



**ANALISIS PENINGKATAN KEHANDALAN JARINGAN
DISTRIBUSI DENGAN METODE ULTRASONIKA
JARINGAN PT PLN (PERSERO)
AREA SIBOLGA RA YON
DOLOKSANGGUL**

Disusun dan diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Menempuh Ujian
Akhir Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Pada Fakultas Sains dan
Teknologi Universitas Pembangunan Panca Budi

SKRIPSI

OLEH :

NAMA : KAMSIA ARIANTO SIMANJUNTAK
NPM : 1414210120
PROGRAM STUDI : TEKNIK ELEKTRO
PEMINATAN : TEKNIK ENERGI LISTRIK

**FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS PEMBANGUNAN PANCA BUDI
MEDAN
2019**

**ANALISIS PENINGKATAN KEHANDALAN JARINGAN
DISTRIBUSI DENGAN METODE ULTRASONIKA
JARINGAN PT PLN (PERSERO)
AREA SIBOLGA RAYON
DOLOKSANGGUL**

Kamsia Arianto Simanjuntak*
Adi Sastra, S.T., M.T**
Pristisal Wibowo, S.T., M.T**
Universitas Pembangunan Panca Budi

ABSTRAK

Sistem distribusi adalah sistem tenaga listrik yang menyalurkan energi listrik dari pembangkit hingga ke pelanggan PLN. Perusahaan PT PLN (Persero) dituntut untuk memberikan kualitas dan kuantitas dalam memberikan pelayanan suplai listrik kepada pelanggan. Dalam pemberian suplai listrik sering kali mendapati permasalahan dilapangan, salah satunya adalah gangguan penyulang sehingga padam listrik akibat permasalahan pada komponen HUTM yang kurang handal. Sulitnya menemukan titik komponen penyebab gangguan membuat pemadaman masih terjadi dan membuat efek negatif terhadap masyarakat dan tidak tercapainya target yang diberikan dari Kementerian ESDM. Untuk itu, diperlukan penanganan tepat sasaran untuk dapat mengatasi pemadaman akibat kegagalan komponen dengan mendeteksi komponen yang kurang handal sehingga dapat dipelihara. Inspeksi Ultrasonika adalah metode menggunakan Ultrasonik untuk mendeteksi komponen HUTM yang kurang handal untuk dengan maksud untuk membantu unit kerja pemeliharaan jaringan distribusi PT. PLN (PERSERO) dalam upaya menanggulangi pemadaman akibat kegagalan komponen pada HUTM.

Kata kunci : Gangguan , Inspeksi, Ultrasonik.

* Mahasiswa Program Studi Teknik Elektro: kamsiaariantosimanjuntak@gmail.com

** Dosen Program Studi Teknik Elektro

**ANALYSIS OF INCREASING THE RELIABILITY OF DISTRIBUTION
NETWORKS WITH THE ULTRASONIC METHOD IN THE
NETWORK OF PT. PLN (PERSERO) AREA
SIBOLGA RAYON DOLOKSANGGUL**

Kamsia Arianto Simanjuntak*
Adi Sastra, S.T., M.T**
Pristisal Wibowo, S.T., M.T**
University Of Pembangunan Panca Budi

ABSTRACT

Distribution system is an electric power system that distributes electrical energy from the plant to PLN customers. The company PT PLN (Persero) is required to provide quality and quantity in providing electricity supply services to customers. In providing electricity supply, it is often found problems in the field, one of which is the interference of feeders so that the electricity goes out due to problems in the HUTM components that are less reliable. The difficulty of finding component points that cause disruption makes blackouts still occur and has a negative effect on the community and does not achieve the targets given by the Ministry of Energy and Mineral Resources. For this reason, it is necessary to handle the target to overcome blackouts due to component failure by detecting less reliable components so that they can be maintained. Inspeki Ultrasonika is a method of using Ultrasonic to detect HUTM components that are less reliable for the purpose of helping the distribution network maintenance work unit of PT. PLN (PERSERO) in an effort to overcome blackouts due to failure of components on HUTM.

Key Words : *Interference, Inspection, Ultrasonics*

* *Student of Electrical Engineering Study Program:*

kamsiaariantosimanjuntak@gmail.com

** *Lecturer of Electrical Engineering Program*

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	
HALAMAN PENGESAHAN	
PERNYATAAN ORISINALITAS	
PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI	
ABSTRAK	
<i>ABSTRACT</i>	
KATA PENGANTAR	i
DAFTAR ISI.....	ii
DAFTAR TABEL.....	v
DAFTAR GAMBAR	vi
BAB 1 PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Batasan Masalah.....	4
1.4 Tujuan Penelitian.....	4
1.5 Manfaat.....	4
1.6 Teknik Pengumpulan Data.....	5
1.7 Sistematika Penulisan	5
BAB 2 LANDASAN TEORI	
2.1 Sistem Distribusi Tenaga Listrik	6
2.1.1 Sistem Jaringan Distribusi Primer.....	7
2.1.2 Sistem Jaringan Distribusi Sekunder	10
2.2 Konfigurasi Sistem Jaringan Distribusi Primer 20 kV.....	12
2.2.1 Sistem Radial.....	13
2.2.2 Sistem Lingkaran (<i>Loop/ Ring</i>)	14
2.2.3 Sistem <i>Spindle</i>	15
2.2.4 Sistem Gugus (<i>Mesh</i>).....	16

2.3	Sistem Pengaman Jaringan Distribusi Primer	17
2.3.1	Pemutus Tenaga (PMT) / <i>Circuit Breaker (CB)</i>	18
2.3.2	Pemisah (PMS) / <i>Disconnecting Switch (DS)</i>	19
2.3.3	Penutup Balik Otomatis (<i>Recloser</i>).....	19
2.3.4	Saklar Seksi Otomatis (<i>SSO</i>) / <i>Sectionalyzer</i>	20
2.3.5	Saklar Beban / <i>Load Break Switch (LBS)</i>	21
2.3.6	Pelebur / <i>Fuse Cut Out (FCO)</i>	22
2.3.7	Arrester	22
2.3.8	Isolator	23
2.4	Gangguan Sistem Distribusi	24
2.5	Kehandalan Sistem Distribusi	26
2.6	Standar Perusahaan Listrik Negara (SPLN).....	29
2.7	Indeks Nilai Kehandalan	30
2.7.1	Laju Kegagalan	30
2.7.2	SAIDI (<i>System Average Interruption Duration Index</i>)	30
2.7.3	SAIFI (<i>System Average Interruption Frequency Index</i>)	31
2.7.4	CAIDI (<i>Customer Average Interruption Duration Index</i>).....	31
2.8	Standar Nilai Indeks Kehandalan	32
2.8.1	Standar Nilai Indeks Kehandalan SPLN 68-2 : 1986	33
2.8.2	Standar Nilai Indeks Kehandalan IEEE std 1366 – 2003.....	33
2.8.3	Standar Nilai Indeks Kehandalan WCS (<i>World Class Service</i>)& WCC (<i>World Class Company</i>).....	33
2.8.4	Standard Nilai Deklasarasi TMP PLN Rayon Doloksanggul ..	33
2.9	Cara Kerja Ultrasonik	34
2.10	Penggunaan Ultrasonik Untuk Inspeksi Jaringan.....	36

BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN

3.1	Waktu dan Tempat Penelitian	40
3.2	Data Penelitian.....	40
3.3	Alat-Alat.....	41

3.4	Metode Penelitian.....	41
3.5	Kendala Yang Dihadapi.....	41
3.6	Diagram Penelitian.....	43
BAB 4	PEMBAHASAN DAN ANALISA	
4.1	Penyebab Terjadinya Gangguan Pada Jaringan Distribusi	47
4.1.1	Data Gangguan Penyulang Bulan November 2018	48
4.1.2	Data Penyulang Yang Sudah Diinspeksi Dengan Ultrasonik ..	49
4.1.3	Data Gangguan Penyulang Bulan Desember 2018	49
4.1.4	Perbandingan Gangguan Penyulang Januari - Februari 2018 ..	50
4.2	Penggunaan Ultrasonik Untuk Inspeksi Jaringan	51
4.3	Penggunaan Ultrasonik Untuk Inspeksi Jaringan	52
4.4	Data Jumlah Pelanggan dan Nilai SAIDI November - Desember 2018.....	54
4.6	TMP (Tingkat Mutu Pelayanan) Rayon Doloksanggul.....	57
BAB 5	KESIMPULAN DAN SARAN	
5.1	Kesimpulan	60
5.2	Saran	61
	DAFTAR PUSTAKA	62
	LAMPIRAN.....	63

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Standar Nilai Indeks Keandalan SPLN 68-2 : 1986.....	31
Tabel 2.2 Standar Nilai Indeks Keandalan IEEE std 1366 – 2003.....	31
Tabel 2.3 Standar Nilai Indeks Keandalan WCS & WCC	32
Tabel 2.4 Standard Nilai Deklasarasi TMP PLN Rayon Doloksanggul	32
Tabel 2.5 Rekomendasi Tindakan	36
Tabel 3.1 Data Gangguan Penyulang Rayon Doloksanggul Bulan November 2018.	38
Tabel 3.2 Data SAIDI SAIFI Bulan November 2018	39
Tabel 3.3 Data Pelanggan Padam dan Jumlah Pelanggan November 2018	39
Tabel 4.1 Gangguan penyulang bulanNovember 2018	45
Tabel 4.2 Penyulang yang sudah diinspeksi dengan Ultrasonik	46
Tabel 4.3 Gangguan penyulang bulan Desember 2018.....	46
Tabel 4.4 Perbandingan Gangguan Penyulang November- Desember2018	47
Tabel 4.5 Data Pelanggan November - Desember 2018	51
Tabel 4.6 Data Real SAIDI November - Desember 2018.....	51
Tabel 4.7 Data Real SAIFI Januari - Februari 2018.....	53
Tabel 4.8 Tabel Perhitungan Nilai SAIFI Januari - Februari 2018	53
Tabel 4.9 Tabel Perhitungan Nilai TMP November - Desember 2018.....	56

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Saluran Udara Tegangan Menengah.....	8
Gambar 2.2 Kabel Udara Tegangan Menengah	8
Gambar 2.3 Kabel Tanah Tegangan Menengah	9
Gambar 2.4 Saluran Udara Tegangan Rendah	11
Gambar 2.5 Saluran Kabel Tegangan Rendah.....	11
Gambar 2.6 Konfigurasi Jaringan Radial	13
Gambar 2.7 Konfigurasi Jaringan Loop/ Ring	14
Gambar 2.8 Konfigurasi Jaringan Spindle	15
Gambar 2.9 Konfigurasi Jaringan Mesh	16
Gambar 2.10 Circuit Breaker.....	17
Gambar 2.11 Disconnecting Switch	18
Gambar 2.12 Recloser	19
Gambar 2.13 Sectionalyzer.....	20
Gambar 2.14 Load Break Switch	20
Gambar 2.15 Fuse Cut Out	21
Gambar 2.16 Arrester	22
Gambar 2.17 Isolator	23
Gambar 2.18 Ultrasonik	34
Gambar 3.1 Diagram blok	41
Gambar 3.2 Diagram alir (flowchart)	42
Gambar 4.1 Grafik Gangguan Penyulang November 2018.....	45
Gambar 4.2 Grafik Gangguan Penyulang Desember 2018	47
Gambar 4.3 Grafik Perbandingan Gangguan November - Desember 2018	48
Gambar 4.4 Proses Inspeksi menggunakan Ultrasonik	49
Gambar 4.5 Monitoring display Ultrasonik saat menemukan titik gangguan.	50
Gambar 4.6 Komponen rusak dan ketahuan dari hasil metode Ultrasonika	50
Gambar 4.7 Grafik Perbandingan SAIDI November - Desember 2018.....	52
Gambar 4.8 Grafik Perbandingan SAIFI November 2018	54

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

PT PLN (Persero) sebagai perusahaan yang bergerak dalam bidang pengadaan listrik harus dapat memenuhi kebutuhan listrik bagi masyarakat dan mendistribusikan secara merata dengan kualitas pelayanan penyediaan tenaga listrik yang baik. Tingkat kepuasan terhadap pelayanan tergantung pada kehandalan mutu system distribusi tenaga listrik. Kehandalan system distribusi merupakan tingkat keberhasilan kinerja sebuah sistem atau bagian dari sebuah sistem, untuk dapat memberikan hasil yang lebih baik pada waktu dan kondisi tertentu. Untuk dapat menentukan tingkat kehandalan dari sebuah sistem, perlu dilakukan kajian berupa perhitungan dan analisa terhadap tingkat keberhasilan pada sistem yang ditinjau pada periode tertentu, untuk kemudian dibandingkan dengan standar yang sudah ditetapkan sebelumnya.

Kehandalan tenaga listrik adalah menjaga kontinuitas penyaluran energy listrik kepada pelanggan (terutama pelanggan daya besar). Apabila kontinuitas penyaluran energy listrik tersebut terputus atau terganggu, maka akan mengakibatkan kerugian di sisi pelanggan.

Jaringan tegangan menengah mempunyai peranan yang sangat vital dalam menentukan tingkat kehandalan penyaluran energi listrik. Karena jaringan yang baik dapat melokalisir gangguan yang terjadi dan sesegera mungkin dapat melakukan

perpindahan penyaluran energy melalui jaringan lainnya (manuver). Kontinuitas pelayanan merupakan salah satu *unsure* dari kualitas pelayanan, dan kesemuanya tergantung pada jenis dan tipe penyalur dan peralatan pengaman yang digunakan. Jaringan distribusi sebagai saran penyaluran energi listrik mempunyai tingkat kontinuitas pelayanan berdasarkan jangka waktu mengoperasikan kembali saluran setelah mengalami gangguan.

