

## **TUGAS AKHIR**

# **PERBANDINGAN PEMANTAUAN PEMAKAIAN ENERGI LISTRIK PELANGGAN DENGAN MENGGUNAKAN SISTEM AMR (AUTOMATIC METER READING) DI PT. PLN (PERSERO) ULP HELVETIA**

*Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat  
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Elektro  
Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara*

**Oleh :**

**M FADHLILA LUTHFI**  
**1907220048**



# **UMSU**

Unggul | Cerdas | Terpercaya

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA  
MEDAN  
2024**

## HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan oleh:

Nama : M. Fadhlila Luthfi  
NPM : 1907220048  
Program Studi : Teknik Elektro  
Judul Skripsi : Perbandingan Pemantauan Pemakaian Energi Listrik Pelanggan dengan Menggunakan Sistem AMR (Automatic Meter Reading) di PT. PLN (Persero) ULP Helvetia  
Bidang ilmu : Sistem Kontrol

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Tim Penguji dan diterima sebagai salah satu syarat yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, 06 Mei 2024

Mengetahui dan menyetujui:

Dosen Pembimbing



Partaonan Harahap, S.T., M.T

Dosen Pembanding I / Penguji



Faisal Irsan Pasaribu, S.T., M.T

Dosen Pembanding II / Penguji



Benny Oktrialdi, S.T., M.T

Program Studi Teknik Elektro



Faisal Irsan Pasaribu, S.T., M.T

## SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama Lengkap : M. Fadhlila Luthfi

Tempat /Tanggal Lahir : Medan, 15 Januari 2002

NPM : 1907220048

Fakultas : Teknik

Program Studi : Teknik Elektro

Menyatakan dengan sesungguhnya dan sejujurnya, bahwa laporan Tugas Akhir saya yang berjudul:

**“Perbandingan Pemantauan Pemakaian Energi Listrik Pelanggan dengan Menggunakan Sistem AMR (Automatic Meter Reading) di PT. PLN (PERSERO) ULP Helvetia”,**

Bukan merupakan plagiarisme, pencurian hasil karya milik orang lain, hasil kerja orang lain untuk kepentingan saya karena hubungan material dan non-material, ataupun segala kemungkinan lain, yang pada hakekatnya bukan merupakan karya tulis Tugas Akhir saya secara orisinal dan otentik.

Bila kemudian hari diduga kuat ada ketidaksesuaian antara fakta dengan kenyataan ini, saya bersedia diproses oleh Tim Fakultas yang dibentuk untuk melakukan verifikasi, dengan sanksi terberat berupa pembatalan kelulusan/kesarjanaan saya.

Demikian Surat Pernyataan ini saya buat dengan kesadaran sendiri dan tidak atas tekanan ataupun paksaan dari pihak manapun demi menegakkan integritas akademik di Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, 06 Mei 2024

Saya yang menyatakan,



M. Fadhlila Luthfi

## **ABSTRAK**

AMR (Automatic Meter Reading) merupakan pengukur daya listrik berbasis digital yang sudah dilengkapi dengan pengendali elektronik dan antarmuka komunikasi. Penelitian ini bertujuan untuk membandingkan hasil bacaan AMR dengan KWH meter manual agar mengetahui tingkat error yang dihasilkan. Dengan metode pengambilan data pada 2 jenis KWH meter ini akan dapat diketahui perbandingan dari ke-2 nya. roses pengambilan data pelanggan ataupun monitoring pelanggan PLN menggunakan sistem AMR dapat dilakukan dengan mudah melalui sistem jaringan yang memanfaatkan modem terletak pada meteran pelanggan, sehingga petugas tidak lagi datang untuk melihat meteran tetapi dapat memonitoring aktifitas pelanggan melalui sistem AMR. sistem AMR setelah dilakukan penelitian memiliki tingkat akurasi yang sangat tinggi yaitu 99% dibandingkan dengan data hasil bacaan pada meteran pelanggan secara manual. Untuk mendeteksi ketidaknormalan yang dapat merugikan PLN ataupun pelanggan dengan sistem AMR ini dapat dimonitor melalui sistem dengan melihat hasil bacaan arus dan tegangan yang terdeteksi. Juga dapat dilihat pada rangkaian yang mengalir pada sistem melalui AMR.

**Kata Kunci :** AMR, KWH Meter, Tarif Listrik, Daya Listrik



## **ABSTRACT**

*AMR (Automatic Meter Reading) is a digital-based electric power meter that is equipped with an electronic controller and communication interface. This research aims to compare the results of AMR readings with manual KWH meters in order to determine the level of error produced. With this method of collecting data on the 2 types of KWH meters, you will be able to find out the comparison between the two. collecting customer data or monitoring PLN customers using the AMR system can be done easily through a network system that utilizes a modem located on the customer's meter, so that officers no longer come to look at the meter but can monitor customer activity through the AMR system. After research, the AMR system has a very high level of accuracy, namely 99% compared to manual reading data on customer meters. To detect abnormalities that could be detrimental to PLN or customers, this AMR system can be monitored through the system by looking at the results of the detected current and voltage readings. It can also be seen in the circuit that flows through the system via AMR.*

**Keywords:** *AMR, KWH Meter, Electricity Tariff, Electric Power*

## KATA PENGANTAR



Dengan nama Allah SWT yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang, Puji syukur kita ucapkan kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat, karunia dan hidayah-Nya kepada kita semua sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini yang berjudul “PERBANDINGAN PEMANTAUAN PEMAKAIAN ENERGI LISTRIK PELANGGAN DENGAN MENGGUNAKAN SISTEM AMR (AUTOMATIC METER READING) DI PT. PLN (PERSERO) ULP HELVETIA”. Sebagai syarat untuk meraih gelar akademik Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Dalam kesempatan yang berbahagia ini, dengan segenap hati. Kami mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada berbagai pihak yang telah banyak memberikan motivasi kepada kami didalam penyusunan laporan Tugas Akhir ini, terutama kepada :

1. Kedua orang tua yang selalu mendo'akan dan memberikan kasih sayangnnya yang tidak ternilai kepada kami semua sehingga kami dapat menyelesaikan laporan Tugas Akhir.
2. Bapak Dr. Agussani, M.A.P, selaku Rektor Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
3. Bapak Munawar Alfansury Siregar S.T., M.T selaku Dekan Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
4. Bapak Dr. Ade Faisal, M.sc, P.hd, selaku Wakil Dekan Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
5. Bapak Affandi S.T., M.T., selaku Wakil Dekan III Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
6. Bapak Faisal Irsan Pasaribu S.T., M.T., selaku Ketua Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

7. Ibu Elvy Sahnur Nasution S.T., M.Pd., selaku Sekretaris Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
8. Dosen Pembimbing yang senantiasa membimbing saya dalam penulisan laporan Tugas Akhir.
9. Bapak/Ibu Staff Administrasi di Biro Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
10. Teman-teman seperjuangan Teknik Elektro Satu Angkatan.

Laporan Tugas Akhir ini tentunya masih jauh dari kesempurnaan, untuk itu penulis berharap kritik dan masukan yang konstruktif untuk menjadi bahan pembelajaran berkesinambungan penulis di masa yang akan datang. Akhirnya kami mengharapkan semoga laporan Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi diri pribadi dan para pembaca terkhusus bagi dunia kontruksi Teknik Elektro serta kepada Allah SWT , kami serahkan segalanya demi tercapainya keberhasilan yang sepenuhnya. Wassalamualaikum Warahmatullahi Wabarakatuh.

Medan, Maret 2024

M Fadhila Luthfi  
1907220048

## DAFTAR ISI

<b>ABSTRAK</b> .....	<b>i</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>ii</b>
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	<b>iii</b>
<b>DAFTAR ISI</b> .....	<b>v</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	<b>vii</b>
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	<b>ix</b>
<b>BAB 1 PENDAHULUAN</b> .....	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	3
1.3 Tujuan Penelitian .....	3
1.4 Ruang Lingkup Penelitian.....	4
1.5 Manfaat Penelitian .....	4
<b>BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	<b>5</b>
2.1 Tinjauan Pustaka Relevan.....	5
2.2 Landasan Teori .....	9
2.2.1. Energi Listrik.....	10
2.2.2. Kualitas Daya Listrik.....	17
2.2.3. Beda Potensial Dan Frekuensi .....	24
2.2.4. Faktor Daya .....	25
2.2.5. Beban Listrik .....	31
2.2.6. Tarif Listrik .....	37
2.2.7. Automatic Meter Reading (AMR).....	42
<b>BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN</b> .....	<b>51</b>
3.1. Pendekatan Penelitian .....	51
3.2. Tempat Penelitian .....	51
3.3. Teknik Pengumpulan Data .....	51
3.4. Teknik Analisis .....	52
3.5. Bagan Alir Penelitian .....	53
<b>BAB 4 ANALISA DAN PEMBAHASAN</b> .....	<b>55</b>

4.1.	Hasil Bacaan AMR .....	55
4.2.	Hasil Bacaan Pada Meteran kWh Pelanggan PLN .....	57
4.3.	Tingkat Akurasi Pembacaan AMR.....	58
4.4.	Analisis Kejanggalan yang Terjadi Pada AMR.....	61
<b>BAB 5 PENUTUP.....</b>		<b>68</b>
5.1.	Kesimpulan .....	68
5.2.	Saran .....	68
<b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>		<b>69</b>

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Konsep Energi Listrik .....	12
Gambar 2. 2 Sumber Daya Alat Renewable .....	14
Gambar 2. 3 Sumber Daya Alat Tidak Dapat Diperbaharui .....	14
Gambar 2. 4 Konsumsi Enegi Nasional 2020 .....	16
Gambar 2. 5 Segitiga Daya .....	19
Gambar 2. 6 Transien Osilasi Arus Switching.....	20
Gambar 2. 7 Gelombang Sinus Arus dan Tegangan.....	22
Gambar 2. 8 Gelombang Fundamental Harmonik dan Penjumlahannya.....	23
Gambar 2. 9 Gelombang Sinusoidal .....	25
Gambar 2. 10 Arus Sephasa dengan Tegangan.....	26
Gambar 2. 11 Arus Mendahului Tegangan.....	27
Gambar 2. 12 Faktor Daya Leading .....	27
Gambar 2. 13 Arus Tertinggal dari Tegangan .....	27
Gambar 2. 14 Faktor Daya Lagging.....	28
Gambar 2. 15 Prinsip Perbaikan Faktor Daya.....	28
Gambar 2. 16 Metode Pemasangan Kapasitor Bank.....	29
Gambar 2. 17 Global Compensation.....	29
Gambar 2. 18 Gelombang Resistif .....	33
Gambar 2. 19 Gelombang Induktif .....	34
Gambar 2. 20 Gelombang Capasitif.....	35
Gambar 2. 21 Biaya Produksi dan Harga Jual Listrik (Rp/kWh) .....	39
Gambar 2. 22 Tarif Daya Listrik.....	40
Gambar 2. 23 Automatic Meter Reading (AMR) .....	42
Gambar 2. 24 Komponen Primer Automatic Meter Reading (AMR).....	44
Gambar 2. 25 Tampilan Data Standmeter Billing Reset pada system .....	46
Gambar 2. 26 Tampilan Load Profile .....	47
Gambar 2. 27 Infrastruktur AMR .....	48
Gambar 3. 1 Diagram Alir Penelitian .....	53
Gambar 4. 1 Hasil Bacaan AMR Pelanggan 1 .....	55
Gambar 4. 2 Hasil Bacaan AMR Pelanggan 2.....	55

Gambar 4. 3 Grafik Pemakaian Beban Pelanggan 1 .....	56
Gambar 4. 4 Grafik Pemakaian Beban Pelanggan 1 .....	57
Gambar 4. 5 Meteran AMR Pelanggan PLN .....	57
Gambar 4. 6 Grafik Perbedaan Penggunaan Beban Bulan Februari.....	59
Gambar 4. 7 Grafik Perbedaan Penggunaan Beban Bulan Januari.....	59
Gambar 4. 8 Pengukuran Arus dan Tegangan KWH AMR.....	62
Gambar 4. 9 Pengukuran Arus dan Tegangan KWH Manual.....	63
Gambar 4. 10 Grafik Perbandingan kWh AMR dan Manual.....	66

## DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Persamaan Segitiga Daya.....	20
Tabel 4. 1 Data AMR Pelanggan .....	55
Tabel 4. 2 Data AMR Pelanggan 2 .....	56
Tabel 4. 3 Hasil Bacaan Pada Meteran Pelanggan PLN .....	58
Tabel 4. 4 Data Setelah AMR dan Sebelum AMR .....	61
Tabel 4. 5 Data Pengukuran KWH Meter.....	64
Tabel 4. 6 Perbandingan Daya dan Tarif AMR serta Manual.....	64

# **BAB 1**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Energi listrik merupakan kebutuhan primer yang harus dipenuhi oleh setiap orang baik itu perorangan maupun kelompok seperti perusahaan/pabrik industri. Hal ini dikarenakan energi listrik dapat membantu setiap orang untuk menyelesaikan pekerjaannya dengan mudah. PT. PLN (Persero) sebagai perusahaan utama yang menyediakan energi listrik berusaha memenuhi kebutuhan listrik secara merata kepada setiap pelanggannya. Dalam hal menyediakan energi listrik, Proses bisnis PT. PLN (Persero) dengan pelanggannya secara umum berkaitan dengan tarif dasar listrik (TDL) yang mana tarif ini ditentukan oleh besarnya pemakaian energi listrik per bulan oleh pelanggan. Oleh sebab itulah diperlukannya data pengukuran pemakaian energi listrik bulanan yang nantinya akan dijadikan sebagai dasar pembuatan tagihan rekening listrik

Pengukuran energi listrik memiliki peranan yang sangat penting dalam menentukan pendapatan perusahaan penyedia energi listrik sehingga diperlukannya ketelitian dalam pembacaan dan keakuratan data pengukuran pada kWh meter. Apabila terjadi kesalahan data pengukuran energi baik perusahaan penyedia listrik maupun konsumen listrik akan mengalami kerugian. Kesalahan-kesalahan itu dapat disebabkan oleh kerusakan pada kWh Meter atau peralatan pendukung, seperti CT (Current Transformer) dan PT (Potential Transformer), serta kekeliruan saat pengawatan kWh Meter. Untuk memenuhi ketelitian dalam pembacaan dan keakuratan data pengukuran yang dihasilkan meter, maka PT. PLN (Persero) melakukan inovasi produk layanan kelistrikan sesuai dengan kemajuan teknologi berupa sistem Automatic Meter Reading (AMR).

Sistem AMR ini diaplikasikan di Alat Pembatas dan Pengukur (APP) berupa kWh meter digital (meter elektronik). Sistem AMR ini merupakan teknologi pencatatan meter elektronik secara otomatis yang mana pembacaan pengukuran dapat dilakukan dari jarak jauh dengan menggunakan media komunikasi (PSTN, GSM) yang terpusat dan terintegrasi dari ruang kontrol. Salah satu fitur dari AMR yakni memantau secara cepat dan efektif terhadap pelanggaran atau pengukuran

yang tidak normal yang terjadi di kWh meter pelanggan sehingga revenue terjamin dan tidak berkurang serta peningkatan pelayanan kepada pelanggan dengan menyampaikan data yang transparan dan akurat.

AMR (Automatic Meter Reading) merupakan pengukur daya listrik berbasis digital yang sudah dilengkapi dengan pengendali elektronik dan antarmuka komunikasi. Pengendali elektronik dapat memproses data dari sensor arus dan tegangan listrik menjadi data-data digital yang berisi informasi nilai arus listrik, tegangan listrik, daya kompleks, daya aktif, daya reaktif, dan lain-lain. Data-data digital tersebut kemudian dapat dikirim melalui antarmuka komunikasi. Antarmuka komunikasi ini dapat berupa modem GSM, modul TCP/IP, dan lain-lain sesuai dengan jaringan komunikasi yang akan digunakan.

Di Indonesia, AMR baru diterapkan untuk pelanggan-pelanggan besar seperti perusahaan dan pabrik-pabrik besar. Sedangkan di daerah perumahan, sebagian besar masih menggunakan kWh (Kilo Watt Hour) meter analog dan sebagian lagi ada yang sudah menggunakan kWh meter digital yang dilengkapi kartu prabayar. Kwh meter analog atau digital tersebut belum dilengkapi fasilitas canggih seperti AMR. Untuk setiap periode evaluasi data kWh dari seluruh pelanggan listrik di daerah perumahan, perusahaan listrik harus mengerahkan banyak petugas listrik untuk mencatat data kWh dari semua pelanggannya tersebut.

Dengan menggunakan AMR, suatu perusahaan penyedia layanan listrik dapat memantau penggunaan daya listrik dan status pembayaran rekening listrik dari setiap rumah pelanggannya melalui website perusahaan yang diberi nama AMR-online. Seorang admin dari perusahaan tersebut cukup duduk didepan komputer yang terhubung dengan internet, membuka website AMR-online, memeriksa database pelanggan, dan menentukan pelanggan mana yang harus diputus aliran listriknya. Pemeriksaan database dari tiap-tiap pelanggan berguna untuk mengetahui status pelanggan. Misalnya, apabila pelanggan x belum melunasi pembayaran rekening listriknya, maka admin akan mengubah database status pelanggan x menjadi off dari website AMR-online-nya untuk memutus aliran listrik pelanggan tersebut. AMR di setiap rumah pelanggan dilengkapi dengan switch relay yang terhubung dengan pengendali elektronik dalam AMR. Hal ini yang

memungkinkan admin dari perusahaan penyedia layanan listrik dapat memutus aliran listrik pelanggan melalui websitenya.

Berdasarkan hal di atas, penulis tertarik untuk mengangkat judul mengenai “Analisa Pemantauan Pemakaian Energi Listrik Pada Pelanggan Potensial Dengan Menggunakan Sistem AMR (Automatic Meter Reading) Di PT. PLN (PERSERO) ULP HELVETIA” guna menganalisa serta membandingkan pengaruh pemanfaatan pemasangan AMR terhadap pemantauan pemakaian energi listrik yang tidak wajar oleh pelanggan potensial PLN

## **1.2 Rumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang di atas dapat dikemukakan permasalahan utama yang dibahas pada laporan akhir ini adalah bagaimana pemanfaatan hasil data pembacaan AMR, berkaitan dengan pemantauan pemakaian energi listrik yang tidak wajar oleh pelanggan potensial PLN yang disebabkan oleh kejanggalan pada pengawatan meter elektronik, yang mengakibatkan pengukuran menjadi tidak akurat.

Adapun rumusan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Bagaimana hasil pembacaan data pelanggan PLN dengan menggunakan alat pembacaan AMR?
2. Bagaimana kemungkinan terjadinya kejanggalan yang terjadi pada kWh meter yang menyebabkan pemakaian energi listrik yang tidak wajar oleh pelanggan potensial PLN?
3. Bagaimana mempermudah pekerjaan petugas meter dalam melakukan pembacaan pengukuran energi yang terpakai oleh pelanggan potensial PLN?

## **1.3 Tujuan Penelitian**

Adapun tujuan dari penulisan laporan akhir ini ialah

1. Untuk mengetahui pemanfaatan hasil data pembacaan AMR.
2. Untuk menganalisa kemungkinan terjadinya kejanggalan yang terjadi pada kWh meter, berupa kekeliruan pengawatan kWh meter, sehingga menyebabkan pemakaian energi listrik yang tidak wajar oleh pelanggan potensial PLN.

3. Untuk memudahkan pekerjaan petugas cater dalam melakukan pembacaan pengukuran energi yang terpakai oleh pelanggan potensial PLN.

#### **1.4 Ruang Lingkup Penelitian**

Untuk membatasi penelitian ini agar terfokus kepada rumusan masalah dan tujuan penelitian, adapun ruang lingkup penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Membahas pemanfaatan hasil data pembacaan AMR.
2. Membahas kemungkinan terjadinya kejanggalkan yang terjadi pada kWh meter, berupa kekeliruan pengawatan kWh meter, sehingga menyebabkan pemakaian energi listrik yang tidak wajar oleh pelanggan potensial PLN.
3. Membahas manfaat AMR sebagai memudahkan pekerjaan petugas cater dalam melakukan pembacaan pengukuran energi yang terpakai oleh pelanggan potensial PLN.

#### **1.5 Manfaat Penelitian**

Adapun manfaat dari penulisan laporan akhir ini ialah:

1. Dapat mengetahui pemanfaatan hasil data pembacaan AMR.
2. Dapat menjelaskan kemungkinan terjadinya kejanggalkan yang terjadi pada kWh meter, berupa kekeliruan pengawatan kWh meter, sehingga menyebabkan pemakaian energi listrik yang tidak wajar oleh pelanggan potensial PLN.
3. Dapat meringankan pekerjaan petugas cater dalam melakukan pembacaan pengukuran energi yang terpakai oleh pelanggan potensial PLN.

## **BAB 2**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Tinjauan Pustaka Relevan**

Penelitian dengan tema yang relevan dengan penelitian ini telah banyak dilakukan oleh penelitian sebelum – sebelumnya. Adapun tinjauan pustaka relevan dengan penelitian ini adalah sebagai berikut :

Indonesia merupakan negara yang mempunyai kekayaan alam dan keanekaragaman sumber energi yang melimpah, diantaranya yaitu energi air, angin, matahari, minyak bumi, gas, batubara, dan energi terbarukan . Mengingat besarnya manfaat energi listrik mengakibatkan ketersediaan sumber energi listrik menjadi terbatas. Saat ini, ketersediaan sumber energi listrik tidak mampu memenuhi peningkatan kebutuhan listrik di Indonesia salah satunya penggunaan listrik rumah tangga. Dengan demikian peneliti melakukan penelitian ini dengan tujuan untuk mengetahui jumlah total energi listrik yang dihasilkan. Penelitian ini menggunakan pendekatan mix method yang dilaksanakan di kabupaten Aceh Besar di kecamatan Darul imarah pada komplek Villa Buana Gardenia. Objek yang diteliti sebanyak 50 rumah dengan teknik pengambilan sampel yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan teknik pengambilan sampel acak. Instrument yang dipakai adalah kuesioner dan wawancara. Data yang diperoleh dari penelitian ini adalah jumlah daya listrik yang paling tinggi adalah AC dengan total daya yang dikeluarkan sebesar 22050 watt dan lama pemakaian peralatan elektronik yang paling lama adalah kulkas dengan total jam dalam sehari selama 1200 jam atau 4320000 detik dalam sehari. Dari total daya dan lama waktu pemakaian peralatan elektronik jumlah total energi yang paling banyan menyedot energi listrik adalah rice cooker dengan daya sebesar 17500 watt dan lama waktu pemakaian selama 2332800 detik atau 648 jam dalam sehari dan total energi listrik yang dihasilkan sebesar 40.824 MJ. Dapat disimpulkan bahwa jumlah daya dan lama waktu pemakaian sangat berpengaruh terhadap energy listrik yang dihasilkan. (Ikhsanto, 2020)

Sejak adanya internet, komunikasi antara satu komputer dengan komputer lainnya diseluruh dunia menjadi sangat mudah. Hampir semua orang didunia telah memanfaatkan internet untuk keperluan bisnis, pendidikan, rumah tangga, hingga

hiburan. Contoh aplikasi internet yang biasa digunakan antara lain email, chatting, video conference, elearning, hingga game online. Pada skripsi ini, internet dengan protocol TCP/IP dimanfaatkan sebagai sarana pengiriman data dari dan ke simulasi AMR. Data dari simulasi AMR berupa counter simulasi nilai kilo watt hour (KWH) yang dibuat dalam program mikro controller AVR, sedangkan data ke simulasi AMR berupa data serial yang diterima mikro controller AVR sebagai input untuk mengendalikan relay on atau off. Pengendalian relay merupakan simulasi untuk memutus aliran listrik dari AMR atau tidak. Keseluruhan proses simulasi pengendali AMR secara otomatis diatur oleh windows application yang dibuat dengan bahasa pemrograman Vb.net. (Trapsilo & Teknik, 2019)

Susut KWh (Loses) menjadikan indikator khusus kinerja pada PT PLN (Persero) Rayon Binjai Timur, mengingat angka prosentase susut KWh yang berkisar 6 hingga 7 % pada tahun 2007 – 2008. Dengan total jumlah konsumen yang dilayani sampai dengan bulan Desember 2008 berjumlah 47.185 konsumen dengan tuntutan yang semakin hari semakin kompleks tentunya diperlukan strategi manajemen, khususnya dalam peningkatan kinerja dan pelayanan di PT PLN (Persero) Rayon Binjai Timur ini. Dengan jumlah pelanggan yang tersebar serta pegawai yang terbatas, untuk memudahkan monitoring dan evaluasi serta pelayanan agar dapat berjalan dengan baik, maka dibutuhkan pemasangan meter energi elektronik (meter transaksi) dan kelengkapannya di pelanggan dengan skala prioritas disesuaikan dengan pelanggan yang mempunyai kontribusi pendapatan besar ke PT. PLN (Persero) Rayon Binjai Timur. Kebutuhan paling utama penggunaan Meter elektronik (ME) pada sisi Perusahaan adalah akurasi, kecepatan dan kemudahan dalam pengambilan data. Pada sisi akurasi dapat terpenuhi oleh klas ME yang terpasang, sedangkan untuk kecepatan dan kemudahan diperlukan sistem tersendiri yang sulit untuk dilakukan secara manual oleh manusia. Oleh karena itu dibutuhkan suatu sistem terintegrasi yang dapat memenuhi kebutuhan tersebut yaitu dengan sistem AMR (Automatic Meter Reading). Sebelum mengambil keputusan untuk menerapkan sistem AMR, harus dilakukan pengkajian yang komprehensif minimal mencakup : jenis media komunikasi, software AMR, spesifikasi Meter Elektronik, struktur organisasi dan pegawai yang mengelola,

biaya operasional dan sarana/prasarana pendukung yang tersedia, sehingga sasaran yang dikehendaki dengan penerapan AMR tercapai. (Sriwidjanarko, 2019)

Proses rekapitulasi informasi mengenai kuantitas pemakaian listrik, air, dan gas dari pelanggan perusahaan penyedia utilitas umumnya tersedia melalui proses pengumpulan data secara berkala. Proses pengumpulan/pencatatan data tersebut dilakukan oleh petugas yang berkunjung ke setiap rumah-rumah pelanggan secara periodik. Banyaknya rumah yang dikunjungi menyebabkan pekerjaan mencatat data menjadi berat dan memungkinkan terjadi kesalahan pencatatan. Data yang tidak akurat berkorelasi terhadap kerugian finansial yang ditanggung perusahaan penyedia utilitas. Berbagai teknologi untuk memudahkan pencatatan seperti (Automatic Meter Reading) AMR telah diterapkan, tetapi masih memiliki permasalahan dalam proses pengiriman data dari perangkat pencatat ke pusat basis data. Penelitian ini mengusulkan pengembangan teknologi AMR dengan menerapkan mekanisme pengambilan data secara bergerak dan nirkabel dengan topologi jaringan mesh. Setiap perangkat AMR diasumsikan sebagai perangkat statis yang terhubung secara topologi jaringan mesh dengan perangkat AMR lain yang saling berdekatan dan dapat bertindak sebagai relay untuk kemudian mengirimkan data ke perangkat pencatat bergerak yang digunakan oleh petugas atau disebut perangkat Mobile Data Gathering(MDG). Perangkat pencatat MDG dapat mengumpulkan data secara bergerak mendekati salah satu perangkat AMR untuk mengumpulkan data dari seluruh perangkat AMR yang saling berdekatan. Kecepatan bergerak perangkat pencatat AMR berpengaruh dalam akurasi pencatatan dan jumlah data yang dapat dikumpulkan. Berdasarkan hasil uji simulasi dapat diketahui bahwa sistem pengumpulan data dengan mekanisme bergerak mampu mengumpulkan data dengan kecepatan terbaik 30 km/jam dengan jumlah data sebanyak 86% dari semua jumlah perangkat AMR (Rahman et al., 2019)

