

**ANALISA PERBAIKAN JARINGAN TEGANGAN
MENENGAH TANPA PEMADAMAN PADA
PENYULANG 04 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 :
EVAN BAGAS PRATAMA
NIM 30601800051**

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

FINAL PROJECT

ANALYSIS OF MEDIUM VOLTAGE NETWORK REPAIR WITHOUT OUTAGE AT THE 04 GI SAYUNG FEEDER 150/20 KV DEMAK

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



Arrenged By :

EVAN BAGAS PRATAMA

NIM 30601800051

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

LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING

Laporan Tugas Akhir dengan judul “Analisa Perbaikan Jaringan Tegangan Menengah Tanpa Pemadaman Pada Penyulang 04 GI Sayung 150/20 KV Demak” disusun oleh :

Nama : Evan Bagus Pratama

NIM : 30601800051

Program Studi : Teknik Elektro

Telah disahkan oleh dosen pembimbing pada :

Hari : Selasa

Tanggal : 6 September 2022

Pembimbing I

Pembimbing II



Ir. Ida Widi Hastuti, MT

Dr. Ir. H. Muhamad Haddin, MT

NIDN. 0005036501

NIDN. 0618066301

Mengetahui,

Ketua Program Studi Teknik Elektro



Jenny Putri Hapsari, ST, MT

NIDN. 0607018501

LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI

Laporan Tugas Akhir dengan judul “Analisa Perbaikan Jaringan Tegangan Menengah Tanpa Pemadaman Pada Penyulang 04 GI Sayung 150/20 KV Demak ” ini telah dipertahankan di depan Dosen Penguji Tugas Akhir pada :

Hari : Selasa

Tanggal : 6 September 2022

Penguji II

Ir. H. Sukarno Budi Utomo, MT

NIDN. 0619076401

Penguji III

Dedi Nugroho, S.T., M.T.

NIDN. 061726602

UNISSOLA

Mengetahui,

Ketua Penguji

Dr. Ir. Agus Adhi Nugroho, MT

NIDN. 0628086501

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Evan Bagas Pratama

NIM : 30601800051

Fakultas : Teknologi Industri

Program Studi : Teknik Elektro

Dengan ini menyatakan bahwa Tugas Akhir yang saya buat dalam rangka menyelesaikan Pendidikan Strata Satu (S1) **Teknik Elektro di Fakultas Teknologi UNISSULA Semarang** dengan judul "Analisa Perbaikan Jaringan Tegangan Menengah Tanpa Pemadaman Pada Penyulang 04 GI Sayung 150/20 KV Demak", adalah asli (orisinal) dan bukan menjiplak (plagiat) dan belum pernah diterbitkan/dipublikasikan dimanapun dalam bentuk apapun baik sebagian atau keseluruhan, kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan sadar dan penuh tanggung jawab. Apabila di kemudian hari ternyata terbukti bahwa Karya Tugas Akhir tersebut adalah hasil karya orang lain atau pihak lain, maka saya bersedia dikenakan sanksi akademis.

Semarang, 8 September 2022



Yang Menyatakan
Mahasiswa

Evan Bagas Pratama
NIM. 30601800051

PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Evan Bagas Pratama

NIM : 30601800051

Program Studi : Teknik Elektro

Fakultas : Teknologi Industri

Alamat Asal : Jl.Dewi Sartika Timur RT 12 RW 05 Kel. Sukorejo
Kec. Gunung pati Kota Semarang

Dengan ini menyatakan Karya Ilmiah berupa Tugas Akhir dengan judul **“ANALISA PERBAIKAN JARINGAN TEGANGAN MENENGAH TANPA PEMADAMAN PADA PENYULANG 04 GI SAYUNG 150/20 KV DEMAK”**

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

Semarang, 8 September 2022



Yang menyatakan

Evan Bagas Pratama

HALAMAN PERSEMBAHAN

Persembahan :

Pertama,

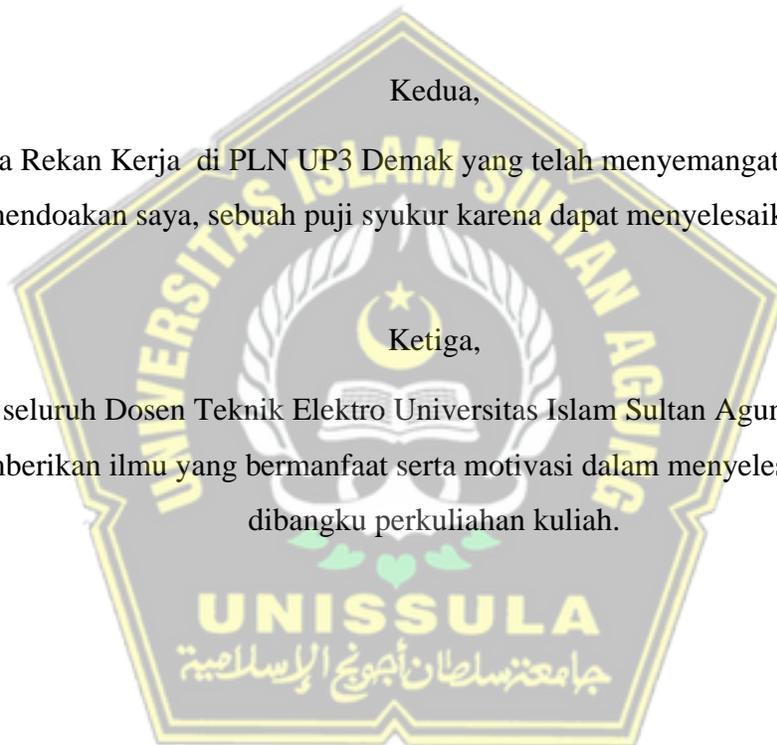
Kepada kedua Orang Tua yang saya cintai yang sudah membesarkan saya dan menjadi motivasi hidup saya dalam menyelesaikan studi saya

Kedua,

Kepada Rekan Kerja di PLN UP3 Demak yang telah menyemangati, memotivasi serta mendoakan saya, sebuah puji syukur karena dapat menyelesaikan study saya

Ketiga,

Untuk seluruh Dosen Teknik Elektro Universitas Islam Sultan Agung yang selalu memberikan ilmu yang bermanfaat serta motivasi dalam menyelesaikan studi dibangku perkuliahan kuliah.



HALAMAN MOTTO

Motto :

“Dan katakanlah wahai Muhammad: Tuhanku, tambahkanlah kepadaku ilmu.”

(QS Thaha ayat 114)

"Barang siapa yang bersungguh sungguh, sesungguhnya kesungguhan tersebut untuk kebaikan dirinya sendiri"

(Qs. Al-Ankabut: 6)

"Barang siapa menyulitkan (orang lain) maka Allah akan mempersulitnya pada hari Kiamat"

(HR Al-Bukhari no. 7152).



KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan atas kehadiran Tuhan Yang Maha Esa karena rahmat, hidayah, dan petunjuk-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan tugas akhir yang berjudul “**ANALISA PERBAIKAN JARINGAN TEGANGAN MENENGAH TANPA PEMADAMAN PADA PENYULANG 04 GI SAYUNG 150/20 KV DEMAK**”. Tidak lupa Shalawat dan salam tercurahkan kepada Rasullullah SAW, beserta keluarga, sahabat dan Inshaallah pengikutnya hingga akhir zaman nanti.

Dalam proses penyusunan Tugas Akhir ini penulis banyak mengalami kesulitan dan hambatan baik yang bersifat teknis maupun non teknis.

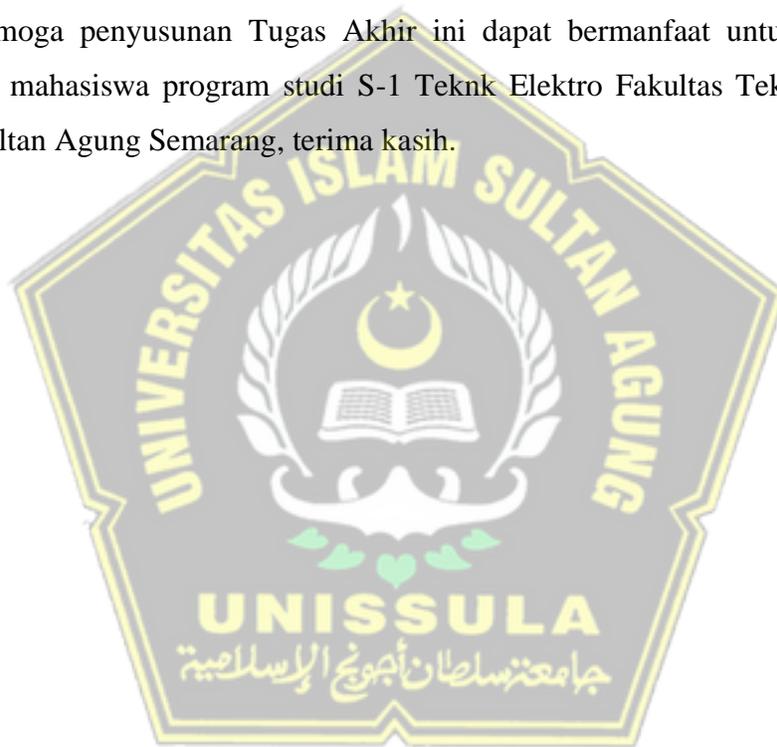
Penulis menyadari, bahwa dalam penyusunan skripsi ini tidak lepas dari dukungan dan bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu pada kesempatan ini penulis mengucapkan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada yang terhormat:

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

9. Pegawai PT PLN (Persero) UP3 Demak dan
10. Teman-teman mahasiswa seperjuangan yang selalu memberikan kritik saran dan masukan yang membangun sehingga saya bias sampai sejauh ini.

Penulis menyadari bahwa penyusunan tugas akhir ini masih terdapat banyak kekurangan, maka dari itu segala kritik dan saran yang membangun akan selalu diterima dengan senang hati.

Semoga penyusunan Tugas Akhir ini dapat bermanfaat untuk semua pihak terutama mahasiswa program studi S-1 Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Islam Sultan Agung Semarang, 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
1.3 Pembatasan masalah.....	2
1.4 Tujuan	3
1.5 Manfaat	3
1.6 Sistematika Penulisan.....	3
BAB II LANDASAN TEORI DAN TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Tinjauan Pustaka.....	5
2.2 Landasan Teori.....	7
2.2.1 Sistem Jaringan Distribusi	10
2.2.2 Saluran Udara Tegangan Menengah.....	14
2.2.3 Peralatan Jaringan Distribusi	14
2.2.4 Pemeliharaan Saluran Udara Tegangan Menengah (SUTM)	22
2.2.5 Bentuk Pemeliharaan	23
2.2.6 Keandalan Sistem Distribusi.....	23
2.2.7 Gangguan Pada Jaringan SUTM.....	24
2.2.8 Pengaruh Listrik Terhadap Manusia.....	25

2.2.9 Metode PDKB	26
2.2.10 Tugas Pokok Personil PDKB TM	28
2.2.11 KWH Jual	29
2.2.12 Perhitungan SAIDI PDKB	30
2.2.13 Perhitungan SAIFI PDKB	30
2.2.14 Perhitungan KWH Terselamatkan	30
2.2.15 Perhitungan Rupiah Terselamatkan	31
BAB III METODE PENELITIAN	36
3.1 Model Penelitian	36
3.2 Tempat dan Waktu Penelitian	37
3.3 Tahapan Penelitian	37
3.4 Metode Pengumpulan Data	39
3.5 Metode Analisis Data	39
BAB IV HASIL	43
4.1 Data Hasil Pekerjaan PDKB Semester 1 Tahun 2021	43
4.1.1 Tarif Dasar Listrik	44
4.1.2 Proses Bisnis PDKB	46
4.1.3 Alur Perencanaan Pekerjaan ULP (Unit Layanan Pelanggan)	47
4.1.4 Target dan Realisasi SAIDI dan SAIFI UP3 Demak Semester 1 Tahun 2021	47
4.2 Pembahasan	48
4.2.1 Pelaksanaan Pekerjaan Perluasan Jaring Dan Pemeliharaan Pada Jalur Penyulang Pelanggan Premium	48
4.2.2 Perhitungan SAIDI PDKB	49
4.2.3 Perhitungan SAIFI PDKB	50
4.2.4 Perhitungan KWH Terselamatkan	51
4.2.5 Perhitungan Rupiah Terselamatkan	52
BAB V PENUTUP	47
5.1 Kesimpulan	47
5.2 Saran	48
DAFTAR PUSTAKA	49
LAMPIRAN	51

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Bagian-Bagian Fuse Cut Out.....	17
Tabel 2.2 Pengaruh Arus Listrik Terhadap Tubuh Manusia.....	25
Tabel 3.1 Data Hasil Pekerjaan PDKB Semester 1 Tahun 2021	39
Tabel 4.1 Target dan Realisasi <i>SAIDI</i> UP3 Demak Semester 1 Tahun 2021	47
Tabel 4.2 Target dan Realisasi <i>SAIFI</i> UP3 Demak Semester 1 Tahun 2021	47
Tabel 4.3 <i>SAIDI</i> PDKB Semester 1 Tahun 2021.....	49
Tabel 4.4 <i>SAIFI</i> PDKB Semester 1 Tahun 2021	50
Tabel 4.5 KWH Terselamatkan.....	51
Tabel 4.6 Rp/kWh Semester 1 Tahun 2021 UP3 Demak	52
Tabel 4.7 Rupiah Terselamatkan.....	52
Tabel 4.8 Jumlah Penyelamatan PDKB Pada Penyulang Sayung 04.....	53



