ANALISIS SUSUT DISTRIBUSI MENGGUNAKAN METODE FORMULA JOGJA PADA MINIMALISASI SUSUT NON TEKNIS DI PT PLN (PERSERO) ULP AIR MOLEK

LAPORAN TUGAS AKHIR

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

DISUSUN OLEH:

DEWI TIYAS SAPUTRI

NIM 30602200134

PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG
SEMARANG
2025

DISTRIBUTION LOSSES ANALYSIS USING JOGJA FORMULA METHOD IN NON-TECHNICAL LOSSES MINIMALIZATION AT PT PLN (PERSERO) ULP AIR MOLEK

FINAL PROJECT

Proposed to complete the requitment to obtain a bachelor's degree (S1) at
Departement of Electrical Engineering
Faculty of Industrial Technology
Universitas Islam Sultan Agung
Semarang

Arranged By:

DEWI TIYAS SAPUTRI

NIM 30602200134

DEPARTEMENT OF ELECTRICAL ENGINEERING
FACULTTY OF INDUSTRIAL TECHNOLOGY
UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG
SEMARANG
2025

LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING

Laporan Tugas Akhir dengan judul "**ANALISIS SUSUT DISTRIBUSI MENGGUNAKAN METODE FORMULA JOGJA PADA MINIMALISASI SUSUT NON TEKNIS DI PT PLN (PERSERO) ULP AIR MOLEK**" ini disusun oleh:

Nama	: DEWI TIYAS SAPUTRI
NIM	: 30602200134
Program Studi	: Teknik Elektro

Telah disahkan dan disetujui oleh dosen pembimbing pada:

Hari	: Rabu
Tanggal	: 05 Maret 2025

Dosen Pembimbing

Dr. Gunawan, S.T., M.T.
NIDN : 0607117101

Mengetahui,
Ka. Program Studi Teknik Elektro

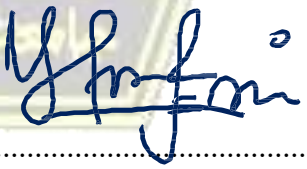
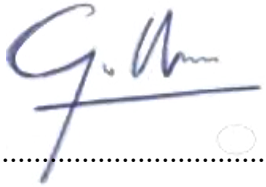
Jenny Putri Hapsari, S.T., M.T.
NIDN : 0607018501

LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI

Laporan Tugas Akhir dengan judul "**ANALISIS SUSUT DISTRIBUSI MENGGUNAKAN METODE FORMULA JOGJA PADA MINIMALISASI SUSUT NON TEKNIS DI PT PLN (PERSERO) ULP AIR MOLEK**" ini telah dipertahankan di depan Penguji sidang Tugas Akhir pada:

Hari : Rabu

Tanggal : 05 Maret 2025

Tim Penguji	Tanda Tangan
Ir. Arief Marwanto, S.T., M.Eng., Ph.D,IPM. **NIDN : 0628097501** **Ketua**	 .....
Ir. Ida Widihastuti, M.T. **NIDN : 0005036501** **Penguji I**	 .....
Dr. Gunawan, S.T., M.T. **NIDN : 0607117101** **Penguji II**	 .....

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama	: Dewi Tiyas Saputri
NIM	: 30602200134
Jurusan	: Teknik Elektro
Fakultas	: Fakultas Teknologi Industri

Dengan ini saya menyatakan bahwa Tugas Akhir yang diajukan dengan judul **"ANALISIS SUSUT DISTRIBUSI MENGGUNAKAN METODE FORMULA JOGJA PADA MINIMALISASI SUSUT NON TEKNIS DI PT PLN (PERSERO) ULP AIR MOLEK"** adalah hasil karya sendiri, tidak pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di perguruan tinggi lain maupun ditulis dan diterbitkan orang lain, kecuali secara tertulis diacu dalam daftar pustaka. Tugas Akhir ini adalah milik saya segala bentuk kesalahan dan kekeliruan dalam Tugas Akhir ini adalah tanggung jawab saya.

Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan sadar dan penuh tanggung jawab.

Semarang, 10 Maret 2025

Yang Menyatakan

Dewi Tiyas Saputri

PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI ILMIAH

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama	: Dewi Tiyas Saputri
NIM	: 30602200134
Program Studi	: Teknik Elektro
Fakultas	: Teknologi Industri

Dengan ini saya menyerahkan karya ilmiah berupa Tugas Akhir dengan judul **"ANALISIS SUSUT DISTRIBUSI MENGGUNAKAN METODE FORMULA JOGJA PADA MINIMALISASI SUSUT NON TEKNIS DI PT PLN (PERSERO) ULP AIR MOLEK"** dan menyetujui menjadi hak milik Universitas Islam Sultan Agung serta memberikan hak bebas royalti non-eksklusif untuk disimpan, dialih mediakan, dikelola dalam pangkalan data dan publikasinya di internet atau media lain untuk kepentingan akademis selama tetap mencantumkan nama penulis sebagai pemilik Hak Cipta.

Pernyataan ini saya buat dengan sungguh-sungguh. Apabila dikemudian hari terbukti ada pelanggaran Hak Cipta/ Plagiarisme dalam karya ilmiah ini, maka segala bentuk tuntutan hukum yang timbul akan saya tanggung secara pribadi tanpa melibatkan pihak Universitas Islam Sultan Agung

Semarang, 10 Maret 2025

Yang Menyatakan

Dewi Tiyas Saputri

HALAMAN PERSEMBAHAN

Alhamdulillah puji syukur kehadirat Allah SWT atas segala rahmat, nikmat, dan karunia-Nya yang senantiasa mengiringi setiap Langkah dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini

Dengan rasa bangga saya persembahkan Tugas Akhir ini kepada suami tercinta (Mas Zaenal Arifin), Ibu saya tercinta (Ibu Lasni), Bapak saya tercinta (Bapak Legi Saputro), Ibu mertua (Almh. Ibu Siti Khobsah), dan Bapak mertua (Bapak Sabari) yang selalu mendukung saya dalam situasi apapun serta senantiasa memberikan support, do'a yang tulus, dan kasih saying yang tiada hentinya kepada saya hingga sata bisa menyelesaikan Tugas Akhir ini

Saudari kandung saya (Mbak nur dan Mbak Neni), saudara-saudari ipar (Mas Zen, Maz Wawan dan Dek Ani) yang selalu berada dalam sisi saya baik suka maupun duka dan selalu memberikan semangat dan motivasi agar saya dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini

Keluarga besar dan sahabat-sahabat saya tersayang yang selalu memberikan dukungan dan motivasi agar saya mampu menyelesaikan Tugas Akhir ini

HALAMAN MOTTO

“Allah tidak membebani seseorang itu melainkan sesuai dengan kesanggupannya”
(Al-Baqarah : 286)

"Sesungguhnya bersama kesulitan itu ada kemudahan.”
(Al-Insyirah: 5)

"Sesungguhnya Allah tidak akan mengubah nasib suatu kaum sehingga mereka mengubah nasib mereka sendiri."
(Ar-Ra'd: 11)

"Keberhasilan bukanlah hal yang akhir, kegagalan bukanlah hal yang fatal: Yang penting adalah keberanian untuk terus melangkah."
Winston Churchill

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Puji syukur kehadirat Allah SWT yang telah memberikan segala nikmat dan rahmat-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul "Analisis Susut Distribusi Menggunakan Metode Formula Jogja Pada Minimalisasi Susut Non Teknis Di PT PLN (Persero) ULP Air Molek". Shalawat serta salam kita curahkan kepada Nabi Agung Muhammad SAW, semoga kelak kita mendapatkan syafaatnya. Aamiin.

Penyusunan Tugas Akhir ini merupakan salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana pada Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknologi Industri di Universitas Islam Sultan Agung Semarang. Penulis menyadari untuk mengerjakan tugas akhir ini banyak pihak yang telah memberikan dukungan dan membantu selama menyelesaikan tugas akhir ini dengan baik. Oleh karena itu, sudah sepantasnya penulis dengan sangat hormat mengucapkan terimakasih sebesar-besarnya dan mendoakan semoga Allah SWT memberikan balasan terbaik kepada :

1. Bapak Prof. Dr. H. Gunarto, SH., MH. selaku Rektor Universitas Islam Sultan Agung Semarang.
2. Ibu Dr. Ir. Novi Marlyana, ST., MT. selaku Dekan Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Sultan Agung Semarang.
3. Ibu Jenny Putri Hapsari, ST., MT. selaku Ketua Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Sultan agung Semarang.
4. Bapak Dr. Gunawan, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing yang telah memberikan bimbingan serta dukungan dalam penyusunan Tugas Akhir ini.
5. Seluruh Dosen dan Karyawan Jurusan Teknik Elektro, Universitas Islam Sultan Agung Semarang atas ilmu, bimbingan dan bantuannya hingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini.
6. Untuk suami tercinta, Mas Zaenal Arifin yang selalu memberikan support, do'a dan semangat kepada penulis dalam menyusun Tugas Akhir ini.

7. Untuk kedua orangtua, mertua dan keluarga yang senantiasa memberikan do'a, semangat, dan dukungan, yang tiada hentinya kepada penulis dalam menyusun Tugas Akhir ini.
8. Kepada sahabat seperjuangan Teknik Elektro angkatan 2022 yang sudah membantu dalam pembuatan laporan Tugas Akhir Ini.

Penulis menyadari dalam menyusun laporan Tugas Akhir ini banyak sekali kekurangan, baik dari segi materi maupun penyajiannya. Penulis meminta maaf dan juga menerima kritik maupun saran yang membangun, sehingga kedepannya Tugas Akhir ini menjadi lebih baik lagi. Peneliti berharap semoga laporan ini memberi manfaat dan dapat dijadikan referensi agar dapat dikembangkan menjadi lebih baik lagi. Semoga Allah Ta'ala, senantiasa melimpahkan rahmat dan ridha- Nya kepada kita semua.

Wassalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh.

Semarang, 29 Januari 2025

Dewi Tiyas Saputri

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL i
LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING ii
LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI iii
SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR.... **Error! Bookmark not defined.**
PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI ILMIAH. **Error! Bookmark not defined.**
KATA PENGANTAR vi
DAFTAR ISI x
DAFTAR TABEL xii
DAFTAR GAMBAR xiii
ABSTRAK xiv
ABSTRACT xv
BAB I PENDAHULUAN 1
1.1. Latar Belakang 1
1.2. Perumusan Masalah 3
1.3. Pembatasan Masalah 3
1.4. Tujuan 3
1.5. Manfaat 3
1.6. Sistematika Penulisan 4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI 5
2.1. Tinjauan Pustaka 5
2.2. Landasan Teori 5
2.2.1. Susut Energi Listrik 5
2.2.2. Susut Berdasarkan Sifatnya 6
2.2.3. Susut Berdasarkan Tempat Terjadinya 10
2.2.4. Formula Jogja di PT PLN (Persero) ULP Air Mole 10
2.2.5. Proses Input Data 12
2.2.6. Keunggulan Metode Formula Jogja 18

2.2.7. Alat Pengukuran dan Pembatas Daya Listrik 19
2.2.8. Fungsi Alat Pembatas dan Pengukur 20
2.2.9. Penertiban Pemakaian Tenaga Listrik (P2TL) 21
2.2.10. Penertiban Pemakaian Tenaga Listrik (P2TL) 21
2.2.11. Penertiban Pemakaian Tenaga Listrik (P2TL) 21
BAB III METODE PENELITIAN 23
3.1. Sistem Metode Penelitian 23
3.2. Populasi dan Sampel 24
3.3. Jenis Data dan Sumber Data 26
3.4. Teknik Pengumpulan Data 28
3.5. Teknik Analisis Data 31
3.6. Tempat Pelaksanaan Penelitian 33
3.7. Single Line Diagram ULP Air Molek 34
BAB IV DATA DAN ANALISA 36
4.1. Data 36
4.2. Analisa 58
BAB V PENUTUP 65
5.1. Kesimpulan 65
5.2. Saran 65
DAFTAR PUSTAKA 67

DAFTAR TABEL

Tabel 4.1. Data Pertambahan Aset SUTM 41
Tabel 4.2. Penerimaan dan Penjualan Energi 48
Tabel 4.3. Susut Energi per Kategori 53
Tabel 4.4. Rincian Aset Distribusi pada Triwulan I 2024 54
Tabel 4.5. Penurunan Susut Non-Teknis di PT PLN (Persero) ULP Air Molek Tahun 2024 60
Tabel 4.6. Kontribusi P2TL terhadap Penurunan Susut Non-Teknis di PT PLN (Persero) ULP Air Molek 62

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Hirarki Permasalahan Susut Energi 9
Gambar 2.2. Penjualan kWh 2024 12
Gambar 2.3. Aset ULP Air Molek Tahun 2024.....14
Gambar 2.4. Formula Jogja ULP Air Molek Tahun 2024 18
Gambar 3.1. Sistem Metode Penelitian.....30
Gambar 3.2. Flowchart Metode Jogja.....30
Gambar 3.3. Lokasi Penelitian.....34
Gambar 3.4. Single Line Diagram ULP Air Molek.....34
Gambar 4.1. Input Data Penjualan kWh Energi.....37
Gambar 4.2. Input Data Pertambahan Aset.....38
Gambar 4.3. Data LF 2024.....46
Gambar 4.4. Formula Jogja 2024.....48
Gambar 4.5. Penerimaan dan Penjualan Energi.....49
Gambar 4.6. Grafik Perhitungan Susut Total.....53
Gambar 4.7. Optimalisasi Aset Distribusi untuk Meningkatkan Efisiensi Sistem.....55
Gambar 4.8. Grafik Kumulatif Susut Tahunan.....57
Gambar 4.9. Duppon Chart Rayon Air Molek Kumulatif s.d Juni 2024 57
Gambar 4. 10. Kontribusi P2TL terhadap susut non-teknis di ULP Air Molek 63

ABSTRAK

Operasi sistem tenaga listrik pada level distribusi dihadapkan pada tantangan meminimalkan susut energi. Susut teknis disebabkan oleh sifat fisik jaringan distribusi listrik sementara susut non-teknis meliputi pencurian listrik serta kesalahan administrasi. Efisiensi operasional menjadi prioritas utama bagi ULP Air Molek guna mendukung keberlanjutan bisnis perusahaan. Guna mencapai target operasi, penanganan susut non-teknis memiliki peluang besar untuk diminimalisasi. Penelitian ini menggunakan metode Formula Jogja untuk menganalisis susut teknis dan non-teknis berdasarkan data konsumsi energi, penjualan, serta aset distribusi selama Triwulan I 2024. Pendekatan analisis susut teknis dilakukan sebagai fungsi dari arus listrik dan resistansi penghantar, sementara susut non-teknis berdasar selisih antara susut total dan susut teknis. Hasil kajian menunjukkan bahwa pada Triwulan I 2024, susut distribusi mencapai 9,13%, terdiri atas susut teknis sebesar 7,17% dan susut non-teknis sebesar 1,96%. Implementasi program Penertiban Pemakaian Tenaga Listrik (P2TL) sebagai langkah pengawasan dan penertiban mampu mengurangi susut non-teknis sebesar 0,5%. Kedudukan P2TL dalam Formula Jogja sangat penting, karena sebagai bagian dari upaya pengendalian dan pengawasan, P2TL secara langsung mempengaruhi parameter yang digunakan untuk menghitung susut. optimalisasi aset distribusi, seperti pemeliharaan trafo dan kabel jaringan, memberikan kontribusi terhadap penurunan resistansi penghantar sebesar 10% dalam Formula Jogja, sehingga turut menekan susut teknis. Dengan demikian pentingnya pelaksanaan P2TL secara berkelanjutan dan pemantauan berkala terhadap aset distribusi untuk mendukung efisiensi operasional serta meningkatkan kualitas layanan pelanggan.

Kata kunci : Formula Jogja, P2TL, Susut Distribusi

ABSTRACT

The operation of the electrical power system at the distribution level faces the challenge of minimizing energy *losses*. Technical *losses* are caused by the physical characteristics of the electricity distribution network, while non-technical *losses* include electricity theft and administrative errors. Operational efficiency is a top priority for ULP Air Molek to support the company's business sustainability. To achieve operational targets, addressing non-technical *losses* presents a significant opportunity for minimization. This study employs the Jogja Formula method to analyze technical and non-technical *losses* based on energy consumption data, sales, and distribution assets during the first quarter of 2024. The analysis of technical *losses* is approached as a function of electric current and conductor resistance, while non-technical *losses* are determined by the difference between total *losses* and technical *losses*. The results show that in the first quarter of 2024, the distribution loss reaches 9.13%, consisting of technical *losses* of 7.17% and non-technical *losses* of 1.96%. The implementation of the Electricity Usage Control Program (P2TL) as a monitoring and enforcement measure is capable of reducing non-technical *losses* by 0.5%. The position of P2TL within the Jogja Formula is crucial, as it plays a key role in control and monitoring efforts, directly influencing the parameters used to calculate *losses*. Optimization of distribution assets, such as the maintenance of transformers and network cables, contributes to a 10% reduction in conductor resistance within the Jogja Formula, thus further reducing technical *losses*. Therefore, the importance of sustainable P2TL implementation and regular monitoring of distribution assets is essential to support operational efficiency and enhance customer service quality.

Keywords : Jogja Formula, P2TL, Distribution *Losses*

BAB I
PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Energi listrik secara sosial dan ekonomi tidak dapat dipisahkan dari kegiatan sehari-hari. Hal ini menjadikan listrik sebagai kebutuhan penting bagi pelanggan. Perusahaan Listrik Negara (PLN) bertanggung jawab penuh untuk memenuhi kebutuhan listrik masyarakat. Dalam praktiknya PT PLN (Persero) menjalankan proses bisnis dari hulu ke hilir dengan membagi-bagi fungsi unit induknya kedalam beberapa unit berdasarkan pada sistem tenaga listrik yaitu Pembangkitan, Transmisi dan Distribusi.

Pada prosesnya mulai dari pembangkitan, transmisi dan distribusi, salah satu faktor yang menjadi perhatian adalah munculnya susut (*losses*). Berdasarkan laporan kinerja susut 2024 ULP Air Molek realisasi penerimaan total pada bulan Januari sebesar 15.694.873 kWh, bulan Februari 14.867.977 kWh, dan bulan Maret 17.018.605 kWh. Realisasi penjualan total pada bulan Januari sebesar 11.777.626 kWh, bulan Februari 11.224.333 kWh, dan bulan Maret 12.730.306 kWh. Realisasi susut total pada bulan Januari sebesar 1.490.439 kWh, bulan Februari 1.276.391 kWh, dan bulan Maret 1.579.331 kWh. Berdasarkan data tersebut menunjukkan realisasi susut distribusi yang tinggi mengurangi pendapatan PLN. Begitu juga sebaliknya apabila susut distribusi dapat ditekan maka akan meningkatkan pendapatan PLN. Semakin kecil nilai susut, berarti semakin besar efisiensi sistem tersebut. Susut (*losses*) pada unit induk distribusi merupakan kehilangan energi listrik (kWh) dalam aktivitas penyaluran energi listrik dari Gardu Induk sampai ke pelanggan [1].

Secara umum susut energi dibedakan menjadi dua jenis menurut sifatnya, yaitu susut teknis dan susut non teknis. Pada Triwulan I 2024 di ULP Air Molek susut teknis sebesar 7,17 % atau setara 3.413.968 kWh dan susut non teknis sebesar 1,96 % atau setara 932.193 kWh [2]. Susut teknis merupakan energi yang hilang karena berubah menjadi panas pada jaringan, susut teknis merupakan susut yang diakibatkan oleh alasan teknik salah satunya oleh pengaruh dari konektor kurang

bagus, luas penampang kabel, umur trafo, arus netral yang terlalu besar, dan jaringan terlalu Panjang. Sedangkan susut non teknis merupakan energi yang hilang karena adanya pemakaian listrik yang tidak tertagihkan salah satunya disebabkan oleh penggunaan aliran listrik yang tidak sah, kesalahan pembacaan meter pada pelanggan, dan penerangan jalan umum liar [3].