Sistem kWh meter Automatic Meter Reading atau selanjutnya akan disebut dengan kWh meter AMR adalah suatu sistem pencatatan meter energi listrik yang dilakukan secara otomatis dan jarak jauh. Komunikasi data yang dikirim oleh kWh meter AMR di PT PLN (Persero) Distribusi Jakarta Raya dan Tangerang menggunakan modem SMS sebagai interfacing kWh meter elektronik dengan jaringan telekomunikasi nirkabel. kWh meter AMR memiliki fitur selain mencatat

energi terpakai, juga mencatat tegangan, arus listrik, faktor daya ( $\cos \Phi$ ), serta waktu pencatatan meter penggunaan listrik di pelanggan lebih cepat. Dengan demikian PT PLN (Persero) Distribusi dapat melakukan distribution network management (DNM) yang memudahkan dalam hal penyaluran energi ke pelanggan dan pemantauan penggunaan energi listrik oleh pelanggan. Hasil analisis sistem kWh meter AMR dapat menekan rugi-rugi yang diakibatkan ketidaknormalan sistem jaringan distribusi. Telemetri dengan modem SMS sinyal komunikasi tidak stabil dan seringkali mengalami kegagalan penarikan data. Untuk mengatasi permasalahan dari penggunaan modem yang lama, perlu digantikan dengan modem GPRS/LTE ready user. Akan tetapi, pemanfaatan power line communication (PLC) sebagai jaringan transmisi data dapat mengurangi ketergantungan terhadap jaringan telekomunikasi selular. (Hariyati & Elektro, 2015)

Peningkatan penjualan tenaga listrik adalah salah satu Key Performance Indicator (KPI) PT Perusahaan Listrik Negara. Salah satu upayanya adalah dengan meningkatkan akurasi pembacaan kWh meter pelanggan daya besar. Perkembangan teknologi membuat pembacaan kWh meter secara otomatis dari jarak jauh atau Automatic Meter Reading (AMR). Satu hal yang menyebabkan kegagalan pembacaan jarak jauh adalah dikarenakan padamnya kWh meter. Diperlukan alat yang dapat menghidupkan kWh meter yaitu power bank AMR. Power bank AMR berisikan rangkaian inverter untuk mengkonversi arus DC ke AC yang bersumber dari baterai 12 volt. Pengujian dan implementasi dilaksanakan di PLN UP3 Lhokseumawe terhadap 5 pelanggan dengan daya besar. Kesiapan untuk berpartisipasi dalam penelitian telah diambil dalam penelitian ini. Implementasi ke lima pelanggan untuk penarikan data dengan hasil sukses. Waktu yang dibutuhkan untuk pengambilan data dari lima pelanggan adalah 4-8 menit tiap pelanggan atau rata-rata 5,4 menit. Dibandingkan dengan genset, power bank lebih praktis dan ramah lingkungan. (Lukman et al., 2022)

Pengukuran energi listrik mempunyai peranan yang sangat penting dalam menentukan pendapatan perusahaan listrik. Meter kWh merupakan alat ukur transaksi energi antara perusahaan dengan pelanggan yang harus disepakati oleh kedua belah pihak dan mendapat legalitas dari pemerintah (Direktorat Metrologi). Kesalahan data pengukuran energi merupakan keluhan pelanggan terhadap

perusahaan listrik. Pada PT. PLN (Persero) Disjaya kWh meter yang digunakan untuk pelanggan daya diatas 200 kVA adalah kWh meter elektronik yang terintegrasi dengan sistem AMR (Automatic Meter Reading) sebagai pembacaannya. Setelah melakukan pemantauan deteksi ketidaknormalan meter elektronik dengan sistem AMR, diketahui kesalahan pengawatan CT terbalik, mengakibatkan pemakaian energi listrik oleh pelanggan tidak tertagih. Dengan fasilitas yang dimiliki oleh meter elektronik dengan sistem AMR, maka dapat diketahui waktu terjadinya gangguan tersebut, serta besar energi listrik yang tidak tertagih saat terjadi gangguan sebesar 637,382 kWh. Untuk menghindari kerugian PLN perlu dilakukan pergantian meter pada pelanggan. (Wiharja & Albahar, 2017)

Penelitian ini bertujuan untuk menghitung susut non teknis yang terjadi pada pelanggan potensial dengan Automatic Meter Reading (AMR) dan pengaruh / kerugian akibat susut non teknis terhadap pemakaian energi pada kantor Pemerintah Daerah Kota Gorontalo. Metode yang digunakan adalah studi kasus dengan melakukan monitoring, analisis dan evaluasi menggunakan aplikasi Automatic Meter Reading (AMR), serta melakukan pemeriksaan langsung di lapangan dengan melakukan pengukuran dan pengujian pada APP. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pemakaian energi yang terukur hanya pada fasa S dan fasa T dengan jumlah sebesar 823.673 kWh. Sedangkan jumlah pemakaian energi yang tidak terukur yaitu fasa R sebesar 415.147 kWh. Hal ini menyebabkan kerugian kWh pada PT. PLN Persero UP3 Gorontalo. Penyebab tidak terukurnya fasa R diakibatkan karena Current Transformer (CT) pada fasa R mengalami kerusakan, sehingga mengalami penurunan pemakaian kWh dan jam nyala yang sangat signifikan. Penggunaan Aplikasi AMR ini memberikan kemudahan dalam mencari pemakaian energi yang tidak terukur, sehingga lebih cepat melakukan penormalan apabila terjadi kejanggalan pada kWh meter pelanggan. (Sursa et al., 2022)

## **2.2 Landasan Teori**

Untuk mendukung penelitian ini dibutuhkan teori – teori yang berhubungan dengan penelitian guna mendukung agar dapat berjalan dengan lancar dan menjadi landasan teori bagi penelitian ini

### 2.2.1. Energi Listrik

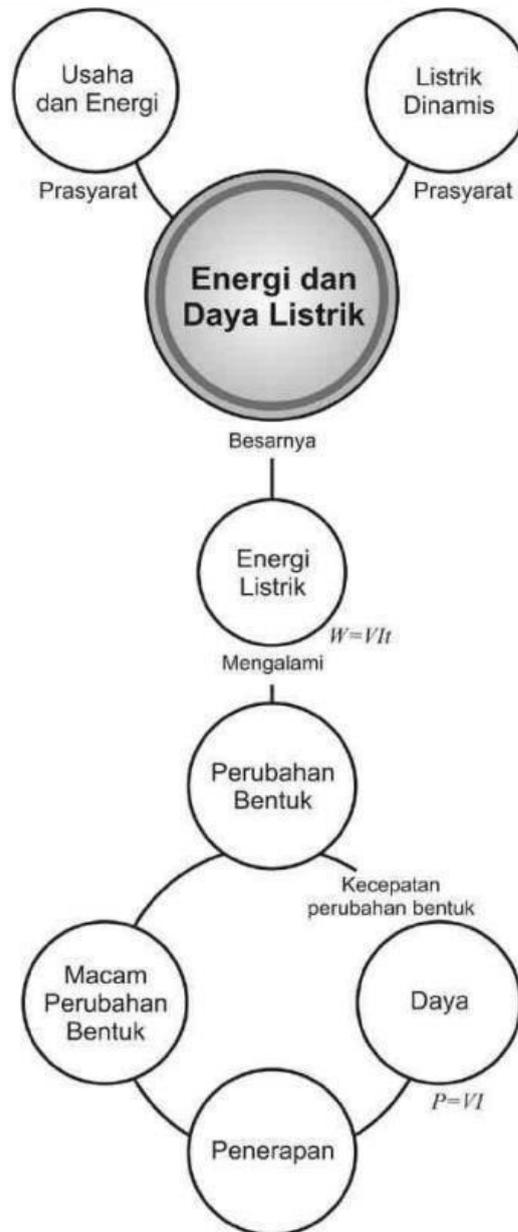
Makhluk hidup pada saat melakukan aktifitas selalu memerlukan energi. Eugene C. Lister menjelaskan bahwa energi adalah kemampuan untuk melakukan kerja, energi merupakan kerja tersimpan. Pengertian ini tidaklah jauh beda dengan ilmu fisika yaitu sebagai kemampuan melakukan usaha.<sup>8</sup> Energi yang digunakan oleh makhluk hidup berasal dari berbagai konsumsi makanan dan minuman. Mesin-mesin dan alat elektronik juga memerlukan energi tersendiri namun berbeda dengan energi yang diperlukan oleh makhluk hidup. Untuk dapat beroperasi, mesin dan alat elektronik tersebut membutuhkan energi yang dapat menggerakkannya. Energi yang digunakan oleh mesin-mesin berasal dari bahan bakar yang berupa bensin, solar, dan lainnya. Sedangkan untuk alat elektronik energi yang digunakan adalah energi listrik. (Kandi & Yamin, 2012)

Energi listrik adalah energi utama yang dibutuhkan bagi peralatan listrik/energi yang tersimpan dalam arus listrik dengan satuan amper (A) dan tegangan listrik dengan satuan Volt (V) dengan ketentuan kebutuhan konsumsi daya listrik dengan satuan Watt (W) untuk menggerakkan motor, lampu penerangan, memanaskan, mendinginkan ataupun untuk menggerakkan kembali suatu peralatan mekanik untuk menghasilkan bentuk energi yang lain.<sup>10</sup> Energi listrik adalah energi yang diakibatkan oleh muatan listrik (statis) yang menyebabkan medan listrik statis atau gerakan elektron dalam konduktor (pengantar listrik) atau ion (positif atau negatif) dalam zat cair atau gas. (Yudhi & Agus, 2016)

Energi listrik dinamis (aliran elektron) dapat diubah menjadi energi lain dengan tiga komponen dasar, sesuai dengan sifat arus listriknya. Energi listrik menjadi sebuah energi vital bagi keberlangsungan aktivitas manusia baik bagi individu, kelompok masyarakat maupun dunia industri. Kegiatan masyarakat cenderung meningkat dari waktu ke waktu. Peningkatan kegiatan mendorong peningkatan pengoperasian peralatan dengan tenaga listrik. Pemakai listrik dikelompokkan menjadi kelompok rumah tangga, bisnis, industri dan publik. Perkembangan pemakaian karena peningkatan penggunaan pemakaian daya, sehingga perlu diadakannya peningkatan daya. Klasifikasi listrik rumah tangga 450 watt sepertinya bergeser dan beralih meningkat di atasnya, 900 dan 1300 watt. (Daru & Garnia, 2012)

Sektor rumah tangga merupakan salah satu sektor pengguna energi listrik yang paling besar. Jumlah energi listrik terjual pada tahun 2013 sebesar 187.541 GWh, meningkat 7,79% dibandingkan tahun sebelumnya. Kelompok pelanggan Rumah Tangga mengkonsumsi energi sebesar 77.211 GWh (41,17%), sektor industri 64.381 GWh (34,33%), Bisnis 34.498 GWh (18,40%), dan lainnya (sosial, gedung pemerintah dan penerangan jalan umum) 11.451 GWh (6,11%). Kapasitas daya listrik yang terpasang pada jaringan rumah akan membatasi penggunaan daya listrik yang mampu disalurkan ke beban. Jika terjadi kelebihan daya maka jaringan listrik akan terputus. Jika diinginkan kapasitas daya yang lebih tinggi, maka kapasitas jaringan listrik harus ditingkatkan, meskipun penggunaan daya listrik saat melebihi kapasitas daya terpasang hanya beroperasi dalam waktu yang tidak terlalu lama. (Dendi & Yanu, 2018)

Dari segi ekonomi, berdasarkan data dari website Kementerian Keuangan, dalam APBN-P 2015 pemerintah telah mengalokasikan anggaran subsidi listrik sebesar Rp 73.1 Triliun dan sebagian besar (sekitar 85%) dinikmati oleh golongan R1-450 VA dan R1-900 VA. Sebagian pelanggan rumah tangga R1-450 VA dan R1-900 VA merupakan pelanggan yang tidak mampu, namun sebagian yang lain pelanggan tersebut telah mampu secara ekonomi. Data Susenas dari BPS tahun 2014 menunjukkan bahwa 4.3 juta pelanggan R1-450 VA adalah kelompok rumah tangga yang telah mampu karena termasuk dalam kelompok pengeluaran per kapita di atas Rp 1.1 juta per bulan.



Gambar 2. 1 Konsep Energi Listrik

Disamping itu, sekitar 7 juta pelanggan R1-900 VA merupakan kelompok rumah tangga yang telah mampu karena termasuk dalam kelompok pengeluaran per kapita di atas Rp 1.7 juta per bulan. Apabila dikaitkan dengan Undang-undang Nomor 30 Tahun 2007 tentang Energi pada pasal 7 dinyatakan bahwa subsidi energi diperuntukkan bagi masyarakat tidak mampu, maka data di atas membuktikan bahwa subsidi listrik bagi pelanggan R1-450 VA dan R1-900 VA dinilai belum tepat sasaran. Selain itu dari segi inovasi, listrik pintar atau listrik Prabayar yang

ditawarkan PLN dalam hal pemakaian daya listrik memberikan opsi baru tipe pelanggan bagi pelanggan listrik PLN. Dengan listrik pintar kita bisa menentukan kebutuhan listrik sesuai kebutuhan dengan menggunakan pulsa listrik (voucher/token listrik isi ulang) yang terdiri dari 20 digit nomor dan dimasukkan pada MPB (Meter Prabayar). Dari sisi pelanggan PLN, dengan adanya listrik pintar (prabayar), membuat pemilihan daya listrik dan tipe pelanggan makin bervariasi, sehingga menuntut untuk calon pelanggan atau pelanggan lama PLN untuk bisa menentukan daya listrik sesuai kebutuhan dan karakteristik rumah tangga pada saat pemasangan baru maupun penambahan daya. Dari sisi PLN, perlu adanya sistem yang bisa menentukan daya yang sesuai karakteristik rumah tangga agar bisa memudahkan dalam mengenal pelanggan yang layak menerima subsidi listrik dari pemerintah yang di kriteriakan pada daya 450 VA dan 900 VA agar subsidi tersebut bisa tepat sasaran. (Hartono & Sapto, 2017)

Energi secara istilah berasal dari bahasa Yunani, energi berasal dari kata *energia* yang berarti suatu aktivitas dan *energōs* yaitu aktif. Dalam Kamus Besar Bahasa Indonesia energi ialah kemampuan untuk melakukan suatu kerja. Pengertian energi secara umum ialah suatu kemampuan atau daya yang dapat menghasilkan berbagai macam kegiatan. Energi tidak dapat dilihat oleh mata, namun efek energilah yang dapat dirasakan dan dimanfaatkan oleh manusia. Daryanto (2007, h. 9) menjelaskan bahwa energi adalah sumber daya yang dapat dimanfaatkan untuk melakukan bermacam-macam aktivitas manusia yang dapat menghasilkan berbagai macam energi lainnya seperti energi mekanik, panas, listrik dan bahan bakar. Dengan kata lain energi ada pada semua benda, makhluk hidup, flora dan fauna, mesin dan pada sumber daya energi itu sendiri yang berasal dari alam. Semua aktivitas yang dilakukan selalu membutuhkan energi. Tanpa adanya energi, semua makhluk hidup di bumi ini akan mati. (Rahman et al., 2019)

Sumber daya alam yang dapat menghasilkan energi dapat dikelompokkan menjadi dua yaitu sumber daya alam yang dapat diperbarui dan sumber daya alam yang tidak dapat diperbarui. Sumber daya alam yang dapat diperbarui merupakan sumber daya alam yang berasal dari alam dan dapat diperbarui seperti air, tenaga surya yang berasal dari matahari, angin dan yang lainnya. Sumber daya yang berasal dari alam tersebut jumlahnya melimpah dan dapat terus menerus tersedia sebagai

sumber daya yang akan menghasilkan sebuah energi dengan batas waktu yang tidak terhingga sehingga sumber daya tersebut dapat terus diperbarui.



Gambar 2. 2 Sumber Daya Alat Renewable

Sumber daya alam yang tidak dapat diperbarui merupakan sumber daya yang berasal dari peninggalan alam berupa fosil. Sumber daya alam yang berupa fosil tersebut tersedia dalam jumlah yang terbatas dan akan lenyap dalam jangka waktu yang akan datang. Disebut sumber daya alam yang tidak dapat terbarukan karena sumber daya yang berupa fosil tidak dapat dihasilkan dalam kurun waktu yang singkat, butuh berjuta-juta tahun untuk dapat menghasilkan sumber daya ini. Sumber daya yang tidak dapat diperbarui dinilai tidak ramah lingkungan dan dapat mempengaruhi kesehatan manusia. Sumber daya alam yang tidak dapat diperbarui terdiri dari berbagai macam jenis yaitu batu bara, minyak bumi, gas alam dan nuklir. (Rahman et al., 2019)



Gambar 2. 3 Sumber Daya Alat Tidak Dapat Diperbaharui

Secara umum bentuk energi dapat dikelompokkan menjadi enam yaitu energi listrik, energi panas, energi bunyi, energi gerak, energi nuklir dan energi kimia. Semua makhluk hidup tidak bisa terlepas dari manfaat energi itu sendiri yang selalu dibutuhkan dan digunakan untuk kehidupannya sehari-hari.

1. Energi Listrik

Energi listrik ialah energi yang dihasilkan karena adanya benda bermuatan listrik. muatan listrik yang diam menimbulkan energi potensial sedangkan muatan listrik yang bergerak menimbulkan arus listrik dan energi magnet.

2. Energi Panas

Energi panas ialah salah satu bentuk energi yang dipindahkan dari suatu benda ke benda yang lainnya yang disebabkan karena adanya perbedaan suhu diantara kedua benda tersebut. Energi panas memiliki arti lain yaitu energi kalor.

3. Energi Bunyi

Energi bunyi ialah energi yang terjadi karena adanya getaran pada partikel udara sehingga menghasilkan sebuah getaran bunyi. Sumber dari energi bunyi berasal dari benda yang dapat menghasilkan getaran atau bunyi.

4. Energi Kinetik

Energi kinetik ialah suatu energi yang dimiliki suatu benda untuk bergerak dan dapat berpindah posisi dari tempat semula benda tersebut berasal. Setiap benda yang bergerak mempunyai kecepatan.

5. Energi Nuklir

Energi nuklir ialah suatu energi yang dihasilkan oleh bahan radioaktif. Bahan radioaktif merupakan bahan yang berasal dari pembelahan inti atom.

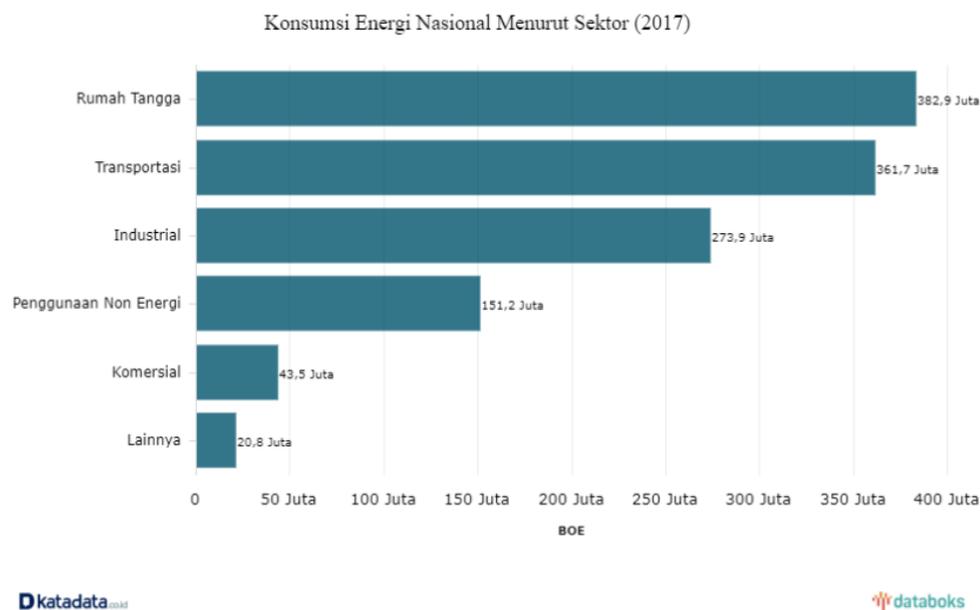
6. Energi Kimia

Energi kimia ialah suatu energi yang ada dan tersimpan secara kimiawi pada senyawa tertentu. (Hariyati & Elektro, 2015)

Energi listrik yang ada pada masyarakat merupakan energi akhir dari sebuah pembangkit listrik. Listrik adalah wujud energi akhir yang sangat penting pada kehidupan masyarakat dan energi listrik menjadi hal yang sangat dibutuhkan pada saat ini. Hampir dalam setiap hari, masyarakat membutuhkan energi listrik untuk mempermudah pekerjaan dan memenuhi kebutuhan. Hal ini dikarenakan hampir

semua alat elektronik menggunakan listrik sebagai energi utama. Energi listrik yang hadir pada masyarakat melalui beberapa proses perubahan yang dimulai dari sumber energi seperti panas, angin, cahaya, air maupun fosil yang kemudian di konversikan menjadi sebuah energi listrik melalui proses perputaran pada turbin atau dinamo yang kemudian menghasilkan medan listrik. (Hariyati & Elektro, 2015)

Seiring dengan bertambahnya jumlah penduduk dan pembangunan perumahan, gedung-gedung dan jalan, pada saat ini kebutuhan akan energi listrik yang terjadi pada masyarakat semakin meningkat. Hampir semua manusia di seluruh penjuru dunia dapat dengan mudah memanfaatkan energi listrik. Karena permintaan energi listrik yang kian hari kian meningkat berbagai pembangkit listrik didirikan sesuai dengan potensi daerah masing-masing seperti Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA) dan Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU). Pada persentase data dibawah ini menunjukkan bahwa konsumsi energi khususnya pada sektor rumah tangga paling tinggi mengkonsumsi energi dibandingkan dengan sektor yang lainnya, Lalu sektor transportasi berada pada peringkat setelah sektor rumah tangga dan diikuti oleh sektor industri. Berikut ini merupakan persentase pertumbuhan Konsumsi Energi Nasional Menurut Sektor pada tahun 2020:



Gambar 2. 4 Konsumsi Enegi Nasional 2020

penggunaan energi listrik untuk memenuhi kebutuhan manusia dan menjalankan aktivitas menimbulkan dampak yang positif dan negatif pada lingkungan itu sendiri yaitu:

- Dampak positif dari penggunaan sumber daya alam yang tidak dapat diperbarui yaitu masyarakat bisa dengan mudah menggunakan energi listrik secara langsung, sumber-sumber daya yang tidak diperbarui dianggap lebih murah karena sumber daya ini dapat diubah menjadi energi yang lainnya dan dapat menghasilkan produk yang bermacam-macam, penggunaan energi yang tidak dapat diperbarui memiliki sedikit atau tidak adanya kompetisi.
- Dampak negatif dari sumber daya alam yang tidak dapat diperbarui yaitu sumber daya energi tersebut akan segera habis di masa yang akan datang dan masyarakat harus bersiap ketika sumber daya alam tersebut terancam punah, melonjaknya harga sumber daya di setiap harinya dan penggunaan sumber daya alam yang tidak dapat diperbarui dapat berimbas pada perubahan iklim dan lingkungan yang serius. (Lukman et al., 2022)

### **2.2.2. Kualitas Daya Listrik**

Listrik yang berkualitas adalah listrik yang mempunyai tegangan dan frekuensi yang konstan sesuai dengan nilai nominalnya. Dalam kisaran yang ditentukan, frekuensi yang stabil dan sangat dekat dengan nilai nominalnya (dalam sepersekian persen) (*Von Meier Alexander, 2006*). Permasalahan yang sering terjadi pada kualitas daya listrik (*power quality*) yaitu permasalahan daya listrik yang mengalami penyimpangan baik tegangan, arus, dan frekuensi sehingga menimbulkan kegagalan atau kesalahan operasi pada peralatan.

Suplai daya listrik dari generator pembangkit sampai ke beban beroperasi dalam batas toleransi parameter kelistrikannya seperti tegangan, arus, frekuensi, dan bentuk gelombang. Perubahan dan deviasi diluar batas toleransi parameter tersebut sangat berpengaruh terhadap kualitas daya yang menyebabkan operasi tidak efisien dan dapat merusak perangkat (*Von Meier Alexander, 2006*).

Kualitas daya banyak dipengaruhi antara oleh jenis beban yang tidak linear, ketidak seimbangan pembebanan, distorsi gelombang harmonik yang melebihi standart dan lain- lain. Penurunan kualitas daya dapat menyebabkan peningkatan

rugi-rugi pada sisi beban, bahkan menyebabkan penurunan kapasitas daya pada sumber pembangkit (generator). Adapun parameter yang mempengaruhi kualitas daya listrik yaitu :

### 2.2.2.1. Macam – Macam Jenis Daya

#### a. Daya Aktif

Daya memiliki arti sebagai energi per satuan waktu (*Von Meier Alexander, 2006*). Daya merupakan jumlah energi listrik yang digunakan untuk melakukan usaha di dalam sistem tenaga listrik. Satuan untuk daya listrik umumnya adalah Watt. Daya pada suatu sistem tegangan bolak-bali (AC) dikenal dengan tiga macam yaitu daya aktif (nyata) dengan simbol (P) satuannya adalah Watt (W), daya reaktif dengan simbol (Q) satuannya adalah *volt ampere reactive* (VAR) dan daya semu dengan simbol (S) satuannya adalah *volt ampere* (VA).

