 Proses Bisnis PDKB

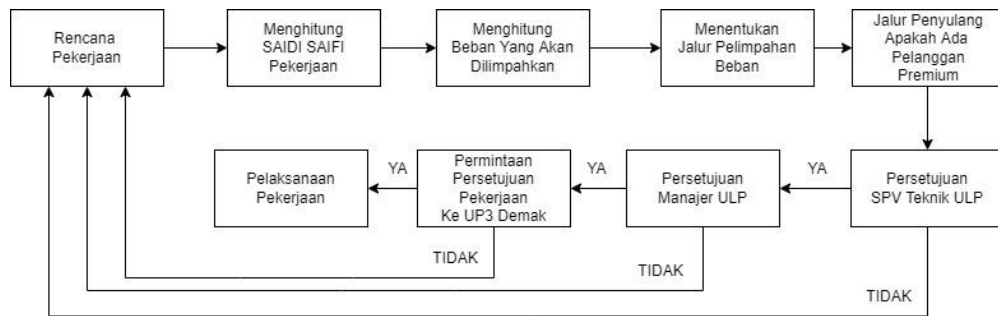
Proses bisnis PDKB merupakan alur proses dari perencanaan awal pekerjaan dari ULP (Unit Layanan Pelanggan) yang setelah itu akan ditentukan apakah pekerjaan tersebut dapat dilaksanakan dengan PDKB atau tidak. Dapat dilihat pada Gambar 4.2 Proses bisnis PDKB.



Gambar 4.2 Proses Bisnis PDKB

#### 4.1.3 Alur Perencanaan Pekerjaan ULP (Unit Layanan Pelanggan)

Diagram blok alur pembuatan perencanaan pekerjaan pada ULP. Gambar diagram blok alur pembuatan perencanaan pekerjaan pada ULP dapat dilihat pada Gambar 4.3.



Gambar 4.3 Alur Perencanaan Pekerjaan ULP

## 4.2 Data Perhitungan Pekerjaan Penggantian Isolator Tumpu

### 4.2.1. Perhitungan kWh Terselamatkan

Untuk menghitung kWh terselamatkan digunakan persamaan (2.1).

Bulan Juli :

$$\begin{aligned}
 1. \ E_{safe} &= \sqrt{3} \times 20 \text{ kV} \times I \times \cos \phi \times t \\
 &= 1,732 \times 20 \text{ kV} \times 46 \text{ A} \times 0,85 \times 1,5 \\
 &= 2.031,64 \text{ kWh}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 2. \ E_{safe} &= \sqrt{3} \times 20 \text{ kV} \times I \times \cos \phi \times t \\
 &= 1,732 \times 20 \text{ kV} \times 46 \text{ A} \times 0,85 \times 1,5 \\
 &= 2.031,64 \text{ kWh}
 \end{aligned}$$

Bulan Agustus :

$$\begin{aligned}
 1. \ E_{safe} &= \sqrt{3} \times 20 \text{ kV} \times I \times \cos \phi \times t \\
 &= 1,732 \times 20 \text{ kV} \times 120 \text{ A} \times 0,85 \times 1,5 \\
 &= 5.299,92 \text{ kWh}
 \end{aligned}$$

$$2. \ E_{safe} = \sqrt{3} \times 20 \text{ kV} \times I \times \cos \phi \times t$$

$$= 1,732 \times 20 \text{ kV} \times 120 \text{ A} \times 0,85 \times 1,5$$

$$= 5.299,92 \text{ kWh}$$

Bulan September :

$$1. E_{safe} = \sqrt{3} \times 20 \text{ kV} \times I \times \cos \phi \times t$$

$$= 1,732 \times 20 \text{ kV} \times 45 \text{ A} \times 0,85 \times 1,5$$

$$= 1.987,47 \text{ kWh}$$

$$2. E_{safe} = \sqrt{3} \times 20 \text{ kV} \times I \times \cos \phi \times t$$

$$= 1,732 \times 20 \text{ kV} \times 45 \text{ A} \times 0,85 \times 1,5$$

$$= 1.987,47 \text{ kWh}$$

$$3. E_{safe} = \sqrt{3} \times 20 \text{ kV} \times I \times \cos \phi \times t$$

$$= 1,732 \times 20 \text{ kV} \times 45 \text{ A} \times 0,85 \times 1,5$$

$$= 1.987,47 \text{ kWh}$$

$$4. E_{safe} = \sqrt{3} \times 20 \text{ kV} \times I \times \cos \phi \times t$$

$$= 1,732 \times 20 \text{ kV} \times 45 \text{ A} \times 0,85 \times 1,5$$

$$= 1.987,47 \text{ kWh}$$

$$5. E_{safe} = \sqrt{3} \times 20 \text{ kV} \times I \times \cos \phi \times t$$