Pada Triwulan I 2024, Susut Total ULP Air Molek sebesar 9,13 % dengan rincian Susut Teknis sebesar 7,17 % dan Susut Non Teknis sebesar 1,96 %. Pencurian listrik merupakan salah satu penyumbang susut yang cukup besar, susut Non Teknis yang disumbang oleh pencurian listrik pada PT PLN (Persero) ULP Air Molek adalah sebesar 9 % pada Triwulan I 2024, yaitu sama dengan 79.297 kWh [2]. Alat Pengukur dan Pembatas (APP) merupakan aset milik PT PLN (Persero) yang difungsikan sebagai pengukur jumlah energi pemakaian serta pembatas daya yang digunakan untuk membatasi daya kontrak. Pada hal ini kWh meter merupakan alat ukur yang digunakan pada pelanggan, sedangkan MCB digunakan untuk pembatas dayanya, dimana pengelolaanya menjadi tanggung jawab PLN [4]. Jumlah kWh meter yang selalu bertambah setiap saat akan berbanding lurus dengan timbulnya masalah-masalah seputar kWh meter, dimana salah satunya kita harus dapat memastikan akurasi pembacaan oleh kWh meter sudah akurat, namun penanganannya belum optimal karena minimnya data kelainan kWh meter di lapangan dan minimnya pengawasan. Dikarenakan hal tersebut, salah satu upaya untuk mengurangi kerugian dikarenakan pemakaian listrik yang tidak terukur adalah PLN mengambil langkah untuk melakukan Penertiban Pemakaian Tenaga Listrik (P2TL).

Penertiban Pemakaian Tenaga Listrik atau P2TL merupakan rangkaian kegiatan yang meliputi perencanaan, pemeriksaan, tindakan dan penyelesaian yang dilakukan oleh PLN terhadap instalasi PLN dan/atau instalasi pemakai tenaga listrik dari PLN [5]. Dari pelaksanaan kegiatan P2TL terhadap pelanggan yang terdapat kelainan kWh meter, diharapkan dapat diperoleh pengukuran yang riil terhadap pemakaian beban di lokasi, sehingga diperoleh jumlah Tagihan Susulan (TS) dari pemakaian pelanggan yang tidak terukur sebelumnya. Maka P2TL dapat meningkatkan jumlah *saving* kWh dan menekan susut Non Teknis dalam sistem

distribusi. Dikarenakan susut Non Teknis ialah susut yang bukan berasal dari material PLN dimana susut ini masih bisa ditagihkan tagihan susulannya [6].

1.2. Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah yang ada, maka dapat ditemukan permasalahan pokok sebagai berikut:

a. Bagaimana pengaruh pelaksanaan P2TL terhadap *saving* kWh di PT PLN (Persero) Unit Layanan Pelanggan Air Molek?
b. Berapa nilai kontribusi P2TL terhadap Susut Non Teknis dari pelaksanaan P2TL di PT PLN (Persero) Unit Layanan Pelanggan Air Molek?

1.3. Pembatasan Masalah

Dalam penelitian ini, batasan masalah difokuskan pada analisis susut distribusi dengan menggunakan Metode Formula Jogja, yang secara khusus diarahkan pada upaya minimalisasi susut non-teknis di PT PLN (Persero) ULP Air Molek. Batasan penelitian ini akan dibatasi hanya pada kegiatan Penertiban Pemakaian Tenaga Listrik (P2TL). Kegiatan P2TL merupakan langkah-langkah operasional yang dilakukan untuk mengurangi dan mengendalikan kehilangan daya non-teknis yang terjadi akibat tindakan-tindakan tidak sah atau kesalahan administrasi dalam penggunaan listrik oleh pelanggan. Analisis ini tidak akan mencakup susut teknis atau aspek-aspek lainnya di luar lingkup P2TL.

1.4. Tujuan

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

a. Menghitung *saving* kWh serta pengaruh Susut Non Teknis dari pelaksanaan P2TL.
b. Menganalisa kontribusi P2TL terhadap *saving* kWh jual untuk menekan Susut Non Teknis di PT PLN (Persero) Unit Layanan Pelanggan Air Molek.

1.5. Manfaat

Adapun manfaat yang diharapkan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

a. Untuk mengetahui kontribusi P2TL terhadap *saving* kWh jual guna menekan Susut Non Teknis di PT PLN (Persero) Unit Layanan Pelanggan Air Molek.
b. Untuk mengetahui kontribusi P2TL terhadap *saving* kWh jual serta membantu perusahaan dalam mengevaluasi dan mengoptimalkan program tersebut.

1.6. Sistematika Penulisan

Penulisan tugas akhir ini terdiri dari beberapa bab dengan sistematika sebagai berikut:

BAB I Pendahuluan, menguraikan latar belakang masalah, perumusan masalah, pembatasan masalah, tujuan, manfaat, dan sistematika penulisan.

BAB II Tinjauan Pustaka dan Landasan Teori, mengkaji penelitian terdahulu yang relevan serta teori-teori yang mendasari penelitian ini.

BAB III Metode Penelitian, menjelaskan metode penelitian yang digunakan, meliputi desain penelitian, teknik pengumpulan data, dan metode analisis data.

BAB IV Data dan Analisa, berisi pemaparan dan analisis data yang diperoleh selama penelitian.

BAB V Penutup, berisi kesimpulan dari hasil penelitian serta saran yang diberikan untuk penelitian lebih lanjut atau penerapan hasil penelitian.

BAB II
TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI

2.1. Tinjauan Pustaka

Arieyansyah [7], dengan judul Penekanan Susut Non Teknis Dengan Cara Optimalisasi Pelaksanaan P2TL Di PT PLN (Persero) ULP Indarung. Kegiatan penelitian ini melakukan optimalisasi P2TL untuk menekan angka susut non teknis untuk mendapatkan Target Operasi (TO) yang akurat dan melaksanakan SOP P2TL dilapangan dengan metode sisir melakukan pengecekan, pengamatan dan pengambilan data secara langsung dilapangan bersama dengan pelaksana P2TL.

Desmira [5], dengan judul Analisis Pelanggaran Pemakaian Tenaga Listrik pada Pelanggan Tegangan Menengah (20 kv) di PT. PLN (Persero) Distribusi Banten Area Cikupa. Kegiatan penelitian ini tentang analisis golongan pelanggaran-pelanggaran listrik serta tagihan susulannya untuk pelanggan tegangan menengah (20 KV) dengan menggunakan metode pengamatan atau observasi. Pengambilan data dilakukan secara langsung melalui pengamatan dilapangan.

Jumardi [8], dengan judul Pengoptimalan Pelaksanaan Penertiban Pemakaian Tenaga Listrik (P2TL) untuk Menekan Susut Non Teknis di PT PLN (Persero) Unit Layanan Pelanggan (ULP) Balai Selasa. Kegiatan penelitian ini melakukan optimalisasi P2TL di ULP Balai Selasa sudah menekan jumlah susut non teknis dan meningkatkan penjualan nilai kWh dengan menggunakan metode pengambilan data dari system aplikasi AP2T, ACMT dan P2APST. Metode analisa data melakukan pengambilan data serta melakukan pengecekan langsung ke lapangan dengan pelaksana P2TL, melakukan perhitungan dan perbandingan pemakaian pelanggan dari 5 bulan terakhir, serta membuat diagram perbandingan kWh pendapatan P2TL kondisi sebelum dan sesudah dilakukan usaha pengoptimalan pelaksanaan P2TL.

2.2. Landasan Teori

2.2.1. Susut Energi Listrik

Susut (*losses*) merupakan hilangnya tenaga listrik yang disalurkan ke konsume suatu wujud kehilangan tenaga listrik yang berasal dari selisih jumlah

energi kWh beli dengan jumlah tenaga listrik yang terjual. Berikut adalah rumus perhitungan susut :

$$\frac{kWh\ Beli - kWh\ Jual}{kWh\ Beli}\ x\ 100\ \% \quad (2.1)$$

Berdasarkan Keputusan Direkni PT PLN (Persero) No. 217-1.JK/DIR/2005 tentang Pedoman Penyusunan Laporan Neraca Energi (kWh), jenis susut (*losses*) energi listrik dapat dibedakan menjadi dua yaitu:

1. Susut berdasarkan sifatnya, dan
2. Susut berdasarkan tempat terjadinya.

2.2.2. Susut Berdasarkan Sifatnya

Susut energi listrik, atau energi yang hilang selama proses distribusi, merupakan masalah penting dalam sistem tenaga listrik. Susut ini dapat dikategorikan menjadi dua jenis, yaitu susut teknis dan susut non-teknis. Adapun penjelasan dari kedua kategori ini adalah sebagai berikut::

1. Susut Teknis

Susut teknis adalah energi yang hilang selama distribusi akibat sifat fisik jaringan listrik, seperti resistansi pada kabel dan peralatan listrik. Susut ini terjadi ketika energi listrik berubah menjadi panas saat melewati jaringan distribusi. Beberapa faktor yang mempengaruhi susut teknis termasuk umur trafo, ukuran penampang kabel, arus netral yang kuat, dan pemasangan steker yang tidak rapi, serta panjang jaringan distribusi yang berlebihan [9]. Secara matematis, susut teknis dapat dihitung menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$P_{loss} = I^2Rt \text{ atau } \quad P_{loss} = IRIT \quad (2.2)$$

Di mana:

I adalah arus listrik yang mengalir pada sistem distribusi (ampere),

R adalah resistansi penghantar (ohm).

Selain itu, resistansi penghantar R dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti jenis material konduktor, panjang penghantar, dan luas penampang konduktor. Persamaan resistansi dapat dituliskan sebagai:

$$R = \rho \frac{L}{A} x\ 100\ \% \tag{2.3}$$

Keterangan:

ρ adalah resistivitas atau tahanan jenis material (ohm meter),

L adalah panjang penghantar (meter),

A adalah luas penampang penghantar (meter persegi).

Faktor-faktor ini menunjukkan bahwa semakin besar arus listrik dan resistansi penghantar, semakin besar pula susut teknis yang terjadi. Untuk mengurangi susut teknis, optimasi desain jaringan listrik, penggunaan material konduktor yang berkualitas, serta pemeliharaan infrastruktur secara berkala sangat penting [10]

2. Susut Non Teknis

Susut non-teknis adalah energi listrik yang hilang akibat faktor di luar sistem teknis, seperti pencurian listrik, kesalahan baca meter, dan kesalahan pada alat ukur [8]. Susut ini sering kali disebabkan oleh penggunaan listrik yang tidak tercatat, baik oleh pelanggan yang melakukan pencurian listrik atau akibat kesalahan dalam pengukuran.

a. Faktor utama yang mempengaruhi susut non-teknis:

1) Pencurian Listrik: Salah satu modus pencurian listrik adalah dengan merusak atau mengakali Alat Pengukur dan Pembatas (APP) untuk mengurangi catatan konsumsi listrik. Untuk menanggulangi masalah ini, PT PLN (Persero) secara aktif melakukan Penertiban Pemakaian Tenaga Listrik (P2TL) yang bertujuan untuk memeriksa dan menindak pengguna listrik ilegal [8]. Pencegahan bisa dilakukan dengan dua pendekatan, yaitu:

a) Persuasif: Melalui sosialisasi kepada masyarakat mengenai dampak negatif pencurian listrik bagi kualitas distribusi listrik dan kelangsungan penyediaan tenaga listrik.

b) Korektif: Melalui pelaksanaan P2TL untuk memeriksa dan menindak pelanggaran langsung di lapangan.

2) Kesalahan Baca Meter:

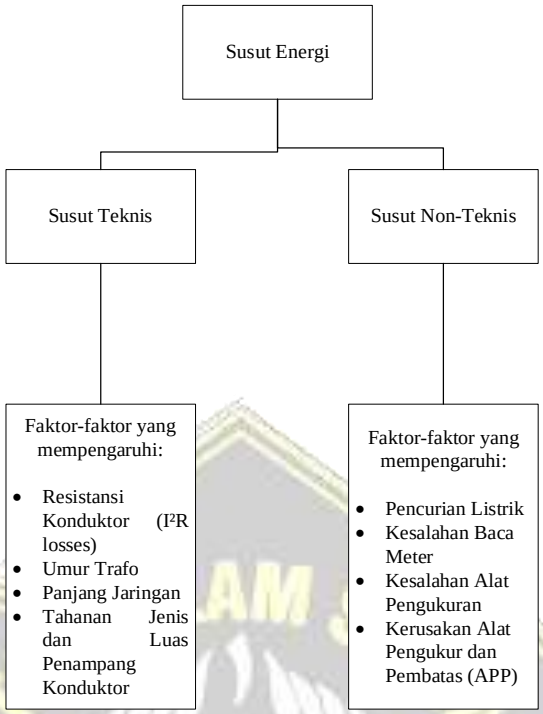
Kesalahan dalam membaca meter listrik juga dapat menyebabkan susut non-teknis, terutama jika konsumsi aktual pelanggan lebih tinggi daripada yang tercatat. Pelatihan rutin bagi petugas baca meter sangat penting untuk meminimalisir kesalahan ini [8].

3) Kerusakan Alat Pengukur:

Gangguan pada alat pengukur, seperti kWh meter, dapat menyebabkan energi yang tercatat tidak sesuai dengan energi yang digunakan pelanggan. Kerusakan ini bisa bersifat internal pada meter atau eksternal pada sistem distribusi [10].

3. Pendekatan Hirarkis untuk Permasalahan Susut Energi

Permasalahan susut energi dapat diurai menjadi beberapa tingkatan permasalahan, dari faktor-faktor teknis hingga non-teknis. Hirarki masalah susut energi listrik ini perlu ditinjau dengan pendekatan terstruktur, melibatkan analisis dari seluruh komponen yang mempengaruhi sistem distribusi.



Gambar 2.1. Hirarki Permasalahan Susut Energi

4. Pendekatan Teoritis untuk Mengurangi Susut

Beberapa pendekatan teoritis yang dapat digunakan untuk mengurangi susut, baik teknis maupun non-teknis, antara lain:

a. Optimasi Jaringan Distribusi:

Memperpendek jalur distribusi dan menggunakan konduktor dengan luas penampang yang lebih besar akan mengurangi resistansi dan susut teknis [3].

b. Penggunaan Smart Meter:

Pemasangan meter pintar dapat mendeteksi anomali pada konsumsi listrik secara real-time, sehingga dapat mengurangi susut non-teknis akibat kesalahan baca meter dan pencurian listrik [7].

c. Pelatihan SDM:

Pelatihan rutin bagi petugas yang bertugas memantau dan memelihara jaringan distribusi dapat meningkatkan akurasi pengukuran dan mengurangi kesalahan baca meter serta mendeteksi kerusakan lebih cepat [8].

2.2.3. Susut Berdasarkan Tempat Terjadinya

Susut berdasarkan tempat terjadinya dibagi menjadi dua, yaitu susut transmisi dan susut distribusi, adapun penjelasan dari kedua hal tersebut adalah sebagai berikut :

1. Susut transmisi

Susut transmisi merupakan rugi-rugi energi listrik yang terjadi pada saat penyaluran dari jaringan transmisi sampai dengan Gardu Induk (GI). Yang meliputi rugi pada Jaringan Tegangan Tinggi (JTT) dan gardu induk (GI).

2. Susut Distribusi

Susut distribusi merupakan rugi-rugi energi listrik yang terjadi pada saat penyaluran Gardu Induk (GI) sampai dengan jaringan distribusi pelanggan yang meliputi Jaringan Tegangan Menengah (JTM), Gardu Distribusi (GD), Jaringan Regangan Rendah (JTR), Sambungan Rumah (SR) dan Alat Pembatas dan Pengukur (APP) untuk pelanggan TM dan TR.

2.2.4. Formula Jogja di PT PLN (Persero) ULP Air Mole

Formula Jogja adalah pendekatan yang digunakan oleh PLN untuk menghitung nilai susut teknis dan susut non-teknis secara cepat dan efisien. Pendekatan ini melibatkan penggunaan beberapa data penting yang perlu diperbarui secara berkala (setiap bulan), termasuk penerimaan energi dari pembangkit atau unit lainnya, total penjualan energi, serta pertambahan aset distribusi seperti Saluran Kabel Tegangan Menengah (SKTM), Saluran Udara Tegangan Menengah (SUTM), Tegangan Rendah (TR), Sambungan Rumah (SR), dan trafo. Data ini kemudian diolah dalam proses pemetaan susut distribusi. Setelah data tersebut sudah diinput semuanya selanjutnya ke proses pemetakan susut distribusi seperti tampilan pada gambar 3.4.

Cara Perhitungan Formula Jogja:

1. Input Data Energi dan Aset Data utama yang harus dimasukkan meliputi:

a. Penerimaan Energi: Energi listrik yang diterima dari pembangkit atau unit lain.

b. Penjualan Total: Jumlah energi yang dijual ke pelanggan.

c. Pertambahan Aset Distribusi: Aset yang bertambah seperti SKTM, SUTM, TR, SR, dan trafo.

2. Proses Pemetaan Susut Distribusi Setelah data tersebut dimasukkan, dilakukan pemetaan susut distribusi yang dihitung dengan menggunakan persamaan berikut:

$$\text{Susut Distribusi} = \frac{\text{Energi Penerimaan} - \text{Energi Penjualan}}{\text{Energi Penerimaan}} \times 100\% \quad (2.4)$$

Rumus ini memberikan gambaran umum tentang seberapa besar energi yang hilang dalam proses distribusi.

3. Penghitungan Susut Teknis

Setelah didapatkan susut distribusi, langkah selanjutnya adalah menghitung susut teknis dengan menggunakan persamaan 2.2. Persamaan ini berkaitan dengan susut teknis akibat faktor-faktor seperti arus beban dan resistansi konduktor (I^2R):

$$\text{Susut Teknis} = I^2 \times R \quad (2.5)$$

Di sini, I mewakili arus beban yang mengalir melalui sistem distribusi, dan R adalah resistansi penghantar.

4. Penghitungan Susut Non-Teknis

Susut non-teknis diperoleh dengan mengurangkan susut teknis dari total susut distribusi:

$$\text{Susut Non} - \text{Teknis} = \text{Susut Distribusi} - \text{Susut Teknis} \quad (2.6)$$

Dengan menggunakan pendekatan Formula Jogja ini, PLN dapat secara lebih cepat dan akurat memisahkan antara susut teknis dan non-teknis, serta

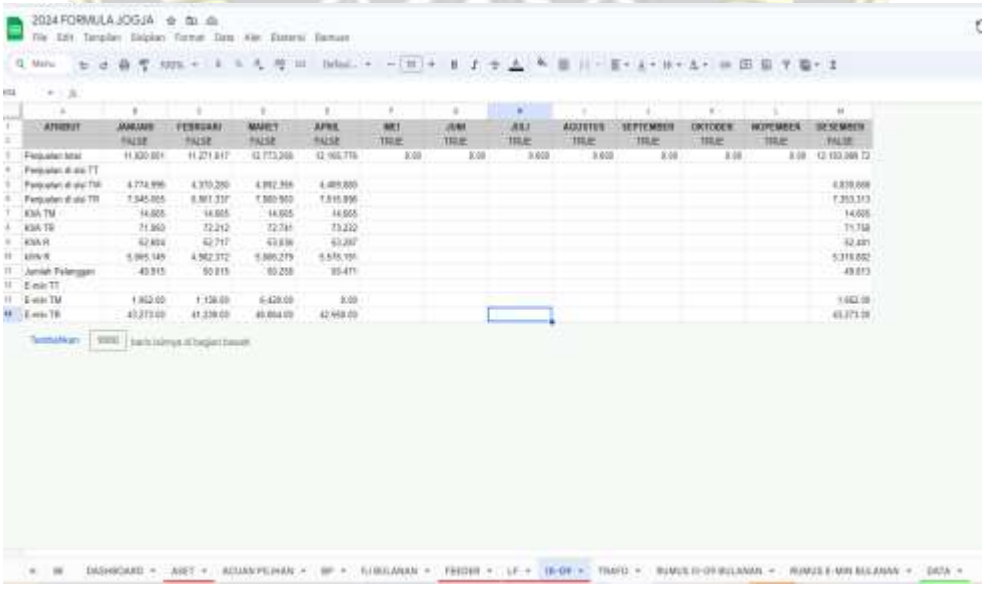
mengidentifikasi area mana yang perlu diperbaiki untuk mengurangi susut energi, baik teknis maupun non-teknis.

