

**ANALISIS PEMASANGAN FUSESAVER GUNA KEANDALAN
SISTEM DISTRIBUSI PADA PENYULANG 08 GI
PURWODADI 150/20 KV GROBOGAN**

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 :

BANA SATRIA FAQIH FIDDIIN

NIM 30602000020

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG
SEMARANG
FEBRUARI 2023**

FINAL PROJECT

***ANALYSIS OF FUSESAVER INSTALLATION FOR
DISTRIBUTION SYSTEM RELIABILITY AT 08 GI PURWODADI
150/20 KV GROBOGAN FEEDERS***

*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*



**MAJORING OF INDUSTRIAL ENGINEERING
INDUSTRIAL TECHNOLOGY FACULTY
SULTAN AGUNG ISLAMIC UNIVERSITY
SEMARANG
FEBRUARY 2023**

LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING

Laporan Tugas Akhir dengan judul **“ANALISIS PEMASANGAN FUSESAVER GUNA KEANDALAN SISTEM DISTRIBUSI PADA PENYULANG 08 GI PURWODADI 150/20 KV GROBOGAN”** ini disusun oleh :

Nama : Bana Satria Faqih Fididin

NIM : 30602000020

Program Studi : Teknik Elektro

Telah disahkan oleh dosen pembimbing pada :

Hari : Senin

Tanggal : 13 Maret 2023

Pembimbing I

Pembimbing II



Ir. Hj. Ida Widiastuti, MT
NIDN. 0005036501



Dedi Nugroho, ST., MT
NIDN. 0617126602

Mengetahui,

Ketua Program Studi Teknik Elektro



Jenny Putri Hapsari, ST, MT

NIDN. 0607018501

140323

LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI

Laporan Tugas Akhir dengan judul “ANALISIS PEMASANGAN FUSESAVER GUNA KEANDALAN SISTEM DISTRIBUSI PADA PENYULANG 08 GI PURWODADI 150/20 KV GROBOGAN” ini telah dipertahankan didepan dosen penguji Tugas Akhir pada :

Hari : Senin

Tanggal : 13 Maret 2023

TIM PENGUJI

Anggota I



Ir. Hj. Ida Widiastuti, MT
NIDN. 0005036501

Anggota II



Dedi Nugroho, ST., MT
NIDN. 0617126602

Ketua Penguji



Dr. Ir. Agus Adhi Nugroho, MT
NIDN. 0628066301

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Bana Satria Faqih Fiddiin
NIM : 30602000020
Judul Tugas Akhir : ANALISIS PEMASANGAN FUSESAVER
GUNA KEANDALAN SISTEM DISTRIBUSI
PADA PENYULANG 08 GI PURWODADI
150/20 KV GROBOGAN

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

Semarang, 13 Maret 2023

Yang Menyatakan



A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Bana Satria Faqih Fiddiin', is written over the banknote and QR code.

Bana Satria Faqih Fiddiin

PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Bana Satria Faqih Fiddiin
NIM : 30602000020
Program Studi : Teknik Elektro
Fakultas : Teknologi Industri

Dengan ini menyerahkan Karya Ilmiah berupa Tugas akhir dengan Judul : **ANALISIS PEMASANGAN FUSESAYER GUNA KEANDALAN SISTEM DISTRIBUSI PADA PENYULANG 08 GI PURWODADI 150/20 KV GROBOGAN**

dan menyetujuinya 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, 13 Maret 2023

Yang Menyatakan



Bana Satria Faqih Fiddiin

HALAMAN PERSEMBAHAN

Tugas Akhir ini saya persembahkan untuk :

Pertama,

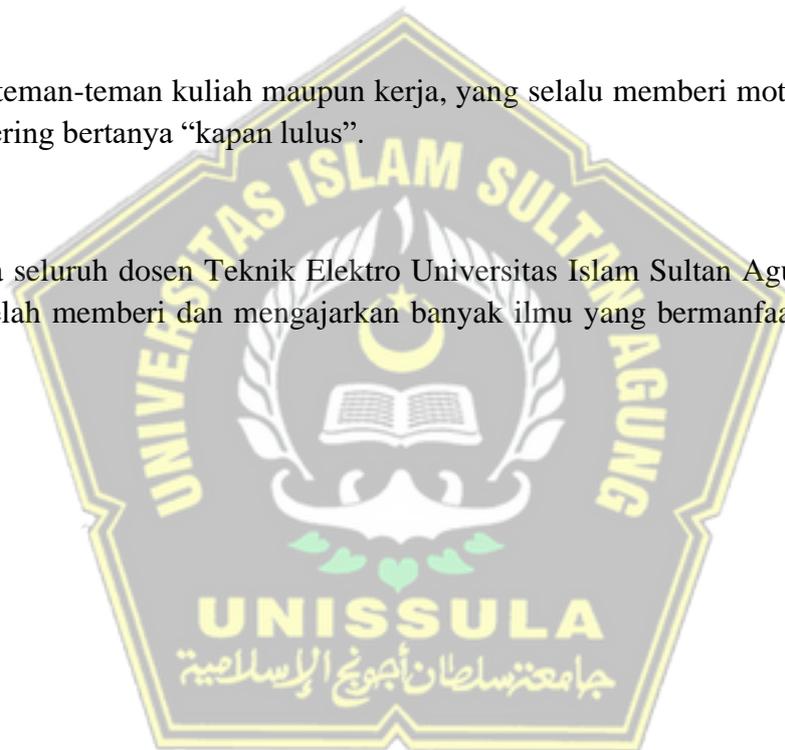
Kepada kedua orang tua saya yang saya cintai dan say banggakan, yang sudah mendidik, membesarkan, memberi arahan dan selalu menjadi penyemangat saya dalam menjalani kehidupan serta menyelesaikan kuliah ini.

Kedua,

Untuk teman-teman kuliah maupun kerja, yang selalu memberi motivasi saya dan yang sering bertanya “kapan lulus”.

Ketiga,

Kepada seluruh dosen Teknik Elektro Universitas Islam Sultan Agung Semarang yang telah memberi dan mengajarkan banyak ilmu yang bermanfaat selama saya kuliah.



HALAMAN MOTTO

“Maka Sesungguhnya Bersama Kesulitan Ada Kemudahan”

(Q.S. Al-Insyirah : 5)

“Sesungguhnya Allah Tidak Akan Mengubah Keadaan Suatu Kaum, Sebelum Mereka Mengubah Keadaan Diri Mereka Sendiri”

(Q.S. Ar-Rad : 11)

“Balas Dendam Terbaik Adalah Menjadikan Dirimu Lebih Baik”

(Ali bin Abi Thalib)



KATA PENGANTAR

Saya panjatkan puji syukur kepada Allah SWT karena atas kehadiran rahmat, ridho, petunjuk dan limpahan nikmat-Nya sehingga saya dapat menyelesaikan penyusunan laporan Tugas Akhir dengan judul ” Analisis Pemasangan *Fusesaver* Guna Keandalan Sistem Distribusi Pada Penyulang 08 GI Purwodadi 150/20 kV Grobogan”. Serta shalawat dan salam kita curahkan kepada Rasulullah SAW.

Selama proses penyusunan laporan Tugas Akhir ini, saya menerima banyak bantuan dukungan seperti motivasi, bimbingan, arahan, saran serta do'a dari berbagai pihak. Pada kesempatan yang baik ini saya ingin mengucapkan rasa terima kasih kepada :

1. Orang Tua yang memberi semangat motivasi dan dukungan dalam masa menempuh pendidikan tinggi di Universitas Islam Sultan Agung Semarang.
2. Istri dan anak-anak saya, yang selalu memberi semangat, do'a dan juga mengorbankan banyak waktu.
3. Ibu Ir.Hj. Ida Widiastuti, MT dan Bapak Dedi Nugroho, ST, MT selaku dosen pembimbing saya yang telah memberikan banyak masukan, meluangkan waktu dan bimbingan yang sangat berharga.
4. Bapak dan Ibu dosen Teknik Elektro Universitas Islam Sultan Agung Semarang, yang telah bisa sabar dan memberi banyak ilmu pengetahuan selama masa perkuliahan saya.
5. Pegawai PT PLN (persero) UP3 Demak yang telah mendukung dalam pelaksanaan penelitian.
6. Berbagai pihak yang tidak dapat saya sebutkan satu per satu.

Penulis menyadari bahwa masih banyak kekurangan dalam laporan tugas Akhir ini, maka kritik dan saran yang membangun akan diterima dengan senang hati. Penulis berharap laporan Tugas Akhir ini bermanfaat untuk banyak pihak.

DAFTAR ISI

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.....	ix
DAFTAR TABEL.....	xi
DAFTAR GAMBAR	xii
ABSTRAK.....	xiii
ABSTRACT.....	xiv
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 LANDASAN TEORI DAN TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Tinjauan Pustaka	5
2.2 Landasan Teori.....	6
2.2.1 Transformator.....	8
2.2.2 Transformator Tanpa Beban.....	10
2.2.3 Transformator Dengan Beban	12
2.2.4 Sistem Konfigurasi Jaringan Distribusi.....	13
2.2.5 Saluran Udara Tegangan Menengah	16
2.2.6 Pemeliharaan Saluran Udara Tegangan Menengah (SUTM)...	17
2.2.7 Bentuk Pemeliharaan.....	17

2.2.8	Gangguan Pada Jaringan SUTM	18
2.2.9	Alur Pelaksanaan Pekerjaan	19
2.2.10	Sistem Proteksi	19
2.2.11	Recloser	19
2.2.12	Fusesaver	20
2.2.13	Indeks Keandalan Sistem Distribusi.....	24
BAB III METODE PENELITIAN.....		21
3.1	Model Penelitian	21
3.2	Tempat dan Waktu Penelitian	22
3.3	Tahapan Penelitian	22
3.4	Metode Pengumpulan Data	23
3.5	Metode Analisis Data.....	24
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		25
4.1	Data Lapangan.....	25
4.1.1	Data Gangguan Penyulang Purwodadi 08.....	25
4.2	Pembahasan.....	27
4.2.1.	Perhitungan Nilai SAIDI dan SAIFI Semester 2 tahun 2021 Sebelum Pemasangan Fusesaver.....	27
4.2.2	Perhitungan Nilai SAIDI dan SAIFI Semester 2 tahun 2022 Setelah Pemasangan Fusesaver	29
4.2.3	Perbandingan Hasil Perhitungan Nilai SAIDI dan SAIFI Sebelum dan Setelah Pemasangan Fusesaver.....	31
BAB V PENUTUP.....		34
5.1	Kesimpulan.....	34
5.2	Saran.....	35
DAFTAR PUSTAKA		36
LAMPIRAN.....		38

DAFTAR TABEL

Tabel 4.1 Rekapitulasi Gangguan Penyulang Purwodadi 08 Semester 2 Tahun 2021.....	26
Tabel 4.2 Rekapitulasi Gangguan Penyulang Purwodadi 08 Semester 2 Tahun 2022.....	26
Tabel 4.3 SAIDI Penyulang Purwodadi 08 Semester 2 Tahun 2021 Sebelum Pemasangan <i>Fusesaver</i>	28
Tabel 4.4 SAIFI Penyulang Purwodadi 08 Semester 2 Tahun 2021 Sebelum Pemasangan <i>Fusesaver</i>	29
Tabel 4.5 SAIDI Penyulang Purwodadi 08 Semester 2 Tahun 2022 Setelah Pemasangan <i>Fusesaver</i>	30
Tabel 4.6 SAIFI Penyulang Purwodadi 08 Semester 2 Tahun 2022 Setelah Pemasangan <i>Fusesaver</i>	31
Tabel 4.7 Perbandingan Nilai SAIDI Penyulang Purwodadi 08 sebelum dan setelah pemasangan <i>fusesaver</i>	32
Tabel 4. 8 Perbandingan Nilai SAIFI Penyulang Purwodadi 08 sebelum dan setelah pemasangan <i>fusesaver</i>	33



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Pembangkit Listrik Tenaga Uap (Foto: PLTU Jepara)	7
Gambar 2.2 Saluran Transmisi	8
Gambar 2.3 Sistem tenaga Listrik	8
Gambar 2. 4 Prinsip Kerja Elektromagnetik.....	9
Gambar 2.5 Elektromagnetik Pada Trafo	10
Gambar 2.6 Transformator Tanpa Beban	10
Gambar 2.7 Transformator Berbeban.....	12
Gambar 2.8 Sistem Jaringan Radial	13
Gambar 2.9 Sistem Jaringan Lingkaran (<i>Loop</i>).....	14
Gambar 2. 10 Sistem Jaringan <i>Cluster</i>	15
Gambar 2.11 Sistem Jaringan <i>Spindel</i>	16
Gambar 2.12 Konstruksi Saluran Udara Tegangan Menengah.....	16
Gambar 2.13 Pemeliharaan Saluran Udara Tegangan Menengah.....	17
Gambar 2.14 Bagan Alur Pelaksanaan Pekerjaan	19
Gambar 2.15 <i>Recloser</i>	20
Gambar 2.16 <i>Fusesaver</i>	20
Gambar 3. 1 <i>Single Line Diagram</i> Penyulang Purwodadi 08	21
Gambar 3. 2 <i>Flowchart</i>	23
Gambar 4. 1 Grafik Perbandingan Nilai SAIDI Penyulang Purwodadi 08	32
Gambar 4. 2 Grafik Perbandingan Nilai SAIFI Penyulang Purwodadi 08.....	33

ABSTRAK

Keandalan suatu sistem distribusi dalam penyaluran energi listrik kepada pelanggan merupakan faktor penting yang harus diperhatikan dan menjadi fokus utama. Permasalahan yang sering terjadi dalam menjaga keandalan yaitu padam yang tidak terencana disebabkan oleh gangguan dari faktor internal dan faktor eksternal. Dalam proses pelacakan penyebab gangguan hingga pernormalan konfigurasi sistem distribusi memerlukan waktu yang lama serta banyak pelanggan yang padam. Hal ini menyebabkan tingkat keandalan sistem distribusi menurun, karena indeks atau indikator keandalan sistem distribusi energi listrik adalah SAIDI (waktu lamanya padam) dan SAIFI (seberapa sering terjadi padam). Maka solusi dari permasalahan yang dibutuhkan adalah inovasi peralatan pengaman pada jaringan distribusi yaitu *fusesaver* untuk meningkatkan keandalan.