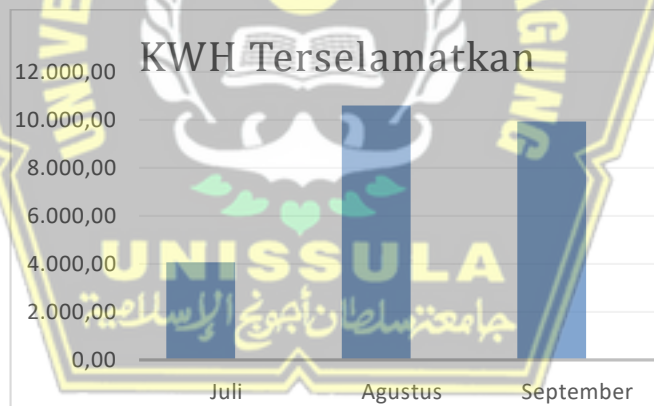
$$= 1,732 \times 20 \text{ kV} \times 45 \text{ A} \times 0,85 \times 1,5$$

$$= 1.987,47 \text{ kWh}$$

Tabel 4.1 kWh Terselamatkan

No.	Bulan	kWh Terselamatkan
1	Juli	4.063,28
2	Agustus	10.599,84
3	September	9.937,35
Total		24.600,47

Total keseluruhan kWh terselamatkan pada pekerjaan penggantian isolator tumpu dengan metode PDKB triwulan 3 tahun 2022 pada penyulang Sayung 10 sebesar 24.600,47 kWh. Berikut Gambar 4.4 grafik kWh (energi) terselamatkan pada pekerjaan penggantian isolator tumpu selama periode bulan Juli hingga September.



Gambar 4.4 Grafik kWh Terselamatkan

Berdasarkan grafik di atas dapat dilihat jika pada bulan Agustus mendapatkan kWh terselamatkan yang paling banyak jika dibandingkan dengan bulan-bulan yang lain. Itu dikarenakan pada bulan Agustus meskipun jumlah pekerjaan tidak sebanyak bulan September akan tetapi memiliki beban per *section* jauh lebih besar.

#### 4.2.2. Perhitungan Rupiah Terselamatkan

Untuk menghitung rupiah terselamatkan digunakan persamaan (2.2). Rata-rata besaran rupiah per kWh setiap bulan tidaklah sama, itu dikarenakan banyak sedikitnya konsumsi energi listrik oleh pelanggan PLN.

Tabel 4.2 Rp/kWh Triwulan 3 Tahun 2022 PLN UP3 Demak

No.	Bulan	Rp/kWh
1	Juli	965
2	Agustus	972
3	September	977

1. Rupiah terselamatkan bulan Juli :

$$\begin{aligned} RP_{safe} &= E_{safe} \times \text{Rp per kWh} \\ &= 4.063,28 \times 965 \\ &= \text{Rp. } 3.921.065,2 \end{aligned}$$

2. Rupiah terselamatkan bulan Agustus :

$$\begin{aligned} RP_{safe} &= E_{safe} \times \text{Rp per kWh} \\ &= 10.599,84 \times 972 \\ &= \text{Rp. } 10.303.044,48 \end{aligned}$$