Guna mengukur tingkat pelayanan penyediaan tenaga listrik kepada masyarakat maka Pemerintah dalam hal ini *Menteri Energi dan Sumber Daya mineral* (ESDM) Republik Indonesia sejak 2002 telah mengeluarkan Peraturan tentang *Tingkat Mutu Pelayanan* (TMP) berupa acuan untuk PT PLN (persero) meningkatkan TMP dengan berisi indikator antara lain :

1. Lama gangguansatuan jam/bulan/konsumen,
2. Tegangan tinggi di titik pemakaian dengan satuan kV;
3. Tegangan menengah di titik pemakaian dengan satuan kV;
4. Tegangan rendah di titik pemakaian dengan satuan volt;
5. Frekuensi di titik pemakaian dengan satuan hertz;
6. **Lama gangguan dengan satuan jam/bulan/konsumen;**
7. **Jumlah gangguan dengan satuan kali/bulan/konsumen;**
8. Kecepatan pelayanan sambungan baru tegangan menengah dengan satuan hari kerja;
9. Kecepatan pelayanan sambungan baru tegangan rendah dengan satuan hari kerja;

10. Kecepatan pelayanan perubahan daya tegangan menengah dengan satuan hari kerja;
11. **Kecepatan pelayanan perubahan daya tegangan rendah dengan satuan hari kerja;**
12. Kecepatan menanggapi pengaduan gangguan dengan satuan jam;
13. **Kesalahan pembacaan kWh meter dengan satuan kali/triwulan/konsumen;** dan
14. **Waktu koreksi kesalahan rekening dengan satuan hari kerja.**

Namun yang akan kita bahas hanya lama gangguan dan jumlah gangguan karena masalah tersebut adalah indikator penting yang selalu dihadapi untuk menjaga kepuasan pelanggan. Oleh karena penulis melakukan penelitian berjudul “*Analisis Peningkatan Keandalan Jaringan Distribusi dengan Metode Ultrasonika Jaringan PTPLN (Persero) Area Sibolga Rayon Doloksanggul*”.

1.2 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah dari penelitian ini adalah :

- a. Apa saja penyebab terjadinya gangguan pada jaringan distribusi penyulang DLS.1 (Aek Sibundong).
- b. Bagaimana cara menggunakan alat Ultrasonik pada jaringan distribusi.
- c. Bagaimana cara menghitung standar nilai TMP.

1.3 Batasan Masalah

Agar penelitian dapat menghasilkan suatu hasil yang maksimal, maka perlu dilakukan batasan masalah antara lain yaitu :

- a. Penggunaan Ultrasonik sebagai alat bantu inspeksi jaringan distribusi.
- b. Perbandingan data jumlah gangguan penyulang dan nilai Realisasi TMP pada saat sebelum dan sesudah dilakukan metode Ultrasonika.

1.4 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan penelitian ini adalah :

- a. Memberikan pengetahuan tentang penyebab gangguan pada jaringan distribusi khusus pada penyulang DLS. 1 (Aek Sibundong)
- b. Mengetahui cara penggunaan Ultrasonik untuk inspeksi jaringan.
- c. Mengetahui cara menghitung standar nilai TMP.

1.5 Manfaat

Adapun manfaat penelitian ini yaitu :

- a. Manfaat terhadap institusi perusahaan yaitu menjadi evaluasi terhadap gangguan penyulang dan sebagai bahan untuk merencanakan pemeliharaan penyulang.
- b. Manfaat terhadap institusi lembaga kampus dan masyarakat yaitu memberikan informasi lengkap tentang penyebab padamnya aliran listrik, memberikan pengetahuan tentang cara kerja Ultrasonik dan bagaimana cara penggunaannya.

1.6 Teknik Pengumpulan Data

Adapun teknik pengumpulan data yang dilakukan adalah dengan melakukan studi kasus (penelitian lapangan), kemudian melakukan pengambilan data gangguan penyulang sebelum dan sesudah dilakukan metode Ultrasonika.

1.7 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan dalam pembuatan skripsi ini yaitu terdiri dari :

- a. Bab.1 Pendahuluan yang berisi tentang latar belakang, masalah, tujuan penulisan dan batasan permasalahan tentang Analisis Peningkatan Keandalan Jaringan Distribusi Dengan Metode Ultrasonika Jaringan pada PT. PLN (Persero) Rayon Doloksanggul.
- b. Bab 2. Landasan Teori yang memuat tentang penjelasan tentang teori, pengertian dan definisi yang berkaitan dengan pembahasan proposal.
- c. Bab 3. Metodologi Penelitian berisi tentang waktu dan tempat penelitian, data penelitian dan alat-alat yang digunakan.
- d. Bab 4. Pembahasan dan analisis berisi tentang pembahasan, analisis hasil data, perhitungan dan perbandingan hasil sebelum dan sesudah penelitian.
- e. Bab 5. Penutup, berisi kesimpulan dan sa

BAB 2

LANDASAN TEORI

Kehandalan adalah kemungkinan dari sistem untuk dapat bekerja optimal untuk waktu yang telah ditentukan dalam berbagai kondisi. Kehandalan sistem distribusi erat kaitannya dengan masalah pemutusan beban yang merupakan akibat adanya gangguan pada sistem. Kehandalan sistem distribusi berbanding terbalik dengan tingkat pemutusan beban sistem. Semakin tinggi frekuensi pemutusan beban pada sistem, maka kehandalan sistem semakin berkurang, begitu juga sebaliknya.

2.1 Sistem Distribusi Tenaga Listrik

Fungsi utama sistem distribusi ialah menyalurkan dan mendistribusikan tenaga listrik dari Gardu Induk distribusi (*distribution substation*) kepada pelanggan listrik dengan mutu pelayanan yang memadai. Salah satu unsur dari mutu pelayanan adalah kontinuitas pelayanan yang tergantung pada topologi dan konstruksi jaringan serta peralatan tegangan menengah. Masalah utama dalam menjalankan fungsi jaringan distribusi tersebut adalah mengatasi gangguan dengan cepat mengingat gangguan yang terbanyak dalam sistem tenaga listrik terdapat dalam jaringan distribusi, khususnya jaringan tegangan menengah.

Pada sistem distribusi tenaga listrik, tingkat kehandalan adalah hal yang sangat penting dalam menentukan kinerja sistem tersebut. Kehandalan ini dapat ditinjau dari sejauh mana suplai tenaga listrik dapat mensuplai secara kontinu ke konsumen. Permasalahan yang paling mendasar pada sistem distribusi tenaga

listrik adalah terletak pada mutu, kontinuitas dan ketersediaan pelayanan daya listrik pada pelanggan.

Prakiraan kehandalan didasarkan pada sejumlah faktor diantaranya adalah karakteristik operasinya, kondisi operasi dan distribusi kegagalannya. Jadi, langkah pertama untuk memperkirakan kehandalan sistem distribusi adalah menentukan karakteristik operasi dari komponen-komponennya.

2.1.1 Sistem Jaringan Distribusi Primer

Sistem jaringan distribusi primer adalah bagian dari sistem tenaga listrik diantara Gardu Induk dan Gardu Distribusi. Jaringan distribusi primer ini umumnya terdiri dari jaringan tiga fasa, yang jumlahnya tiga kawat atau empat kawat. Penurunan tegangan sistem ini dari tegangan transmisi, pertama-tama dilakukan pada gardu induk subtransmisi, dimana tegangan diturunkan ke tegangan yang lebih rendah mulai sistem tegangan 500 kV ke sistem tegangan 150 kV atau ke tegangan 70 kV, kemudian pada gardu induk distribusi kembali diturunkan menjadi 20 kV.

Sistem penyaluran daya listrik pada sistem jaringan distribusi primer dapat dibedakan menjadi tiga, yaitu :

1. Saluran Udara Tegangan Menengah (SUTM)

Jenis penghantar yang digunakan adalah kabel tanpa isolasi seperti kawat AAAC (*All Aluminium Alloy Conductor*), ACSR (*Aluminium Conductor Steel Reinforced*), dan lain-lain. (*PLN Buku 5: Standar Konstruksi Jaringan Tegangan Menengah Tenaga Listrik*)



Gambar 2.1 Saluran Udara Tegangan Menengah
(PLN Buku 5: Standar Konstruksi Jaringan Tegangan Menengah Tenaga Listrik, 2010)

2. Saluran Kabel Udara Tegangan Menengah (SKUTM)

Jenis penghantar yang digunakan adalah kawat berisolasi seperti MVTIC (*Medium Voltage Twisted Insulation Cable*) dan AAACS (*Kabel Aluminium Alloy dengan pembungkus lapisan PVC*). (PLN Buku 5: Standar Konstruksi Jaringan Tegangan Menengah Tenaga Listrik)



Gambar 2.2 Kabel Udara Tegangan Menengah
(PLN Buku 5: Standar Konstruksi Jaringan Tegangan Menengah Tenaga Listrik, 2010)

3. Saluran Kabel Tegangan Menengah (SKTM)

Jenis penghantar yang digunakan adalah kabel tanam berisolasi seperti PVC (*Poly Vinyl Chloride*), XLPE (*Cross Link Poly Ethelene*). (PLN Buku 5: Standar Konstruksi Jaringan Tegangan Menengah Tenaga Listrik)



Gambar 2.3 Kabel Tanah Tegangan Menengah
(*PLN Buku 5: Standar Konstruksi Jaringan Tegangan Menengah Tenaga Listrik, 2010*)

Ditinjau dari segi fungsi, transmisi SKTM memiliki fungsi yang sama dengan transmisi SUTM. Perbedaan mendasar adalah SKTM ditanam di dalam tanah.

Beberapa pertimbangan pembangunan transmisi SKTM adalah :

1. Kondisi setempat yang tidak memungkinkan dibangun SUTM.
2. Kesulitan mendapat ruang bebas, karena berada di tengah kota dan pemukiman padat.
3. Pertimbangan segi estetika.

Beberapa hal yang perlu diketahui :

- a. Pembangunan transmisi SKTM lebih mahal dan lebih rumit, karena harga kabel yang jauh lebih mahal dibanding penghantar udara dan dalam pelaksanaan pembangunan harus melibatkan serta berkoordinasi dengan banyak pihak.
- b. Pada saat pelaksanaan pembangunan transmisi SKTM sering menimbulkan masalah, khususnya terjadi kemacetan lalu lintas.

- c. Jika terjadi gangguan, penanganan (perbaikan) transmisi SKTM relatif sulit dan memerlukan waktu yang lebih lama jika dibandingkan SUTM.

2.1.2 Sistem Jaringan Distribusi Sekunder

Jaringan distribusi sekunder merupakan bagian dari jaringan distribusi primer dimana jaringan ini berhubungan langsung dengan konsumen tenaga listrik. Pada jaringan distribusi sekunder, sistem tegangan distribusi primer 20 kV diturunkan menjadi sistem tegangan rendah 380 V (phasa-phasa) atau 220 V (phasa-netral). Sistem penyaluran daya listrik pada jaringan distribusi sekunder dapat dibedakan menjadi dua yaitu :

1. Saluran Udara Tegangan Rendah (SUTR)

Jenis penghantar yang digunakan adalah kawat berisolasi, seperti kabel LVTC (*Low Voltage Twisted Cable*). Transmisi SUTR adalah bagian hilir dari sistem tenaga listrik pada tegangan distribusi, yang langsung memasok kebutuhan listrik tegangan rendah ke konsumen. Di Indonesia, tegangan operasi transmisi SUTR saat ini adalah 220/380 Volt. Radius operasi jaringan tegangan rendah dibatasi oleh :

- a. Susut tegangan yang disyaratkan.
- b. Susut tegangan yang diizinkan adalah +5% dan -10% dengan radius pelayanan berkisar 350 meter.
- c. Luas penghantar jaringan.
- d. Distribusi pelanggan sepanjang jalur jaringan distribusi.
- e. Sifat daerah pelayanan (desa, kota, dan lain-lain).



Gambar 2.4 Saluran Udara Tegangan Rendah
(Dokumentasi Penulis, 2018)

2. Saluran Kabel Tegangan Rendah (SKTR)

Ditinjau dari segi fungsi, transmisi SKTR memiliki fungsi yang sama dengan transmisi SUTR. Perbedaan mendasar adalah SKTR ditanam di dalam tanah. Jika menggunakan SUTR sebenarnya dari segi jarak aman/ ruang bebas (*ROW*) tidak ada masalah, karena SUTR menggunakan penghantar berisolasi.



Gambar 2.5 Saluran Kabel Tegangan Rendah
(Dokumentasi Penulis, 2018)

2.2 Konfigurasi Sistem Jaringan Distribusi Primer 20 kV

Jumlah penyulang yang ada di suatu daerah umumnya lebih dari satu penyulang. Semakin besar dan kompleks beban yang dilayani, maka semakin banyak pula jumlah penyulang yang diperlukan. Beberapa penyulang berkumpul di suatu titik yang disebut Gardu Hubung (GH). Gardu Hubung adalah suatu instalasi peralatan listrik yang berfungsi sebagai :

1. Titik pengumpul dari satu atau lebih sumber dan penyulang.
2. Tempat pengalihan (*manuver*) beban apabila terjadi gangguan pada salah satu jaringan yang dilayani.