Daya aktif adalah daya rata-rata yang sesuai dengan kekuatan sebenarnya ditransmisikan atau dikonsumsi oleh beban (*Von Meier Alexander, 2006*). Beberapa contoh dari daya aktif adalah energi panas, energi mekanik, cahaya dan daya aktif memiliki satuan berupa watt (W). Berikut ini merupakan persamaan daya aktif menurut Von Meier Alexander :

$$P = V \cdot I \cdot \cos \varphi \text{ (1 phasa)} \quad (2.1)$$

$$P = 3 \cdot V_L \cdot I_L \cdot \cos \varphi \text{ (3 phasa)} \quad (2.2)$$

Dimana :

P = Daya aktif (watt)

V = Tegangan ( volt)

I = Arus (ampere)

$\cos \varphi$  = Faktor daya

$V_L$  = Tegangan jaringan (volt)

$I_L$  = arus jaringan (ampere)

#### b. Daya Reaktif

Daya reaktif adalah jumlah daya yang diperlukan untuk pembentukan medan magnet (*Von Meier Alexander, 2006*). Dari pembentukan medan magnet maka akan terbentuk fluks medan magnet. Contoh daya yang menimbulkan daya reaktif adalah transformator, motor, lampu pijar dan lain – lain. Daya reaktif memiliki satuan

berupa volt ampere reactive (VAR). Berikut ini merupakan persamaan daya reaktif menurut Von Meier Alexander :

$$Q = V \cdot I \cdot \sin \phi \text{ (1phasa)} \quad (2.3)$$

$$Q = 3 \cdot V_L \cdot I_L \cdot \sin \phi \text{ (3phasa)} \quad (2.4)$$

Dimana :

Q = Daya Reaktif (VAR)

V = Tegangan (Volt)

I = Arus (Ampere)

$V_L$  = Tegangan jaringan (Volt)  $I_L$  = Arus jaringan (ampere)

### c. Daya Semu

Daya Semu adalah daya yang dihasilkan oleh perkalian antara tegangan dan arus dalam suatu jaringan (Von Meier Alexander, 2006) atau daya yang merupakan hasil penjumlahan trigonometri daya aktif dan daya reaktif. Daya semu ialah daya yang dikeluarkan sumber alternation current (AC) atau di serap oleh beban. Satuan dari daya semu yaitu volt ampere (VA). Berikut persamaan dari daya semu :

$$S = V \cdot I \quad (2.5)$$

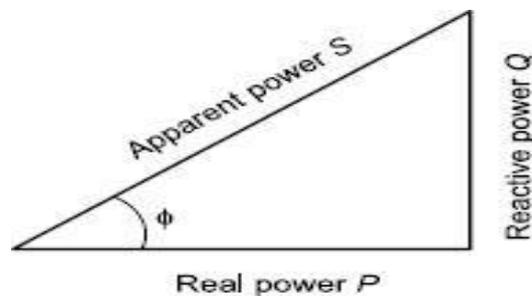
Dimana :

S = Daya Semu (VA)

V = Tegangan (Volt)

I = Arus (Ampere)

Hubungan dari ketiga daya diatas disebut sistem segitiga daya dapat digambarkan seperti gambar di bawah ini :



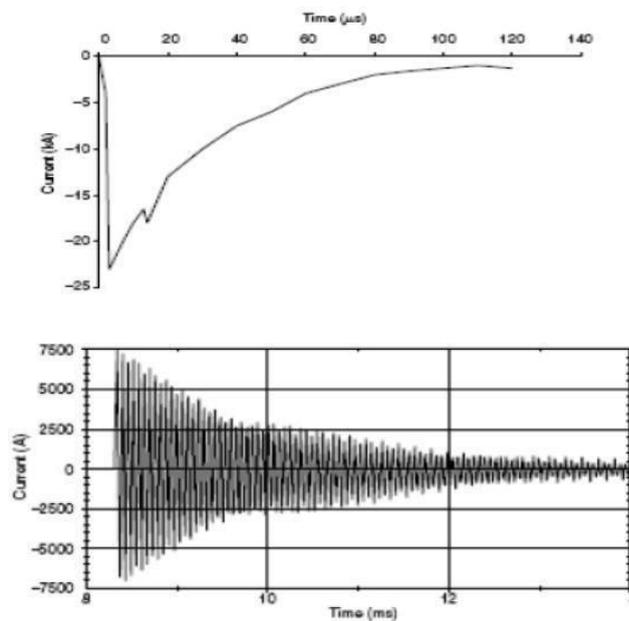
Gambar 2. 5 Segitiga Daya

Hubungan daya pada gambar segitiga daya dapat dijelaskan dengan persamaan seperti pada Tabel 2.1

Tabel 2. 1 Persamaan Segitiga Daya

No.	Nama Daya	Rumus	Satuan
1	Daya aktif (P)	$P = V \cdot I \cdot \cos \phi$	Watt
2	Daya reaktif (Q)	$Q = V \cdot I \cdot \sin \phi$	VAR
3	Daya semu (S)	$S = V \cdot I$	VA

Gejala peralihan (transient) terdiri dari dua jenis yaitu transient impuls dan transient osilasi. Transient impuls adalah gejala transient yang mempunyai satu arah polaritas, yaitu polaritas positif atau negatif. Sedangkan transient osilasi adalah gejala transient yang mempunyai dua arah polaritas, yaitu polaritas positif dan negatif. Sumber utama gejala peralihan (transient) yang terjadi pada sistem utilitas kelistrikan adalah petir dan pensaklaran kapasitor. Tegangan tinggi petir merupakan sumber gejala peralihan impuls, dimana surja petir hanya mempunyai satu polaritas saja. Sedangkan proses membuka dan menutupnya saklar kapasitor daya dapat menghasilkan gejala peralihan osilasi, karena mempunyai dua polaritas, yaitu positif dan negative. (Wiharja & Albahar, 2017)



Gambar 2. 6 Transien Osilasi Arus Switching

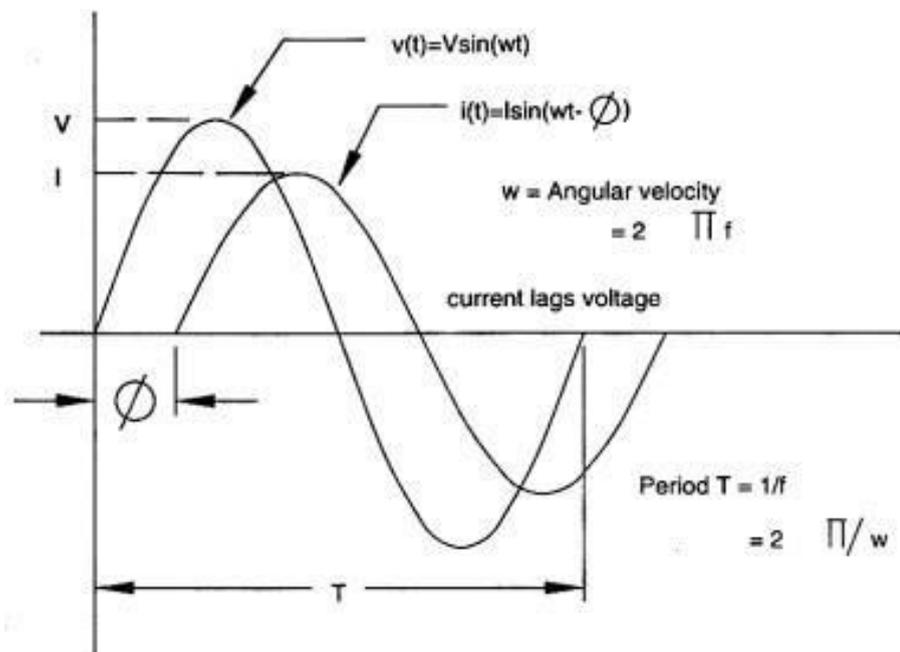
Berdasarkan waktu lama kejadian, gejala perubahan tegangan durasi pendek terdiri dari 3 jenis, yaitu instantaneous, momentary, dan temporary. Perubahan tegangan instantaneous atau waktu seketika, terjadi dalam waktu 0,5 sampai 30 cycles, sedangkan momentary dalam waktu 30 cycles sampai 3 detik, dan perubahan tegangan tipe temporary terjadi dalam waktu 3 detik sampai 1 menit (Dugan et al., 2004). Berdasarkan nilai perubahan tegangan, gejala variasi durasi pendek ini dibedakan menjadi 3 jenis yaitu interruption, sag dan swell. Gejala perubahan tegangan durasi pendek dapat disebabkan oleh gangguan (fault) karena suatu proses penyulungan energi listrik terhadap beban yang besar, dimana pada saat penyulungan tersebut diperlukan arus awal yang tinggi, atau lepasnya koneksitas kabel daya (intermittent losses connection) yang kadang-kadang terjadi. Jenis-jenis perubahan tegangan durasi pendek tergantung dari lokasi gangguan dan kondisi sistem. Dampak dari perubahan nilai tegangan durasi pendek ini sebenarnya adalah kondisi pada saat gangguan selama peralatan proteksi beroperasi untuk menghilangkan gangguan tersebut. (Wiharja & Albahar, 2017)

Gejala perubahan tegangan durasi panjang memiliki waktu penyimpangan terhadap frekuensi daya selama lebih dari 1 menit. Jenis dari gejala perubahan tegangan durasi panjang ada 3 (tiga), yaitu interruption, undervoltages, dan overvoltages. Gejala perubahan tegangan durasi panjang umumnya berasal bukan dari kesalahan atau gangguan sistem, tetapi disebabkan oleh perubahan beban pada sistem dan pada saat pengoperasian pensaklaran sistem. Gejala perubahan tegangan durasi panjang biasanya ditampilkan sebagai grafik tegangan rms terhadap waktu.

Ketidak-seimbangan tegangan (voltage imbalance atau voltage unbalance) didefinisikan sebagai penyimpangan atau deviasi maksimum dari nilai rata-rata tegangan sistem tiga fase tegangan atau arus listrik dibagi dengan nilai rata-rata tegangan tiga fase atau arus tersebut, dan dinyatakan dalam persentase. Ketidakseimbangan dapat didefinisikan menggunakan komponen simetris. Rasio atau perbandingan nilai tegangan komponen urutan negatif atau urutan nol dengan nilai tegangan komponen urutan positif dapat digunakan untuk menentukan persentase ketidakseimbangan. (Wiharja & Albahar, 2017)

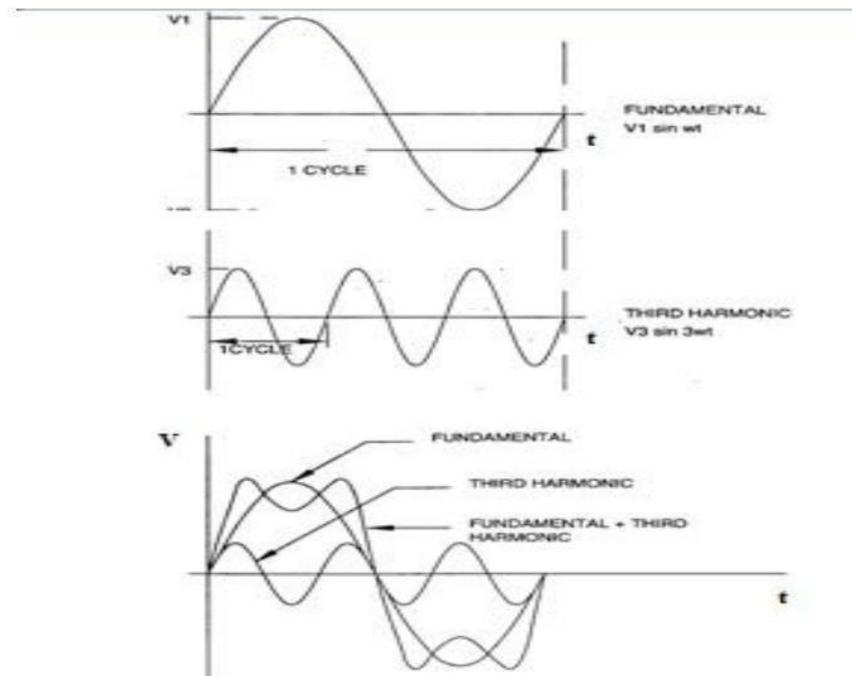
Harmonisa adalah gangguan yang terjadi dalam sistem distribusi tenaga listrik yang disebabkan adanya distorsi gelombang arus dan tegangan. Distorsi

gelombang arus dan tegangan ini disebabkan adanya pembentukan gelombanggelombang dengan frekuensi kelipatan dari frekuensi fundamentalnya. Harmonisa disebabkan adanya beban-beban non-liner yang terhubung ke sistem distribusi. Beban non liner ini umumnya adalah peralatan elektronik yang di dalamnya banyak terdapat komponen semi konduktor, yang dalam proses kerjanya berlaku sebagai saklar yang bekerja pada setiap siklus gelombang dari sumber tegangan Beberapa contoh beban non liner antara lain: variable speed drive, komputer, printer, lampu fluorescent yang menggunakan elektronik ballast. (Surusa et al., 2022)



Gambar 2. 7 Gelombang Sinus Arus dan Tegangan

elombang non-sinusoidal dapat terbentuk dengan menjumlahkan gelombanggelombang sinusoidal, seperti terlihat pada gambar.



Gambar 2. 8 Gelombang Fundamental Harmonik dan Penjumlahannya

Individual Harmonic Distortion (IHD) adalah rasio antara nilai RMS dari harmonisa individual dan nilai RMS dari fundamental. Total Harmonic Distortion (THD) adalah rasio antara nilai RMS dari komponen harmonisa dan nilai RMS dari fundamental. Sistem tenaga listrik dirancang untuk beroperasi pada frekuensi 50 atau 60Hz. Akan tetapi pada aplikasinya beberapa beban menyebabkan munculnya arus/ tegangan yang frekuensinya merupakan kelipatan 50/60Hz. Frekuensi 50/60Hz disebut dengan frekuensi fundamental dan kelipatannya disebut frekuensi harmonik atau harmonik saja. Dalam prakteknya keberadaan harmonik ini membawa kerugian pada berbagai alat, salah satunya adalah transformator distribusi, harmonik adalah gejala pembentukan gelombang-gelombang dengan frekuensi berbeda yang merupakan perkalian bilangan bulat dengan frekuensi dasarnya. Hal ini disebut frekuensi harmonik yang timbul pada bentuk gelombang aslinya sedangkan bilangan bulat pengkali frekuensi dasar disebut angka urutan harmonik. Misalnya, frekuensi dasar suatu sistem tenaga listrik adalah 50Hz, maka harmonik keduanya adalah gelombang dengan frekuensi sebesar 100Hz, harmonik ketiga adalah gelombang dengan frekuensi sebesar 150Hz dan seterusnya. (Surusa et al., 2022)

Gelombang-gelombang ini kemudian menumpang pada gelombang murni/aslinya sehingga terbentuk gelombang cacat yang merupakan jumlah antara gelombang murni sesaat dengan gelombang harmoniknya. Harmonik urutan genap biasanya memiliki rms yang lebih kecil dibandingkan harmonik urutan ganjil. Jumlah antara frekuensi fundamental dan kelipatannya, akan menyebabkan frekuensi fundamental tidak lagi berbentuk sinus murni, tetapi mengalami distorsi. Elektronika daya digunakan banyak pihak karena efisien dan mudah dikendalikan. Akan tetapi elektronika daya menarik arus AC non sinusoidal dari sumber AC. Bila arus ini bereaksi dengan impedansi sistem maka akan membangkitkan tegangan/ arus harmonik. Kemunculan harmonik secara terus menerus akan menyebabkan distorsi pada gelombang sinus tegangan/ arus. Dalam sistem tenaga listrik dikenal dua jenis beban yaitu beban linier dan beban non linier. Beban linier adalah beban yang memberikan bentuk gelombang keluaran yang linier artinya arus yang mengalir sebanding dengan impedansi dan perubahan tegangan. Sedangkan beban non linier adalah bentuk gelombang keluarannya tidak sebanding dengan tegangan dalam setiap setengah siklus sehingga bentuk gelombang arus maupun tegangan keluarannya tidak sama dengan gelombang masukannya (mengalami distorsi). Beban non linier yang umumnya merupakan peralatan elektronik yang didalamnya banyak terdapat komponen semi konduktor, dalam proses kerjanya berlaku sebagai saklar yang bekerja pada setiap siklus gelombang dari sumber tegangan. Proses kerja ini akan menghasilkan gangguan atau distorsi gelombang arus yang tidak sinusoidal. Bentuk gelombang ini tidak menentu dan dapat berubah menurut pengaturan pada parameter komponen semi konduktor dalam peralatan elektronik. (Surusa et al., 2022)

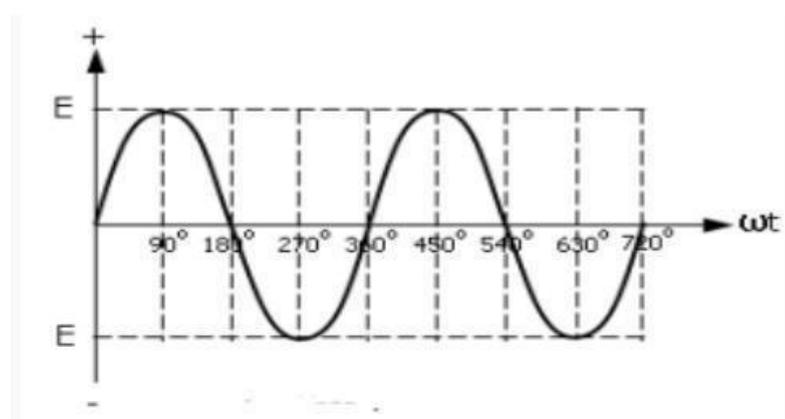
### **2.2.3. Beda Potensial Dan Frekuensi**

Beda potensial listrik adalah perbedaan potensial listrik antara dua titik dalam rangkaian listrik. Beda potensial listrik merupakan ukuran beda potensial yang mampu membangkitkan medan listrik sehingga menyebabkan timbulnya arus listrik dalam sebuah konduktor listrik. Agar terjadi aliran muatan ( arus listrik) dalam suatu rangkaian tertutup, maka harus ada beda potensial di kedua ujung rangkaian. Beda potensial listrik adalah energi tiap satuan muatan. Beda potensial

listrik memiliki satuan Volt, simbol untuk beda potensial listrik adalah V, alat untuk mengukur beda potensial disebut Voltmeter.

Arus listrik didefinisikan sebagai laju aliran sejumlah muatan listrik yang melalui suatu luasan penampang melintang. Menurut konvensi, arah arus listrik dianggap searah dengan aliran muatan positif. Arus listrik diukur dalam satuan Ampere (A), adalah satu Coulomb per detik. (Rajagukguk & Tangkuman, 2008)

Tegangan dan arus listrik yang digunakan pada sistem kelistrikan merupakan listrik bolak-balik yang berbentuk sinusoidal. Tegangan dan arus listrik sinusoidal merupakan gelombang yang berulang, sehingga gelombang sinusoidal mempunyai frekuensi. Frekuensi adalah ukuran jumlah putaran ulang peristiwa dalam selang waktu yang diberikan. Satuan frekuensi dinyatakan dalam hertz (Hz) yaitu nama pakar fisika Jerman Heinrich Rudolf Hertz yang menemukan fenomena ini pertama kali. Frekuensi sebesar 1 Hz menyatakan peristiwa yang terjadi satu kali per detik, di mana frekuensi ( $f$ ) sebagai hasil kebalikan dari periode ( $T$ ). Di setiap negara mempunyai frekuensi tegangan listrik yang berbeda-beda. Frekuensi tegangan listrik yang berlaku di Indonesia adalah 50 Hz, sedangkan di Amerika berlaku frekuensi 60 Hz. (Lumbantoruan, 2019)



Gambar 2. 9 Gelombang Sinusoidal

#### 2.2.4. Faktor Daya

Faktor daya adalah perbandingan antara daya aktif dengan daya semu (C. Sankaran, 2002). Faktor daya atau faktor kerja menggambarkan sudut phasa antara daya aktif dan daya semu. Daya aktif digunakan untuk mengoperasikan beban-

beban pada pelanggan listrik. Daya semu dihasilkan oleh generator pembangkit yang ditransmisikan ke pelanggan listrik. Daya reaktif yang bertambah akan menyebabkan turunny faktor daya listrik. Cara yang mudah untuk mengantisipasi turunnya faktor daya listrik dapat dilakukan dengan memilih beban-beban yang mempunyai faktor daya besar juga dapat dilakukan dengan memasang kapasitor.

Kapasitor adalah komponen listrik yang justru menghasilkan daya reaktif pada jaringan dimana dia tersambung. Pemasangan kapasitor dapat memperbaiki faktor daya, jika faktor daya di perbaiki maka daya reaktif dapat berkurang dan mendekati daya aktif. Suatu beban dengan faktor daya 1.0 merupakan beban yang hanya mengandung nilai resistansi murni dan merupakan pembebanan yang paling efisiensi. Beban dengan faktor daya yang rendah (0.5) merupakan beban yang mengandung nilai induktansi yang menyebabkan kerugian yang lebih tinggi dalam sistem suplai tenaga listrik

Faktor daya yang rendah berhubungan dengan beda fasa antara arus dan tegangan pada terminal beban. Sudut fasa arus beban yang rendah biasanya diakibatkan oleh penggunaan beban induktif seperti transformator, motor induksi, lampu TL dan beban elektronik lainnya.

Pada suatu sistem tenaga listrik memiliki 3 jenis faktor daya yaitu faktor daya unity, faktor daya mendahului (leading) dan faktor daya terbelakang (lagging) yang ditentukan oleh jenis beban pada sistem tenaga listrik (Muhammad Rizal,2012).

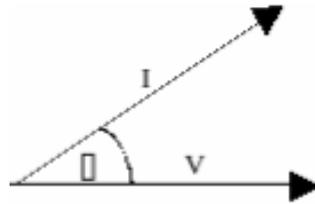
Faktor daya *unity* adalah keadaan saat nilai  $\cos \phi$  adalah satu dan tegangan sephasa dengan arus. Faktor daya unity akan terjadi bila jenis beban adalah resistif murni.



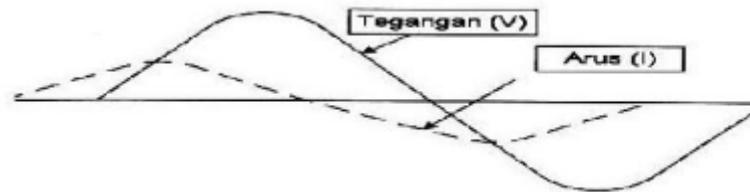
Gambar 2. 10 Arus Sephase dengan Tegangan

Pada gambar diatas terlihat nilai  $\cos \phi$  sama dengan 1 yang menyebabkan jumlah daya nyata yang dikonsumsi beban sama dengan daya semu. Faktor daya mendahului (leading) adalah keadaan faktor daya saat memiliki kondisi-kondisi beban atau peralatan listrik memberikan daya reaktif dari sistem atau beban bersifat

kapasitif. Apabila arus mendahului tegangan maka faktor daya ini dikatakan “*leading*”.

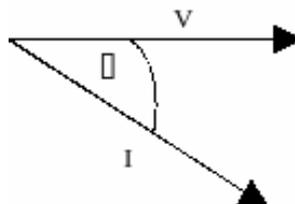


Gambar 2. 11 Arus Mendahului Tegangan

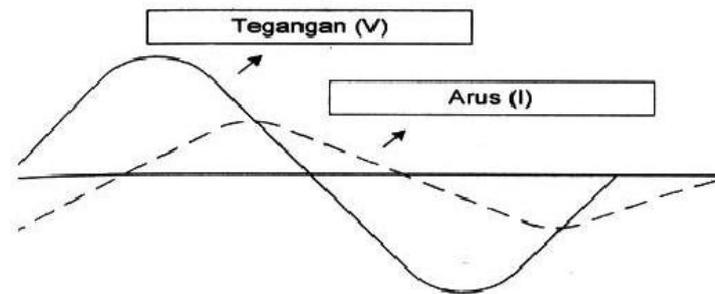


Gambar 2. 12 Faktor Daya Leading

Berdasarkan gambar 5 terlihat bahwa arus mendahului tegangan maka daya reaktif tertinggal dari daya semu, berarti beban memberikan daya reaktif kepada sistem. Faktor daya terbelakang (*lagging*) adalah keadaan faktor daya saat memiliki kondisi-kondisi beban atau perlatan listrik memerlukan daya reaktif dari sistem atau beban bersifat induktif. Apabila tegangan mendahului arus, maka faktor daya ini dikatakan “*lagging*”.

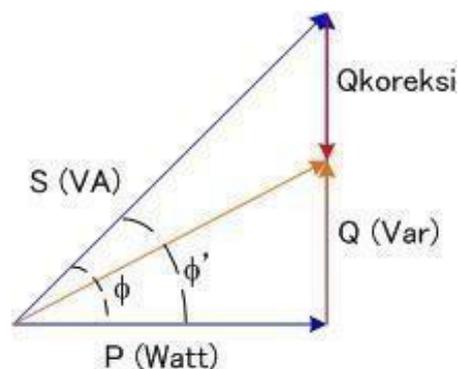


Gambar 2. 13 Arus Tertinggal dari Tegangan



Gambar 2. 14 Faktor Daya Lagging

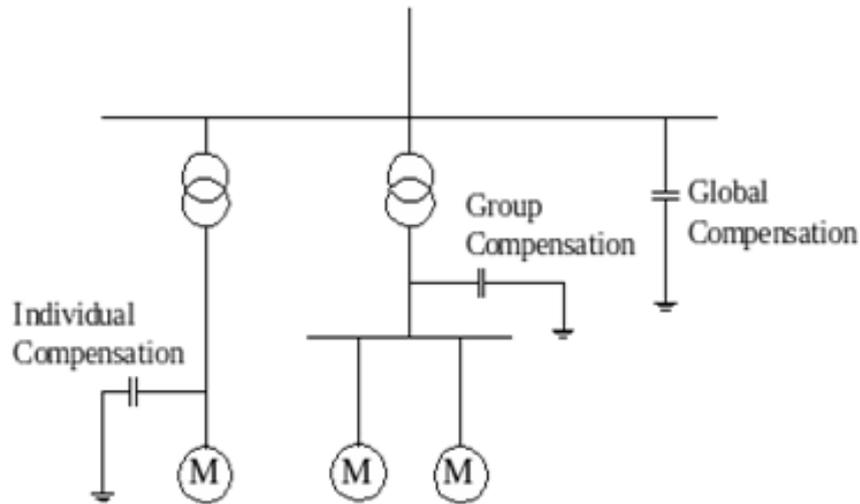
Berdasarkan gambar 7 terlihat bahwa arus tertinggal dari tegangan maka daya reaktif mendahului daya semu, berarti beban membutuhkan atau menerima daya reaktif dari sistem. Perbaikan faktor daya untuk memperbesar harga  $\cos \phi$  (pf) yang rendah, hal yang mudah dilakukan adalah dengan cara mempersempit sudut  $\phi_1$  sehingga menjadi  $\phi_2$  berarti  $\phi_1 > \phi_2$ . Usaha untuk memperkecil sudut  $\phi$  itu hal yang mungkin dilakukan adalah memperkecil komponen daya reaktif (VAR) (Dhida Aditya Puutra, 2012). Komponen daya reaktif yang bersifat induktif harus dikurangi dan pengurangan tersebut dilakukan dengan menambah suatu sumber daya reaktif yaitu berupa kapasitor atau lebih dikenal dengan istilah kapasitor bank. Perbaikan faktor daya dapat dilustrasikan seperti gambar dibawah ini :



Gambar 2. 15 Prinsip Perbaikan Faktor Daya

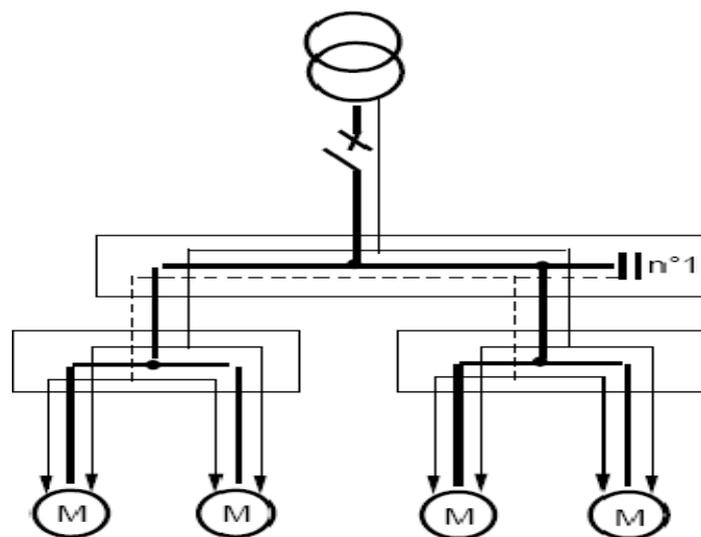
Kapasitor bank merupakan peralatan listrik yang mempunyai sifat kapasitif yang terdiri dari sekumpulan kapasitor yang disambung secara paralel/seri untuk mendapatkan kapasitas kapasitif tertentu (M. Khairil Anwar, 2007). Besaran parameter yang sering dipakai adalah KVAR (Kilovolt ampere reaktif) meskipun pada kapasitor sendiri tercantum besaran kapasitansi yaitu farad atau microfarad. Kapasitor yang akan digunakan untuk memperbesar faktor daya dipasang paralel

dengan rangkain beban. Metode pemasangan kapasitor dapat dibagi menjadi 3 yaitu : global compensation, individual compensation, group compensation (Ahmad Aziz Alqurnain, 2009). Gambar 9 merupakan gambar metode pemasangan insatalsi kapasitor bank.