3. Rupiah terselamatkan bulan September :

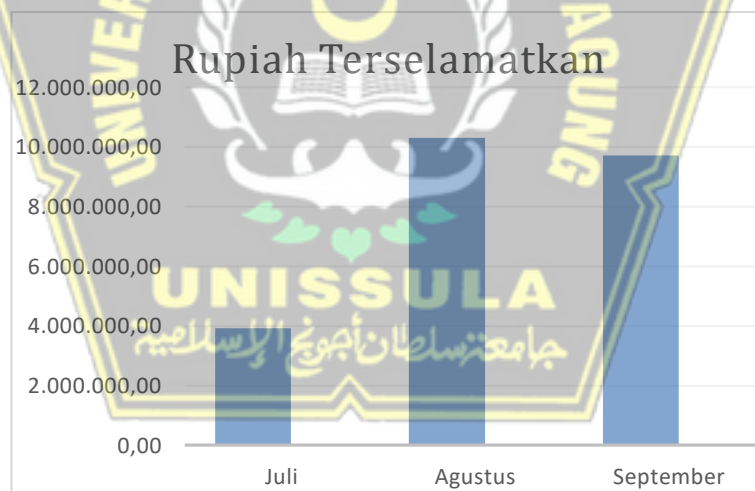
$$\begin{aligned} RP_{safe} &= E_{safe} \times \text{Rp per kWh} \\ &= 9.937,35 \times 977 \\ &= \text{Rp. } 9.708.790,95 \end{aligned}$$



Tabel 4.3 Rupiah Terselamatkan

No.	Bulan	Rupiah Terselamatkan
1	Juli	Rp. 3.921.065,2
2	Agustus	Rp. 10.303.044,48
3	September	Rp. 9.708.790,95
Total		Rp. 23.932.900,63

Berdasarkan Tabel 4.3 di atas PLN dapat menyelamatkan rupiah sebesar Rp. 23.932.900,63 dari pekerjaan penggantian isolator yang dilaksanakan dengan metode PDKB. Berikut Gambar 4.5 rupiah terselamatkan pada pekerjaan penggantian isolator tumpu selama periode bulan Juli hingga September.



Gambar 4.5 Grafik Rupiah Terselamatkan

Berdasarkan grafik di atas dapat dilihat jika pada bulan Agustus mendapatkan rupiah terselamatkan yang paling banyak, itu dikarenakan kWh terselamatkan pada bulan Agustus memiliki jumlah yang paling banyak dibandingkan bulan-bulan yang lain.

#### 4.2.3. Perhitungan SAIDI PDKB

Merujuk pada Tabel 3.1 dan persamaan (2.5) maka didapatkan nilai SAIDI yang berhasil ditekan oleh tim PDKB sebesar:

##### 1. SAIDI bulan Juli

Diketahui jika terdapat 2 kali pekerjaan penggantian isolator tumpu pada bulan Juli dengan kumulatif waktu standar pekerjaan PDKB 3 jam, kumulatif pelanggan padam 14.308 pelanggan dan kumulatif pelanggan total PLN UP3 Demak 1.525.210 pelanggan.

$$\begin{aligned}\text{SAIDI} &= \frac{3 \times 14.308}{1.525.210} \\ &= \frac{42.924}{1.525.210} \\ &= 0,0281 \text{ Menit/Pelanggan}\end{aligned}$$

##### 2. SAIDI bulan Agustus

Diketahui jika terdapat 2 kali pekerjaan penggantian isolator tumpu pada bulan Agustus dengan kumulatif waktu standar pekerjaan PDKB 3 jam, kumulatif pelanggan padam 318 pelanggan dan kumulatif pelanggan total PLN UP3 Demak 1.528.432 pelanggan.

$$\begin{aligned}\text{SAIDI} &= \frac{3 \times 318}{1.528.432} \\ &= \frac{954}{1.528.432} \\ &= 0,0006 \text{ Menit/Pelanggan}\end{aligned}$$

##### 3. SAIDI bulan September

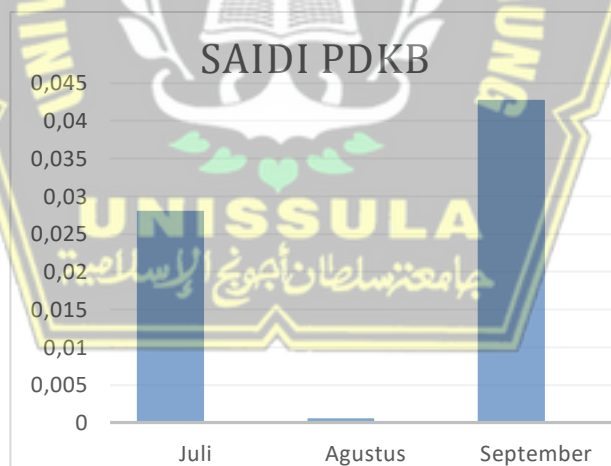
Diketahui jika terdapat 5 kali pekerjaan penggantian isolator tumpu pada bulan September dengan kumulatif waktu standar pekerjaan PDKB 7,5 jam, kumulatif pelanggan padam 21.885 pelanggan dan kumulatif pelanggan total PLN UP3 Demak 3.830.525 pelanggan.