Pada penelitian ini membahas tentang analisa pengaruh *fusesaver* untuk meningkatkan keandalan sistem distribusi pada penyulang 08 GI purwodadi 150/20 kV Grobogan. Model penelitian ini dilakukan pemasangan *fusesaver* pada seluruh jaringan penyulang purwodadi 08. Data yang digunakan pada penelitian ini adalah data rekapitulasi gangguan pada penyulang purwodadi 08 sebelum dan setelah pemasangan *fusesaver*, data berupa jumlah gangguan, durasi atau waktu lamanya padam, jumlah pelanggan padam dan jumlah pelanggan total. Kemudian menganalisis data dengan cara membandingkan hasil perhitungan nilai SAIDI dan nilai SAIFI sebelum pemasangan *fusesaver* dengan hasil perhitungan nilai SAIDI dan nilai SAIFI setelah pemasangan *fusesaver*.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa sebelum *fusesaver* terpasang konsumen penyulang purwodadi 08 pada semester 2 tahun 2021 mengalami lama padam sebesar 20,085 (jam/bulan) yaitu tertinggi pada bulan Juli tahun 2021 dan mengalami kekerapan padam sebesar 7,193 (kali/bulan) yaitu tertinggi pada bulan Oktober tahun 2021. Dan setelah *fusesaver* terpasang konsumen penyulang purwodadi 08 pada semester 2 tahun 2022 mengalami lama padam hanya sebesar 2,998 (jam/bulan) yaitu tertinggi pada bulan Juli tahun 2022 dan mengalami kekerapan padam hanya sebesar 2,073 (kali/bulan) yaitu tertinggi pada bulan Juli tahun 2022. Hasil dari analisa pemasangan *fusesaver* dapat mempengaruhi persentase keandalan pada penyulang Purwodadi 08 menjadi meningkat, untuk persentase keandalan nilai SAIDI sebesar 85,34% dan persentase keandalan nilai SAIFI sebesar 72,55%.

Kata kunci : SAIDI, SAIFI, Fusesaver, Keandalan, Sistem Distribusi

ABSTRACT

The reliability of a distribution system in distributing electrical energy to customers is an important factor that must be considered and is the main focus. The problems that often occur in maintaining reliability are unplanned outages caused by disturbances from internal and external factors. In the process of tracing the cause of the disturbance to normalizing the configuration of the distribution system, it takes a long time and many customers are out. This causes the level of reliability of the distribution system to decrease, because the reliability index or indicator of the electricity distribution system is SAIDI (time outages) and SAIFI (how often outages occur). Then the solution to the problem needed is the innovation of safety equipment in the distribution network, namely the fusesaver to increase reliability.

This study discusses the analysis of the effect of the fusesaver to increase the reliability of the distribution system on the feeder 08 Purwodadi GI 150/20 kV Grobogan. In this research model, fusesaver installation was carried out on the entire Purwodadi 08 feeder network. The data used in this research is disturbance recapitulation data on purwodadi 08 feeders before and after the fusesaver installation. total. Then analyze the data by comparing the results of calculating the SAIDI value and SAIFI value before installing the fusesaver with the calculation results of the SAIDI value and SAIFI value after installing the fusesaver.

The results showed that before the fusesaver was installed, consumers of purwodadi 08 feeders in semester 2 of 2021 experienced a blackout time of 20.085 (hours/month), which was the highest in July 2021 and experienced frequent blackouts of 7.193 (times/month), which was the highest in October of 2021. And after the fusesaver was installed, the purwodadi 08 feeder consumer in semester 2 of 2022 experienced a blackout time of only 2,998 (hours/month), which was the highest in July 2022 and experienced a blackout frequency of only 2,073 (times/month), which was the highest in July in 2022. The results of the analysis of the fusesaver installation can affect the percentage of reliability in the Purwodadi 08 feeder to increase, for the percentage of reliability of the SAIDI value of 85.34% and the percentage of reliability of the SAIFI value of 72.55%.

Keywords : SAIDI, SAIFI, Fusesaver, Reliability, Distribution System

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kelistrikan jaringan sistem distribusi wilayah kerja Kabupaten Grobogan di suplai oleh Gardu Induk Purwodadi 150/20kV, terdapat 3 transformator dengan kapasitas 60 MVA dan 1 transformator dengan kapasitas 30 MVA serta 17 Penyulang. Penyulang Purwodadi 11 adalah salah satu dari penyulang keluaran transformator IV Gardu Induk Purwodadi 150/20 kV yang berkapasitas 60MVA. Penyulang Purwodadi 08 memiliki panjang jaringan 72,12 kms dan menggunakan jenis konduktor penghantar AAAC, AAACS dengan diameter 70 mm, 150 mm dan 240 mm. Pada penyulang Purwodadi 08 menyuplai kebutuhan listrik masyarakat secara umum dan beberapa industri daya besar dengan layanan premium. Dalam proses layanan dan penyaluran listrik tidak boleh padam. Namun tidak menutup kemungkinan bisa terjadi padam karena gangguan-gangguan oleh beberapa faktor, faktor internal dan eksternal yang mempengaruhi keandalan sistem distribusi.

Keandalan sistem distribusi dalam penyaluran energi listrik kepada pelanggan merupakan faktor penting yang harus diperhatikan dan menjadi fokus utama. Permasalahan yang sering terjadi dalam menjaga keandalan yaitu padam yang tidak terencana disebabkan oleh gangguan dari faktor internal dan faktor eksternal. Dalam proses pelacakan penyebab gangguan hingga pernormalan konfigurasi sistem distribusi memerlukan waktu yang lama serta banyak pelanggan yang padam. Hal ini menyebabkan tingkat keandalan sistem distribusi menurun, karena indeks atau indikator keandalan sistem distribusi energi listrik adalah SAIDI (*System Average Interruption Duration Index*) atau jumlah waktu lamanya padam dan SAIFI (*System Average Interruption Frequency Index*) atau jumlah gangguan yang terjadi pada setiap pelanggan.

PT PLN selalu melakukan evaluasi terhadap peralatan-peralatan pengaman pada sistem distribusi. Pada era modern ini, inovasi peralatan pengaman terbaru

terus muncul untuk mendukung dalam menjaga serta meningkatkan keandalan sistem jaringan distribusi. Peralatan pengaman tersebut salah satunya yaitu *fusesaver*. Di Grobogan, pertama kali *fusesaver* dipasang pada penyulang 8 GI Purwodadi 150/20kV Grobogan. Saat terjadi gangguan pada sistem jaringan distribusi, pemasangan *fusesaver* diharapkan dapat mengurangi jumlah waktu lamanya padam dan jumlah gangguan pelanggan padam.

Atas dasar uraian latar belakang dan permasalahan tersebut, dilakukan penelitian tentang, “Analisis Pemasangan *Fusesaver* Guna Keandalan Sistem Distribusi Pada Penyulang 08 GI Purwodadi 150/20 kV Grobogan”.

1.2 Perumusan masalah

Berdasarkan latar belakang dan pengamatan yang dilakukan, permasalahan yang akan dibahas dalam Tugas Akhir ini, yaitu :

1. Apa saja faktor yang menyebabkan gangguan terjadi pada Penyulang 08 GI Purwodadi 150/20 kV Grobogan.
2. Bagaimana cara meningkatkan keandalan sistem distribusi dan menjaga suplai energi listrik secara kontinu pada penyulang 08 GI Purwodadi 150/20 kV Grobogan.
3. Bagaimana mengetahui besarnya nilai SAIDI dan SAIFI dengan adanya pemasangan *fusesaver* pada penyulang 08 GI Purwodadi 150/20 kV Grobogan.

1.3 Pembatasan masalah

Mengingat luas dan banyak hal-hal yang perlu diperhatikan dalam penelitian ini, maka penulis memberikan beberapa batasan masalah sebagai berikut :

1. Penelitian ini fokus pada sistem distribusi Penyulang 08 GI Purwodadi 150/20 kV Grobogan.
2. Data jumlah gangguan yang terjadi dampak pemasangan *fusesaver* pada penyulang Purwodadi 8.
3. Data jumlah durasi lamanya padam gangguan dampak pemasangan

fusesaver pada penyulang Purwodadi 8

4. Penelitian ini mencari nilai SAIDI SAIFI sebelum dan sesudah pemasangan *fusesaver*.

1.4 Tujuan

Adapun tujuan dari penelitian ini dilakukan adalah untuk mengetahui dan menganalisis nilai SAIDI dan SAIFI dengan adanya pemasangan *fusesaver* pada penyulang 08 GI Purwodadi 150/20 kV Grobogan guna meningkatkan keandalan sistem distribusi.

1.5 Manfaat

Adapun manfaat yang diperoleh dari penelitian ini yaitu diharapkan tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Meningkatkan pengorganisasian data secara jelas dan sistematis dalam memperhitungkan nilai SAIDI dan SAIFI lebih akurat.
2. Hasil penelitian ini dapat digunakan sebagai bahan dalam perencanaan perusahaan guna mendukung keandalan sistem distribusi dan berdampak baik bagi citra perusahaan.
3. Sebagai penambah wawasan bagi penulis dalam penelitian ini.

1.6 Sistematika Penulisan

Dalam hal ini untuk memberi gambaran secara jelas isi tiap-tiap bab dari penelitian ini, maka sistematika penelitian penulisan ini sebagai berikut.

BAB I PENDAHULUAN

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

BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI

Bab ini menjelaskan segala sesuatu tentang tinjauan pustaka dari penelitian-penelitian yang telah dilaksanakan terdahulu, juga menerangkan sebagai

landasan teori yang sesuai terkait penelitian ini dan menjadi acuan dalam pembuatan Tugas Akhir ini.

BAB III METODE PENELITIAN

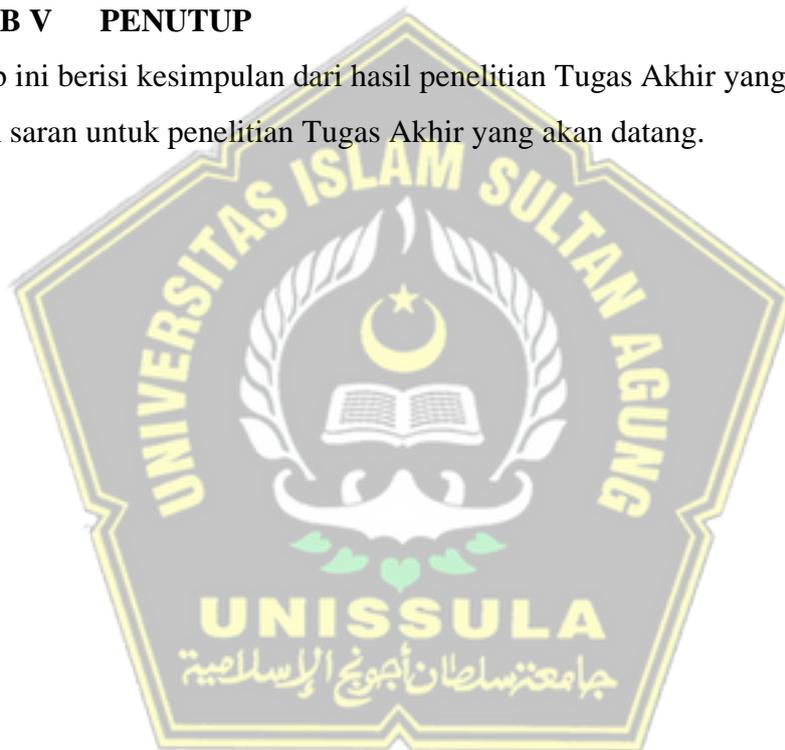
Bab ini berisi tentang metode-metode penelitian yaitu proses melakukan pengambilan data, alur serta tahap dalam melakukan penelitian dan data-data penunjang pada penelitian tugas akhir

BAB IV HASIL DAN ANALISA

Bab ini membahas hasil perhitungan indeks keandalan yaitu SAIDI dan SAIFI.