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Pembangkit Listrik Tenaga Uap (Foto : PLTU Jepara).....	8
Gambar 2. 2 Saluran Transmisi.....	9
Gambar 2. 3 Sistem Tenaga Listrik.....	10
Gambar 2. 4 Sistem Jaringan Radial.....	10
Gambar 2. 5 Sistem Jaringan <i>Loop</i>	11
Gambar 2. 6 Sistem Jaringan <i>Cluster</i>	12
Gambar 2. 7 Sistem Jaringan <i>Spindel</i>	13
Gambar 2. 8 Saluran Udara Tegangan Menengah.....	14
Gambar 2. 9 <i>Recloser</i>	16
Gambar 2. 10 <i>Fuse Cut Out</i>	17
Gambar 2. 11 Rangkaian Transformator.....	19
Gambar 2. 12 <i>Arrester</i>	20
Gambar 2. 13 Isolator Tumpu.....	21
Gambar 2. 14 Isolator Tarik.....	22
Gambar 2. 15 Pemeliharaan SUTM.....	23
Gambar 2. 16 PDKB Metode Potensial.....	26
Gambar 2. 17 PDKB Metode Sentuh Langsung.....	27
Gambar 2. 18 PDKB Metode Berjarak.....	27
Gambar 2. 19 Ilustrasi Jarak Aman.....	28
Gambar 3. 1 <i>Single Line Diagram</i> GI Sayung 150/20 kV.....	36
Gambar 3. 2 <i>Single Line Diagram</i> Penyulang Sayung 04.....	37
Gambar 3. 3 <i>Flowchart</i>	38
Gambar 4. 1 Tarif Dasar Listrik Bulan Januari hingga Maret Tahun 2021.....	45
Gambar 4. 2 Tarif Dasar Listrik Bulan April hingga Juni Tahun 2021.....	45
Gambar 4. 3 Proses Bisnis PDKB.....	46
Gambar 4. 4 Alur Perencanaan Pekerjaan ULP.....	47

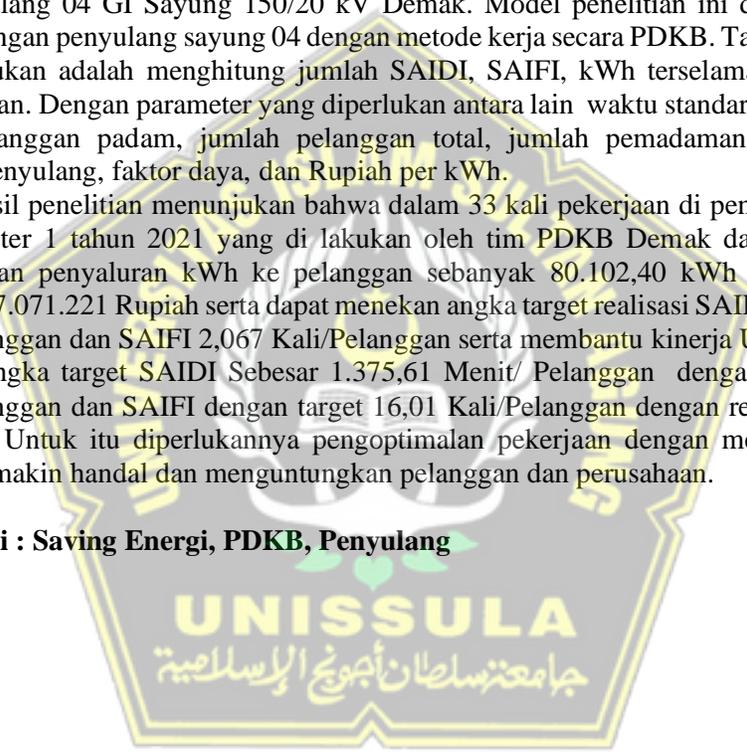
ABSTRAK

Terdapat 2 pelanggan premium pada penyulang sayung 04 GI 150/20 kV Demak, oleh sebab itu PT. PLN (Persero) UP3 Demak harus menjaga kehandalan dan kontinuitas pada penyulang sayung 04 dalam penyaluran energi listrik karena pelanggan premium tidak diperbolehkan untuk padam. Akibat pemadaman listrik akan mengakibatkan kerugian pada pelanggan dan perusahaan karena energi listrik tidak terjual. Solusi diperlukan adalah membentuk tim khusus yang dapat meningkatkan pelayanan dengan mengurangi pemadaman listrik dari TR s/d TET yaitu tim PDKB (Pekerjaan Dengan Keadaan Bertegangan).

Penelitian ini membahas tentang perhitungan saving energi dengan metode PDKB pada penyulang 04 GI Sayung 150/20 kV Demak. Model penelitian ini dilaksanakan pada seluruh jaringan penyulang sayung 04 dengan metode kerja secara PDKB. Tahapan pendekatan yang dilakukan adalah menghitung jumlah SAIDI, SAIFI, kWh terselamatkan dan Rupiah terselamatkan. Dengan parameter yang diperlukan antara lain waktu standar pekerjaan PDKB, jumlah pelanggan padam, jumlah pelanggan total, jumlah pemadaman, beban perseksi, tegangan penyulang, faktor daya, dan Rupiah per kWh.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa dalam 33 kali pekerjaan di penyulang sayung 04 pada semester 1 tahun 2021 yang dilakukan oleh tim PDKB Demak dapat menghasilkan penyelamatan penyaluran kWh ke pelanggan sebanyak 80.102,40 kWh jika di rupiahkan sebanyak 67.071.221 Rupiah serta dapat menekan angka target realisasi SAIDI sebanyak 3,304 Menit/Pelanggan dan SAIFI 2,067 Kali/Pelanggan serta membantu kinerja UP3 Demak dalam menekan angka target SAIDI sebesar 1.375,61 Menit/ Pelanggan dengan realisasi 877,07 Menit/Pelanggan dan SAIFI dengan target 16,01 Kali/Pelanggan dengan realisasi 10,31 kali/ Pelanggan. Untuk itu diperlukannya pengoptimalan pekerjaan dengan metode PDKB agar jaringan semakin handal dan menguntungkan pelanggan dan perusahaan.

Kata Kunci : Saving Energi, PDKB, Penyulang



UNISSULA
جامعة سلطان أبجوج الإسلامية

ABSTRACT

There are 2 premium customers on the sayung feeder 04 GI 150/20 kV Demak, therefore PT. PLN (Persero) UP3 Demak must maintain the reliability and continuity of the sayung 04 feeder in the distribution of electrical energy because premium customers are not allowed to turn off. As a result of power outages will result in losses to customer and companies because electrical energy is not sold. The solution needed is to form a special team that can improve service by reducing power outages from TR to TET, namely the PDKB team (Working with Voltage Conditions).

This study discusses the calculation of energy saving with the PDKB method on feeder 04 GI sayung 150/20 kV Demak, this research model was carried out on the entire network of sayung 04 feeders with the PDKB working method. The stages of the approach taken are to calculate the number of SAIDI, SAIFI, kWh saved, and Rupiah saved. With the parameters needed include standard time for PDKB work, number of customer outages, total number of customers, number of blackouts, load section, feeder voltage, power factor, and Rupiah per kWh.

The results showed that 33 times the work at sayung feeder 04 in semester 1 of 2021 carried out by the Demak PDKB team could result in saving the distribution of kWh to customers as much as 80.102,40 kWh if converted into rupiah as much as 67.071.221 Rupiah and could reduce the realization target. SAIDI 3,304 Minutes/Customer and SAIFI 2,076 Times/Customer as well as assisting the performance of UP3 Demak in suppressing the SAIDI target number of 1,375.61 Minutes/Customer with a realization of 877.07 Minutes/Customer and SAIFI with a target of 16.01 Times/Customer with a realization of 10,31 times/ Customer. For this reason, it is necessary to optimize work using the PDKB method so that the network is more reliable and profitable for customers and companies.

Keywords : Saving Energy, PDKB, Feeder

UNISSULA
جامعة سلطان أبوبوع الإسلامية

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Gardu Induk Sayung 150/20 kV merupakan gardu induk yang menyuplai kelistrikan wilayah kerja ULP Demak, terdapat 3 transformator yang berkapasitas 60 MVA dan 16 Penyulang. Penyulang Sayung 4 merupakan penyulang keluaran dari trafo 2 GI Sayung 150/20 kV yang memiliki 68,13 kms panjang jaringan dan menggunakan kawat penghantar jenis AAAC dan AAACS dengan diameter 150 mm dan 240 mm, penyulang sayung 4 menyuplai kebutuhan listrik perkotaan Demak seperti kantor instansi pemerintahan, rumah sakit, dan pasar tradisional. Pada penyulang sayung 04 terdapat 2 pelanggan premium yaitu PT. Lucky Textile dan Kantor Kabupaten Demak yang dalam proses pengoperasiannya tidak boleh memadamkan pelanggan tersebut, metode PDKB (Pekerjaan Dengan Keadaan Bertegangan) diperlukan agar tidak memadamkan jaringan listrik yang menyuplai pelanggan premium tersebut.

Permasalahan dalam upaya perluasan jaring dan pemeliharaan peralatan Saluran Udara Tegangan Menengah (SUTM) pada jalur penyulang sayung 04 yaitu terdapatnya pelanggan premium yang dalam proses pengoperasiannya tidak boleh memadamkan penyulang sayung 04. Pada umumnya pekerjaan perluasan jaring dan pemeliharaan dilakukan dengan metode pemadaman, namun dalam proses merencanakan pekerjaan pemadaman membutuhkan waktu yang lama hal ini disebabkan oleh beberapa faktor diantaranya yaitu memerlukan perhitungan *SAIDI* *SAIFI*, pengaturan pelimpahan beban agar pemadaman tidak terlalu luas, penentuan jalur pelimpahan beban karena harus memperhitungkan beban yang akan dilimpahkan, serta melihat apakah ada pelanggan premium pada jalur tersebut dikarenakan pelanggan premium tidak boleh padam. Jika terdapat kesalahan dalam perencanaan pemadaman, maka hal ini akan berdampak pada penambahan *SAIDI* dan *SAIFI*, mengingat adanya target kinerja *SAIDI* dan *SAIFI* di UP3 Demak yang

harus dicapai. Akibat dari adanya pekerjaan secara padam adalah kerugian pada pelanggan dan perusahaan dikarenakan energi listrik yang dihasilkan dari pusat pembangkit tidak terjual dan mengurangi tingkat kehandalan jaringan tersebut. Solusi untuk meningkatkan kehandalan jaring dan menjaga kontinuitas penyaluran energi listrik pelaksanaan pekerjaan menggunakan metode PDKB.

Mengacu pada Dasar Hukum Pekerjaan Dalam Keadaan Bertegangan yaitu Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral No: 001 Tahun 2005 yang berbunyi “Dalam upaya peningkatan pelayanan dengan mengurangi pemadaman listrik maka pekerjaan pemeliharaan dan perluasan TR s/d TET dapat dilaksanakan dalam keadaan bertegangan”. Berdasarkan latar belakang tersebut dan sebagai objek penelitian Tugas Akhir dilakukan perhitungan *saving* energi dengan metode PDKB pada penyulang 04 GI Sayung 150/20 kV Demak.

1.2 Perumusan masalah

Rumusan masalah dalam penelitian ini yaitu:

1. Bagaimana cara penanganan Jaringan Tegangan Menengah untuk pemeliharaan dan perbaikan pada wilayah yang memiliki daya besar
2. Bagaimana perhitungan jumlah *SAIDI SAIFI* yang terselamatkan pada Penyulang Sayung 04 PT. PLN (Persero) UP3 Demak dengan adanya PDKB-TM pada semester 1 tahun 2021
3. Bagaimana perhitungan jumlah energi (kWh) yang terselamatkan pada Penyulang Sayung 04 PT. PLN (Persero) UP3 Demak dengan adanya PDKB-TM pada semester 1 tahun 2021
4. Bagaimana perhitungan jumlah rupiah terselamatkan di Penyulang Sayung 04 PT. PLN (Persero) UP3 Demak dengan adanya PDKB-TM pada semester 1 tahun 2021

1.3 Pembatasan masalah

Penelitian dilakukan dengan batasan sebagai berikut :

1. Data-data jumlah Energi Terselamatkan akibat adanya PDKB-TM pada bulan Januari sampai dengan Juni tahun 2021 di PT. PLN (Persero) UP3 Demak.
2. Data-data Rupiah Terselamatkan akibat adanya PDKB-TM pada bulan Januari sampai dengan Juni tahun 2021 di PT. PLN (Persero) UP3 Demak.
3. Menghitung jumlah energi dan rupiah yang terselamatkan.

1.4 Tujuan

1. Untuk mengetahui berapa jumlah energi yang terselamatkan akibat adanya PDKB-TM pada Penyulang Sayung 4 semester 1 tahun 2021 PT. PLN (Persero) UP3 Demak.
2. Untuk mengetahui berapa jumlah rupiah yang terselamatkan akibat adanya PDKB-TM pada Penyulang Sayung 4 semester 1 tahun 2021 PT. PLN (Persero) UP3 Demak.
3. Mengadakan analisis perhitungan PDKB-TM UP3 Demak.

1.5 Manfaat

Adapun manfaat yang diperoleh dari penelitian ini yaitu diharapkan tugas akhir ini dapat memberikan tambahan informasi untuk PT. PLN (Persero) UP3 Demak untuk pengoptimalan pekerjaan pemeliharaan dan perluasan dengan menggunakan metode PDKB karena pekerjaan dengan metode PDKB tetap menjaga kontinuitas penyaluran energi listrik yang berdampak baik untuk citra PT. PLN (Persero).

1.6 Sistematika Penulisan

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini membahas tentang latar belakang masalah, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan, manfaat, metode penelitian, dan penulisan sistematis penelitian yang akan dilakukan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI

Bab ini menjelaskan segala sesuatu yang berhubungan secara umum terkait PDKB dan jaringan listrik yang menjadi tumpuan dalam pembuatan Tugas Akhir ini.

BAB III METODE PENELITIAN

Bab ini berisi tentang metode penelitian yaitu proses melakukan pengambilan data, cara perhitungan energi terselamatkan dan data-data penunjang pada penelitian.