$$\begin{aligned}\text{SAIDI} &= \frac{7,5 \times 21.885}{3.830.525} \\ &= \frac{164.137,5}{3.830.525} \\ &= 0,0428 \text{ Menit/Pelanggan}\end{aligned}$$

Tabel 4.5 SAIDI PDKB Triwulan 3 Tahun 2022

No.	Bulan	SAIDI PDKB Menit/Pelanggan
1	Juli	0,0281
2	Agustus	0,0006
3	September	0,0428
Total		0,0652

Berdasarkan Tabel 4.5 di atas dapat dilihat SAIDI PDKB triwulan 3 tahun 2022 pada pekerjaan penggantian isolator tumpu dengan metode PDKB di penyulang Sayung 10 dapat menekan durasi pemadaman sebesar 0,0652 Menit/Pelanggan. Berikut Gambar 4.6 SAIDI PDKB pada pekerjaan penggantian isolator tumpu selama periode bulan Juli hingga September.



Gambar 4.6 Grafik SAIDI PDKB

Berdasarkan grafik di atas dapat dilihat jika pada bulan September menjadi bulan dengan nilai SAIDI yang paling besar dibanding dengan bulan-bulan yang lain itu dikarenakan pada bulan tersebut memiliki durasi pekerjaan yang paling lama dan juga memiliki kumulatif pelanggan yang terdampak padam paling banyak.

#### 4.2.4. Perhitungan SAIFI PDKB

Merujuk pada Tabel 3.1 dan persamaan (2.6) maka didapatkan nilai SAIFI yang berhasil ditekan oleh tim PDKB sebesar:

##### 1. SAIFI bulan Juli

Diketahui jika terdapat 2 kali pekerjaan penggantian isolator tumpu pada bulan Juli dengan kumulatif pelanggan padam 14.308 pelanggan dan kumulatif pelanggan total PLN UP3 Demak 1.525.210 pelanggan.

$$\begin{aligned} \text{SAIFI} &= \frac{2 \times 14.308}{1.525.210} \\ &= \frac{28.616}{1.525.210} \\ &= 0,0187 \text{ Kali/Pelanggan} \end{aligned}$$

##### 2. SAIFI bulan Agustus

Diketahui jika terdapat 2 kali pekerjaan penggantian isolator tumpu pada bulan Agustus dengan kumulatif pelanggan padam 318 pelanggan dan kumulatif pelanggan total PLN UP3 Demak 1.528.432 pelanggan.

$$\begin{aligned} \text{SAIFI} &= \frac{2 \times 318}{1.528.432} \\ &= \frac{636}{1.528.432} \\ &= 0,0004 \text{ Kali/Pelanggan} \end{aligned}$$

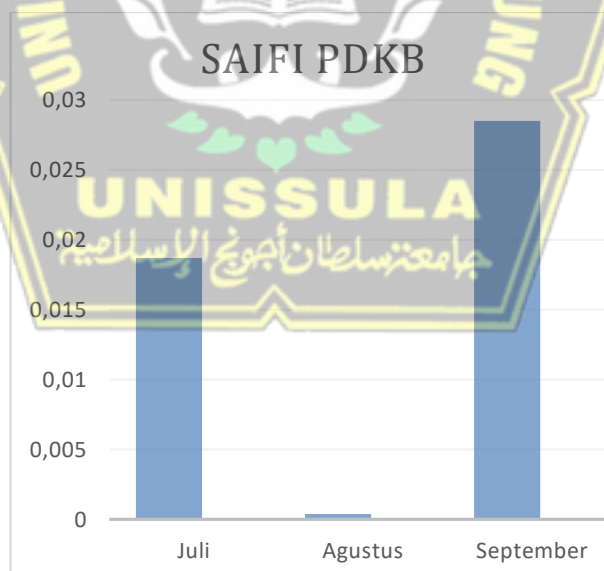
3. Diketahui jika terdapat 5 kali pekerjaan penggantian isolator tumpu pada bulan September dengan kumulatif pelanggan padam 21.885 pelanggan dan kumulatif pelanggan total PLN UP3 Demak 3.830.525 pelanggan.