Formula Jogja dirumuskan dengan tujuan untuk menyederhanakan proses perhitungan susut energi. Dengan pembagian jelas antara susut teknis dan non-teknis, serta pemetaan distribusi energi, PLN dapat memantau dan mengelola energi yang hilang dengan lebih efektif. Pendekatan ini juga memperhitungkan aset distribusi yang terus bertambah, sehingga hasil perhitungan selalu mencerminkan kondisi terkini dari sistem distribusi yang sedang berjalan.

2.2.5. Proses Input Data

Formula Jogja adalah metode yang digunakan oleh PT PLN (Persero) untuk menghitung susut energi listrik pada jaringan distribusi. Susut energi ini dapat terjadi karena berbagai faktor, termasuk kerugian teknis dan non-teknis. Formula Jogja membantu dalam memantau dan mengelola susut energi agar dapat ditekan seminimal mungkin. Formula ini melibatkan beberapa variabel penting untuk memastikan akurasi perhitungan susut energi. Berikut literatur review Formula Jogja 2024 PT PLN (Persero) ULP Air Molek:

1. Proses input Data Penjualan kWh



Gambar 2.2. Penjualan kWh 2024
(Sumber : Formula Jogja 2024)

Pada Gambar 2.2, terlihat sheet III-09 yang memuat perolehan penjualan kWh tahun 2024. Berikut adalah penjelasan mengenai masing-masing atribut yang terdapat dalam sheet ini:

a. Penjualan Total: Total penjualan kWh listrik kepada pelanggan setiap bulannya.
b. Penjualan di sisi TM (Tegangan Menengah): Penjualan kWh pada jaringan tegangan menengah.
c. Penjualan di sisi TR (Tegangan Rendah): Penjualan kWh pada jaringan tegangan rendah.
d. KWh IN TM: Konsumsi kWh di sisi tegangan menengah.
e. KWh IN TR: Konsumsi kWh di sisi tegangan rendah.
f. KWh R (Retur): KWh yang dikembalikan atau tidak terpakai.
g. KWh Pelanggan: KWh yang digunakan oleh pelanggan.
h. e-min TM: Energi minimal pada jaringan tegangan menengah.
i. e-min TR: Energi minimal pada jaringan tegangan rendah.

Data yang diinput dalam sheet III-09 ini berasal dari sistem AP2T (Aplikasi Pengelolaan Pelanggan Terpadu), yang merupakan sistem yang digunakan oleh PT PLN (Persero) untuk mengelola data pelanggan, penjualan, dan distribusi listrik. AP2T menyediakan data yang akurat dan terkini mengenai penjualan dan penggunaan listrik setiap bulannya.

Proses input data dilakukan dengan langkah-langkah berikut:

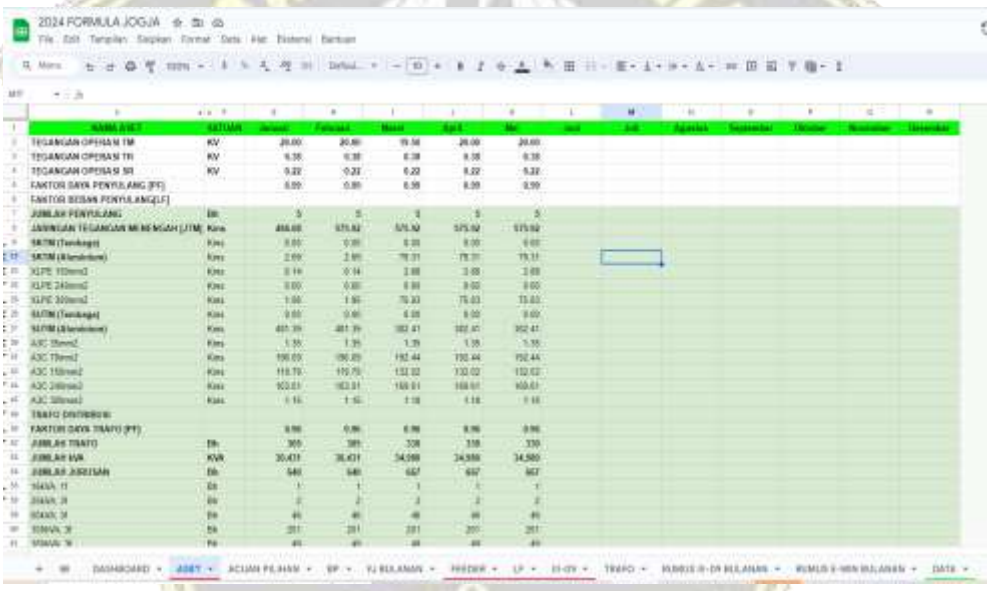
a. Pengumpulan Data: Data penjualan kWh dikumpulkan dari laporan bulanan AP2T.
b. Pencatatan dan Validasi: Data yang telah dikumpulkan dicatat dalam format standar dan divalidasi oleh tim administrasi untuk memastikan akurasi.

c. Penginputan ke Sistem: Data yang telah divalidasi kemudian diinput ke dalam sheet III-09.

Data untuk menghitung susut energi ini diambil dari laporan AP2T, yang mencatat jumlah energi yang masuk ke jaringan (KWh IN) dan jumlah energi yang dijual atau digunakan (Penjualan di sisi TM/TR).

2. Proses input data penambahan aset

Dalam Formula Jogja, aset yang dimonitor adalah komponen-komponen utama jaringan distribusi listrik yang berpengaruh langsung terhadap operasional dan efisiensi sistem. Monitoring aset ini dilakukan untuk memastikan bahwa setiap penambahan atau perubahan dapat tercatat dengan baik dan dianalisis untuk perbaikan ke depan.



Gambar 2.3. Aset ULP Air Molek Tahun 2024
(Sumber : Formula Jogja 2024)

Pada sheet aset gambar 2.3 adalah monitoring pertambahan aset setiap bulan yang terdiri dari pertambahan aset SKTM (Saluran Kabel Tegangan Menengah), SUTM (Saluran Udara Tegangan Menengah), TR (Tegangan Rendah), SR (Sambungan rumah), dan Trafo.

Pada gambar 2.3, terdapat berbagai macam aset yang dimonitor setiap bulan, yaitu:

a. SKTM (Saluran Kabel Tegangan Menengah): Saluran kabel yang mengalirkan listrik pada tegangan menengah.
b. SUTM (Saluran Udara Tegangan Menengah): Saluran udara yang mengalirkan listrik pada tegangan menengah.
c. TR (Tegangan Rendah): Jaringan distribusi listrik pada tegangan rendah yang langsung terhubung ke konsumen.
d. SR (Sambungan Rumah): Sambungan listrik dari jaringan tegangan rendah ke rumah-rumah pelanggan.
e. Trafo: Transformator yang digunakan untuk menurunkan tegangan dari tegangan menengah ke tegangan rendah atau sebaliknya.

Data yang diinput dalam sheet aset berasal dari laporan bulanan masing-masing unit kerja di lapangan. Setiap unit kerja mencatat penambahan, pengurangan, dan perubahan kondisi aset pada akhir setiap bulan. Sumber data utama adalah sistem AP2T yang mencatat semua transaksi dan kondisi aset secara rinci.

Proses input data untuk monitoring aset dilakukan secara rutin setiap bulan dengan langkah-langkah sebagai berikut:

a. Pengumpulan Data:
    1) Data aset seperti SKTM, SUTM, TR, SR, dan trafo dikumpulkan dari laporan bulanan masing-masing unit kerja di lapangan.
    2) Setiap unit kerja mencatat penambahan, pengurangan, dan perubahan kondisi aset pada akhir setiap bulan.
b. Pencatatan dan Validasi:
    1) Data yang telah dikumpulkan dicatat dalam format yang standar dan divalidasi oleh tim administrasi.
    2) Validasi dilakukan untuk memastikan bahwa data yang dimasukkan sesuai dengan kondisi di lapangan dan tidak ada kesalahan input.
c. Penginputan ke Sistem:

1) Data yang telah divalidasi kemudian dimasukkan ke dalam sistem Formula Jogja.
2) Penginputan dilakukan menggunakan software pengelolaan data aset yang telah disediakan oleh PT PLN (Persero).

Sumber data yang digunakan untuk monitoring aset berasal dari berbagai laporan yang dihasilkan oleh tim lapangan PT PLN (Persero). Berikut adalah rincian sumber data:

a. Laporan Bulanan Unit Kerja: Setiap unit kerja di lapangan melaporkan kondisi aset mereka setiap bulan.
b. Laporan Perawatan dan Pemeliharaan: Laporan ini mencakup kegiatan perawatan dan pemeliharaan aset yang dapat mempengaruhi kondisi aset.
c. Laporan Inspeksi: Hasil inspeksi rutin yang dilakukan oleh tim inspeksi memberikan data tambahan mengenai kondisi aset.

Contoh data yang diisikan dalam tabel pada sheet aset dari Januari hingga Juni dapat dilihat pada Gambar 2.3. Data tersebut mencakup panjang saluran, jumlah transformator, dan faktor-faktor lainnya yang mempengaruhi operasional jaringan distribusi listrik.

a. Panjang Saluran (SKTM dan SUTM):
    1) Panjang saluran diukur dalam kilometer (kms) dan dicatat setiap bulan untuk melihat pertambahan atau pengurangan.
    2) Contoh rumus:

$$\text{Panjang Saluran} = \text{Panjang saluran bulan sebelumnya} + \text{Penambahan baru} - \text{Pengurangan}$$

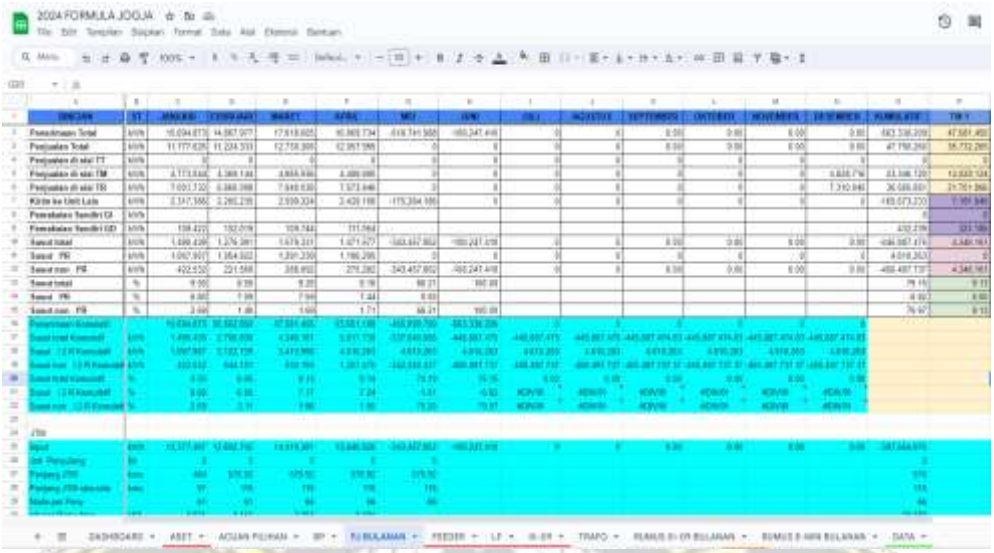
b. Jumlah Transformator:
    1) Jumlah transformator dicatat berdasarkan unit yang terpasang dan berfungsi setiap bulan.
    2) Contoh rumus:

$$\text{JumlahTransformator} = \text{Jumlah trafo bulan sebelumnya} + \text{Penambahan baru} - \text{Pengurangan}$$

UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG
UNISSULA

3. Analisis Data

Proses pemetaan susut distribusi:



Gambar 2.4. Formula Jogja ULP Air Molek Tahun 2024
(Sumber : Formula Jogja 2024)

Dalam proses pemetaan susut distribusi, susut teknis dan non teknis sudah terpetakan saat mengikuti setiap tahapan input data dari penjualan kWh hingga penambahan aset. Sehingga dapat dilihat pada gambar 2.4, yang merupakan realisasi susut baik teknis maupun non teknis.

2.2.6. Keunggulan Metode Formula Jogja

Metode Formula Jogja adalah teknik yang digunakan dalam analisis susut distribusi energi listrik, yang dikembangkan untuk meningkatkan akurasi perhitungan dan mengidentifikasi penyebab susut secara lebih efektif. Metode ini menawarkan beberapa keunggulan utama dibandingkan metode lainnya dalam konteks manajemen distribusi energi listrik.

1. Akurasi Perhitungan yang Tinggi

Metode Formula Jogja dikenal karena kemampuannya memberikan hasil perhitungan yang lebih akurat dalam analisis susut distribusi. Teknik ini menggabungkan berbagai parameter teknis dan non-teknis untuk menghitung

total susut energi listrik dengan mempertimbangkan faktor-faktor seperti kehilangan energi akibat pencurian dan kesalahan pengukuran meteran. Hal ini memungkinkan pengukuran yang lebih mendekati realitas dan membantu dalam identifikasi masalah yang lebih mendetail [11]

2. Penerapan yang Fleksibel

   Metode ini dapat diterapkan dalam berbagai skenario distribusi listrik, baik di area perkotaan maupun pedesaan. Fleksibilitas ini disebabkan oleh kemampuannya untuk menyesuaikan parameter yang digunakan dalam perhitungan sesuai dengan kondisi lapangan dan karakteristik sistem distribusi yang berbeda. Ini memudahkan implementasi metode di berbagai lokasi dan skala distribusi [12]

3. Efektivitas dalam Identifikasi Susut Non-Teknis

   Salah satu keunggulan utama Metode Formula Jogja adalah kemampuannya untuk membedakan antara susut teknis dan non-teknis. Metode ini memungkinkan analisis mendalam terhadap faktor-faktor yang menyebabkan susut non-teknis, seperti pencurian energi atau kesalahan administrasi, dengan memanfaatkan data yang ada secara lebih efektif [13]

4. Peningkatan Efisiensi Operasional

   Dengan menggunakan Metode Formula Jogja, perusahaan distribusi listrik dapat mengidentifikasi dan mengatasi sumber-sumber susut secara lebih efisien. Hal ini berkontribusi pada peningkatan efisiensi operasional dan pengurangan kerugian yang terkait dengan susut energi. Penerapan metode ini juga membantu dalam perencanaan dan pelaksanaan strategi pengurangan susut yang lebih terstruktur [14]

2.2.7. Alat Pengukuran dan Pembatas Daya Listrik

Berikut adalah penjelasan dari alat pengukuran dan pembatas daya listrik:

1. Alat Pengukuran Daya Listrik

   Alat pengukuran daya listik digunakan untuk menentukan besarnya pemakaian daya dan energi listrik. Peralatan yang lazim digunakan di

masyarakat untuk pengukuran daya listrik biasanya adalah kWh meter, kVArh meter, kVa meter maksimum, meter arus dan meter tegangan. Sistem pengukuran dibagi menajdi dua macam yaitu:

a. Pengukuran Langsung

Pengukuran langsung merupakan pengukuran pelanggan tanpa menggunakan alat bantu yaitu untuk pelanggan 1 fasa pada tegangan 220 V dan 3 fasa mulai daya 6600 VA s.d 41.500 VA pada tegangan 380 V.

b. Pengukuran Tidak Langsung

Pengukuran tidak langsung adalah pengukuran yang menggunakan alat bantu berupa CT maupun PT yaitu untuk pelanggan TR 3 fasa dengan daya 53000 VA sd 197000 VA dan untuk pelanggan TM.

2. Alat Pembatas Daya Listrik

Alat pembatas daya listrik digunakan untuk menentukan batas pemakaian daya sesuai dengan daya tersambung atau daya terkontrak pada PLN. Dengan menggunakan alat pembatas pemakaian tidak dapat melebihi daya kapasitas pembatas tersebut, karena apabila melebihi alat pembatas yang terpasang akan menyebabkan terputusnya energi listrik secara otomatis. Alat pembatas yang lazim digunakan adalah :

a. Pada sistem tegangan rendah sampai dengan 100A digunakan MCB, diatas 100 A digunakan MCCB
b. Pada sistem tegangan menengah 20 kV biasanya menggunakan OCR+PMT

2.2.8. Fungsi Alat Pembatas dan Pengukur

Berikut adalah fungsi dari Alat Pembatas dan Pengukur (APP) yaitu :

a. Sebagai pembatas arus atau daya yang digunakan oleh pelanggan.
b. Mencatat jumlah energi yang dipakai oleh pelanggan.
c. Sebagai saklar utama untuk mematikan aliran listrik jika pelanggan mengkonsumsi listrik terlalu banyak, dan terjadi korsleting pada instalasi listrik di rumah pelanggan, atau dimatikan dengan sengaja untuk memperbaiki instalasi listrik.

2.2.9. Penertiban Pemakaian Tenaga Listrik (P2TL)

P2TL adalah serangkaian kegiatan yang meliputi perencanaan, pemeriksaan, tindakan dan penyelesaian yang dilakukan oleh PLN terhadap instalasi PLN dan/atau instalasi pemakai tenaga listrik dari PLN. Kegiatan P2TL meliputi perencanaan, pemeriksaan, tindakan teknis dan/atau hukum dan penyelesaian yang dilakukan oleh PLN terhadap instalasi PLN dan/atau instalasi pemakai tenaga listrik dari PLN [15].

Petugas lapangan P2TL merupakan regu yang terdiri dari pejabat/petugas-petugas PLN yang melaksanakan pemeriksaan P2TL di lapangan dengan tugas-tugas yang meliputi:

1. Melakukan pemeriksaan terhadap JTL (Jaringan Tenaga Listrik), STL (Sambungan Tenaga Listrik), APP (Alat Pembatas dan Pengukur) dan perlengkapan APP serta instalasi pemakai tenaga listrik dalam rangka menertibkan pemakaian tenaga listrik.
2. Melakukan pemeriksaan atas pemakaian tenaga listrik.
3. Mencatat kejadian-kejadian yang ditemukan pada waktu dilakukan P2TL menurut jenis kejadiannya.
4. Menandatangani berita acara hasil pemeriksaan P2TL serta berita acara lainnya serta membuat laporan mengenai pelaksanaan P2TL.
5. Menyerahkan dokumen dan barang bukti hasil temuan pemeriksaan P2TL kepada petugas administrasi P2TL dengan dibuatkan berita acara serah terima dokumen barang bukti P2TL.

2.2.10. Standar yang digunakan dalam Perhitungan Susut

Standar yang digunakan dalam perhitungan susut terdapat standar nasional yaitu SNI dan SPLN D5. 004-1 tahun 2012. Standar internasional yang digunakan yaitu IEEE 1159-2019, IEC 60038, Cigre Technical Brochure 438, dan EUE (2012/27/EU).