BAB IV HASIL DAN ANALISA

Bab ini membahas hasil perhitungan energi yang terselamatkan oleh PDKB-TM.

BAB V PENUTUP

Bab ini berisi kesimpulan dari hasil penelitian Tugas Akhir, serta saran untuk penelitian Tugas Akhir kedepannya.



BAB II

LANDASAN TEORI DAN TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tinjauan Pustaka

Beberapa penelitian yang berkaitan dengan saving energi dengan metode PDKB adalah sebagai berikut :

- a. 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 dkk, 2018) Tolak ukur keandalan dari sistem distribusi listrik adalah seberapa sering sistem distribusi listrik tersebut mengalami pemadaman. Oleh sebab itu dibutuhkan teknik pemeliharaan atau pengoperasian tanpa adanya pemadaman listrik dengan menggunakan metode PDKB (Pekerjaan Dalam Keadaan Bertegangan). Metode analisis data yang digunakan adalah kuantitatif dengan mengumpulkan data-data seperti jumlah beban (A), jumlah pelanggan padam, jumlah pelanggan total dan sebagainya yang sesuai dengan rumus yang akan digunakan untuk menganalisis. Hasil penyelamatan kWh yang didapatkan dalam penelitian ini jika dikonversikan kedalam Rupiah nilainya menjadi Rp. 1.250.507.887. SAIDI dan SAIFI 0,34068 jam/pelanggan/tahun dan 0,137 kali/pelanggan/tahun.
- b. Analisa Kontribusi Peran Pekerjaan Dalam Keadaan Bertegangan (PDKB) Terhadap Peningkatan kWh Jual pada Penyulang Virgo (Darma, 2015) Pemadaman yang disebabkan pemeliharaan dan perbaikan dapat dilakukan dengan PDKB atau Pekerjaan Dalam Keadaan Bertegangan. PDKB merupakan sebuah Tim yang berkompetensi untuk melakukan pekerjaan tanpa memadamkan aliran listrik. Keuntungan yang diperoleh jika meminimalkan padam, menekan rasio SAIDI dan SAIFI, kWh salur tidak berkurang, rupiah jual tidak berkurang, dan yang terpenting pelayanan terhadap pelanggan akan semakin baik. Metode yang digunakan dengan cara mengumpulkan data-data

pada wilayah kerja PT.PLN WS2JB Area Lahat dengan materi untuk mengetahui jumlah pelanggan dan mengevaluasi pemeliharaan jaringan listrik dengan PDKB. Hasil penelitian yang didapatkan peningkatan penjualan kWh sebanyak 308.629 kWh dan pendapatan perusahaan Rp. 238.733.435,- pada bulan April 2015.

- c. Analisis Energi Terselamatkan pada PDKB PT.PLN (Persero) Jawa Barat Bandung (Pribaya dkk, 2021) Pekerjaan Dalam Keadaan Bertegangan (PDKB) adalah teknik pekerjaan yang meliputi perbaikan, pemeliharaan, dan perluasan jaringan, dilakukan dalam bertegangan atau tanpa memadamkan jaringan kelistrikan. Metode yang digunakan adalah metode kuantitatif pengumpulan data-data yang akan dianalisis seperti data laporan energi terselamatkan dan Rupiah yang terselamatkan. Hasil yang didapat dengan menggunakan Pengukuran menunjukkan bahwa Energi Terselamatkan yang didapat sebesar 510.260,43 kWh dan Rupiah Terselamatkan sebesar 615.578.183,42 Rupiah. Sedangkan hasil yang didapat dengan menggunakan Perhitungan menunjukkan bahwa hasil Energi Terselamatkan adalah sebesar 678.477,24 kWh Rupiah Terselamatkan sekitar 835.435.301,46 Rupiah selama 1 bulan pada Juni 2020.
- d. Analisis Perhitungan kWh Terselamatkan pada Pekerjaan Dalam Keadaan Bertegangan (PDKB) Saluran Udara Tegangan Menengah (SUTM) 20 kV Cabang Singkawang (Sugiarto, 2014) Semakin bertambahnya kebutuhan energi listrik di semua faktor kegiatan. Listrik berguna untuk mendukung aktivitas masyarakat sehari-hari. Salah satu solusi dalam melakukan perbaikan, pemeliharaan serta perluasan jaringan untuk mengurangi tingkat pemadaman yang cukup tinggi adalah dengan menggunakan teknik PDKB (Pekerjaan Dalam Keadaan Bertegangan). Metode analisis data yang digunakan adalah kuantitatif dengan mengumpulkan data-data seperti jumlah beban (A), jumlah pelanggan padam, jumlah pelanggan total dan sebagainya yang sesuai dengan rumus yang akan digunakan untuk menganalisis. Hasil penelitian saat pekerjaan perbaikan yang dilakukan pada penyulang Kota 2 dan Penyulang GM Situt 1

secara bergantian, pada penyulang kota 2 didapatkan kWh terselamatkan dari pekerjaan pada gardu 20 gardu 20 selesai perbaikan dan dilanjutkan pada gardu 15 sebesar 1.278,538 MW. Pada penyulang GM Situt 1 didapatkan kWh terselamatkan dari pekerjaan perbaikan gardu 185, 186, dan 16 12.892,239 MWh. Total daya kirim setelah perbaikan gardu 185, dan 186 dan dilanjutkan ke gardu 16 sebesar 1.597,429 MW.

Penelitian ini bertajuk Analisa Perbaikan Jaringan Tegangan Menengah Tanpa Pemadaman Pada Penyulang 04 GI Sayung 150/20 KV Demak dengan menggunakan metode pengumpulan data kuantitatif yang berisi data berupa angka-angka agar dapat dianalisa untuk menghasilkan hasil akhir yaitu jumlah kWh yang terselamatkan dan Rupiah terselamatkan. Perbedaan penelitian ini dengan penelitian-penelitian sebelumnya adalah pada rumus perhitungan kWh terselamatkan, yaitu beban yang digunakan adalah beban persection dan satandar waktu pelaksanaannya mendekati riil waktu pelaksanaan bila dikerjakan dengan PDKB.

2.2 Landasan Teori

Sistem distribusi adalah bagian dari sistem tenaga listrik yang berada paling ujung dekat dengan sisi pelanggan. Fungsi sistem distribusi adalah untuk mendistribusikan tenaga listrik dari sumber suplai yang dalam hal ini berupa Gardu Induk atau Pusat Pembangkit ke pusat-pusat atau kelompok beban (Gardu Trafo Distribusi) dan konsumen melalui Jaringan Primer (Tegangan Menengah) dan Jaringan Sekunder (Tegangan rendah) dengan mutu yang memadai. Bagian dari sistem tenaga listrik yaitu sebagai berikut :

1. Pembangkit Tenaga Listrik

Yaitu bagian dari alat industri yang dipakai untuk memproduksi dan membangkitkan tenaga listrik dari berbagai sumber tenaga. Contohnya PLTU, PLTA, PLTP, PLTGU, PLTG, PLTD dapat dilihat pada Gambar 2.1.



Gambar 2. 1 Pembangkit Listrik Tenaga Uap (Foto : PLTU Jepra)

2. Transformator Daya

Yaitu alat yang digunakan untuk menaikkan tegangan (*step up*) yang semula 6 kV–24 kV menjadi 30 kV-500 kV. Yang mana tujuannya adalah untuk memperkecil rugi daya dan jatuh tegangan pada saluran.

3. Saluran Transmisi

Saluran transmisi berfungsi untuk menyalurkan energi listrik yang dihasilkan dari pembangkit ke gardu induk ataupun gardu induk satu ke gardu induk saluran transmisi terdiri dari 2 jenis yaitu yang pertama saluran udara yaitu dengan mentransmisikan pada konduktor tanpa isolasi dan di topang oleh tower, berdasarkan rated tegangan saluran udara di bagi menjadi 2 yaitu SUTET 275Kv-500kV, dan SUTT dengan tegangan 70Kv-150kV dan juga saluran kabel yaitu media transmisi dengan kabel yaitu konduktor yang berisolasi saluran ini biasa di gunakan di area perkotaan yang banyak gedung tinggi yang tidak memungkinkan untuk didirikan tower. Saluran transmisi dapat dilihat pada Gambar 2.2.



Gambar 2. 2 Saluran Transmisi

4. Gardu Induk

Gardu induk digunakan menurunkan tegangan ekstra tinggi 500 kV menjadi tegangan tinggi 150 kV. Proses transformasi ini menggunakan transformasi penurunan tegangan (*step down*). Proses penyaluran sistem tenaga listrik dapat dilihat pada Gambar 2.3.

1. Jaringan Distribusi Primer

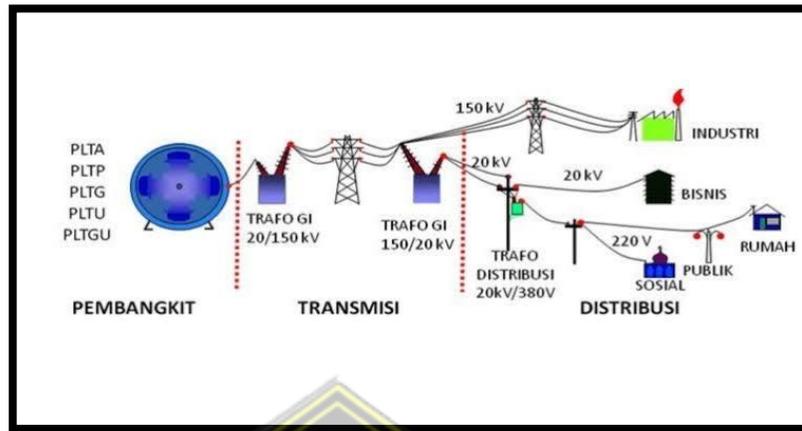
Berfungsi untuk menyalurkan tenaga listrik dengan tegangan menengah 20 kV.

2. Transformator Distribusi

Transformator distribusi ini berfungsi untuk menurunkan tegangan dari 20 kV menjadi 220 / 380 V terpasang sepanjang jaringan distribusi primer.

3. Jaringan Distribusi Sekunder

Berfungsi untuk menyalurkan tenaga listrik keluaran dari transformator daya dengan tegangan rendah 220 / 380 V untuk dipergunakan oleh konsumen.



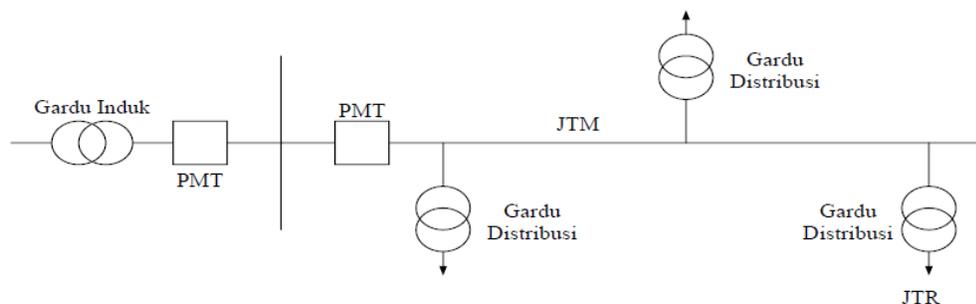
Gambar 2. 3 Sistem Tenaga Listrik

2.2.1 Sistem Jaringan Distribusi

Sistem jaringan distribusi primer mempunyai beberapa variasi bentuk, bentuk jaringan memiliki kelebihan dan kekurangannya. Pada dasarnya ada empat bentuk dasar dari sistem jaringan distribusi primer yaitu sebagai berikut :

1. Sistem jaringan radial

Sistem jaringan radial paling umum diaplikasikan pada daerah yang memiliki 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 2.4.

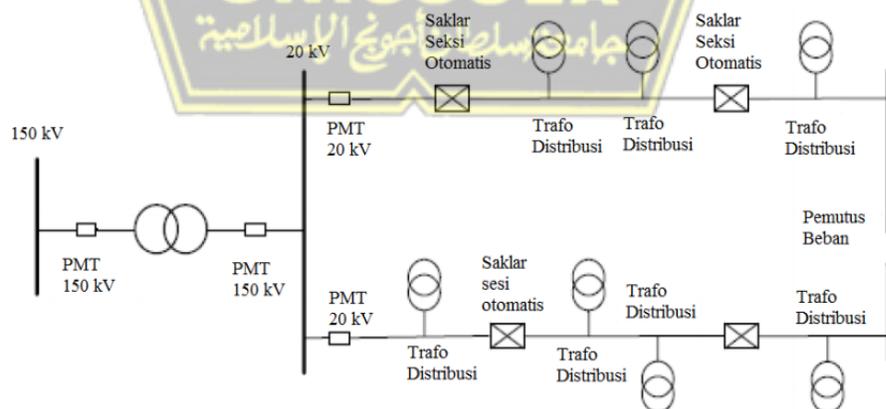


Gambar 2. 4 Sistem Jaringan Radial

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.