$$\begin{aligned} \text{SAIFI} &= \frac{5 \times 21.885}{3.830.525} \\ &= \frac{109.425}{3.830.525} \\ &= 0,0285 \text{ Kali/Pelanggan} \end{aligned}$$

Tabel 4.6 SAIFI PDKB Triwulan 3 Tahun 2022

No.	Bulan	SAIFI PDKB Kali/Pelanggan
1	Juli	0,0187
2	Agustus	0,0004
3	September	0,0285
Total		0,0476

Berdasarkan Tabel 4.6 di atas dapat dilihat SAIFI PDKB triwulan 3 tahun 2022 pada pekerjaan penggantian isolator tumpu dengan metode PDKB di penyulang Sayung 10 dapat menekan frekuensi pemadaman sebesar 0,0476 Kali/Pelanggan. Berikut Gambar 4.7 SAIFI PDKB pada pekerjaan penggantian isolator tumpu selama periode bulan Juli hingga September.



Gambar 4.7 Grafik SAIFI PDKB

Berdasarkan grafik di atas dapat dilihat jika pada bulan September memiliki nilai SAIFI yang paling banyak dibandingkan bulan-bulan yang lain. Itu dikarenakan pada bulan tersebut memiliki jumlah pekerjaan yang paling banyak di antara bulan lain.

Hasil dari pelaksanaan pekerjaan PDKB pada triwulan 3 tahun 2022 di penyulang sayung 10 dalam upaya menurunkan jumlah gangguan yang diakibatkan oleh isolator yang rusak (*flashover* ataupun pecah), PDKB telah melaksanakan penggantian isolator tumpu sebanyak 9 buah (9 titik lokasi) dan berhasil menyelamatkan kWh (energi listrik) sebanyak 24.600,47 kWh yang jika dirupiahkan setara dengan Rp. 23.932.900,63.

Apabila pekerjaan penggantian isolator tumpu tersebut tidak dilaksanakan dengan metode PDKB maka PT PLN harus kehilangan energi listrik yang apabila dikonfersikan sekitar Rp. 23.932.900,63. Tentu saja apabila pekerjaan dilakukan secara *offline* PT PLN akan merasakan kerugian-kerugian lain seperti hilangnya energi listrik yang tidak tersalurkan kepada pelanggan, menurunnya tingkat keandalan jaringan energi listrik. Di bawah ini Tabel 4.7 jumlah penyelamatan PDKB pada pekerjaan penggantian isolator tumpu pada penyulang sayung 10 triwulan 3 tahun 2022.

Tabel 4.7 Jumlah Penyelamatan PDKB Pada Pekerjaan Penggantian Isolator Tumpu Pada Penyulang Sayung 10

No.	Bulan	kWh Terselamatkan	Rupiah Terselamatkan	SAIDI PDKB Menit/Pelanggan	SAIFI PDKB Kali/Pelanggan
1	Juli	4.063,28	Rp. 3.921.065,2	0,0281	0,0187
2	Agustus	10.599,84	Rp. 10.303.044,48	0,0006	0,0004
3	September	9.937,35	Rp. 9.708.790,95	0,0428	0,0285
Total		24.600,47	Rp. 23.932.900,63.	0,0652	0,0476

## BAB V

### PENUTUP

#### 5.1 Kesimpulan

Kesimpulan penelitian ini berdasarkan teori, analisis dan perhitungan yang telah disajikan antara lain :

1. Dari total 9 kali pekerjaan penggantian isolator tumpu di penyulang sayung 10 pada triwulan 3 tahun 2022 tim PDKB (Pekerjaan Dalam Keadaan Bertegangan) PT PLN (Persero) UP3 Demak berhasil menyelamatkan energi listrik agar tetap tersalurkan kepada pelanggan sebesar 24.600,47 kWh.
2. Pekerjaan Dalam Keadaan Bertegangan (PDKB) di PT PLN (Persero) UP3 Demak memberikan keuntungan baik secara teknis maupun secara ekonomis di mana dalam periode 3 bulan (Juli, Agustus dan September) pada pekerjaan penggantian isolator tumpu di penyulang sayung 10 tim PDKB berhasil menyelamatkan rupiah dari penjualan kWh yang tetap tersalurkan sebesar Rp. 23.932.900,63.
3. Dengan adanya tim PDKB (Pekerjaan Dalam Keadaan Bertegangan) di PT PLN (Persero) UP3 Demak dapat meningkatkan keandalan. Dibuktikan dengan berhasilnya tim PDKB menekan nilai SAIDI sebesar 0,0652 Menit/Pelanggan dan menekan nilai SAIFI sebesar 0,0476 Kali/Pelanggan selama periode 3 bulan pada pekerjaan penggantian isolator tumpu di penyulang sayung 10.
4. Dengan adanya pemeliharaan (penggantian) isolator tumpu dengan metode PDKB dapat meningkatkan keandalan penyaluran energi listrik dikarenakan dalam pemeliharaan tersebut dilakukan tanpa pemadaman.