2.2.11. Rumus Standar Deviasi

Dari hasil pengukuran susut non teknis komulatif dari bulan Januari s.d Juni, maka standar deviasi sampel (s) dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$s = \sqrt{\frac{\sum(x_i - \bar{x})^2}{n-1}} \tag{2.7}$$

di mana:

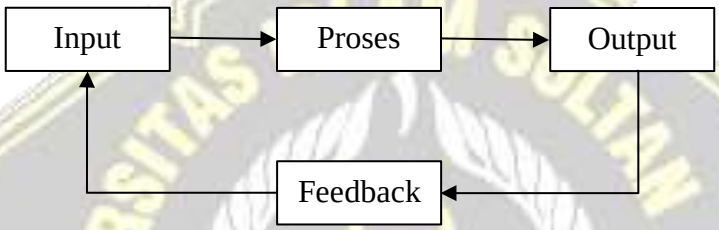
- x_i = nilai individu dari pengukuran susut
- $\bar{x}$ = rata-rata dari semua pengukuran
- n = jumlah total pengukuran

UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG
UNISSULA

BAB III
METODE PENELITIAN

3.1. Sistem Metode Penelitian

Penelitian ini dilakukan di PT PLN (Persero) Unit Layanan Pelanggan (ULP) Air Molek. ULP ini merupakan salah satu unit yang bertugas mengelola distribusi tenaga listrik ke pelanggan di wilayah tertentu. Pada unit ini, masalah susut distribusi, baik teknis maupun non-teknis, menjadi fokus perhatian untuk memastikan efisiensi operasional dan optimalisasi pendapatan. Berikut adalah sistem metode penelitian terlihat pada gambar 3.1



Gambar 3.1. Sistem Metode Penelitian

Metode penelitian dimulai dengan input data penerimaan total, penjualan energi, dan pertambahan aset di ULP Air Molek. Setelah semua data terkumpul selanjutnya proses di formula jogja mulai dari pemetaan susut distribusi, kemudian dalam proses perhitungan susut teknis menggunakan persamaan susut I^2R dan susut non teknis dengan mengurangkan susut teknis dari susut distribusi total. Hasil output tersebut adalah susut teknis dan susut non teknis. Feedback dari hasil tersebut dapat digunakan untuk pengajuan penambahan aset distribusi untuk menurunkan nilai susut.

Pendekatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode Formula Jogja yang bertujuan untuk menghitung susut teknis dan non-teknis secara cepat dan akurat. Metode ini memerlukan data bulanan mengenai:

a. Penerimaan energi dari pembangkit atau unit lain.

b. Penjualan energi total dan penjualan energi berdasarkan kategori (tegangan menengah, rendah, dll.).

c. Pertambahan aset, seperti Saluran Kabel Tegangan Menengah (SKTM), Saluran Udara Tegangan Menengah (SUTM), Tegangan Rendah (TR), Sambungan Rumah (SR), dan Trafo.

Dalam penelitian ini, masalah utama yang dihadapi adalah tingginya susut non-teknis akibat berbagai faktor, termasuk pencurian listrik, kesalahan baca meter, dan peralatan pengukuran yang rusak. Metode yang digunakan untuk meminimalkan susut non-teknis adalah dengan mengoptimalkan pelaksanaan Penertiban Pemakaian Tenaga Listrik (P2TL). P2TL dilakukan untuk mendeteksi dan mengurangi pencurian listrik serta kesalahan administrasi lainnya.

Langkah-langkah pemecahan masalah yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

a. Menggunakan Formula Jogja untuk mempercepat dan memudahkan perhitungan susut distribusi.

b. Pelaksanaan P2TL secara intensif dan berkelanjutan untuk meminimalisir susut non-teknis.

c. Sosialisasi kepada pelanggan untuk mengurangi kesadaran terhadap pencurian listrik dan kesalahan penggunaan alat pengukur.

Penelitian ini mengukur keberhasilan pelaksanaan P2TL di ULP Air Molek dalam mengurangi susut non-teknis. Pengumpulan data dilakukan selama beberapa bulan, dan hasilnya dibandingkan dengan data susut teknis dan non-teknis sebelum pelaksanaan P2TL. Selain itu, penelitian ini mengidentifikasi faktor-faktor teknis dan non-teknis yang paling berpengaruh terhadap susut distribusi di wilayah kerja ULP Air Molek.

3.2. Populasi dan Sampel

1. Populasi

Populasi dalam penelitian ini adalah seluruh pelanggan listrik yang terdaftar di PT PLN (Persero) ULP Air Molek. Populasi ini mencakup berbagai jenis pelanggan yang menjadi fokus dalam analisis susut distribusi menggunakan Metode

Formula Jogja, dengan perhatian khusus pada identifikasi dan pengurangan susut non-teknis. Populasi ini terdiri dari:

a. Pelanggan Rumah Tangga: Individu atau keluarga yang menggunakan listrik untuk keperluan rumah tangga sehari-hari.
b. Pelanggan Bisnis: Usaha kecil, menengah, atau besar yang menggunakan listrik dalam operasional bisnis mereka.
c. Pelanggan Industri: Perusahaan atau pabrik yang memerlukan pasokan listrik dalam jumlah besar untuk proses produksinya.

Klasifikasi pelanggan ini meliputi:

a. Jenis Pelanggan
    1) Pelanggan Rumah Tangga
    2) Pelanggan Bisnis
    3) Pelanggan Industri
b. Kategori Konsumsi Energi
    1) Konsumsi Rendah:
       Pelanggan dengan konsumsi energi bulanan yang relatif rendah.
    2) Konsumsi Menengah:
       Pelanggan dengan konsumsi energi bulanan yang berada di tingkat menengah.
    3) Konsumsi Tinggi:
       Pelanggan dengan konsumsi energi bulanan yang tinggi.

2. Sampel

Sampel adalah subset dari populasi yang akan dianalisis dalam penelitian ini untuk mengevaluasi susut distribusi menggunakan Metode Formula Jogja. Proses pemilihan sampel mencakup langkah-langkah berikut:

a. Metode Sampling:
   Penelitian ini akan menggunakan metode sampling stratifikasi untuk memastikan bahwa sampel mencakup berbagai kategori pelanggan yang relevan. Dalam sampling stratifikasi, pelanggan dikelompokkan

berdasarkan jenis pelanggan (rumah tangga, bisnis, industri) dan kategori konsumsi energi, serta lokasi [16]

b. Jumlah Sampel:

Jumlah sampel akan ditentukan berdasarkan ukuran populasi dan kebutuhan analisis. Sampel akan dipilih secara proporsional dari setiap kelompok untuk memastikan representativitas data [17].

c. Kriteria Pemilihan Sampel:

1) Kriteria Keterwakilan: Sampel harus mencakup berbagai jenis pelanggan dan kategori konsumsi energi untuk memperoleh gambaran menyeluruh tentang susut non-teknis.
2) Kriteria Ketersediaan Data: Pelanggan yang dipilih harus memiliki data yang lengkap dan akurat terkait konsumsi energi dan kepatuhan terhadap peraturan.

d. Proses Pengumpulan Sampel: Data tentang pelanggan diambil dari database internal PT PLN (Persero) ULP Air Molek. Pelanggan yang memenuhi kriteria pemilihan akan dihubungi untuk berpartisipasi dalam penelitian melalui wawancara, observasi, atau metode pengumpulan data lainnya [16], [17]

3.3. Jenis Data dan Sumber Data

Dalam penelitian ini, data yang diperlukan untuk analisis susut distribusi menggunakan Metode Formula Jogja pada minimalisasi susut non-teknis di PT PLN (Persero) ULP Air Molek akan mencakup beberapa kategori utama. Data ini dikumpulkan untuk memastikan analisis yang komprehensif dan akurat terhadap masalah susut distribusi.

1. Data Konsumsi Energi

Data konsumsi energi listrik dari pelanggan, yang mencakup total konsumsi bulanan, tarif, dan pola penggunaan energi, merupakan informasi krusial dalam penelitian ini. Data ini diperoleh dari sistem informasi manajemen pelanggan PT PLN (Persero) dan laporan konsumsi energi bulanan. Pengumpulan data ini penting untuk menghitung total energi yang

didistribusikan dan membandingkannya dengan energi yang terukur, sehingga dapat diidentifikasi adanya perbedaan yang mungkin menunjukkan susut [12]

2. Data Pembacaan Meter

Data dari meteran listrik, termasuk pembacaan meter secara rutin serta informasi mengenai meteran yang rusak atau tidak akurat, adalah data penting lainnya. Laporan dari petugas pembaca meter dan catatan pemeliharaan meteran akan digunakan untuk menganalisis keakuratan pembacaan meter dan mengidentifikasi gangguan yang mungkin menyebabkan susut non-teknis [13]

3. Data Pemakaian Energi dan Penyulang

Informasi mengenai pemakaian energi di berbagai penyulang atau jalur distribusi, termasuk lokasi dan jumlah penyulang serta konsumsi energi yang terhubung, perlu dikumpulkan. Data ini diperoleh dari catatan operasional jaringan distribusi dan laporan teknis. Data ini membantu dalam menilai distribusi energi di jaringan dan mengidentifikasi area dengan tingkat susut yang tinggi [14]

4. Data Kualitas Listrik

Data tentang kualitas listrik, termasuk fluktuasi tegangan, gangguan, dan pemadaman, juga penting. Informasi ini diperoleh dari sistem monitoring kualitas listrik dan laporan gangguan dari departemen teknis. Mengidentifikasi faktor kualitas listrik yang dapat mempengaruhi akurasi meteran dan menyebabkan susut non-teknis merupakan bagian dari analisis yang akan dilakukan [11]

5. Data Administrasi Pelanggan

Data administrasi pelanggan, seperti pendaftaran, riwayat pembayaran, dan catatan pelanggaran, diperlukan untuk menganalisis pengaruh administrasi terhadap potensi susut non-teknis. Data ini diperoleh dari sistem administrasi pelanggan dan catatan pembayaran. Analisis ini bertujuan untuk memahami hubungan antara administrasi pelanggan dan susut distribusi yang terjadi [12]

6. Data Perbaikan dan Pemeliharaan

Data mengenai kegiatan perbaikan dan pemeliharaan peralatan distribusi, termasuk catatan penggantian dan inspeksi, sangat penting. Laporan pemeliharaan dari tim teknis dan catatan inspeksi peralatan akan digunakan untuk menilai dampak pemeliharaan terhadap keakuratan meteran dan susut distribusi. Ini membantu dalam mengidentifikasi bagaimana pemeliharaan mempengaruhi pengukuran dan susut yang terjadi [14]

7. Data Sosial Ekonomi Pelanggan

Informasi mengenai profil pelanggan seperti kategori sosial ekonomi, lokasi geografis, dan tingkat pemanfaatan energi juga akan dikumpulkan. Data ini diperoleh dari survei pelanggan dan data demografis dari PT PLN (Persero). Data sosial ekonomi membantu dalam mengidentifikasi faktor-faktor yang mempengaruhi pola konsumsi energi dan potensi susut non-teknis [11]

3.4. Teknik Pengumpulan Data

Teknik atau metode yang digunakan dalam "Analisis Susut Distribusi Menggunakan Metode Formula Jogja Pada Minimalisasi Susut Non Teknis Di PT PLN (Persero) ULP Air Molek" adalah:

1. Dokumentasi/literatur

   Pengambilan data dengan metode dokumentasi/literatur dilakukan dengan cara mengumpulkan materi-materi yang berhubungan dengan judul penelitian baik itu yang berasal dari buku bahan ajar, mencari beberapa di internet atau beberapa blog, buku panduan maupun data teknis dari PT PLN (Persero) ULP Air Molek yang berhubungan dengan judul penelitian yang diteliti.

2. Wawancara

   Pengambilan data dengan metode wawancara dilakukan dengan cara melakukan tanya jawab atau konsultasi dengan dosen pembimbing, pegawai PT PLN (Persero) khususnya bidang Transaksi Energi Listrik, dan pihak-pihak lain yang berkompeten tentang Penertiban Pemakaian Tenaga Listrik (P2TL) sehingga peneliti dapat memperoleh data atau informasi yang lebih relevan dengan masalah yang diteliti.

3. Observasi (pengamatan langsung)

Pengambilan data dengan metode Observasi (pengamatan langsung) dilakukan dengan cara mengumpulkan data-data yang diperlukan untuk penelitian yang didapatkan dari lapangan. Data-data tersebut didapat dari petugas ganti meter yang dilakukan dengan meninjau langsung ke lokasi tempat penelitian.

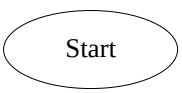
4. Data Jumlah Pelanggan

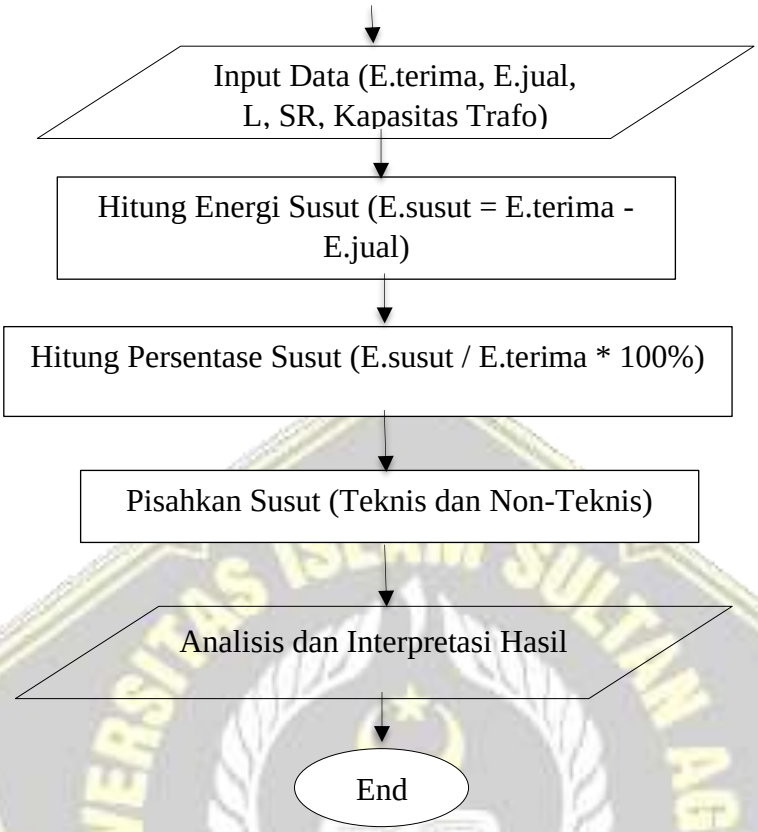
   Data jumlah pelanggan di PT PLN (Persero) ULP Air Molek akan dikumpulkan dan dianalisis untuk mendapatkan gambaran tentang sebaran dan karakteristik pelanggan yang menjadi subjek penelitian ini. Data ini diperoleh melalui laporan internal PLN dan observasi langsung di lapangan. Analisis jumlah pelanggan ini penting untuk memahami skala dan dampak potensial dari P2TL dalam minimalisasi susut non-teknis.

Data tersebut diolah untuk memetakan susut distribusi, yang selanjutnya digunakan dalam perhitungan susut teknis dengan persamaan I^2R dan susut non-teknis dengan mengurangkan susut teknis dari susut distribusi total.

Masalah utama yang dihadapi adalah tingginya susut non-teknis akibat pencurian listrik, kesalahan baca meter, dan peralatan pengukuran yang rusak. Upaya mengatasinya dilakukan dengan mengoptimalkan pelaksanaan Penertiban Pemakaian Tenaga Listrik (P2TL) untuk mendeteksi dan mengurangi pencurian listrik serta kesalahan administrasi.

Perhitungan menggunakan metode Formula Jogja terlihat pada gambar 3.1 berikut.





Gambar 3.2. Flowchart Metode Jogja

Pada Gambar 3.1, perhitungan menggunakan metode Formula Jogja dimulai dengan mempersiapkan alur perhitungan susut energi berdasarkan data yang tersedia. Data yang dibutuhkan, seperti energi yang diterima (E_terima), energi yang terjual (E_jual), panjang jaringan listrik (L), jumlah sambungan rumah (SR), dan kapasitas trafo, dimasukkan ke dalam sistem untuk memulai proses perhitungan. Langkah pertama dalam perhitungan adalah menghitung energi susut dengan mengurangi energi yang terjual dari energi yang diterima. Selanjutnya, persentase susut dihitung. Setelah itu, energi susut yang telah dihitung dipisahkan menjadi dua komponen utama, yaitu susut teknis dan susut non-teknis. Susut teknis dihitung berdasarkan karakteristik teknis jaringan listrik, seperti hambatan kabel dan efisiensi trafo, sedangkan susut non-teknis dihitung sebagai sisa dari total susut.

Setelah seluruh perhitungan selesai, hasil analisis digunakan untuk menilai tingkat efisiensi distribusi energi dan mengidentifikasi penyebab utama dari susut,

baik yang bersifat teknis maupun non-teknis. Proses perhitungan ini berakhir dengan langkah evaluasi yang dapat digunakan untuk mengambil tindakan perbaikan guna mengurangi susut dalam distribusi listrik. Dengan demikian, flowchart ini menggambarkan langkah-langkah yang sistematis dan efisien dalam mengelola data distribusi energi dan membantu meningkatkan efisiensi sistem distribusi listrik secara keseluruhan.

3.5. Teknik Analisis Data

Telah dijelaskan sebelumnya bahwa ada tiga macam metode/teknik pengumpulan data yang digunakan dalam penelitian ini yaitu metode observasi, wawancara, dan studi literatur. Metode observasi dilakukan dengan mengamati proses pelaksanaan P2TL di ULP Air Molek, kemudian metode wawancara dilakukan dengan mewawancarai petugas pelaksana dan PIC terkait, serta dengan metode studi literature penulis meliput, mencari, membaca, dan menelaah laporan-laporan penelitian dan bahan pustaka yang membuat teori-teori yang relevan dengan penelitian yang akan. Selain itu dilakukan pula pengambilan data teknis di PT PLN (Persero) ULP Air Molek melalui (Aplikasi Pelayanan Pelanggan Terpadu) AP2T. Selanjutnya data teknis tersebut di kumpulkan sesuai dengan kebutuhan penelitian kemudian dari dasar data tersebut dihitung besar tagihan susulan terhadap pencurian listrik. Setelah itu dilakukan pula analisa terkait temuan pencurian yang memiliki potensi *saving* kWh yang besar kemudian menjadikannya sebagai Target Operasi (TO) prioritas untuk pemeriksaan kedepannya, dengan harapan dapat menurunkan susut non teknis di PT PLN (Persero) ULP Air Molek. Kemudian dari analisis data akan dituangkan dalam bentuk tulisan yang rapi dan mudah dipahami pembaca.

Langkah penyelesaian masalah dimulai dengan pengumpulan data energi yang diterima dan dijual oleh PLN. Energi yang diterima ($E_{diterima}$) dihitung dari total penerimaan energi dari pembangkit atau unit lain, sedangkan energi yang dijual (E_{dijual}) mencakup total energi yang digunakan oleh pelanggan [8]. Susut distribusi ($S_{distribusi}$) dihitung dengan rumus berikut:

$S_{distribusi}=E_{diterima}-E_{dijual}$ (3.1)

Setelah itu, susut teknis (S_{teknis}) dihitung menggunakan rumus I^2R, yang menggambarkan kerugian energi akibat panas pada penghantar listrik. Rumusnya adalah:

$$S_{teknis} = I^2R \quad (3.2)$$

dengan I adalah arus listrik (ampere) dan R adalah resistansi penghantar (ohm). Resistansi penghantar (R) dihitung berdasarkan sifat fisik penghantar dengan rumus:

$$R = \rho\frac{L}{A} \quad (3.3)$$

di mana ρ adalah resistivitas material penghantar (ohm meter), L adalah panjang penghantar (meter), dan A adalah luas penampang penghantar (meter persegi).

