

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini memaparkan tinjauan pustaka yang bertujuan untuk memberikan dasar teori serta latar belakang ilmiah bagi penelitian ini. Tinjauan ini meliputi penelitian sebelumnya dan landasan teori. Dalam penyusunan penelitian, peneliti mengacu pada berbagai penelitian sebelumnya yang terkait, guna memperkuat latar belakang masalah dan studi-studi mencakup berbagai aspek yang berhubungan dengan topik yang diusulkan dalam penelitian ini.

#### 2.1 Penelitian Sebelumnya

Dalam bagian ini, akan dibahas hasil penelitian sebelumnya yang relevan dengan topik penelitian berdasarkan studi literatur, dokumen dan arsip yang mendukung. Peneliti menggunakan referensi dari beberapa penelitian sebelumnya untuk menjadi salah satu acuan dasar dalam mengembangkan dan merancang sistem. Dikarenakan penelitian tentang monitoring daya listrik berbasis *internet of things* menggunakan protokol *message queuing telemetry transport* sudah pernah dilakukan oleh beberapa peneliti sebelumnya, berikut penjelasan dari penelitian sebelumnya yang berkaitan.

Pada penelitian yang dilakukan oleh Budi Prayitno, Pritasari Palupiningsih, dan Herman Bedi Agtriadi pada tahun 2019 dengan judul “Prototipe Sistem Monitoring Penggunaan Daya Listrik Peralatan Elektronik Rumah Tangga Berbasis *Internet Of Things*”. Penelitian ini dilatarbelakangi oleh tingginya konsumsi daya listrik pada sektor rumah tangga yang disebabkan oleh berbagai peralatan elektronik seperti kulkas, televisi, dispenser, lampu, dan AC. Pelanggan PLN seringkali merasa penggunaan listrik mereka boros tetapi tidak mengetahui peralatan mana yang menghabiskan daya listrik terbesar. Metode penelitian yang digunakan adalah metode prototipe yang melibatkan tiga tahap utama yaitu pembuatan sistem, pengumpulan data, dan proses monitoring. Pembuatan sistem meliputi perancangan perangkat keras dan perangkat lunak. Hasil penelitian menunjukkan bahwa prototipe sistem monitoring yang dibuat dapat mengukur arus, tegangan, dan daya listrik dari peralatan elektronik rumah tangga secara *real-time*. Informasi ini kemudian ditampilkan dalam bentuk grafik melalui *platform*

*Thingspeak*, memungkinkan pelanggan untuk memantau penggunaan listrik secara lebih efisien dan mengidentifikasi peralatan yang mengonsumsi daya terbesar. Dengan demikian, pelanggan dapat mengatur penggunaan peralatan elektronik mereka untuk mengurangi konsumsi daya listrik (Prayitno & Palupiningsih, 2019).

Pada penelitian yang dilakukan oleh Zaiyan Ahyadi, Amiennudin, Elvan Prasetyo, Saifullah, dan Imansyah Noor pada tahun 2021 dengan judul “Sistem IOT Untuk Monitoring Penggunaan Energi Listrik Dengan Protokol MQTT”. Penelitian ini dilatarbelakangi oleh kebutuhan akan pemantauan konsumsi energi listrik secara efisien dan praktis tanpa perlu pencatatan manual oleh petugas. Penelitian ini menggunakan metode pembuatan prototipe alat. Prototipe akan diujicoba secara bertahap untuk memverifikasi bahwa setiap bagian bekerja dengan baik sebelum diuji secara keseluruhan. Hasil penelitian ini adalah pengembangan sistem monitoring KWH meter secara otomatis berbasis IoT dengan menggunakan protokol MQTT. Sistem ini memungkinkan pembacaan stand KWH meter secara *remote* melalui komputer atau *smartphone* karena telah berbasis *web*. Dengan menggunakan KWh meter yang mendukung pembacaan data oleh mikrokontroler melalui protokol *modbus*, sistem ini mampu menampilkan nilai energi listrik, tegangan, dan frekuensi secara *real time* melalui jaringan internet. Ini memberikan kemudahan dalam monitoring penggunaan energi listrik (Ahyadi et al., 2021).