## 5.2 Saran

Berdasarkan hasil dari analisis dan perhitungan dalam penelitian ini, maka penulis akan memberikan saran-saran sebagai berikut :

1. Untuk menjaga kualitas pelayanan penyaluran energi listrik agar tidak terjadi gangguan yang meningkat perlu dilakukan inspeksi menyeluruh terhadap seluruh komponen-komponen dan peralatan penyaluran energi listrik di setiap penyulang.
2. Untuk meningkatkan keandalan dan pelayanan penyaluran energi listrik, tim PDKB sangat disarankan dalam melaksanakan pekerjaan pemeliharaan agar keberlangsungan penyaluran energi listrik tetap terjaga.





## DAFTAR PUSTAKA

- Abidin, Z., & Tasmono, I. H. (2021). *Studi Pemeliharaan Isolator SUTM 20 KV Menggunakan Metode PDKB Di PT PLN UP3 Surabaya Selatan.*
- Amalia, S., & Saputra, E. (2020). *Pemeliharaan Jaringan Saluran Udara Tegangan Menengah ( SUTM ) 20 kV Feeder Mata Air. 9(2).*
- Aulia Rahman, D. (2021). *Analisis Perhitungan Penghematan KWH Pada SUTM 20KV Tanpa Padam Di PT.PLN (Persero) UP3 Parepare.*  
<http://156.67.221.169/4010/>
- Duyo, R., & Sulkifli, A. (2019). *Analisis Jaringan Dan Pemeliharaan Pada Jaringan Distribusi Di Pt.Pln Wilayah Cabang Pinrang. Vertex Elektro, 1(2), 1–11.* <https://doi.org/10.26618/jte.v1i2.2379>
- Hajar1, I., Muhammad, ;, Pratama, H., Elektro, T., Tinggi, S., & Pln, T. (2018). *Analisa Nilai SAIDI SAIFI Sebagai Indeks Keandalan Penyediaan Tenaga Listrik Pada Penyulang Cahaya PT. PLN (Persero) Area Ciputat. JURNAL ENERGI & KELISTRIKAN, 10(1).*
- Juliasandi, A., & Alfi, I. (2019). *Analisa KWH Terselamatkan Pada Pemeliharaan ABSW (Air Break Switch) Dengan Metode PDKB (Pekerjaan Dalam Keadaan Bertegangan) Di PT.PLN (Persero) Distribusi Jawa Tengah Dan D.I. Yogyakarta Rayon Purwokerto.*
- Kartika, M. (Universitas S. K. (2022). *Pemeliharaan Preventive Kubikel CBOG 20 KV Di PT PLN (Persero) UP3 Bekasi UID Jawa Barat. JE-UNISLA, 7(2), 63–68.*
- Pratama, E. B. (2022). *Analisa Perbaikan Jaringan Tegangan Menengah Tanpa Pemadaman Pada Penyulang 04 GI Sayung 150/20 KV Demak.*
- PUIL 2000. (2000). *Persyaratan Umum Instalasi Listrik 2000 (PUIL 2000). DirJen Ketenagalistrikan, 2000(Puil), 562.*

Putra, D. E. (2016). Analisa Kontribusi Peran Pekerjaan Dalam Keadaan Bertegangan (PDKB) Terhadap Peningkatan KWH Jual Pada Penyulang Virgo DI PT. PLN (Persero) WS2JB Area Lahat. *JURNAL AMPERE*, 1(1). <https://doi.org/10.31851/ampere.v1i1.3463>

Sugiarto, L., Rudi Gianto, I., & Bonar Sirait, I. (2014). *Analisis Perhitungan KWH Terselamatkan Pada Pekerjaan Dalam Keadaan Bertegangan (PDKB) Saluran Udara Tegangan Menengah (SUTM) 20 KV Cabang Singkawang.*