Gambar 2. 16 Metode Pemasangan Kapasitor Bank

Metode Global Compensation adalah metode pemasangan kapasitor pada induk panel main distribution panel (MDP). Arus yang turun dari pemasangan model ini hanya di penghantar antar panel main distribution panel (MDP) tidak turun dengan demikian rugi akibat dipasi panas pad penghantar setelah main distribution panel (MDP) tidak terepngaruh.



Gambar 2. 17 Global Compensation

Kapasitor yang digunakan untuk memperbaiki pf supaya tahan lama tentunya harus dirawat secara teratur. Dalam perawatan itu perhatian harus dilakukan pada tempat yang lembab yang tidak terlindungi dari debu dan kotoran (Edi Sopyyandi, 2011). Periksa dan pastikan bahwa kapasitor tidak terhubung lagi dengan sumber, kemudian karena kapasitor ini masih mengandung muatan berarti masih ada arus/tegangan listrik maka kapasitor itu harus dihubungkan singkatkan supaya muatannya hilang. Adapun jenis pemeriksaan yang harus dilakukan meliputi :

- a) Pemeriksaan kebocoran
- b) Pemeriksaan kabel dan penyangga kapasitor
- c) Pemeriksaan isolator

Faktor daya ( $\cos \phi$ ) dapat didefinisikan sebagai rasio perbandingan antara daya aktif (Watt) dan daya nyata (VA) yang digunakan dalam sirkuit AC atau beda sudut fasa antara V dan I yang biasanya dinyatakan dalam  $\cos \phi$  (Dhida Aditya Putra, 2012). Faktor Daya = Daya Aktif (P) / Daya Nyata (S) = kW / kVA =  $V.I \cos \phi / V.I = \cos \phi$  Dimana : V = Tegangan (Volt) I = Arus (Ampere) Faktor daya mempunyai nilai range antara 0 – 1 dan dapat juga dinyatakan dalam persen. Faktor daya yang bagus apabila bernilai mendekati satu.  $\tan \phi = \text{Daya Reaktif (Q)} / \text{Daya}$

Aktif (P) = kVAR / kW 25 Karena komponen daya aktif umumnya konstan (komponen kVA dan kVAR berubah sesuai dengan faktor daya), maka dapat ditulis seperti berikut : Daya Reaktif (Q) = Daya Aktif (P) x  $\tan \phi$  Rumus perhitungan rating kapasitor yang dibutuhkan untuk memperbaiki faktor daya sebagai berikut : Daya reaktif pada pf awal = Daya Aktif (P) x  $\tan \phi_1$  Daya reaktif pada pf diperbaiki = Daya Aktif (P) x  $\tan \phi_2$  Sehingga rating kapasitor yang diperlukan untuk memperbaiki faktor daya adalah : Daya reaktif (kVAR) = Daya Aktif (kW) x ( $\tan \phi_1 - \tan \phi_2$ ). Contoh perhitungan kebutuhan daya reaktif untuk memperbaiki faktor daya sesuai target yang diinginkan dalam sistem 1 fasa.

### 2.2.5. Beban Listrik

Beban sistem tenaga listrik merupakan pemakaian tenaga listrik dari para pelanggan listrik. Oleh karenanya, besar kecilnya beban beserta perubahannya tergantung pada kebutuhan para pelanggan akan tenaga listrik. Tidak ada perhitungan eksak mengenai besarnya beban sistem pada suatu saat, yang bisa dilakukan hanyalah membuat perkiraan beban. Dalam pengoperasian sistem tenaga listrik harus selalu diusahakan agar daya yang dibangkitkan sama dengan beban sistem. Maka masalah perkiraan beban merupakan masalah yang sangat menentukan bagi kelembagaan listrik baik segi-segi manajerial maupun bagi segi operasional, oleh karena itu perlu mendapat perhatian khusus. Untuk dapat membuat perkiraan beban yang sebaik mungkin perlu beban sistem tenaga listrik yang sudah terjadi di masa lalu dianalisa. (Ahmad Wahin, 2018)

Menurut Djiteng Marsudi (2006) pembagian kelompok perkiraan beban yaitu, Perkiraan beban jangka panjang Perkiraan beban jangka panjang adalah untuk jangka waktu di atas satu tahun. Dalam perkiraan beban jangka panjang masalah-masalah makro ekonomi yang merupakan masalah ekstern kelembagaan listrik merupakan faktor utama yang menentukan arah perkiraan beban. Perkiraan beban jangka menengah Perkiraan beban jangka menengah adalah untuk jangka waktu dari satu bulan sampai dengan satu tahun. Poros untuk perkiraan beban jangka menengah adalah perkiraan beban jangka panjang. Perkiraan beban jangka pendek Perkiraan beban jangka pendek adalah untuk jangka waktu beberapa jam sampai satu minggu (168 jam). Dalam perkiraan beban jangka pendek batas atas untuk beban maksimum dan batas bawah untuk beban minimum yang ditentukan dalam perkiraan beban jangka menengah. (Ahmad Wahin, 2018)

Beban rata-rata ( $Br$ ) didefinisikan sebagai perbandingan antara energi yang terpakai dengan waktu pada periode. Atau dituliskan menurut persamaan 1 periode tahunan :

$$Br = \frac{KWh \text{ yang terpakai selama 1 tahun}}{365 \times 24} \quad (2.6)$$

Faktor beban didefinisikan sebagai perbandingan antara beban rata-rata dengan beban puncak yang diukur untuk suatu periode waktu tertentu. Beban puncak

(Lf) yang dimaksud adalah beban puncak sesaat atau beban puncak rata-rata dalam interval tertentu, pada umumnya dipakai beban puncak pada waktu 15 menit atau 30 menit. Untuk prakiraan besarnya faktor beban pada masa yang akan datang dapat didekati dengan data statistik yang ada. Dari definisi faktor beban dapat dituliskan :

$$Lf = \frac{Bp \text{ (Beban Rata-Rata)}}{Bc \text{ (Beban Puncak)}} \quad (2.7)$$

Persamaan tersebut mengandung arti bahwa beban rata-rata akan selalu bernilai lebih kecil dari kebutuhan maksimum atau beban puncak, sehingga faktor beban akan selalu kecil dari satu (Ahmad Wahin, 2018).

#### **2.2.5.1. Beban Listrik Rumah Tangga**

Pemakaian beban listrik rumah tangga pada umumnya beban rumah tangga berupa lampu untuk penerangan, alat rumah tangga, seperti TV, kipas angin, lemari es, penyejuk udara, mixer, oven, motor pompa air dan sebagainya. Beban rumah tangga biasanya memuncak pada malam hari. Peralatan – peralatan tersebut umumnya mempunyai nilai pemakaian energi yang besar berbeda tergantung pada komponen peralatan. Untuk komponen peralatan rumah tangga tidak lepas dari ketiga beban listrik. Beban listrik resistif murni terdapat pada penerangan yaitu lampu pijar, sedangkan untuk lampu hemat energi terdapat beban induktif di dalamnya. Begitu juga untuk peralatan rumah tangga lainnya yang termasuk dalam kategori peralatan elektronik ketiga beban di atas termasuk didalamnya.

Dalam sistem listrik arus bolak-balik, jenis beban dapat diklasifikasikan menjadi 3 macam, yaitu :

##### **a. Beban Resistif (R)**

Beban resistif (R) yaitu beban yang terdiri dari komponen tahanan ohm saja (resistance), seperti elemen pemanas (heating element) dan lampu pijar. Beban jenis ini hanya mengkonsumsi beban aktif saja dan mempunyai faktor daya sama dengan satu. Tegangan dan arus satu fasa. Persamaan daya sebagai berikut :

$$P = V \cdot I$$

Dengan :

$P$  = Daya Aktif (Watt)

$V$  = Tegangan (Volt)

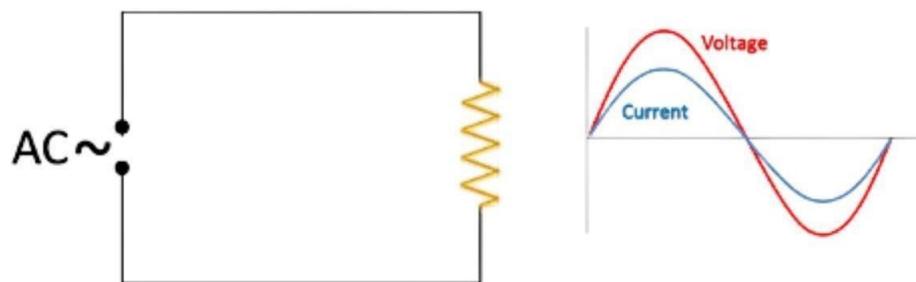
$I$  = Arus yang mengalir (Ampere)

Untuk mencari besarnya beban resistif suatu benda dapat dicari dari rumus dibawah ini:

$$R = V/I$$

Dengan

$R$  = Resistansi (Ohm)



Gambar 2. 18 Gelombang Resistif

#### b. Beban Induktif

Beban induktif (L) yaitu beban yang terdiri dari kumparan kawat yang dililitkan pada suatu inti, seperti coil, transformator, dan solenoida. Beban ini dapat mengakibatkan pergeseran fasa (phase shift) pada arus sehingga bersifat lagging. Hal ini disebabkan oleh energi yang tersimpan berupa medan magnetis akan mengakibatkan fasa arus bergeser menjadi tertinggal terhadap tegangan. Beban jenis ini menyerap daya aktif dan daya reaktif. Persamaan daya aktif untuk beban induktif adalah sebagai berikut :

$$P = V \cdot I \cdot \cos \Phi$$

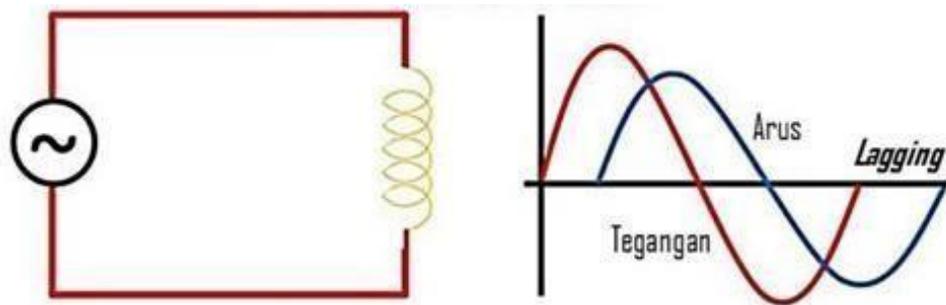
Dengan :

$P$  = Daya Aktif (Watt)

$V$  = Tegangan (Volt)

$I$  = Arus yang mengalir (Ampere)

$\cos \Phi$  = Sudut antara arus dan tegangan



Gambar 2. 19 Gelombang Induktif

Umumnya beban induktif banyak terdapat pada rangkaian elektronik. Peralatan rumah tangga umumnya menggunakan peralatan elektronik seperti TV, Radio, Kipas angin, Kulkas. Beban induktif dapat menimbulkan fluks magnet. Beban induktif juga dapat mempengaruhi daya reaktif dari suatu rangkaian listrik.

Untuk menghitung besarnya reaktansi induktif ( $X_L$ ), dapat digunakan rumus :

$$X_L = 2\pi fL$$

Dengan :

$X_L$  = Reaktansi Induktif

$\pi$  = Konstanta 3,14

$f$  = Frekuensi (Hz)

$L$  = Induktansi (Henry)

c. Beban Capacitif

Beban kapasitif (C) yaitu beban yang memiliki kemampuan kapasitansi atau kemampuan untuk menyimpan energi yang berasal dari pengisian elektrik (electrical discharge) pada suatu sirkuit. Komponen ini dapat menyebabkan arus leading terhadap tegangan. Beban jenis ini menyerap daya aktif dan mengeluarkan daya reaktif. Persamaan daya aktif untuk beban induktif adalah sebagai berikut :

$$P = V \cdot I \cdot \cos \Phi$$

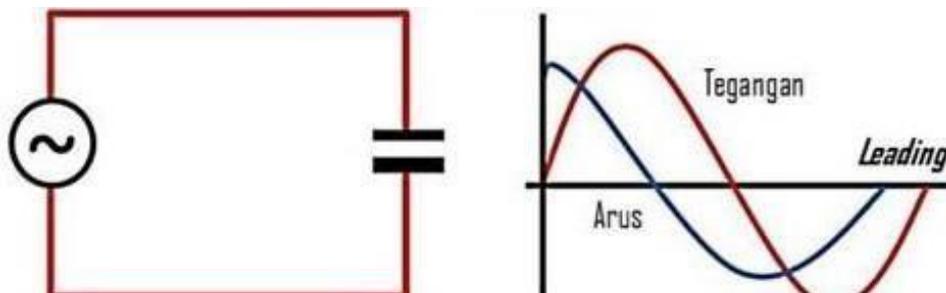
Dengan :

P = Daya Aktif (Watt)

V = Tegangan (Volt)

I = Arus yang mengalir (Ampere)

Cos Phi = Sudut antara arus dan tegangan



Gambar 2. 20 Gelombang Capasitif

Reaktansi kapasitif mengakibatkan arus rangkaian yang mendahului tegangan, untuk menghitung besarnya reaktansi kapasitif (XC), dapat digunakan rumus7 : Dengan :

$$X_C = 1/(2\pi fC)$$

Dengan :

$X_L$  = Reaktansi Induktif

$\Pi$  = Konstanta 3,14

F = Frekuensi (Hz)

C = Capacitansi (Farad)

### 2.2.5.2. Karakteristik Beban

Faktor kebutuhan adalah perbandingan antara kebutuhan maksimum dalam sebuah sistem dengan total beban yang terpasang atau terhubung pada sistem tersebut. Faktor kebutuhan tergantung pada jenis dan kegiatan dari konsumen, berapa besarnya tergantung lokasi dan sistem tenaga. Kebutuhan sistem listrik adalah beban pada terminal terima secara rata-rata dalam suatu selang (interval) waktu tertentu. Beban tersebut bisa dalam satuan Ampere, kilo Ampere, kilo Watts dan kilo Volt Ampere. Kebutuhan beban listrik pada suatu daerah tergantung dari keadaan penduduk, pertumbuhan ekonomi, rencana pengembangannya dalam waktu dekat dan waktu yang akan datang. Sehingga kebutuhan mendatang sangat bergantung pada faktor-faktor yang dapat diketahui tersebut. Secara matematis faktor kebutuhan dapat ditulis sebagai berikut :

Faktor Kebutuhan = Beban Puncak / Beban Terpasang

Faktor kebutuhan dipakai untuk menentukan kapasitas (biaya) dari peralatan tenaga listrik yang diperlukan untuk melayani beban tersebut. Karena ada pengaruhnya terhadap investasi, maka faktor kebutuhan ini menjadi penting dalam menentukan jadwal pembiayaannya.

Berikut faktor kebutuhan dari beberapa jenis bangunan : a. Perumahan sederhana 50 – 75% b. Perumahan besar 40 – 65% c. Kantor 60 – 80% d. Toko sedang 40 – 60% e. Toko serba ada 70 – 90% f. Industry Sedang 35 – 65%. Kebutuhan maksimum dapat terjadi selama waktu satu jam, harian, mingguan, bulanan atau tahunan. Kebutuhan maksimum adalah sebagai kebutuhan yang terbesar yang dapat terjadi dalam suatu selang tertentu, biasanya terjadi dalam selang 15 menit, selang 30 menit atau dalam hal-hal tertentu 60 menit.

Beban tersambung adalah besaran dari jumlah beban yang terus menerus tersambung dan daya yang dikonsumsi oleh peralatan listrik dengan pusat sistem suplai daya. Beban – beban ini akan dihitung apabila saklar terhubung

dengan pusat suplai daya dan tidak akan terhitung apabila terputus dengan pusat suplai daya. Didefinisikan sebagai perbandingan antara beban rata-rata dengan beban puncak yang diukur untuk suatu periode waktu tertentu. Beban pucak (Lf) yang dimaksud adalah beban puncak sesaat atau beban puncak rata-rata dalam interval tertentu, pada umumnya dipakai beban puncak pada waktu 15 menit atau 30 menit. Untuk prakiraan besarnya faktor beban pada masa yang akan datang dapat didekati dengan data statistik yang ada. Faktor beban harian, bervariasi menurut karakteristik dari daerah beban tersebut, apakah daerah pemukiman, daerah industry, perdagangan ataupun gabungan dari bermacam pemakai/pelanggan, juga bagaimana keadaan cuaca atau juga apakah hari libur dan sebagainya.

Setiap kali mengubah suatu bentuk menjadi yang lain, maka akan timbul adanya kerugian. Efisiensi atau daya guna dapat di definisikan sebagai kemampuan suatu komponen dalam menyerap energi. Dalam listrik, efisiensi sering dikaitkan dengan rugi – rugi daya atau dapat diartikan sebagai persentase perbandingan antara daya keluaran oleh suatu peralatan listrik terhadap daya masukannya.

#### **2.2.6. Tarif Listrik**

Tarif Tenaga Listrik (TTL) adalah tarif yang dikenakan oleh pemegang Ijin Usaha Penyediaan Tenaga Listrik (IUPTL) kepada konsumen/pelanggan, yang mana besaran tarifnya ditetapkan oleh Pemerintah/Pemerintah Daerah. Berdasarkan UU Kelistrikan No. 30/2009, TTL ditentukan oleh pemerintah (c.q. Kementerian ESDM)/pemerintah daerah dengan persetujuan DPR/DPRD. Sebagian besar wilayah usaha PT PLN menggunakan TTL yang seragam (uniform) untuk setiap kelompok pelanggan, kecuali untuk Pulau Batam dan Tarakan dimana TTL ditentukan oleh pemerintah daerah dan disetujui oleh DPRD. Adanya keterlibatan DPR dalam penetapan TTL dan subsidi menjadikan proses ini sarat dengan kepentingan politik, selain daripada teknis ekonomi. Sementara itu, untuk melaksanakan percepatan penyediaan tenaga listrik di desa tertinggal, terpencil, dan terluar (3T) pemerintah mengadakan program Listrik Desa (LisDes) yang mengutamakan penggunaan sumber energi setempat. Untuk daerah isolated yang sulit dijangkau oleh jaringan PLN, pemerintah melalui direktorat jenderal EBTKE

menyediakan lampu tenaga surya hemat energi (LTSHE) sebagai bagian dari program pra-elektrifikasi. (Pamela Simamora, 2019)

Ada dua jenis mekanisme tarif yang digunakan di program LisDes, dengan dan tanpa subsidi. Tarif bersubsidi akan dikenakan pada wilayah usaha yang ditetapkan oleh Menteri ESDM atas usulan gubernur (Permen ESDM No. 38/2016). Diluar itu, akan dikenakan tarif non-subsidi yang ditetapkan oleh gubernur. Dalam hal gubernur tidak dapat menetapkan tarif non-subsidi, pemerintah akan menetapkan tarif berdasarkan TTL PT. PLN. Besaran subsidi yang diberikan kepada badan usaha bergantung pada TTL rumah tangga daya 450 VA, Biaya Pokok Penyediaan (BPP), ditambah marjin. Adapun mekanisme penyesuaian TTL (tarif adjustment) PT. PLN bergantung pada BPP, nilai tukar mata uang Dollar Amerika terhadap Rupiah (kurs), Indonesian Crude Price (ICP), dan inflasi. Terdapat dua tipe pembayaran listrik di Indonesia, tarif pascabayar yang dibayar setelah pemakaian listrik oleh konsumen pada bulan berikutnya dan tarif Prabayar, dimana konsumen membayar kuota listriknya terlebih dulu. Listrik dianggap sebagai barang untuk kepentingan strategis sehingga tidak dikenakan pajak pertambahan nilai (PPN), kecuali untuk rumah dengan kapasitas daya lebih dari 6600 VA. (Pamela Simamora, 2019)

Seperti terlihat pada Gambar 2.12, biaya produksi listrik selalu lebih tinggi daripada harga jual listrik rata-rata. Selisih ini akan dibayarkan oleh pemerintah ke PLN melalui mekanisme subsidi. Jumlah subsidi listrik yang dibayarkan oleh pemerintah per tahun dapat dilihat pada Gambar 2. Walaupun sejak 2015 jumlah subsidi listrik menurun drastis karena dicabutnya subsidi listrik untuk semua golongan kecuali golongan rumah tangga 450 VA dan 900 VA, tren tiga tahun terakhir menunjukkan adanya pembengkakan subsidi listrik (subsidi lebih besar daripada yang dianggarkan). Penurunan subsidi listrik dari Rp 60.4 triliun di 2016 menjadi Rp 45.7 triliun di 2017 terjadi bersamaan dengan dicabutnya subsidi listrik bagi golongan 900 VA yang dianggap mampu sejak Januari 2017, mengikuti terbitnya Permen ESDM No. 29/2016.



Gambar 1 Biaya produksi listrik dan harga jual listrik rata-rata. Biaya produksi listrik mencakup biaya pembangkitan dan biaya transmisi dan distribusi. Sumber: Statistik PLN.

Gambar 2. 21 Biaya Produksi dan Harga Jual Listrik (Rp/kWh)

Meskipun Permen ESDM No. 18/2017 mengatur penyesuaian tarif (tari adjustment) untuk dilakukan setiap 3 bulan (setiap bulan dalam pada Permen ESDM No. 28/2016 sebelumnya), sejak Januari 2017 pemerintah belum menaikkan TTL ke pelanggan PLN, bahkan berjanji untuk tidak menaikkan TTL hingga 2019. Menurut pemerintah, hal ini dilakukan untuk menjaga daya beli masyarakat dan mendukung stabilitas ekonomi nasional. Sementara itu, sejumlah pengamat energi berpendapat keputusan untuk tidak menaikkan TTL ini berkaitan erat dengan tahun politik dan sudah sering dilakukan oleh pemerintahan sebelumnya untuk menjaga dukungan politik dari masyarakat dalam pemilihan umum (pemilu). Golongan tarif listrik di Indonesia dibagi menjadi 37 golongan, 13 diantaranya terikat dengan mekanisme penyesuaian tarif (tari adjustment). Golongan tarif listrik dibedakan berdasarkan penggunaannya (sosial, rumah tangga, bisnis, industri, kantor pemerintah dan penerangan umum, traksi, curah, dan layanan khusus) dan kapasitas daya listriknya (450 VA, 900 VA, 1300 VA, 2200 VA, 3500-5500 VA, >6600 VA). Penetapan TTL dan penyesuaian tarif diatur dalam peraturan Menteri (Permen) ESDM No. 28/2016 (diubah oleh Permen ESDM No. 18/2017 dan Permen ESDM No. 41/2017) tentang Tarif Tenaga Listrik yang disediakan oleh PT. PLN (Persero). (Pamela Simamora, 2019)



**PENETAPAN  
PENYESUAIAN TARIF TENAGA LISTRIK (TARIFF ADJUSTMENT)**

**OKTOBER - DESEMBER 2023**

NO.	GOL. TARIF	BATAS DAYA	REGULER		PRA BAYAR (Rp/kWh)
			BIAYA BEBAN (Rp/kVA/bulan)	BIAYA PEMAKAIAN (Rp/kWh) DAN BIAYA kVArh (Rp/kVArh)	
1.	R-1/TR	900 VA-RTM	*)	1.352,00	1.352,00
2.	R-1/TR	1.300 VA	*)	1.444,70	1.444,70
3.	R-1/TR	2.200 VA	*)	1.444,70	1.444,70
4.	R-2/TR	3.500 VA s.d. 5.500 VA	*)	1.699,53	1.699,53
5.	R-3/TR	6.600 VA ke atas	*)	1.699,53	1.699,53
6.	B-2/TR	6.600 VA s.d. 200 kVA	*)	1.444,70	1.444,70
7.	B-3/TM	di atas 200 kVA	**)	Blok WBP = K x 1.035,78 Blok LWBP = 1.035,78 kVArh = 1.114,74 ****)	-
8.	I-3/TM	di atas 200 kVA	**)	Blok WBP = K x 1.035,78 Blok LWBP = 1.035,78 kVArh = 1.114,74 ****)	-
9.	I-4/TT	30.000 kVA ke atas	***)	Blok WBP dan Blok LWBP = 996,74 kVArh = 996,74 ****)	-
10.	P-1/TR	6.600 VA s.d. 200 kVA	*)	1.699,53	1.699,53
11.	P-2/TM	di atas 200 kVA	**)	Blok WBP = K x 1.415,01 Blok LWBP = 1.415,01 kVArh = 1.522,88 ****)	-
12.	P-3/TR		*)	1.699,53	1.699,53
13.	L/TR, TM, TT		-	1.644,52	-

Catatan :

\*) Diterapkan Rekening Minimum (RM):  
 $RM1 = 40 \text{ (Jam Nyala)} \times \text{Daya tersambung (kVA)} \times \text{Biaya Pemakaian.}$

\*\*\*) Diterapkan Rekening Minimum (RM):  
 $RM2 = 40 \text{ (Jam Nyala)} \times \text{Daya tersambung (kVA)} \times \text{Biaya Pemakaian LWBP.}$   
 Jam nyala : kWh per bulan dibagi dengan kVA tersambung.

\*\*\*\*) Diterapkan Rekening Minimum (RM):  
 $RM3 = 40 \text{ (Jam Nyala)} \times \text{Daya tersambung (kVA)} \times \text{Biaya Pemakaian WBP dan LWBP.}$   
 Jam nyala : kWh per bulan dibagi dengan kVA tersambung.

\*\*\*\*\*) Biaya kelebihan pemakaian daya reaktif (kVArh) dikenakan dalam hal faktor daya rata-rata setiap bulan kurang dari 0,85 (delapan puluh lima per seratus).

K : Faktor perbandingan antara harga WBP dan LWBP sesuai dengan karakteristik beban sistem kelistrikan setempat ( $1,4 \leq K \leq 2$ ), ditetapkan oleh Direksi Perusahaan Perseroan (Persero) PT Perusahaan Listrik Negara.

WBP : Waktu Beban Puncak.  
 LWBP : Luar Waktu Beban Puncak.

Gambar 2. 22 Tarif Daya Listrik

Banyaknya golongan tarif ini menjadi sorotan karena dinilai terlalu rumit. Praktik di negara-negara lain umumnya tidak menggunakan penggolongan tarif berdasarkan kapasitas daya, namun hanya berdasarkan sektor penggunaannya. Pada umumnya di liberalized market perusahaan listrik mengenakan tarif yang tetap (fixed) untuk semua pelanggannya (e.g. Jerman). Adapun praktik lainnya, perusahaan listrik dapat mengenakan tarif progresif dimana semakin besar penggunaan listrik maka semakin besar pula tarif listrik per unitnya (e.g. Italia). Selain itu, ada juga negara yang menerapkan perubahan tarif listrik berdasarkan

waktu penggunaan (Time of Use) dimana tarif ketika beban puncak akan lebih tinggi daripada tarif pada waktu lainnya (e.g. Australia dan Taiwan).