BAB V PENUTUP

Bab ini berisi kesimpulan dari hasil penelitian Tugas Akhir yang dilaksanakan, dan saran untuk penelitian Tugas Akhir yang akan datang.



BAB II

LANDASAN TEORI DAN TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tinjauan Pustaka

Beberapa referensi tinjauan pustaka dalam penyusunan tugas akhir adalah sebagai berikut :

- a. Analisis Peningkatan Kinerja Jaringan Distribusi 20kV Dengan Metode Thermovisi Jaringan PT. PLN (persero) ULP Medan Baru (Siburian et al., 2020). Kualitas dari sistem distribusi dapat diketahui dengan adanya analisa keandalan sistem distribusi. Maka menjadi perhatian khusus pada kinerja sistem jaringan distribusi karena untuk meningkatkan kualitas layanan pelanggan dan menjaga kontinuitas kebutuhan energi listrik. Dalam meningkatkan kualitas sistem distribusi yaitu menghitung indeks keandalan berdasarkan rata-rata frekuensi gangguan (SAIDI) dan rata-rata lama gangguan terjadi (SAIFI). Hasil pada penelitian ini dengan metode thermovisi menunjukkan peningkatan kinerja jaringan distribusi pada jaringan PLN ULP Medan Baru. Total gangguan penyulang dapat ditekan, di bulan Juni terjadi 11 gangguan dan kemudian di bulan Juni turun menjadi Juni 3 gangguan. Begitu juga nilai rata-rata SAIDI dan SAIFI menurun.
- b. Pada penelitian “Analisa Nilai Saidi Saifi Sebagai Indeks Keandalan Penyediaan Tenaga Listrik Pada Penyulang Cahaya PT. PLN (persero) Area Ciputat” oleh (Ibnu Hajar, 2019). Pada era globalisasi ini, hal utama yang perlu diperhatikan adalah keandalan sistem distribusi tenaga listrik guna menjaga penyaluran energi listrik kepada pelanggan. Indeks yang menunjukkan keandalan sistem distribusi adalah SAIDI (*System Average Interruption Duration Index*) dan SAIFI (*System Average Interruption Frequency Index*). Sistem distribusi semakin andal apabila nilai dari kedua indeks tersebut semakin kecil. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, maka hasil yang didapat indeks keandalan pada penyulang cahaya pada tahun 2017 tercapai, nilai SAIDI 2,277 jam/pelanggan/tahun dan nilai

SAIFI 2,406 pemadaman/pelanggan/tahun.

- c. Studi Keandalan Sistem Distribusi Jaringan SKTM Akibat Gangguan Di PT.PLN (persero) ULP Bandung Utara (Carolina Patrrycia Maryana, 2022) . Peneliti mengatakan bahwa, permasalahan mendasar dalam layanan konsumen terletak pada kontinuitas dan ketersediaan suplai energi listrik untuk pelanggan. Jaringan yang rentan gangguan terhadap berbagai faktor. Indeks keandalan sistem distribusi 20 kV diketahui dengan perhitungan rumus nilai SAIDI, SAIFI, dan CAIDI. Pada tahun 2021 hasil yang diperoleh tingkat keandalan yang tidak handal dengan indeks ilai rata-rata SAIDI 5,0629 jam/tahun, SAIFI 3,4767 gangguan/tahun, dan CAIDI 25,3 jam/gangguan.
- d. Analisa Pengaruh pemasangan *fusesaver* terhadap keandalan penyulang J4 GI Karang Joang (Rani et al., 2021). Menyebutkan metode dengan mengumpulkan data gangguan sebelum dan sesudah *fusesaver* dipasang. Karena salah satu bentuk upaya untuk meningkatkan presentase keandalan nilai rata-rata SAIDI dan SAIFI dengan pemasangan alat pengaman yaitu *fusesaver*. Dari hasil penelitian menunjukkan bahwa indeks keadalan meningkat, diketahui dengan nilai SAIDI 3,001103471 jam/tahun dan nilai SAIFI 2,444891945.

Penelitian dengan judul Analisis Pemasangan *Fusesaver* Guna Keandalan Sistem Distribusi Pada Penyulang 08 GI Purwodadi 150/20 kV Grobogan, metode diambil dengan menggunakan metode kuantitatif dan pengumpulan data angka-angka agar dapat menganalisa untuk mendapatkan hasil akhir yaitu, perbandingan SAIDI dan SAIFI sebelum setelah adanya pemasangan *fusesaver* pada sistem jaringan distribusi.

2.2 Landasan Teori

Sistem distribusi merupakan salah satu dari bagian sistem tenaga listrik yang berhubungan langsung dengan pelanggan. Fungsi dari sistem distribusi yaitu untuk mendistribusikan atau menyalurkan energi listrik dari sumber suplai yang dalam hal ini Gardu Induk atau Pusat Pembangkit ke pusatpusat atau kelompok

beban dan pelanggan melalui jaringan utama (TM) dan jaringan sekunder (TR) dengan mutu yang terjamin. Bagian dari sistem tenaga listrik, sebagai berikut :

1. Pembangkit Tenaga Listrik

Merupakan bagian dari alat industri untuk memproduksi energi listrik dan membangkitkan dari beberapa sumber tenaga. Seperti PLTA, PLTP, PLTU, PLTGU, PLTD, PLTG dapat dilihat pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1 Pembangkit Listrik Tenaga Uap (Foto: PLTU Jepara)

2. Saluran Transmisi

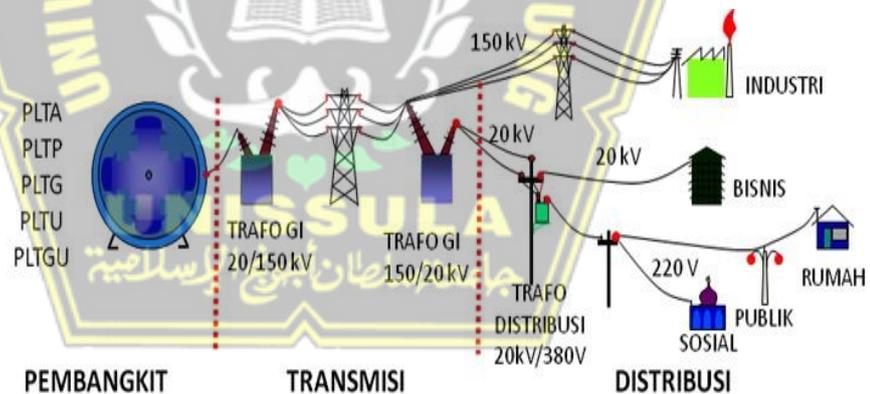
Saluran transmisi ini berfungsi menyalurkan energi listrik yang diproduksi dari pembangkit ke gardu induk maupun gardu induk satu ke gardu induk lain, saluran transmisi terdiri dari 2 jenis yaitu pertama saluran udara yaitu dengan menghantarkan pada konduktor tanpa ada isolasi dan ditopang oleh tower, berdasarkan tingkat tegangan saluran udara dibagi menjadi 2 yaitu SUTET 275kV-500kV, SUTT dengan tegangan 70kV-150kV serta juga saluran kabel yang menjadi media transmisi dengan kabel yaitu konduktor berisolasi saluran ini sering digunakan pada perkotaan yang mana banyak gedung tinggi dan tidak mungkin untuk membangun tower transmisi. Saluran transmisi dapat dilihat pada Gambar 2.2.



Gambar 2.2 Saluran Transmisi

3. Gardu Induk

Gardu induk berfungsi untuk menurunkan tegangan ekstra tinggi 500 kV menjadi tegangan tinggi 150 kV dan juga menurunkan tegangan tinggi 150 kV menjadi tegangan menengah 20 kV. Proses transformasi menggunakan penurun tegangan (*step down*). Proses penyaluran pada sistem tenaga listrik dapat dilihat pada Gambar 2.3.



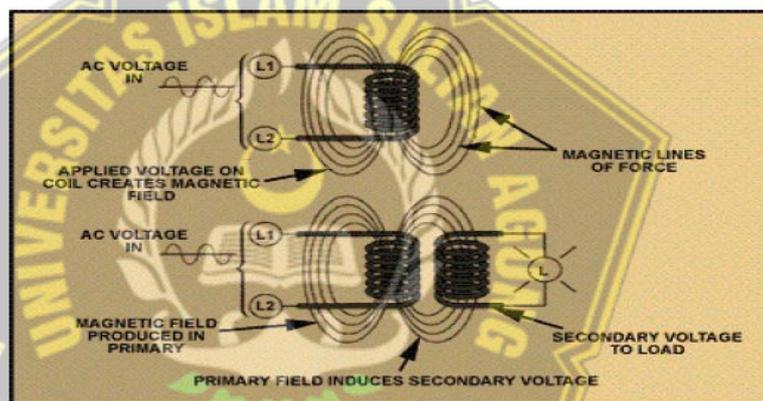
Gambar 2.3 Sistem tenaga Listrik

2.2.1 Transformator

Transformator atau biasa disebut trafo merupakan suatu alat energi listrik yang memindahkan atau menyalurkan listrik tegangan rendah ke tegangan menengah dan sebaliknya yang prinsip kerjanya dengan kopling magnet atau induksi magnet (Suhadi & Wrahatnolo, 2008).

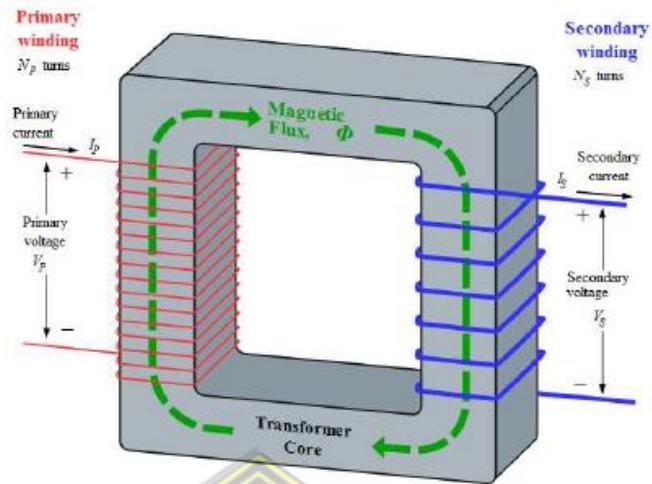
Transformator adalah alat yang digunakan untuk mentransfer energi listrik dari satu rangkaian ke rangkaian lain dengan induksi elektromagnetik (Wiharja, 2009).

Transformator adalah perangkat statis di mana belitan yang terdiri dari sirkuit magnetik dan dua atau lebih belitan mengubah daya (arus dan tegangan) dalam sistem AC ke sistem lain dari arus dan tegangan pada frekuensi yang sama dengan induksi elektromagnetik (dari IEC 60076 -1 2011). Trafo menggunakan prinsip elektromagnetik yaitu Hukum Ampere dan Induksi Faraday. Perubahan arus atau medan listrik menciptakan medan magnet dan perubahan medan magnet / fluks menciptakan tegangan induksi (PT. PLN (Persero), 2014), seperti yang diperlihatkan pada Gambar 2.1.



