

Identifikasi Penyebab Susut Energi Listrik PT PLN (Persero) ULP Masohi Pada Penyulang Tamilouw Menggunakan Metode *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA)

Reinhard Tamaela¹, Elisabeth Tansiana Mbitu^{2*}, Marselin Jamlaay³

^{1,2,3}Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Ambon

¹reintamaela1628@gmail.com, ²elisabethtansianambitu@gmail.com,

³marselin90@gmail.com

Abstract - In the use of electrical energy, PLN often encounters problems, one of which is energy loss. Energy loss is a form of energy loss that comes from the difference between available energy and the amount of energy sold. In energy distribution, the Tamilouw feeder experienced energy losses seen from calculations using ETAP software. The losses on the Tamilouw feeder have exceeded the PLN standard limit, namely 9.4%. From the shrinkage results, it is necessary to identify the factors causing the shrinkage using the failure mode and effect analysis (FMEA) method. From the results of the analysis it can be seen that losses occurred in the Tamilouw feeder due to damaged insulators, damaged wires, and conductor length and cable cross-sectional area. Of the 4 failures there was 1 failure which had the largest RPN value, namely 1,401,700 in conductor length and cross-sectional area. cables, so that this failure needs to be given special attention to minimize losses.

Keywords: energy loss, Failure Mode, Analysis, ETAP, Feeder

Abstrak - Dalam penggunaan energi listrik sering terjadi permasalahan yang dihadapi oleh PLN salah satunya susut energi. Susut energi merupakan bentuk kehilangan energi yang berasal dari selisih energi yang tersedia dengan jumlah energi yang terjual. Dalam pendistribusian energi penyulang Tamilouw mengalami susut energi dilihat dari perhitungan menggunakan *software* ETAP susut pada penyulang Tamilouw sudah melebihi batas standar PLN yaitu sebesar 9.4%. Dari hasil susut tersebut perlu dilakukan identifikasi faktor penyebab terjadinya susut menggunakan metode *failure mode and effect analysis* (FMEA). dari hasil analisa dapat dilihat bahwa susut terjadi pada penyulang Tamilouw dikarenakan isolator rusak, kawat rusak, dan panjang konduktor dan luas penampang kabel, dari 4 kegagalan ada 1 kegagalan yang memiliki nilai RPN terbesar yaitu sebesar 1.401.700 pada panjang penghantar dan luas penampang kabel, sehingga kegagalan tersebut perlu diberi perhatian khusus untuk dapat meminimalisir susut.

Kata kunci: Susut energi, Failure Mode, Analisis, ETAP, Penyulang

I. PENDAHULUAN

Energi listrik di era modern telah berkembang pesat sejak pertama kali ditemukan. Energi listrik bukan hanya sebagai bahan penelitian melainkan juga sebagai sumber tenaga penggerak untuk peralatan yang digunakan oleh manusia. Pemanfaatan energi listrik sangat membantu pekerjaan manusia karena energi listrik dapat digunakan sebagai sumber tenaga alat pemanas, penggerak, pemutar dan penerangan. Pembangkit listrik sudah banyak dibangun untuk memenuhi kebutuhan penggunaan energi listrik sehari-hari. Energi listrik digunakan konsumen sesuai dengan kebutuhan. Penggunaan energi tidak dibatasi Perusahaan Listrik Negara (PLN) karena konsumen bertanggung jawab terhadap energi listrik yang digunakan sendiri. [1]

Namun dalam penggunaan energi listrik sering kali terjadi permasalahan yang di hadapi oleh PLN salah satunya adalah susut energi listrik yang terjadi selama proses pedistribusian listrik kepada pelanggan. Penyusutan ini sering ditemukan di berbagai tempat pada jaringan tenaga listrik, mulai dari pembangkit, transmisi, sampai dengan jaringan distribusi kepada pelanggan. Susut energi menyebabkan energi yang dikirimkan tidak sebesar energi yang dihasilkan, sehingga mengurangi potensi penjualan

energi listrik oleh PLN. [2]

Susut energi listrik terjadi akibat adanya kehilangan energi dalam proses pengaliran energi. Hal itu terjadi karena adanya dua faktor yang mempengaruhi yaitu faktor teknik dan faktor non teknik, faktor teknik disebabkan karena adanya masalah pada jaringan distribusi dan faktor non teknik disebabkan karena adanya pelanggaran yang dilakukan oleh pelanggan.