Beberapa negara menerapkan sistem subsidi untuk masyarakat miskin (yang tingkat konsumsi listriknya rendah). Sebagai contoh, sejak tahun 2008 hingga 2018, perusahaan listrik Malaysia memberikan rabat (rebate) sebesar RM20 (sekitar Rp 68,000) untuk semua pelanggan listrik. Jika konsumsi listriknya melebihi RM20, maka pelanggan harus membayar tarif penuh (bukan hanya kelebihannya). Sejak 1 Januari 2019, pemerintah Malaysia mengubah skema rabatnya menjadi RM40, namun rabat ini hanya diberikan kepada masyarakat miskin yang terda-ar. Jika konsumsi listriknya melebihi RM40, maka pelanggan hanya perlu membayar kelebihannya. Sementara itu, beberapa negara lain menetapkan tarif listrik yang lebih tinggi dibanding biaya produksinya. Di Jerman, selain biaya pembangkitan, komponen tarif listrik terdiri dari komponen tarif jaringan, pungutan (levies/surcharge) untuk pembiayaan Energi Terbarukan (ET), dan pajak lainnya. Di tahun 2018, lebih dari setengah (54%) tarif listrik untuk rumah tangga dan usaha kecil merupakan komponen pungutan dan pajak- 23% nya adalah pungutan (surcharge) untuk ET, 25% untuk biaya jaringan, dan hanya 21% untuk biaya pembangkitan (BDEW, 2018). Tingginya surcharge untuk ET sejalan dengan komitmen pemerintah Jerman dalam pengembangan ET untuk menggantikan energi nuklir dan juga batubara. Meskipun tarif listrik di Jerman merupakan tarif listrik termahal kedua di EU setelah Denmark, tagihan listrik per bulan untuk rumah tangga di negara tersebut tidak lebih mahal dari negara-negara OECD lainnya. Hal ini dimungkinkan oleh program Efisiensi Energi yang berjalan dengan efektif di Jerman. (Pamela Simamora, 2019)

Belajar dari pengalaman di negara lain, kebijakan tarif listrik di Indonesia hendaknya memperhitungkan rencana jangka panjang untuk memastikan ketahanan energi. Salah satu komponen yang masih belum diakomodasi dalam skema tarif saat ini adalah komponen tarif untuk pengembangan ET. Penggunaan surcharge di Indonesia mungkin bisa diterapkan untuk golongan masyarakat mampu. Hal ini menjadi penting, mengingat perkembangan ET di Indonesia cukup lambat karena tidak adanya insentif untuk PLN untuk menggunakan ET. Sementara itu, untuk memastikan akses energi ke semua golongan masyarakat, pemerintah bisa

mempertimbangkan untuk membebaskan golongan masyarakat tidak mampu dari tagihan listrik.

### 2.2.7. *Automatic Meter Reading (AMR)*

AMR (Automatic Meter Reading) adalah suatu alat berbasis digital yang dapat mencatat penggunaan daya listrik, debit air, atau gas secara lengkap dan mentransfer data ke database pusat. Transfer data dapat menggunakan jaringan telepon (kabel atau nirkabel), frekuensi radio (RF), atau powerline transmisi. Salah satu bentuk fisik dari AMR dapat dilihat pada Gambar. (Sitinjak, 2013)



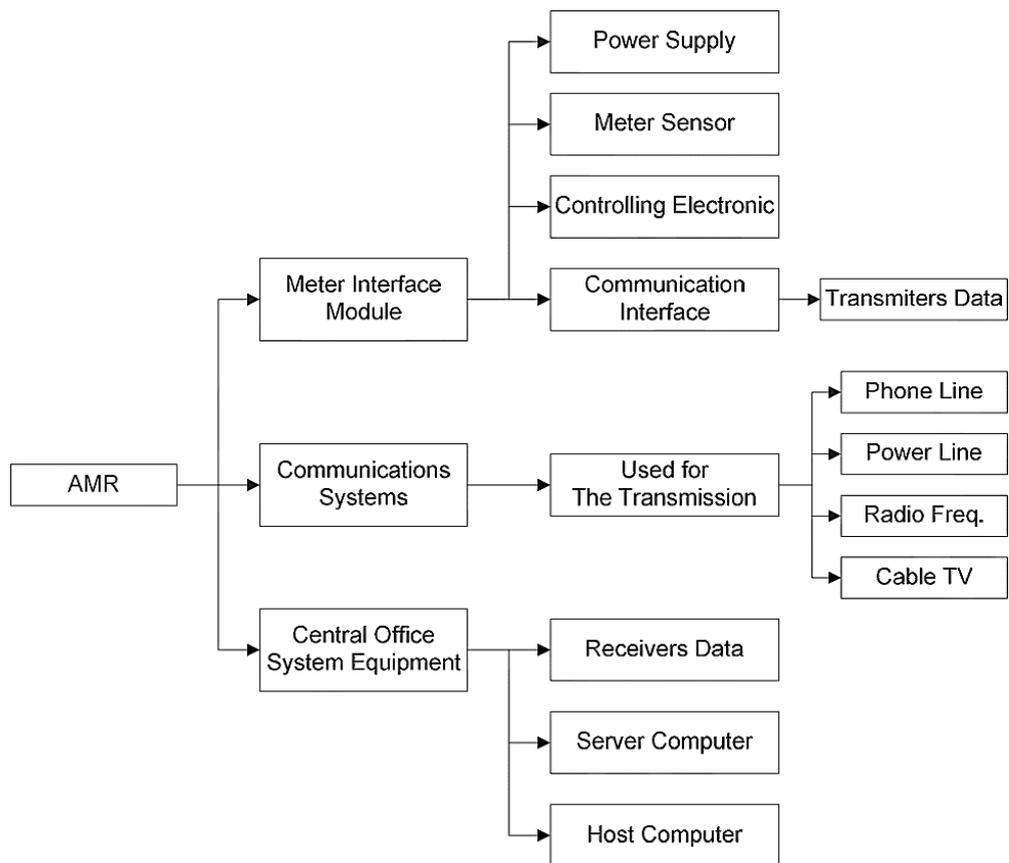
Gambar 2. 23 Automatic Meter Reading (AMR)

AMR mempunyai 3 komponen utama, yaitu meter interface module, communication systems, central office systems equipment. Meter interface module mempunyai 4 bagian utama, yaitu power supply, meter sensor, controlling electronic, dan communication interface. Power supply berfungsi sebagai sumber energi untuk sistem AMR. Meter sensor berfungsi untuk mengukur arus dan tegangan listrik. Controlling electronic dapat berupa mikro controller yang berfungsi untuk mengolah data dari meter sensor menjadi data daya dan lain-lain dalam bentuk digital serta mengendalikan communication interface untuk

mengirim data-data tersebut. Communication interface dapat berupa modem ADSL, modem GSM, modem IC ADE8165, modul TCP/IP dan lain-lain sesuai dengan jaringan komunikasi yang digunakan. (Sitinjak, 2013)

Berikutnya, komponen kedua dari AMR, yaitu communication systems. Communication systems berfungsi untuk mengirim data dari AMR ke kantor perusahaan listrik melalui media komunikasi tertentu. Media komunikasi yang digunakan dapat berupa jaringan kabel telepon, powerline carrier (plc), radio frekwensi (RF), atau cable television. Berikutnya, komponen ketiga dari sistem AMR, yaitu central office systems equipment. Central office systems equipment mempunyai 3 bagian utama, yaitu receivers data, komputer server, dan komputer host. Receivers data dapat berupa modem ADSL, modem GSM, modem IC ADE8165, dan lain-lain sesuai dengan media komunikasi yang digunakan untuk mengirim data. Receivers data, terhubung dengan komputer server dan berfungsi untuk menerima data dari AMR. komputer server merupakan komputer dengan kemampuan diatas rata-rata komputer biasa yang dilengkapi dengan operating system khusus server. Komputer server berfungsi untuk menjalankan aplikasi web dan database serta melayani permintaan dari komputer host untuk mengakses aplikasi web dan database tersebut. Komputer host merupakan komputer biasa yang digunakan oleh admin dari perusahaan listrik untuk mengakses aplikasi web AMR dan database pelanggan dari perusahaan listrik tersebut.

Dalam pengoperasiannya, sistem AMR melakukan pembacaan energi listrik dengan cara menurunkan terlebih dahulu tegangan listrik dari 40 KV menjadi 220 V menggunakan current transformer, kemudian arus dan tegangan listrik dibaca oleh sensor arus dan tegangan listrik. Salah satu sensor arus dan tegangan yang digunakan dalam AMR adalah ADE7757. Data dari sensor-sensor tersebut kemudian masuk ke dalam mikro kontroller untuk diproses menjadi data nilai arus, tegangan, daya kompleks, daya aktif, daya reaktif, dan lain-lain. Setelah itu, data-data tersebut ditampilkan pada LCD AMR. Selain itu, mikro kontroller juga mengendalikan communication interface untuk mengirimkan data-data tersebut ke database perusahaan listrik melalui media komunikasi tertentu. (Sitinjak, 2013)



Gambar 2. 24 Komponen Primer Automatic Meter Reading (AMR)

AMR merupakan salah satu solusi untuk perusahaan listrik dalam memonitor penggunaan daya listrik dari pelanggannya. Dengan menggunakan AMR, perusahaan listrik tidak perlu mengerahkan banyak petugas listrik untuk mencatat data daya dari seluruh pelanggan listrik di setiap periode evaluasi data daya listrik yang telah digunakan pelanggannya. Data daya listrik dari setiap pelanggan akan secara otomatis terkirim ke dalam database perusahaan listrik sesuai periode pengiriman yang telah ditetapkan. Selain itu, dari sisi pelanggan listrik, sistem AMR mempermudah pelanggan untuk melihat tagihan listriknya setiap bulan. Cukup dengan mengakses website AMR yang telah disiapkan oleh perusahaan listrik, lalu memasukkan password, maka pelanggan tersebut sudah dapat melihat total daya listrik yang digunakan dan tagihan listriknya. (Sitinjak, 2013)

AMR (*Automatic Meter Reading*) adalah teknologi pembacaan meter elektronik secara otomatis. Umumnya, pembacaan dilakukan dari jarak jauh dengan

menggunakan media komunikasi. Parameter yang dibaca pada umumnya terdiri dari Stand, Max Demand (penggunaan tertinggi), Instantaneous dan Load Profile (load survey). Parameter-parameter tersebut sebelumnya didefinisikan terlebih dahulu di Meter Elektronik, agar meter dapat menyimpan data-data sesuai dengan yang diinginkan. Sistem AMR dapat dimanfaatkan untuk berbagai keperluan seperti pemantauan pasokan energi kepada pelanggan, penggunaan energi pelanggan, pemantauan susut di jaringan, keperluan perencanaan, penagihan atau billing, dll. Data hasil pembacaan tersebut disimpan ke dalam database dan dapat digunakan untuk melakukan analisa, transaksi serta troubleshooting. Teknologi ini tentu saja dapat membantu perusahaan penyedia jasa elektrik untuk menekan biaya operasional, serta menjadi nilai tambah kepada pelanggannya dalam hal penyediaan, ketepatan dan keakuratan data yang dibaca, dan tentu saja dapat menguntungkan pengguna jasa tersebut. Awalnya, pembacaan meter dilakukan dengan menggunakan kabel (wired) atau direct dialling/reading. Komputer terhubung ke meter dengan menggunakan kabel komunikasi (RS 232, RS 485 atau RJ 45) atau optical probe jika pembacaan dilakukan di lapangan. Namun belakangan ini, banyak teknologi komunikasi yang dapat digunakan oleh sistem AMR. Seperti PSTN (telepon rumah), GSM, Gelombang Radio, PLC (Power Line Carrier), dan terakhir, memungkinkan pembacaan meter menggunakan LAN/WAN/WIFI untuk meter yang sudah didukung TCP/IP. (Sitinjak, 2013)

Untuk melakukan pembacaan stand meter atau besaran-besaran listrik yang ada di dalam meter elektronik, sistem AMR memiliki dua konfigurasi media komunikasi antara lain :

7. Konfigurasi menggunakan PSTN Pada konfigurasi ini stand – stand meter dan besaran listrik yang diukur oleh meter elektronik didownload dengan cara men-dial up meter yang terhubung dengan jaringan PSTN.
8. Konfigurasi menggunakan GSM/GPRS Untuk konfigurasi menggunakan jaringan GSM/GPRS, meter elektronik berfungsi mirip seperti telepon seluler dimana meter elektronik dilengkapi dengan kartu Sim Card dan Antena. Semua Informasi mengenai pemakaian dan karakteristik energi dapat di download dengan men-dial up meter elektronik dengan

memanfaatkan jaringan GSM/GPRS milik operator – operator seperti Telkomsel, Indosat dan XL.

Sedangkan untuk selanjutnya proses yang dilakukan oleh kedua konfigurasi tersebut adalah pemrosesan data-data yang didapat oleh computer pusat yang berfungsi untuk memonitor pemakaian dan karakteristik energi yang dipakai oleh konsumen. Dalam laporan ini akan ditampilkan stand – stand meter dalam satu bulan atau periode tertentu. Informasi yang ada dalam laporan ini antara lain : nama 31 pelanggan, nomor ID pelanggan, daya terpasang, tanggal pembacaan, stand kWh, stand kVARh dan stand kVA max.

### 2.2.7.1. Fungsi Utama AMR

#### a. Data Stand Meter Billing Reset

Dalam laporan ini akan ditampilkan stand – stand meter dalam satu bulan atau periode tertentu. Informasi yang ada dalam laporan ini antara lain : nama 31 pelanggan, nomor ID pelanggan, daya terpasang, tanggal pembacaan, stand kWh, stand kVARh dan stand kVA max. (Sitinjak, 2013)

The screenshot shows a web application interface for energy metering. At the top, it displays 'PT PLN PERSERO - CABANG BEKASI' and 'Energy Metering and Information System'. Below this, there's a navigation menu and a 'Selected Customer' section with a table of customer details. The main part of the interface is a 'Parameter' section with a table of meter data. The table has columns for 'No.', 'Date Time', 'Stand LVSP(kWh)', 'Stand WSP (kWh)', 'Stand Total (kWh)', 'Stand kVArh', 'Time kVA Max LVSP', 'kVA Max LVSP', 'Time kVA Max WSP', 'kVA Max WSP', 'Time kVA Max', 'kVA Max Total', and 'Time PC'. The data is organized into rows representing different time periods and meter readings.

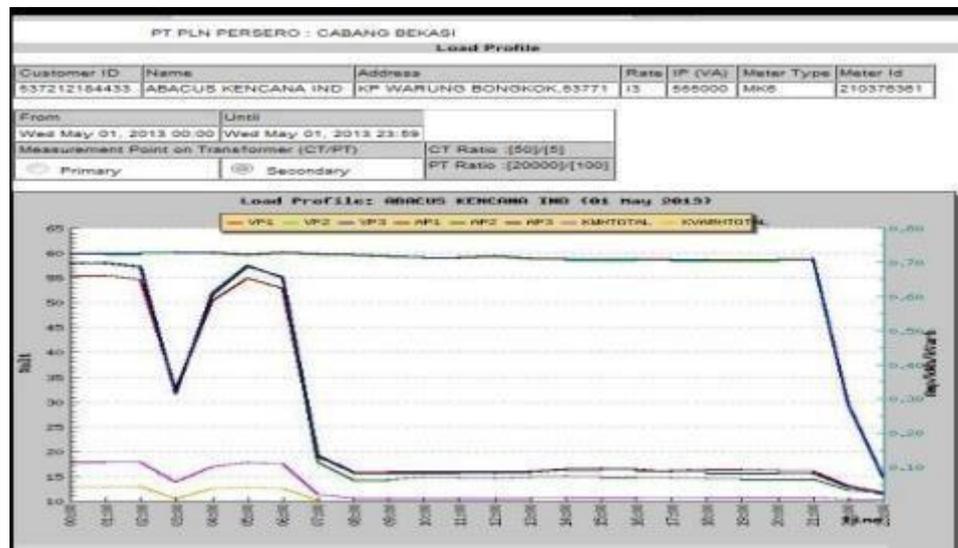
No.	Date Time	Stand LVSP(kWh)	Stand WSP (kWh)	Stand Total (kWh)	Stand kVArh	Time kVA Max LVSP	kVA Max LVSP	Time kVA Max WSP	kVA Max WSP	Time kVA Max	kVA Max Total	Time PC
1	01 Jan 2013 10:00:00	699.550	133.836	833.386	317.862	24 Dec 2012 14:00:00	0.154	20 Dec 2012 19:31:00	0.139	24 Dec 2012 14:00:00	0.154	01 Jan 2013 13:58:57
2	01 Feb 2013 10:00:00	754.367	144.391	898.758	341.047	29 Jan 2013 15:46:00	0.154	25 Jan 2013 19:46:00	0.150	29 Jan 2013 15:46:00	0.154	01 Feb 2013 13:58:57
3	01 Mar 2013 10:00:00	803.289	154.052	957.340	363.624	18 Feb 2013 10:16:00	0.151	01 Feb 2013 19:46:00	0.146	18 Feb 2013 10:16:00	0.151	01 Mar 2013 12:15:20
4	01 Apr 2013 10:00:00	853.610	163.400	1.017.010	381.012	08 Mar 2013 14:01:00	0.154	11 Mar 2013 21:01:00	0.146	08 Mar 2013 14:01:00	0.154	01 Apr 2013 12:17:04
5	01 May 2013 10:00:00	904.345	173.444	1.077.789	406.448	23 Apr 2013 12:31:00	0.146	03 Apr 2013 19:31:00	0.139	23 Apr 2013 12:31:00	0.146	01 May 2013 12:04:42

Gambar 2. 25 Tampilan Data Standmeter Billing Reset pada system

#### b. Data Load Profile tegangan (V), arus (I), energi (kWh dan kVArh)

Dalam laporan ini akan ditampilkan data yang dibaca secara periodik (misal pemakaian per 30 menit) untuk tegangan, arus dan energi dalam

bentuk tabel dan grafik. Data ini berfungsi untuk mengetahui karakteristik pemakaian energi suatu pelanggan dan besar kVA max suatu pelanggan.



Gambar 2. 26 Tampilan Load Profile

c. Data pengukuran sesaat ( Instantaneous Measurement)

Pada fitur ini disajikan data – data dan stand – stand energi pada saat pembacaan dilakukan. Dalam laporan ini akan ditampilkan tabel arus, tegangan, stand energi pada saat pembacaan dilakukan, selain itu ditampilkan juga diagram phasor antara arus dan tegangan. Fungsinya untuk mengetahui kondisi pemakaian beban pelanggan secara instan. (Sitinjau, 2013)

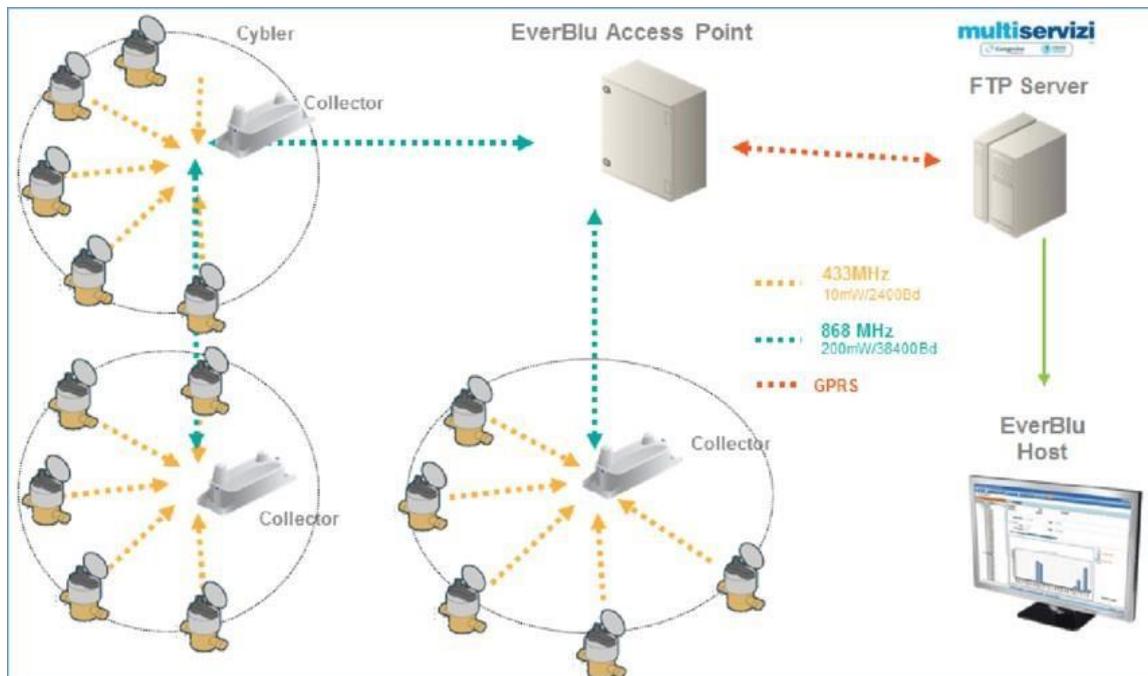
d. Data DLPD (Data Pelanggan yang Perlu Diperhatikan)

Adalah fungsi untuk menampilkan data-data DLPD (Daftar Langganan yang Perlu Diperhatikan) berdasarkan kriteria yang ditetapkan (arus, tegangan, faktor daya, jam menyala, perubahan pola konsumsi).

### 2.2.7.2. Aplikasi Sistem AMR

Konfigurasi pembacaan pelanggan dengan meletakkan meter di ujung jaringan distribusi ke pelanggan. Konfigurasi ini dapat diterapkan untuk semua jenis pelanggan PLN yang menggunakan Digital Energi Meter. Keuntungan konfigurasi ini adalah pelanggan dapat mengetahui perhitungan pemakaian

dayanya secara lebih akurat. Pembacaan meter pada pelanggan AMR dapat dilihat dalam gambar berikut :



Gambar 2. 27 Infrastruktur AMR

Pemasangan meter digital untuk pengukuran energi di jaringan ditempatkan pada gardu dan jurusan sebagai jaringan distribusi listrik memungkinkan Control Center dapat memantau efisiensi jaringan kaitannya dengan losses dan pemakaian daya berlebih. Dengan metode ini pula dapat diketahui rugi-rugi jaringan sehingga kualitas jaringan distribusi dapat dipantau dan diminimalisir. Sedangkan kaitannya dengan losses akibat pencurian juga dapat diketahui dan dapat dilokalisir atau diperkecil area pemantauannya. Meter digital yang diletakkan pada system pembangkit listrik dapat dipantau dan di olah datanya pada Control Center. Sehingga dapat diketahui data-data hasil pengukuran termasuk energi yang dihasilkan oleh pembangkit yang siap disitribusikan. Dengan adanya data-data yang terpadu dari beberapa pembangkit ini, dapat dipakai untuk analisa dan optimalisasi sumber daya dan kaitannya dengan perencanaan pendistribusian. (Sitinjak, 2013)

Keuntungan menggunakan system AMR sebagai alat bantu pembacaan meter adalah sebagai berikut :

1. Pencatatan meter lebih akurat
2. Keluhan terhadap kesalahan pencatatan meter berkurang

3. Pencatatan meter tepat waktu sehingga proses rekening lebih cepat
4. Dapat memantau setiap saat pemakaian energi listrik oleh pelanggan (pelaksanaan P2TL)
5. Memberikan informasi kepada pelanggan tentang data pemakaian energi listriknya.

### **2.2.7.3. Keunggulan AMR**

Adapun keunggulan penggunaan AMR pada sisi pelanggan adalah sebagai berikut :

1. Konsumen tidak terganggu dengan kedatangan petugas PLN pada tiap bulannya.
2. KWH meter AMR lebih akurat mengukur pemakaian energi listrik daripada KWH meter manual
3. Jadwal pencatatan tagihan bulanan KWH meter AMR konsisten setiap tanggal 20 tercatat/terinput
4. Tidak ada proses pencabutan KWH meter pada saat terjadi telat bayar karena KWH meter AMR sudah tersistem dapat memutus aliran listrik konsumen secara otomatis dengan dilengkapi perangkat modem dan relay didalam KWH meter AMR
5. Konsumen tidak perlu melapor ke kantor PLN setelah menyelesaikan tunggakan listrik karena KWH meter AMR sudah tersistem dapat menghubungkan aliran listrik konsumen secara otomatis setelah melakukan pembayaran tunggakan listrik.
6. KWH meter dapat mendeteksi penyalahgunaan pemakaian tenaga listrik oleh konsumen dengan lebih cepat karena dapat dimonitoring secara langsung.

Adapun keunggulan penggunaan KWH meter AMR pada sisi PLN sendiri adalah sebagai berikut :

1. Petugas PLN tidak perlu mendatangi konsumen rumah ke rumah setiap bulan
2. KWH meter AMR lebih akurat
3. Jadwal tagihan listrik konsumen akurat dan konsisten

4. Pelayanan PLN terhadap konsumen menjadi lebih mudah dikarenakan sistem yang digunakan berbasis online sehingga lebih cepat dan efisien.

Adapun Kekurangan penggunaan AMR dari sisi konsumen dan PLN adalah sebagai berikut :

1. Pemutusan aliran listrik pada konsumen yang melakukan penunggakan dalam pembayaran listrik sudah tersistem sehingga konsumen tidak dapat menunda pembayaran listrik yang sudah jatuh tempo agar tidak terjadi pemutusan listrik
2. PLN harus melakukan maintenance atau pemeliharaan terhadap perangkat modem dan sistem secara berkala agar sistem berjalan dengan normal.

## **BAB 3**

### **METODOLOGI PENELITIAN**

#### **3.1. Pendekatan Penelitian**

Pada PT PLN (PERSERO) UPT Helvetia ini untuk pembacaan dan pemantauan energi listrik pada pelanggan sebagian sudah menggunakan automatic meter reading (AMR) ataupun pembacaan penggunaan daya oleh pelanggan listrik dilakukan secara otomatis melalui jaringan. Dimana alat ini dapat menginformasikan data – data penggunaan pelanggan kepada PT. PLN secara langsung tanpa harus turun ke lapangan untuk cek secara manual seperti pada umumnya.

Penggunaan AMR ini sering kali terjadi missing ataupun terjadi perbedaan data antara yang dilaporkan dengan hasil bacaan manual. Hal ini menyebabkan data yang sampai tidak sinkron antara AMR dan petugas pada lapangan PT.PLN, maka dari itu perlunya dilihat tingkat akurasi dan error AMR dalam membaca dan menyampaikan data pelanggan PT. PLN

#### **3.2. Tempat Penelitian**

Penelitian ini dilakukan pada PT. PLN (PERSERO) ULP HELVETIA, dimana dilakukan pada pelanggan – pelanggan yang telah menggunakan AMR sebagai alat monitoring penggunaan daya listrik.