Selanjutnya, susut non-teknis ($S_{non\text{-}teknis}$) dihitung dengan cara mengurangkan susut teknis dari susut distribusi total:

$S_{non\text{-}teknis}=S_{distribusi}-S_{teknis}$ (3.4)

Program Penertiban Pemakaian Tenaga Listrik (P2TL) dilaksanakan untuk mengurangi susut non-teknis. Langkah-langkahnya meliputi sosialisasi kepada pelanggan, inspeksi rutin jaringan distribusi, dan pengawasan alat ukur untuk mendeteksi penggunaan listrik ilegal. Temuan pencurian listrik dengan potensi penghematan kWh besar dijadikan Target Operasi (TO) prioritas untuk pemeriksaan lanjutan.

Hasil dari setiap analisis dihitung, dipetakan, dan dianalisis lebih lanjut untuk mengetahui dampak pelaksanaan P2TL terhadap penurunan susut non-teknis di wilayah kerja PT PLN (Persero) ULP Air Molek. Data dan hasil analisis tersebut

disajikan dalam bentuk tabel dan grafik, sehingga memberikan gambaran yang jelas dan terstruktur mengenai tren susut distribusi serta efisiensi operasional.

Konsep Formula Jogja digunakan untuk menghitung susut teknis dan non-teknis secara cepat dan akurat. Metode ini mengintegrasikan data seperti penerimaan energi, penjualan energi, dan aset distribusi untuk memetakan susut distribusi. Susut teknis dihitung menggunakan persamaan I^2R, sedangkan susut non-teknis diperoleh dengan mengurangi susut teknis dari susut distribusi total.

Penggunaan data selama tiga bulan memberikan gambaran yang komprehensif tentang tren susut distribusi dan dampak P2TL terhadap penurunan susut non-teknis. Data ini membantu memahami pola perubahan yang terjadi dan memungkinkan pengukuran efektivitas metode Formula Jogja dalam pengelolaan distribusi energi listrik.

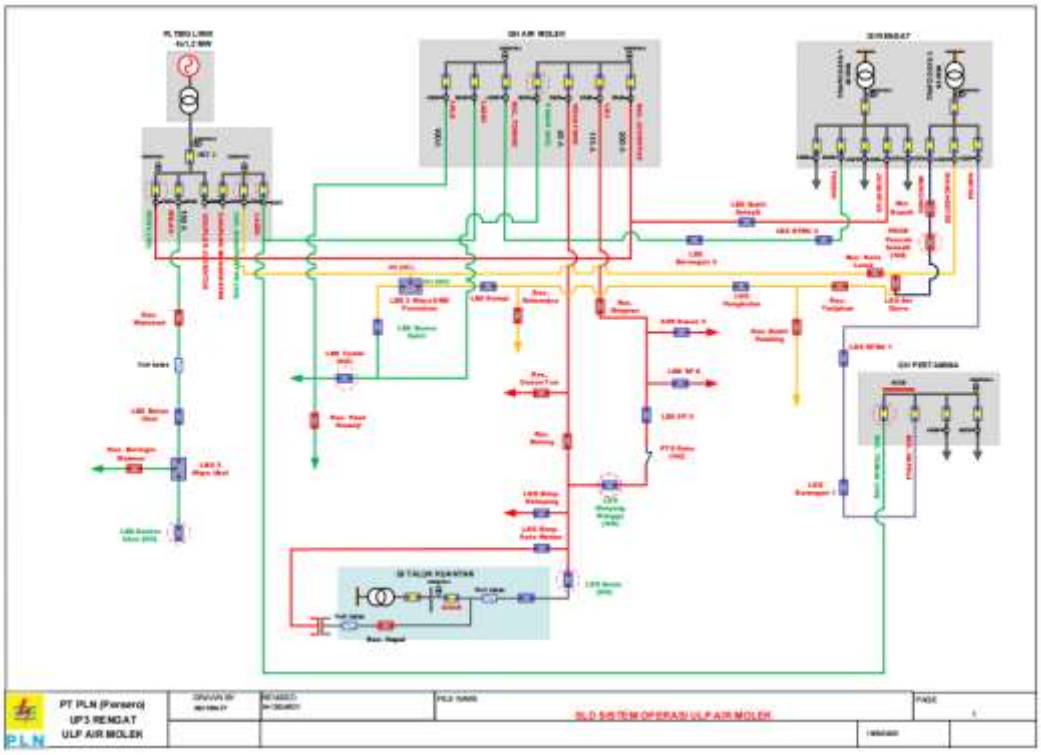
3.6. Tempat Pelaksanaan Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di PT PLN ULP Air Molek, yang beralamat di Jl. Sultan Ibrahim, Desa Candirejo, Kec. Pasir Penyu, Kab. Indragiri Hulu, Provinsi Riau.

Gambar 3.3. Lokasi Penelitian
(Sumber : Google Maps)

3.7. Single Line Diagram ULP Air Molek

Berikut Single Line Diagram sistem operasi ULP Air Molek yang digunakan sebagain objek penelitian. ULP Air molek di supply dari Gardu Induk Rengat dan terdapat empat penyulang.



Gambar 3.4. Single Line Diagram ULP Air Molek

BAB IV
DATA DAN ANALISA

4.1. Data

1. Perhitungan *Losses* Bulanan

Untuk mempermudah penghitungan *losses*, perlu dilakukan analisis yang mendalam terhadap susut total dalam sistem distribusi energi. Proses perhitungan dimulai dengan melakukan simulasi Neraca Energi, yang bertujuan untuk memberikan gambaran yang lebih jelas mengenai aliran energi listrik dari sumber hingga ke konsumen. Simulasi Neraca Energi ini melibatkan pengumpulan dan pengolahan data terkait pemakaian energi, dan faktor-faktor lain yang dapat mempengaruhi susut. Dengan pendekatan ini, kita dapat mengidentifikasi potensi *losses* yang terjadi dalam distribusi, baik yang bersifat teknis maupun non-teknis.

Analisis ini sangat penting untuk meningkatkan efisiensi sistem distribusi, karena *losses* yang tinggi dapat berdampak negatif pada pendapatan perusahaan serta kualitas layanan yang diberikan kepada pelanggan. Oleh karena itu, melalui perhitungan yang sistematis dan terstruktur, diharapkan dapat diperoleh informasi yang berguna untuk langkah-langkah perbaikan dan pengendalian *losses* di PT PLN (Persero) ULP Air Molek.

Susut distribusi menggambarkan energi yang hilang selama proses distribusi energi listrik, baik disebabkan oleh faktor teknis maupun non-teknis. Untuk menghitung susut distribusi, digunakan rumus berikut:

$$\text{Susut Distribusi} = \text{kWh Siap Salur} - \text{kWh Jual} = 1.490.439 \text{ kWh}$$

Pada perhitungan ini, kWh jual adalah jumlah energi yang berhasil disalurkan ke pelanggan, dan kWh *Losses* merupakan energi yang hilang akibat berbagai faktor, seperti kerugian teknis dalam jaringan atau penyalahgunaan. Dalam studi ini, nilai kWh jual tercatat sebesar 11.777.626 kWh, dan kWh *Losses* sebesar 1.490.439 kWh.

Nilai susut distribusi sebesar 1.490.439 kWh ini menunjukkan jumlah energi yang hilang selama proses distribusi pada bulan yang dianalisis. Hasil

ini menjadi dasar bagi upaya untuk mengurangi susut distribusi melalui perbaikan infrastruktur, peningkatan pengawasan, dan implementasi teknologi yang lebih canggih.

Simulasi yang akan dilakukan dalam penelitian ini akan mencakup beberapa bulan, tidak hanya terbatas pada satu sampling perhitungan, seperti bulan Januari 2024. Proses perhitungan susut distribusi perlu mempertimbangkan berbagai faktor yang mempengaruhi susut itu sendiri, sehingga dapat menghasilkan pemetaan yang komprehensif terhadap faktor-faktor yang berkontribusi pada susut distribusi energi.

Dari Gambar 4.1, terlihat *sheet* yang berisi data penjualan kWh energi untuk beberapa bulan, termasuk informasi mengenai golongan tarif, jumlah pelanggan, daya, pemakaian kWh, dan pendapatan. Proses input data ini dilakukan untuk memastikan semua energi penjualan terincikan berdasarkan kategori tarif, serta memisahkan jumlah kWh energi penjualan pelanggan untuk tegangan rendah dan tegangan menengah.

Gambar 4.1. Input Data Penjualan kWh Energi
(Sumber : Formula Jogja 2024)

2. Proses Input Data Penambahan Aset

Pada tahun 2024, proses input data pertambahan aset distribusi Saluran Kabel Tanah Tegangan Menengah (SKTM), Saluran Udara Tegangan Menengah (SUTM), Tegangan Rendah (TR), dan Sambungan Rumah (SR) terus dilakukan untuk memantau perkembangan dan peningkatan kapasitas

jaringan distribusi PT PLN (Persero). Pemantauan ini sangat penting guna memastikan bahwa kinerja jaringan distribusi listrik tetap optimal dan memenuhi kebutuhan pelanggan yang terus bertambah. Penelitian ini membahas hasil pengolahan data aset distribusi untuk periode 2024, meliputi aset SKTM, SUTM, TR, dan SR.

NAMA ASET	SATUAN	Januari	Februari	Maret	April	Mei	Juni
TEGANGAN OPERASI TM	KV	20,00	20,00	19,50	20,00	20,00	20,00
TEGANGAN OPERASI TR	KV	0,38	0,38	0,38	0,38	0,38	0,38
TEGANGAN OPERASI SR	KV	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22
FAKTOR DAYA PENYULANG [PF]		0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99
FAKTOR BEBAN PENYULANG[LF]							
JUMLAH PENYULANG	Bh	5	5	5	5	5	5
JARINGAN TEGANGAN MENENGAH [JTI	Kms	484,08	575,92	575,92	575,92	575,92	575,92
SKTM (Tembaga)	Kms	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
SKTM (Aluminium)	Kms	2,69	2,69	79,31	79,31	79,31	79,31
XLPE 150mm2	Kms	0,14	0,14	2,88	2,88	2,88	2,88
XLPE 240mm2	Kms	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60
XLPE 300mm2	Kms	1,95	1,95	75,83	75,83	75,83	75,83
SUTM (Tembaga)	Kms	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
SUTM (Aluminium)	Kms	481,39	481,39	382,41	382,41	382,41	382,41
A3C 35mm2	Kms	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35
A3C 70mm2	Kms	196,09	196,09	192,44	192,44	192,44	192,44
A3C 150mm2	Kms	119,79	119,79	132,02	132,02	132,02	132,02
A3C 240mm2	Kms	163,01	163,01	169,61	169,61	169,61	169,61
A3C 300mm2	Kms	1,15	1,15	1,18	1,18	1,18	1,18
TRAFO DISTRIBUSI							
FAKTOR DAYA TRAFO [PF]		0,96	0,96	0,96	0,96	0,96	0,96
JUMLAH TRAFO	Bh	305	305	330	330	330	330
JUMLAH kVA	KVA	30.431	30.431	34.980	34.980	34.980	34.980
JUMLAH JURUSAN	Bh	640	640	667	667	667	667
16kVA; 1f	Bh	1	1	1	1	1	1
25kVA; 3f	Bh	2	2	2	2	2	2
50kVA; 3f	Bh	46	46	46	46	46	46
100kVA; 3f	Bh	201	201	201	201	201	201
160kVA; 3f	Bh	49	49	49	49	49	49
200kVA; 3f	Bh	8	8	8	8	8	8
250kVA; 3f	Bh	4	4	4	4	4	4
JARINGAN TEGANGAN RENDAH [JTR]	Kms	567,59	567,59	567,59	567,59	567,59	567,59
FAKTOR DAYA JTR [PF]		0,91	0,91	0,91	0,91	0,91	0,91
NFA2X-T 3X16mm2	Kms	21,99	21,99	21,99	21,99	21,99	21,99
NFA2X-T 3X35mm2	Kms	162,33	162,33	162,33	162,33	162,33	162,33
NFA2X-T 3X50mm2	Kms	226,95	226,95	226,95	226,95	226,95	226,95
NFA2X-T 3X70mm2	Kms	156,32	156,32	156,32	156,32	156,32	156,32
NFA2X-T 3X95mm2	Kms						
SAMBUNGAN RUMAH	Kms	2,00	2,00	2,01	2,02	2,03	2,03
FAKTOR DAYA JTR [PF]		0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90
FAKTOR BEBAN JTR[LF]							
NFA2X 2X10mm2	Kms	2,00	2,00	2,01	2,02	2,03	2,03
JUMLAH PELANGGAN	Plg	47	46	46	46	47	47
PELANGGAN TR	Plg	49,915	50,015	50,258	50,471	50,641	50,789
PELANGGAN TM	Plg	3	4	4	4	4	4
REK TM		0,30	0,25	0,27	0,27	0,27	0,27
REK TR		0,76	0,76	0,76	0,76	0,76	0,76
REK SR		3,33	3,33	3,33	3,33	3,33	3,33
INTI TRAFO		0,31	0,31	0,28	0,28	0,28	0,28
BELITAN TRAFO		1,61	1,61	1,48	1,48	1,48	1,48

Gambar 4.2. Input Data Pertambahan Aset
(Sumber : Formula Jogja 2024)

a. Proses Input Data Pertambahan Aset SKTM

Dalam penelitian ini, akan dibahas proses input data pertambahan aset Saluran Kabel Tanah Tegangan Menengah (SKTM) untuk tahun 2024. Fokus utama dalam analisis ini adalah bulan Januari, di mana terdapat aset SKTM dengan penghantar aluminium sepanjang 79,31 km. Proses ini penting untuk menilai efisiensi penggunaan aset dan dampaknya terhadap distribusi energi.

Setelah penginputan data, dilakukan perhitungan untuk memperoleh hambatan total dari aset SKTM. Penghitungan ini menjadi langkah penting dalam menilai efisiensi distribusi energi. Hambatan (R) dari penghantar aluminium dapat dihitung dengan rumus:

$$R = \rho \times \frac{L}{A}$$

$$R = 2{,}82 \times 10^{-8} \times \frac{79.310}{0{,}00024}$$

$$R = 0.00932\ \Omega$$

di mana:

R = Hambatan (ohm, Ω)

ρ = Resistivitas bahan (Ω·m) = $2{,}82 \times 10^{-8}\ \Omega \cdot m$

L = Panjang kabel (m) = 79,31 km = 79.310 m

A = Luas penampang kabel (m^2) = 240 mm^2 = $240 \times 10^{-6} m^2$

= 0.00024 m^2

Proses input data pertambahan aset SKTM pada bulan Januari 2024 menunjukkan bahwa penggunaan penghantar aluminium dengan panjang 79,31 km memberikan kontribusi signifikan terhadap efisiensi distribusi energi. Hasil penghitungan hambatan total yang diperoleh, yaitu 0,00932 Ω, akan menjadi acuan penting dalam upaya pengelolaan aset dan perbaikan sistem distribusi di PT PLN (Persero) ULP Air Molek. Data ini juga akan digunakan untuk memantau kinerja dan merencanakan langkah-langkah perbaikan di masa mendatang.

b. Proses Input Data Pertambahan Aset SUTM

Proses input data pertambahan aset Saluran Udara Tegangan Menengah (SUTM) merupakan langkah penting dalam pengelolaan infrastruktur kelistrikan. Data ini tidak hanya berfungsi untuk pencatatan, tetapi juga menjadi acuan dalam analisis kinerja dan perencanaan pengembangan jaringan distribusi listrik. Dalam konteks ini, pemahaman yang baik mengenai karakteristik setiap aset dan perhitungan hambatan sangat diperlukan.

Dari Tabel 4.2 terlihat data pertambahan aset Saluran Udara Tegangan Menengah (SUTM). Dalam proses input, pilih bulan yang akan diinput; dalam hal ini, data dari Januari hingga Juni dicatat untuk analisis. Kemudian, perhatikan jenis penghantar yang digunakan, apakah tembaga atau aluminium.

Berdasarkan data, pada bulan Januari hingga Juni, rincian penggunaan aset adalah sebagai berikut:

1) SUTM (Tembaga): Tidak ada penggunaan, seluruhnya 0,00 km.
2) SUTM (Aluminium): Penggunaan selama periode ini bervariasi, dimulai dari 481,39 km pada Januari dan berkurang menjadi 382,41 km pada Maret, dengan angka tetap hingga Juni.
3) A3C 35 mm²: Stabil pada 1,35 km sepanjang periode.
4) A3C 70 mm²: Mengalami sedikit penurunan dari 196,09 km pada Januari menjadi 192,44 km pada Maret.
5) A3C 150 mm²: Meningkat dari 119,79 km di Januari menjadi 132,02 km pada Maret.
6) A3C 240 mm²: Stabil dengan sedikit peningkatan dari 163,01 km menjadi 169,61 km.
7) A3C 300 mm²: Stabil pada 1,15 km hingga Maret, sedikit meningkat menjadi 1,18 km pada April.

Setelah dilakukan penginputan diperoleh hambatan equivalen nya dengan menggunakan rumus dasar hambatan untuk konduktor, yang tergantung pada panjang, luas penampang, dan resistivitas material. Hambatan ekuivalen R dihitung dengan rumus:

$$R = \rho \times \frac{L}{A}$$

$$R = 2{,}82 \times 10^{-8} \times \frac{481.390}{35 \times 10^{-6}}$$

$$R = 0{,}388\ \Omega$$

di mana:

R = Hambatan (ohm, Ω)

ρ = Resistivitas Aluminium (ρ): 2,82 × 10^{-8} Ω·m

L = Panjang SUTM Aluminium: 481,39 km = 481390 m

A = Luas Penampang Aluminium: 35 mm² = 35 × 10^{-6} m²

Proses ini berlaku untuk semua aset dengan mengganti panjang dan luas penampang sesuai dengan jenis konduktor. Proses yang sama dapat diterapkan untuk menghitung hambatan untuk setiap jenis asset.

Tabel 4.1. Data Pertambahan Aset SUTM

NAMA ASET	SATUAN	JANUARI	FEBRUARI	MARET	APRIL	MEI	JUNI	HAMBATAN (Ω)
SUTM (Tembaga)	Kms	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,000
SUTM (Aluminium)	Kms	481,39	481,39	382,41	382,41	382,41	382,41	0,388
A3C 35 mm²	Kms	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	0,00109
A3C 70 mm²	Kms	196,09	196,09	192,44	192,44	192,44	192,44	0,787
A3C 150 mm²	Kms	119,79	119,79	132,02	132,02	132,02	132,02	0,226
A3C 240 mm²	Kms	163,01	163,01	169,61	169,61	169,61	169,61	0,192
A3C 300 mm²	Kms	1,15	1,15	1,18	1,18	1,18	1,18	0,108

(Sumber : Formula Jogja 2024)

Dari data yang diinput, dapat dilihat bahwa penggunaan SUTM Aluminium menunjukkan stabilitas, sementara beberapa jenis A3C mengalami fluktuasi. Hal ini menunjukkan kebutuhan untuk menganalisis lebih lanjut faktor yang mempengaruhi penggunaan dan pemeliharaan aset.

c. Proses Input Data Pertambahan Aset TR

Proses input data pertambahan aset Tegangan Rendah (TR) merupakan bagian penting dalam pengelolaan sistem distribusi listrik. Data ini memberikan informasi krusial untuk monitoring dan evaluasi

kinerja jaringan, serta perencanaan pengembangan infrastruktur kelistrikan.