Gambar 2. 4 Prinsip Kerja Elektromagnetik

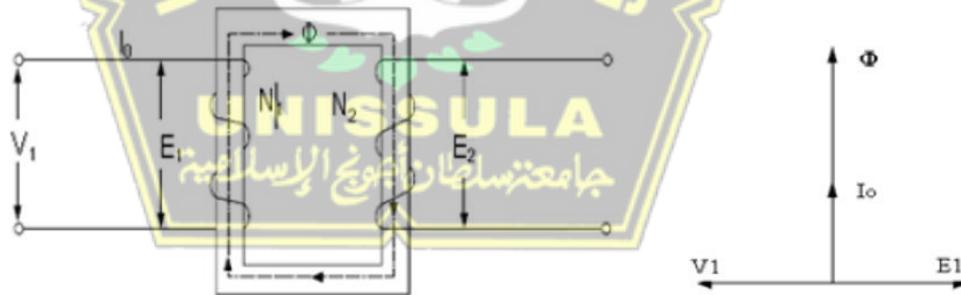
Arus bolak-balik yang mengalir melalui belitan primer menimbulkan fluks magnet melalui inti besi di antara kedua belitan, dan fluks magnet menginduksi belitan sekunder, sehingga terdapat beda potensial/tegangan induksi pada ujung belitan sekunder, dapat kita lihat pada Gambar 2.2.



Gambar 2.5 Elektromagnetik Pada Trafo

2.2.2 Transformator Tanpa Beban

Apabila kumparan primer suatu transformator dihubungkan dengan sumber tahanan V_1 yang sinusoid akan mengalirkan arus primer I_0 yang juga sinusoid dan dengan menganggap belitan N_1 reaktif murni, I_0 akan tertinggal 90° dari V_1 , terlihat pada Gambar 2.3.



Gambar 2.6 Transformator Tanpa Beban

Arus primer I_0 menimbulkan fluks (Φ) yang sefasa dan juga berbentuk sinusoid, seperti pada persamaan (2.1).

$$\Phi = \Phi_{\max} \sin \omega t \quad (2.1)$$

Menurut Faraday, kumparan (X_M) mempengaruhi fluks magnet yang berubah, sehingga menghasilkan gaya gerak listrik (e) di setiap ujung

kumparan, berlawanan dengan tegangan sumber, yang dapat dirumuskan dengan persamaan (2.2).

$$e = -\frac{d\Phi}{dt} \dots\dots\dots(2.2)$$

Dengan adanya arus I_0 yang mengalir melalui belitan primer, pada belitan ini akan timbul gaya gerak listrik. Rumus gaya gerak listrik seperti pada persamaan (2.3) sampai (2.4)

$$-E_m \cdot \sin(90^\circ + \omega t) \dots\dots\dots(2.3)$$

Dimana :

$E_1 =$ GGL induksi

$$E_1 = E_{M1} = N_1 \cdot 2 \cdot f \cdot \Phi_M$$

= GGL primer maksimum

Besar tegangan dari GGL primer adalah :

$$(E_{eff})_1 = \frac{N_1 \cdot 2 \cdot f \cdot \Phi_M}{\sqrt{2}}$$

$$= 4,44 \cdot N_1 \cdot f \cdot \Phi_M \dots\dots\dots(2.4)$$

Dimana :

Pada sisi sekunder, fluks magnetik (Φ) menghasilkan persamaan (2.5) sampai (2.7)

$$e_2 = -N_2 \frac{d\Phi}{dt} \dots\dots\dots(2.5)$$

Atau

$$e_2 = -E_m \cdot \sin(90^\circ + \omega t) \dots\dots\dots(2.6)$$

Harga efektifnya :

$$(E_{eff})_2 = \frac{N_2 \cdot 2 \cdot f \cdot \Phi_M}{\sqrt{2}}$$

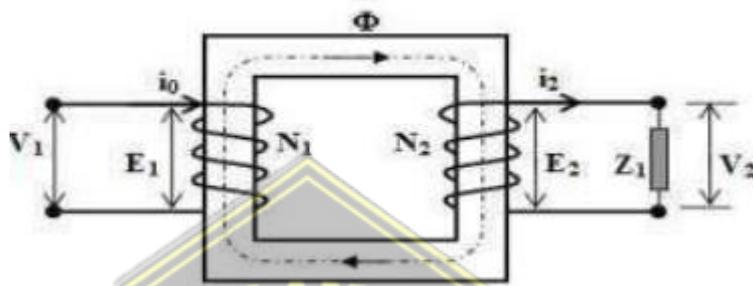
$$= 4,44 \cdot N_2 \cdot f \cdot \Phi_M \dots\dots\dots(2.7)$$

Dengan demikian perbandingan transformasi antara belitan primer dan sekunder seperti pada persamaan (2.8).

$$\alpha = \frac{(E_{eff})_1}{(E_{eff})_2} = \frac{N_1}{N_2} \quad (2.8)$$

2.2.3 Transformator Dengan Beban

Ketika beban Z_L dihubungkan ke belitan sekunder, arus beban I_2 mengalir pada belitan sekunder, dimana $I_2 = V_2/Z_L$ dan $2 = \theta 2$ faktor kerja beban yang ada pada Gambar 2.4.



Gambar 2.7 Transformator Berbeban

Fluks magnet (Φ) akibat arus I_M berlawanan dengan gaya gerak magnet (GGM) $N_2 I_2$ akibat arus I_2 . Agar fluks magnet tetap konstan dan tidak berubah, belitan primer harus membawa arus I_2 yang melawan fluks magnet. Jadi arus total yang mengalir pada belitan primer menjadi (Trafo et al., 2021) seperti pada persamaan (2.9) dan (2.10).

$$I_1 = I_0 + I_2 \dots\dots\dots(2.9)$$

Bila rugi besi tidak dianggap maka $I_0 = I_M$

$$I_1 = I_M + I_2 \dots\dots\dots(2.10)$$

Untuk menjaga agar arus tetap konstan dengan GGM yang dibangkitkan oleh arus I_M , diperoleh persamaan yang seperti pada persamaan (2.11) sampai (2.13).

$$N_1 I_M = N_1 I_1 - N_2 I_2 \dots\dots\dots(2.11)$$

$$N_1 I_M = N_1 (I_M + I_2) - N_2 I_2 \dots\dots\dots(2.12)$$

Sehingga :

$$N_1 I_2 = N_2 I_2 \quad (8.12)$$

Karena nilai I_M dianggap kecil, maka $I_2 = I_1$

$$\frac{I_1}{I_2} = \frac{N_2}{N_1} = \frac{1}{\alpha} \quad (2.13)$$

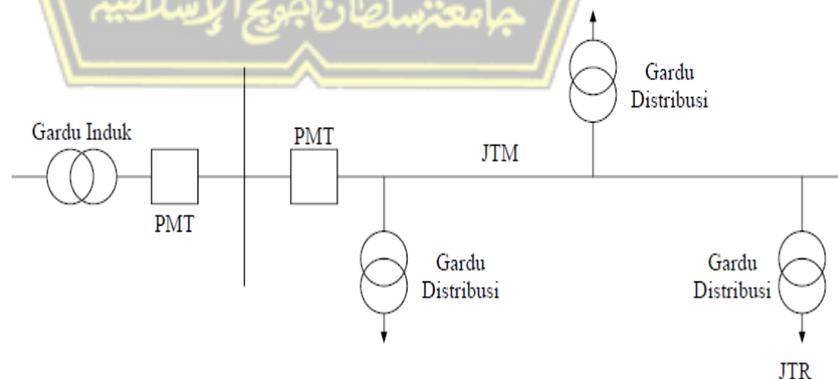
2.2.4 Sistem Konfigurasi Jaringan Distribusi

Proses penyaluran listrik dari pembangkitan kepada pelanggan memerlukan suatu jaringan tenaga listrik. Sistem jaringan terdiri dari jaringan transmisi dan jaringan distribusi. Poin utama permasalahan tegangan pada sistem distribusi disebabkan oleh pelanggan saat pemakaian alat listrik dengan tegangan yang terlalu tinggi/rendah dimana besarnya tegangan sudah ditentukan dengan batas-batas toleransi sehingga jika melewati batas dapat merusak peralatan tersebut. Sistem tenaga listrik dibagi menjadi 3 bagian Pembangkitan, Transmisi, dan Distribusi (Ibnu Hajar, 2019)

Sistem jaringan distribusi tegangan menengah mempunyai variasi bentuk, bentuk jaringan ada kelebihan dan kekurangan. Pada dasarnya terdapat empat bentuk dasar dari konfigurasi sistem jaringan distribusi tegangan menengah yaitu sebagai berikut :

1) Sistem jaringan radial

Sistem jaringan radial sering diterapkan pada daerah dengan beban daya rendah karena hanya menyalurkan energi listrik pada satu arah. Sistem jaringan radial dapat dilihat pada Gambar 2.4.



Gambar 2.8 Sistem Jaringan Radial

Pada sistem jaringan radial mempunyai kelemahan yaitu pada pelayanan kurang baik dan tingkat keandalan rendah serta sering

terjadi tegangan drop, terutama beban yang berada pada ujung sistem saluran.

2) Sistem jaringan lingkaran (*Loop*)

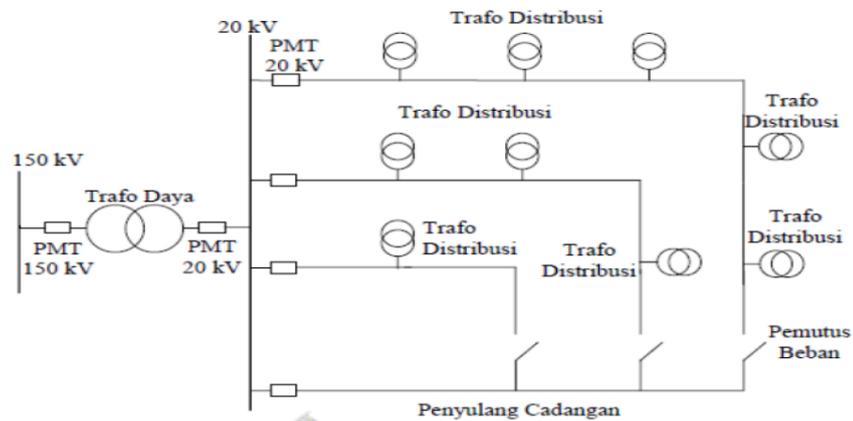
Sistem jaringan lingkaran umumnya di terapkan pada daerah dengan beban tinggi seperti wilayah industri maupun perkantoran dan perkotaan. Sistem ini mempunyai beberapa sumber pengisian (*substation*). Dengan ada lebih dari satu sumber pengisian (*substation*) maka sistem jaringan lingkaran memiliki sistem keandalan yang lebih baik, pengoperasian lebih mudah dan drop tegangan dapat di eliminasi sehingga memperkecil rugi-rugi tegangan. Sistem jaringan lingkaran (*Loop*) dapat dilihat pada Gambar 2.5.



Gambar 2.9 Sistem Jaringan Lingkaran (*Loop*)

3) Sistem *Cluster*

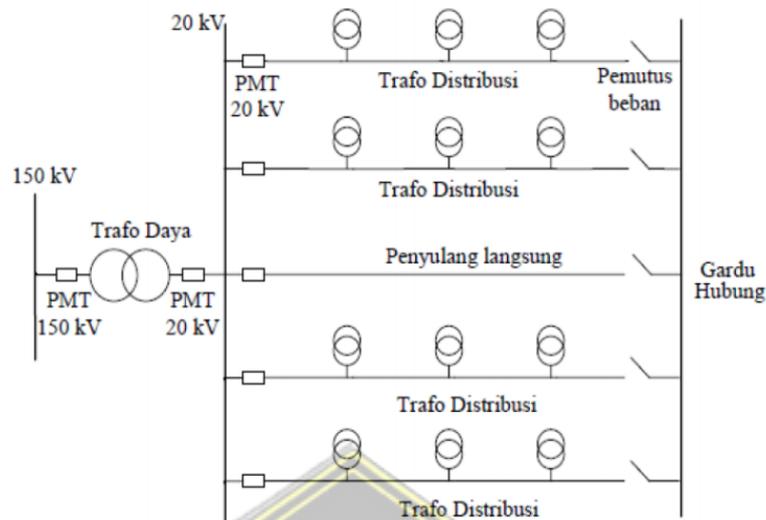
Sistem jaringan *cluster* dapat dilihat pada Gambar 2.6. Sistem jaringan ini tidak memakai gardu hubung (gardu *switching*), maka penyulang ekspres berfungsi sebagai alat pelimpahan (*manuver*) saat adanya gangguan pada salah satu bagian sistem jaringan.