2. Sistem jaringan lingkaran (*Loop Network*)

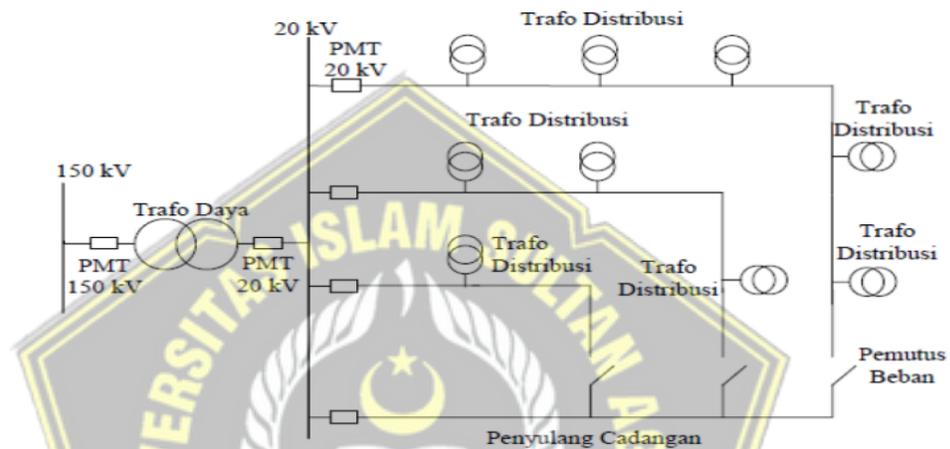
Sistem jaringan lingkaran pada umumnya direalisasikan di daerah yang rapat beban tinggi seperti wilayah industri maupun perkantoran. Sistem ini mempunyai beberapa sumber pengisian (*substation*) untuk menyalurkan beberapa daerah pengguna dan membentuk rangkaian tertutup. Jika jaringan ini terjadi suatu gangguan pada bagian penyalur, maka tiap daerah masih mendapat *back up* 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. Sistem jaringan lingkaran dapat dilihat pada Gambar 2.5.



Gambar 2. 5 Sistem Jaringan *Loop*

3. Sistem *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 2.6.



Gambar 2. 6 Sistem Jaringan *Cluster*

4. Sistem *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 *back-up supply* jika terjadi gangguan pada penyulang operasi, sehingga sistem ini tergolong sistem yang handal. 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 2.7.



Gambar 2. 7 Sistem Jaringan *Spindel*

2.2.2 Saluran Udara Tegangan Menengah

Saluran Udara Tegangan menengah (SUTM) konstruksi ini merupakan konstruksi yang banyak dipakai pada pelanggan jaringan Tegangan Menengah yang digunakan di Indonesia. Ciri hal utama adalah menggunakan konduktor-konduktor yang ditopang dengan isolator pada tiang besi atau beton. Penggunaan konduktor telanjang harus lebih memperhatikan faktor keselamatan tenaga listrikan, meliputi jarak minimum aman jaringan yang harus dipenuhi konduktor bertegangan 20kV dengan lingkungan sekitar seperti antar fasa, pohon, bangunan, dan jangkauan manusia (Pratama, 2017). Gambar saluran udara tegangan menengah dapat dilihat pada Gambar 2.8.



Gambar 2. 8 Saluran Udara Tegangan Menengah

2.2.3 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 aluminium, yaitu :

- AAC (*All Aluminium Conductor*)

Yaitu konduktor yang seluruhnya berbahan dasar dari aluminium.

- AAAC (*All Aluminium Alloy Conductor*)

Yaitu konduktor yang berbahan dasar dari campuran aluminium.

- ACSR (*All Conductoe Steel Reinforced*)

Yaitu konduktor berinti kawat baja.

- ACAR (*All Conductor Alloy Reinforced*)

Yaitu konduktor aluminium 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

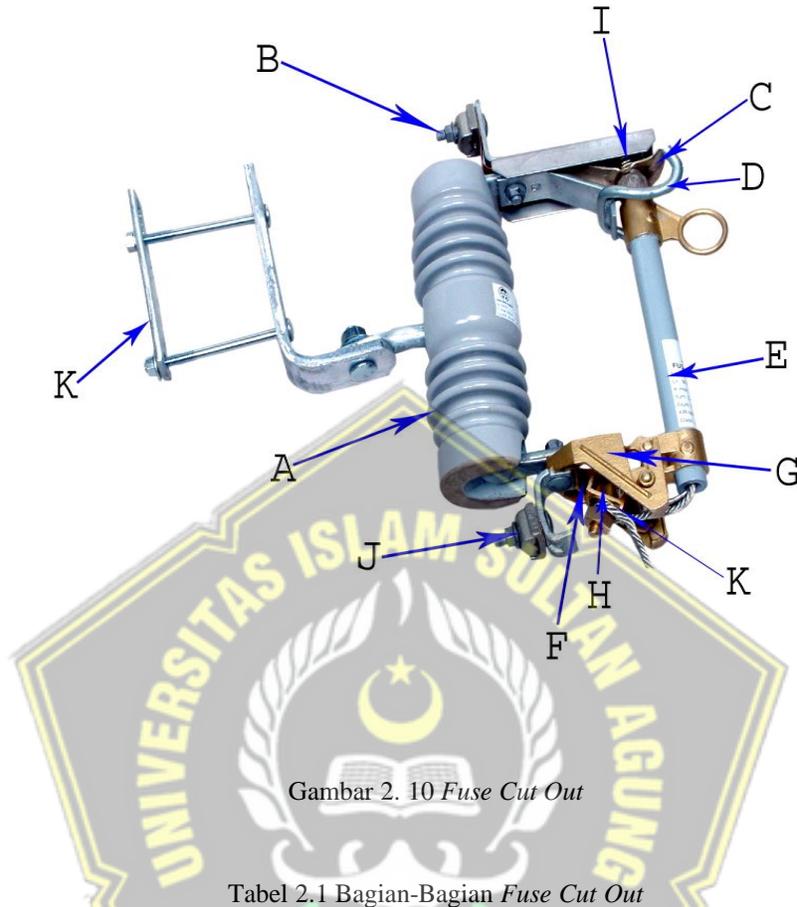
waktunya. *Recloser* ini diatur untuk dua kali bekerja, yaitu dua kali memutuskan dan dua kali menyambungkan. Jika *recloser* bekerja kedua kalinya pada keadaan masih membuka dan menutup, berarti telah terjadi gangguan tetap. *Recloser* dapat dilihat pada Gambar 2.9.



Gambar 2.9 *Recloser*

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*. *FCO* tipe *Expulsion Fiber Tube* sendiri mempunyai bagian-bagian ataupun kelengkapan sebagai berikut. Gambar *fuse cut out* dapat dilihat pada Gambar 2.10.



Gambar 2. 10 Fuse Cut Out

Tabel 2.1 Bagian-Bagian Fuse Cut Out

A.	<i>Porcelain Isolator Fuse Cut Out</i>	G.	<i>Crank Shaft support untuk tempat sisi bawah fuse holder</i>
B..	<i>Eye Bolt untuk jumper sisi atas Fuse Cut Out</i>	H.	<i>Trigger in stainless steel</i>
C.	<i>Kontak sisi atas untuk tempat Fuse Holder</i>	I.	<i>Stainless steel spring untuk pelepasan fuse cut out</i>
D.	<i>Galvanized Steel Hooks untuk peredam busur api</i>	J.	<i>Eye Bolt untuk jumper sisi bawah Fuse Cut Out</i>
E.	<i>Fuse Tube Holder</i>	K.	<i>Crank Shaft untuk meletakkan Fuse Cut Out pada tiang</i>
F.	<i>Lower Contact in ETP grade copper duly silver plated</i>	L.	<i>Bracket Fuse Cut Out</i>

Dari tabel 2.1 dapat dilihat nama bagian-bagian *Fuse Cut Out*, maka didapatkan suatu mekanisme kerja dimana *Fuse Link* putus sehingga *Fuse Holder* akan meledak disertai pembukaan *FCO*, yang dimana mekanisme kerja tersebut akan berjalan jika suatu gangguan akibat arus lebih.

Cara kerja dari *Fuse Cut Out Expulsion Fiber Tube* ialah ketika terjadi gangguan arus lebih, maka *Fuse Link* akan melebur. Saat *Fuse Link* melebur terjadilah peristiwa penguraian panas secara partial akibat busur api segera padam. Karena naiknya temperatur dan adanya pusaran gas menyebabkan tekanan gas sehingga *Fuse Holder* pada *Fuse Cut Out* terbuka.

Pengenal K menyatakan *Fuse Link* dapat bekerja memutus aliran listrik yang berbeban dengan waktu kerja lebih “cepat” dan pengenal T untuk menyatakan *Fuse Link* memutus jaringan listrik yang berbeban dengan waktu kerja lebih “lambat”. *Fuse Link* tipe T dan K ini merupakan rancangan yang universal karena *Fuse Link* ini bisa ditukar-tukar (*Interchangeability*) kemampuan elektris dan mekanisnya yang dispesifikasi dalam standar. Sehingga *Fuse Link* tipe K dan tipe T yang diproduksi suatu pabrik secara mekanis akan sama dengan *Fuse Link* tipe K dan T yang diproduksi pabrik lain.

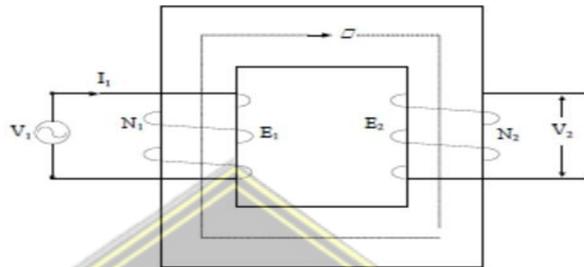
Antara *Fuse Link* tipe K dan tipe T mempunyai karakteristik yang sudah distandarisasi dan sebagai titik temu nilai arus *maksimum* dan *minimum* yang diperlukan.

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 2.11.



Gambar 2. 11 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 (Φ) 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 2.12.



Gambar 2. 12 *Arrester*

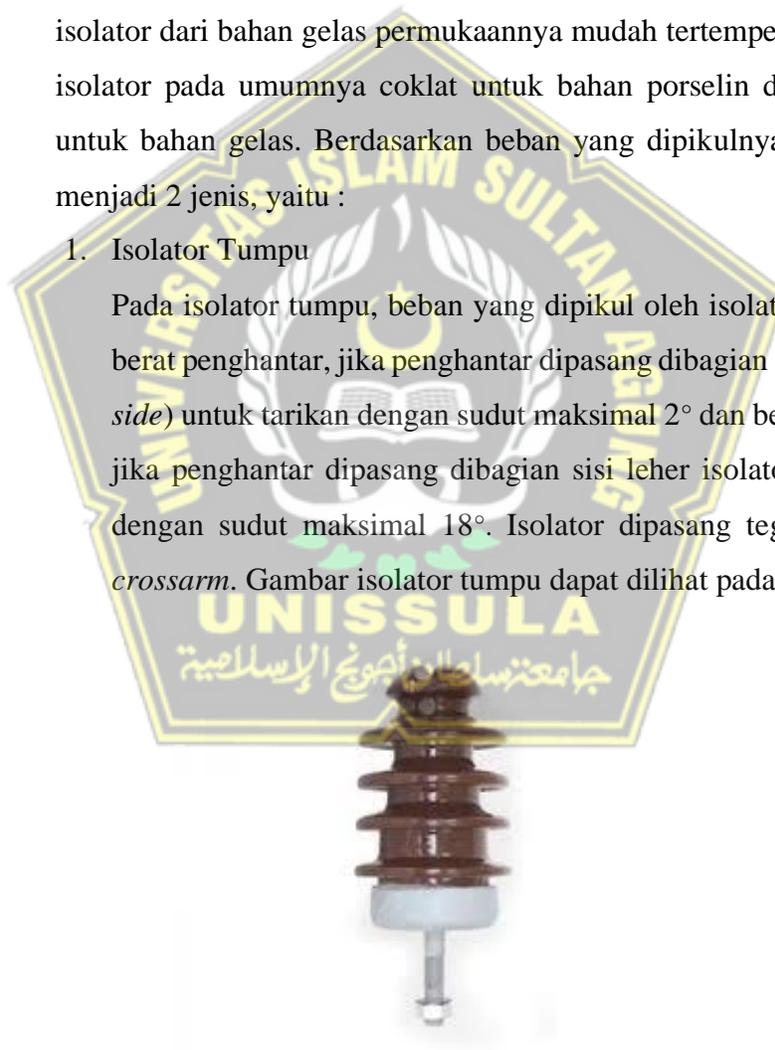
9. *Isolator*

Berfungsi untuk melindungi kebocoran arus dan sebagai penyekat dari penghantar ke tiang maupun ke penghantar lainnya. Tetapi karena

penghantar yang disekatkan tersebut mempunyai gaya mekanis berupa berat dan gaya tarik yang berasal dari berat penghantar itu sendiri, dari tarikan dan karena perubahan akibat temperatur dan angin, maka isolator harus mempunyai kemampuan untuk menahan beban mekanis yang harus dipikulnya. Bahan isolator untuk SUTM adalah porselin/keramik, tetapi yang paling banyak digunakan adalah dari bahan porselin, dikarenakan udara yang mempunyai kelembaban tinggi pada umumnya di Indonesia isolator dari bahan gelas permukaannya mudah tertempel embun. Warna isolator pada umumnya coklat untuk bahan porselin dan hijau-bening untuk bahan gelas. Berdasarkan beban yang dipikulnya isolator dibagi menjadi 2 jenis, yaitu :

1. Isolator Tumpu

Pada isolator tumpu, beban yang dipikul oleh isolator adalah beban berat penghantar, jika penghantar dipasang dibagian atas isolator (*top side*) untuk tarikan dengan sudut maksimal 2° dan beban tarik ringan jika penghantar dipasang dibagian sisi leher isolator untuk tarikan dengan sudut maksimal 18° . Isolator dipasang tegak lurus diatas *crossarm*. Gambar isolator tumpu dapat dilihat pada Gambar 2.13



Gambar 2. 13 Isolator Tumpu

2. Isolator Tarik

Pada isolator tarik, beban yang dipikul oleh isolator berupa beban berat penghantar ditambah dengan beban akibat pengencangan (tarikan) penghantar, seperti pada konstruksi tiang awal/akhir, tiang sudut, tiang percabangan dan tiang penegang. Isolator dipasang di bagian sisi *crossarm* atau searah dengan tarikan penghantar. Penghantar diikat dengan *Strain Clamp* dengan pengencangan mur-bautnya. Gambar isolator tarik dapat dilihat pada Gambar 2.14.