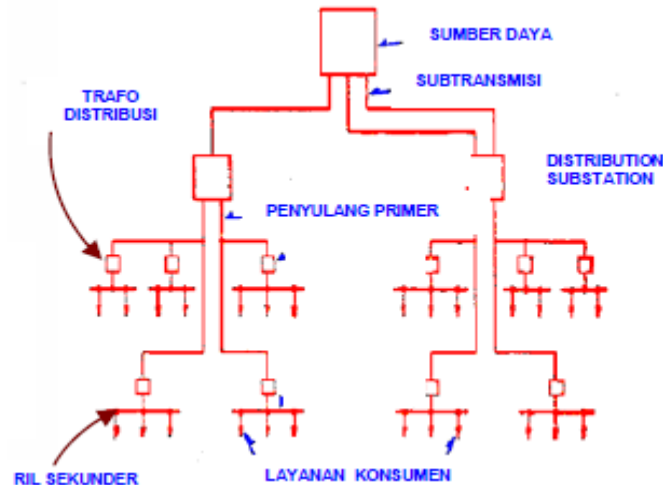
Gabungan beberapa penyulang dapat membentuk beberapa tipe sistem jaringan distribusi primer. Berdasarkan bentuk atau polanya, tipe sistem jaringan distribusi primer dapat dibagi menjadi empat, yaitu :

1. Sistem Radial
2. Sistem Lingkar (*Loop/ Ring*)
3. Sistem *Spindle*
4. Sistem Gugus (*Mesh*)

2.2.1 Sistem Radial

Sistem radial memiliki jumlah sumber dan penyulang hanya satu buah. Bila terjadi gangguan pada salah satunya (baik sumber maupun penyulangnya), maka semua beban yang dilayani oleh jaringan ini akan padam. Nilai kehandalan dari sistem radial ini adalah rendah. Sistem ini banyak digunakan di daerah pedesaan dan perkotaan yang tidak membutuhkan nilai kehandalan yang tinggi. Umumnya sistem

ini bentuknya sederhana, mudah pelaksanaannya, dan sistem paling murah. Keandalan sistem memenuhi kontinuitas tingkat 1 dan umumnya merupakan jaringan luar kota.



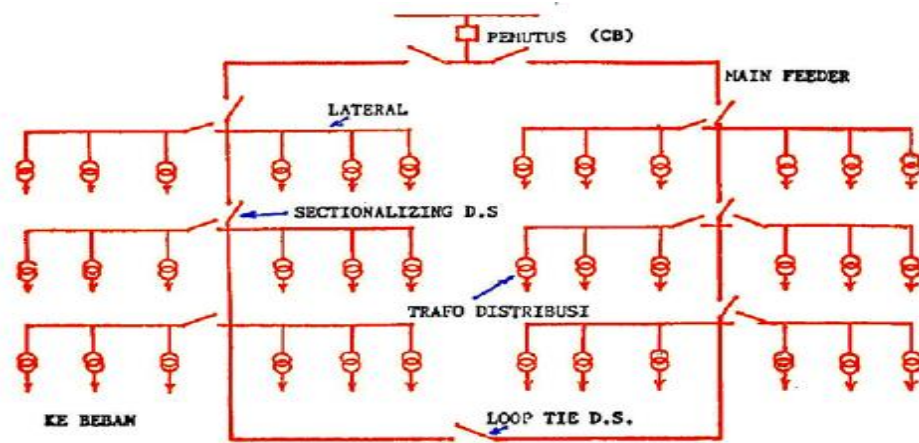
Gambar 2.6 Konfigurasi Jaringan Radial
(Teknik Distribusi Tenaga Listrik Jilid 1, 2008)

2.2.2 Sistem Lingkar (*Loop/ Ring*)

Sistem Lingkar (*loop/ ring*) ini merupakan gabungan dari dua buah sistem radial. Secara umum operasi normal sistem ini hampir sama seperti sistem radial. Sistem ini sudah mempunyai tingkat keandalan dan kontinuitas yang lebih baik dibandingkan dengan sistem radial. Hal ini dikarenakan jumlah sumber dan penyulang yang ada pada suatu jaringan adalah lebih dari satu buah.

Pada umumnya sistem ini banyak digunakan secara khusus untuk menyuplai beban-beban penting seperti rumah sakit, pusat-pusat pemerintahan dan instansi-instansi penting lainnya. Pada sistem ini terdapat dua sumber dan arah pengisian yang satu dapat sebagai cadangan, sehingga tingkat keandalannya cukup tinggi. Sistem ini

banyak dipergunakan pada jaringan umum dan industri. Jika terjadi gangguan atau pekerjaan pada salah satu jaringan, penyaluran tidak terputus karena mempergunakan sumber pengisian cadangan. Keandalan sistem ini memenuhi kontinuitas tingkat 2.



Gambar 2.7 Konfigurasi Jaringan *Loop/ Ring*
(*Teknik Distribusi Tenaga Listrik Jilid 1, 2008*)

2.2.3 Sistem *Spindle*

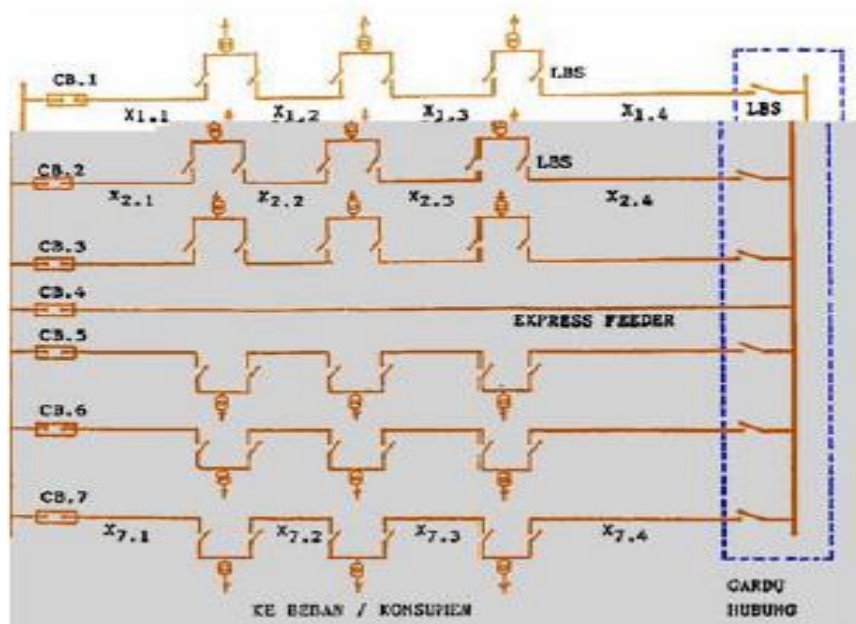
Sistem *spindle* merupakan modifikasi dari sistem lingkaran (*loop/ ring*) yang terdiri dari beberapa sistem radial. Sistem ini terdiri dari beberapa penyulang, masing-masing penyulang berpangkal pada suatu suatu gardu induk dan ujung-ujungnya akan terhubung di gardu hubung. Penyulang tersebut dibagi menjadi dua jenis yaitu :

1. Penyulang kerja/ *working feeder*

Penyulang yang dioperasikan untuk mengalirkan daya listrik dari sumber pembangkit sampai kepada konsumen, sehingga penyulang ini dioperasikan dalam keadaan bertegangan dan sudah dibebani. Operasi normal penyulang ini hampir sama dengan sistem radial.

2. Penyulang cadangan/ *express feeder*

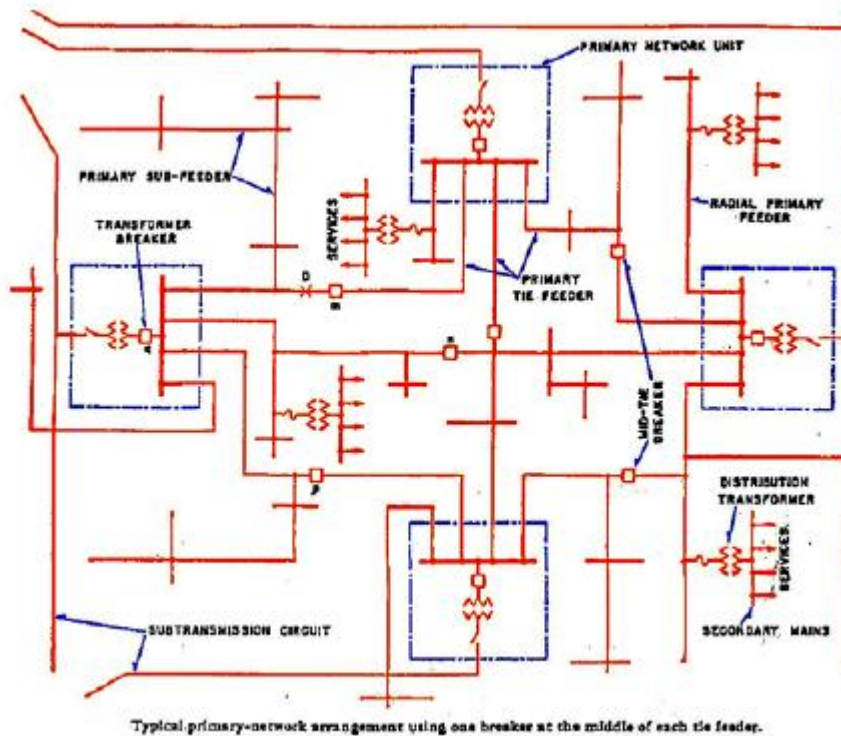
Penyulang yang menghubungkan gardu induk langsung ke gardu hubungdan tidak dibebani gardu-gardu distribusi.Pada operasi normal, penyulang ini tidak dialiri arus-arus beban dan hanya berfungsi sebagai penyulang cadangan untuk menyuplai penyulang tertentu yang mengalami gangguan melalu gardu hubung.Jaringan ini memenuhi kontinuitas tingkat 2 dan jika dilengkapi dengan sarana kontrol jarak jauh dapat disebut memenuhi tingkat 3.Apabila seluruh pelanggan (gardu konsumen) dilengkapi dengan fasilitas kontrol jarak jauh dapat memenuhi kontinuitas tingkat 4. Jaringan ini dipasang di kota yang memiliki tingkat kerapatan bebannya sangat tinggi.



Gambar 2.8 Konfigurasi Jaringan *Spindle*
(Teknik Distribusi Tenaga Listrik Jilid 1, 2008)

2.2.4 Sistem Gugus (*Mesh*)

Konfigurasi Gugus banyak digunakan untuk kota besar yang mempunyai kerapatan beban yang tinggi. Dalam sistem ini terdapat saklar pemutus beban dan penyulang cadangan. Dimana penyulang cadangan ini berfungsi bila ada gangguan yang terjadi pada salah satu penyulang konsumen maka penyulang cadangan inilah yang menggantikan fungsi suplai ke konsumen.



Gambar 2.9 Konfigurasi Jaringan *Mesh*
(*Teknik Distribusi Tenaga Listrik Jilid 1, 2008*)

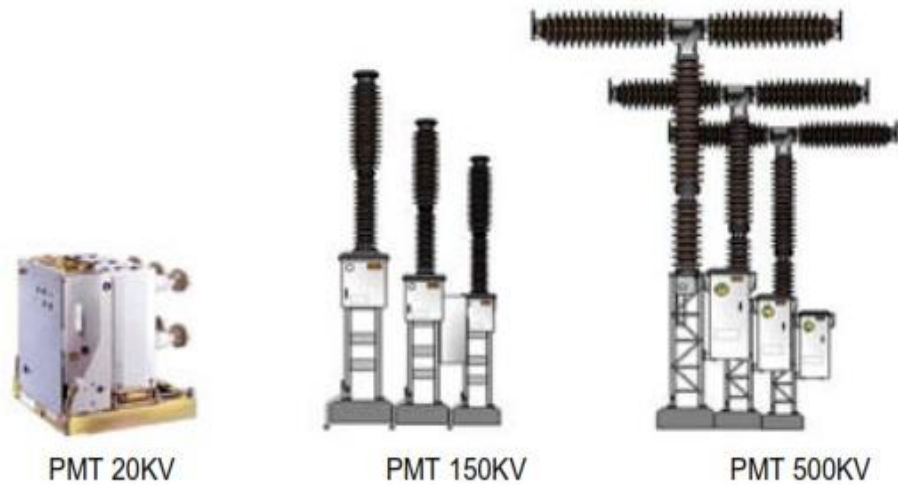
2.3 Sistem Pengaman Jaringan Distribusi Primer

Sistem pengaman bertujuan untuk mencegah, membatasi atau melindungi jaringan dan peralatan terhadap bahaya kerusakan yang disebabkan karena gangguan

baik yang bersifat temporer maupun permanen sehingga kualitas dan kehandalan penyaluran daya listrik yang diharapkan oleh konsumen dapat terjamin dengan baik. Sistem pengaman tegangan menengah 20 kV merupakan suatu komponen yang sangat penting yang dirancang untuk mengamankan jaringan dan peralatan tegangan menengah serta berfungsi untuk mengalirkan arus listrik yang telah dibatasi untuk disuplay oleh transformator distribusi. Secara umum peralatan pengaman yang terdapat pada sistem jaringan distribusi tegangan menengah adalah : Pemutus Tenaga (PMT), Pemisah (PMS), Saklar Seksi Otomatis (SSO), Saklar Beban (SB), Pelebur dan *Arrester*.

2.3.1 Pemutus Tenaga (PMT) / *Circuit Breaker* (CB)

Pemutus Tenaga (PMT) / *Circuit Breaker* (CB) adalah suatu saklar yang bekerja secara otomatis memutuskan hubungan listrik pada jaringan dalam keadaan berbeban pada saat mengalami gangguan yang disebabkan baik dari luar (*eksternal*) maupun dari dalam (*internal*) pada jaringan listrik. Dalam sistem pengoperasiannya, alat ini dilengkapi dengan rele arus lebih / *Over Current Relay* (OCR) yang berfungsi sebagai pengaman jaringan dari arus lebih.



Gambar 2.10 Circuit Breaker
(Teknik Distribusi Tenaga Listrik Jilid 1, 2008)

2.3.2 Pemisah (PMS) / Disconnecting Switch (DS)

Pemisah (PMS) / *Disconnecting Switch (DS)* adalah suatu saklar yang berfungsi untuk memisahkan atau menghubungkan suatu jaringan pada saat tidak berbeban (tidak bertegangan). Pada umumnya alat ini akan difungsikan pada saat diadakan pemeliharaan rutin yang dilakukan oleh PLN.