PT PLN (Persero) yang merupakan salah satu perusahaan Badan Usaha Milik Negara (BUMN) yang mengelola kelistrikan di Indonesia mulai dari pembangkit, penyaluran sampai pendistribusian serta penjualan energi listrik [3]. Pada PT PLN (Persero) ULP Masohi memiliki 5 penyulang yaitu penyulang Kota A, Penyulang Kota B, Penyulang Amahai, Penyulang Makariki, dan Penyulang Tamilouw. dari data susut yang di lihat pada PT PLN (Persero) ULP Masohi. Energi listrik yang disalurkan dari gardu induk sebesar 57.846.445 kWh, sedangkan energi yang terjual sebesar 51.916.602 kWh perbedaan jumlah tersebut dikarenakan adanya energi yang susut, dan dari data diatas sangat penting untuk mengidentifikasi faktor penyebab terjadi susut yang dilihat hanya pada Penyulang Tamilouw. Namun besar susut Penyulang Tamilouw belum diketahui maka di lakukan perhitungan menggunakan etap.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.2.1. Sistem Tenaga Listrik

Sebuah sistem tenaga listrik meliputi pembangkit. Transmisi (penyaluran) dan pendistribusian, listrik dibangkitkan oleh pusat tenaga listrik dengan berbagai sumber energinya seperti: Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU), Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA), Pembangkit Listrik Tenaga Gas (PLTG), Pembangkit Listrik Tenaga Gas Uap (PLTGU), Pembangkit Listrik Tenaga Diesel (PLTD) dan Pembangkit Listrik Tenaga Panas Bumi (PLTP).[4]

2.2.2 Susut Energi Listrik

Susut (*loss*) adalah suatu bentuk kehilangan energi listrik yang berasal dari selisih jumlah energi listrik yang tersedia dengan sejumlah energi listrik yang terjual. Berikut adalah rumus perhitungan susut. [3]

$$\frac{kwh\ beli - kwh\ jual}{kwh\ Beli} \times 100 \% \dots\dots\dots (2.1)$$

Berdasarkan keputusan Direksi PT PLN (Persero) No 217-I.JK/DIR/2005 tentang pendoman penyusunan laporan neraca energi (kWh). Jenis susut (*loss*) energi listrik dapat dibedakan menjadi dua yaitu:

2.2.2.1. Berdasarkan Sifatnya

1. Susut Teknis

Susut teknis yaitu hilangnya energi listrik pada saat penyaluran mulai dari pembangkit hingga ke pelanggan karena berubah menjadi panas. Susut teknis ini dapat dihilangkan karena merupakan kondisi bawaan atau susut yang terjadi karena alasan teknik dimana energi menyusut berubah menjadi panas pada Jaringan Tegangan Tinggi (JTT), Gardu Induk (GI), Jaringan Tegangan Menengah (JTM), Gardu Distribusi (GD), Jaringan Tegangan Rendah (JTR), Sambungan Rumah (SR) dan Alat Pengukur dan Pemabatas (APP).

Penyebab susut teknik dapat dilihat dari persamaan susut teknis sebagai berikut:

$$P_{\text{loss}} = 3 \times I^2 \times R_t \dots\dots\dots (2.2)$$

Presentase rugi-rugi energi dalam persen dapat menggunakan persamaan berikut [5] :

$$\text{Rugi Energi \%} = \frac{\text{Rugi-Rugi Energi}}{\text{Energi Tersalurkan trafo}} \times 100\% \dots\dots\dots (2.3)$$

Komponen utama dari persamaan tersebut adalah I (Ampere) yakni besarnya arus beban yang mengalir pada sistem distribusi dan R (Ohm) yakni besarnya nilai tahanan penghantar pada suatu sistem distribusi. Penyebab dari persamaan susut teknis tersebut adalah besarnya tahanan penghantar (R). Besarnya nilai tahanan dipengaruhi oleh jenis. Panjang, dan luas penghantar penampang.

$$R = \rho \frac{L}{A} \dots\dots\dots (2.4)$$

2. Susut Non Teknis

Susut non teknis yaitu hilangnya energi listrik yang dikonsumsi pelanggan maupun non pelanggan karena tidak tercatat dalam penjualan. Ada beberapa penyebab susut non teknik antara lain adalah pencurian listrik, kesalahan baca meter, kesalahan alat pengukuran dan lain-lain.

2.2.2.2. Berdasarkan Tempat Terjandinya

1. Susut Transmisi

Yaitu hilangnya energi listrik yang dibangkitkan pada saat disalurkan melalui jaringan transmisi ke gardu induk atau susut teknik yang terjadi pada jaringan yang meliputi susut pada Jaringan Tegangan Tinggi.

2. Susut Distribusi

Yaitu hilangnya energi listrik yang didistribusikan dari gardu induk melalui jaringan distribusi ke pelanggan atau susut teknik dan non teknik yang terjadi pada jaringan distribusi yang meliputi susut Jaringan Tegangan Menengah (JTM), Gardu Distribusi (GD), Jaringan Tegangan Rendah (JTR), Sambungan Rumah (SR) serta Alat Pembatas dan Pengukuran (APP) pada pelanggan TT, TM, dan TR. Bila terdapat jaringan tinggi yang berfungsi sebagai jaringan distribusi maka susut jaringan ini dimaksudkan sebagai susut distribusi.

2.2.3. Penyebab Terjadinya Susut

1. Terjadinya susut saluran (Penghantar).
2. Luas penampang terlalu kecil (penampang tidak sesuai dengan beban), semakin kecil kawat semakin besar susutnya.
3. Semakin panjang jaringan menyebabkan arus yang besar sehingga tegangan turun dan energi listrik yang mengalir banyak yang menghilang.
4. Umur alat yang terlalu tua dapat menurunkan kinerja alat tersebut.
5. Arus yang terlalu besar dapat menimbulkan panas sehingga dapat merusak alat dan terjadinya *losses*.