#### **3.3. Teknik Pengumpulan Data**

Demi mendukung penelitian ini, adapun data yang diperlukan adalah sebagai berikut :

##### *a. Data Automatic Meter Reading (AMR)*

Data AMR ini didapat dari hasil bacaan dan report data yang dihasilkan oleh AMR. Dimana data ini berupa angka pemakaian beban yang meliputi daya penggunaan dan tarif biaya yang dikenakan pada pelanggan pengguna daya listrik. Data ini didapat dari PT. PLN PERSERO ULP HELVETIA.

b. **Data Manual Penggunaan Daya**

Data manual penggunaan daya adalah hampir sama dengan data yang dihasilkan oleh AMR, namun data ini didapat melalui pengambilan data secara manual yang dilakukan dengan cara melihat kWh meter milik pelanggan PLN pada saat posisi awal dan pada saat posisi akhir. Posisi awal adalah dimana memulai pengambilan data sedangkan posisi akhir adalah berakhirnya pengambilan data. Meteran posisi akhir akan dikurangi dengan meteran posisi awal untuk mendapat daya yang digunakan selama satu bulan oleh pelanggan daya listrik PT. PLN

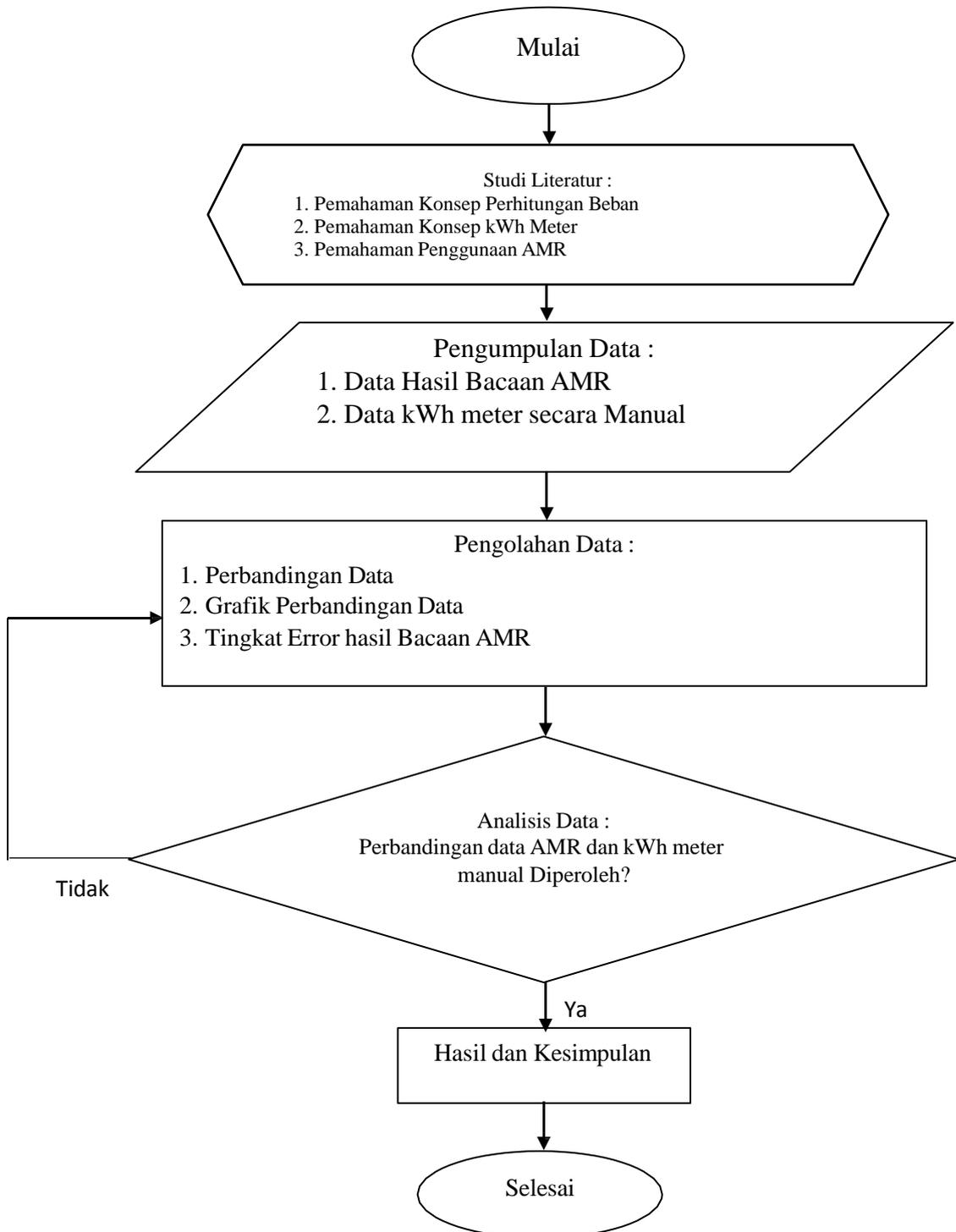
### **3.4. Teknik Analisis**

Dari data yang telah dikumpulkan, maka langkah selanjutnya adalah proses analisis data yang ada. Adapun langkah – langkah teknik analisis data pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Langkah awal adalah melakukan pengambilan data hasil bacaan yang ada pada AMR dan juga pada kWh meter secara manual
2. Setelah kedua data yang diperlukan diperoleh, maka akan dihitung nilai perbandingannya.
3. Acuan nilai perbandingan adalah data yang diambil secara manual yang ada pada kWh meter milik pelanggan PLN, karena data ini diambil secara langsung ke kWh meter pelanggan dan dinilai lebih akurat.
4. Nilai yang dihasilkan AMR akan dibandingkan dengan nilai kWh meter data manual yang kemudian dilihat tingkat margin error atau kesalahan pengukuran pada AMR
5. Selanjutnya akan disimpulkan apakah hasil bacaan AMR ini memiliki tingkat ketepatan yang tinggi atau tidak.

### 3.5. Bagan Alir Penelitian

Adapun proses alir penelitian ini adalah sebagai berikut :



Gambar 3. 1 Diagram Alir Penelitian

Dari diagram alir 3.4 dapat dijabarkan langkah – langkah dan alur penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Mencari peneltian – penelitian sebelumnya dalam bentuk jurnal yang membahas tentang AMR dan kWh meter serta literatur tentang perhitungan beban listrik
2. Setelah studi literatur dirasa cukup kemudian selanjutnya adalah pengumpulan data. Adapun data yang dikumpulkan meliputi data hasil bacaan AMR yang didapat dari PT. PLN dan hasil bacaab kWh meter yang didapat dari pengambilan data secara manual ke rumah pelanggan pengguna daya listrik.
3. Kemudian, setelah data – data dikumpulkan, selanjutnya adalah pengolahan data. Data yang ada yaitu membandingkan hasil bacaan dari kedua metode pengambilan data.
4. Pada kesimpulan penelitian ini akhir dari penelitian, dimana proses dari awal sampai akhir penelitian dibuat suatu kesimpulan yang mencakup keseluruhan penelitian.

## BAB 4

### ANALISA DAN PEMBAHASAN

#### 4.1. Hasil Bacaan AMR

Untuk mengetahui hasil baca AMR maka pada penelitian ini diambil sebanyak 2 sampel pelanggan dengan melihat hasil baca yang ada pada AMR dan meteran yang tertera pada pelanggan.

IDPEL	BLTH REK	TRF	DAYA	RPTAG	TGLBAYAR	WKBYR	SLALWBP	SAHLWBP	PEMKWH
'120110804098	Feb-24	B2	10600	729429	20240216	07:25:31	3375.5	3834.55	459
'120110804098	Jan-24	B2	10600	704002	20240120	08:03:44	2932.45	3375.5	443
'120110804098	Dec-23	B2	10600	697645	20231220	06:35:38	2493.05	2932.45	439
'120110804098	Nov-23	B2	10600	724661	20231117	17:34:07	2037.54	2493.05	456
'120110804098	Oct-23	B2	10600	824779	20231019	12:47:07	1518.75	2037.54	519
'120110804098	Sep-23	B2	10600	770748	20230920	03:28:21	1033.77	1518.75	485

Gambar 4. 1 Hasil Bacaan AMR Pelanggan 1

IDPEL	BLTH REK	TRF	DAYA	RPTAG	TGLBAYAR	SLALWBP	SAHLWBP	PEMKWH
'120110774400	Feb-24	B2	6600	Rp 457.681		61927.99	62215.84	288
'120110774400	Jan-24	B2	6600	Rp 459.270	20240119	61639.45	61927.99	289
'120110774400	Dec-23	B2	6600	Rp 497.410	20231219	61326.83	61639.45	313
'120110774400	Nov-23	B2	6600	Rp 503.767	20231120	61009.35	61326.83	317
'120110774400	Oct-23	B2	6600	Rp2.328.135	20231020	60688.09	61009.35	1465
'120110774400	Sep-23	B2	33000	Rp2.097.704	20230920	60359.59	60688.09	1320

Gambar 4. 2 Hasil Bacaan AMR Pelanggan 2

Dari gambar 4.1 dan 4.2 dapat dilihat hasil bacaan AMR meliputi tarif yang dikenakan pada pelanggan, tanggal pembayaran penggunaan daya, daya yang terpasang, kwh awal, kwh ahir serta biaya yang dikenakan pelanggan. Maka dari gambar 4.1 dan 4.2 adapun tabel hasil pembacaan AMR adalah sebagai berikut :

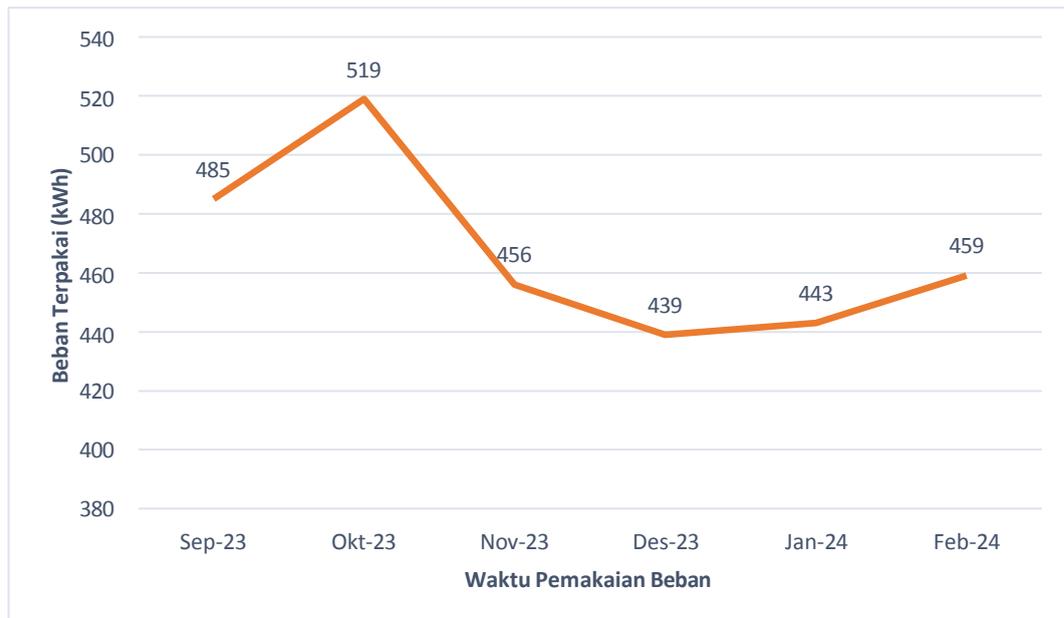
Tabel 4. 1 Data AMR Pelanggan

Bulan	Daya Terpakai (kWh)	Biaya Pemakaian Beban (Rp)
02-2024	459	729.429
01-2024	443	704.002
12-2023	439	697.645
11-2023	456	724.661
10-2023	519	824.779
09-2023	485	770748

Tabel 4. 2 Data AMR Pelanggan 2

Bulan	Daya Terpakai (kWh)	Biaya Pemakaian Beban (Rp)
02-2024	288	457.681
01-2024	289	459.270
12-2023	313	497.410
11-2023	317	503.767
10-2023	1465	2.328.135
09-2023	1320	2.097.704

Dari tabel data hasil bacaan AMR pelanggan 1 dan pelanggan 2 maka didapat grafik beban terpakai pada pelanggan adalah sebagai berikut :



Gambar 4. 3 Grafik Pemakaian Beban Pelanggan 1



Gambar 4. 4 Grafik Pemakaian Beban Pelanggan 1

#### 4.2. Hasil Bacaan Pada Meteran kWh Pelanggan PLN

Hasil bacaan pada meteran kWh pelanggan PLN ini diambil langsung melalui kWh yang berada pada pelanggan yang menggunakan PLN. Pengambilan data ini tidak melalui sistem Internet of Things AMR melainkan langsung dari meteran untuk melihat perbandingan antara sistem AMR dan meteran.



Gambar 4. 5 Meteran AMR Pelanggan PLN

Pada penelitian ini diambil sebanyak 2 sampel meteran pelanggan, dimana setiap sampel akan dilakukan pengecekan penggunaan kWh pada 2 bulan terakhir yaitu bulan Januari 2024 dan Februari 2024. Adapun hasil pengambilan data pada meteran AMR pelanggan PLN adalah sebagai berikut :

Tabel 4. 3 Hasil Bacaan Pada Meteran Pelanggan PLN

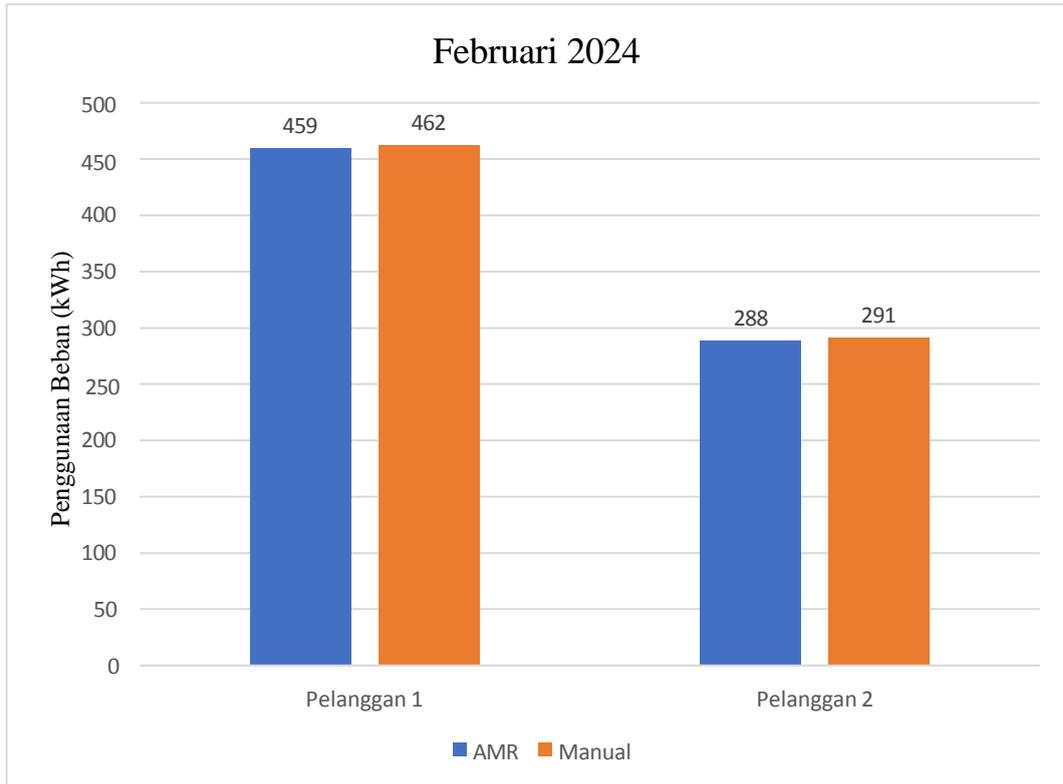
Meteran Pelanggan 1	
Bulan	Pemakaian Beban (kWh)
02-2024	462
01-2024	445
Meteran Pelanggan 2	
02-2024	291
01-2024	294

Dari tabel 4.3 dapat dilihat hasil bacaan meteran AMR pada pelanggan yang diambil secara langsung. Apabila dilakukan tahap sinkronisasi terdapat sedikit selisih antara hasil bacaan pada AMR dan hasil bacaan pada meteran pelanggan pada bulan januari dan februari 2024.

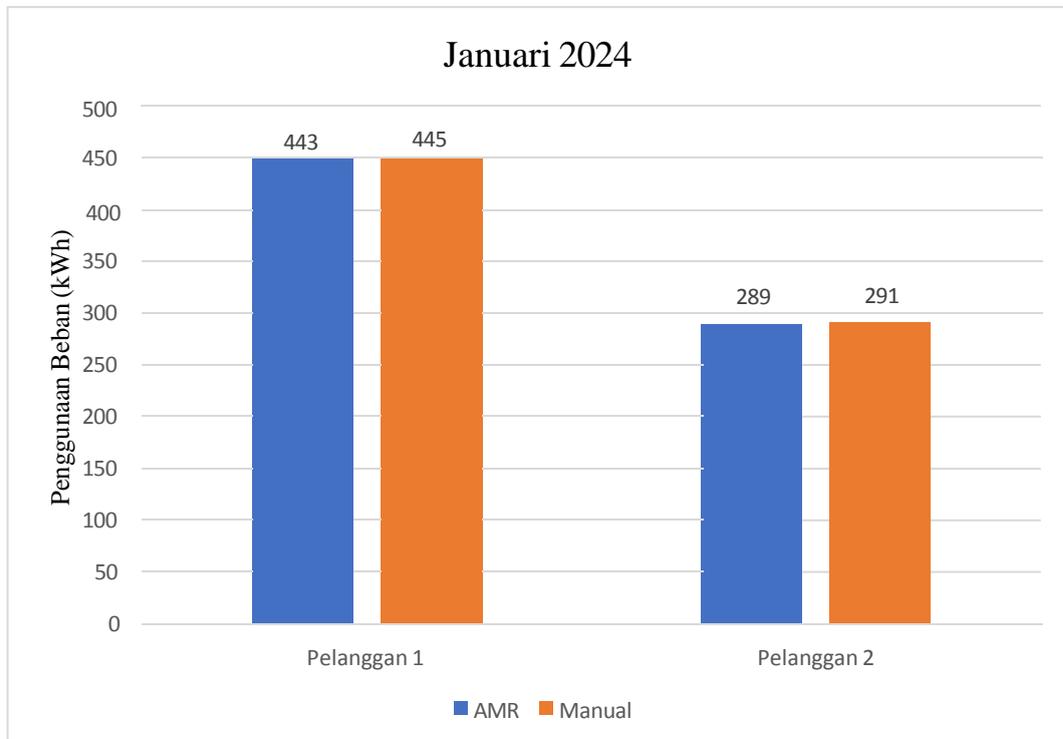
#### 4.3. Tingkat Akurasi Pembacaan AMR

Untuk mendapatkan tingkat akurasi hasil bacaan AMR, maka akan dibandingkan hasil bacaan dari data yang ada pada sistem AMR dan data yang diambil langsung dari pelanggan secara manual. Dimana sampel data yang diambil pada pelanggan secara manual adalah selama 2 bulan yaitu bulan januari dan februari.

Adapun perbandingan data hasil bacaan AMR dengan pengambilan data secara manual dapat dilihat pada grafik berikut :



Gambar 4. 6 Grafik Perbedaan Penggunaan Beban Bulan Februari



Gambar 4. 7 Grafik Perbedaan Penggunaan Beban Bulan Januari

Dapat dilihat dari ke-2 pelanggan, selisih antara hasil bacaan AMR dan meteran secara manual tidak jauh berbeda. Maka tingkat presentasi ketepatan AMR dapat dihitung dengan menggunakan persamaan :

$$\text{Akurasi (\%)} = (\text{AMR/Manual}) \times 100$$

Maka :

Pada Bulan Februari 2024

Akurasi Pada Pelanggan 1 (%)

$$= (\text{AMR/Manual}) \times 100$$

$$= (459/462) \times 100$$

$$= 0,9925 \times 100$$

$$= 99,35\%$$

Akurasi Pada Pelanggan 2 (%)

$$= (\text{AMR/Manual}) \times 100$$

$$= (288/291) \times 100$$

$$= 0,989 \times 100$$

$$= 98,9\%$$

Pada Bulan Februari 2024

Akurasi Pada Pelanggan 1 (%)

$$= (\text{AMR/Manual}) \times 100$$

$$= (443/445) \times 100$$

$$= 0,995 \times 100$$

$$= 99,5\%$$

Akurasi Pada Pelanggan 2 (%)

$$= (\text{AMR/Manual}) \times 100$$

$$= (289/291) \times 100$$

$$= 0,993 \times 100$$

$$= 99,3\%$$

Dari hasil perhitungan tingkat akurasi ketepatan hasil bacaan pada sistem AMR tingkat akurasi sebesar 99%.

#### 4.4. Analisis Kejanggalan yang Terjadi Pada AMR

Adapun contoh kasus yang terdapat kejanggalan pada AMR dapat dilihat pada tabel data AMR berikut :

Tabel 4. 4 Data Setelah AMR dan Sebelum AMR

Setelah AMR							
ID PEL	Tgl Baca	BLTH REK	Tarif	Daya	RP Tag	TGL BYR	PEM kWh
120110129346	20/02/2024	Mar-24	R1	1300	Rp495.423	20240304	319
120110129346	20/01/2024	Feb-24	R1	1300	Rp448.832	20240205	289
120110129346	20/12/2023	Jan-24	R1	1300	Rp472.128	20240103	304
120110129346	20/11/2023	Dec-23	R1	1300	Rp428.642	20231203	276
120110129346	20/10/2023	Nov-23	R1	1300	Rp543.568	20231104	350
120110129346	20/09/2023	Oct-23	R1	1300	Rp557.546	20231003	359
120110129346	20/08/2023	Sep-23	R1	1300	Rp569.970	20230904	367
Sebelum AMR/Manual							
ID PEL	Tgl Baca	BLTH REK	Tarif	Daya	RP Tag	TGL BYR	PEM kWh
120110129346	20/07/2023	Aug-23	R1	1300	Rp585.501	20230801	377
120110129346	20/06/2023	Jul-23	R1	1300	Rp675.578	20230703	435
120110129346	20/05/2023	Jun-23	R1	1300	Rp703.533	20230605	453

Dari tabel 4.4 maka dilakukan pengukuran sebanyak 3x dengan parameter ukur yaitu arus dan tegangan yang mengalir.



Gambar 4. 8 Pengukuran Arus dan Tegangan KWH AMR



Gambar 4. 9 Pengukuran Arus dan Tegangan KWH Manual

Adapun hasil data pengukuran adalah sebagai berikut :

Tabel 4. 5 Data Pengukuran KWH Meter

Pengukuran	kWh Meter AMR		kWh Meter Manual	
	Arus (Ampere)	Tegangan (Volt)	Arus (Ampere)	Tegangan (Volt)
1	0,627	231,7	0,7	235,1
2	2,381	231,7	2,5	235,1
3	3,357	231,7	3,4	235,1

Berdasarkan data pengukuran pada tabel 4.5 diatas, maka didapatkan hasil perhitungan berdasarkan rumus daya sebagai berikut :

$$P = V \cdot I \cdot \cos \Phi$$

Dimana :

$$P = \text{Daya Listrik (Watt)}$$

$$V = \text{Tegangan (Volt)}$$

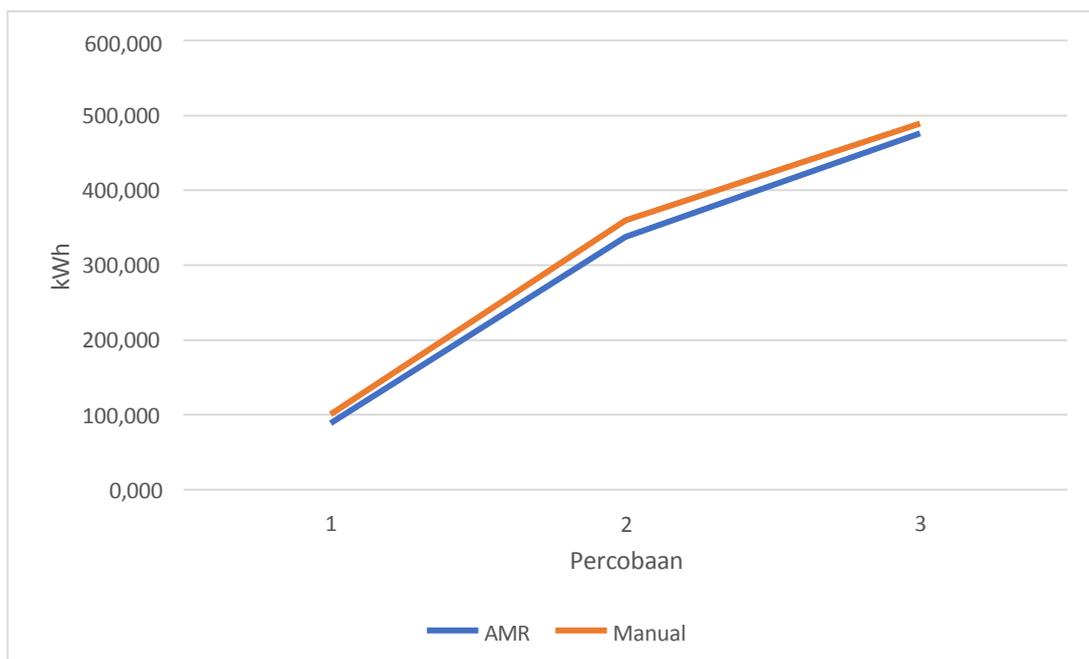
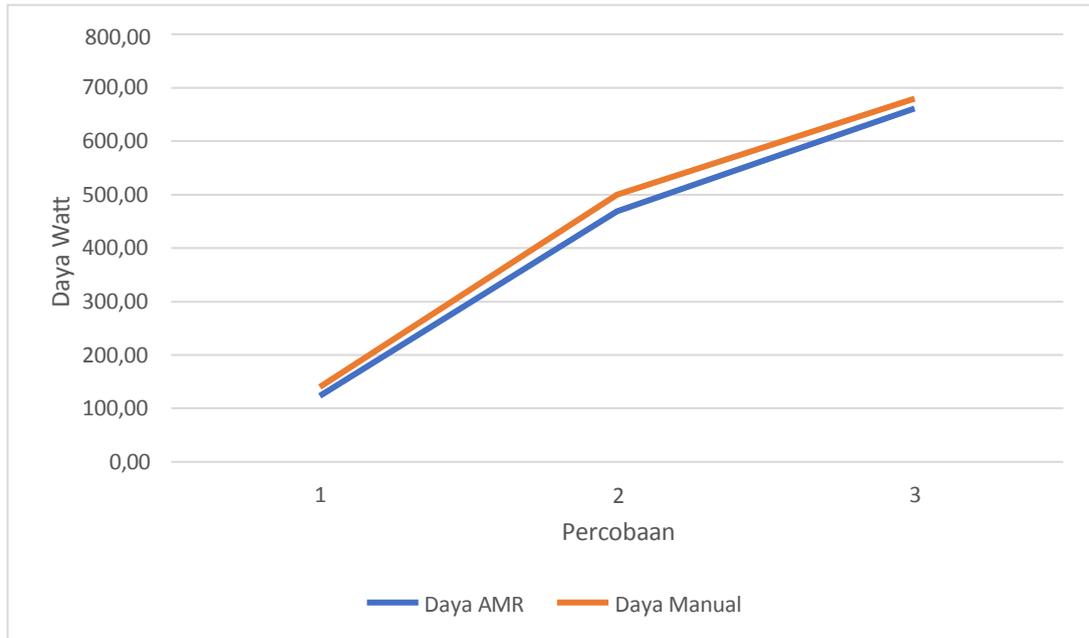
$$I = \text{Arus (Ampere)}$$

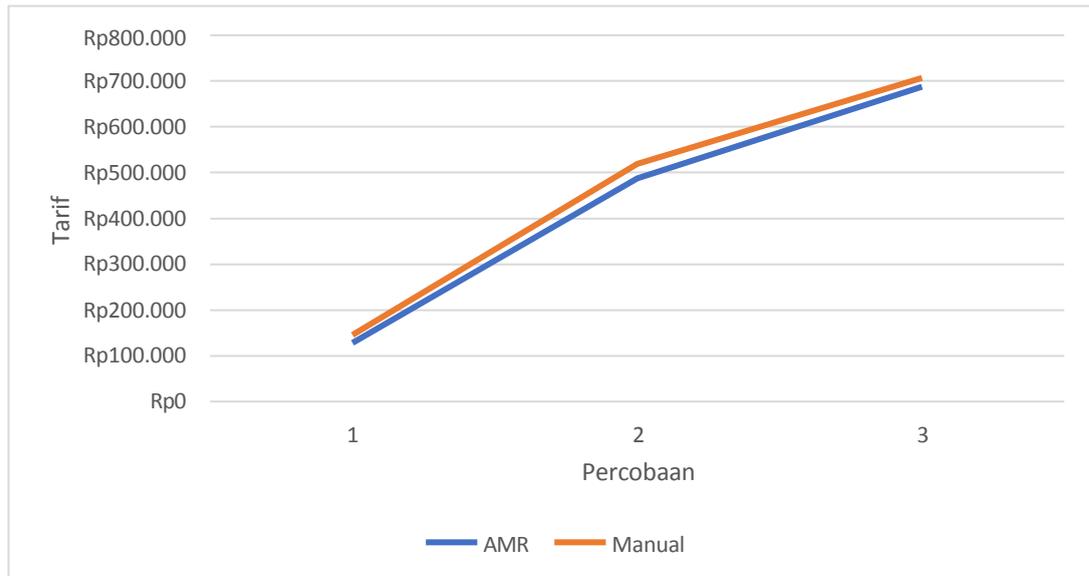
Maka dari hasil perhitungan daya, adapun daya yang dihasilkan dari masing – masing pengukuran adalah sebagai berikut :

Tabel 4. 6 Perbandingan Daya dan Tarif AMR serta Manual

Pengukuran	KWH Meter AMR				KWH Meter Manual			
	Daya (W)	kWh/Jam	kWh/Bulan	Tarif/Bulan	Daya (W)	kWh/Jam	kWh/Bulan	Tarif/Bulan
1	123,48	0,12	88,91	Rp128.447	139,88	0,14	100,72	Rp145.506
2	468,93	0,47	337,63	Rp487.769	499,59	0,50	359,70	Rp519.663
3	661,14	0,66	476,02	Rp687.712	679,44	0,68	489,20	Rp706.742

Dapat dilihat pada hasil daya dan tarif yang dihasil setelah melakukan perhitungan antara AMR dan manual terdapat perbedaan, adapun perbedaan tersebut dapat dilihat pada grafik dibawah ini :





Gambar 4. 10 Grafik Perbandingan kWh AMR dan Manual

Dapat dilihat pada ke-3 grafik, hasil yang diperoleh dari perhitungan AMR berada pada nilai dibawah manual. Hal ini terjadi disebabkan oleh hasil pengukuran arus dan tegangan yang dihasilkan pada masing – masing kWh berbeda sehingga daya yang dihasilkan beserta tarif juga berbeda.