Gambar 2.11 Disconnecting Switch
(Dokumentasi Penulis, 2018)

2.3.3 Penutup Balik Otomatis (*Recloser*)

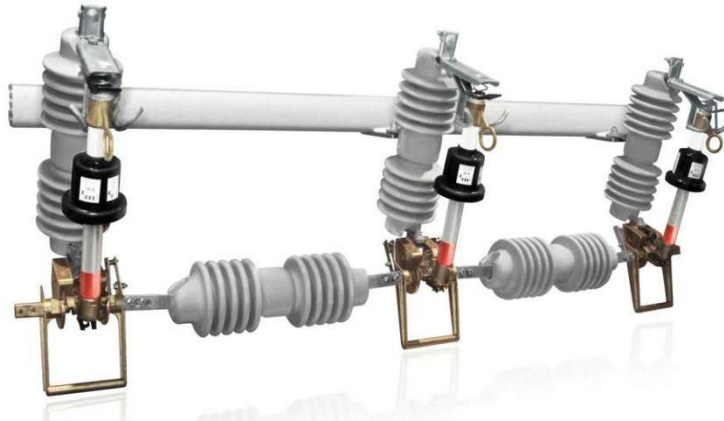
Penutup balik otomatis adalah alat pengaman arus lebih yang diatur waktunya untuk memutuskan dan menutup kembali secara otomatis, terutama untuk membebaskan dari gangguan yang bersifat temporer (sementara), sering juga disebut dengan *recloser*. *Recloser* dilengkapi dengan sarana indikasi arus lebih, pengatur waktu operasi, serta penutupan kembali secara otomatis. Desain dari *recloser* memungkinkan untuk dapat membuka kontak-kontaknya secara tetap dan terkunci / *lock out*, sesuai pemrogramannya setelah melalui beberapa kali operasi buka-tutup. Pada gangguan yang bersifat sementara, *recloser* akan membuka dan menutup kembali bila gangguan telah hilang. Jika gangguannya bersifat permanen, maka *recloser* akan membuka kontak-kontaknya secara tetap dan terkunci / *lock out*. Apabila gangguan telah dihilangkan, maka *recloser* dapat ditutup kembali.



Gambar 2.12 *Recloser*
(Dokumentasi Penulis, 2018)

2.3.4 Saklar Seksi Otomatis (SSO) /*Sectionalyzer*

Sectionalyzer sebagai alat pemutus rangkaian untuk dapat memisah-misahkan jaringan utama dalam beberapa seksi secara otomatis, sehingga bila terjadi gangguan permanen maka luas daerah (jaringan) yang mengalami pemadaman akibat gangguan permanen dapat dibatasi sekecil mungkin. *Sectionalyzer* yang diterapkan pada jaringan distribusi 20 kV tipe AVS (*Automatic Vaccum Switch*). AVS ini membuka pada saat rangkaian tidak bertegangan, tetapi bila dalam keadaan bertegangan harus mampu menutup rangkaian dalam keadaan hubung singkat. Peralatan ini dapat juga digunakan untuk membuka rangkaian dalam keadaan berbeban dan bekerja atas dasar penginderaan tegangan.

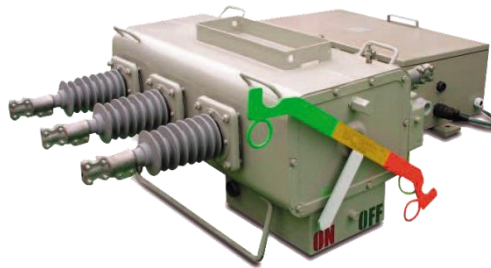


Gambar 2.13 *Sectionalyzer*
(Dokumentasi Penulis, 2018)

2.3.5 Saklar Beban / Load Break Switch (LBS)

Saklar Beban / *Load Break Switch (LBS)* adalah suatu saklar yang umumnya diletakkan di atas tiang jaringan namun tuas penggeraknya berada di bawah dan

berfungsi sebagai pembatas / pengisolir lokasi gangguan. Pada umumnya alat ini dipasang dekat dengan pusat-pusat beban. Alat ini juga berfungsi sebagai saklar hubung antara satu penyulang dengan penyulang lainnya dalam keadaan darurat pada sistem operasi jaringan distribusi primer tipe lingkaran (*loop/ring*).



Gambar 2.14 *Load Break Switch*
(Dokumentasi Penulis, 2018)

2.3.6 Pelebur / Fuse Cut Out (FCO)

Pelebur / *Fuse Cut Out (FCO)* adalah suatu alat pemutus aliran daya listrik pada jaringan bila terjadi gangguan arus lebih. Alat ini dilengkapi dengan *fuse link* yang terdiri dari elemen lebur. Bagian inilah yang akan melebur jika dialiri arus lebih pada jaringan. Besarnya *fuse link* yang digunakan tergantung dari perhitungan jumlah beban (arus) maksimum yang dapat mengalir pada jaringan yang diamankan.



Gambar 2.16 Arrester
(Dokumentasi Penulis, 2018)

2.3.8 Isolator

Fungsi utamanya adalah sebagai penyekat listrik pada penghantar terhadap penghantar lainnya dan penghantar terhadap tanah. 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. Untuk penyekatan terhadap tanah berarti mengandalkan kemampuan isolasi antara kawat dan batang besi pengikat isolator ke travers, sedangkan untuk penyekatan antar fasa maka jarak antara penghantar satu dengan yang dilakukan adalah memberi jarak antara isolator satu dengan lainnya dimana pada kondisi suhu panas sampai batas maksimum dan angin yang meniup sekencang apapun dua penghantar tidak akan saling bersentuhan.

Bahan isolator untuk SUTM adalah porselin / keramik yang dilapisi glazur dan gelas, tetapi yang paling banyak adalah dari porselin ketimbang dari gelas, dikarenakan udara yang mempunyai kelembaban tinggi pada umumnya di Indonesia

isolator dari bahan gelas permukaannya mudah ditempeli embun. Warna isolator pada umumnya coklat untuk bahan porselin dan hijau-bening untuk bahan gelas.



Gambar 2.17 Isolator
(Dokumentasi Penulis, 2018)

2.4 Gangguan Sistem Distribusi

Gangguan pada sistem distribusi adalah terganggunya sistem tenaga listrik yang menyebabkan bekerjanya rele pengaman penyulang untuk membuka *circuit breaker* di gardu induk yang menyebabkan terputusnya suplai tenaga listrik. Hal ini untuk mengamankan peralatan yang dilalui arus gangguan tersebut dari kerusakan. Sehingga fungsi dari peralatan pengaman adalah untuk mencegah kerusakan peralatan.

Gangguan pada sistem distribusi lebih banyak terjadi pada saluran distribusi yang dibentangkan di udara bebas (SUTM) yang umumnya tidak menggunakan isolasi dibanding dengan saluran distribusi yang ditanam dalam tanah (SKTM) dengan menggunakan isolasi pembungkus. Sumber gangguan pada jaringan distribusi dapat berasal dari dalam sistem maupun dari luar sistem.

1. Gangguan dari dalam sistem antara lain :
 - a. Tegangan lebih atau arus lebih
 - b. Pemasangan yang kurang tepat
 - c. Usia peralatan atau komponen
2. Gangguan dari luar sistem antara lain :
 - a. Dahan/ ranting pohon yang mengenai SUTM
 - b. Sambaran petir
 - c. Cuaca ekstrim
 - d. Kerusakan peralatan
 - e. Gangguan binatang
 - f. Gangguan papan reklame
 - g. Gangguan pembangunan/ renovasi gedung

Berdasarkan sifatnya, gangguan sistem distribusi dibagi menjadi dua, yaitu :

1. Gangguan temporer

Gangguan yang bersifat sementara karena dapat hilang dengan sendirinya dengan cara memutuskan bagian yang terganggu sesaat, kemudian menutup balik kembali, baik secara otomatis maupun secara manual oleh operator. Bila gangguan tidak dapat dihilangkan dengan sendirinya atau dengan bekerjanya alat pengaman (*recloser*), dapat menjadi gangguan permanen dan dapat menyebabkan pemutusan tetap bila gangguan sementara terjadi berulang-ulang kali.

2. Gangguan permanen

Gangguan bersifat tetap, sehingga untuk membebaskannya perlu tindakan perbaikan atau penghilangan penyebab gangguan. Hal ini ditandai dengan jatuhnya (*trip*) kembali pemutus daya setelah operator memasukkan sistem kembali setelah terjadi gangguan. Untuk mengatasi gangguan-gangguan, sebuah peralatan harus dilengkapi dengan sistem pengaman rele, dimana sistem pengaman ini diharapkan dapat mendeteksi adanya gangguan sesuai dengan fungsi dan daerah pengamanannya.

2.5 Keandalan Sistem Distribusi

Keandalan dalam sistem distribusi adalah suatu ukuran ketersediaan/ tingkat pelayanan penyediaan tenaga listrik dari sistem ke konsumen/ pelanggan. Ukuran keandalan dapat dinyatakan sebagai seberapa sering sistem mengalami pemadaman, berapa lama pemadaman terjadi dan seberapa cepat waktu yang dibutuhkan untuk memulihkan kondisi dari pemadaman yang terjadi (*restoration*).

Keandalan sistem jaringan distribusi sangat erat kaitannya dengan masalah pemadaman akibat adanya gangguan pada sistem. Semakin tinggi tingkat pemadaman yang terjadi, maka keandalan akan semakin berkurang. Begitu pula sebaliknya. Sistem yang mempunyai tingkat keandalan tinggi akan mampu memberikan tenaga listrik setiap saat dibutuhkan, sedangkan sistem yang mempunyai tingkat keandalan rendah bila tingkat ketersediaan tenaganya rendah atau sering padam.

Aplikasi dari konsep keandalan sistem distribusi berbeda dengan aplikasi sistem pembangkitan dan transmisi, dimana sistem distribusi lebih berorientasi pada

titik beban pelanggan daripada orientasi pada wujud sistem, dan sistem distribusi lokal lebih dipertimbangkan daripada sistem terintegrasi yang secara luas mencakup fasilitas pembangkitan dan transmisi. Keandalan sistem pembangkitan dan transmisi lebih mempertimbangkan probabilitas hilangnya beban (*loss of load*), dengan sedikit memperhatikan komponen sistem, sedangkan keandalan distribusi melihat ke semua aspek dari teknik, seperti desain, perencanaan dan pengoperasian. Karena sistem distribusi kurang kompleks dibandingkan sistem pembangkitan dan transmisi yang terintegrasi, perhitungan probabilitas matematikanya lebih sederhana dibandingkan yang dibutuhkan untuk penaksiran keandalan pembangkitan dan transmisi.

Adapun macam-macam tingkatan keandalan dalam pelayanan dapat dibedakan menjadi 3 (tiga) hal antara lain :

1. Keandalan sistem yang tinggi (*High Reliability System*)

Pada kondisi normal, sistem akan memberikan kapasitas yang cukup untuk menyediakan daya pada beban puncak dengan variasi tegangan yang baik dan dalam keadaan darurat bila terjadi gangguan pada jaringan, maka sistem ini tentu saja diperlukan beberapa peralatan dan pengamanan yang cukup banyak untuk menghindarkan adanya berbagai macam gangguan pada sistem.

2. Keandalan sistem yang menengah (*Medium Reliability System*)

Pada kondisi normal sistem akan memberikan kapasitas yang cukup untuk menyediakan daya pada beban puncak dengan variasi tegangan yang baik dan dalam keadaan darurat bila terjadi gangguan pada jaringan, maka sistem tersebut masih bisa melayani sebagian besar dari beban meskipun dalam

kondisi beban puncak. Jadi dalam sistem ini diperlukan peralatan yang cukup banyak untuk mengatasi serta menanggulangi gangguan-gangguan tersebut.

3. Keandalan sistem yang rendah (*Low Reliability System*)

Pada kondisi normal sistem akan memberikan kapasitas yang cukup untuk menyediakan daya pada beban puncak dengan variasi tegangan yang baik, tetapi bila terjadi suatu gangguan pada jaringan sistem sama sekali tidak bisa melayani beban tersebut. Jadi perlu diperbaiki terlebih dahulu. Tentu saja pada sistem ini peralatan-peralatan pengamannya relatif sangat sedikit jumlahnya.

Kontinuitas pelayanan, penyaluran jaringan, distribusi tergantung pada jenis dan macam sarana penyalur dan peralatan pengaman, dimana sarana penyalur (jaringan distribusi) mempunyai tingkat kontinuitas yang tergantung pada susunan saluran dan cara pengaturan sistem operasinya yang pada khususnya direncanakan dan dipilih untuk memenuhi kebutuhan dan sifat beban.

Tingkat kontinuitas pelayanan dari sarana penyalur disusun berdasarkan lamanya upaya menghidupkan kembali suplai setelah pemutusan karena gangguan (SPLN 52, 1983). Tingkat-tingkat tersebut adalah :

Tingkat 1 : Dimungkinkan padam berjam-jam, yaitu waktu yang diperlukan untuk mencari dan memperbaiki bagian yang rusak karena gangguan.

Tingkat 2 : Padam beberapa jam, yaitu waktu yang diperlukan untuk mengirim petugas ke lapangan, melokalisir kerusakan dan melakukan *manuver* untuk menghidupkan sementara kembali dari arah atau saluran yang lain.

Tingkat 3 : Padam beberapa menit, yaitu manuver oleh petugas yang *standby* di gardu atau dilakukan deteksi/ pengukuran dan pelaksanaan *manuver* jarak jauh dengan bantuan DCC (*Distribution Control Center*).

Tingkat 4 : Padam beberapa detik, yaitu pengamanan dan *manuver* secara otomatis dari DCC.

Tingkat 5 : Tanpa padam, yaitu jaringan dilengkapi dengan instalasi cadangan terpisah dan otomatis secara penuh dari DCC.