Gambar 2. 10 Sistem Jaringan Cluster

4) Sistem Spindel

Sistem jaringan ini merupakan kembangan dari sistem jaringan radial dan lingkaran. Sistem spindel menggunakan dua jenis penyulang(*feeder*) yaitu penyulang cadangan dan penyulang operasi. Penyulang cadangan tidak ada beban, berfungsi untuk *back-up supply* jika ada gangguan pada penyulang operasi, sehingga sitem ini tergolong sistem yang andal. Sistem spindel sudah perhitungkan perkembangan beban atau penambahan jumlah pelanggan atau beban hingga beberapa tahun kedepan, juga dapat difungsikan dalam waktu yang lama, namun investasi pembangunan jaringan memerlukan biaya investasi aset lebih besar. Proteksi sistm spindel ini sederhana dan menyerupai dengan sistem *loop*. Pada bagian tengah jaringan dipasang gardu tengah yang berfungsi untuk alat manuver ketika ada gangguan pada sistem jaringan itu. Sistem jaringan *spindel* dapat dilihat pada Gambar 2.7.



Gambar 2.11 Sistem Jaringan *Spindel*

2.2.5 Saluran Udara Tegangan Menengah

Saluran Udara Tegangan Menengah (SUTM), pada umumnya konstruksi di Indonesia paling banyak digunakan. Konduktor-konduktor tanpa isolasi yang ditopang oleh isolator pada tiang beton atau besi merupakan ciri utama pada konstruksi ini. Keselamatan ketenagalistrikan menjadi faktor dengan perhatian khusus, karena konduktor tanpa isolasi serta meliputi jarak aman minimum antar konduktor atau penghantar harus terpenuhi dengan lokasi sekitar seperti antar bangunan, fasa, pohon, dan jangkauan manusia. Gambar saluran udara tegangan menengah dapat dilihat pada Gambar 2.8.



Gambar 2.12 Konstruksi Saluran Udara Tegangan Menengah

2.2.6 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 2.9.



Gambar 2.13 Pemeliharaan Saluran Udara Tegangan Menengah

2.2.7 Bentuk Pemeliharaan

1) Pemeliharaan *Preventif*

Bentuk pemeliharaan dengan tujuan untuk mempertahankan keandalan jaringan agar dapat optimal dalam pengoperasian, serta mengurangi maupun mencegah adanya risiko kerusakan pada sistem jaringan dan peralatan distribusi.

2) Pemeliharaan Korektif

Ada 2 jenis kegiatan dalam pemeliharaan ini yaitu secara terencana dan tanpa terencana. Pemeliharaan terencana yaitu pekerjaan untuk mengubah atau menyempurnakan jaringan agar keandalan terpenuhi dengan optimal tanpa mengubah secara keseluruhan. Sedangkan pemeliharaan tanpa terencana yaitu pekerjaan untuk memperbaiki karena kerusakan atau gangguan jaringan.

3) Pemeliharaan Khusus

Disebut juga pemeliharaan keadaan darurat, dikarenakan kegiatan atau pekerjaan pemeliharaan jaringan yang ditimbulkan oleh *force majeure* seperti bencana alam, kebakaran, huru-hara, gempa, dan sebagainya.

2.2.8 Gangguan Pada Jaringan SUTM

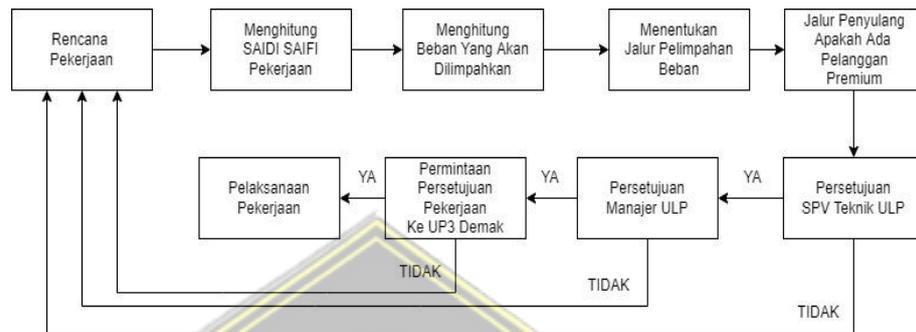
Sistem Distribusi saluran 20 kV sering kali mengalami gangguan, umumnya gangguan digolongkan dalam dua jenis yaitu gangguan faktor internal dan gangguan faktor eksternal. Gangguan yang terjadi terus-menerus dapat merusak peralatan pada jaringan, serta pengamanan jaringan listrik yang terpasang pengaturan arus harus lebih dari kemampuan hantar arus peralatan listrik setelah terjadinya gangguan.

Gangguan karena hubung singkat, dapat terjadi antara fasa (2 fasa atau 3 fasa) dapat bersifat sementara (temporer) maupun permanen (tetap).

- 1) Gangguan sementara (temporer) sering disebabkan karena petir yang menyambar pada konduktor penghantar jaringan listrik saluran udara tegangan menengah (SUTM) menyebabkan *flashover* antar konduktor penghantar dengan cross arm/*traves* melalui isolator. Maka terjadi bocor (*breakdown*) pada isolasi udaranya, oleh karenanya tidak ada kerusakan yang permanen. Karena *circuit breaker* terbuka oleh relai pengamanan, peralatan atau penghantar yang terganggu tersebut dapat kembali dioperasikan.
- 2) Gangguan permanen (tetap) Gangguan yang bersifat permanen dapat diakibatkan karena ada kerusakan pada peralatan sistem jaringan tenaga listrik dan peralatan bisa dioperasikan kembali setelah adanya perbaikan atau penggantian pada peralatan yang terganggu. Gangguan hubung singkat permanen, dapat terjadi pada kabel atau pada lilitan transformator tenaga yang disebabkan karena arus gangguan hubung singkat antar fasa, sehingga konduktor penghantar menjadi panas dan mempengaruhi pada isolasi atau minyak transformator tenaga sehingga isolasi tembus. (Saputro, 2019)

2.2.9 Alur Pelaksanaan Pekerjaan

Pekerjaan perbaikan karena gangguan dapat dilaksanakan dengan prosedur yang sudah diatur. Adapun bagan alur pelaksanaan pekerjaan pada unit PLN dapat dilihat pada Gambar 2.10.



Gambar 2.14 Bagan Alur Pelaksanaan Pekerjaan

2.2.10 Sistem Proteksi

Sistem Proteksi pada tenaga listrik merupakan sistem untuk pertahanan yang terpasang pada suatu sistem pada tenaga listrik pada peralatan listrik dengan tujuan mencegah atau mengantisipasi bila terjadi gangguan dan kondisi tak terduga lainnya dikarenakan beberapa faktor eksternal dan faktor internal dari sistem jaringan. Agar dapat maksimal ada persyaratan yang harus dipenuhi pada sistem proteksi yaitu : sensitiv, selektif, dan andal.(Karyana, 2013)

Tujuan utama sistem proteksi adalah sebagai berikut :

- 1) Deteksi dini kondisi abnormal pada sistem jaringan.
- 2) Mengurangi wilayah yang terdampak gangguan.
- 3) Meminimalkan durasi atau lamanya gangguan.
- 4) Meminimalkan bahaya pada lingkungan sekitar.
- 5) Memisahkan peralatan yang terganggu dari sistem yang sehat.

2.2.11 Recloser

Recloser (PBO/penutup balik otomatis) merupakan pemutus tenaga dengan peralatan kontrol elektronik. Peralatan ini memerintahkan operasi buka tutup secara otomatis kepada pemutus tenaga dikarenakan merasakan arus

gangguan. Pada sistem jaringan distribusi seringkali terjadi gangguan hubung singkat, maka diperlukan peralatan proteksi seperti *recloser*. *Recloser* berfungsi sebagai pemisah antara area atau jaringan yang terganggu dengan sistem secara cepat, sehingga tidak menyebabkan gangguan yang meluas. Peralatan ini juga memiliki peran pengamanan yaitu dapat mendeteksi arus gangguan lebih dini. Gambar *Recloser* dapat dilihat pada Gambar 2.11.



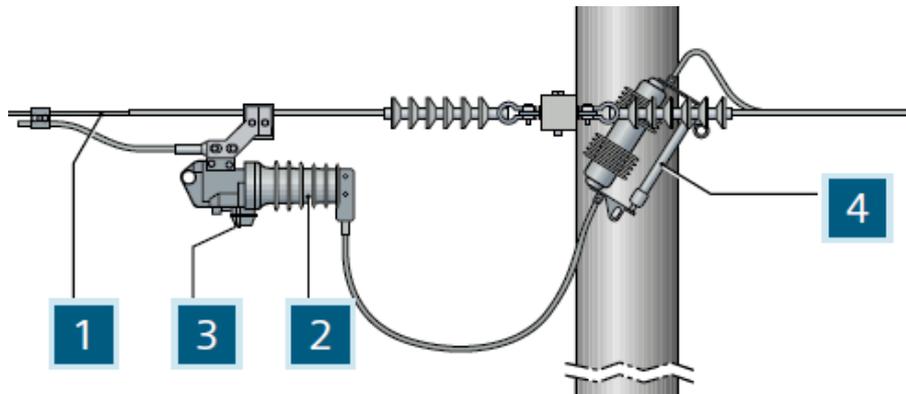
Gambar 2.15 *Recloser*

2.2.12 Fusesaver

Fusesaver adalah peralatan *outdoor* yang diperuntukkan dalam rangka untuk meningkatkan keberlangsungan penyediaan energi listrik dan guna melindungi meleburnya *fuse link* yang diakibatkan dari gangguan transien. Gambar *Fusesaver* dapat dilihat pada Gambar 2.12 dan skema pemasangan *fusesaver* dalam jaringan dapat dilihat pada Gambar 2.13 (Siemens, 2020).



Gambar 2.16 *Fusesaver*



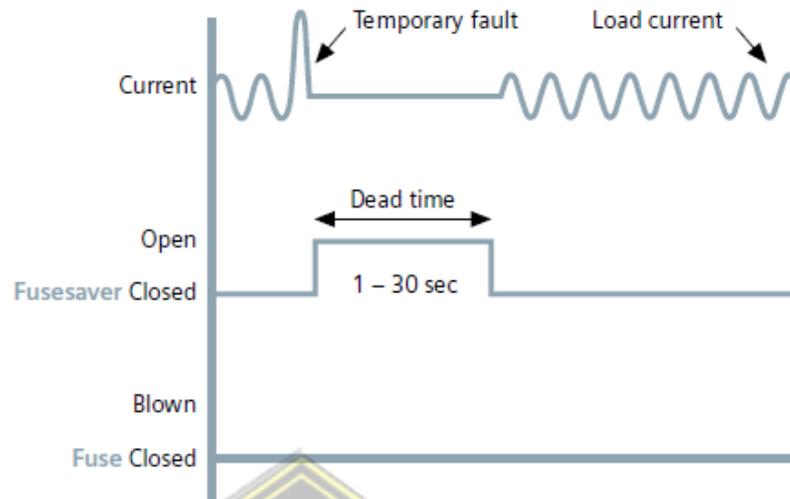
Gambar 2.17 Skema *Fusesaver* dalam Jaringan

Keterangan :

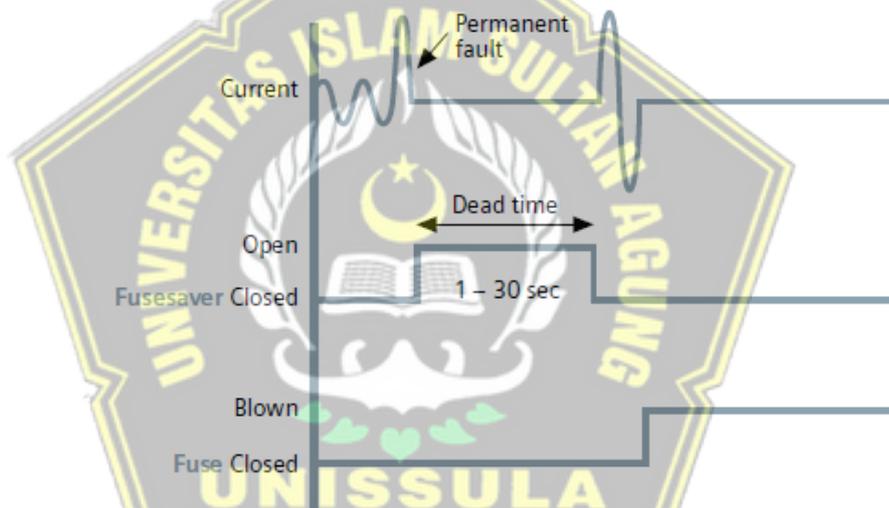
1. Conductor
2. Fusesaver
3. Communications module
4. Fuse Cut Out

Fusesaver mempunyai dua prinsip kerja dalam sistem operasi kerjanya, adalah sebagai berikut :

1. Pertama *open close* (O-C), OC merupakan konfigurasi pemasangan *fusesaver* dimana sebelumnya jaringan tersebut telah terdapat *fuse cut out*. *Fusesaver* bekerja secara bersama dengan *fuse cut out* untuk meningkatkan dan menjaga keandalan sistem jaringan dengan melindungi *fuse cut out* melebur akibat dari gangguan transien. Dalam hal tersebut, untuk melindungi jaringan dari gangguan permanen *fuse cut out* menjadi alat proteksi pertama yang beroperasi dan *fusesaver* menjadi alat proteksi sekunder untuk melindungi *fuse cut out* dan jaringan dari gangguan temporer (sementara). *Dead time* merupakan jeda waktu yang diperlukan *fusesaver* untuk membuka (membersihkan arus) gangguan) sebelum menutup kembali (*close*). Urutan prinsip kerja *open-close* (O-C) *fusesaver* gangguan sementara dapat dilihat pada Gambar 2.18 dan Urutan prinsip kerja *open-close* (O-C) *fusesaver* gangguan permanen dapat dilihat pada Gambar 2.19.