Pada penelitian yang dilakukan oleh Edi Kurniawan, Dwi Songgo Pangaudi, dan Eko Nugroho Widjatmoko pada tahun 2022 dengan judul “Perancangan Sistem Monitoring Konsumsi Daya Listrik Berbasis Android”. Penelitian ini dilatarbekangi untuk mengatasi masalah ketidaksesuaian tagihan listrik dengan konsumsi sebenarnya, yang sering disebabkan oleh kesalahan pencatatan meteran listrik oleh petugas PLN. Dengan menggunakan teknologi *Internet of Things* (IoT), penelitian ini mengembangkan sistem monitoring konsumsi daya listrik yang memanfaatkan sensor PZEM-004T yang dikalibrasikan dengan clamp meter. Metode penelitian melibatkan pengujian sensor, pengukuran tegangan dan arus, serta pengiriman data ke aplikasi *Blynk* melalui jaringan internet. Hasil penelitian menunjukkan tingkat akurasi sensor yang tinggi dengan persentase kesalahan sekitar  $\pm 6\%$ , meskipun terdapat kesalahan di atas 5% pada pengukuran arus

disebabkan oleh tingkat ketelitian alat ukur. Hasil penelitian sistem ini memungkinkan pengguna untuk memantau data arus listrik, tegangan listrik, daya listrik, dan biaya yang dibebankan secara *real-time*, serta melakukan monitoring jarak jauh melalui aplikasi *Blynk*, sehingga dapat membantu pengguna dalam mengelola penggunaan listrik dengan lebih efisien (Kurniawan et al., 2022).

Pada penelitian yang dilakukan oleh James William Jokana, Arif Widodo, Nur Kholis, dan Lusia Rakhmawati pada tahun 2022 dengan judul “Rancang Bangun Alat Monitoring Daya Listrik Berbasis IoT Menggunakan *Firebase* Dan Aplikasi Android”. Penelitian ini dilatarbelakangi oleh kebutuhan akan pemantauan penggunaan daya listrik yang efisien dan kesadaran akan pentingnya penghematan energi dalam kehidupan sehari-hari. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode kuantitatif, di mana data numerik tentang tegangan, arus, daya, dan energi listrik dikumpulkan dan dianalisis secara statistik. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem monitoring yang dikembangkan menggunakan sensor PZEM-004T dan NodeMCU memiliki tingkat akurasi sebesar 95%, dengan kesalahan sensor yang rendah pada pengukuran tegangan, arus, daya, dan energi listrik (Jokanan et al., 2022).

Pada penelitian yang dilakukan oleh Friendly, Ajulio Padly, Sharfina Faza, Andam Luckyhasnita, Rezha Destiadi pada tahun 2024 dengan judul “*Design and Implementation of IOT Connection with WebSockets Using PHP*”. Penelitian ini berfokus pada kecepatan dan efisiensi dalam mengontrol perangkat IoT melalui teknologi *WebSockets*. Metode penelitian melibatkan perbandingan *WebSockets* dengan metode komunikasi lain seperti MQTT dan API, serta eksperimen untuk mengukur waktu pertukaran data di berbagai kondisi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa *WebSockets* memiliki keunggulan dalam menangani data yang lebih besar dan komunikasi dua arah, meskipun waktu komunikasi dapat meningkat seiring dengan ukuran data dan beban pengguna. Rata-rata waktu pertukaran data ditemukan antara 500ms hingga 700ms, dengan beberapa anomali pada ukuran data yang lebih tinggi. Kesimpulan dari penelitian ini adalah bahwa meskipun *WebSockets* efektif untuk komunikasi IoT, transfer data yang lebih besar dapat meningkatkan waktu transmisi (Friendly et al., 2023).