2.6 Standar Perusahaan Listrik Negara (SPLN)

SPLN adalah standar perusahaan PT. PLN (Persero) yang ditetapkan Direksi dan bersifat wajib. Dapat berupa peraturan, pedoman, instruksi, cara pengujian dan spesifikasi teknik. Sejak tahun 1976 sudah lebih dari 262 buah standar berhasil dirampungkan diantaranya 59 standar bidang pembangkitan, 68 standar bidang transmisi, 99 standar bidang distribusi, 6 standar bidang SCADA dan 30 standar bidang umum.

Ketepatan dalam rancangan pengoperasian dan pemeliharaan sistem distribusi sangat membantu untuk pencapaian indeks kehandalan yang tinggi. Ketepatan rencananya berpengaruh terhadap tinggi atau rendahnya indeks frekuensi gangguan, sedangkan pemeliharaan terutama akan berpengaruh pada indeks lama gangguan.

2.7 Indeks Nilai Keandalan

Kehandalan dari pelayanan kepada konsumen dapat dinyatakan dalam beberapa indeks yang biasanya digunakan untuk mengukur keandalan dari suatu system. Adapun indeks tersebut diantaranya :

2.7.1 Laju Kegagalan

Laju kegagalan adalah nilai rata-rata dari jumlah kegagalan pada selang waktu pengamatan waktu tertentu (T), dan dinyatakan dalam suatu kegagalan per tahun. Pada suatu pengamatan, nilai laju kegagalan dinyatakan sebagai berikut :

$$\lambda = \frac{f}{T}$$

Dimana : λ = Angka kegagalan (kali/tahun)

f = Banyaknya kegagalan dalam selang waktu pengamatan

T = Selang waktu pengamatan (1 tahun)

2.7.2 SAIDI (System Average Interruption Duration Index)

Indeks ini didefenisikan sebagai nilai rata-rata dari lamanya gangguan sistem untuk setiap konsumen selama satu tahun. Indeks ini ditentukan dengan persamaan :

$$\text{SAIDI} = \frac{\text{Jumlah dari perkalian durasi gangguan dan pelanggan padam}}{\text{Jumlah pelanggan total}}$$

$$\frac{\sum U_i N_i}{\sum N_t}$$

Dimana : U_i = Durasi gangguan pada saluran i

N_i = Jumlah pelanggan pada saluran i

N_t = Jumlah pelanggan yang dilayani keseluruhan

2.7.3 SAIFI (System Average Interruption Frequency Index)

Nilai indeks ini didefinisikan sebagai jumlah rata-rata gangguan sistem yang terjadi per pelanggan yang dilayani oleh sistem per satuan waktu (umumnya per tahun). Indeks ini ditentukan dengan persamaan :

$$\text{SAIFI} = \frac{\text{Jumlah dari perkalian angka kegagalan dan pelanggan padam}}{\text{Jumlah pelanggan total}}$$

$$\frac{\sum \lambda_i N_i}{\sum N_t}$$

Dimana : λ_i = Angka kegagalan (kali/tahun)

N_i = Jumlah pelanggan pada saluran i

N_t = Jumlah pelanggan yang dilayani keseluruhan

2.7.4 CAIDI (Customer Average Interruption Duration Index)

Nilai indeks ini ditinjau dari sisi pelanggan. Nilai indeks durasi gangguan konsumen rata-rata tiap tahun, menginformasikan tentang waktu rata-rata untuk penormalan kembali gangguan tiap-tiap pelanggan dalam satu tahun dan ditetapkan ke dalam bentuk persamaan :

$$\text{CAIDI} = \frac{\text{Jumlah total durasi gangguan pelanggan}}{\text{Jumlah total gangguan pelanggan}}$$

$$\frac{\sum U_i N_i}{\sum \lambda_i N_i}$$

Indeks ini juga sama dengan perbandingan antara SAIDI dengan SAIFI :

$$CAIDI = \frac{SAIDI}{SAIFI}$$

Besarnya nilai CAIDI ini dapat digambarkan sebagai besar durasi gangguan sistem distribusi keseluruhan ditinjau dari sisi pelanggan. Perbedaan nilai yang SAIDI dan CAIDI mengindikasikan bahwa bagian yang keluar dari sistem hanya terkonsentrasi pada sisi sistem atau sisi pelanggan. Hasil pencapaian nilai SAIDI dan SAIFI adalah acuan untuk kompensasi TMP.

2.8 Standar Nilai Indeks Keandalan

Dalam penentuan indeks keandalan, untuk sistem secara keseluruhan maka faktor-faktor jumlah pelanggan, frekuensi dan durasi/ lama pemadaman dapat dievaluasi dan bisa didapatkan lengkap mengenai kinerja sistem. Indeks-indeks ini adalah frekwensi atau lama ppemadaman rata-rata tahunan. Indeks keandalan yang dipakai pada sistem distribusi dijelaskan dalam urain berikut ini

2.8.1 Standar Nilai Indeks Keandalan SPLN 68-2 : 1986

Tabel 2.1 Standar Nilai Indeks Keandalan SPLN 68-2 : 1986

Indikator Kerja⁹	Standar Nilai	Satuan
SAIDI	21,09	jam/ pelanggan/ tahun
SAIFI	3,2	kali/ pelanggan/ tahun

Sumber : (SPLN 68-2 : 1986)

2.8.2 Standar Nilai Indeks Keandalan IEEE std 1366 – 2003

Tabel 2.2 Standar Nilai Indeks Keandalan IEEE std 1366 – 2003

Indikator Kerja	Stanlodar Nilai	Satuan
SAIDI	2,3	jam/ pelanggan/ tahun
SAIFI	1,45	kali/ pelanggan/ tahun

Sumber : (IEEE std 1366 – 2003)

2.8.3 Standar Nilai Indeks Keandalan WCS (*World Class Service*)& WCC (*World Class Company*)

Tabel 2.3 Standar Nilai Indeks Keandalan WCS & WCC

Indikator Kerja	Standar Nilai	Satuan
SAIDI	1,67	jam/ pelanggan/ tahun
SAIFI	3	kali/ pelanggan/ tahun

Sumber : WCS (World Class Service) & WCC (World Class Company)

2.8.4 Standard Nilai Deklarasi TMP PLN Rayon Doloksanggul

Tabel 2.4 Standard Nilai Deklarasi TMP PLN Rayon Doloksanggul

Indikator Kerja	Standar Nilai	Satuan
SAIDI	15	jam/ pelanggan/bulan
SAIFI	10	kali/ pelanggan/bulan

Sumber : (Deklarasi TMP TW I - IV 2018 Area Sibolga Rayon Doloksanggul)

Jika realisasi SAIDI SAIFI melebihi dari deklarasi standar nilai yang sudah disepakati, maka dikenakan pengurangan tagihan atau kompensasi terhadap PT. PLN (Persero) tersebut dengan ketentuan – ketentuan sebagai berikut ;

1. Kompensasi 35 % dari biaya beban (e-min = 40 jam nyala) untuk tarif *adjustment* (non subsidi pemerintah).

2. Kompensasi 20 % dari biaya beban (e-min = 40 jam nyala) untuk tarif *nonadjustment* (subsidi pemerintah).

2.9 Cara Kerja Ultrasonik

Ultrasonik adalah salah satu metode pendeteksian yang memanfaatkan gelombang mekanik longitudinal yang frekuensinya melampaui batas dengar telinga manusia (di atas 20 kHz), dan gelombangnya menyebar dalam medium padat, cair dan gas, yang disebabkan oleh osilasi bolak balik partikel pada titik keseimbangan. Frekuensi yang tinggi pada Gelombang Ultrasonik mempunyai daya tembus jaringan yang sangat kuat sehingga dapat mendeteksi tentang adanya diskontinuitas, retak, ketebalan lapisan, dan sifat akustik dapat dikorelasikan dengan sifat tertentu dari bahan.

Cara kerja *Ultrasonik* adalah Gelombang suara frekuensi tinggi dioperasikan kepada material dipantulkan kembali dari permukaan atau cacat. Energi suara yang dipantulkan ditampilkan terhadap waktu, dan divisualisasikan pada spesimen. Unsur pembangkit *ultrasonik* dari *ultrasound* dihasilkan dengan transducer, dimana elemen *piezoelektrik* dalam transduser mengubah energy listrik menjadi getaran mekanik (suara), dan sebaliknya. Transduser ini menghasilkan transmisi dan menerima energy suara. Prinsip pemeriksaan *Ultrasonik* antara lain ;

1. Gelombang *Ultrasonik* disorotkan pada permukaan dengan garis lurus pada kecepatan konstan sampai menghadapi permukaan.
2. Pada antarmuka permukaan sebagian dari energy gelombang dipantulkan dan sebagian ditransmisikan. Jumlah energi yang dipantulkan atau

ditransmisikan dapat dideteksi dan memberikan informasi tentang ukuran reflektor.

3. Waktu perjalanan suara dapat diukur dan ini memberikan informasi tentang jarak yang telah melakukan perjalanan suara.

Perangkat *Ultrasonik* mengumpulkan sinyal suara dari objek dan menyaring sinyal input dari penerima dan mengubah menjadi pita frekuensi yang dapat didengar secara langsung. Unit utama juga mentransfer data ke perangkat output, seperti jendela tampilan, perangkat perekaman dan perangkat audio, yang memungkinkan pengguna untuk mengenali dan membaca sinyal termodulasi dengan mudah sehingga dapat membantu pengguna dalam mengidentifikasi objek pada berdasarkan pola gelombang, tingkat kebisingan, dan tingkat kerusakan yang berbeda.

Salah satu *Ultrasonik* yang sering digunakan adalah *INDSU2 UIT Networks*. Sensor suara *Ultrasonik* menggabungkan seni dengan teknologi untuk mencapai satu tujuan, yaitu mengukur anomali suara dengan cara *non contact* (tidak menempel pada media apapun). Dengan menggunakan metode ini, *Ultrasonik* dapat digunakan untuk mengukur sinyal suara secara akurat, mudah digunakan dan tidak ada efek fisik atau dampak pada objek yang diamati.



Gambar 2.18 Ultrasonik
(Dokumentasi Penulis, 2018)

2.10 Penggunaan Ultrasonik Untuk Inspeksi Jaringan

Teknik inspeksi peralatan sinyal suara dari jauh menggunakan *Ultrasonik* dapat dilihat dan didengar pada audio dan jendela tampilan perangkat. Bila sinyal suara tertinggi yang terekam masih dibawah yang diizinkan, maka evaluasi pemeriksaan dianggap normal. Namun bila terjadi peningkatan suara lebih setempat, sehingga terdapat perbedaan volume suara yang signifikan (dari perangkat audio dan jendela tampilan) antar bagian peralatan, berapapun besarnya maka keadaan ini harus segera ditangani, karena pasti terjadi penyimpangan.

Peralatan yang di Ultrasonika pada komponen jaringan listrik:

- a. Isolator tarik dan tumpu 20 kV
- b. *Lightning Arrester* atau Penangkap Petir

Metode Ultrasonika ini digunakan untuk memeriksa kehandalan komponen yang terpasang pada Jaringan.

- a. Isolator adalah komponen yang sangat penting dalam mengisolasi tegangan yang mengalir melalui konduktor agar tidak tembus ke bumi dengan menempel di *Cross Arm*, hal ini bertujuan untuk mengetahui perbedaan sinyal suara seluruh sisi material yang bekerja dalam keadaan bertegangan.
- b. Lighting arrester sebagai komponen pengamanan tegangan lebih terhadap surja petir, hal ini bertujuan untuk mengetahui perbedaan sinyal suara seluruh sisi material yang bekerja dalam keadaan bertegangan

Dalam melaksanakan kegiatan Ultrasonika, ada 2 (dua) hal yang harus diperhatikan dalam hasil ukurnya, yaitu :

1. Membandingkan hasil ukur dengan sinyal suara operasi objek.
2. Membandingkan hasil ukur dengan objek lain yang sama di sekitarnya.

Standar kondisi yang dipakai oleh unit kerja dalam menentukan sinyal suaranya dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 2.5 Rekomendasi Tindakan

Kondisi Pengukuran	Tindakan Yang Direkomendasikan
Jika hasil uji ultrasonikasi ≤ 8 db tanpa gangguan eksternal (derau)	Kondisi baik
Jika hasil uji ultrasonikasi 9 – 19 db tanpa gangguan eksternal (derau)	Periksa saat pemeliharaan
Jika hasil uji ultrasonikasi 20 – 30 db tanpa gangguan eksternal (derau)	Segera perbaiki < 1 bulan
Jika hasil uji ultrasonikasi ≥ 31 db tanpa gangguan eksternal (derau)	Kondisi darurat < 3 hari

Sumber : (PT. PLN (Persero) Distribusi)

Standar kondisi ini dilihat dari pengukuran suara perbandingan antara isolator satu dengan yang lain. Selisih suara bisa disarankan pada tabel rekomendasi tindakan.

Temuan itu terjadi di komponen isolasi itu sendiri. Pengaruh yang sering terjadi :

- a. Karena kelembapan dan suhu lingkungan.
- b. Karena tua.
- c. Karena sambaran petir.
- d. Karena rusak akibat sebab lain (gagal produksi, cacat, dsb)

Isolator sebagai pengisolasi tegangan 20 KV pada jaringan distribusi merupakan komponen vital yang harus bekerja optimal sesuai dengan yang diharapkan. Salah satu penyebab trip pada penyulang adalah kegagalan isolator mengisolasi tegangan (*Flashover*)

Flashover adalah gangguan yang terjadi berupa loncatan api yang terjadi antar isolator atau komponen listrik tegangan tinggi. Hal ini dapat terjadi akibat gagalnya isolasi dari sistem tegangan tinggi tersebut.