2.2.4. Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)

FMEA (*Failure Mode and Effect Analysis*) adalah suatu prosedur terstruktur untuk mengidentifikasi dan mencegah sebanyak mode kegagalan (*failure mode*). FMEA digunakan untuk mengidentifikasi sumber-sumber dan akar penyebab dari suatu masalah kualitas. Suatu mode kegagalan adalah apa saja yang masuk dalam kecacatan/kegagalan dalam desain, kondisi diluar batas spesifikasi yang telah ditetapkan, atau perubahan dalam produk yang menyebabkan terganggunya fungsi dari produk itu tujuan dari penerapan FMEA. [3]

1. Mengidentifikasi penyebab kegagalan proses dalam memenuhi kebutuhan pelanggan.
2. Memperkirakan resiko penyebab tertentu yang menyebabkan kegagalan.
3. Mengevaluasi rencana pengendalian untuk mencegah kegagalan.
4. Melakukan prosedur yang diperlukan untuk memperoleh sesuatu proses bebas dari kesalahan.

Elemen FMEA dibangun berdasarkan informasi yang mendukung analisa. Beberapa elemen-elemen FMEA adalah sebagai berikut:

1. Fungsi proses

Fungsi proses yang diteliti dalam *Failure Mode And Effect Analysis* (FMEA) sesuai dengan faktor penyebab susut energi listrik.

2. Menentukan Tipe Kegagalan

Merupakan suatu kemungkinan kecacatan dalam setiap proses, dimana di ambil berdasarkan data yang ada, seperti mode kegagalan.

3. Menentukan Penyebab Kegagalan.

Adalah bagaimana kegagalan tersebut bisa terjadi. Dideskripsikan sebagai sesuatu yang dapat diperbaiki, dalam tahap ini menentukan penyebab dari jenis kegagalan yang terjadi.

4. Menentukan Tingkat Keparahan (*severity/S*)

Penilaian keseriusan efek dari bentuk kegagalan potensial, *severity* ini menentukan tingkat keseriusan berdasarkan keparahan yang diakibatkan. Penentuan nilai *saverity* diperoleh dari hasil kuesioner kepada karyawan PT PLN (Persero) ULP Masohi dengan skala 1-5.

Skala 1 = Aman

Skala 2 = Tidak Parah

Skala 3 = Cukup Parah

Skala 4 = Parah

Skala 5 = Sangat Parah

5. Menentukan Dampak Kegagalan

Merupakan suatu efek/dampak yang terjadi dari bentuk kegagalan.

6. Menentukan Tingkat Keterjadian (*Occurance/O*)

Adalah sesering apa penyebab kegagalan terjadi, Tahapan ini dilakukan dengan memberikan kuesioner kepada karyawan PT PLN (Persero) ULP Masohi dengan skala 1-5.

Skala 1 = Hampir Tidak Pernah Terjadi

- Skala 2 = Jarang Terjadi
- Skala 3 = Sering Terjadi
- Skala 4 = Sangat Sering Terjadi
- Skala 5 = Hampir Pasti Terjadi

7. Mendeteksi Kegagalan

Tahapan ini adalah cara mendeteksi gangguan yang terjadi agar dapat diketahui apa penyebabnya.

8. Menentukan Nilai Deteksi (*Detection/D*)

Merupakan seberapa besar kegagalan dapat dideteksi sebelum berdampak pada sistem jaringan distribusi yang dialami oleh pihak PLN dalam memperbaiki modus kerusakan, dalam tahapan ini dilakukan dengan cara memberikan kuensioner kepada karyiawan PT PLN (Persero) ULP Masohi dengan skala 1-5.

- Skala 1 = Sangat Mudah
- Skala 2 = Mudah
- Skala 3 = Sedang
- Skala 4 = Sulit
- Skala 5 = Sangat Sulit

9. Nomor Prioritas Resiko (*Risk Priority Number/RPN*)

Merupakan angka prioritas resiko yang didapatkan dari perkalian nilai *severity*, nilai *occurance*, nilai *detection*. Nilai RPN digunakan untuk mengetahui prioritas perbaikan dan perhatian lebih.

$$RPN = S \times O \times D \dots\dots\dots (2.5)$$

10. Tindakan yang di rekomendasikan (*Recommended Action*)

Setelah bentuk kegagalan diatur sesuai peringkat RPNnya, maka tindakan perbaikan harus segera dilakukan terhadap bentuk kegagalan dengan nilai RPN tertinggi.