Gambar 2. 14 Isolator Tarik

2.2.4 Pemeliharaan Saluran Udara Tegangan Menengah (SUTM)

Pemeliharaan adalah merupakan kegiatan yang berupa perawatan, pemeriksaan, perbaikan, penggantian, dan pengujian. Tujuan dilaksanakan pemeliharaan yaitu untuk memperpanjang umur peralatan, mempertahankan kemampuan kerja peralatan, menghilangkan atau mengurangi resiko kerusakan, dan memberi keyakinan keandalan pengoperasiannya. Gambar pemeliharaan saluran udara tegangan menengah dapat dilihat pada Gambar 2.15.



Gambar 2. 15 Pemeliharaan SUTM

2.2.5 Bentuk Pemeliharaan

1. Pemeliharaan *Preventif*

Bentuk pemeliharaan yang mengurangi resiko terjadinya rusaknya peralatan yang tiba-tiba dengan mempertahankan kinerja jaringan agar dapat beroperasi secara optimal.

2. Pemeliharaan Korektif

Pemeliharaan ini dibagi menjadi 2 kegiatan yaitu terencana dan tidak terencana. Pemeliharaan terencana yaitu pekerjaan perubahan atau penyempurnaan jaringan agar memperoleh keandalan yang optimal tanpa mengubah kapasitas semula. Sedangkan pemeliharaan tidak terencana merupakan kegiatan mengatasi kerusakan atau gangguan pada jaringan.

3. Pemeliharaan Khusus

Pemeliharaan ini disebut juga pemeliharaan darurat adalah kegiatan pemeliharaan jaringan yang disebabkan oleh *force majeure* seperti bencana alam, huru-hara, kebakaran dan sebagainya.

2.2.6 Keandalan Sistem Distribusi

Kontinuitas pelayanan (yaitu salah satu faktor dari kualitas pelayanan) bergantung pada berbagai fasilitas penyaluran serta perlengkapan

pengamanan. Fasilitas penyalur (jaringan distribusi) memiliki tingkatan pada lapisan saluran serta metode pengaturan operasinya, yang pada hakekatnya direncanakan serta dipilih untuk memenuhi kebutuhan serta watak beban. Kualitas dari pelayanan antara lain bergantung dari lamanya pemadaman serta frekuensi pemadaman yang terjalin. (Setiawan et al., 2018)

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 pengamanan 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 diudara (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 pengamanan, peralatan atau saluran yang terganggu tersebut bisa

dioperasikan kembali.(Saputro, 2019).

2.2.8 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 resiko 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 dimana manusia masih bisa melepaskan konduktor yang terdapat arusnya adalah 9 mA untuk laki-laki dan 6 mA untuk perempuan. (Lamma, 2012). Tabel pengaruh arus listrik terhadap tubuh manusia disajikan pada tabel 2.2.

Tabel 2.2 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 didalam 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

2.2.9 Metode PDKB

PDKB memiliki 3 metode dalam melaksanakan pekerjaan yaitu :

1. Metode Potensial

Pada metode kerja potensial pekerja meniadakan daerah terlarang dalam hubungan penghantar dimana ia bekerja dengan menempatkan dirinya dengan potensial yang sama dengan potensial penghantar. Gambar PDKB metode potensial dapat dilihat pada Gambar 2.16.



Gambar 2. 16 PDKB Metode Potensial

2. Metode Sentuh Langsung

Pada metode kerja ini pekerja memasuki daerah terlarang dalam hubungan dengan penghantar atau struktur bertegangan yang sedang dengan sarana perlindungan sarung tangan isolasi dan jaket isolasi. Metode ini menggunakan peralatan khusus yaitu truk sentuh langsung yang memiliki tahanan isolasi 100 kV pada *boom* dan *bucket*, truk ini dapat beroperasi memanjangkan dan memendekkan *boom* isolasi. Gambar PDKB metode sentuh langsung dapat dilihat pada Gambar 2.17.



Gambar 2. 17 PDKB Metode Sentuh Langsung

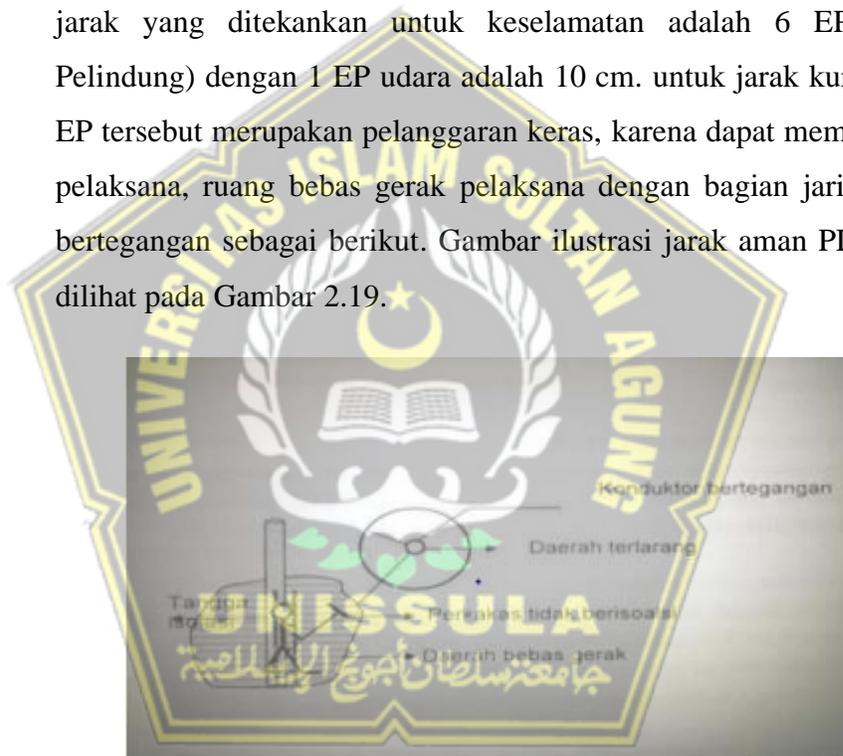
3. Metode Berjarak

Pada metode kerja ini pekerja berada diluar daerah terlarang dalam hubungan dengan penghantar atau struktur bertegangan ditempat kerja. Gambar PDKB metode berjarak dapat dilihat pada Gambar 2.18.



Gambar 2. 18 PDKB Metode Berjarak

Jarak aman minimum PDKB hanya untuk 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 2.19.



Gambar 2. 19 Ilustrasi Jarak Aman

2.2.10 Tugas Pokok Personil PDKB TM

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.

2.2.11 KWH Jual

KWH jual adalah energi listrik yang terjual atau yang didistribusikan oleh PLN kepada konsumen. Dalam tugas akhir ini yang dimaksud dengan kWh jual adalah *saving kWh* atau kWh terselamatkan oleh tim PDKB. Artinya apabila pekerjaan tidak dilaksanakan oleh PDKB atau melakukan pemadaman maka PLN tidak dapat menjual energi listrik sebesar *saving kWh* PDKB tersebut kepada konsumen.

Setiap pekerjaan PDKB selesai, maka secara tidak langsung perusahaan akan mendapatkan *saving kWh*. Secara umum *saving kWh* PDKB merupakan keuntungan finansial yang didapatkan dari aktifitas PDKB. Keuntungan tersebut berupa :

1. Meningkatkan kWh jual.
2. Peningkatan Pendapatan Rupiah.
3. Menghemat anggaran operasi (Rp).
4. Kontinuitas Pelayanan kepada Pelanggan tetap terjaga.
5. Meningkatkan Citra Pelayanan kepada pelanggan.

2.2.12 Perhitungan SAIDI PDKB

System Average Interruption Duration Index (SAIDI) merupakan indeks durasi gangguan sistem rata-rata pertahun per pelanggan. Ini adalah rasio durasi. Rumus *SAIDI* PDKB dapat dilihat pada persamaan (2.1). (PT. PLN, 2020).

$$SAIDI = \frac{\text{waktu standar pekerjaan PDKB} \times \text{jumlah pelanggan padam}}{\text{jumlah pelanggan total}} \quad (2.1)$$

2.2.13 Perhitungan SAIFI PDKB

System Average Frequency Duration Index (SAIFI) merupakan indeks frekuensi gangguan rata-rata pertahun per pelanggan. Ini adalah rasio jumlah interupsi atau gangguan tahunan terhadap jumlah konsumen. Rumus *SAIFI* PDKB dapat dilihat pada persamaan (2.2). (PT. PLN, 2020).

$$SAIFI = \frac{\text{jumlah pemadaman} \times \text{jumlah pelanggan padam}}{\text{jumlah pelanggan total}} \quad (2.2)$$

2.2.14 Perhitungan KWh Terselamatkan

Saving energi adalah energi yang terjual atau tersalurkan oleh PLN kepada pelanggan. Mengenai hal ini yang dimaksud *saving* energi adalah saving kWh yang terselamatkan dengan menggunakan metode PDKB. Berikut adalah rumus *saving* energi (kWh) yang diselamatkan. Rumus kWh terselamatkan dapat dilihat dari persamaan (2.3). (PT. PLN, 2020).

$$\text{Saving kWh} = I \times \sqrt{3} \times 20 \text{ kV} \times \cos \theta \times t \quad (2.3)$$

Keterangan :

I = Beban Section

20kV = Tegangan Penyulang

cos θ = 0.85

t = Standar waktu pekerjaan secara PDKB

2.2.15 Perhitungan Rupiah Terselamatkan

Besarnya Rupiah yang diselamatkan dengan metode PDKB dapat dihitung dengan rumus. Rumus Rupiah Terselamatkan dapat dilihat pada persamaan (2.4). (PT. PLN, 2020).

$$\text{Rupiah Terselamatkan} = \text{kWh Terselamatkan} \times (\text{Rp/kWh}) \quad (2.4)$$



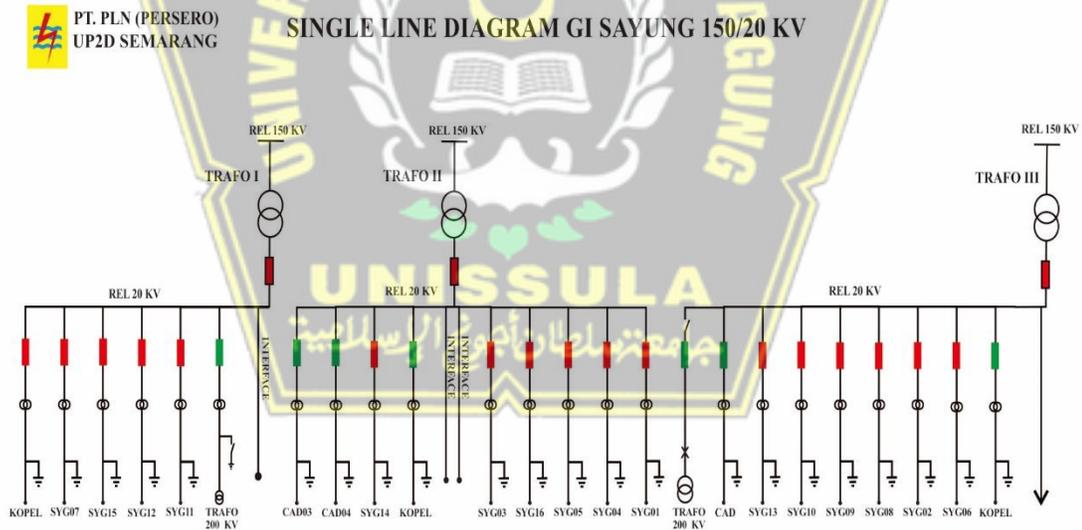
BAB III

METODE PENELITIAN

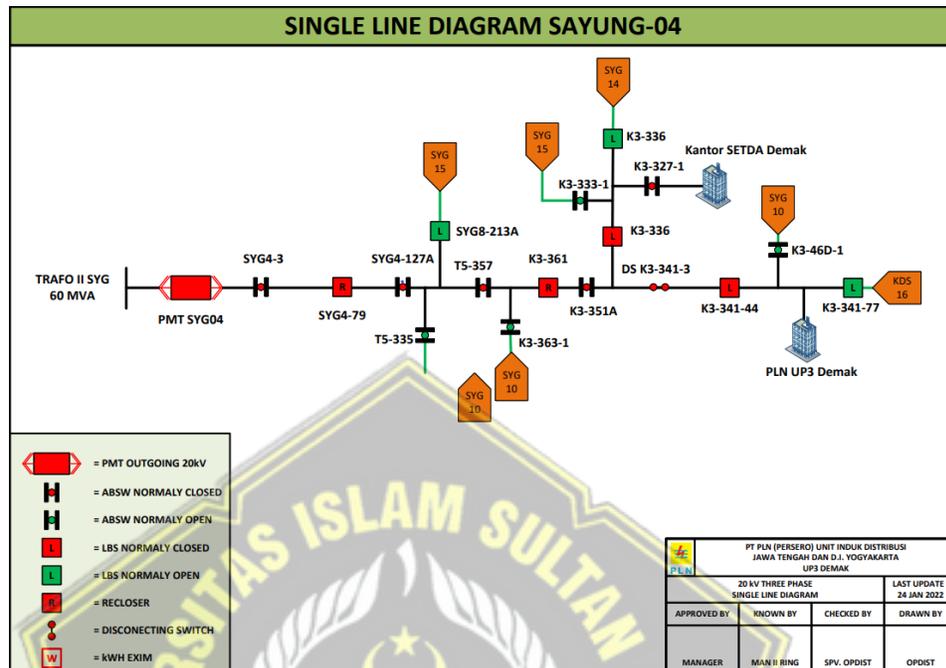
Pada bab ini berisi langkah-langkah atau metode dari penelitian yang dilakukan, yaitu sebagai berikut :

3.1 Model Penelitian

Gardu Induk Sayung berada di Jl. PLN No.41, Jogo, Loireng, Kec. Sayung, Kabupaten Demak, Jawa Tengah 59563. Terdapat 3 transformator masing-masing memiliki daya 60 MVA, 16 penyulang dan 278,863 kms panjang jaringan untuk pendistribusiannya. Penyulang sayung 4 merupakan penyulang keluaran dari trafo 2 GI Sayung 150/20 kV yang memiliki 68,13 kms panjang jaringan. SLD GI sayung dapat dilihat pada Gambar 3.1 dan SLD penyulang sayung 4 dapat dilihat pada Gambar 3.2.