Kegagalan listrik pada isolator dapat disebabkan oleh adanya rongga-rongga kecil pada dielektrik padat (porselen) atau disebabkan terjadinya *flashover* di sepanjang permukaan isolator. Rongga-rongga kecil pada isolator ditimbulkan karena isolator dibuat kurang sempurna pada saat pembuatan, dengan demikian karakteristik listrik dari isolator tersebut kurang baik. Rongga kecil pada isolator lama-kelamaan akan menyebabkan kerusakan mekanik pada isolator. Terjadinya *flashover* menyebabkan kerusakan pada isolator oleh karena panas yang dihasilkan busur di sepanjang permukaan isolator. Oleh sebab itu isolator harus dibuat sedemikian rupa

sehingga tegangan pada rongga kecil lebih tinggi dari pada tegangan yang menyebabkan *flashover*.

Kegagalan lewat denyar (*flashover*) berawal dari terbentuknya pita kering (*dry band*).Indikasi ini terjadi karena terbentuknya lapisan konduktif di permukaan isolator diakibatkan oleh adanya polutan yang menempel. Lapisan yang terbentuk dipermukaan isolator ini menyebabkan mengalirnya arus bocor (*leakage current*). Dengan mengalirnya arus bocor, terjadi pemanasan di lapisan tersebut. Lapisan ini dapat membentuk pita kering (*dry band*) akibat dialiri arus bocor secara terus menerus.Pada tegangan tertentu, kondisi ini dapat menyebabkan pelepasan muatan melintasi pita kering. Pelepasan muatan dapat memanjang sehingga terbentuk busur listrik (*arc*) dan terjadi lewat denyar (*flashover*) yang melalui seluruh permukaan isolator.

BAB 3

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada bulan November 2018 di wilayahkerja PT. PLN (Persero) Area Sibolga Rayon Doloksanggul.

3.2 Data Penelitian

Pengumpulan data yang dibutuhkan yaitu :

1. Data gangguan penyulang bulanNovember 2018

**Tabel 3.1 Data Gangguan Penyulang Rayon Doloksanggul
Bulan November 2018**

Rayon Doloksanggul	Jumlah gangguan November	Durasi gangguan November (menit)
DLS.1 (Aek Sibundong)	5	137
DLS.2 (Tele)	1	22
DLS.3 (Aek Silang)	2	40
DLS.4 (Kota VIP)	1	30
DLS.6 (Kantor Jaga)	0	0
Total Rayon Dolosanggul	9	229

Sumber : (PT. PLN (Persero) RayonDoloksanggul)

2. Data SAIDI SAIFI bulan November 2018

Tabel 3.2 Data SAIDI SAIFI Bulan November 2018

Rayon Doloksanggul	SAIDI November (menit/pelanggan)	SAIFI November (kali/pelanggan)
DLS.1 (Aek Sibundong)	0,522	0,019
DLS.2 (Tele)	0,096	0,004
DLS.3 (Aek Silang)	0,128	0,006

DLS.4 (Kota VIP)	0,164	0,005
DLS.6 (Kantor Jaga)	0	0
Rata-rata Rayon Doloksanggul	0,182	0,005

Sumber : (PT. PLN (Persero) Rayon Doloksanggul)

Data pelanggan padam dan jumlah total pelanggan bulan November 2018

Tabel 3.3 Data Pelanggan Padam dan Jumlah Pelanggan November 2018

Rayon Doloksanggul	Jumlah Pelanggan Padam November	Jumlah Total Pelanggan November
DLS.1 (Aek Sibundong)	123	6.435
DLS.2 (Tele)	142	9.327
DLS.3 (Aek Silang)	104	3.101
DLS.4 (Kota VIP)	177	11.375
DLS.6 (Kantor Jaga)	98	2.023
Total Rayon Doloksanggul	644	32.261

Sumber : (PT. PLN (Persero) Rayon Doloksanggul)

3.3 Alat-Alat

Alat-alat digunakan pada penelitian ini yaitu :

1. Ultrasonik
2. Alattulis

3.4 Metode Penelitian

Metode Penelitian yang dilaksanakan yaitu penelitian studi kasus (penelitian lapangan) dimana inspeksi jaringandistribusidenganUltrasonik diurut kepada penyulang dengan jumlah gangguan terbanyak. Inspeksi khusus terhadap Isolator.

3.5 Kendala Yang Dihadapi

Adapunkendala yang dihadapi saat melakukan inspeksi yaitu :

1. Cuaca

Cuaca memiliki peran yang sangat penting dalam melakukan inspeksi. Apabila cuaca cerah, maka inspeksi dapat dilanjutkan. Namun jika cuaca hujan, inspeksi harus ditunda. Karena alat Ultrasonik yang dipakai Outdoor dan tidak tahan air.

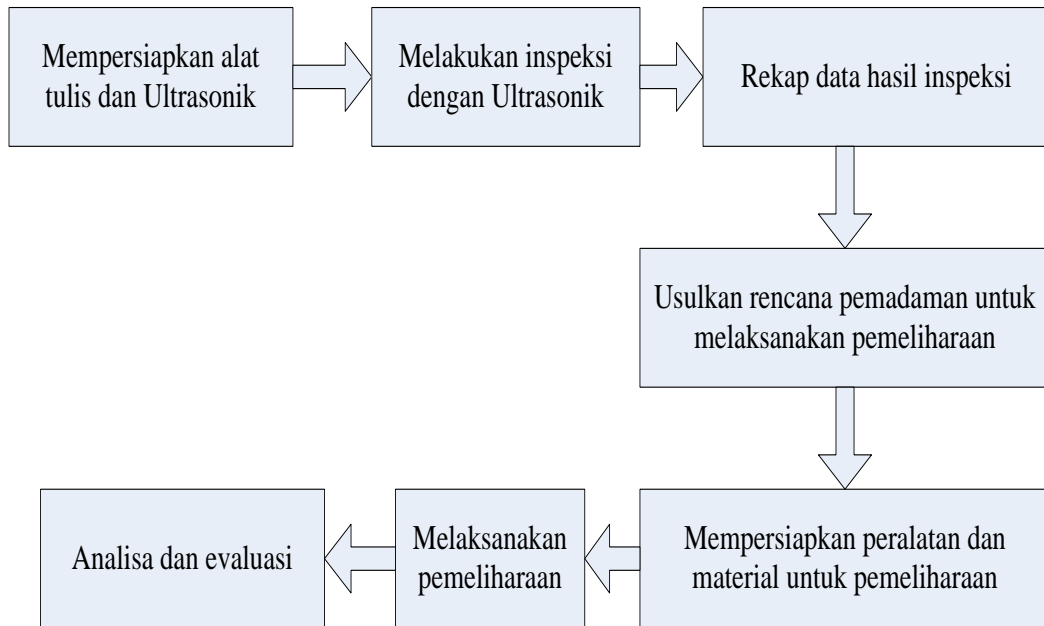
2. Lokasi yang akan diinspeksi

Meliputi lokasi apasaja yang akan kita jalani saat melakukan inspeksi. Sebagian besar akses jalan jalur penyulang DLS.1 (Aek Sibundong) melewati hutan – hutan dan jalanan yang rusak akibat jaringan memotong jalan.

3. Personil

Inspeksi jaringan ini tidak dapat dilakukan sendirian, karena apabila dilakukan sendiri akan merepotkan pelaksana. Biasanya inspeksi ini dilakukan berdua. Satu orang yang menginspeksi dengan Ultrasonik, satu orang lagi menuliskan temuan hasil inspeksinya dan membawa kendaraan.

3.6 Diagram Penelitian



Gambar3.1 Diagram blok

Adapun tahapan pelaksanaan inspeksi dapat dijelaskan sebagai berikut :

- 1) Mempersiapkan alat tulis dan Ultrasonik beserta *Single Line Diagram* penyulang yang akan diinspeksi.
- 2) Sesampainya di lokasi, satu orang inspeksi dengan Ultrasonik, sedangkan salah satunya lagi menulis hasil temuannya.
- 3) Setelah selesai melakukan inspeksi, rekap data hasil temuan tersebut sesuai form yang telah diberikan, kemudian kirimkan ke PT. PLN (Persero) Area Sibolga bagian Operasi Distribusi melalui email
- 4) Mengusulkan rencana pemadaman penyulang untuk melakukan pemeliharaan berdasarkan hasil inspeksi dengan Ultrasonik

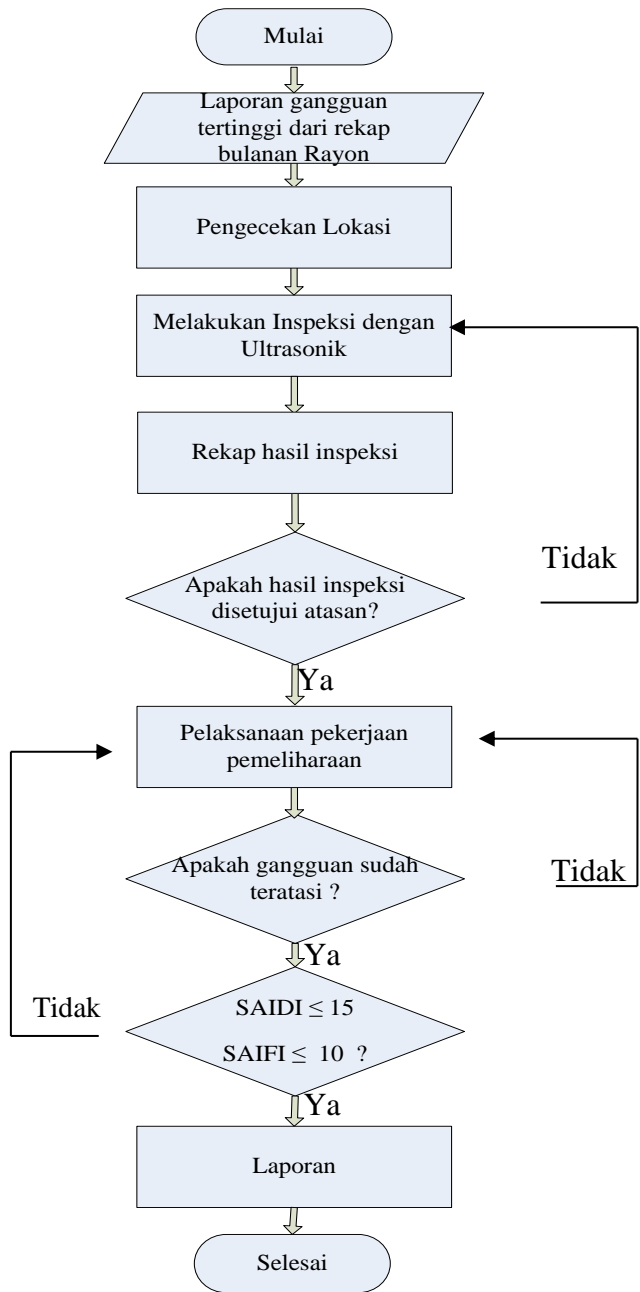
5) Mempersiapkan peralatan dan material yang diperlukan untuk pemeliharaan tersebut

6) Mitra kerja melaksanakan pekerjaan sesuai order kerja dan diawasi oleh pengawas pekerjaan dari PT. PLN (Persero)

7) Analisa dan evaluasi terhadap hasil pekerjaan

Tahapan pelaksanaan tersebut juga dapat dijelaskan dengan diagram alir/

flowchart seperti berikut :



Gambar3.2 Diagram alir (flowchart)

Diagram di atas menjelaskan tahapan-tahapan dalam melaksanakan inspeksi dengan Ultrasonik. Mulai dari mempersiapkan alat, pelaksanaan inspeksi,

pengumpulan data, pelaksanaan pemeliharaan hingga analisa dan evaluasi hasil pekerjaan.

Setelah didapatkan titik lokasi yang perlu dipelihara, maka kita akan mengajukan permohonan izin pemadaman untuk pelaksanaan pekerjaan pemeliharaan tersebut ke PT. PLN (Persero) Area Sibolga. Jika izin konfirmasi pemadaman sudah disetujui maka pemeliharaan dapat dilakukan, jika tidak disetujui maka pemeliharaan harus ditunda (biasanya tidak disetujui karena sedang ada acara penting yang harus diprioritaskan).

Saat pemeliharaan dilakukan, maka pastikan Isolator yang ingin dipasang dalam keadaan baru, tidak bercacat, hasil pengukuran tahanan isolasi bak, dan sesuai standard PLN. Setelah pekerjaan selesai dilaksanakan, maka kita bisa menganalisa dan mengevaluasi hasil pekerjaan tersebut. Apabila masih terjadi hasil dari analisa dan evaluasi belum baik, berarti pemeliharaan tersebut belum maksimal.

BAB 4

PEMBAHASAN DAN ANALISA

4.1 Penyebab Terjadinya Gangguan Pada Jaringan Distribusi

Beberapa penyebab yang mengakibatkan terjadinya gangguan hubung singkat pada saluran distribusi antara lain :

1. Terjadinya angin kencang, sehingga menimbulkan gesekan antara ranting pohon dengan jaringan listrik.
2. Kesadaran masyarakat yang kurang, misalnya bermain layang-layang di bawah jaringan listrik, melempar jaringan listrik, membuang sampah tepat di bawah jaringan listrik.
3. Kualitas peralatan atau material yang kurang baik, misalnya pada JTM terpasang komponen Isolator yang sudah tua, berlumut, rusak, maupun pecah sehingga isolasinya mempunyai tegangan tembus yang rendah hal ini juga akan menyebabkan hubung singkat fasa ke tanah.
4. Terjadinya hujan bersamaan dengan sambaran petir, mengakibatkan proteksi petir pada gardu bekerja.
5. Hewan yang mengenai jaringan listrik seperti monyet, ular, kalelawar, karena daerah lintasan jaringan listrik melalui hutan dan alam bebas

4.1.1 Data Gangguan Penyulang Bulan November 2018

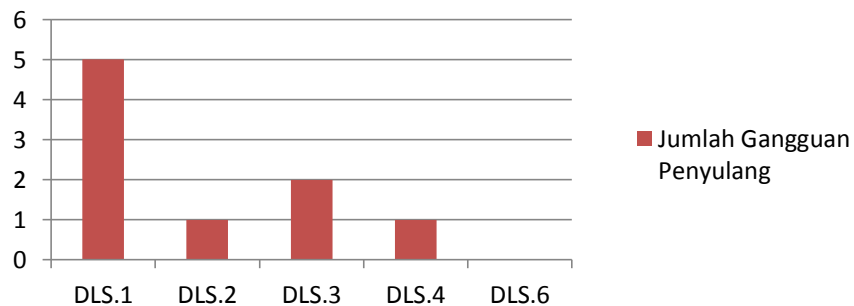
Tabel 4.1 Gangguan penyulang bulan November 2018

Rayon	Jumlah gangguan
DLS.1 (Aek Sibundong)	5
DLS.2 (Tele)	1
DLS.3 (Aek Silang)	2
DLS.4 (Kota VIP)	1
DLS.6 (Ktr. Jaga)	0
Total Rayon Doloksanggul	9

Sumber : (PT. PLN (Persero) Rayon Doloksanggul, 2018)

Dari tabel di atas dapat kita lihat bahwa jumlah penyulang yang mengalami gangguan masih cukup banyak, terutama di Rayon Dolooksanggul yaitu penyulang DLS.1 (Aek Sibundong) yang mengalami gangguan tersebut ditindaklanjuti untuk dilakukan inspeksi dengan *Ultrasonik* agar kedepannya tidak mengalami gangguan kembali.