III. METODE

Penelitian ini dilaksanakan pada Penyulang Tamilouw yang terletak pada pulau seram, kabupaten Maluku Tengah. Untuk mengidentifikasi faktor penyebab susut , digunakan metode *Failure Mode And Effect Analysis* (FMEA). Jenis penelitian yang diterapkan adalah kuantitatif. Data dikumpulkan melalui observasi lapangan, wawancara dengan staf teknik, serta pemberian kuesioner yang di berikan kepada karyawan PLN. Metode analisis melibatkan beberapa tahapan sistematis untuk memberikan wawasan mendalam mengenai faktor penyebab susut. Tahapan tersebut meliputi perhitungan susut untuk mengetahui berapa besar susut yang terjadi pada penyulang Tamilouw dan melakukan identifikasi menggunakan metode *failure mode and effect analysis*.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil

4.1.1. Deskripsi Lokasi Penelitian

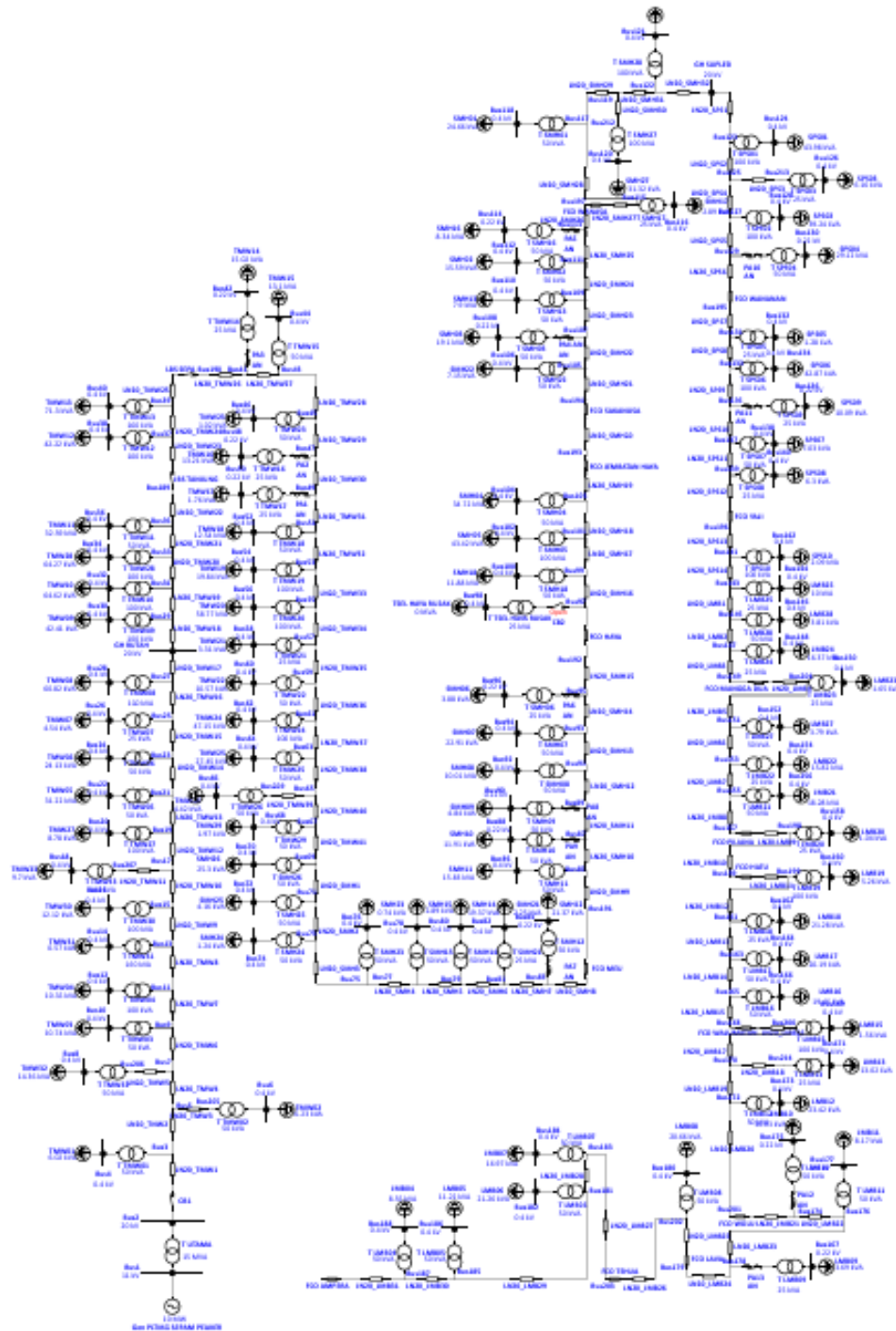
Penyulang Tamilouw merupakan salah satu penyulang dari 5 penyulang yang berada pada PT PLN (Persero) ULP Masohi yang berlokasi pada Pulau Seram Kabupaten Maluku Tengah. Penyulang Tamilouw disuplay dari PLTMG Seram Peaker dengan kapisitas generator sebesar 10 MW dan kapsitas Trafo utama sebesar 15 MVA. Dan Penyulang Tamilouw memiliki 93 gardu distribusi yang masih aktif.

4.2. Pembahasan

Dalam penelitian ini dilakukan identifikasi penyebab susut energi menggunakan metode FMEA. Namun sebelum mengetahui faktor penyebab terjadinya susut energi penting untuk mengetahui berapa besar susut energi pada Penyulang Tamilouw maka dilakukan perhitungan susut menggunakan software Etap.

Untuk membuat single line diagram pada software ETAP, terlebih dahulu mengetahui data-data yang diperlukan.