Dalam proses input data, langkah pertama adalah memilih bulan yang akan diinput. Sebagai contoh, untuk bulan Januari, perlu diperhatikan jenis penghantar yang digunakan, apakah tembaga atau aluminium.

Dari data yang terlihat pada Gambar 4.2, pada bulan Januari, aset TR Rayon Air Molek memiliki penghantar aluminium dengan spesifikasi sebagai berikut:

1) Diameter 16 mm² sepanjang 21,99 km (NFA2X-T 3X16mm²)
2) Diameter 35 mm² sepanjang 162,33 km (NFA2X-T 3X35mm²)
3) Diameter 50 mm² sepanjang 226,95 km (NFA2X-T 3X50mm²)
4) Diameter 70 mm² sepanjang 156,32 km (NFA2X-T 3X70mm²)

Rumus hambatan ekuivalen untuk penghantar dapat dihitung dengan rumus:

$$R = \rho \times \frac{L}{A}$$

Di mana:

R adalah hambatan (Ω)

ρ adalah resistivitas material (aluminium: sekitar 2.82×10^{-8} Ω·m)

L adalah panjang konduktor (m)

A adalah luas penampang konduktor (m²)

Perhitungan untuk Setiap Jenis Penghantar :

1) NFA2X-T 3X16 mm²

$$R = 2{,}82 \times 10^{-8} \times \frac{21.990}{0{,}000201} = 2{,}459\ \Omega$$

2) NFA2X-T 3X35 mm²

$$R = 2{,}82 \times 10^{-8} \times \frac{162.330}{0{,}000962} = 4{,}743\ \Omega$$

3) NFA2X-T 3X50 mm²

$$R = 2{,}82 \times 10^{-8} \times \frac{226.950}{0{,}001963} = 3{,}216\ \Omega$$

4) NFA2X-T 3X70 mm²

$$R = 2{,}82 \times 10^{-8} \times \frac{156.320}{0{,}003848} = 1{,}820\ \Omega$$

Hambatan ekuivalen menunjukkan perbedaan efisiensi antara jenis penghantar yang digunakan dalam sistem distribusi listrik. Penghantar NFA2X-T 3X70mm² memiliki hambatan paling rendah, yaitu 1,820 Ω, yang mengindikasikan efisiensi tinggi dalam menghantarkan arus. Oleh karena itu, penghantar ini menjadi pilihan utama untuk aplikasi yang memerlukan daya tinggi dan pengiriman listrik jarak jauh. Di sisi lain, NFA2X-T 3X35mm² memiliki hambatan tertinggi, mencapai 4,743 Ω. Meskipun luas penampangnya lebih besar, hambatan ini menunjukkan potensi penggunaan yang kurang efisien untuk kebutuhan tertentu. Sementara itu, NFA2X-T 3X16mm² dan NFA2X-T 3X50mm² menunjukkan nilai hambatan yang sedang, yang menandakan bahwa kedua penghantar ini dapat digunakan dalam aplikasi yang memerlukan keseimbangan antara bobot, biaya, dan efisiensi.

Dalam pemilihan jenis penghantar, efisiensi jaringan menjadi pertimbangan utama. Penghantar dengan hambatan rendah lebih disarankan untuk mengurangi kehilangan daya dalam distribusi. Selain itu, kapasitas daya juga harus dipertimbangkan, di mana penghantar yang lebih besar, seperti 70 mm², ideal untuk beban yang lebih tinggi. Namun, penting untuk tetap memperhatikan biaya dan bobot, karena kedua faktor ini dapat mempengaruhi keputusan akhir. Meskipun penghantar dengan hambatan lebih rendah menawarkan efisiensi yang lebih baik, analisis biaya pemasangan dan bahan tetap perlu dilakukan untuk menentukan solusi yang paling ekonomis dan efektif dalam jangka panjang.

d. Proses Input Data Pertambahan Aset SR

Proses input data pertambahan aset Sambungan Rumah (SR) merupakan langkah krusial dalam manajemen infrastruktur kelistrikan. Data ini mencakup berbagai elemen yang berkontribusi pada pemahaman kinerja sistem distribusi listrik, termasuk jumlah pelanggan, spesifikasi kabel, dan perhitungan hambatan.

Dari data yang telah diinput, terlihat bahwa pada bulan Januari, jumlah konsumen tercatat sebanyak 47 pelanggan. Angka ini memberikan gambaran awal tentang permintaan listrik di area yang dilayani. Memantau jumlah pelanggan secara berkala adalah penting untuk mengidentifikasi tren pertumbuhan dan kebutuhan infrastruktur yang diperlukan.

Untuk sambungan rumah, jenis kabel yang dipilih adalah aluminium berdiameter 2x10 mm^2. Aluminium dipilih karena bobotnya yang ringan dan konduktivitas listrik yang baik, membuatnya ideal untuk instalasi listrik. Panjang standar untuk masing-masing sambungan rumah ditetapkan sebesar 35 m. Panjang ini dapat bervariasi tergantung pada kondisi lokal dan tata letak jaringan, tetapi penggunaan panjang standar memudahkan perhitungan dan perencanaan.

Untuk mengetahui total panjang kabel SR yang dibutuhkan, dilakukan pendekatan dengan mengalikan jumlah pelanggan dengan panjang standar sambungan rumah. Dengan demikian, perhitungannya adalah sebagai berikut:

Total Panjang Kabel SR = Jumlah Pelanggan × Panjang Standar SR

Total Panjang Kabel SR = 47 pelanggan × 35 m = 1.645 m

Hasil ini menunjukkan bahwa total panjang kabel yang diperlukan untuk sambungan rumah di bulan Januari adalah 1.645 m dengan hambatan ekuivalen yang dicatat adalah 3,33 Ω.

Proses input data pertambahan aset SR memberikan wawasan yang mendalam tentang kebutuhan infrastruktur kelistrikan. Dengan mencatat jumlah pelanggan, spesifikasi kabel, dan melakukan perhitungan yang tepat, data ini menjadi dasar yang kuat untuk pengelolaan dan

perencanaan lebih lanjut dalam pengembangan infrastruktur sambungan rumah. Pemantauan berkelanjutan dan evaluasi data sangat penting untuk memastikan bahwa sistem tetap efisien dan dapat memenuhi kebutuhan daya pelanggan seiring dengan pertumbuhan permintaan listrik.

e. Proses Input Data Pertambahan Trafo

Dalam penelitian ini, dilakukan analisis terhadap data pertambahan aset trafo yang tercatat pada sheet "Aset". Proses input data ini mencakup pemilihan bulan yang akan dianalisis, yang dalam hal ini meliputi bulan Januari hingga Juni. Pada bulan Januari, terdapat informasi terkait kapasitas trafo yang terpasang. Data menunjukkan bahwa pada bulan tersebut, terdapat 1 unit trafo dengan kapasitas 16 kVA, 2 unit trafo dengan kapasitas 25 kVA, 46 unit trafo dengan kapasitas 50 kVA, 201 unit trafo dengan kapasitas 100 kVA, 49 unit trafo dengan kapasitas 160 kVA, 8 unit trafo dengan kapasitas 200 kVA, dan 4 unit trafo dengan kapasitas 250 kVA.

Informasi ini mencerminkan kapasitas trafo yang tersedia dalam memenuhi permintaan distribusi listrik di wilayah yang bersangkutan. Selanjutnya, faktor daya trafo tercatat sebesar 0,96, menunjukkan bahwa trafo beroperasi dengan efisiensi yang baik. Efisiensi operasional ini sangat penting untuk menjaga stabilitas sistem kelistrikan.

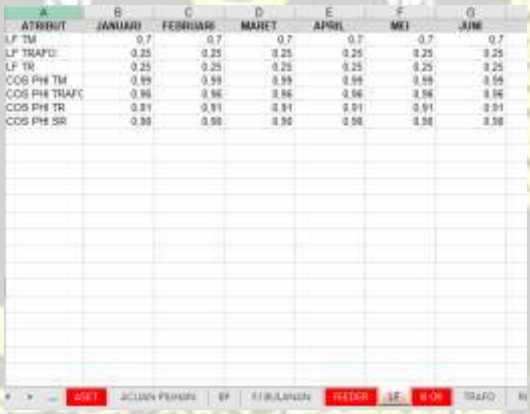
Dari data yang ada, dapat dilihat bahwa total jumlah trafo yang terdaftar pada bulan Januari adalah 305 unit, yang meningkat menjadi 330 unit pada bulan Maret dan April. Peningkatan jumlah trafo ini menunjukkan adanya pertumbuhan permintaan listrik yang perlu dipenuhi melalui penambahan kapasitas.

Analisis lebih lanjut menunjukkan bahwa jaringan tegangan menengah (JTM) yang terhubung ke trafo tercatat sebanyak 484,08 km pada bulan Januari dan meningkat menjadi 575,92 km pada bulan berikutnya. Hal ini menandakan perluasan jaringan untuk mendukung tambahan kapasitas trafo.

Secara keseluruhan, proses input data pertambahan trafo memberikan gambaran yang jelas mengenai kapasitas dan efisiensi sistem distribusi listrik. Data ini menjadi sangat penting untuk perencanaan dan pengelolaan infrastruktur kelistrikan di masa mendatang, memastikan bahwa sistem tetap dapat memenuhi kebutuhan pelanggan secara efektif dan efisien.

3. Proses Input Data Load Factor (LF)

Load Factor (LF) merupakan parameter krusial dalam analisis kinerja sistem kelistrikan yang mencerminkan efisiensi penggunaan daya. Dalam penelitian ini, data Load Factor yang tercatat pada lembar kerja “LF” akan dianalisis untuk memberikan wawasan yang lebih dalam mengenai performa sistem distribusi listrik. Proses input data Load Factor melibatkan penginputan sejumlah parameter yang relevan untuk menghitung nilai Load Factor pada berbagai kategori, termasuk Tegangan Menengah (TM), Trafo, Tegangan Rendah (TR), dan Sambungan Rumah (SR).



Gambar 4.3. Data LF 2024
(Formula Jogja, 2024)

Dalam proses input data Load Factor, pengguna diminta untuk memilih pada lembar "LF" dan menginput nilai-nilai yang relevan. Setelah data diinput, Load Factor ditampilkan mencakup LF untuk TM, Trafo, dan TR.

Berdasarkan tabel di atas, Load Factor untuk Tegangan Menengah (TM) menunjukkan nilai stabil sebesar 0,7 selama bulan Januari hingga Juni. Nilai ini menunjukkan bahwa sistem TM beroperasi dengan efisiensi yang baik, memanfaatkan daya secara optimal.

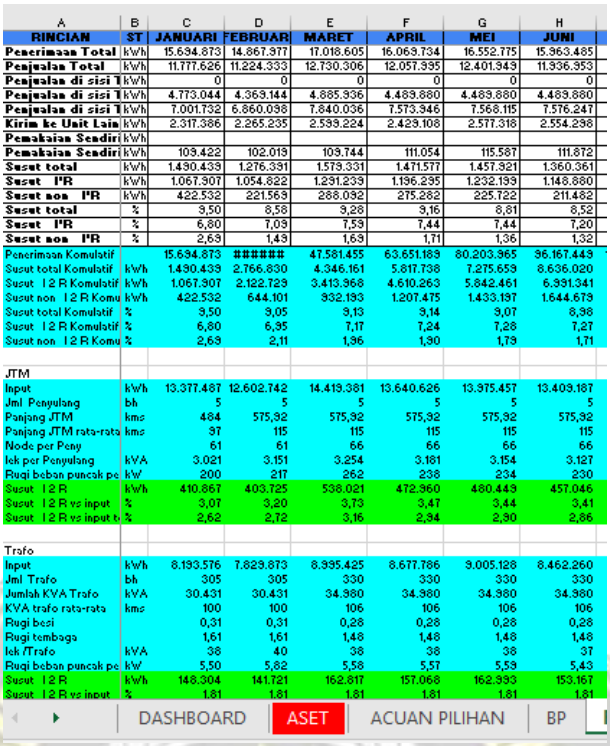
Sebaliknya, Load Factor untuk Trafo dan TR masing-masing tercatat sebesar 0,25 sepanjang periode yang sama. Nilai ini cenderung rendah, yang dapat mengindikasikan potensi peningkatan efisiensi dalam penggunaan daya. Rendahnya Load Factor pada kategori ini mungkin disebabkan oleh ketidakteraturan dalam penggunaan beban atau adanya kapasitas cadangan yang tidak terpakai.

Faktor daya (cos φ) untuk TM tercatat sebesar 0,99, yang menunjukkan bahwa beban pada sistem ini hampir sepenuhnya resistif. Sementara itu, cos φ untuk Trafo dan TR masing-masing adalah 0,96 dan 0,91, yang juga menunjukkan kinerja yang baik, meskipun masih terdapat ruang untuk perbaikan.

Secara keseluruhan, analisis data Load Factor ini memberikan wawasan penting tentang efisiensi sistem distribusi listrik. Dengan memahami pola penggunaan daya, pengelola dapat merencanakan dan mengimplementasikan strategi yang lebih baik untuk meningkatkan efisiensi dan mengurangi pemborosan energi dalam sistem kelistrikan.

4. Proses Pemetaan Susut Distribusi

Dalam analisis pemetaan susut distribusi untuk bulan Januari hingga Desember, susut teknis dan non-teknis diukur dengan membandingkan penerimaan energi (kWh) dengan penjualan energi pada berbagai tingkatan tegangan: tegangan menengah (TM), tegangan rendah (TR), dan total susut di sistem distribusi.



A	B	C	D	E	F	G	H
RINCIAN	ST	JANUARI	FEBRUAR	MARET	APRIL	MEI	JUNI
Penerimaan Total	kWh	15.694.873	14.867.977	17.018.605	16.069.734	16.552.775	15.963.485
Penjualan Total	kWh	11.777.626	11.224.333	12.730.306	12.057.995	12.401.949	11.936.953
Penjualan di sisi T	kWh	0	0	0	0	0	0
Penjualan di sisi T	kWh	4.773.044	4.369.144	4.885.936	4.489.880	4.489.880	4.489.880
Penjualan di sisi T	kWh	7.001.732	6.860.098	7.840.036	7.573.946	7.568.115	7.576.247
Kirim ke Unit Lain	kWh	2.317.386	2.265.235	2.593.224	2.423.108	2.577.318	2.554.238
Pemakaian Sendiri	kWh						
Pemakaian Sendiri	kWh	109.422	102.019	109.744	111.054	115.587	111.872
Susut total	kWh	1.430.439	1.276.391	1.573.331	1.471.577	1.457.321	1.360.361
Susut I²R	kWh	1.067.907	1.054.822	1.291.239	1.196.295	1.232.193	1.148.880
Susut non I²R	kWh	422.532	221.569	288.092	275.282	225.722	211.482
Susut total	%	9,50	8,58	9,28	9,16	8,81	8,52
Susut I²R	%	6,80	7,09	7,59	7,44	7,44	7,20
Susut non I²R	%	2,63	1,43	1,63	1,71	1,36	1,32
Penerimaan Komulatif		15.694.873	######	47.581.455	63.651.189	80.203.965	96.167.449
Susut total Komulatif	kWh	1.430.439	2.766.830	4.346.161	5.817.738	7.275.659	8.636.020
Susut I2R Komulatif	kWh	1.067.907	2.122.729	3.413.968	4.610.263	5.842.461	6.991.341
Susut non I2R Komu	kWh	422.532	644.101	932.193	1.207.475	1.433.197	1.644.679
Susut total Komulatif	%	9,50	9,05	9,13	9,14	9,07	8,98
Susut I2R Komulatif	%	6,80	6,95	7,17	7,24	7,28	7,27
Susut non I2R Komu	%	2,63	2,11	1,96	1,90	1,79	1,71
JTM							
Input	kWh	13.377.487	12.602.742	14.413.381	13.640.626	13.975.457	13.403.187
Jml Penyulang	bh	5	5	5	5	5	5
Panjang JTM	kms	484	575,92	575,92	575,92	575,92	575,92
Panjang JTM rata-rata	kms	97	115	115	115	115	115
Node per Peny		61	61	66	66	66	66
Isk per Penyulang	kVA	3.021	3.151	3.254	3.181	3.154	3.127
Rugi beban puncak pe	kW	200	217	262	238	234	230
Susut I2R	kWh	410.867	403.725	538.021	472.960	480.449	457.046
Susut I2R vs input	%	3,07	3,20	3,73	3,47	3,44	3,41
Susut I2R vs input t	%	2,62	2,72	3,16	2,94	2,90	2,86
Trafo							
Input	kWh	8.133.576	7.823.873	8.935.425	8.677.786	9.005.128	8.462.260
Jml Trafo	bh	305	305	330	330	330	330
Jumlah KVA Trafo	kVA	30.431	30.431	34.980	34.980	34.980	34.980
KVA trafo rata-rata	kms	100	100	106	106	106	106
Rugi besi		0,31	0,31	0,28	0,28	0,28	0,28
Rugi tembaga		1,61	1,61	1,48	1,48	1,48	1,48
Isk /Trafo	kVA	38	40	38	38	38	37
Rugi beban puncak pe	kW	5,50	5,82	5,58	5,57	5,59	5,43
Susut I2R	kWh	148.304	141.721	162.617	157.068	162.393	153.167
Susut I2R vs input	%	1,81	1,81	1,81	1,81	1,81	1,81

DASHBOARD | ASET | ACUAN PILIHAN | BP

Gambar 4.4. Formula Jogja 2024
(Formula Jogja, 2024)

a. Penerimaan dan Penjualan Energi

Tabel 4.2. Penerimaan dan Penjualan Energi

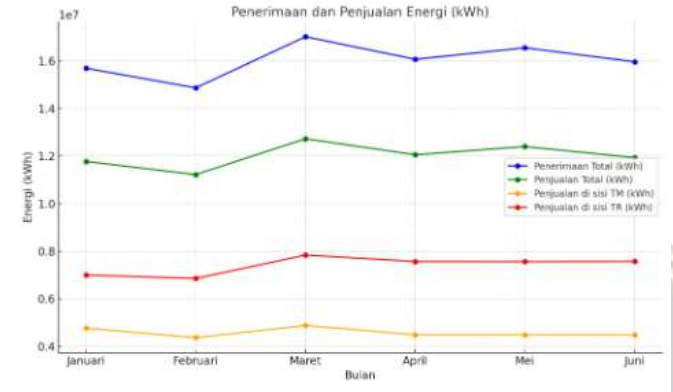
Bulan	Penerimaan Total (kWh)	Penjualan Total (kWh)	Penjualan di sisi TT (kWh)	Penjualan di sisi TM (kWh)	Penjualan di sisi TR (kWh)
Januari	15.694.873	11.777.626	0	4.773.044	7.001.732
Februari	14.867.977	11.224.333	0	4.369.144	6.860.098
Maret	17.018.605	12.730.306	0	4.885.936	7.840.036
April	16.069.734	12.057.995	0	4.489.880	7.573.946
Mei	16.552.775	12.401.949	0	4.489.880	7.568.115
Juni	15.963.485	11.936.953	0	4.489.880	7.576.247
Kumulatif	96.167.439	74.128.162	0	27.008.784	42.820.071

Sumber : Formula Jogja (2024)

Dari data yang diberikan, dapat terlihat bahwa penerimaan total energi (kWh) dari Januari hingga Juni mengalami fluktuasi, berkisar antara 14.867.977 kWh di bulan Februari hingga 17.018.605 kWh di bulan Maret. Sementara itu, total penjualan energi berada dalam rentang

11.224.333 kWh di bulan Februari hingga 12.730.306 kWh di bulan Maret.