Gambar 3. 1 *Single Line Diagram* GI Sayung 150/20 kV



Gambar 3. 2 *Single Line Diagram* Penyulang Sayung 04

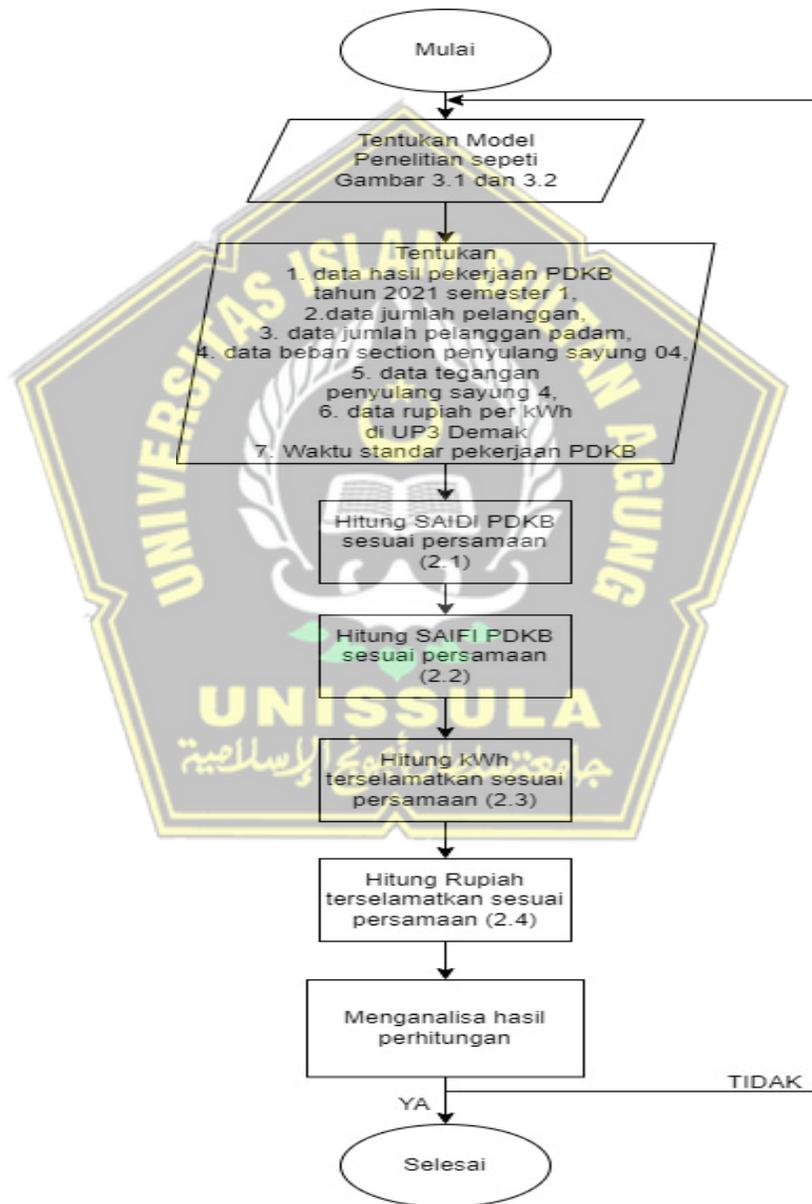
3.2 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian dilakukan di PT PLN (Persero) Distribusi Jawa Tengah dan D.I.Yogyakarta UP3 Demak yang beralamat Rw. 3, Botorejo, Kec. Wonosalam, Kabupaten Demak, Jawa Tengah (59571) Telp. (0291) 6910334. Penelitian berlangsung dalam waktu pengambilan program Tugas Akhir.

3.3 Tahapan Penelitian

Langkah pertama dalam melakukan penelitian yaitu Pengambilan data di PDKB dilakukan dengan wawancara dan observasi dalam mengamati objek yang diteliti sehingga didapatkan data informasi yang dibutuhkan, adapun diantaranya : data pekerjaan PDKB semester 1 tahun 2021, data jumlah pelanggan, data jumlah pelanggan padam, data beban *section* penyulang sayung 4, data tegangan penyulang sayung 4, data Rupiah per kWh UP3

Demak dan data waktu standar pekerjaan PDKB. Setelah data lengkap sesuai dengan persamaan (2.1), (2.2), (2.3), dan (2.4) maka selanjutnya mengolah data agar menghasilkan SAIDI PDKB, SAIFI PDKB, kWh terselamatkan dan Rupiah terselamatkan untuk dianalisa. Berikut *flowchart* dari penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 3.3.



Gambar 3. 3 *Flowchart*

3.4 Metode Pengumpulan Data

- Sumber Data

Sumber data yang digunakan pada penyulang Sayung 4 yang diperoleh dari PT. PLN (Persero) UP3 Demak.

- Teknik Pengambilan Data

1. Teknik Wawancara

Teknik ini dilaksanakan dengan cara tanya-jawab langsung pada *supervisor*, dan *staff* PDKB, *staff* bagian jaringan, dan bagian lain yang berhubungan dengan data yang dibutuhkan.

2. Teknik Observasi

Teknik pengambilan data ini dilakukan dengan ikut kelapangan dengan meninjau situasi sebetulnya dilapangan.

3.5 Metode Analisis Data

Penelitian ini menggunakan metode kuantitatif yang merupakan prosedur penelitian yang menghasilkan jumlah SAIDI PDKB, SAIFI PDKB, kWh terselamatkan, dan Rupiah terselamatkan yang dapat dianalisa. Data yang diperlukan seperti data pekerjaan PDKB semester 1 tahun 2021, data jumlah pelanggan, data jumlah pelanggan padam, data beban *section* penyulang sayung 4, data tegangan penyulang sayung 4, data Rupiah per kWh UP3 Demak dan data waktu standar pekerjaan PDKB. Tabel data hasil pekerjaan PDKB dapat dilihat pada Tabel 3.1

Tabel 3. 1 Data Hasil Pekerjaan PDKB Semester 1 Tahun 2021

NO	Jenis Pekerjaan	Beban (Section)	Jumlah Pelanggan Padam	Jumlah Pelanggan Total	Standar Waktu PDKB (Jam)	Rupiah per kWh	Tegangan kV
Bulan Januari							
1	PELUMASAN LOAD BREAK SWITCH	49	4,366	726,908	2	805	20
2	PELUMASAN LOAD BREAK SWITCH	48	3,975	726,908	2	805	20

Bulan Februari							
1	PENGGANTIAN ISOLATOR TUMPU METODE COULISE FASE R ATAU T	30	4,366	726,908	1,5	805	20
2	PENGGANTIAN ISOLATOR TUMPU METODE GENOUILLERE FASE R ATAU T	30	4,366	726,908	1,5	805	20
3	PENGGANTIAN ISOLATOR TUMPU METODE MAST PHASA TENGAH	30	4,366	726,908	1,5	805	20
4	PENGGANTIAN ISOLATOR TUMPU METODE COULISE FASE R ATAU T	30	4,366	726,908	1,5	805	20
5	PELUMASAN LOAD BREAK SWITCH	74	416	726,908	2	805	20
6	PEMELIHARAAN JAMPER TRANSFORMATOR 3 PHASA KONSTRUKSI DOUBLE TIANG PDKB-TM METODE SENTUH LANGSUNG	74	2,809	726,908	1,5	805	20
7	PEMELIHARAAN JUMPER TRANSFORMATOR DISTRIBUSI 1 PHASA	74	2,809	726,908	1,5	805	20
8	PEMASANGAN JUMPER TRANSFORMATOR 3 PHASA PADA DUA TIANG/PORTAL METODE SENTUH LANGSUNG	74	2,809	726,908	1,5	805	20
9	PENGAMANAN ROW DENGAN PDKB-TM METODE SENTUH LANGSUNG	74	2,809	726,908	2	805	20
10	PENGGANTIAN L.A PHASA T PADA KONSTRUKSI L.A TERPISAH PDKB-TM METODE SENTUH LANGSUNG	45	992	726,908	1,5	805	20
11	PEMASANGAN JUMPER TRANSFORMATOR 1 PHASA METODE SENTUH LANGSUNG	40	4,366	726,908	1,5	805	20

Bulan Maret							
1	PEMELIHARAAN JAMPER TRANSFORMATOR 3 PHASA KONSTRUKSI DOUBLE TIANG PDKB- TM METODE SENTUH LANGSUNG	56	4,366	734,333	1,5	782	20
2	PEMELIHARAAN JUMPER TRANSFORMATOR DISTRIBUSI 1 PHASA	56	4,366	734,333	1,5	782	20
Bulan April							
1	PEMELIHARAAN ISOLATOR TUMPU FASE R PDKB-TM METODE SENTUH LANGSUNG	54	1.044	735.874	1,5	849	20
2	PEMELIHARAAN JUMPER TRANSFORMATOR DISTRIBUSI 1 PHASA	54	1.044	735.874	1,5	849	20
3	PEMELIHARAAN JUMPER TRANSFORMATOR DISTRIBUSI 1 PHASA	62	4.470	735.874	1,5	849	20
4	PEMELIHARAAN JAMPER TRANSFORMATOR 3 PHASA KONSTRUKSI DOUBLE TIANG PDKB- TM METODE SENTUH LANGSUNG	62	4.470	735.874	1,5	849	20
5	PEMELIHARAAN JAMPER L.A / FCO TRANSFORMATOR 3 PHASA KONSTRUKSI DOUBLE TIANG PDKB- TM METODE SENTUH LANGSUNG	44	4.574	735.874	1,5	849	20
6	PEMELIHARAAN ISOLATOR TUMPU FASE R PDKB-TM METODE SENTUH LANGSUNG	47	1.044	735.874	2	849	20
7	PEMELIHARAAN ISOLATOR TUMPU FASE R PDKB-TM METODE SENTUH LANGSUNG	47	1.044	735.874	2	849	20
8	PEMELIHARAAN ISOLATOR TUMPU PHASA S KONSTRUKSI CROSS ARM BALANCE PDKB-TM METODE SENTUH LANGSUNG	47	1.044	735.874	2	849	20

9	PEMELIHARAAN KONDUKTOR TERURAI PHASA S METODE WIRE PREFORMED PDKB-TM METODE SENTUH LANGSUNG	39	2.088	735.874	1,5	849	20
10	PEMELIHARAAN KONDUKTOR TERURAI PHASA R METODE WIRE PREFORMED PDKB-TM METODE SENTUH LANGSUNG	39	2.088	735.874	1,5	849	20
Bulan Mei							
1	PEMELIHARAAN ISOLATOR TUMPU FASE R PDKB-TM METODE SENTUH LANGSUNG	54	5.107	737.411	2	892	20
2	PELUMASAN LOAD BREAK SWITCH	33	992	737.411	2	892	20
3	PEMELIHARAAN JUMPER PERCABANGAN TANPA FUSE CUT OUT PDKB-TM METODE SENTUH LANGSUNG	59	5.107	737.411	2	892	20
Bulan Juni							
1	PEMELIHARAAN JUMPER TRANSFORMATOR DISTRIBUSI 1 PHASA	58	5.058	739.083	2	892	20
2	PEMELIHARAAN JUMPER TRANSFORMATOR DISTRIBUSI 1 PHASA	61	2.088	739.083	1,5	892	20
3	SAMBUNG BARU KONSTRUKSI PERCABANGAN PDKB-TM METODE SENTUH LANGSUNG	36	2.245	739.083	1,5	892	20
4	PEMASANGAN JUMPER TRANSFORMATOR 3 FASE PADA SINGLE POLE	36	2.245	739.083	1,5	892	20
5	PELUMASAN LOAD BREAK SWITCH	36	2.245	739.083	2	892	20

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Data Hasil Pekerjaan PDKB Semester 1 Tahun 2021

Dengan merujuk pada model penelitian sesuai Gambar 3.1 dan 3.2 didapatkan tabel hasil pekerjaan PDKB. Tabel berisi data antara lain :

Tabel dapat dilihat pada Lampiran 1

1. Total pekerjaan beserta jenis pekerjaan.
2. Beban *section*.
3. Jumlah pelanggan total.
4. Jumlah pelanggan padam.
5. Standar waktu pekerjaan PDKB.
6. Rupiah per kWh.
7. Tegangan penyulang sayung 4.

Penjelasan jenis pekerjaan PDKB pada bulan Januari hingga Juni 2021

a. Pelumasan *Load Break Switch*

Pekerjaan ini berisi kegiatan melumasi *Load Break Switch* agar pada saat pengoperasiannya tidak macet

b. Penggantian Isolator Tumpu

Pekerjaan ini berisi kegiatan mengganti isolator tumpu yang terindikasi sudah rusak, secara visual isolator tumpu yang rusak biasanya terdapat bekas *flash over* atau gumpil (pecah).

c. Pemeliharaan *Jumper* Transformator 3 Fasa

Pekerjaan ini berisi kegiatan melakukan penggantian *jumper* lama yang sudah rusak atau ukuran kabel *jumper* yang belum memenuhi standar PLN.

d. Pemeliharaan *Jumper* Transformator 1 Fasa

Pekerjaan ini berisi kegiatan melakukan penggantian *jumper* lama yang sudah rusak atau ukuran kabel *jumper* yang belum memenuhi

standar PLN.

e. Pemasangan *Jumper* Transformator 3 Fasa

Pekerjaan ini berisi kegiatan melakukan penyambungan dari jaringan ke transformator 3 fasa, kegiatan ini merupakan kegiatan sambung baru atau perubahan daya pelanggan.

f. Pengamanan *ROW (Right Of Way)*

Pekerjaan ini berisi kegiatan melakukan pemasangan *conductor cover* pada jaringan yang bertegangan, kegiatan ini salah satu upaya pengamanan untuk memotong pohon yang sudah melebihi ambang batas jarak aman antara jaringan yang bertegangan dengan lingkungan sekitar dengan jarak *minimum* 3 meter.

g. Penggantian *Lightning Arrester*

Pekerjaan ini berisi kegiatan melakukan penggantian *lightning arrester* yang rusak akibat sambaran petir atau tegangan berlebih.

h. Pemasangan *Jumper* Transformator 1 Fasa

Pekerjaan ini berisi kegiatan melakukan penyambungan dari jaringan ke transformator 1 fasa, kegiatan ini merupakan kegiatan sambung baru atau perubahan daya pelanggan.

i. Pemeliharaan Konduktor Terurai

Pekerjaan ini berisi kegiatan melakukan penggantian konduktor yang terurai dengan konduktor yang baru.

j. Pemeliharaan *Jumper* Percabangan

Pekerjaan ini berisi kegiatan melakukan pemeliharaan konduktor percabangan (*taping*).