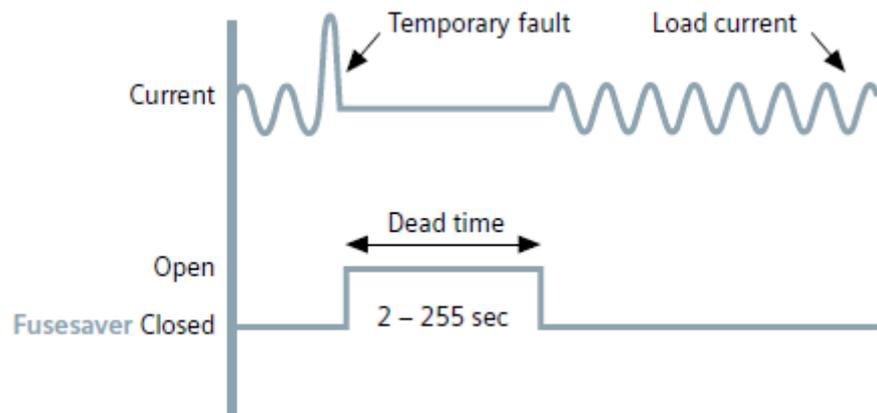


Gambar 2.18 Urutan prinsip kerja O-C *fusesaver* gangguan sementara

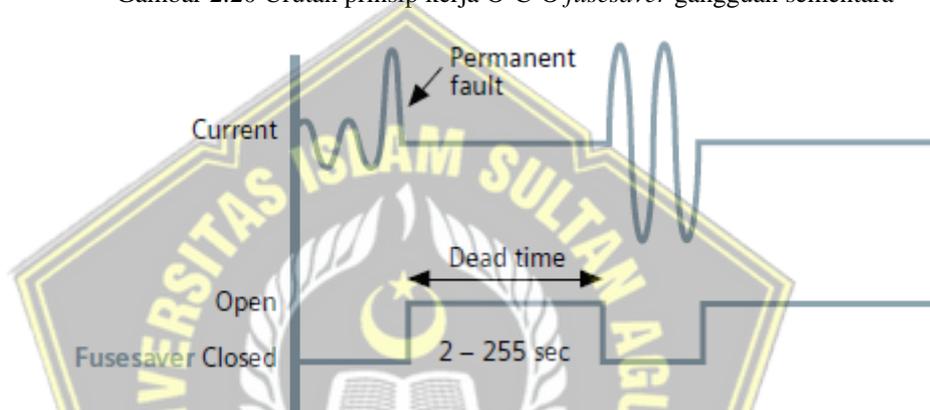


Gambar 2.19 Urutan prinsip kerja O-C *fusesaver* gangguan permanen

2. Kedua *open-close-open* (O-C-O) merupakan konfigurasi pemasangan *fusesaver* dimana sebelumnya jaringan belum terpasang *fuse cut out*. *Fusesaver* menjadi pelindung utama pada jaringan, *fusesaver* akan tetap dapat bekerja saat tidak ada arus karena *fusesaver* dapat mengisi daya dari baterai modul komunikasi. Urutan prinsip kerja *open-close-open* (O-C-O) *fusesaver* gangguan sementara dapat dilihat pada Gambar 2.20 dan Urutan prinsip kerja *open-close-open* (O-C-O) *fusesaver* gangguan permanen dapat dilihat pada Gambar 2.21.

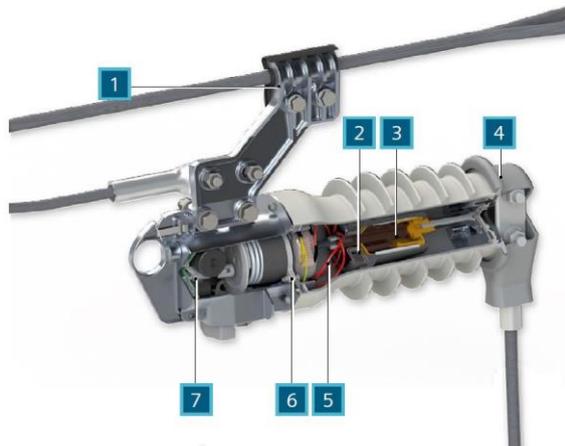


Gambar 2.20 Urutan prinsip kerja O-C-O *fusesaver* gangguan sementara



Gambar 2.21 Urutan prinsip kerja O-C-O *fusesaver* gangguan permanen

Dalam rangka meminimalkan biaya pemasangan dan pengoperasian, *fusesaver* dikembangkan sebagai bagian dari sistem alat dan aksesoris yang terintegrasi. Semua komponen sistem bekerja sama, yang memungkinkan pemasangan yang mudah, komisioning yang cepat, dan pengoperasian yang andal di semua kondisi. *Fusesaver* terdapat beberapa komponen didalamnya ditunjukkan pada Gambar 2.22.



Gambar 2.22 Komponen Fusesaver

Keterangan :

1. Dead end
2. Fault-detection current transformer
3. Vacuum interrupter
4. Bird guard
5. Power current transformer
6. Magnetic actuator
7. Electronic module

2.2.13 Indeks 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 hakikatnya 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)

Indeks keandalan merupakan indikator yang mengevaluasi dan menentukan tingkat keandalan suatu sistem tenaga, yang dinyatakan dalam besaran probabilitas. Ada berbagai faktor yang mempengaruhi indeks keandalan, yaitu pemadaman, jumlah waktu pemadaman, pelanggan yang padam dan

jumlah total konsumen (Perusahaan Listrik Negara, 1985). Berikut adalah indeks keandalan yang digunakan pada sistem distribusi :

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

Merupakan salah satu indikator yang menyatakan waktu lamanya pemadaman pada pelanggan di suatu sistem secara keseluruhan, baik itu karena gangguan maupun karena ada pemeliharaan jaringan. Untuk mengetahui nilai SAIDI dapat dilihat pada persamaan (2.1)

$$SAIDI = \frac{\sum t_i n_i}{N_i}$$

Keterangan ;

SAIDI : Durasi atau waktu lama gangguan (jam/pelanggan)

t_i : Durasi atau lama padam (jam)

n_i : Jumlah pelanggan padam

N_i : Jumlah total pelanggan unit

2) SAIFI (*System Average Interruption Frequency Index*)

Merupakan salah satu indikator yang menyatakan frekuensi (jumlah) pemadaman pada pelanggan di suatu sistem secara keseluruhan, baik itu karena gangguan maupun karena ada pemeliharaan jaringan. Untuk mengetahui nilai SAIFI dapat dilihat pada persamaan (2.2)

$$SAIFI = \frac{\sum m_i n_i}{N_i}$$

Keterangan ;

SAIFI : Frekuensi pemadaman atau laju kegagalan (kali/pelanggan)

m_i : Jumlah kali padam (kali)

n_i : Jumlah pelanggan padam

N_i : Jumlah total pelanggan unit

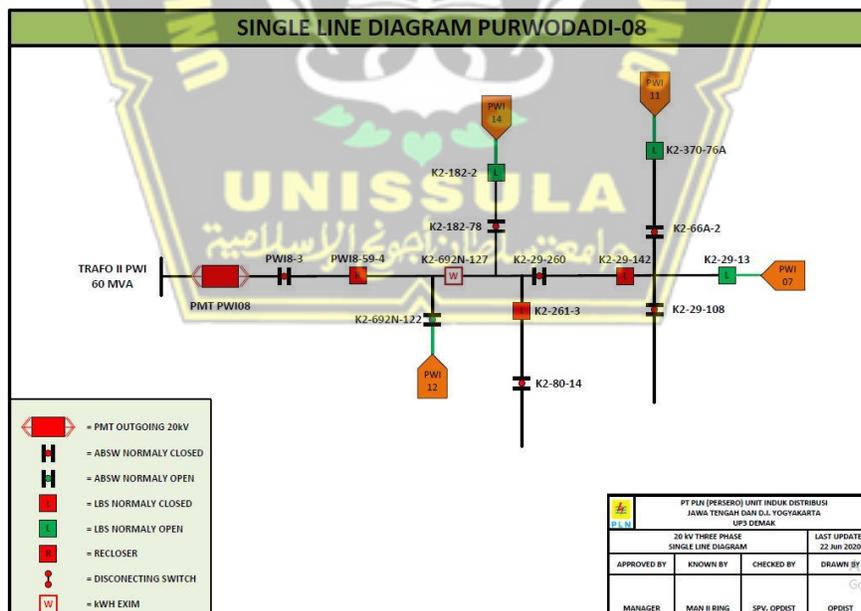
BAB III

METODE PENELITIAN

Bab ini berisi metode atau langkah-langkah yang dilakukan dari penelitian ini, adalah sebagai berikut :

3.1 Model Penelitian

Gardu Induk Purwodadi berada di Jl.Gajah Mada, Kuripan Kec.Purwodadi, Kabupaten Grobogan, Jawa Tengah. Terdapat 2 transformator yang memiliki daya 60 MVA dan 1 transformator dengan daya 30 MVA, 15 penyulang dan 288,863 kms panjang jaringan untuk pendistribusiannya. Penyulang purwodadi 08 merupakan penyulang keluaran dari trafo II GI Purwodadi 150/20 kV yang memiliki 72,12 kms panjang jaringan. SLD penyulang Purwodadi 08 dapat dilihat pada Gambar 3.1.



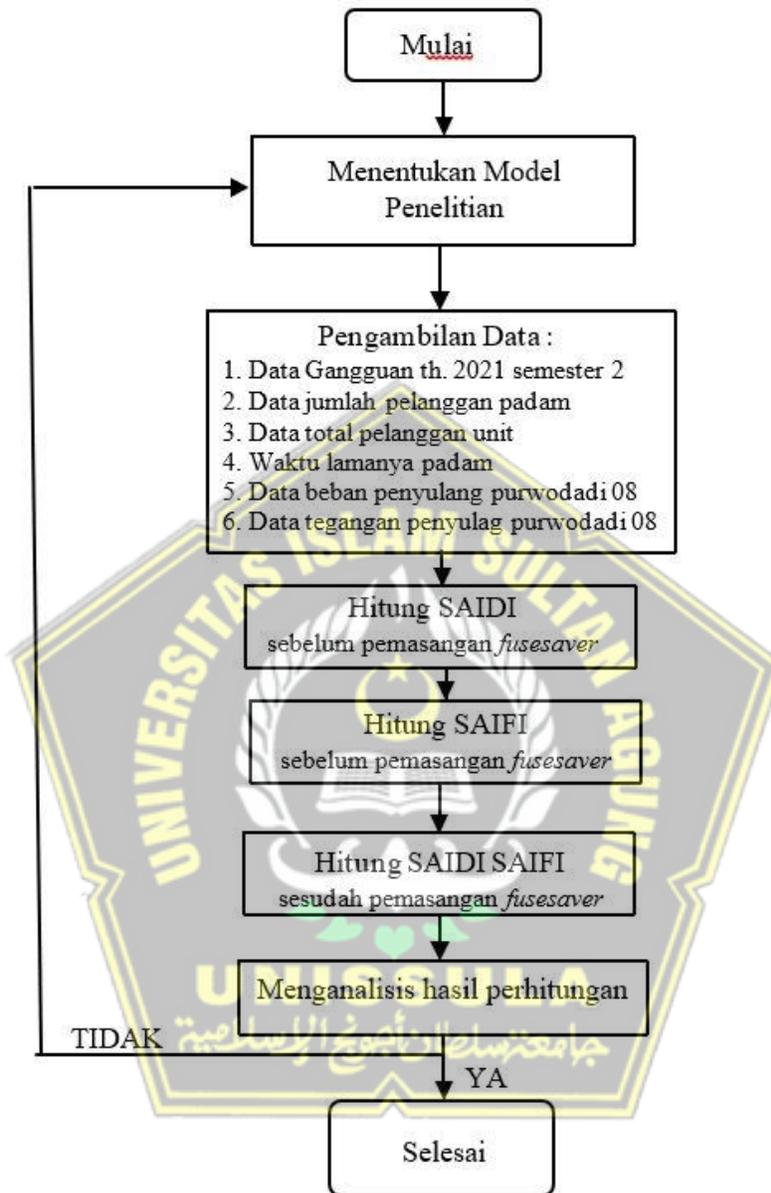
Gambar 3.1 *Single Line Diagram* Penyulang Purwodadi 08