Gangguan Penyulang Rayon Doloksanggul November 2018



Gambar4.1 Grafik Gangguan Penyulang November 2018
(PT. PLN (Persero) Rayon Doloksanggul, 2018)

4.1.2 Data Penyulang Yang Sudah Diinspeksi Dengan Ultrasonik

Tabel 4.2 Penyulang yang sudah diinspeksi dengan Ultrasonik

NO	RAYON	PANJANG PENYULANG (KMS)	SUDAH DI ULTRASONIK A	BELUM DI ULTRASONIKA	PERSENTASE (%)	KET
1	DLS.1 (A. SIBUNDONG)	41	41	100	100	SELESAI
2	DLS.2 (TELE)	83	0	83	0	
3	DLS. 3 (A. SILANG)	43	0	43	0	
4	DLS.4 (KOTA VIP)	32	0	32	0	
5	DLS. 6 (K. JAGA)	18	0	18	0	
TOTAL	RAYON DOLOKSANGGUL	217	41	176	18.8	

Sumber : (PT. PLN (Persero) Rayon Doloksanggul, 2018)

4.1.3 Data Gangguan Penyulang Bulan Desember 2018

Tabel 4.3 Gangguan penyulang 2018

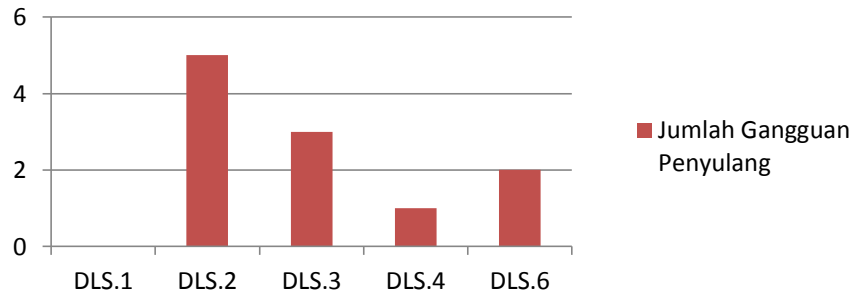
Penyulang Rayon Doloksanggul	Jumlah gangguan
DLS.1 (Aek Sibundong)	0
DLS.2 (Tele)	5
DLS.3 (Aek Silang)	3
DLS.4 (Kota VIP)	1
DLS.6 (Ktr. Jaga)	2
Total Rayon Doloksanggul	11

Sumber : (PT. PLN (Persero) Rayon Doloksanggul, 2018)

Pada tabel di atas dapat kita lihat terjadi penurunan gangguan yang signifikan di Penyulang DLS.1 (Aek Sibundong), yang sebelumnya mencapai lima gangguan, kini menjadi nol. Hal ini membuktikan bahwa dengan dilakukannya metode ultrasonika ini dapat menurunkan jumlah gangguan penyulang.

Sedangkan di Penyulang lain kita lihat terjadi kenaikan gangguan penyulang. Hal ini terjadi dikarenakan penyulang lain belum melaksanakan metode ultrasonika ini.

Gangguan Penyulang Rayon Doloksanggul Desember 2018



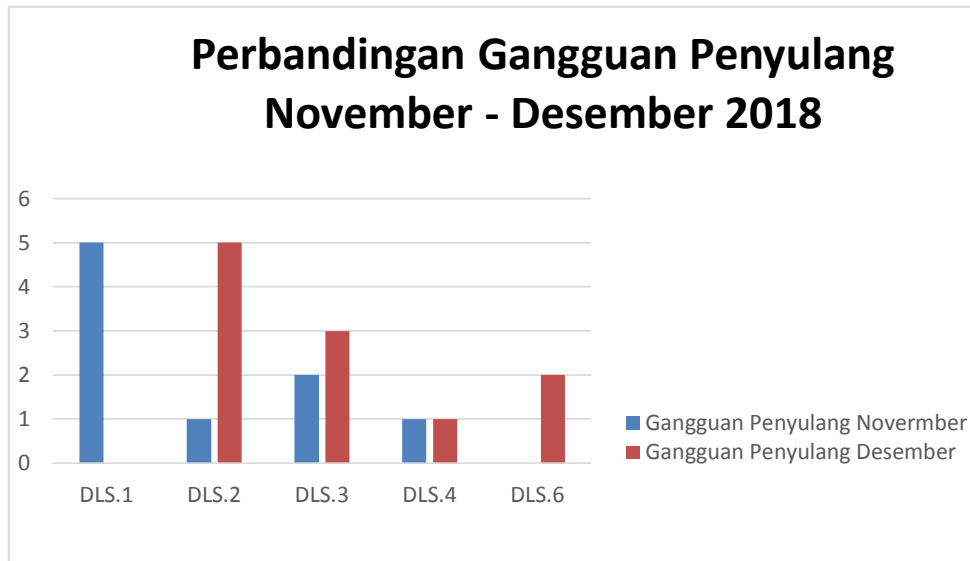
Gambar 4.2 Grafik Gangguan Penyulang Desember 2018
(PT. PLN (Persero) Rayon Doloksanggul, 2018)

4.1.4 Perbandingan Gangguan Penyulang Januari - Februari 2018

**Tabel 4.4 Perbandingan Gangguan Penyulang
November- Desember 2018**

Rayon Doloksanggul	Jumlah gangguan November	Jumlah gangguan Desember
DLS.1 (Aek Sibundong)	5	0
DLS.2 (Tele)	1	5
DLS.3 (Aek Silang)	2	3
DLS.4 (Kota VIP)	1	1
DLS.6 (Ktr. Jaga)	0	2
Total Rayon Doloksanggul	9	11

Sumber : (PT. PLN (Persero) Rayon Doloksanggul, 20180029)



Gambar4.3 Grafik Perbandingan Gangguan Penyulang November - Desember 2018
(PT. PLN (Persero) Rayon Doloksanggul, 2018)

Dari grafik tersebut dapat kita lihat bahwa penyulang yang sudah memaksimalkan metode ultrasonik adalah DLS.1 (Aek Sibundong) sehingga mendapatkan hasil yang cukup baik, dari jumlah gangguan yang sebelumnya delapan menjadi nol.

4.2 Penggunaan Ultrasonik Untuk Inspeksi Jaringan

Penggunaan alat ultrasonik mempunyai langkah langkah pengoperasian sebagai berikut :

1. Sambungkan signal input corong detektor dan earphone ke soket perangkat ultrasonik.
2. Tekan tombol power untuk mengaktifkan perangkat ultrasonik.
3. Pakai earphone dan arahkan corong detektor ke tiang yang akan diinspeksi.

4. Inspeksi sebelum tiang, tepat dibawah tiang, dan setelah tiang untuk hasil yang lebih maksimal (jarak ke komponen yang diinspeksi tidak melebihi 20 meter).
5. Perhatikan display Ultrasonik.
6. Jika terdapat kenaikan signal suara (db) yang berpotensi gangguan atau anomali, gambar konstruksi, lokasi, dan material yang dibutuhkan di buku inspeksi.
7. Jika tidak terdapat kenaikan signal suara (db) atau kenaikan yang tidak signifikan, dapat ke lokasi yang selanjutnya.

4.3 Penggunaan Ultrasonik Untuk Inspeksi Jaringan

Di bawah ini merupakan contoh beberapa temuan yang didapatkan dari hasil inspeksi dengan alat ultrasonik. Di sini penulis menggunakan ultrasonik merek INDS U2.



Gambar 4.4 Proses Inspeksi menggunakan Ultrasonik
(Dokumentasi Penulis, 2018)



Gambar4.5 Monitoring display Ultrasonik saat menemukan titik gangguan.

(Dokumentasi Penulis, 2018)



Gambar4.6 Komponen rusak dan ketahuan dari hasil metode Ultrasonika

(Dokumentasi Penulis, 2018)

Pada Gambar 4.2, 4.3 dan 4.3 di atas, ditemukan bahwa terdapat titik temuan pada isolator yang sinyal suaranya melebihi 20 db. Ini adalah kondisi yang sangat perlu diperhatikan tegangan tembus komponen isolator yang rendah mengakibatkan lompatan api / tembus tegangan mengakibatkan sort fasa ke tanah. Oleh karena itu, metode ultrasonik ini digunakan untuk menemukan potensi terjadinya gangguan khususnya pada *isolator flash over* atau bocor. Setelah disurvei, hasil inspeksi direkap, kemudian usulkan rencana pemadaman untuk pemeliharaan pada penyulang tersebut sesuai tabel rekomendasi.

4.4 Data Jumlah Pelanggan dan Nilai SAIDI November - Desember 2018

Tabel 4.5 Data Pelanggan November - Desember 2018

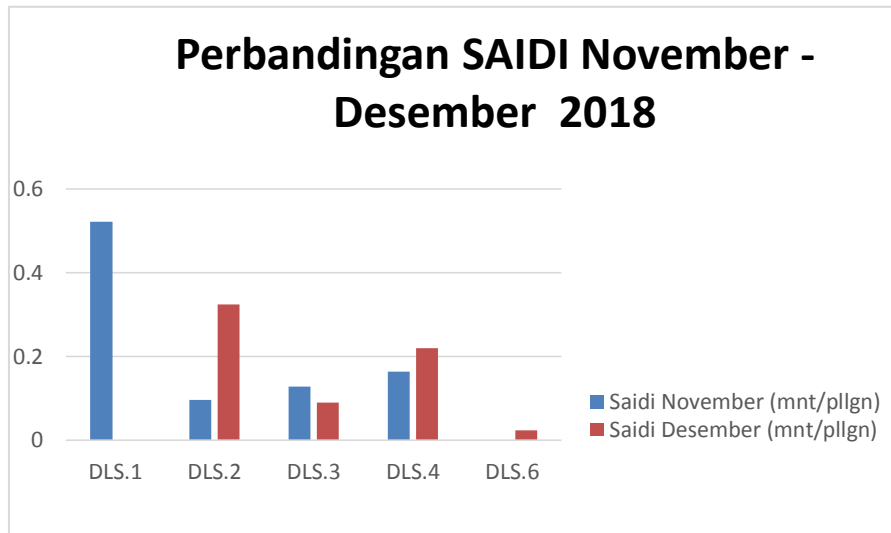
Rayon	Jlh Plggn Nov	JlhPl ggn Pada m	Durasi padam (menit)	Jlh Gggn Nov	Jlh Plggn Des	JlhPl ggn Pada m	Durasi padam (menit)	Jlh Gggn Des
DLS.1 (Aek Sibundong)	6.435	123	137	5	6.460	0	0	0
DLS.2 (Tele)	9.327	142	22	1	9.352	150	70	5
DLS.3 (Aek Silang)	3.101	104	40	2	3.113	98	30	3
DLS.4 (Kota VIP)	11.375	177	30	1	11.425	223	32	1
DLS.6 (Ktr. Jaga)	2.023	98	0	0	2.023	76	10	2
Total	32.261	644	229	9	32.373	547	142	11

Sumber : (Aplikasi Pelayanan Pelanggan Terpusat PT. PLN (Persero)2018)

Tabel 4.6 Data Real SAIDI November - Desember 2018

Rayon Doloksanggul	SAIDI November (menit/pelanggan) = (Durasi x pelanggan padam) / total pelanggan	SAIDI Desember (menit/pelanggan) = (Durasi x pelanggan padam) / total pelanggan
DLS.1 (Aek Sibundong)	0,522	0
DLS.2 (Tele)	0,096	0,324
DLS.3 (Aek Silang)	0,128	0,090
DLS.4 (Kota VIP)	0,164	0,220
DLS.6 (Ktr. Jaga)	0	0,023
Rayon Doloksanggul	0,91	0,657

Sumber : (PT. PLN (Persero) Rayon Doloksanggul, 2018)



Gambar 4.7 Grafik Perbandingan SAIDI November - Desember 2018
(PT. PLN (Persero) Rayon Doloksanggul, 2018)

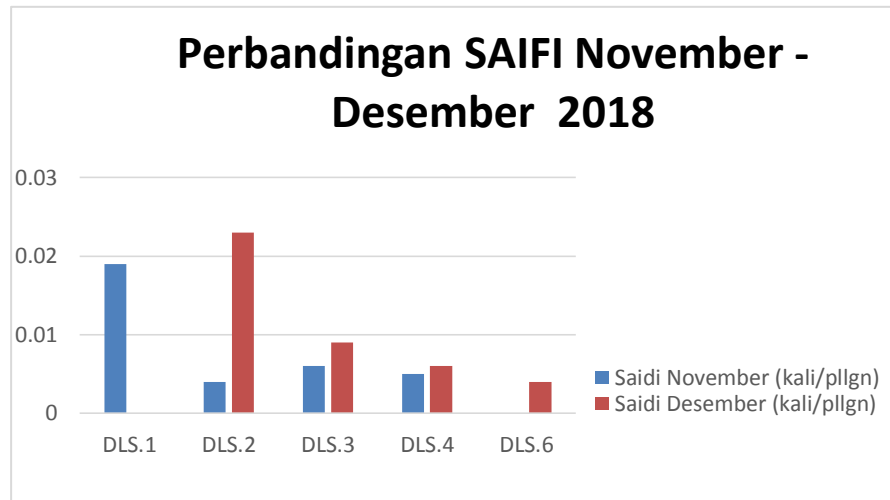
Tabel di atas adalah penjelasan data *real* perbedaan nilai pencapaian SAIDI di bulan November - Desember 2018. Terdapat perbedaan yang cukup berarti pada tabel 4.6 dan gambar 4.7.