Penjualan energi dapat dikelompokkan berdasarkan sisi tegangan, yaitu Tegangan Menengah (TM) dan Tegangan Rendah (TR). Penjualan di sisi TM berkisar antara 4.369.144 kWh di bulan Februari hingga 4.885.936 kWh di bulan Maret. Sementara itu, penjualan di sisi TR berada dalam rentang 6.860.098 kWh di bulan Februari hingga 7.840.036 kWh di bulan Maret.



Gambar 4.5. Penerimaan dan Penjualan Energi

Berdasarkan grafik yang ditampilkan, dapat dilihat bahwa terdapat perbedaan pola penjualan energi antara pelanggan di sisi Tegangan Rendah (TR) dan Tegangan Menengah (TM). Secara umum, penjualan energi di sisi TR cenderung lebih besar dibandingkan di sisi TM.

Grafik menunjukkan adanya fluktuasi bulanan dalam penerimaan dan penjualan energi. Puncak tertinggi penjualan energi terjadi pada bulan Maret, baik di sisi TR maupun TM. Setelah itu, terjadi penurunan penjualan hingga bulan Juni. Pola serupa juga terlihat pada penerimaan energi, dengan puncak di bulan Maret dan kemudian menurun secara bertahap. Kondisi ini mengindikasikan bahwa konsumsi energi oleh pelanggan di sisi TR memiliki kontribusi yang signifikan terhadap total penjualan energi.

b. Perhitungan Susut Total

Susut distribusi total diukur dengan selisih antara penerimaan energi dan penjualan energi. Misalnya, pada bulan Januari, susut total tercatat sebesar 1.490.439 kWh, yang merupakan 9,50% dari penerimaan energi sebesar 15.694.873 kWh. Demikian juga, pada bulan Februari, susut total mencapai 1.276.391 kWh atau 8,58%.

c. Susut Teknis dan Non-Teknis

Susut dibagi menjadi dua kategori:

1) Susut Teknis (I^2R):

   Ini adalah susut yang terjadi karena kerugian pada komponen jaringan seperti trafo dan kabel yang menghasilkan panas. Pada bulan Januari, susut I^2R tercatat sebesar 1.067.907 kWh atau 6,80% dari penerimaan energi.

2) Susut Non-Teknis:

   Ini mencakup kehilangan energi yang disebabkan oleh faktor seperti pencurian listrik atau kesalahan pengukuran. Pada bulan yang sama, susut non-teknis tercatat sebesar 422.532 kWh atau 2,69%.

d. Perhitungan Susut Distribusi

Beberapa langkah perhitungan susut teknis dapat dilakukan dengan menggunakan rumus I^2R pada komponen jaringan, sebagaimana ditunjukkan pada data sebelumnya. Misalnya, perhitungan susut tegangan menengah dan susut trafo dihitung dengan rumus yang mempertimbangkan daya rata-rata, faktor beban, dan jumlah waktu operasi dalam satu bulan di bulan Januari 2024.

1) Susut di Jaringan Tegangan Menengah (JTM)
   a) Input JTM: 13.377.487 kWh
   b) Panjang JTM: 484 kms
   c) Susut I^2R JTM: 410.867 kWh
   d) Susut I^2R vs Input JTM: 3,07%

   Perhitungan Susut I^2R JTM vs Total Input:

$$Susut\ I^2R\ JTM\ vs\ Input\ Total = \frac{Susut\ I^2R\ JTM}{Input\ Total} \times 100$$

$$= \frac{410.867}{13.377.487} \times 100 = 3{,}07\%$$

2) Susut di Trafo :
   a) Input Trafo: 8.193.576 kWh
   b) Jumlah Trafo: 305
   c) Susut I²R Trafo: 148.304 kWh
   d) Susut I²R vs Input Trafo: 1,81%

   Perhitungan Susut I²R Trafo vs Input Total:

$$Susut\ I^2R\ Trafo\ vs\ Input\ Total = \frac{Susut\ I^2R\ Trafo}{Input\ Total} \times 100$$

$$= \frac{148.304}{8.193.576} \times 100 = 1{,}81\%$$

3) Susut di Jaringan Tegangan Rendah (JTR):
   a) Input JTR: 7.935.850 kWh
   b) Panjang JTR: 568 kms
   c) Susut I²R JTR: 208.155 kWh
   d) Susut I²R vs Input JTR: 2,62%

   Perhitungan Susut I²R JTR vs Input Total:

$$Susut\ I^2R\ JTR\ vs\ Input\ Total = \frac{Susut\ I^2R\ JTR}{Input\ Total} \times 100$$

$$= \frac{208.155}{7.935.850} \times 100 = 2{,}62\%$$

4) Susut di Sambungan Rumah (SR):
   a) Input SR: 7.727.695 kWh
   b) Susut I²R SR: 300.581 kWh
   c) Susut I²R vs Input SR: 3,89%

   Perhitungan Susut I²R SR vs Input Total:

$$Susut\ I^2R\ SR\ vs\ Input\ Total = \frac{Susut\ I^2R\ SR}{Input\ Total} \times 100$$

$$= \frac{300.581}{7.727.695} \times 100 = 3{,}89\%$$

5) Perhitungan Susut Total
   a) Susut Total: 1.490.439 kWh
   b) Susut I²R Total: 1.067.907 kWh
   c) Susut Non I²R: 422.532 kWh

   Perhitungan persentase susut total dan non I²R:

$$Susut\ Total = \frac{Susut\ Total}{Penerimaan\ Total} \times 100$$

$$= \frac{1.490.439}{15.694.873} \times 100 = 9{,}50\%$$

$$Susut\ I^2R\ Total = \frac{Susut\ I^2R}{Penerimaan\ Total} \times 100$$

$$= \frac{1.067.907}{15.694.873} \times 100 = 6{,}80\%$$

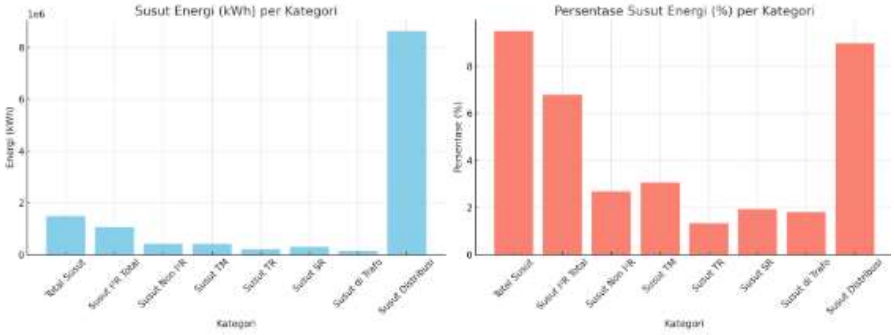
$$Susut\ Non\ I^2R = \frac{Susut\ Non\ I^2R}{Penerimaan\ Total} \times 100$$

$$= \frac{422.532}{15.694.873} \times 100 = 2{,}69\%$$

6) Susut I²R dari Jaringan TM, TR, dan SR
   a) Susut TM: 410.867 kWh (2,62%)
   b) Susut TR: 208.155 kWh (1,33%)
   c) Susut SR: 300.581 kWh (1,92%)

Susut teknis yang terjadi pada jaringan distribusi bisa dibagi menjadi susut di JTM, trafo, JTR, dan SR, yang dihitung dengan menggunakan rumus susut I²R. Berdasarkan data yang diberikan, total susut teknis (I²R) adalah 1.067.907 kWh atau 6,80%, sementara susut non-teknis adalah 422.532 kWh atau 2,69%, menghasilkan susut total sebesar 9,50%

Berikut adalah tabel dan grafik dari data susut energi berdasarkan kategori yang telah dihitung:



Gambar 4.6. Grafik Perhitungan Susut Total

Tabel 4.3. Susut Energi per Kategori

Kategori	Energi (kWh)	Persentase (%)
Susut Total	1,490,439	9.50%
Susut I^2R Total	1,067,907	6.80%
Susut Non I^2R	422,532	2.69%
Susut Jaringan TM	410,867	3.07%
Susut Trafo	148,304	1.81%
Susut Jaringan TR	208,155	2.62%
Susut Sambungan R	300,581	3.89%

5. Analisis Penyebab Susut Non-Teknis

Dari analisis susut non-teknis, dapat disimpulkan bahwa sebagian besar susut ini disebabkan oleh faktor internal seperti kesalahan pembacaan meter dan ketidakakuratan alat ukur. Dalam contoh bulan Januari, susut non-teknis yang hilang tercatat sebesar 422.532 kWh, yang menunjukkan adanya masalah signifikan pada pengukuran atau pencurian energi.

6. Susut Teknik

Susut teknis adalah kerugian energi yang terjadi akibat sifat fisik jaringan distribusi, seperti resistansi penghantar.

Resistivitas material penghantar (ρ) mengacu pada kemampuan material untuk menghambat aliran listrik, diukur dalam satuan ohm-meter. Panjang penghantar (L) mencerminkan jarak yang ditempuh oleh arus listrik melalui jaringan, diukur dalam meter. Sedangkan luas penampang penghantar (A) menggambarkan ukuran area melalui mana arus listrik mengalir, diukur dalam

meter persegi. Ketiga variabel ini berperan penting dalam menentukan nilai resistansi jaringan yang berdampak pada efisiensi distribusi energi listrik, khususnya dalam mengurangi susut teknis yang dihasilkan dari panas akibat arus listrik yang mengalir.

Untuk saluran kabel tegangan menengah (SKTM) sepanjang 79.31 km dengan resistivitas aluminium (ρ) sebesar 2.82×10^{-8} ohm-meter dan luas penampang 240 mm²: $R = 2{,}82 \times 10^{-8} \times \frac{79.310}{0{,}00024} = 0{,}000932\Omega$

Optimalisasi aset distribusi menjadi langkah penting dalam mengurangi susut teknis dalam sistem distribusi energi listrik. Salah satu langkah yang dilakukan adalah penggunaan penghantar aluminium, yang memiliki hambatan yang rendah dan lebih ekonomis dibandingkan dengan penghantar berbahan tembaga. Resistansi rata-rata penghantar aluminium tercatat sebesar 0,00932 ohm/km, yang membantu mengurangi susut teknis akibat panas yang dihasilkan oleh arus listrik (I^2R *losses*). Selain itu, pemeliharaan rutin trafo juga sangat penting. Trafo berperan dalam menurunkan tegangan untuk memenuhi kebutuhan pelanggan, dengan wilayah ULP Air Molek yang memiliki 305 unit trafo dengan kapasitas bervariasi antara 16 hingga 250 kVA. Pemeliharaan yang optimal pada trafo membantu mengurangi kerugian daya akibat panas dan kebocoran magnet. Selain itu, pengembangan jaringan distribusi juga dilakukan dengan menambah panjang saluran distribusi, baik untuk saluran kabel tegangan menengah (SKTM) maupun saluran udara tegangan menengah (SUTM). Pemeliharaan jaringan secara rutin memastikan kualitas penghantaran energi yang baik, sehingga membantu meningkatkan efisiensi distribusi [12], [13].

Tabel 4.4. Rincian Aset Distribusi pada Triwulan I 2024

Jenis Aset	Panjang (km)	Kapasitas (kVA)	Hambatan Rata-rata (Ω)
SKTM	79.31	-	0.00932
SUTM	481.39	-	0.388

TR	567.59	-	0.192
Sambungan Rumah	1,645	-	3.33
Trafo	-	16 - 250	-

Berdasarkan rincian aset distribusi pada Triwulan I tahun 2024 pada Tabel 4.4, terlihat bahwa jaringan distribusi listrik didukung oleh berbagai jenis aset dengan karakteristik spesifik sesuai fungsi masing-masing. SKTM dan SUTM memiliki peran penting dalam mendistribusikan energi listrik pada tegangan menengah, di mana SKTM memiliki hambatan yang lebih rendah dibandingkan SUTM, menjadikannya lebih efisien untuk wilayah padat penduduk. Jaringan TR dan Sambungan Rumah (SR) memastikan energi listrik dapat sampai ke pelanggan akhir dengan hambatan yang lebih tinggi karena jarak pendek dan kapasitas rendah. Kapasitas trafo yang bervariasi dari 16 kVA hingga 250 kVA menunjukkan fleksibilitas dalam memenuhi kebutuhan listrik pelanggan. Secara keseluruhan, data ini menunjukkan bahwa kombinasi aset yang ada telah dirancang untuk mendukung distribusi listrik yang efisien dan handal di berbagai kondisi jaringan

Gambar 4.7. Optimalisasi Aset Distribusi untuk Meningkatkan Efisiensi Sistem

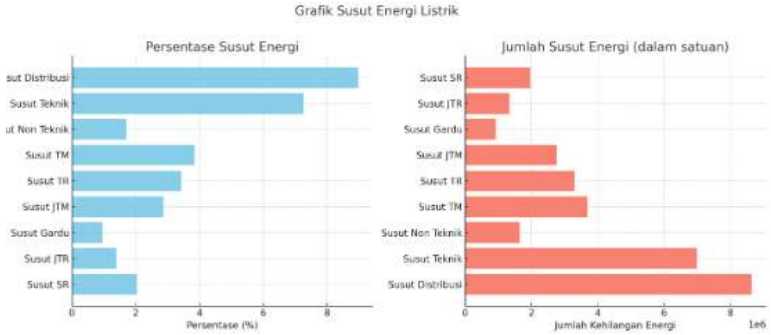
Pada Gambar 4.7, dengan panjang total 79.31 km, Saluran Kabel Tegangan Menengah (SKTM) memiliki hambatan rendah (0.00932 Ω),

sehingga ideal untuk penghantaran daya tinggi pada jarak menengah. Saluran Udara Tegangan Menengah (SUTM) merupakan jaringan distribusi utama dengan panjang 481.39 km. Hambatan rata-rata sebesar 0.388 Ω menunjukkan bahwa jaringan ini memerlukan optimalisasi untuk mengurangi kerugian daya. Saluran Tegangan Rendah (TR) memiliki panjang total 567.59 km, melayani distribusi akhir kepada pelanggan. Hambatan rata-rata sebesar 0.192 Ω tergolong efisien untuk jaringan distribusi lokal. Sambungan Rumah (SR) mencakup panjang total 1645 km dengan 47 pelanggan baru yang terhubung pada triwulan ini. Hambatan rata-rata sebesar 3.33 Ω menunjukkan perlunya perawatan intensif untuk menjaga efisiensi. Total 305 unit trafo dengan kapasitas mulai dari 16 hingga 250 kVA beroperasi di wilayah ULP Air Molek. Pemeliharaan trafo secara berkala memastikan stabilitas jaringan dan menekan susut teknis. Optimalisasi ini secara langsung berkontribusi pada penurunan susut teknis dan peningkatan kualitas layanan distribusi listrik.

Susut teknik mencakup 7,27% atau sebanyak 6.991.341 kWh, dan selanjutnya dikelompokkan menjadi beberapa komponen. Di antaranya adalah *susut TM* sebesar 3,84% atau 3.689.137 kWh, yang merupakan komponen terbesar dalam susut teknik. Lalu, *susut TR* sebesar 3,43% atau 3.302.204 kWh, *susut JTM* sebesar 2,87% atau 2.763.068 kWh, *susut gardu* sebesar 0,96% atau 926.069 kWh, *susut JTR* sebesar 1,39% atau 1.338.908 kWh, dan *susut SR* sebesar 2,04% atau 1.963.296 kWh.

Sementara itu, susut non-teknik yang terjadi sebesar 1,71% atau setara dengan 1.644.679 kWh. Kategori ini mengacu pada kehilangan energi yang disebabkan oleh faktor non-teknis, seperti kesalahan pengukuran, pencurian listrik, atau faktor lain di luar aspek teknis distribusi energi.

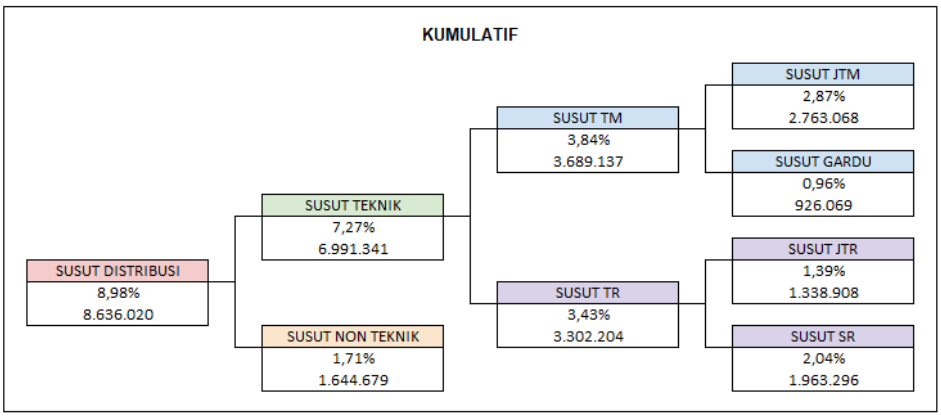
Secara keseluruhan, data ini memberikan gambaran menyeluruh mengenai total susut energi dalam sistem distribusi listrik, baik dari sisi teknis maupun non-teknis, serta membantu identifikasi area yang perlu ditingkatkan guna mengurangi jumlah kehilangan energi di masa depan.



Gambar 4.8. Grafik Kumulatif Susut Tahunan

Proses pemetaan susut distribusi ini memberikan gambaran yang jelas mengenai perbedaan susut teknis dan non-teknis. Dengan mengidentifikasi titik-titik kerugian energi, terutama pada faktor non-teknis seperti kesalahan pengukuran, langkah-langkah korektif dapat diambil untuk mengurangi tingkat susut energi. Analisis yang cermat terhadap data susut distribusi juga dapat membantu meningkatkan efisiensi sistem distribusi dan mengurangi potensi kerugian energi di masa mendatang.

Setelah simulasi perhitungan selesai, pemetaan susut pada Formula Jogja biasanya disajikan dengan Duppon Chart, seperti yang terlihat pada Gambar 4.9, untuk mempermudah dan menyederhanakan tampilan visual pemetaan.



Gambar 4.9. Duppon Chart Rayon Air Molek Kumulatif s.d Juni 2024 (Formula Jogja, 2024)

7. Perhitungan Standar Deviasi Hasil Pengukuran

Standar deviasi (σ) adalah ukuran variasi atau penyebaran data dari nilai rata-rata. Dalam konteks susut non-teknis, standar deviasi dapat digunakan

untuk mengukur fluktuasi dalam kehilangan daya akibat pencurian, kesalahan pencatatan, atau manipulasi meteran listrik.

Realisasi susut non teknis komulatif pada bulan Januari s.d Juni adalah 2.69%, 2.11%, 1.96%, 1.90%, 1.79%, dan 1.71%.

a. Menghitung rata-rata
   = (2.69+2.11+1.96+1.90+1.79+1.71)/6 = 2.03%
b. Menghitung selisih tiap nilai dengan rata-rata, lalu dikuadratkan
   (2.69-2.03) ² = 0.4356
   (2.11-2.03) ² = 0.0064
   (1.96-2.03) ² = 0.0049
   (1.90-2.03) ² = 0.0169
   (1.79-2.03) ² = 0.0576
   (1.71-2.03) ² = 0.1024
c. Dijumlahkan hasilnya, lalu dibagi dengan n-1 (karena sampel, bukan populasi penuh)

$$s = \sqrt{\frac{0.4356 + 0.064 + 0.0049 + 0.0169 + 0.0576 + 0.1024}{5}}$$

$$s = \sqrt{0.1329}$$

$$s = 0.36\%$$

Dari perhitungan tersebut, standar deviasi sebesar 0.36% berarti bahwa susut non teknis bervariasi sekitar 0.36% dari rata-rata 2.03%.