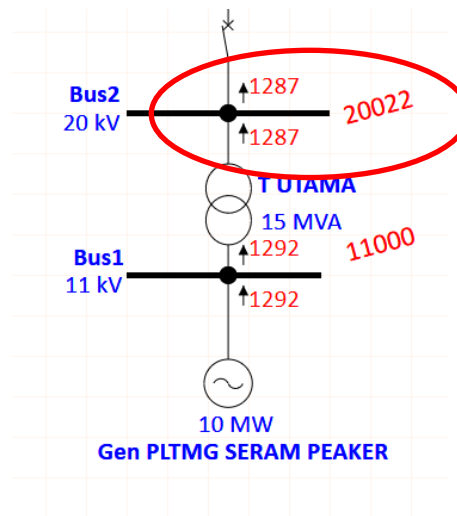
- a) SLD Penyulang Tamilouw.
 - b) Data Gardu Distribusi Meliputi Kapasitas trafo Penyulang Tamilouw.
 - c) Panjang saluran dan jenis penghantar kabel tiap Gardu Distribusi Penyulang Tamilouw.
- a. Single line diagram Penyulang Tamilouw pada software etap



Gambar. 4.1 Hasil desain SLD Penyulang Tamilouw Menggunakan Etap

4.2.1. Kondisi Beban Terpasang

Simulasi aliran daya di lakukan pada kondisi beban terpasang untuk melihat jika kerja beban mencapai maksimum maka besar *losses* pada jaringan penyulang Tamilouw dapat dilihat seperti pada gambar 4.2 dan Tabel 4.1 yang merupakan hasil *losses* kondisi beban terpasang.



Gambar 4.2 Hasil *Running Load Flow* Penyulang Tamilouw

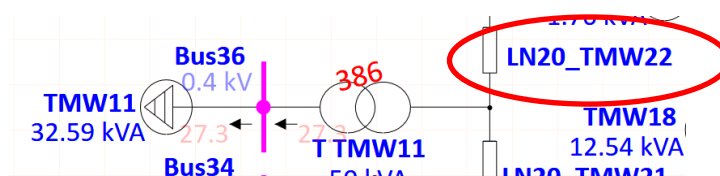
Dapat dilihat pada gambar 4.4 bahwa setelah dilakukan *running load flow*. Aliran daya yang tersalurkan dari Generator PLTMG Seram Peaker sebesar 1287.

4.2.2. Simulasi Aliran daya Kondisi Beban Terpasang

Simulasi aliran daya dilakukan pada kondisi beban terpasang untuk melihat jika bekerja beban mencapai maksimum maka besar losses pada jaringan penyulang Tamilouw dapat dilihat pada tabel 4.1 di bawah ini.

Tabel 4.1 Hasil Simulasi SLD Penyulang Tamilouw Pada Kondis Beban Terpasang

Branch ID	losses
	Kw
LN20 TMW18	3.5
LN20 TMW7	4.3
LN20 TMW23	4.7
LN20 TMW1	5.2
LN20 TMW9	5.7
LN20 TMW19	6.2
LN20 TMW8	6.4
LN20 TMW22	11.4
	121,5



Gambar 4.2 LN20_TMW22 (cbl AAAC-S 70mm²)

Berdasarkan hasil simulasi *load flow* Penyulang Tamilouw pada Tabel 4.5 terlihat bahwa jumlah *losses* pada beban terpasang sebesar 121,5 kW dan gambar 4.5 menunjukkan cable LN20_TMW22

merupakan pemberi losses terbesar dengan jumlah *losses* sebesar 11.4 kW.

Total nilai susut energi (*losses*) pada Penyulang Tamilouw saat kondisi beban terpasang sebesar 121.5 kW atau sebesar 9,4%

$$\begin{aligned} (\%) \text{ Rugi energi} &= \frac{\text{rugi-rugi energi}}{\text{Energi tersalurkan trafo}} \times 100 \\ &= \frac{121.5}{1287} \times 100 \\ &= 9,4\% \end{aligned}$$

Dari hasil simulasi susut energi yang diperoleh saat kondisi normal pada Penyulang Tamilouw yaitu 9,4% yang dimana telah melebihi batas presentase pelayanan akibat losses yang sudah ditentukan SPLN D3.002-2 Tahun 2008 sebesar 5%.

4.2.3. Identifikasi Penyebab Susut Energi

Dari hasil *losses* pada simulasi *Load Flow* penyulang Tamilouw menghasilkan *losses* sebesar 121,5 kW atau 9,4%. Hasil simulasi memberikan gambaran penyumbang *losses* terbesar pada LN20_TMW1 1,87 km sebesar 5,2 kW, LN20_TMW7 1,70 km sebesar 4,3 KLN20_TMW8 2,62 km sebesar 6,4 kW, LN20_TMW9 2,4 km sebesar 5,7 kW, LN20_TMW18 1,71 km sbesar 3.5 kW, LN20_TMW19 3.21 km sebesar 6.2 kW, LN20_TMW22 6,82 km sebesar 11,4 kW dan LN20_TMW23 3,13 sebsar 4,7 kW hal itu disebabkan karena terjadinya (Panjang Konduktor dan Luas Penampang kecil), selain itu juga penyebab terjadi susut energi juga dapat dilihat pada saat terjadi gangguan di lapangan sesuai dengan data gangguan pada penyulang Tamilouw pada Tahun 2023 gangguan tersebut antara lain yaitu terjadi (Isolator Rusak, dan Kawat Rusak).