Petugas PLN yang bertugas untuk mencatat hasil monitoring kWh meter manual melakukan tugasnya setiap bulan mulai tanggal 20 sampai dengan 28. Karena jadwal penginputan hasil bacaan kWh meter tidak selalu konsisten maka akan terjadi perbedaan total jumlah pemakaian kWh setiap bulannya.

Contoh :

$$\begin{aligned}
 P &= V \cdot I \cdot \cos\phi \\
 &= 245,1 \text{ V} \cdot 2,5 \text{ A} \cdot 0,85 \\
 &= 499,5 \text{ Watt} \\
 &= 0,499 \text{ kWh} \times 24 \text{ Jam}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{kWh} &= 11,988 \text{ kWh/hari} \\
 &= 11,988 \cdot 1444,70 \text{ (Tarif R1)} \\
 &= \text{Rp. } 17.319 / \text{ hari}
 \end{aligned}$$

Jika dilakukan pembacaan pada tanggal 21 (H+21) maka pemakaian bertambah kurang lebih Rp. 17.319. Sedangkan jika dilakukan pembacaan pada tanggal 22, maka pemakaian bertambah kurang lebih Rp. 34.648 (Total Tarif per hari dikali 2) seterusnya sampai tanggal 28 hari baca.

## **BAB 5**

### **PENUTUP**

#### **5.1. Kesimpulan**

Setelah melakukan proses penelitian maka adapun kesimpulan yang dapat diambil dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Proses pengambilan data pelanggan ataupun monitoring pelanggan PLN menggunakan sistem AMR dapat dilakukan dengan mudah melalui sistem jaringan yang memanfaatkan modem terletak pada meteran pelanggan, sehingga petugas tidak lagi datang untuk melihat meteran tetapi dapat memonitoring aktifitas pelanggan melalui sistem AMR.
2. Sistem AMR setelah dilakukan penelitian memiliki tingkat akurasi yang sangat tinggi yaitu 99% dibandingkan dengan data hasil bacaan pada meteran pelanggan secara manual.
3. Untuk mendeteksi ketidak normalan yang dapat merugikan PLN ataupun pelanggan dengan sistem AMR ini dapat dimonitor melalui sistem dengan melihat hasil bacaan arus dan tegangan yang terdeteksi. Juga dapat dilihat pada rangkaian yang mengalir pada sistem melalui AMR.

#### **5.2. Saran**

1. Dapat melakukan pengujian sistem AMR dengan jarak – jarak tertentu untuk melihat tingkat akurasi AMR dimasing – masing jarak
2. Membandingkan kinerja AMR dengan sistem monitoring kWh meter jenis lain agar mendapatkan sistem yang terbaik dalam pencatatan data pelanggan pengguna listrik.

## DAFTAR PUSTAKA

- Kandi dan Yamin Winduono. (2012). Energi dan Perubahannya, Pusat Pengembangan dan Pemberdayaan Pendidik dan Tenaga Kependidikan Ilmu Pengetahuan Alam (PPPPTK IPA).
- Eugene.C; HanapGunawan i, 1993. Mesin dan Rangkaian Listrik, Edisi Keenam, Bandung:ITB
- Yudhi P.T., Steven S dan Agustinus J. Penentuan Daya Listrik Rumah Tangga Menggunakan Metode Decision Tree. Jurnal Teknik Informatika. Universitas Sam Ratulangi, No 1, Vol: 9, 2016.
- Daru Aini, Garnia. (2012). Analisis Potensi Pemborosan Konsumsi Energi Listrik Pada Gedung Kelas Fakultas Teknik Universitas Indonesia. Universitas Indonesia. Fakultas Teknik. Skripsi. h: 26.
- Dendi Gunawan, Yanu Shalahuddin, Danang Erwanto, Studi Komparasi KWH Meter Pascabayar Dengan KWH Meter Prabayar Tentang Akurasi Pengukuran Terhadap Tarif Listrik Yang Bervariasi, SETRUM Sistem Kendali-Tenaga-Elektronika-Telekomunikasi-Komputer Article In Press, Vol. 7, No.1, 2018, p: 158-168, h: 159.
- Hartono BS, Wahyu BM, dan Sapto Prayogo. Pengembangan Kontrol Peningkatan Daya Listrik Rumah Tangga Menggunakan On/Off Grid Tie Inverter. Jurnal Teknologi Elektro.No. 3, Vol: 8, 2017, h: 192.
- Irianto, Agus. (2013). Pendidikan Sebagai Investasi Dalam Pembangunan Suatu Bangsa. Jakarta: Kencana Prenada Media Group.
- Jumadi, Juara Mangapul Tambunan. Analisis Pengaruh Jenis Beban Listrik Terhadap Kinerja Pemutus Daya Listrik Di Gedung Cyber Jakarta. Jurnal Energi & Kelistrikan. No. 2, Vol: 7, 2015.
- Jumianto, Moh Toni Prasetyo, Perancangan dan Pembuatan Prototipe KWHMeter Digital 1 Fase Berbasis Microcontroller AVR ATMEGA 32, Media Elekrika, Vol. 9, No. 2, 2016, h: 1-23.
- Ahmad Wahin, Ir Junaidi, M Iqbal Arsyad (2018) “Analisis Kapasitas Dan Kebutuhan Daya Listrik Untuk Menghemat Penggunaan Energi Listrik Di

Fakultas Teknik Universitas Tanjungpura” Program Studi Teknik Elektro  
Universitas Tanjung Pura Pontianak

Nanang Setiaji, Ir Sumpena, Agus Sugiharto (2020) “Analisis Konsumsi Daya Dan  
Distribusi Tenaga Listrik” 3Jurusan Teknik Elektro, Universitas Dirgantara  
Marsekal Suryadarma

Pamela Simamora (2019) “ Kebijakan Tarif Listrik Indonesia” Koordinator Tim  
Riset Di Institute For Essential Services Reform (IESR) Energi Terbarukan  
Dan Sistem Tenaga Listrik.

S. Sitinjak (2013) “Pemanfaatan Automatic Reading (AMR) Pada proses  
pembacaan penggunaan daya pada pelanggan listrik PLN”, Jurnal Analisis  
dan Informasi Kedirgantaraan, Pages 43-50 Volume 1

Hariyati, R., & Elektro, J. T. (2015). Analisis Pembacaan Meter Otomatis Listrik  
Dengan Menggunakan Jaringan Komunikasi. *Jurnal Energi & Kelistrikan*,  
7(1), 92–102.

Lumbantoruan, P. (2019). Uji Linieritas Antara Beda Potensial Dengan Kuat Arus  
Listrik Pada Beberapa Medium. *Jurnal Penelitian Fisika Dan Terapannya  
(JUPITER)*, 1(1), 20. <https://doi.org/10.31851/jupiter.v1i1.3109>

Rajagukguk, M., & Tangkuman, S. (2008). Pengaruh Beda Potensial Terhadap  
Displacement Vertikal Pada Electrical-Thermal Actuator. *Jurnal ELKHA*,  
1(1), 12–15.

Lukman, F. S., Mubarak, H., & Hasibuan, A. (2022). Power Bank kWh Meter  
Automatic Meter Reading. *RELE (Rekayasa Elektrikal Dan Energi) : Jurnal  
Teknik Elektro*, 4(2), 129–133. <https://doi.org/10.30596/rele.v4i2.9560>

Rahman, F., Basuki, A., & Aknuranda, I. (2019). Pengambilan Data secara  
Bergerak pada Automatic Meter Reading Bertopologi Mesh. *Jurnal Teknologi  
Informasi Dan Ilmu Komputer*, 6(1), 1–8.  
<https://doi.org/10.25126/jtiik.201961695>

Surusa, F. E. P., Humena, S., & Nani, F. Y. (2022). Analisa Susut Non Teknis  
Menggunakan Automatic Meter Reading (AMR) Pada Pelanggan Potensial.  
*Jambura Journal of Electrical and Electronics Engineering*, 4(1), 1–7.  
<https://doi.org/10.37905/jjee.v4i1.11272>

Wiharja, U., & Albahar, A. K. (2017). Analisa Deteksi Ketidaknormalan Meter

Elektronik Dengan Sistem Automatic Meter Reading. *Jurnal Ilmiah  
Elektrokrisna*, 6(1), 89–96.



UMSU  
Unggul | Cerdas | Terpercaya

UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA (UMSU)

FAKULTAS TEKNIK-TEKNIK ELEKTRO

BERITA ACARA BIMBINGAN TUGAS AKHIR (SKRIPSI)

Nama : M. Fadhila Luthfi  
NPM : 1907220048  
Fakultas/Jurusan : Teknik/ Teknik Elektro  
Judul Tugas Akhir : "Analisa Pemantauan Pemakaian Energi Listrik Pelanggan dengan Menggunakan Sistem AMR (Automatic Meter Reading) di PT. PLN (Persero) ULP Helvetia"

No	Tanggal	Catatan Asistensi	Paraf Pembimbing
1.	11/8-2023	Buat Bab 1 Pendahuluan	
2.	20/8/2023	Perbaiki sitensi di foto instalasi.	
3.	11/9-2023	Perbaiki Tulisan pada Bab 2	
4.	10/9-2023	Laufit Bab 3	
5.	15/9-2023	perbaiki Flocor pada Bab 3	
6.	27/9-2023	perbaiki tulisan sesuaikan Form tulisan	
7.	4/10/2023	Ace laufit sempro.	

Mengetahui,  
Pembimbing I

Partaonan Harahap S.T., M.T



UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA (UMSU)

FAKULTAS TEKNIK-TEKNIK ELEKTRO

UMSU  
Unggul | Cerdas | Terpercaya

BERITA ACARA BIMBINGAN TUGAS AKHIR (SKRIPSI)

Nama : M.Fadhila Luthfi  
NPM : 1907220048  
Fakultas/Jurusan : Teknik/ Teknik Elektro  
Judul Tugas Akhir : "Analisa Pemantauan Pemakaian Energi Listrik Pelanggan Dengan Menggunakan Sistem AMR (Automatic Meter Reading) Di PT. PLN (Persero) ULP Helvetia"

No	Tanggal	Catatan Asistensi	Paraf Pembimbing
1.	10/12/2023	perbaiki hasil simpul	<i>[Signature]</i>
2.	20/12/2023	buat proada pulita	<i>[Signature]</i>
3.	28/12/2023	leapt Bab 4	<i>[Signature]</i>
4.	5/1/2024	pada hasil pulita	<i>[Signature]</i>
5.	9/1/2024	urugi penulisan perbaw Ur BABS	<i>[Signature]</i>
6.	11/1/2024	leapt perbaiki Daf terustele	<i>[Signature]</i>
7.	14/1/2024	Acc gambar dan pulita teloran	<i>[Signature]</i>

Mengetahui,  
Pembimbing I

*[Signature]*  
Partaonan Harahap S.T., M.T



UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA (UMSU)

FAKULTAS TEKNIK-TEKNIK ELEKTRO

BERITA ACARA BIMBINGAN TUGAS AKHIR (SKRIPSI)

Nama : M. Fadhlila Luthfi  
NPM : 197220048  
Fakultas/Jurusan : Teknik/ Teknik Elektro  
Judul Tugas Akhir : "Perbandingan Pemantauan Pemakaian Energi Listrik Pelanggan dengan Menggunakan Sistem AMR (Automatic Meter Reading) di PT. PLN (Persero) ULP Helvetia"

No	Tanggal	Catatan Asistensi	Paraf Pembimbing
1.	29/3-2024	Perbaiki Bab 4	
2.	27/3-2024	Acc untuk sidy. skripsi	

Mengetahui,

Pembimbing I

  
Partaonan Harahap S.T.,M.T

## DAFTAR RIWAYAT HIDUP



### DATA PRIBADI

Nama Lengkap : M Fadhlila Luthfi  
Alamat : Jl Umar No 22 Medan  
Npm : 1907220048  
Tempat/Tanggal Lahir : Medan, 15 Januari 2002  
Jenis Kelamin : Laki-Laki  
Agama : Islam  
Status : Belum Menikah  
No Telepon/Whatsapp : 081265998549  
Email : imomluthfi@gmail.com  
Tinggi/Berat Badan : 170 cm/70 kg  
Kewarganegaraan : Indonesia

### DATA ORANG TUA

Nama Ayah : Alm. Burhanuddin  
Nama Ibu : Nurlela  
Alamat Orang Tua : Jl Umar No 22 Medan

### RIWAYAT PENDIDIKAN

2007-2013 : SD Negeri 060843 Medan  
2013-2016 : SMP Negeri 37 Medan  
2016-2019 : SMA Negeri 7 Medan  
2019-2023 : S1 Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah  
Sumatera Utara

**PEBANDINGAN PEMANTAUAN PEMAKAIAN ENERGI  
LISTRIK PELANGGAN DENGAN MENGGUNAKAN SISTEM  
AMR (AUTOMATIC METER READING) DI  
PT. PLN (PERSERO)  
ULP HELVETIA**

M Fadhilila Luthfi (1907220048)  
Program Studi Teknik Elektro  
Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, Medan

**ABSTRAK**

AMR (Automatic Meter Reading) merupakan pengukur daya listrik berbasis digital yang sudah dilengkapi dengan pengendali elektronik dan antarmuka komunikasi. Penelitian ini bertujuan untuk membandingkan hasil bacaan AMR dengan KWH meter manual agar mengetahui tingkat error yang dihasilkan. Dengan metode pengambilan data pada 2 jenis KWH meter ini akan dapat diketahui perbandingan dari ke-2 nya. roses pengambilan data pelanggan ataupun monitoring pelanggan PLN menggunakan sistem AMR dapat dilakukan dengan mudah melalui sistem jaringan yang memanfaatkan modem terletak pada meteran pelanggan, sehingga petugas tidak lagi datang untuk melihat meteran tetapi dapat memonitoring aktifitas pelanggan melalui sistem AMR. istem AMR setelah dilakukan penelitian memiliki tingkat akurasi yang sangat tinggi yaitu 99% dibandingkan dengan data hasil bacaan pada meteran pelanggan secara manual. Untuk mendeteksi ketidak normalan yang dapat merugikan PLN ataupun pelanggan dengan sistem AMR ini dapat dimonitor melalui sistem dengan melihat hasil bacaan arus dan tegangan yang terdeteksi. Juga dapat dilihat pada rangkaian yang mengalir pada sistem melalui AMR.

**Kata Kunci :** AMR, KWH Meter, Tarif Listrik, Daya Listrik

## **ABSTRACT**

*AMR (Automatic Meter Reading) is a digital-based electric power meter that is equipped with an electronic controller and communication interface. This research aims to compare the results of AMR readings with manual KWH meters in order to determine the level of error produced. With this method of collecting data on the 2 types of KWH meters, you will be able to find out the comparison between the two. collecting customer data or monitoring PLN customers using the AMR system can be done easily through a network system that utilizes a modem located on the customer's meter, so that officers no longer come to look at the meter but can monitor customer activity through the AMR system. After research, the AMR system has a very high level of accuracy, namely 99% compared to manual reading data on customer meters. To detect abnormalities that could be detrimental to PLN or customers, this AMR system can be monitored through the system by looking at the results of the detected current and voltage readings. It can also be seen in the circuit that flows through the system via AMR.*

**Keywords:** *AMR, KWH Meter, Electricity Tariff, Electric Power*

## **BAB I PENDAHULUAN**

### **1.1.Latar Belakang**

Di Indonesia, AMR baru diterapkan untuk pelanggan-pelanggan besar seperti perusahaan dan pabrik-pabrik besar. Sedangkan di daerah perumahan, sebagian besar masih menggunakan kwh (Kilo Watt Hour) meter analog dan sebagian lagi ada yang sudah menggunakan kwh meter digital yang dilengkapi kartu prabayar. Kwh meter analog atau digital tersebut belum dilengkapi fasilitas canggih seperti AMR. Untuk setiap periode evaluasi data kwh dari seluruh pelanggan listrik di daerah perumahan, perusahaan listrik harus mengerahkan banyak petugas listrik untuk mencatat data kwh dari semua pelanggannya tersebut.

Dengan menggunakan AMR, suatu perusahaan penyedia layanan listrik dapat memantau penggunaan daya listrik dan status pembayaran rekening listrik dari setiap rumah pelanggannya melalui website perusahaan yang diberi nama AMR-online. Seorang admin dari perusahaan tersebut cukup duduk di depan komputer yang terhubung dengan internet, membuka website AMR-online, memeriksa database pelanggan, dan menentukan pelanggan mana yang harus diputus aliran listriknya. Pemeriksaan database dari tiap-tiap pelanggan berguna untuk mengetahui status pelanggan. Misalnya, apabila pelanggan x belum melunasi pembayaran rekening listriknya, maka admin akan mengubah database status pelanggan x menjadi off dari website AMR-online-nya untuk memutus aliran listrik pelanggan tersebut. AMR di setiap rumah pelanggan dilengkapi dengan

switch relay yang terhubung dengan pengendali elektronik dalam AMR. Hal ini yang memungkinkan admin dari perusahaan penyedia layanan listrik dapat memutus aliran listrik pelanggan melalui websitenya.

Berdasarkan hal di atas, penulis tertarik untuk mengangkat judul mengenai “Analisa Pemantauan Pemakaian Energi Listrik Pada Pelanggan Potensial Dengan Menggunakan Sistem AMR (Automatic Meter Reading) Di PT. PLN (PERSERO) ULP HELVETIA” guna menganalisa serta membandingkan pengaruh pemanfaatan pemasangan AMR terhadap pemantauan pemakaian energi listrik yang tidak wajar oleh pelanggan potensial PLN

### **1.2.Rumusan Masalah**

Adapun rumusan masalah yang diambil pada penelitian ini adalah :

1. Bagaimana hasil pembacaan data pelanggan PLN dengan menggunakan alat pembaca AMR?
2. Bagaimana kemungkinan terjadinya kejanggaran yang terjadi pada kWh meter yang menyebabkan pemakaian energi listrik yang tidak wajar oleh pelanggan potensial PLN?
3. Bagaimana mempermudah pekerjaan petugas cater dalam melakukan pembacaan pengukuran energi yang terpakai oleh pelanggan potensial PLN?

### **1.3.Tujuan Penelitian**

Adapun tujuan penelitian sebagai berikut :

1. Untuk mengetahui pemanfaatan hasil data pembacaan AMR.

Untuk menganalisa kemungkinan terjadinya kejanggaran yang terjadi pada kWh meter, berupa kekeliruan pengawatan kWh meter, sehingga menyebabkan

2. pemakaian energi listrik yang tidak wajar oleh pelanggan potensial PLN.
3. Untuk memudahkan pekerjaan petugas cater dalam melakukan pembacaan pengukuran energi yang terpakai oleh pelanggan potensial PLN.

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1. Tinjauan Pustaka Relevan**

Penelitian dengan tema yang relevan dengan penelitian ini telah banyak dilakukan oleh penelitian sebelum – sebelumnya. Adapun tinjauan pustaka relevan dengan penelitian ini adalah sebagai berikut :

Indonesia merupakan negara yang mempunyai kekayaan alam dan keanekaragaman sumber energi yang melimpah, diantaranya yaitu energi air, angin, matahari, minyak bumi, gas, batubara, dan energi terbarukan . Mengingat besarnya manfaat energi listrik mengakibatkan ketersediaan sumber energi listrik menjadi terbatas. Saat ini, ketersediaan sumber energi listrik tidak mampu memenuhi peningkatan kebutuhan listrik di Indonesia salah satunya penggunaan listrik rumah tangga. Dengan demikian peneliti melakukan penelitian ini dengan tujuan untuk mengetahui jumlah total energi listrik yang dihasilkan. Penelitian ini menggunakan pendekatan mix method yang dilaksanakan di kabupaten Aceh Besar di kecamatan Darul imarah pada komplek Villa Buana Gardenia. Objek yang diteliti sebanyak 50 rumah dengan teknik pengambilan sampel yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan teknik pengambilan sampel acak. Instrument yang dipakai adalah kuesioner dan wawancara. Data yang

diperoleh dari penelitian ini adalah jumlah daya listrik yang paling tinggi adalah AC dengan total daya yang dikeluarkan sebesar 22050 watt dan lama pemakaian peralatan elektronik yang paling lama adalah kulkas dengan total jam dalam sehari selama 1200 jam atau 4320000 detik dalam sehari. Dari total daya dan lama waktu pemakaian peralatan elektronik jumlah total energi yang paling banyan menyedot energi listrik adalah rice cooker dengan daya sebesar 17500 watt dan lama waktu pemakaian selama 2332800 detik atau 648 jam dalam sehari dan total energi listrik yang dihasilkan sebesar 40.824 MJ. Dapat disimpulkan bahwa jumlah daya dan lama waktu pemakaian sangat berpengaruh terhadap energy listrik yang dihasilkan. (Ikhsanto, 2020)

Sejak adanya internet, komunikasi antara satu komputer dengan komputer lainnya diseluruh dunia menjadi sangat mudah. Hampir semua orang didunia telah memanfaatkan internet untuk keperluan bisnis, pendidikan, rumah tangga, hingga hiburan. Contoh aplikasi internet yang biasa digunakan antara lain email, chatting, video conference, elearning, hingga game online. Pada skripsi ini, internet dengan protocol TCP/IP dimanfaatkan sebagai sarana pengiriman data dari dan ke simulasi AMR. Data dari simulasi AMR berupa counter simulasi nilai kilo watt hour (KWH) yang dibuat dalam program mikro kontroller AVR, sedangkan data ke simulasi AMR berupa data serial yang diterima mikro kontroller AVR sebagai input untuk mengendalikan relay on atau off. Pengendalian relay merupakan simulasi untuk memutus aliran listrik dari AMR atau tidak. Keseluruhan

proses simulasi pengendali AMR secara otomatis diatur oleh windows application yang dibuat dengan bahasa pemrograman Vb.net. (Trapsilo & Teknik, 2019)

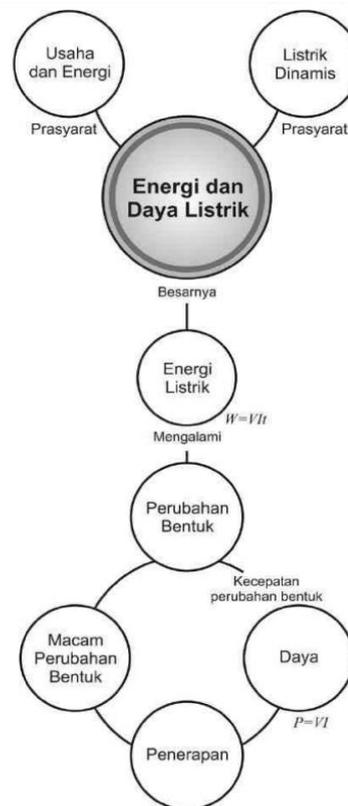
Susut KWh (Loses) menjadikan indikator khusus kinerja pada PT PLN (Persero) Rayon Binjai Timur, mengingat angka prosentase susut KWh yang berkisar 6 hingga 7 % pada tahun 2007 – 2008. Dengan total jumlah konsumen yang dilayani sampai dengan bulan Desember 2008 berjumlah 47.185 konsumen dengan tuntutan yang semakin hari semakin kompleks tentunya diperlukan strategi manajemen, khususnya dalam peningkatan kinerja dan pelayanan di PT PLN (Persero) Rayon Binjai Timur ini. Dengan jumlah pelanggan yang tersebar serta pegawai yang terbatas, untuk memudahkan monitoring dan evaluasi serta pelayanan agar dapat berjalan dengan baik, maka dibutuhkan pemasangan meter energi elektronik (meter transaksi) dan kelengkapannya di pelanggan dengan skala prioritas disesuaikan dengan pelanggan yang mempunyai kontribusi pendapatan besar ke PT. PLN (Persero) Rayon Binjai Timur. Kebutuhan paling utama penggunaan Meter elektronik (ME) pada sisi Perusahaan adalah akurasi, kecepatan dan kemudahan dalam pengambilan data. Pada sisi akurasi dapat terpenuhi oleh klas ME yang terpasang, sedangkan untuk kecepatan dan kemudahan diperlukan sistem tersendiri yang sulit untuk dilakukan secara manual oleh manusia. Oleh karena itu dibutuhkan suatu sistem terintegrasi yang dapat memenuhi kebutuhan tersebut yaitu dengan sistem AMR (Automatic Meter Reading). Sebelum mengambil keputusan

untuk menerapkan sistem AMR, harus dilakukan pengkajian yang komprehensif minimal mencakup : jenis media komunikasi, software AMR, spesifikasi Meter Elektronik, struktur organisasi dan pegawai yang mengelola, biaya operasional dan sarana/prasarana pendukung yang tersedia, sehingga sasaran yang dikehendaki dengan penerapan AMR tercapai. (Sriwidjanarko, 2019)

## 2.2. Landasan Teori

### 2.2.1. Energi Listrik

Internet of Things, atau IoT, adalah teknologi internet masa depan yang menjanjikan. Internet of Things (IoT) adalah jaringan yang menghubungkan sensor, aktuator, dan objek sehari-hari yang digunakan dalam perawatan kesehatan, transportasi, dan militer. Segala sesuatu di sekitar kita terhubung dengan internet melalui IoT (Sarhan, 2018: 40).