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 awal dalam melakukan penelitian yaitu studi literatur (mengumpulkan informasi, data terkait judul penelitian, mengumpulkan). Tahapan observasi dengan mengamati langsung kelapangan. Pengambilan data dilakukan dengan observasi dan wawancara dalam mengamati objek yang diteliti sehingga didapatkan data-data yang dibutuhkan. Pada proses pembuatan laporan adalah hasil akhir dari suatu tahapan penelitian berdasarkan data-data yang sudah diperoleh saat melaksanakan penelitian. Adapun data-data pendukung diantaranya yaitu: SLD (*single line diagram*) penyulang Purwodadi 08, Data beban pada penyulang Purwodadi 8, Jumlah pelanggan penyulang Purwodadi 08, Jumlah total pelanggan pada PT PLN UP3 Demak, Data jumlah gangguan tahun 2021 semester 2, serta waktu lamaya pemadaman. Sehingga didapatkan hasil komparasi atau perbandingan SAIDI SAIFI sebelum dan sesudah *fusesaver* terpasang untuk dianalisa. Berikut *flowchart* dari penelitian ini :



Gambar 3.2 Flowchart

3.4 Metode Pengumpulan Data

- Sumber Data

Sumber data yang digunakan pada penyulang Purwodadi 08 yang diperoleh dari PT. PLN (Persero) Unit Pelaksana Pelayanan Pelanggan Demak.

- Teknik Pengambilan Data

1. Teknik Wawancara

Teknik ini dilaksanakan dengan cara tanya-jawab langsung pada *supervisor*, dan *staff* bagian teknik, 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, prosedur penelitian yang bertujuan untuk menghasilkan data-data keandalan pada sitem distribusi berupa nilai SAIDI SAIFI sebelum pemasangan *fusesaver* dan dampak sesudah pemasangan *fusesaver* yang dapat dianalisa. Data yang diperlukan seperti Data beban pada penyulang Purwodadi 8, Jumlah pelanggan yang terdampak padam pada penyulang Purwodadi 08, Jumlah total pelanggan pada PT PLN UP3 Demak, Data jumlah gangguan yang terjadi pada penyulang Purwodadi 08 tahun 2021 semester 2, serta waktu lamanya pemadaman.

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Data Lapangan

Data-data yang didapat dari PT PLN (persero) Unit Pelaksana Pelayan Pelanggan Demak, yang meliputi kelistrikan sistem jaringan distribusi 20 kV pada penyulang Purwodadi 08. Kemudian data-data yang diperoleh diolah dan dirangkum yang berisi diantara lain :

1. Jumlah Gangguan.
2. Durasi atau waktu lamanya gangguan.
3. Jumlah pelanggan padam.
4. Jumlah pelanggan total.
5. Kwh yang hilang.
6. Tegangan penyulang Purwodadi 08.

Penjelasan jenis gangguan yang sering terjadi karena faktor internal dan faktor eksternal, meliputi :

1. Faktor Internal ; gangguan yang menimpa disebabkan oleh sistem jaringan yang abnormal pada komponen jaringan, peralatan distribusi, gardu, dan tiang.
2. Faktor Eksternal ; seringkali gangguan dikarenakan oleh alam atau *force majeure* seperti sambaran petir, angin kencang, hujan lebat, banjir, gempa bumi, kebakaran, pohon roboh menimpa jaringan, orang terkena jaringan atau tersetrum, binatang mengenai jaringan dengan sisi pentanahan,

4.1.1 Data Gangguan Penyulang Purwodadi 08

Data gangguan yang terjadi pada penyulang Purwodadi 08 yaitu sebelum pemasangan *fusesaver* pada semester 2 bulan Juli sampai dengan bulan Desember tahun 2021 dan data gangguan setelah pemasangan *fusesaver* pada semester 2 bulan Juli sampai dengan bulan Desember tahun 2022. Data gangguan yang diperoleh dari

hasil penelitian dilapangan rekapitulasi gangguan sebelum *fusesaver* terpasang dapat dilihat pada Tabel 4.1 dan rekapitulasi gangguan setelah dilakukan pemasangan *fusesaver* ditunjukkan pada Tabel 4.2.

Tabel 4.1 Rekapitulasi Gangguan Penyulang Purwodadi 08 Semester 2 Tahun 2021

Bulan	Kumulatif Gangguan (kali)	Kumulatif Waktu Gangguan (jam)	Kumulatif Pelanggan Padam	Total Pelanggan
Juli	7	18,15	14560	45322
Agustus	5	16,37	12255	45322
September	6	28,35	12896	45322
Oktober	9	10,86	17488	45322
November	8	12,62	15642	45322
Desember	9	19,05	19242	45322

Tabel 4.2 Rekapitulasi Gangguan Penyulang Purwodadi 08 Semester 2 Tahun 2022

Bulan	Kumulatif Gangguan (kali)	Kumulatif Waktu Gangguan (jam)	Kumulatif Pelanggan Padam	Total Pelanggan
Juli	5	7,23	9564	48110
Agustus	3	4,97	8926	48110
September	4	5,53	10857	48110
Oktober	5	5,22	11824	48110
November	3	6,16	9845	48110
Desember	6	4,89	13728	48110

4.2 Pembahasan

4.2.1. Perhitungan Nilai SAIDI dan SAIFI Semester 2 tahun 2021 Sebelum Pemasangan Fusesaver

Pada tabel rekapitulasi gangguan penyulang Purwodadi 08 semester 2 tahun 2021 sebelum pemasangan *fusesaver* dilakukan, ada data-data yang diperlukan dalam perhitungan nilai SAIDI dan nilai SAIFI, antara lain :

- a. Jumlah Gangguan.
 - b. Durasi atau waktu lamanya gangguan.
 - c. Jumlah pelanggan padam.
 - d. Jumlah pelanggan total pada unit.
- A. Perhitungan SAIDI pada bulan Juli tahun 2021, penyulang Purwodadi 08 mengalami padam selama 18,15 jam serta pelanggan terdampak padam sebanyak 14560, total pelanggan 45322. Rumus dalam menghitung nilai SAIDI dilihat pada persamaan (2.1).

$$\begin{aligned} SAIDI &= \frac{\text{durasi padam} \times \text{jumlah pelanggan padam}}{\text{total pelanggan}} \\ SAIDI &= \frac{18,15 \times 14560}{45322} \\ &= \frac{264264}{45322} \\ &= 5,831 \text{ jam/bulan} \end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan nilai SAIDI diatas pada bulan Juli tahun 2021, didapatkan juga perhitungan nilai SAIDI untuk bulan Agustus sampai dengan bulan Desember tahun 2021. Hasil perhitungan nilai SAIDI pada penyulang Purwodadi 08 sebelum pemasangan *fusesaver* dilakukan dapat dilihat pada Tabel 4.3.

Tabel 4.3 SAIDI Penyulang Purwodadi 08 Semester 2 Tahun 2021 Sebelum Pemasangan *Fusesaver*

Bulan	Kumulatif Gangguan (kali)	Kumulatif Waktu Gangguan (jam)	Kumulatif Pelanggan Padam	Total Pelanggan	SAIDI
Juli	7	18,15	14560	45322	5,831
Agustus	5	16,37	12255	45322	4,426
September	6	28,35	12896	45322	8,067
Oktober	9	10,86	17488	45322	4,190
November	8	12,62	15642	45322	4,356
Desember	9	19,05	19242	45322	8,088

- B. Perhitungan SAIFI pada bulan Juli tahun 2021, penyulang Purwodadi 08 mengalami padam sebanyak 7 kali serta pelanggan terdampak padam sebanyak 14560, total pelanggan 45322. Rumus dalam menghitung nilai SAIFI dilihat pada persamaan (2.2).

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

$$SAIFI = \frac{7 \times 14560}{45322}$$

$$= \frac{101920}{45322}$$

$$= 2,249 \text{ kali/bulan}$$

Berdasarkan perhitungan nilai SAIFI diatas pada bulan Juli tahun 2021, didapatkan juga perhitungan nilai SAIFI untuk bulan Agustus sampai dengan bulan Desember tahun 2021. Hasil perhitungan nilai SAIFI pada penyulang Purwodadi 08 sebelum pemasangan *fusesaver* dilakukan dapat dilihat pada Tabel 4.4.

Tabel 4.4 SAIFI Penyulang Purwodadi 08 Semester 2 Tahun 2021 Sebelum Pemasangan *Fusesaver*

Bulan	Kumulatif Gangguan (kali)	Kumulatif Waktu Gangguan (jam)	Kumulatif Pelanggan Padam	Total Pelanggan	SAIFI
Juli	7	18,15	14560	45322	2,249
Agustus	5	16,37	12255	45322	1,352
September	6	28,35	12896	45322	1,707
Oktober	9	10,86	17488	45322	3,473
November	8	12,62	15642	45322	2,761
Desember	9	19,05	19242	45322	3,821

4.2.2 Perhitungan Nilai SAIDI dan SAIFI Semester 2 tahun 2022 Setelah Pemasangan *Fusesaver*

Pada tabel rekapitulasi gangguan penyulang Purwodadi 08 semester 2 tahun 2022 setelah *fusesaver* terpasang, data-data yang diperlukan dalam perhitungan nilai SAIDI dan nilai SAIFI, antara lain :

- a) Jumlah Gangguan.
- b) Durasi atau waktu lamanya gangguan.
- c) Jumlah pelanggan padam.
- d) Jumlah pelanggan total pada unit.

A. Perhitungan SAIDI pada bulan Juli tahun 2022, penyulang Purwodadi 08 mengalami padam selama 7,23 jam serta pelanggan terdampak padam sebanyak 9564, total pelanggan 48110. Rumus dalam menghitung SAIDI dilihat pada persamaan (2.1).

$$SAIDI = \frac{\text{durasi padam} \times \text{jumlah pelanggan padam}}{\text{total pelanggan}}$$

$$SAIDI = \frac{7,23 \times 9564}{48110}$$

$$= \frac{69147,72}{48110}$$

$$= 1,437 \text{ jam/bulan}$$

Berdasarkan perhitungan nilai SAIDI diatas pada bulan Juli tahun 2022, didapatkan juga perhitungan nilai SAIDI untuk bulan Agustus sampai dengan bulan Desember tahun 2022. Hasil perhitungan nilai SAIDI pada penyulang Purwodadi 08 setelah pemasangan *fusesaver* dilakukan dapat dilihat pada Tabel 4.5.

Tabel 4.5 SAIDI Penyulang Purwodadi 08 Semester 2 Tahun 2022 Setelah Pemasangan *Fusesaver*

Bulan	Kumulatif Gangguan (kali)	Kumulatif Waktu Gangguan (jam)	Kumulatif Pelanggan Padam	Total Pelanggan	SAIDI
Juli	5	7,23	9564	48110	1,437
Agustus	3	4,97	8926	48110	0,922
September	4	5,53	10857	48110	1,248
Oktober	5	5,22	11824	48110	1,283
November	3	6,16	9845	48110	1,261
Desember	6	4,89	13728	48110	1,395

B. Perhitungan SAIFI pada bulan Juli tahun 2022, penyulang Purwodadi 08 mengalami padam sebanyak 5 kali serta pelanggan terdampak padam sebanyak 9564, total pelanggan 48110. Rumus dalam menghitung *SAIFI* dilihat pada persamaan (2.2).

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

$$SAIFI = \frac{5 \times 9564}{48110}$$

$$= \frac{4780}{48110}$$

= 0,994 kali/bulan

Berdasarkan perhitungan nilai SAIFI diatas pada bulan Juli tahun 2022, didapatkan juga perhitungan nilai SAIFI untuk bulan Agustus sampai dengan bulan Desember tahun 2022. Hasil perhitungan nilai SAIFI pada penyulang Purwodadi 08 setelah pemasangan *fusesaver* dilakukan dapat dilihat pada Tabel 4.6.