Dari penyebab susut di atas maka untuk mengidentifikasi faktor penyebab susut energi yang terjadi maka dilakukan menggunakan metode *Failure Mode And Effect Analysis* (FMEA). Dengan Tahapan-tahapan Dapat dijelaskan sebagai berikut

1. Menentukan Fungsi Proses

Fungsi proses yang diteliti dalam *Failure Mode And Effect Analysis* (FMEA) sesuai dengan faktor penyebab susut energi listrik yang terjadi pada jaringan distribusi di penyulang Tamilouw, yaitu pada Jaringan Tegangan Menengah, dengan proses identifikasi sebagai berikut: Menentukan Tipe kegagalan, penyebab Kegagalan, Nilai *Severity*, Dampak Kegagalan, Nilai *Occurance*, Menedeteksi Kegagalan, Nilai *Detection*, dan Nilai RPN.

2. Mentukan Tipe kegagalan

Tabel 4.2 Tipe Kegagalan

Tipe Kegagalan
Isolator Rusak
Kawat Rusak
Panjang Penghantar dan luas penampang kecil

3. Menentukan Dampak kegagalan

Tabel 4.3 Dampak Kegagalan

Tipe Kegagalan	Penyebab Kegagalan
Isolator Rusak	Karena umur pakai isolator yang sudah lama sehingga mengalami kerusakan dan terjadi penurunan performa
Kawat Rusak	Disebabkan karena terjadi korosi sehingga menurunkan kualitas matareial
Panjang Penghantar dan luas penampang kabel	Karena jarak beban yang jauh dan jenis kabel yang kecil

4. Menentukan Tingkat keparahan (*severity/S*)

Tabel 4.4 Nilai *Saverity*

Tipe Kegagalan	Penyebab Kegagalan	S
Isolator Rusak	Karena umur pakai isolator yang sudah lama sehingga mengalami kerusakan dan terjadi penurunan performa	131
Kawat Rusak	Disebabkan karena terjadi korosi sehingga menurunkan kualitas material	127
Panjang Penghantar dan luas penampang kabel	Karena jarak beban yang jauh dan jenis kabel yang kecil	107

5. Menentukan Penyebab Kegagalan

Tabel 4.5 Penyebab Kegagalan

Tipe Kegagalan	Penyebab Kegagalan	S	Dampak Kegagalan
Isolator Rusak	Karena umur pakai isolator yang sudah lama sehingga mengalami kerusakan dan terjadi penurunan performa	131	Menyebabkan kebocoran arus dari konduktor ke tanah, kebocoran arus ini mengurangi jumlah arus yang mencapai beban akhir, yang artinya energi yang dihasilkan tidak seluruhnya sampai ke pengguna akhir
Kawat Rusak	Disebabkan karena terjadi korosi sehingga menurunkan kualitas material	127	Arus listrik yang melewati kawat yang rusak (korosi) akan menyebabkan peningkatan resistansi sehingga kawat akan kehilangan kemampuan untuk Mengantarkan listrik, dan membuat banyak energi yang hilang, sehingga menyebabkan susut terjadi
Panjang Penghantar dan luas penampang kabel	Karena jarak beban yang jauh dan jenis kabel yang kecil	107	Dapat mempengaruhi besarnya resistansi sehingga menyebabkan kehilangan energi

6. Menentukan Tingkat Keterjadian (*Occurance/O*)

Tabel 4.6 Nilai *Occurance*

Tipe Kegagalan	Penyebab Kegagalan	S	Dampak Kegagalan	O
Isolator Rusak	Karena umur pakai isolator yang sudah lama sehingga mengalami kerusakan dan terjadi penurunan performa	131	Menyebabkan kebocoran arus dari konduktor ke tanah, kebocoran arus ini mengurangi jumlah arus yang mencapai beban akhir, yang artinya energi yang dihasilkan tidak seluruhnya sampai ke pengguna akhir	72
Kawat Rusak	Karena terjadi cuaca buruk yang membuat ranting jatuh sehingga membuat kawat rintas	127	Arus listrik yang melewati kawat yang rusak (korosi) akan menyebabkan peningkatan resistansi sehingga kawat akan kehilangan kemampuan untuk Mengantarkan listrik, dan membuat banyak energi yang hilang, sehingga menyebabkan susut terjadi	75
Panjang Penghantar dan luas penampang kabel	Karena jarak beban yang jauh dan jenis kabel yang kecil	107	Dapat mempengaruhi besarnya resistansi sehingga menyebabkan kehilangan energi	131