4.1.1 Tarif Dasar Listrik

Tarif dasar listrik merupakan tarif yang dikeluarkan oleh pemerintah untuk menjadi acuan harga per kWh yang dibebankan kepada pelanggan PLN. Dapat dilihat pada Gambar 4.1 dan 4.2.

PLN

**PENETAPAN
PENYESUAIAN TARIF TENAGA LISTRIK (TARIFF ADJUSTMENT)
BULAN JANUARI - MARET 2021**

NO.	GOL. TARIF	BATAS DAYA	REGULER		PRA BAYAR (Rp/kWh)
			BIAYA BEBAN (Rp/kVA/bulan)	BIAYA PEMAKAIAN (Rp/kWh) DAN BIAYA kVA/h (Rp/kVAh)	
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-3/TR	3.500 VA	*)	1.444,70	1.444,70
5.	R-3/TR	s.d. 5.500 VA	*)	1.444,70	1.444,70
6.	B-2/TR	6.600 VA di atas s.d. 200 kVA	*)	1.444,70	1.444,70
7.	B-3/TM	di atas 200 kVA	**)	Blok WBP = K x 1.035,78 Blok LWBP = 1.035,78 kVA/h = 1.114,74 ****)	-
8.	I-3/TM	di atas 200 kVA	**)	Blok WBP = K x 1.035,78 Blok LWBP = 1.035,78 kVA/h = 1.114,74 ****)	-
9.	I-4/TT	30.000 kVA ke atas	***)	Blok WBP dan Blok LWBP = 996,74 ****)	-
10.	P-1/TR	6.600 VA s.d. 200 kVA	*)	1.444,70	1.444,70
11.	P-2/TM	di atas 200 kVA	**)	Blok WBP = K x 1.035,78 Blok LWBP = 1.035,78 kVA/h = 1.114,74 ****)	-
12.	P-3/TR		*)	1.444,70	1.444,70
13.	L/TR, TM, TT		-	1.644,82	-

Catatan :
 *) Diterapkan Rekening Minimum (RM);
 RM1 = 40 (Jam Nyala) x Daya tersambung (kVA) x Biaya Pemakaian.
 **) Diterapkan Rekening Minimum (RM);
 RM2 = 40 (Jam Nyala) x Daya tersambung (kVA) x Biaya Pemakaian LWBP.
 Jam nyala : kWh per bulan dibagi dengan kVA tersambung.
 ***) Diterapkan Rekening Minimum (RM);
 RM3 = 40 (Jam Nyala) x Daya tersambung (kVA) x Biaya Pemakaian WBP dan LWBP.
 Jam nyala : kWh per bulan dibagi dengan kVA tersambung.
 ****) Biaya kelebihan pemakaian daya reaktif (kVAh) dikenakan dalam hal faktor daya rata-rata setiap bulan kurang dari 0,85 (diatas nilai lima per seratus).
 K : Faktor perbandingan antara harga WBP dan LWBP sesuai dengan karakteristik beban sistem kelistrikan setempat (1,4 ≤ K ≤ 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 Januari hingga Maret Tahun 2021

PLN

**PENETAPAN
PENYESUAIAN TARIF TENAGA LISTRIK (TARIFF ADJUSTMENT)
BULAN APRIL - JUNI 2021**

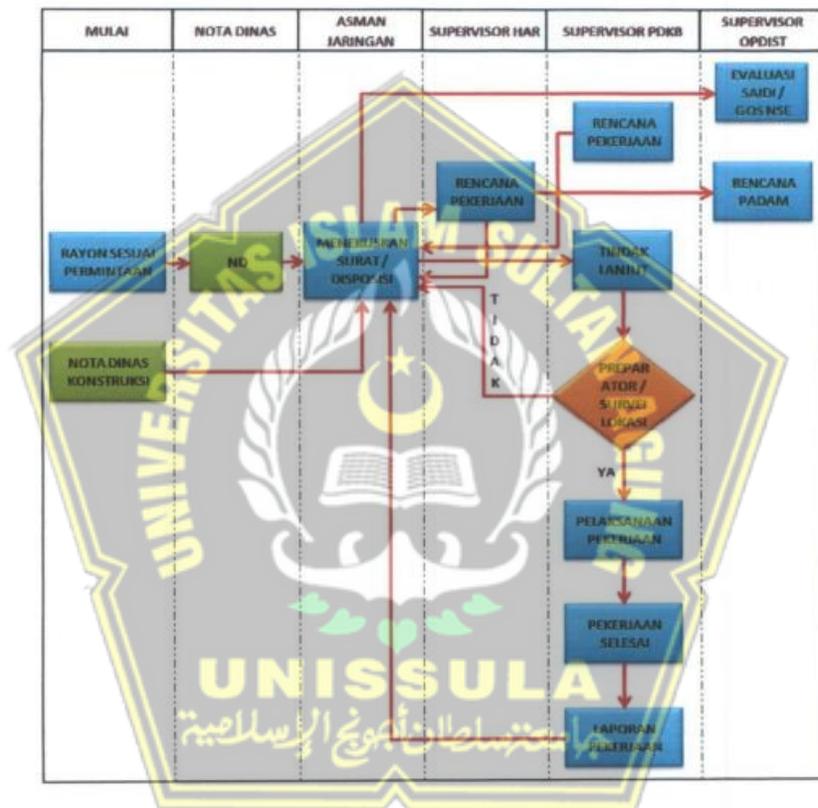
NO.	GOL. TARIF	BATAS DAYA	REGULER		PRA BAYAR (Rp/kWh)
			BIAYA BEBAN (Rp/kVA/bulan)	BIAYA PEMAKAIAN (Rp/kWh) DAN BIAYA kVA/h (Rp/kVAh)	
1.	R-1/TR	900 VA-RTM	*)	1.352,00	1.352,00
2.	R-1/TR	1.300 VA	*)	1.444,70	1.444,70
3.	R-1/TR	2.200 VA	*)	1.444,70	1.444,70
4.	R-2/TR	3.500 VA	*)	1.444,70	1.444,70
5.	R-3/TR	s.d. 5.500 VA	*)	1.444,70	1.444,70
6.	B-2/TR	6.600 VA di atas s.d. 200 kVA	*)	1.444,70	1.444,70
7.	B-3/TM	di atas 200 kVA	**)	Blok WBP = K x 1.035,78 Blok LWBP = 1.035,78 kVA/h = 1.114,74 ****)	-
8.	I-3/TM	di atas 200 kVA	**)	Blok WBP = K x 1.035,78 Blok LWBP = 1.035,78 kVA/h = 1.114,74 ****)	-
9.	I-4/TT	30.000 kVA ke atas	***)	Blok WBP dan Blok LWBP = 996,74 ****)	-
10.	P-1/TR	6.600 VA s.d. 200 kVA	*)	1.444,70	1.444,70
11.	P-2/TM	di atas 200 kVA	**)	Blok WBP = K x 1.035,78 Blok LWBP = 1.035,78 kVA/h = 1.114,74 ****)	-
12.	P-3/TR		*)	1.444,70	1.444,70
13.	L/TR, TM, TT		-	1.644,82	-

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

Gambar 4. 2 Tarif Dasar Listrik Bulan April hingga Juni Tahun 2021

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 4.3.



Semarang, Maret 2016

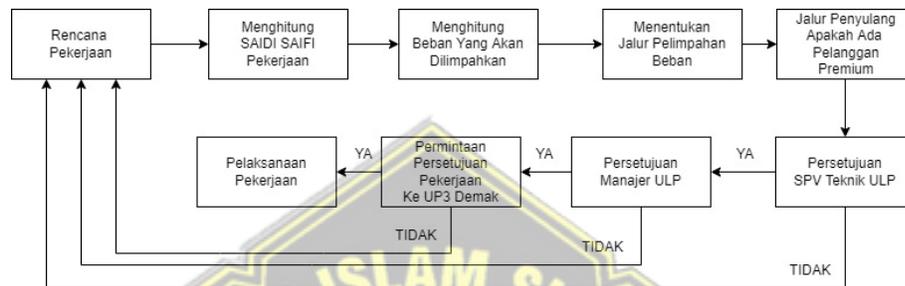
Yang Mengesahkan,

[Signature]
DWI KUSNANTO

Gambar 4. 3 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 4.4.



Gambar 4. 4 Alur Perencanaan Pekerjaan ULP

4.1.4 Target dan Realisasi SAIDI dan SAIFI UP3 Demak Semester 1 Tahun 2021

Berikut adalah tabel target dan realisasi SAIDI SAIFI UP3 Demak Semester 1 Tahun 2021. Tabel target dan realisasi SAIDI dapat dilihat pada tabel 4.1 dan Tabel target dan realisasi SAIFI dapat dilihat pada tabel 4.2

Tabel 4.1 Target dan Realisasi SAIDI UP3 Demak Semester 1 Tahun 2021

REKAP SAIDI (menit/pelanggan) Semester 1 Tahun 2021						
	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun
Target	72,12	142,56	212,48	283,44	354,47	310,54
Realisasi	54,69	93,93	132,27	170,24	193,68	232,26

Tabel 4.2 Target dan Realisasi SAIFI UP3 Demak Semester 1 Tahun 2021

REKAP SAIFI (kali/pelanggan) Semester 1 Tahun 2021						
	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun
Target	0,78	1,55	2,31	3,08	3,86	4,43
Realisasi	0,64	1,05	1,53	2,00	2,32	2,77

4.2 Pembahasan

4.2.1 Pelaksanaan Pekerjaan Perluasan Jaring Dan Pemeliharaan Pada Jalur Penyulang Pelanggan Premium

Dapat dilihat pada gambar 4.4 Alur Perencanaan Pekerjaan pada ULP, terdapat langkah-langkah dalam pembuatan perencanaan pekerjaan yang membutuhkan yaitu :

1. Menghitung *SAIDI SAIFI* pekerjaan.
2. Menghitung jumlah beban yang akan dilimpahkan.
3. Menentukan jalur pelimpahan beban.
4. Melihat apakah jalur tersebut terdapat pelanggan premium.
5. Persetujuan Supervisor teknik ULP.
6. Persetujuan Manager ULP.
7. Permintaan persetujuan pekerjaan ke UP3 Demak (diagram blok dapat dilihat pada Gambar 4.3 Proses Bisnis PDKB).
8. Pelaksanaan pekerjaan.

Pada proses tersebut membutuhkan waktu kurang lebih satu minggu (lima hari kerja), jika pekerjaan telah mendapat persetujuan dari UP3 maka ULP akan mengirimkan surat pemberitahuan kepada pelanggan yang berada pada jalur pemadaman tersebut. Pada penyulang sayung 04 terdapat dua pelanggan premium yang tidak boleh padam yaitu PT. Lucky Textile dan Kantor Kabupaten Demak hal tersebut menjadi perhatian lebih untuk pemilihan jalur pemadaman.

Maka dari itu pelaksanaan pekerjaan dengan metode PDKB merupakan solusi paling efektif untuk mempercepat pelaksanaan pekerjaan perluasan jaring dan pemeliharaan, karena tidak perlu memadamkan jaringan.

4.2.2 Perhitungan SAIDI PDKB

Pada tabel hasil pekerjaan PDKB semester 1 tahun 2021 terdapat data yang dibutuhkan untuk menghitung SAIDI dan SAIFI terselamatkan yaitu :

- Standar waktu pekerjaan PDKB.
- Jumlah pemadaman
- Jumlah pelanggan padam.
- Jumlah total pelanggan.

Rumus perhitungan SAIDI dapat dilihat pada persamaan (2.1).

- Perhitungan SAIDI terselamatkan bulan Januari, diketahui terdapat 4 jam waktu standar pekerjaan PDKB, kumulatif pelanggan padam 8341, jumlah total pelanggan UP3 Demak 726.908 dan kumulatif pelanggan total 1.453.816

$$SAIDI = \frac{\text{waktu standar pekerjaan PDKB} \times \text{jumlah pelanggan padam}}{\text{jumlah pelanggan total}}$$

$$SAIDI = \frac{4 \times 8.341}{1.453.816}$$

$$= \frac{33.364}{1.453.816}$$

$$= 0,022 \text{ Menit/Pelanggan}$$

Tabel 4. 3 SAIDI PDKB Semester 1 Tahun 2021

No	Bulan	Kumulaif Total Pelanggan	Kumulatif Pelanggan Padam	Waktu Pekerjaan PDKB (Jam)	SAIDI PDKB Menit/Pelanggan
1	Januari	1.453.816	8341	4	0,022
2	Februari	7.995.988	1.441.066	17.5	3,153
3	Maret	1.468.666	8.732	3	0,017
4	April	7.358.740	22.910	16.5	0,051
5	Mei	2.212.233	11.206	6	0,03
6	Juni	3.695.415	13.881	8.5	0,031
Total					3,304

Pada Tabel 4.3 dapat dilihat *SAIDI* PDKB selama bulan Januari sampai Juni tahun 2021 pada penyulang sayung 04, pelaksanaan pekerjaan dengan metode PDKB dapat menekan angka durasi pemadaman sebanyak 3,304 Menit/Pelanggan.