Tabel 4.6 SAIFI Penyulang Purwodadi 08 Semester 2 Tahun 2022 Setelah Pemasangan *Fusesaver*

Bulan	Kumulatif Gangguan (kali)	Kumulatif Waktu Gangguan (jam)	Kumulatif Pelanggan Padam	Total Pelanggan	SAIFI
Juli	5	7,23	9564	48110	0,994
Agustus	3	4,97	8926	48110	0,557
September	4	5,53	10857	48110	0,903
Oktober	5	5,22	11824	48110	1,229
November	3	6,16	9845	48110	0,614
Desember	6	4,89	13728	48110	1,712

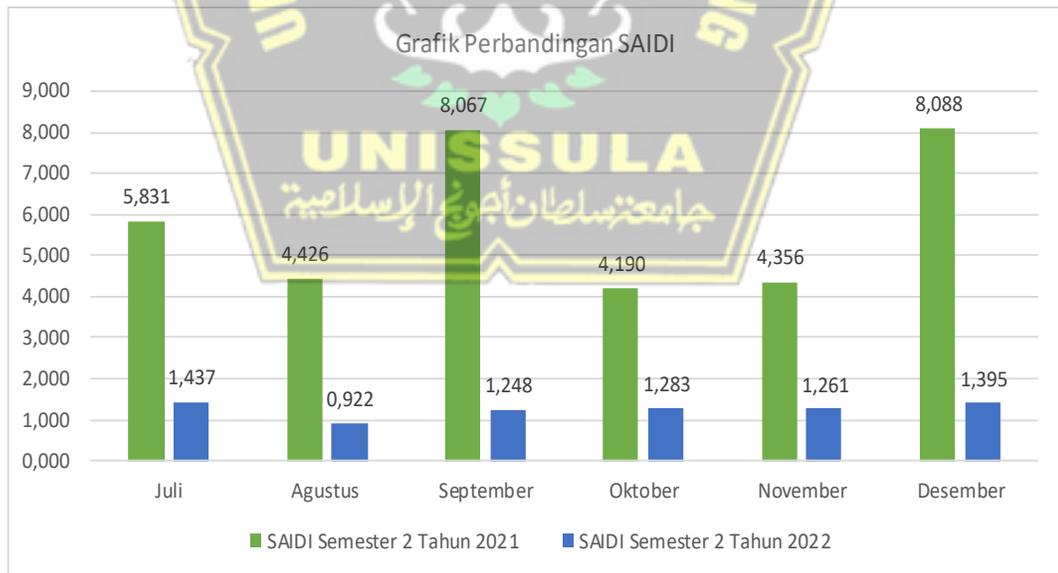
4.2.3 Perbandingan Hasil Perhitungan Nilai SAIDI dan SAIFI Sebelum dan Setelah Pemasangan *Fusesaver*

Hasil Penelitian didapatkan perbandingan nilai indeks SAIDI pada penyulang Purwodadi 08 sebelum pemasangan *fusesaver* dan setelah pemasangan *fusesaver*, dapat dilihat pada Tabel 4.7.

Tabel 4.7 Perbandingan Nilai SAIDI Penyulang Purwodadi 08 sebelum dan setelah pemasangan *fusesaver*

Bulan	SAIDI	SAIDI	Persentase Keandalan
	Semester 2 Tahun 2021	Semester 2 Tahun 2022	
Juli	5,831	1,437	75,35%
Agustus	4,426	0,922	79,17%
September	8,067	1,248	84,53%
Oktober	4,190	1,283	69,38%
November	4,356	1,261	71,06%
Desember	8,088	1,395	82,75%
1 Semester	5,826	1,258	78,41%

Dan berdasarkan dari tabel tersebut dapat dilihat grafik perbandingan nilai SAIDI seperti Gambar 4.1.



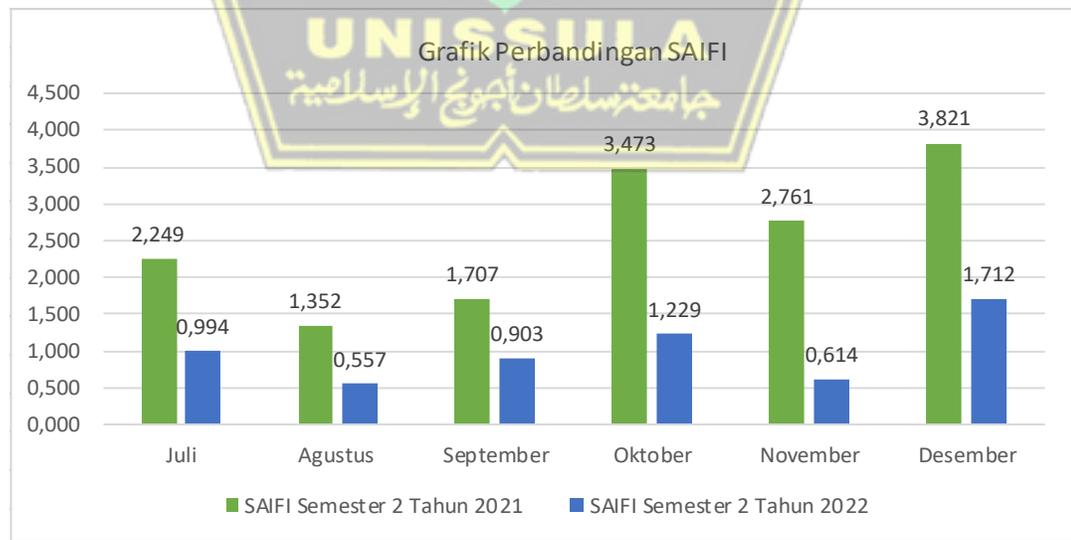
Gambar 4.1 Grafik Perbandingan Nilai SAIDI Penyulang Purwodadi 08

Sedangkan untuk hasil perhitungan nilai indeks SAIFI pada penyulang Purwodadi 08 sebelum pemasangan *fusesaver* dan setelah pemasangan *fusesaver*, dapat dilihat pada Tabel 4.8.

Tabel 4. 8 Perbandingan Nilai SAIFI Penyulang Purwodadi 08 sebelum dan setelah pemasangan *fusesaver*

Bulan	SAIFI	SAIFI	Persentase Keandalan
	Semester 2 Tahun 2021	Semester 2 Tahun 2022	
Juli	2,249	0,994	55,80%
Agustus	1,352	0,557	58,83%
September	1,707	0,903	47,13%
Oktober	3,473	1,229	64,61%
November	2,761	0,614	77,77%
Desember	3,821	1,712	55,19%
1 Semester	2,560	1,001	60,89%

Dan berdasarkan dari tabel tersebut dapat dilihat grafik perbandingan nilai SAIFI seperti Gambar 4.2.



Gambar 4.2 Grafik Perbandingan Nilai SAIFI Penyulang Purwodadi 08

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan teori, data-data, hasil perhitungan dan analisa keandalan sistem distribusi pada penyulang Purwodadi 08, maka ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Sistem distribusi pada penyulang Purwodadi 08 menggunakan kabel jenis AAAC (*All Aluminium Alloy Conductor*) atau kabel tanpa isolasi sebagai pelindung, dikarenakan kondisi daerah yang banyak terdapat binatang-binatang dan pepohonan sehingga sering mengalami gangguan. Hubung singkat merupakan penyebab dari gangguan tersebut. Saat penyulang Purwodadi 08 terjadi gangguan hubung singkat, alat pengaman yang terpasang pada sistem jaringan tidak dapat menghilangkan gangguan secara maksimal maka mempengaruhi seluruh sistem. Sehingga berakibat nilai SAIDI naik (waktu padam lama) dan peningkatan nilai SAIFI (meningkatnya jumlah pelanggan yang padam).
2. Sedangkan setelah dilakukan pemasangan *fusesaver* pada penyulang Purwodadi 08, saat mengalami gangguan hubung singkat maka dengan *fusesaver* gangguan tersebut dapat langsung dihilangkan. Karena saat mengalami gangguan hubung singkat *fusesaver* diatur agar bekerja untuk melindungi atau meproteksi dari gangguan. Sehingga didapatkan manfaat pemasangan *fusesaver* yaitu menekan nilai SAIDI dan nilai SAIFI, serta meningkatkan keandalan dan menjaga suplai energi listrik.
3. Setelah dilakukan pemasangan *fusesaver* diperoleh peningkatan kualitas suplai energi listrik, ditunjukkan hasil dari perhitungan sebelum *fusesaver* terpasang dalam kurun waktu 1 semester pelanggan penyulang Purwodadi 08 mengalami rata-rata lama waktu padam sebesar 5,826 (jam/bulan) dan rata-rata mengalami dampak padam sebesar 2,560 (kali/bulan). Dan setelah *fusesaver* terpasang mengalami rata-rata lama waktu padam sebesar 1,258 (jam/bulan) dan rata-rata

mengalami dampak padam sebesar 1,001 (kali/bulan). Sehingga dengan adanya *fusesaver* persentase keandalan pada penyulang Purwodadi 08 menjadi meningkat, untuk persentase keandalan nilai SAIDI sebesar 78,41% dan persentase keandalan nilai SAIFI sebesar 60,89% pada penyulang Purwodai 08.

5.2 Saran

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

1. Memasang *fusesaver* perlu diimplementasikan pada seluruh sistem distribusi PLN UP3 Demak yang mempunyai cabang jaringan yang panjang. Pada zona satu dititik percabangan dapat dipasang *fusesaver* sehingga sistem distribusi yang lain tidak terkena dampak saat gangguan terjadi.
2. Dari sisi ekonomi, *fusesaver* dapat menghemat untuk nilai investasi karena tidak perlu ada penggantian komponen ketika *fusesaver* bekerja.
3. Perlunya publikasi ke instansi pendidikan khususnya teknik listrik ataupun elektro tentang *fusesaver* sehingga ilmu pengetahuan dan wawasan bertambah berkaitan dengan inovasi terbaru dalam hal ini peralatan proteksi sistem jaringan distribusi 20 kV.

DAFTAR PUSTAKA

- Carolina Patrryia Maryana. (2022). *Studi Keandalan Sistem Distribusi Jaringan SKTM Akibat Gangguan Di PT PLN (persero) ULP Bandung Utara*.
- Ibnu Hajar, M. H. P. (2019). Analisa Nilai Saidi Saifi Sebagai Indeks Keandalan Penyediaan Tenaga Listrik Pada Penyulang Cahaya Pt. Pln (Persero) Area Ciputat. In *Energi & Kelistrikan* (Vol. 10, Issue 1, pp. 70–77).
<https://doi.org/10.33322/energi.v10i1.330>
- Karyana. (2013). Pedoman dan Petunjuk Sistem Proteksi Transmisi dan Gardu Induk Jawa Bali. *PT. PLN (Persero) Penyaluran Dan Pusat Pengatur Beban Jawa-Bali, September*, 513.
- Perusahaan Listrik Negara. (1985). *Keandalan pada Sistem Distribusi 20kV dan 6 kV*. 2–7.
- PT. PLN (Persero). (2014). Buku Pedoman Pemeliharaan Transformator Tenaga No, 0520-2.K/. *Pt Pln Persero*.
- Rani, M. C. I., Suratno, S., & Djalil, M. S. (2021). Analisis Pengaruh Pemasangan Fusesaver Terhadap Keandalan Penyulang J4 Gardu Induk Karang Joang Balikpapan. *PoliGrid*, 2(1), 10. <https://doi.org/10.46964/poligrd.v2i1.715>
- 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.
- Siburian, J. M., Siahaan, T., & Sinaga, J. (2020). Analisis Peningkatan Kinerja Jaringan Distribusi 20Kv Dengan Metode Thermovisi Jaringan Pt. Pln (Persero) Ulp Medan Baru. *Jurnal Teknologi Energi Uda*, 9(1), 8–19.

Siemens. (2020). *Fusesaver with Reclosing Functionality Outdoor Vacuum Circuit Breaker and Remote Control Unit*.

Suhadi, & Wrahatnolo, T. (2008). Teknik Distribusi Tenaga Listrik, Jilid 3 untuk SMK. In *Journal of Chemical Information and Modeling* (Vol. 53, Issue 9).
<http://dx.doi.org/10.1016/j.tws.2012.02.007>

Trafo, E., Di, D., & Induk, G. (2021). *Analisis Pengaruh Beban Puncak Terhadap Efisiensi Trafo Daya Di Gardu Induk 150 Kv*.

Wiharja, U. (2009). *Ujang Wiharja, MT*.