7. Mendeteksi Kegagalan

Tabel 4.7 Mendetekasi Kegagalan

Tipe Kegagalan	Penyebab Kegagalan	S	Dampak Kegagalan	O	Mendeteksi Kegagalan
Isolator Rusak	Karena umur pakai isolator yang sudah lama sehingga mengalami kerusakan dan terjadi penurunan performa	131	Menyebabkan kebocoran arus dari konduktor ke tanah, kebocoran arus ini mengurangi jumlah arus yang mencapai beban akhir, yang artinya energi yang dihasilkan tidak seluruhnya sampai ke pengguna akhir	72	Pemeriksaan dan memperhatikan tanda-tanda fisiknya
Kawat Rusak	Karena terjadi cuaca buruk yang membuat ranting jatuh sehingga membuat kawat rantas	127	Arus listrik yang melewati kawat yang rusak (korosi) akan menyebabkan peningkatan resistansi sehingga kawat akan kehilangan kemampuan untuk Mengantarkan listrik, dan membuat banyak energi yang hilang, sehingga menyebabkan susut terjadi	75	Pemeriksaan dan memperhatikan tanda-tanda fisiknya
Panjang Penghantar dan luas penampang kabel	Karena jarak beban yang jauh dan jenis kabel yang kecil	107	Dapat mempengaruhi besarnya resistansi sehingga menyebabkan kehilangan energi	131	Pemeriksaan dan memperhatikan tanda-tanda fisiknya

8. Menentukan Nilai Deteksi (*Detection/D*)

Tabel 4.8 Nilai *Detection*

Tipe Kegagalan	Penyebab kegagalan	S	Dampak Kegagalan	O	Mendeteksi kegagalan	D
Isolator Rusak	Karena umur pakai isolator yang sudah lama sehingga mengalami kerusakan dan terjadi penurunan performa	131	Menyebabkan kebocoran arus dari konduktor ke tanah, kebocoran arus ini mengurangi jumlah arus yang mencapai beban akhir, yang artinya energi yang dihasilkan tidak seluruhnya sampai ke pengguna akhir	72	Pemeriksaan dan memperhatikan tanda-tanda fisiknya	115
Kawat Rusak	Karena terjadi cuaca buruk yang membuat ranting jatuh sehingga membuat kawat rantas	127	Arus listrik yang melewati kawat yang rusak (korosi) akan menyebabkan peningkatan resistansi sehingga kawat akan kehilangan kemampuan untuk Mengantarkan listrik, dan membuat banyak energi yang hilang, sehingga menyebabkan susut terjadi	75	Pemeriksaan dan memperhatikan tanda-tanda fisiknya	109

Panjang Penghantar dan luas penampang kabel	Karena jarak beban yang jauh dan jenis kabel yang kecil	107	Dapat mempengaruhi besarnya resistansi sehingga menyebabkan kehilangan energi	31	Pemeriksaan dan memperhatikan tanda fisiknya	100
---	---	-----	---	----	--	-----

Setelah mengetahui skala *severity*, *occurrence* dan *detection*, maka di dapat nilai RPN (*Risk Priority Number*). Nilai RPN digunakan untuk mengetahui prioritas yang harus dilakukan oleh pihak PLN yang didasarkan pada dampak, sesering, tingkat kontrol nilai RPN di dapat dari persamaan 2.5

9. Menentukan Nilai RPN (*Risk Priority Number*)

$$RPN = S \times O \times D$$

Isolator Rusak	: 131 x 72 x 115
	: 1,084,680
Kawat Rusak	: 127 x 75 x 109
	: 1,038,225
Panjang Penghantar dan luas penampang kabel	: 107 x 131 x 100
	: 1,401,700

Tabel 4.9 Nilai RPN (*Risk Priority Number*)

Tipe Kegagalan	Penyebab Kegagalan	S	Penyebab kegagalan	O	Mendeteksi kegagalan	D	RPN
Panjang Penghantar dan luas penampang kecil	Karena jarak beban yang jauh dan jenis kabel yang kecil	107	Dapat mempengaruhi besarnya resistansi sehingga menyebabkan kehilangan energi	131	Pemeriksaan dan memperhatikan tanda-tanda fisiknya	100	1,401,700
Isolator Rusak	Karena umur pakai isolator yang sudah lama sehingga mengalami kerusakan dan terjadi penurunan performa	131	Menyebabkan kebocoran arus dari konduktor ke tanah, kebocoran arus ini mengurangi jumlah arus yang mencapai beban akhir, yang artinya energi yang dihasilkan tidak seluruhnya sampai ke pengguna akhir	72	Pemeriksaan dan memperhatikan tanda-tanda fisiknya	115	1,084,680
Kawat Rusak	Karena terjadi cuaca buruk yang membuat ranting jatuh sehingga membuat kawat rantas	127	Arus listrik yang melewati kawat yang rusak (korosi) akan menyebabkan peningkatan resistansi sehingga kawat akan kehilangan kemampuan untuk Mengantarkan listrik, dan membuat banyak energi yang hilang, sehingga menyebabkan susut terjadi	175	Pemeriksaan dan memperhatikan tanda-tanda fisiknya	109	1,038,225

Nilai *Risk Priority Number* (RPN) menunjukkan seberapa penting suatu jenis kegagalan harus diprioritaskan berdasarkan nilai *severity*, *occurrence* dan *detection*. Dari 4 jenis kegagalan terdapat suatu tipe kegagalan dengan nilai RPN paling besar, jenis kegagalan tersebut adalah Panjang Penghantar dan luas penampang kabel dengan hasil perolehan kuensioner terhadap responden karyawan PLN sebanyak 1,401,700 Nilai RPN yang tinggi dari jenis keagagalan tersebut sangat dipengaruhi oleh nilai *severity*, *occurrence* dan *detection* yang lebih *relative* lebih tinggi, Nilai tersebut tinggi dikarenakan kegagalan tersebut memberikan efek dan mempunyai penyebab lebih besar dibanding kegagalan lainnya, penyebab dari kegagalan panjang penghantar dan luas penampang kabel Diakibatkan karena jarak beban yang jauh dan memiliki kabel yang kecil sehingga mempengaruhi besarnya resistansi dan menghambat energi untuk mengalir dan membuat energi menjadi terbuang.