4.2.3 Perhitungan *SAIFI* PDKB

Rumus perhitungan *SAIFI* dapat dilihat pada persamaan (2.2).

- a. Perhitungan *SAIFI* terselamatkan bulan Januari, diketahui terdapat 2 pekerjaan PDKB, kumulatif pelanggan padam 8.341, jumlah total pelanggan UP3 Demak 726.908 dan kumulatif pelanggan total 1.453.816

$$SAIFI = \frac{\text{jumlah pemadaman} \times \text{jumlah pelanggan padam}}{\text{jumlah pelanggan total}}$$

$$SAIFI = \frac{2 \times 8.341}{1.453.816}$$

$$= \frac{16.682}{1.453.816}$$

$$= 0,011 \text{ Kali/Pelanggan}$$

Tabel 4. 4 *SAIFI* PDKB Semester 1 Tahun 2021

No	Bulan	Kumulaif Total Pelanggan	Kumulatif Pelanggan Padam	Jumlah Pemadaman	<i>SAIFI</i> PDKB Kali/Pelanggan
1	Januari	1.453.816	8341	2	0,011
2	Februari	7.995.988	1.441.066	11	1,982
3	Maret	1.468.666	8.732	2	0,011
4	April	7.358.740	22.910	10	0,031
5	Mei	2.212.233	11.206	3	0,014
6	Juni	3.695.415	13.881	5	0,018
Total					2,067

Pada Tabel 4.4 dapat dilihat *SAIFI* PDKB selama bulan Januari sampai Juni tahun 2021 pada penyulang sayung 04, pelaksanaan pekerjaan dengan metode PDKB dapat menekan angka frekuensi pemadaman sebanyak 2,067 Kali/Pelanggan.

4.2.4 Perhitungan KWH Terselamatkan

Rumus perhitungan kWh terselamatkan dapat dilihat pada persamaan (2.3).

1. KWH terselamatkan bulan Januari

a. Pelumasan *Load Break Switch*

$$- \text{kWh} = I \times \sqrt{3} \times 20 \text{ kV} \times \cos \theta \times t$$

$$= 49 \text{ A} \times 1.732 \times 20 \text{ kV} \times 0.85 \times 2$$

$$= 2.885,512 \text{ kWh}$$

$$- \text{kWh} = I \times \sqrt{3} \times 20 \text{ kV} \times \cos \theta \times t$$

$$= 48 \text{ A} \times 1.732 \times 20 \text{ kV} \times 0.85 \times 2$$

$$= 2.826,624 \text{ kWh}$$

kWh terselamatkan bulan Januari adalah 5.712,136 kWh.

Tabel 4. 5 KWH Terselamatkan

No	Bulan	kWh Terselamatkan
1	Januari	5.712,14
2	Februari	27.574,31
3	Maret	4.946,59
4	April	21.862,17
5	Mei	8.597,65
6	Juni	11.409,55
Total		80.102,40

Pada Tabel 4.5 dapat dilihat kWh terselamatkan bulan Januari sampai Juni tahun 2021 pada penyulang sayung 04, dengan tetap melakukan pekerjaan tanpa memadamkan aliran listrik maka energi listrik tetap bisa tersalurkan ke pelanggan dengan total 80.102,40 kWh tetap tersalurkan.

4.2.5 Perhitungan Rupiah Terselamatkan

Rumus perhitungan Rupiah terselamatkan dapat dilihat pada persamaan (2.4). Rata-rata Rupiah per kWh tidak sama setiap bulannya, dikarenakan faktor besar kecilnya konsumsi energi listrik oleh pelanggan.

Tabel 4. 6 Rp/kWh Semester 1 Tahun 2021 UP3 Demak

No	Bulan	Rp/kWh
1	Januari	805
2	Februari	805
3	Maret	782
4	April	849
5	Mei	892
6	Juni	892

1. Rupiah terselamatkan bulan Januari

$$\text{Rupiah} = \text{kWh Terselamatkan} \times (\text{Rp/kWh})$$

$$\begin{aligned} \text{Rupiah} &= 5.712,136 \times 805 \\ &= \text{Rp. } 4.598.269 \end{aligned}$$

Tabel 4. 7 Rupiah Terselamatkan

No	Bulan	Rupiah Terselamatkan
1	Januari	Rp. 4.598.269
2	Februari	Rp. 22.197.316
3	Maret	Rp. 3.868.234
4	April	Rp. 18.560.982
5	Mei	Rp. 7.669.102
6	Juni	Rp. 10.177.318
Total		Rp. 67.071.221

Pada Tabel 4.6 dapat dilihat Rupiah terselamatkan bulan Januari sampai Juni tahun 2021, hasil dari pelaksanaan pekerjaan dengan metode PDKB tidak hanya kWh tetap tersalurkan saja tetapi juga ada Rupiah yang didapatkan akibat

dari kWh yang terjual jumlah total Rupiah terselamatkan dari bulan Januari hingga Juni 2021 pada penyulang sayung 04 didapatkan hasil 67.071.221 Rupiah.

Hasil pekerjaan PDKB dari bulan Januari hingga Juni tahun 2021 di penyulang sayung 04 dengan jumlah 33 pekerjaan, PDKB membantu kehandalan sistem kelistrikan SAIDI sebanyak 3,304 Menit/Pelanggan SAIFI sebanyak 2,067 Kali/Pelanggan, dan menyelamatkan kWh sebanyak 80.102,40 ke pelanggan jika dirupiahkan 67.071.221 Rupiah yang diselamatkan.

Jika pekerjaan tersebut dilaksanakan dengan pemadaman, maka PT. PLN (Persero) UP3 Demak akan menambah realisasi target SAIDI 3,304 Menit/Pelanggan SAIFI 2,067 Kali/Pelanggan. Dan mendapatkan rugi 80.102,40 kWh dengan nominal sebesar 67.071.221 Rupiah, jumlah penyelamatan PDKB pada penyulang sayung 04 semester 1 dapat dilihat pada tabel 4.7.

Tabel 4. 8 Jumlah Penyelamatan PDKB Pada Penyulang Sayung 04

NO	Bulan	SAIDI PDKB Menit/Pelanggan	SAIFI PDKB Kali/Pelanggan	kWh Terselamatkan	Rupiah Terselamatkan
1	Januari	0,022	0,011	5.712,14	Rp. 4.598.269
2	Februari	3,153	1,982	27.574,31	Rp. 22.197.316
3	Maret	0,017	0,011	4.946,59	Rp. 3.868.234
4	April	0,051	0,031	21.862,17	Rp. 18.560.982
5	Mei	0,03	0,014	8.597,65	Rp. 7.669.102
6	Juni	0,031	0,018	11.409,55	Rp. 10.177.318
Total		3,304	2,067	80.102,40	Rp. 67.071.221

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan teori, perhitungan dan Analisa data, maka menghasilkan kesimpulan sebagai berikut :

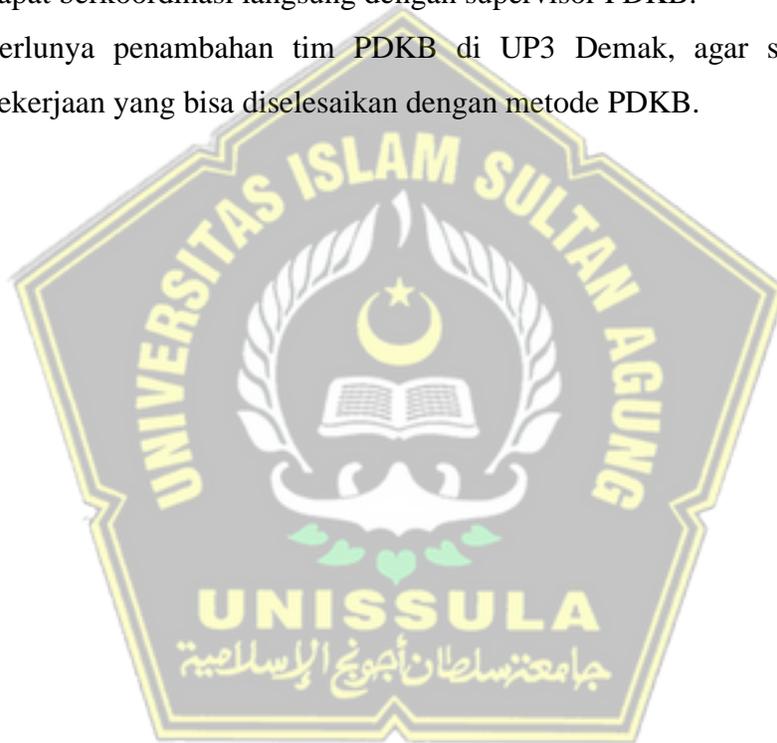
1. Kendala pekerjaan perluasan jaring dan pemeliharaan SUTM pada penyulang yang terdapat daya besar adalah tidak diperbolehkan melakukan pekerjaan dengan metode pemadaman karena dalam pengoperasiannya pelanggan premium tidak boleh padam. Permasalahan lainnya jika pekerjaan dikerjakan dengan metode pemadaman yaitu mengatur jadwal pemadaman yang membutuhkan waktu lama oleh sebab itu solusi yang paling efektif adalah melakukan pekerjaan dengan menggunakan cara PDKB (Pekerjaan Dengan Keadaan Bertegangan).
2. Dari hasil perhitungan, PDKB dapat menekan angka target realisasi *SAIDI* sebanyak 3,304 Menit/Pelanggan dan *SAIFI* 2,067 Kali/Pelanggan pada bulan Januari hingga Juni tahun 2021 di penyulang sayung 04 hal itu merupakan bukti jika pekerjaan PDKB dapat meningkatkan kehandalan jaringan di PT. PLN (Persero) UP3 Demak.
3. Pekerjaan Dengan Keadaan Bertegangan (PDKB) merupakan solusi paling efektif untuk pelaksanaan pekerjaan, selain menjaga kehandalan PDKB dapat memberikan keuntungan ke perusahaan dan pelanggan, melakukan pekerjaan dengan tetap menyalurkan energi. Dari hasil perhitungan bulan Januari hingga bulan Juni tahun 2021 pada penyulang sayung 04 Demak terdapat 33 pekerjaan yang dilaksanakan oleh PDKB dan menghasilkan penyelamatan penyaluran kWh ke pelanggan sebanyak 80.102,40 kWh.
4. PT. PLN (Persero) membentuk tim khusus yaitu PDKB sebagai bentuk upaya dari PLN untuk menjaga citra baik perusahaan, selain itu juga menguntungkan perusahaan. Pada bulan Januari hingga Juni 2021 pada penyulang sayung 04

Demak tim PDKB berhasil menyelamatkan pendapatan PLN sebesar 67.071.221 Rupiah dari total pekerjaan 33 titik.

5.2 Saran

Dengan hasil yang telah didapatkan dari perhitungan pada penelitian ini, maka penulis ingin memberikan saran sebagai berikut :

1. Untuk mempercepat pelaksanaan pekerjaan diharapkan supervisor teknik ULP dapat berkoordinasi langsung dengan supervisor PDKB.
2. Perlunya penambahan tim PDKB di UP3 Demak, agar semakin banyak pekerjaan yang bisa diselesaikan dengan metode PDKB.



DAFTAR PUSTAKA

- Darma, S. (2015). *Analisa Kontribusi Peran Pekerjaan Dalam Keadaan Berbeban (PDKB) Terhadap Peningkatan KWH Jual pada Penyulang Virgo*. 52–63.
- Juliasandi, A., & Alfi, I. (2018). *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.Y Rayon Purwokerto*.
- Lamma, M. (2012). Perhitungan Tegangan Sentuh Menggunakan Tahanan Kontak Kaki dalam Sistem Pembumian pada Gardu Induk Cikupa. *Acta Materialia*, 33(10), 348–352.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.actamat.2015.12.003>
https://inis.iaea.org/collecti on/NCLCollectionStore/_Public/30/027/30027298.pdf?r=1&r=1
<http://dx.d oi.org/10.1016/j.jmrt.2015.04.004>
- Pratama, N. E. (2017). *Analisa Gangguan Saluran Udara Tegangan MENENGAH (SUTM) 20 KV Penyulang Raya 14 di PT . PLN (PERSERO) Area Pontianak*.
- Pribaya, M. A. G., & Syarief, I. (2021). *Analisis Energi Terselamatkan Pada Pdkb Pt. Pln (Persero) Jawa Barat Bandung*. 459–479.
<https://doi.org/10.32897/sobat3.2021.42>
- PT. PLN. (2020). *Surat Edaran Direksi PT. PLN (Persero) No.002/E/DIR/2013. 3*, 23–25.
- PUIL 2000. (2000). *Persyaratan Umum Instalasi Listrik 2000 (PUIL 2000)*. *DirJen Ketenagalistrikan, 2000(Puil)*, 1–133.
- Saputro, C. H. (2019). *Keandalan Sistem Distribusi Jaringan SUTM Akibat Gangguan Pohon Di PT. PLN (PERSERO) UP3 Semarang*.
- Setiawan, T. T., Asni, A., & Sugeng, B. (2018). Analisis Keandalan Sistem Distribusi 20 kV dari GI Industri Penyulang I . 5 sampai dengan Gardu Hubung Rapak. *Jurnal Teknologi Terpadu*, 6(2), 147–156.
- Sugiarto, L. (2014). *Analisis Perhitungan KWH Terselamatkan pada Pekerjaan*

dalam Keadaan Bertegangan (PDKB) Saluran Udara Tegangan Menengah (SUTM) 20 KV Cabang Singkawang. 1-6, 2.