Metode *Ultrasonika* ini meskipun dapat membantu menurunkan jumlah gangguan ternyata berdampak pada nilai SAIDI. Contohnya pada Penyulang DLS. 1 (Aek Sibundong), nilai SAIDI yang awalnya 0,522 menit/pelanggan, turun menjadi 0 menit/pelanggan. Ini adalah dampak dari pelaksanaan pemeliharaan dari hasil inspeksi *Ultrasonik*, dimana pelaksanaan pemeliharaan tersebut memerlukan pemadaman yang tidak sebentar mengingat banyaknya temuan dari inspeksi *Ultrasonik*. Lain halnya dengan Penyulang DLS.2 (Tele), nilai SAIDI yang awalnya hanya 0,096 menit/pelanggan naik menjadi 0.324 menit/pelanggan. Kenaikan nilai SAIDI ini bukan karena pemadaman akibat pemeliharaan, tetapi pemadaman karena durasi

gangguan yang cukup lama. Akibatnya kehandalan di penyulang DLS.2 (Tele) dapat dikatakan yang terburuk di antara penyulang lainnya.

Tabel 4.8 Tabel Perhitungan Nilai SAIFI November - Desember 2018

Rayon Doloksanggul	SAIFINovember (kali/pelanggan) = (Frekuensi x pelanggan padam) / total pelanggan	SAIFI Desember (kali/pelanggan) = (Frekuensi x pelanggan padam) / total pelanggan
DLS.1 (Aek Sibundong)	0,019	0
DLS.2 (Tele)	0,004	0,023
DLS.3 (Aek Silang)	0,006	0,009
DLS.4 (Kota VIP)	0,005	0,006
DLS.6 (Ktr. Jaga)	0	0,004
Rayon Doloksanggul	0,034	0,042



**Gambar 4.8 Grafik Perbandingan SAIFI November 2018
(PT. PLN (Persero) Rayon Doloksanggul, 2018)**

Tabel 4.8 dan gambar 4.8 menjelaskan data *real* nilai SAIFI bulan November – Desember 2018 mengalami penurunan dan kenaikan nilai.

Dari tabel di atas dapat kita lihat bahwa nilai SAIFIdi PLN Rayon Doloksanggul di bulan November 2018 mencapai 0,034 kali/pelanggan. Sedangkan di bulan Desember terjadi kenaikan menjadi 0,042 kali/pelanggan. Di sini dapat kita perhatikan kembali di penyulang DLS.1 (Aek Sibundong) mengalami penurunan yang signifikan dari 0,019 menjadi 0. Sedangkan nilai SAIFI penyulang lain mengalami kenaikan dikarenakan penanganan gangguan dengan metode *Ultrasonika* belum dilaksanakan. Pencapaian SAIDI SAIFI tergantung lama gangguan dan jumlah gangguan yang terjadi pada suatu penyulang.

4.6 TMP (Tingkat Mutu Pelayanan) Rayon Doloksanggul

Sesuai Peraturan Menteri energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia Nomor : 33 tahun 2014 tentang Tingkat Mutu Pelayanan dan Biaya yang terkait dengan Penyaluran Tenaga Listrik oleh Perusahaan Perseroan (Persero) PT Perusahaan Listrik negara dan di amandemen PERMEN ESDM Nomor : 08 Tahun 2016 tentang Perubahan Peraturan Menteri ESDM No. 33 Tahun 2014 menetapkan Direksi Perusahaan Perseroan (Persero) wajib menentukan deklarasi besaran nilai TMP yang harus dicapai dalam skala bulanan, triwulan, dan tahunan. Apabila tingkat mutu pelayanan yang berkaitan dengan **lama gangguan, jumlah gangguan** tidak dapat dipenuhi, maka Perusahaan Perseroan (Persero) wajib memberikan pengurangan tagihan listrik pada bulan berikutnya dengan indikator pinalti dan kompensasi antara lain:

1. Pengurangan Tagihan Kompensasi TMP sebesar 35 % dari biaya beban atau rekening minimum (40 jam nyala/ e-min) untuk golongan tarif *adjustment* (non

subsidi) pada bulan berikutnya. Contoh ; Pelanggan A Daya 1300 VA (non subsidi) mendapat kompensasi karena jumlah atau lama gangguan melebihi dari yang ditetapkan PLN setempat. Maka rupiah kompensasi yang didapatkan adalah :

Biaya beban = e- min (jam) x daya (kVA) x rupiah /kwh

$$= 40 \times 1.3 \times 1352$$

$$= \text{Rp. } 70.304,-$$

Kompensasi = 35 % x biaya beban = Rp. 24.606,-

Maka biaya beban bulan depan pelanggan A = Rp. 70.304 - Rp. 24.606

$$= \text{Rp. } 45.698 ,-$$

2. Pengurangan Tagihan Kompensasi TMP sebesar 20 % dari biaya beban atau rekening minimum (40 jam nyala/ e-min) untuk golongan tarif *non adjustment* (subsidi) pada bulan berikutnya. Contoh ; Pelanggan B Daya 900 VA (subsidi) mendapat kompensasi karena jumlah atau lama gangguan melebihi dari yang ditetapkan PLN setempat. Maka rupiah kompensasi yang didapatkan adalah :

Biaya beban = e- min (jam) x daya (kVA) x rupiah /kwh

$$= 40 \times 0.9 \times 720$$

$$= \text{Rp. } 25.920,-$$

Kompensasi = 20 % x biaya beban = Rp. 5.184,-

Maka biaya beban bulan depan pelanggan B = Rp. 25.920 - Rp. 5.184

= Rp. 20.736 ,-

Perhitungan diatas adalah salah satu contoh cara menghitung kompensasi TMP yang didapat dan berbeda sesuai dengan daya yang terpasang pada pelanggan.

Tabel 4.9 Tabel Perhitungan Nilai TMP November - Desember 2018

INDIKATOR TMP	DEKALRASI		REALISASI		KETERANGAN
	SAIDI	SAIFI	SAIDI	SAIFI	
NOVEMBER	15	10	0,91	0,034	BEBAS KOMPENSASI
DESEMBER	15	10	0,657	0,042	BEBAS KOMPENSASI

Sumber : (Penulis, 2018)

Dari tabel 4.9 diatas dapat disimpulkan Tingkat Mutu Pelayanan PT PLN (Persero) Rayon Doloksanggul masih sangat baik dan dan bebas dari sanksi penalti berupa kompensasi karena pencapaian masih dibawah nilai deklarasiTMP bulanan 2018.

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Setelah dilakukan metode ultrasonik maka didapatkan kesimpulan sebagai berikut :

1. Jumlah gangguan penyulang penyumbang terbesar PT. PLN (Persero) Rayon Doloksanggul di bulan November yaitu penyulang DLS.1 (aek Sibundong) sebanyak 5 gangguan. Setelah dilakukan metode ultrasonika, maka isolator yang *flash over* atau tegangan tembus rendah diganti, sehingga berdampak pada gangguan penyulang di bulan Desember turun menjadi 0 gangguan. Hal ini membuktikan bahwa metode ultrasonik ini dapat membantu mengurangi gangguan penyulang.
2. Penyulang DLS.1 (Aek Sibundong) mengalami penurunan nilai SAIDI, yaitu dari 0,522 menit/pelanggan menjadi 0 menit/pelanggan. Begitu pula nilai SAIFI dari 0,019 kali/pelanggan turun menjadi 0 kali/pelanggan.
3. Cara penggunaan Ultrasonik diterangkan pada Bab 2.9 dan Bab 4.2
4. Dengan metode ultrasonika pada jaringan distribusi dapat mempertahankan nilai TMP dibawah deklarasi sehingga bebas pinalti kompensasi.

5.2 Saran

Gangguan penyulang menjadi salah satu faktor terbesar yang mempengaruhi kehandalan jaringan distribusi. Setelah melakukan metode Ultrasonika ini penulis menyarankan agar metode ini dapat dilaksanakan secara rutin dan konsisten agar gangguan penyulang di PLN Rayon Doloksanggul dapat berkurang terus kedepannya. Selain itu penggunaan metode Ultrasonika mempunyai kelemahan yaitu baterai perangkat mempunyai ketahanan ≤ 5 jam, sehingga saat inspeksi di jaringan yang jauh membuat kendala untuk mengisi daya ulang keperangkat.

DAFTAR PUSTAKA

- Hardinata, R. S. (2019). Audit Tata Kelola Teknologi Informasi menggunakan Cobit 5 (Studi Kasus: Universitas Pembangunan Panca Budi Medan). *Jurnal Teknik dan Informatika*, 6(1), 42-45.
- Herdianto, H. (2018). Perancangan Smart Home dengan Konsep Internet of Things (IoT) Berbasis Smartphone. *Jurnal Ilmiah Core IT: Community Research Information Technology*, 6(2).
- Hendrawan, J., & Perwitasari, I. D. (2019). Aplikasi Pengenalan Pahlawan Nasional dan Pahlawan Revolusi Berbasis Android. *JurTI (Jurnal Teknologi Informasi)*, 3(1), 34-40
- Khairul, K., Haryati, S., & Yusman, Y. (2018). Aplikasi Kamus Bahasa Jawa Indonesia dengan Algoritma Raita Berbasis Android. *Jurnal Teknologi Informasi dan Pendidikan*, 11(1), 1-6.
- Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia. 2014. *Nomor 33 Tingkat Mutu Pelayanan Dan Biaya Yang Dengan Penyaluran Tenaga Listrik Oleh Perusahaan Perseroan (Persero) PT Perusahaan Listrik Negara*.
- Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia. 2016. *Nomor 08 Tingkat Mutu Pelayanan Dan Biaya Yang Dengan Penyaluran Tenaga Listrik Oleh Perusahaan Perseroan (Persero) PT Perusahaan Listrik Negara :*
- Muttaqin, Muhammad. "Analisa Pemanfaatan Sistem Informasi E-Office Pada Universitas Pembangunan Panca Budi Medan Dengan Menggunakan Metode Utaut." *Jurnal Teknik dan Informatika* 5.1 (2018): 40-43.
- PT PLN (Persero). 2010. *Buku 4 Standar Konstruksi Gardu Distribusi Dan Gardu Hubung Tenaga Listrik*. Jakarta : PT PLN (Persero)
- PT PLN (Persero). 2010. *Buku 5 Standar Konstruksi Jaringan Tegangan Menengah Tenaga Listrik*. Jakarta : PT PLN (Persero)
- Ramadhani, S., Suherman, S., Melvasari, M., & Herdianto, H. (2018). Perancangan Teks Berjalan Online Sebagai Media Informasi Nelayan. *Jurnal Ilmiah Core IT: Community Research Information Technology*, 6(2).
- Saferi Feri. 2005. *Aplikasi Ultrasonik sebagai Sensor Jarak pada Prototype Mobile Robot : Suara Ultrasonik* hal 5

- Sarimun N, Wahyudi. 2014. *Buku Saku Pelayanan Teknik*. Edisi Ketiga. Jakarta : Garamond
- Suhadi dkk. 2008. *Teknik Distribusi Tenaga Listrik*. Jilid I. Jakarta : Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan.
- Saferi Feri. 2005. *Aplikasi Ultrasonik sebagai Sensor Jarak pada Prototype Mobile Robot* : Suara Ultrasonik hal 5
- Suherman, S., & Khairul, K. (2018). Seleksi Pegawai Kontrak Menjadi Pegawai Tetap Dengan Metode Profile Matching. *IT Journal Research and Development*, 2(2), 68-77.
- Siahaan, A. P. U., Aryza, S., Nasution, M. D. T. P., Napitupulu, D., Wijaya, R. F., & Arisandi, D. (2018). Effect of matrix size in affecting noise reduction level of filtering.
- Tasril, V., & Putri, R. E. (2019). Perancangan Media Pembelajaran Interaktif Biologi Materi Sistem Pencernaan Makanan Manusia Berbasis Macromedia Flash. *Jurnal Ilmiah Core IT: Community Research Information Technology*, 7(1).
- Utomo, R. B. (2019). Aplikasi Pembelajaran Manasik Haji dan Umroh berbasis Multimedia dengan Metode User Centered Design (UCD). *J-SAKTI (Jurnal Sains Komputer dan Informatika)*, 3(1), 68-79.
- U.M Zaeny, 2006. *Thesis Pembuatan dan Pengujian Sensor Ultrasonik sebagai Feedback pada Sistem Kendali Otomatik Pitch Attitude Hold* : Teknik Penerbangan ITB.
- Wahyuni, S., Lubis, A., Batubara, S., & Siregar, I. K. (2018, September). Implementasi algoritma crc 32 dalam mengidentifikasi Keaslian file. In *Seminar Nasional Royal (SENAR)* (Vol. 1, No. 1, pp. 1-6).
- Wijaya, Rian Farta, et al. "Aplikasi Petani Pintar Dalam Monitoring Dan Pembelajaran Budidaya Padi Berbasis Android." *Rang Teknik Journal* 2.1 (2019).

LAMPIRAN