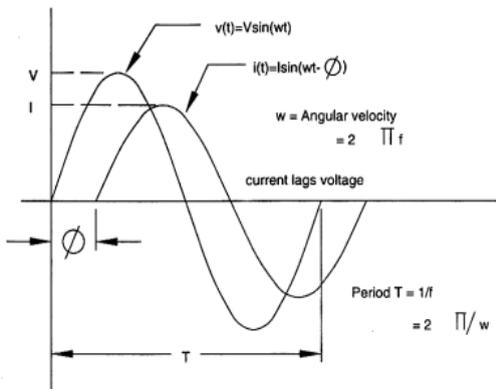
## Gambar Konsep Energi Listrik

### 2.2.2. Kualitas Daya Listrik

Listrik yang berkualitas adalah listrik yang mempunyai tegangan dan frekuensi yang konstan sesuai dengan nilai nominalnya. Dalam kisaran yang ditentukan, frekuensi yang stabil dan sangat dekat dengan nilai nominalnya (dalam sepersekian persen) (Von Meier Alexander, 2006). Permasalahan yang sering terjadi pada kualitas daya listrik (power quality) yaitu permasalahan daya listrik yang mengalami penyimpangan baik tegangan, arus, dan frekuensi sehingga menimbulkan kegagalan atau kesalahan operasi pada peralatan

### 2.2.3. Daya Listrik

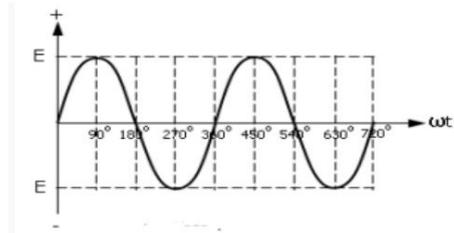
Daya memiliki arti sebagai energi per satuan waktu (Von Meier Alexander, 2006). Daya merupakan jumlah energi listrik yang digunakan untuk melakukan usaha di dalam sistem tenaga listrik. Satuan untuk daya listrik umumnya adalah Waatt. Daya pada suatu sistem tegangan bolak-bali (AC) dikenal dengan tiga macam yaitu daya aktif (nyata) dengan simbol (P) satuannya adalah Watt (W), daya reaktif dengan simbol (Q) satuannya adalah volt ampere reactive (VAR) dan daya semu dengan simbol (S) satuannya adalah volt ampere (VA).



Gambar Gelombang Sinus

### 2.2.4. Beda Potensial dan Frekuensi

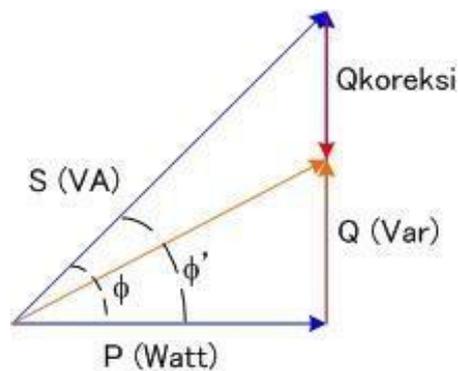
Beda potensial listrik adalah perbedaan potensial listrik antara dua titik dalam rangkaian listrik. Beda potensial listrik merupakan ukuran beda potensial yang mampu membangkitkan medan listrik sehingga menyebabkan timbulnya arus listrik dalam sebuah konduktor listrik. Agar terjadi aliran muatan (arus listrik) dalam suatu rangkaian tertutup, maka harus ada beda potensial di kedua ujung rangkaian. Beda potensial listrik adalah energi tiap satuan muatan. Beda potensial listrik memiliki satuan Volt, simbol untuk beda potensial listrik adalah V, alat untuk mengukur beda potensial disebut Voltmeter..



Gambar Gelombang Sinus 2

### 2.2.5. Faktor Daya

Faktor daya adalah perbandingan antara daya aktif dengan daya semu (C. Sankaran, 2002). Faktor daya atau faktor kerja menggambarkan sudut fasa antara daya aktif dan daya semu. Daya aktif digunakan untuk mengoperasikan beban-beban pada pelanggan listrik. Daya semu dihasilkan oleh generator pembangkit yang ditransmisikan ke pelanggan listrik. Daya reaktif yang bertambah akan menyebabkan turunnya faktor daya listrik. Cara yang mudah untuk mengantisipasi turunnya faktor daya listrik dapat dilakukan dengan memilih beban-beban yang mempunyai faktor daya besar juga dapat dilakukan dengan memasang kapasitor:



Gambar Prinsip Faktor Daya

### 2.2.6. Beban Listrik

Beban sistem tenaga listrik merupakan pemakaian tenaga listrik dari para pelanggan listrik. Oleh karenanya, besar kecilnya beban beserta perubahannya tergantung pada kebutuhan para pelanggan akan tenaga listrik. Tidak ada perhitungan eksak mengenai besarnya beban sistem pada suatu saat, yang bisa dilakukan hanyalah membuat perkiraan beban. Dalam pengoperasian sistem tenaga listrik harus selalu diusahakan agar daya yang dibangkitkan sama dengan beban sistem. Maka masalah perkiraan beban merupakan masalah yang sangat menentukan bagi kelembagaan listrik baik segi-segi manajerial maupun bagi segi operasional, oleh karena itu perlu mendapat perhatian khusus. Untuk dapat membuat perkiraan beban yang sebaik mungkin perlu beban sistem tenaga listrik yang sudah terjadi di masa lalu dianalisa. (Ahmad Wahin, 2018)

### 2.2.7. Beban Listrik Rumah

Pemakaian beban listrik rumah tangga pada umumnya beban rumah tangga berupa lampu untuk penerangan, alat rumah tangga, seperti TV, kipas angin, lemari es, penyejuk udara, mixer, oven, motor pompa air dan sebagainya. Beban rumah tangga biasanya memuncak

pada malam hari. Peralatan – peralatan tersebut umumnya mempunyai nilai pemakaian energi yang besar berbeda tergantung pada komponen peralatan. Untuk komponen peralatan rumah tangga tidak lepas dari ketiga beban listrik. Beban listrik resistif murni terdapat pada penerangan yaitu lampu pijar, sedangkan untuk lampu hemat energi terdapat beban induktif di dalamnya. Begitu juga untuk peralatan rumah tangga lainnya yang termasuk dalam kategori peralatan elektronik ketiga beban di atas termasuk didalamnya.

### 2.2.8. Karakteristik Beban

Faktor kebutuhan adalah perbandingan antara kebutuhan maksimum dalam sebuah sistem dengan total beban yang terpasang atau terhubung pada system tersebut. Faktor kebutuhan tergantung pada jenis dan kegiatan dari konsumen, berapa besarnya tergantung lokasi dan system tenaga.8 Kebutuhan sistem listrik adalah beban pada terminal terima secara rata-rata dalam suatu selang (interval) waktu tertentu. Beban tersebut bisa dalam satuan Ampere, kilo Ampere, kilo Watts dan kilo Volt Ampere. Kebutuhan beban listrik pada suatu daerah tergantung dari keadaan penduduk, pertumbuhan ekonomi, rencana pengembangannya dalam waktu dekat dan waktu yang akan datang. Sehingga kebutuhan mendatang sangat bergantung pada faktor faktor yang dapat diketahui tersebut. Secara matematis faktor kebutuhan dapat ditulis sebagai berikut :

$$\text{Faktor Kebutuhan} = \frac{\text{Beban Puncak}}{\text{Beban Terpasang}}$$

Faktor kebutuhan dipakai untuk menentukan kapasitas (biaya) dari peralatan tenaga listrik yang diperlukan untuk melayani beban

tersebut. Karena ada pengaruhnya terhadap investasi, maka faktor kebutuhan ini menjadi penting dalam menentukan jadwal pembiayaannya. Berikut faktor kebutuhan dari beberapa jenis bangunan : a. Perumahan sederhana 50 – 75% b. Perumahan besar 40 – 65% c. Kantor 60 – 80% d. Toko sedang 40 – 60% e. Toko serba ada 70 – 90% f. Industry Sedang 35 – 65%. Kebutuhan maksimum dapat terjadi selama waktu satu jam, harian, mingguan, bulanan atau tahunan. Kebutuhan maksimum adalah sebagai kebutuhan yang terbesar yang dapat terjadi dalam suatu selang tertentu, biasanya terjadi dalam selang 15 menit, selang 30 menit atau dalam hal-hal tertentu 60 menit

### 2.2.9. Tarif Beban

Ada dua jenis mekanisme tarif yang digunakan di program LisDes, dengan dan tanpa subsidi. Tarif bersubsidi akan dikenakan pada wilayah usaha yang ditetapkan oleh Menteri ESDM atas usulan gubernur (Permen ESDM No. 38/2016). Diluar itu, akan dikenakan tarif non-subsidi yang ditetapkan oleh gubernur. Dalam hal gubernur tidak dapat menetapkan tarif non-subsidi, pemerintah akan menetapkan tarif berdasarkan TTL PT. PLN. Besaran subsidi yang diberikan kepada badan usaha bergantung pada TTL rumah tangga daya 450 VA, Biaya Pokok Penyediaan (BPP), ditambah marjin. Adapun mekanisme penyesuaian TTL (tari adjustment) PT. PLN bergantung pada BPP, nilai tukar mata uang Dollar Amerika terhadap Rupiah (kurs), Indonesian Crude Price (ICP), dan inflasi. Terdapat dua tipe pembayaran listrik di Indonesia, tarif pascabayar yang dibayar setelah pemakaian listrik oleh konsumen pada bulan berikutnya dan tarif

prabayar, dimana konsumen membayar kuota listriknya terlebih dulu. Listrik dianggap sebagai barang untuk kepentingan strategis sehingga tidak dikenakan pajak pertambahan nilai (PPN), kecuali untuk rumah dengan kapasitas daya lebih dari 6600 VA. (Pamela Simamora, 2019)

### 2.2.10. AMR

AMR (Automatic Meter Reading) adalah suatu alat berbasis digital yang dapat mencatat penggunaan daya listrik, debit air, atau gas secara lengkap dan mentransfer data ke database pusat. Transfer data dapat menggunakan jaringan telepon (kabel atau nirkabel), frekuensi radio (RF), atau powerline transmisi. Salah satu bentuk fisik dari AMR dapat dilihat pada Gambar. (Sitinjak, 2013).



Gambar AMR

## BAB III METODE PENELITIAN

### 3.1. Pendekatan Penelitian

Pada PT PLN (PERSERO) UPT Helvetia ini untuk pembacaan dan pemantauan energi listrik pada pelanggan sebagian sudah menggunakan automatic meter reading (AMR) ataupun pembacaan penggunaan daya oleh pelanggan

listrik dilakukan secara otomatis melalui jaringan. Dimana alat ini dapat menginformasikan data – data penggunaan pelanggan kepada PT. PLN secara langsung tanpa harus turun ke lapangan untuk cek secara manual seperti pada umumnya.

Penggunaan AMR ini sering kali terjadi missing ataupun terjadi perbedaan data antara yang dilaporkan dengan hasil bacaan manual. Hal ini menyebabkan data yang sampai tidak sinkron antara AMR dan petugas pada lapangan PT.PLN, maka dari itu perlunya dilihat tingkat akurasi dan error AMR dalam membaca dan menyampaikan data pelanggan PT. PLN

### **3.2.Tempat Penelitian**

Penelitian ini dilakukan pada PT. PLN (PERSERO) ULP HELVETIA, dimana dilakukan pada pelanggan – pelanggan yang telah menggunakan AMR sebagai alat monitoring penggunaan daya listrik

### **3.3.Pengumpulan Data**

Demi mendukung penelitian ini, adapun data yang diperlukan adalah sebagai berikut :

a. Data Automatic Meter Reading (AMR)

Data AMR ini didapat dari hasil bacaan dan report data yang dihasilkan oleh AMR. Dimana data ini berupa angka pemakaian beban yang meliputi daya penggunaan dan tarif biaya yang dikenakan pada pelanggan pengguna daya listrik. Data ini didapat dari PT. PLN PERSERO ULP HELVETIA.

b. Data Manual Penggunaan Daya

Data manual penggunaan daya adalah hampir sama dengan data yang dihasilkan oleh AMR, namun data ini didapat melalui pengambilan data secara manual yang dilakukan

dengan cara melihat kWh meter milik pelanggan PLN pada saat posisi awal dan pada saat posisi akhir. Posisi awal adalah dimana memulai pengambilan data sedangkan posisi akhir adalah berakhirnya pengambilan data. Meteran posisi akhir akan dikurangi dengan meteran posisi awal untuk mendapat daya yang digunakan selama satu bulan oleh pelanggan daya listrik PT. PLN

### **3.4. Teknik Analisis**

Dari data yang telah dikumpulkan, maka langkah selanjutnya adalah proses analisis data yang ada. Adapun langkah – langkah teknik analisis data pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Langkah awal adalah melakukan pengambilan data hasil bacaan yang ada pada AMR dan juga pada kWh meter secara manual
2. Setelah kedua data yang diperlukan diperoleh, maka akan dihitung nilai perbandingannya.
3. Acuan nilai perbandingan adalah data yang diambil secara manual yang ada pada kWh meter milik pelanggan PLN, karna data ini diambil secara langsung ke kWh meter pelanggan dan dinilai lebih akurat.
4. Nilai yang dihasilkan AMR akan dibandingkan dengan nilai kWh meter data manual yang kemudian dilihat tingkat margin error atau kesalahan pengukuran pada AMR
5. Selanjutnya akan disimpulkan apakah hasil bacaan AMR ini memiliki tingkat ketepatan yang tinggi atau tidak

### **3.5. Teknik Analisis**

Dari data yang telah dikumpulkan, maka langkah selanjutnya adalah proses analisis data yang ada. Adapun langkah – langkah teknik analisis data pada

penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Langkah awal adalah melakukan pengambilan data hasil bacaan yang ada pada AMR dan juga pada kWh meter secara manual
2. Setelah kedua data yang diperlukan diperoleh, maka akan dihitung nilai perbandingannya.
3. Acuan nilai perbandingan adalah data yang diambil secara manual yang ada pada kWh meter milik pelanggan PLN, karna data ini diambil secara langsung ke kWh meter pelanggan dan dinilai lebih akurat.
4. Nilai yang dihasilkan AMR akan dibandingkan dengan nilai kWh meter data manual yang kemudian dilihat tingkat margin error atau kesalahan pengukuran pada AMR
5. Selanjutnya akan disimpulkan apakah hasil bacaan AMR ini memiliki tingkat ketepatan yang tinggi atau tidak

### 3.6. Alur Penelitian

Adapun prosedur pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Mencari penelitian – penelitian sebelumnya dalam bentuk jurnal yang membahas tentang AMR dan kWh meter serta literatur tentang perhitungan beban listrik
2. Setelah studi literatur dirasa cukup kemudian selanjutnya adalah pengumpulan data. Adapun data yang dikumpulkan meliputi data hasil bacaan AMR yang didapat dari PT. PLN dan hasil bacaan kWh meter yang didapat dari pengambilan data secara manual ke rumah pelanggan pengguna daya listrik.
3. Kemudian, setelah data – data dikumpulkan, selanjutnya adalah pengolahan data. Data yang ada yaitu membandingkan hasil bacaan dari kedua metode pengambilan data.
4. Pada kesimpulan penelitian ini akhir dari penelitian, dimana

proses dari awal sampai akhir penelitian dibuat suatu kesimpulan yang mencakup keseluruhan penelitian.

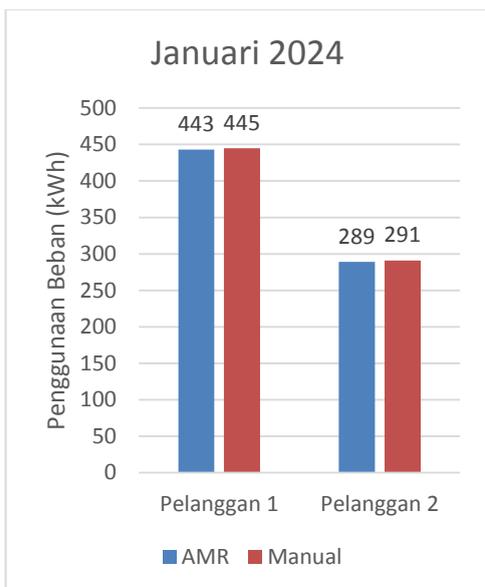
## BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1. Akurasi AMR

Untuk mendapatkan tingkat akurasi hasil bacaan AMR , maka akan dibandingkan hasil bacaan dari data yang ada pada sistem AMR dan data yang diambil langsung dari pelanggan secara manual. Dimana sampel data yang diambil pada pelanggan secara manual adalah selama 2 bulan yaitu bulan januari dan februari.

Adapun perbandingan data hasil bacaan AMR dengan pengambilan data secara manual dapat dilihat pada grafik berikut :





Maka :

#### Pada Bulan Februari 2024

Akurasi Pada Pelanggan 1 (%)

$$= (\text{AMR/Manual}) \times 100$$

$$= (459/462) \times 100$$

$$= 0,9925 \times 100$$

$$= 99,35\%$$

Akurasi Pada Pelanggan 2 (%)

$$= (\text{AMR/Manual}) \times 100$$

$$= (288/291) \times 100$$

$$= 0,989 \times 100$$

$$= 98,9\%$$

#### Pada Bulan Februari 2024

Akurasi Pada Pelanggan 1 (%)

$$= (\text{AMR/Manual}) \times 100$$

$$= (443/445) \times 100$$

$$= 0,995 \times 100$$

$$= 99,5\%$$

Akurasi Pada Pelanggan 2 (%)

$$= (\text{AMR/Manual}) \times 100$$

$$= (289/291) \times 100$$

$$= 0,993 \times 100$$

$$= 99,3\%$$

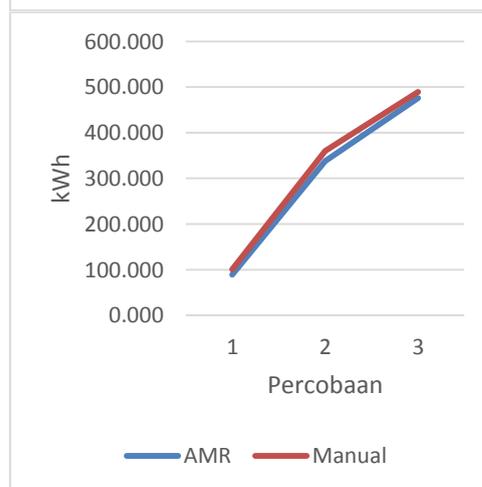
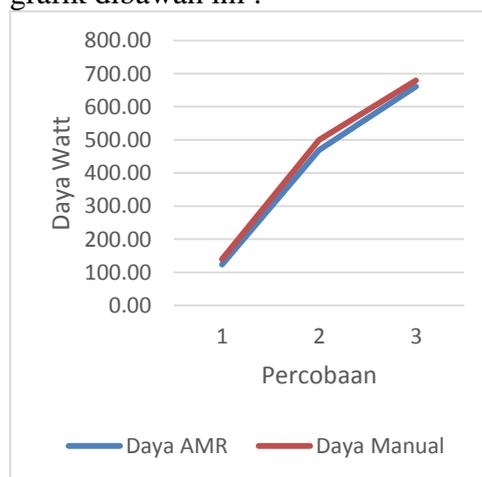
Dari hasil perhitungan tingkat akurasi ketepatan hasil bacaan pada sistem AMR tingkat akurasi sebesar 99%.

#### 4.2. Analisis Kejanggalaan

Pengu- uran	kWh Meter AMR		kWh Meter Manual	
	Arus (Amp)	Tegan- gan	Arus (Amp)	Tegan- gan

	(ere)	(Volt)	(ere)	(Volt)
1	0,627	231,7	0,7	235,1
2	2,381	231,7	2,5	235,1
3	3,357	231,7	3,4	235,1

Dapat dilihat pada hasil daya dan tarif yang dihasil setelah melakukan perhitungan antara AMR dan manual terdapat perbedaan, adapun perbedaan tersebut dapat dilihat pada grafik dibawah ini :





Dapat dilihat pada ke-3 grafik, hasil yang diperoleh dari perhitungan AMR berada pada nilai dibawah manual. Hal ini terjadi disebabkan oleh hasil pengukuran arus dan tegangan yang dihasilkan pada masing – masing kWh berbeda sehingga daya yang dihasilkan beserta tarif juga berbeda.

Petugas PLN yang bertugas untuk mencatat hasil monitoring kWh meter manual melakukan tugasnya setiap bulan mulai tanggal 20 sampai dengan 28. Karena jadwal penginputan hasil bacaan kWh meter tidak selalu konsisten maka akan terjadi perbedaan total jumlah pemakaian kWh setiap bulannya.

Contoh :

$$\begin{aligned}
 P &= V \cdot I \cdot \cos\phi \\
 &= 245,1 \text{ V} \cdot 2,5 \text{ A} \cdot 0,85 \\
 &= 499,5 \text{ Watt} \\
 &= 0,499 \text{ kWh} \times 24 \text{ Jam}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{kWh} &= 11,988 \text{ kWh/hari} \\
 &= 11,988 \cdot 1444,70 \text{ (Tarif R1)} \\
 &= \text{Rp. } 17.319 / \text{hari}
 \end{aligned}$$

Jika dilakukan pembacaan pada tanggal 21 (H+21) maka pemakaian bertambah kurang lebih Rp. 17.319. Sedangkan jika dilakukan pembacaan pada tanggal 22, maka pemakaian bertambah kurang lebih Rp. 34.648 (Total Tarif per hari dikali 2) seterusnya sampai tanggal 28 hari baca.

## BAB V PENUTUP

### 5.1. Kesimpulan

Adapun Kesimpulan pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Proses pengambilan data pelanggan ataupun monitoring pelanggan PLN menggunakan sistem AMR dapat dilakukan dengan mudah melalui sistem jaringan yang memanfaatkan modem terletak pada meteran pelanggan, sehingga petugas tidak lagi datang untuk melihat meteran tetapi dapat memonitoring aktifitas pelanggan melalui sistem AMR.
2. Sistem AMR setelah dilakukan penelitian memiliki tingkat akurasi yang sangat tinggi yaitu 99% dibandingkan dengan data hasil bacaan pada meteran pelanggan secara manual.
3. Untuk mendeteksi ketidaknormalan yang dapat merugikan PLN ataupun pelanggan dengan sistem AMR ini dapat dimonitor melalui sistem dengan melihat hasil bacaan arus dan tegangan yang terdeteksi. Juga dapat dilihat pada rangkaian yang mengalir pada sistem melalui AMR

### DAFTAR PUSTAKA

- Kandi dan Yamin Winduono. (2012). Energi dan Perubahannya, Pusat Pengembangan dan Pemberdayaan Pendidik dan Tenaga Kependidikan Ilmu Pengetahuan Alam (PPPPTK IPA).
- Eugene.C; HanapGunawan i, 1993. Mesin dan Rangkaian Listrik, Edisi Keenam, Bandung:ITB
- Yudhi P.T., Steven S dan Agustinus J. Penentuan Daya Listrik

- Rumah Tangga Menggunakan Metode Decision Tree. *Jurnal Teknik Informatika*. Universitas Sam Ratulangi, No 1, Vol: 9, 2016.
- Daru Aini, Garnia. (2012). Analisis Potensi Pemborosan Konsumsi Energi Listrik Pada Gedung Kelas Fakultas Teknik Universitas Indonesia. Universitas Indonesia. Fakultas Teknik. Skripsi. h: 26.
- Dendi Gunawan, Yanu Shalahuddin, Danang Erwanto, Studi Komparasi KWH Meter Pascabayar Dengan KWH Meter Prabayar Tentang Akurasi Pengukuran Terhadap Tarif Listrik Yang Bervariasi, SETRUM Sistem Kendali-Tenaga-Elektronika-Telekomunikasi-Komputer Article In Press, Vol. 7, No.1, 2018, p: 158-168, h: 159.
- Hartono BS, Wahyu BM, dan Sapto Prayogo. Pengembangan Kontrol Peningkatan Daya Listrik Rumah Tangga Menggunakan On/Off Grid Tie Inverter. *Jurnal Teknologi Elektro*. No. 3, Vol: 8, 2017, h: 192.
- Irianto, Agus. (2013). Pendidikan Sebagai Investasi Dalam Pembangunan Suatu Bangsa. Jakarta: Kencana Prenada Media Group.
- Jumadi, Juara Mangapul Tambunan. Analisis Pengaruh Jenis Beban Listrik Terhadap Kinerja Pemutus Daya Listrik Di Gedung Cyber Jakarta. *Jurnal Energi & Kelistrikan*. No. 2, Vol: 7, 2015.
- Jumianto, Moh Toni Prasetyo, Perancangan dan Pembuatan Prototipe KWHMeter Digital 1 Fase Berbasis Microcontroller AVR ATMEGA 32, *Media Elekrika*, Vol. 9, No. 2, 2016, h: 1-23.
- Ahmad Wahin, Ir Junaidi, M Iqbal Arsyad (2018) “Analisis Kapasitas Dan Kebutuhan Daya Listrik Untuk Menghemat Penggunaan Energi Listrik Di Fakultas Teknik Universitas Tanjungpura” Program Studi Teknik Elektro Universitas Tanjung Pura Pontianak
- Nanang Setiaji, Ir Sumpena, Agus Sugiharto (2020) “Analisis Konsumsi Daya Dan Distribusi Tenaga Listrik” 3Jurusan Teknik Elektro, Universitas Dirgantara Marsekal Suryadarma
- Pamela Simamora (2019) “Kebijakan Tarif Listrik Indonesia” Koordinator Tim Riset Di Institute For Essential Services Reform (IESR) Energi Terbarukan Dan Sistem Tenaga Listrik.
- S. Sitinjak (2013) “Pemanfaatan Automatic Reading (AMR) Pada proses pembacaan penggunaan daya pada pelanggan listrik PLN”, *Jurnal Analisis dan Informasi Kedirgantaraan*, Pages 43-50 Volume 1
- Hariyati, R., & Elektro, J. T. (2015). Analisis Pembacaan Meter Otomatis Listrik Dengan Menggunakan Jaringan Komunikasi. *Jurnal Energi & Kelistrikan*, 7(1), 92–102.
- Lumbantoruan, P. (2019). Uji Linieritas Antara Beda Potensial Dengan Kuat Arus Listrik Pada Beberapa Medium. *Jurnal Penelitian Fisika Dan Terapannya (JUPITER)*, 1(1), 20.

- <https://doi.org/10.31851/jupiter.v1i1.3109>
- Rajagukguk, M., & Tangkuman, S. (2008). Pengaruh Beda Potensial Terhadap Displacement Vertikal Pada Electrical-Thermal Actuator. *Jurnal ELKHA*, 1(1), 12–15.
- Lukman, F. S., Mubarak, H., & Hasibuan, A. (2022). Power Bank kWh Meter Automatic Meter Reading. *RELE (Rekayasa Elektrikal Dan Energi) : Jurnal Teknik Elektro*, 4(2), 129–133. <https://doi.org/10.30596/rele.v4i2.9560>
- Rahman, F., Basuki, A., & Aknuranda, I. (2019). Pengambilan Data secara Bergerak pada Automatic Meter Reading Bertopologi Mesh. *Jurnal Teknologi Informasi Dan Ilmu Komputer*, 6(1), 1–8. <https://doi.org/10.25126/jtiik.201961695>
- Surusa, F. E. P., Humena, S., & Nani, F. Y. (2022). Analisa Susut Non Teknis Menggunakan Automatic Meter Reading (AMR) Pada Pelanggan Potensial. *Jambura Journal of Electrical and Electronics Engineering*, 4(1), 1–7. <https://doi.org/10.37905/jjee.v4i1.11272>
- Wiharja, U., & Albahar, A. K. (2017). Analisa Deteksi Ketidaknormalan Meter Elektronik Dengan Sistem Automatic Meter Reading. *Jurnal Ilmiah Elektrokrisna*, 6(1), 89–96.