4.2. Analisa

1. Pengaruh Pelaksanaan P2TL terhadap *Saving* kWh di PT PLN (Persero) Unit Layanan Pelanggan Air Molek

   Penertiban Pemakaian Tenaga Listrik (P2TL) merupakan suatu program yang dicanangkan oleh PT PLN (Persero) untuk menekan susut energi, khususnya susut non-teknis yang disebabkan oleh pencurian listrik dan kesalahan dalam pencatatan meteran. Di PT PLN (Persero) Unit Layanan Pelanggan (ULP) Air Molek, pelaksanaan P2TL diharapkan dapat

memberikan dampak signifikan terhadap pengurangan susut energi listrik dan peningkatan *saving* kWh.

a. *Saving* kWh Setelah Pelaksanaan P2TL

Berdasarkan laporan yang diperoleh dari ULP Air Molek, pelaksanaan P2TL menunjukkan hasil yang positif. Dalam kurun waktu enam bulan setelah penerapan program ini, terjadi penurunan susut non-teknis sebanyak 211.482 kWh, yang setara dengan 1,32 % dari total penerimaan energi. Hal ini menunjukkan bahwa program P2TL berhasil meningkatkan efisiensi penggunaan energi dan mengurangi kerugian yang diakibatkan oleh pencurian serta kesalahan pencatatan.

b. Pengaruh Susut Non-Teknis dari Pelaksanaan P2TL

Susut non-teknis, yang umumnya disebabkan oleh pencurian listrik dan kesalahan dalam pengukuran, menjadi fokus utama dalam pelaksanaan P2TL. Melalui kegiatan ini, PLN Air Molek melakukan penertiban dengan cara:

1) Penataan Ulang Jaringan: P2TL mencakup penataan ulang jaringan distribusi yang memungkinkan petugas untuk lebih mudah memantau dan mendeteksi adanya penyimpangan dalam pemakaian listrik.
2) Peningkatan Pengawasan: Dengan adanya program ini, pengawasan terhadap penggunaan listrik oleh pelanggan semakin diperketat, sehingga tindakan pencurian dapat diminimalisir.
3) Edukasi Pelanggan: Edukasi kepada pelanggan mengenai pentingnya penggunaan listrik yang benar juga dilakukan sebagai bagian dari P2TL, yang berkontribusi pada kesadaran masyarakat akan dampak pencurian listrik.

Hasil analisis menunjukkan bahwa P2TL tidak hanya berhasil menekan angka susut non-teknis, tetapi juga berkontribusi pada peningkatan kepuasan pelanggan. Dengan pengurangan susut, PLN dapat lebih efektif dalam mengelola energi yang tersedia, sehingga dapat

meningkatkan layanan kepada pelanggan dan memperbaiki keandalan sistem distribusi listrik.

Pelaksanaan Penertiban Pemakaian Tenaga Listrik (P2TL) di PT PLN (Persero) Unit Layanan Pelanggan Air Molek menunjukkan hasil yang signifikan dalam mengurangi susut non-teknis dan meningkatkan *saving* kWh. Upaya ini tidak hanya berdampak positif pada efisiensi operasional perusahaan, tetapi juga meningkatkan kesadaran masyarakat akan pentingnya pemakaian listrik yang sesuai. Sebagai rekomendasi, PLN perlu terus melanjutkan dan meningkatkan program P2TL agar dapat mengoptimalkan pengelolaan energi dan mengurangi kerugian akibat susut non-teknis.

Susut non-teknis mencakup kehilangan energi yang disebabkan oleh faktor-faktor eksternal, seperti pencurian listrik, kesalahan pencatatan, dan kerusakan alat ukur. Dengan dilaksanakannya P2TL, diharapkan tingkat susut non-teknis dapat diminimalkan. Penelitian oleh Pahiyanti et al. (2019) menunjukkan bahwa penertiban penggunaan tenaga listrik secara langsung berpengaruh dalam mengurangi susut non-teknis hingga 25% . Pengurangan ini tidak hanya memberikan dampak positif pada penghematan energi tetapi juga meningkatkan pendapatan PT PLN (Persero) dari sektor penjualan listrik. Data hasil pelaksanaan P2TL di ULP Air Molek selama tahun 2024 menunjukkan adanya penurunan signifikan dalam tingkat susut non-teknis. Misalnya, pada bulan Januari, jumlah susut non-teknis tercatat sebesar 12%, dan setelah pelaksanaan P2TL secara menyeluruh, pada bulan Juni, angka tersebut menurun menjadi 7%. Hal ini menunjukkan bahwa kebijakan P2TL berhasil menekan susut non-teknis dengan baik [2] .

Tabel 4.5. Penurunan Susut Non-Teknis di PT PLN (Persero) ULP Air Molek Tahun 2024

Bulan	Susut Non-Teknis Sebelum P2TL (%)	Susut Non-Teknis Setelah P2TL (%)	Perubahan (%)
Januari 2024	12%	-	-

Juni 2024	-	7%	Penurunan 5%

2. Kontribusi P2TL terhadap Susut Non Teknis di PT PLN (Persero) ULP Air Molek

Susut non-teknis merujuk pada kehilangan energi listrik yang bukan disebabkan oleh kerusakan teknis, tetapi lebih kepada faktor eksternal seperti pencurian listrik dan kesalahan pencatatan [9]. Penanganan yang tepat terhadap susut non-teknis sangat penting untuk meningkatkan efisiensi operasional dan pendapatan perusahaan. Pelaksanaan P2TL di PT PLN ULP Air Molek bertujuan untuk menegakkan disiplin pemakaian listrik. Program ini mencakup pengawasan yang ketat terhadap pelanggan serta tindakan hukum terhadap pelanggaran yang terdeteksi [2].

Pada bulan Januari, PT PLN (Persero) ULP Air Molek mencatat susut teknis pada jaringan distribusi, yang terdiri dari susut di Jaringan Tegangan Menengah (JTM), trafo, Jaringan Tegangan Rendah (JTR), dan Saluran Rumah (SR). Total susut teknis (I^2R) yang tercatat mencapai 1.067.907 kWh atau 6,80% dari total energi yang didistribusikan. Di sisi lain, susut non-teknis tercatat sebesar 422.532 kWh atau 2,69%, sehingga menghasilkan total susut sebesar 9,50% (ULP, 2024). Susut ini mencakup kehilangan energi yang tidak disebabkan oleh faktor teknis, seperti pencurian energi, kesalahan dalam pengukuran, atau kesalahan dalam penagihan. Penanganan yang tepat terhadap susut non-teknis ini menjadi penting untuk meningkatkan pendapatan perusahaan.

P2TL diimplementasikan sebagai upaya untuk menekan angka susut non-teknis. Program ini meliputi beberapa langkah strategis, antara lain:

a. Peningkatan Pengawasan: P2TL meningkatkan pengawasan terhadap pelanggan, yang diharapkan dapat mengurangi kemungkinan pencurian listrik.
b. Edukasi Pelanggan: Program ini juga bertujuan untuk meningkatkan kesadaran masyarakat mengenai pentingnya penggunaan listrik secara legal, serta konsekuensi hukum dari pencurian listrik [4].

c. Penegakan Hukum: Tindakan hukum yang tegas terhadap pelanggaran juga merupakan bagian dari strategi P2TL. Hal ini diharapkan dapat memberikan efek jera kepada pelanggar.

Berdasarkan data yang dikumpulkan, setelah penerapan P2TL, susut non-teknis berhasil dikurangi. Sebelum P2TL, susut non-teknis mencapai 2,69%, dan setelah penerapan langkah-langkah dalam P2TL, angka tersebut menunjukkan tren penurunan yang signifikan. Dalam hal ini, kontribusi P2TL terhadap penurunan susut non-teknis sangat nyata dan berdampak positif terhadap efisiensi operasional PT PLN (Persero).

Tabel 4.6. Kontribusi P2TL terhadap Penurunan Susut Non-Teknis di PT PLN (Persero) ULP Air Molek

Komponen	Sebelum P2TL	Setelah Penerapan P2TL	Keterangan
Susut Non-Teknis (kWh)	422.532 kWh	Penurunan Signifikan	Susut non-teknis terjadi karena faktor eksternal seperti pencurian dan kesalahan pencatatan.
Persentase Susut Non-Teknis	2,69%	Penurunan Signifikan	Persentase susut non-teknis dibandingkan dengan total energi yang didistribusikan.
Susut Teknik (kWh)	1.067.907 kWh	-	Susut teknis yang mencakup JTM, trafo, JTR, dan SR, tercatat 6,80%.
Total Susut (kWh)	1.490.439 kWh	-	Total susut teknis dan non-teknis sebesar 9,50% dari total energi yang didistribusikan.
Strategi P2TL	-	-	Peningkatan pengawasan, edukasi pelanggan, dan penegakan hukum.

Susut non-teknis merujuk pada kehilangan energi listrik akibat faktor eksternal, seperti pencurian listrik dan kesalahan pencatatan[15]. Pelaksanaan Penertiban Pemakaian Tenaga Listrik (P2TL) di ULP Air

Molek memberikan kontribusi yang signifikan terhadap pengurangan susut non-teknis.

Susut non-teknis mengacu pada kehilangan energi listrik yang disebabkan oleh faktor eksternal seperti pencurian listrik, kesalahan pencatatan, atau ketidakakuratan alat pengukur. Dalam upaya mengurangi susut non-teknis, P2TL mengimplementasikan langkah-langkah strategis seperti peningkatan pengawasan pelanggan untuk meminimalkan peluang penyalahgunaan energi, edukasi masyarakat mengenai penggunaan listrik secara legal, dan penegakan hukum yang tegas terhadap pelanggaran. Hasil penerapan P2TL menunjukkan penurunan yang signifikan dalam susut non-teknis, dari sebelumnya mencapai 2,69% (setara dengan 422.532 kWh) menjadi lebih rendah, yang menunjukkan peningkatan efisiensi operasional dan pengurangan kerugian akibat penyimpangan tersebut. Berikut adalah grafik yang menunjukkan kontribusi P2TL terhadap susut non-teknis di ULP Air Molek.

Gambar 4. 10. Kontribusi P2TL terhadap susut non-teknis di ULP Air Molek

Pada Gambar 4.10 terlihat bahwa penurunan signifikan dalam susut non-teknis membuktikan efektivitas P2TL. Persentase susut non teknis dalam konteks energi listrik merujuk pada kehilangan energi yang tidak disebabkan oleh faktor teknis, seperti kerusakan peralatan atau kebocoran, melainkan oleh faktor-faktor lain seperti pencurian listrik, kesalahan dalam pengukuran, atau ketidakakuratan dalam sistem penagihan. Dalam grafik

yang ditampilkan, terlihat bahwa sebelum penerapan program Penertiban Pemakaian Tenaga Listrik (P2TL), persentase susut non teknis mencapai 12%. Namun, setelah implementasi P2TL, angka ini mengalami penurunan signifikan menjadi 7%. Penurunan ini menunjukkan efektivitas program P2TL dalam meningkatkan pengawasan dan penegakan hukum terhadap penggunaan listrik yang tidak sah, sehingga dapat mengurangi kerugian yang dialami oleh perusahaan penyedia listrik. Studi lain, seperti oleh Pahiyanti et al. (2019), juga menemukan bahwa program P2TL dapat menekan susut non-teknis hingga 25%, meningkatkan efisiensi energi dan pendapatan PLN[6], [11]

Dengan pendekatan terpadu yang mencakup teknologi, edukasi, dan hukum, PT PLN ULP Air Molek berhasil mengurangi susut non-teknis dari 12% menjadi 7%. Keberhasilan ini mendukung sistem distribusi yang lebih andal dan efisien. Dari analisis yang dilakukan, dapat disimpulkan bahwa penerapan P2TL di PT PLN (Persero) ULP Air Molek telah memberikan kontribusi yang signifikan dalam mengurangi susut non-teknis. Dengan berbagai strategi yang diterapkan, diharapkan PT PLN dapat terus memperbaiki efisiensi distribusi energi listrik di masa mendatang.

Sebagai rekomendasi, PLN perlu terus mengoptimalkan pelaksanaan P2TL dengan memanfaatkan teknologi terbaru, meningkatkan kesadaran masyarakat, dan memperkuat regulasi untuk menjaga keberlanjutan program.

BAB V
PENUTUP

5.1. Kesimpulan

Dari analisis yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa penerapan Penertiban Pemakaian Tenaga Listrik (P2TL) di PT PLN (Persero) ULP Air Molek memberikan kontribusi yang signifikan terhadap pengurangan susut non-teknis. Dengan mencatat susut non-teknis sebelum implementasi P2TL sebesar 2,69% dan total susut yang mencapai 9,50%, langkah-langkah yang diambil melalui P2TL terbukti efektif dalam mengurangi kerugian yang disebabkan oleh pencurian listrik dan kesalahan pengukuran.

Strategi yang diterapkan dalam P2TL, seperti peningkatan pengawasan, edukasi pelanggan, dan penegakan hukum terhadap pelanggaran, telah menunjukkan hasil yang positif. Penurunan angka susut non-teknis tidak hanya meningkatkan efisiensi operasional perusahaan, tetapi juga mendukung keberlanjutan sistem distribusi energi listrik. Oleh karena itu, P2TL diharapkan dapat terus dioptimalkan untuk mencapai hasil yang lebih baik di masa mendatang, serta meningkatkan kesadaran masyarakat mengenai pentingnya penggunaan energi listrik secara sah.

5.2. Saran

1. Penguatan Edukasi dan Sosialisasi: PT PLN (Persero) sebaiknya meningkatkan program edukasi dan sosialisasi kepada masyarakat mengenai penggunaan listrik yang tepat dan legal. Kampanye yang lebih intensif mengenai bahaya pencurian listrik dan dampaknya terhadap sistem kelistrikan dapat meningkatkan kesadaran pelanggan.
2. Peningkatan Teknologi Monitoring: Disarankan untuk mengadopsi teknologi monitoring yang lebih canggih, seperti penggunaan meter pintar (*smart* meter) yang dapat memantau penggunaan listrik secara real-time. Hal ini akan membantu dalam mendeteksi kecurangan dan mengurangi kesalahan pengukuran.

3. Penerapan Sanksi yang Tegas: Penting untuk menegakkan sanksi yang lebih tegas terhadap pelanggaran pemakaian listrik ilegal. Penegakan hukum yang konsisten dapat memberikan efek jera dan mengurangi angka susut non-teknis.
4. Evaluasi dan Penyesuaian Kebijakan: Melakukan evaluasi berkala terhadap implementasi P2TL dan melakukan penyesuaian kebijakan sesuai dengan hasil evaluasi tersebut. Hal ini akan memastikan bahwa strategi yang diterapkan selalu relevan dengan kondisi lapangan.
5. Kolaborasi dengan Pihak Terkait: Membangun kerjasama dengan pihak terkait seperti aparat keamanan dan pemerintah daerah untuk meningkatkan pengawasan dan penegakan hukum terhadap pencurian listrik. Kerjasama ini dapat memperkuat upaya P2TL.
6. Analisis Data yang Berkelanjutan: Melakukan analisis data secara berkala untuk memantau perkembangan susut non-teknis dan mengevaluasi efektivitas program P2TL. Data yang akurat akan membantu dalam pengambilan keputusan yang lebih baik di masa depan.
7. Prediksi susut non teknis dapat menggunakan Artificial Intelligence (AI).

DAFTAR PUSTAKA

[1] ULP, “Laporan Kinerja Susut,” AIR MOLEK, 2024.

[2] ULP, “Laporan Susut,” AIR MOLEK, 2024.

[3] N. G. Pahiyanti, S. Sukmajati, and M. R. Nur, “Penurunan Susut Jaringan Dengan Penertiban Pemakaian Tenaga Listrik,” vol. 9, no. 1, pp. 36–45, 2019.

[4] R. Sopiyani, “Implikasi Yuridis Dalam Pembayaran Tagihan Tenaga Listrik Yang Tidak Sesuai Pemakaian Akibat Kerusakan Alat Pengukur dan Pembatas,” vol. 1, no. July, 2021.

[5] Desmira, D. Aribowo, and R. Anggraini, “Analisis Pelanggaran Pemakaian Tenaga Listrik Pada,” vol. 5, no. 2, 2018.

[6] Alysa Trita Aurum, “Optimasi Pelaksanaan Penertiban Pemakaian Tenaga Listrik (P2TL) Sebagai Upaya Penekanan Susut Non Teknis di PT PLN (Persero) ULP Kayuagung,” 2021.

[7] A. Arieyansyah and R. Mukhaiyar, “Penekanan Susut Non-Teknis dengan cara Optimalisasi Pelaksanaan P2TL di PT-PLN-(Persero)-ULP-Indarung,” *Ranah Research : Journal of Multidisciplinary Research and Development*, vol. 3, no. 4, pp. 269–278, 2021, doi: 10.38035/rrj.v3i4.414.

[8] W. Jumardi, “Pengoptimalan Pelaksanaan Penertiban Pemakaian Tenaga Listrik (P2TL) untuk Menekan Susud Non Teknis di PT PLN (Persero) Unit Layanan Pelanggan (ULP) Balai Selasa,” *JTEIN: Jurnal Teknik Elektro Indonesia*, vol. 3, no. 1, pp. 311–318, 2022.

[9] R. F. Ariyanti, “Identifikasi Penyebab Susut Energi Listrik PT PLN (Persero) Area Semarang Menggunakan Metode Failure Mode & Effect Analysis (FMEA),” *Industrial Engineering Online Journal*, vol. 1, no. 1, pp. 1–8, 2019.

[10] Sugianto and P. Untara, “Studi susut energi pada sistem distribusi tenaga listrik melalui analisis pengukuran dan perhitungan,” *Studi Susut Energi Pada Sistem Distribusi Tenaga Listrik Melalui Analisis Pengukuran Dan Perhitungan*, vol. XXI, no. 2, p. 39, 2019.

[11] H. Basri and U. Wiharja, “Studi Pendekatan Formula Jogja Pada Jaringan Distribusi PT. PLN UP3 Pondok Gede,” *Jurnal ELECTRA : Electrical Engineering Articles*, vol. 3, no. 1, pp. 1–07, 2022.

[12] B. Susanto *et al.*, “MENEKAN SUSUT ENERGI MELALUI ANALISIS KEWAJARAN KONSUMSI ENERGI LISTRIK PELANGGAN PADA PLN UP3 BANGKA,” *Prosiding Seminar Nasional Penelitian & Pengabdian Pada Masyarakat*, pp. 85–92, 2019.

[13] F. Eka, P. Surusa, Q. Aini, A. I. Pratiwi, and Y. Mohamad, "Analisis Susut Non Teknis Akibat Gangguan pada kWh Meter PT. PLN UP3 Gorontalo," *Jambura Journal of Electrical and Electronics Engineering*, vol. 6, no. 1, pp. 32–39, 2024.

[14] M. Firdaus, "Analisis Susut Energi Pada Penyulang Wombat Dengan Menggunakan Meter Trafo Distribusi PT. PLN (Persero) UP3 Teluk Naga," *Jurnal Teknologi Elektro*, vol. 12, no. 1, p. 12, Jan. 2021, doi: 10.22441/jte.2021.v12i1.003.

[15] Direksi PT PLN (Persero), "Peraturan Direksi PT PLN (Persero) Nomor: 088-Z.P/DIR/2016 Penertiban Pemakaian Tenaga Listrik (P2TL)," *PT PLN (Persero)*, pp. 1–60, 2016.

[16] Sugiyono., *Metodologi Penelitian Kuantitatif, Kualitatif, dan R&D.* Bandung: Alfabeta., 2022.

[17] S. Arikunto, *Prosedur Penelitian; Suatu Pendekatan Praktek*. Jakarta: Rineka Cipta, 2020.