10. Tindakan yang di rekomendasikan

Berdasarkan hasil penelitian diatas maka dapat dilihat bahwa kegagalan yang perlu direkomendasikan untuk dilakukan prioritas agar dapat meminimalisir susut yang terjadi yaitu panjang penghantar dan luas penampang kabel.

V. PENUTUP

5.1. Kesimpulan

Dari hasil penelitian yang dilakukan untuk mengidentifikasi faktor penyebab susut energi dapat disimpulkan bahwa:

1. Berdasarkan hasil analisa menggunakan metode *failure mode and effect analysis* faktor penyebab susut energi disebabkan karena kegagalan yang mempengaruhi, yaitu terjadinya isolator rusak disebabkan usia pemakaian yang sudah lama sehingga membuat arus bocor, kawat rusak yang disebabkan karena terjadi korosi sehingga meningkatkan resistansi dan panjang konduktor dan luas penampang kecil yang disebabkan karena jarak beban yang jauh sehingga meningkatkan resistansi.
2. Dari hasil analisa tersebut juga diperoleh nilai *severity*, *occurrence* dan *detection* yang digunakan untuk menilai risiko dari suatu kegagalan. Ketiga nilai tersebut di dapatkan dari hasil responden terhadap karyawan PLN dengan perolehan nilai pada isolator rusak *Saverity* 131 *Occurance* 72 dan *Detection* 115, kawat rusak, *Severity* 127 *Occurance* 75 *Detection* 104 dan untuk panjang penghantar dan luas penampang kabel *Saverity* 107 *Occurance* 131 *Detection* 100.
3. Dari hasil penjumlahan terhadap ketiga nilai tersebut diketahui nilai RPN terbesar pada kegagalan adalah pada panjang penghantar dan luas penampang kabel sebesar 1,401,700, isolator rusak 1,084,680, kawat rusak 1,038,255. maka kegagalan pada panjang penghantar dan luas penampang kabel harus diprioritaskan dan diperhatikan secara khusus agar dapat meminimalisir susut.

5.2. Saran

Saran yang diberikan berdasarkan hasil penelitian ini adalah :

1. Mengimplementasi program pemeliharaan berbasis risiko yang difokuskan pada komponen dengan nilai RPN tertinggi. Hal ini akan membantu dalam alokasi sumber daya yang lebih efektif dan efisiensi.
2. Penelitian lebih lanjut bisa menggabungkan metode FMEA dengan analisa seperti *Fault Tree Analysis* (FTA) atau pendekatan statistic untuk memperkaya hasil analysis dan memberikan gambaran yang lebih komprehensif.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] S. Anwar, T. Artono, N. Nasrul, D. Dasrul, and A. Fadli, "Pengukuran Energi Listrik Berbasis PZEM-004T," Pros. Semin. Nas. Politek. Negeri Lhokseumawe, vol. 3, no. 1, pp. 272–276, 2019.
- [2] rahayu deny danar dan alvi furwanti Alwie, A. B. Prasetyo, R. Andespa, P. N. Lhokseumawe, and K.



- Pengantar, *Analisis Susut Energi Pada Saluran Distribusi Jaringan Tegangan Rendah Di Pt. Pln (Persero) ULP MEDAN BARU*, vol. 2, no. 1. 2020.
- [3] R. F. Ariyanti, “*Identifikasi Penyebab Susut Energi Listrik PT PLN (Persero) Area Semarang Menggunakan Metode Failure Mode & Effect Analysis (FMEA)*,” *Ind. Eng. Online J.*, vol. 1, no. 1, pp. 1–8, 2019, [Online]. Available: <https://ejournal3.undip.ac.id/index.php/ieoj/article/view/23259>
- [4] C. A. Lestari, Zulfahri, and U. Situmeang, “*Analisis Keandalan Sistem Distribusi 20 Kv Dengan Metode FMEA Pada Penyulang Akasia dan Lele PT PLN (Persero) ULP Kota Barat*,” *J. Sain, Energi, Teknol. Ind.*, vol. 6, no. 1, pp. 1–7, 2021, doi: 10.31849/sainetin.v6i1.7408.
- [5] S. Abdurrahman, S. T. Karnoto, D. Harmini, and M. Eng, “*Analisis Rugi-Rugi Energi Listrik Akibat Menurunnya Performa Trafo Distribusi Satu Phasa di PT.PLN Semarang Selatan*,” pp. 1–7, 2020.