Pada penelitian yang dilakukan oleh Megi Lestari, Irwan, dan Indah Riezky Pratiwi pada tahun 2024 dengan judul “Sistem Pemantauan Daya Listrik Berbasis *Website*”. Penelitian ini dilatarbelakangi oleh kebutuhan akan pemantauan konsumsi daya listrik yang efektif dan akurat untuk menghindari pemborosan energi dan biaya. Metode penelitian yang digunakan melibatkan penggunaan sensor PZEM-004T dan mikrokontroler ESP32 untuk mengukur dan memantau konsumsi daya listrik, yang kemudian data tersebut diolah dan disimpan ke dalam *database* melalui jaringan internet. Implementasi *website* sebagai alat pemantauan daya listrik berhasil memberikan hasil yang akurat, dengan tingkat akurasi data mencapai 96,15%. Pengguna dapat dengan mudah mengakses informasi mengenai konsumsi daya listrik mereka secara *real-time* melalui *website* yang terhubung dengan internet. Dengan demikian, hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem pemantauan daya listrik berbasis *website* memberikan solusi yang efektif dan nyaman bagi pengguna dalam mengelola dan memantau konsumsi daya listrik mereka (Lestari & Pratiwi, 2024).

Pada penelitian yang dilakukan oleh Bagas Adiansyah, Agus Setiawan, dan Yusuf Margowadi pada tahun 2024 dengan judul “Rancang Bangun Alat Monitoring Parameter Kelistrikan Tiga Fasa Secara *Real-time* Berbasis *Telegram*”, penelitian ini berfokus pada pengembangan alat monitoring listrik tiga fasa menggunakan sensor PZEM-004T yang terintegrasi dengan mikrokontroler ESP32. Metode penelitian melibatkan perancangan perangkat keras dan perangkat lunak, serta integrasi sistem dengan *platform Telegram* untuk monitoring jarak jauh. Hasil penelitian menunjukkan bahwa alat tersebut mampu menampilkan parameter seperti tegangan, arus, daya aktif, dan frekuensi dengan akurasi tinggi, memiliki rata-rata *Error* hanya sebesar 0,021%, yang sesuai dengan standar IEC No. 13B-23. Penelitian ini menyimpulkan bahwa integrasi teknologi IoT dan *Telegram* menawarkan solusi inovatif dan efisien dalam manajemen energi listrik secara berkelanjutan (Adiansyah et al., 2024).

Selanjutnya pada bagian ini akan membahas tinjauan dasar teoritis mengenai peneliti sebelumnya yang relevan dengan topik pembahasan peneliti secara ringkas pada tabel 2.1 dibawah ini.

**Tabel 2.1 Peneliti Sebelumnya Yang Relevan**

<b>Nama Peliti</b>	<b>Judul</b>	<b>Persamaan</b>	<b>Perbedaan</b>
<b>(Prayitno &amp; Palupiningsih, 2019)</b>	Prototipe Sistem Monitoring Penggunaan Daya Listrik Peralatan Elektronik Rumah Tangga Berbasis <i>Internet Of Things</i>	Penelitian ini melakukan monitoring berupa data arus, tegangan dan daya peralatan elektronik rumah tangga berbasis IoT.	Penelitian ini menggunakan <i>Thingspeak</i> sebagai <i>platform</i> IoT dan tidak menggunakan protokol komunikasi.
<b>(Ahyadi et al., 2021)</b>	Sistem Iot Untuk Monitoring Penggunaan Energi Listrik Dengan Protokol MQTT	Penelitian ini merancang sistem yang memperlihatkan nilai energi listrik, tegangan dan frekuensi dapat dibaca secara <i>real-time</i> melalui jaringan internet.	Penelitian ini menggunakan protokol <i>modbus</i> untuk KWH dalam mendukung pembacaan data oleh mikrokontroler.
<b>(Kurniawan et al., 2022)</b>	Perancangan Sistem Monitoring Konsumsi Daya Listrik Berbasis Android	Penelitian ini merancang sistem monitoring penggunaan daya listrik pelanggan dari jarak jauh.	-
<b>(Jokanan et al., 2022)</b>	Rancang Bangun Alat Monitoring Daya Listrik Berbasis IoT Menggunakan <i>Firestore</i> Dan Aplikasi Android	Penelitian ini menggunakan sensor PZEM-004T sebagai pendeteksi nilai arus dan tegangan pada listrik AC, mikrokontroler berupa NodeMCU, dan menggunakan <i>platform</i> IoT berupa <i>Blynk</i> untuk pemantauan penggunaan daya listrik.	-
<b>(Friendly et al., 2023)</b>	<i>Design and Implementation of IOT Connection with WebSockets Using PHP</i>	Penelitian ini melibatkan perbandingan <i>WebSockets</i> dengan metode komunikasi lain seperti MQTT.	-
<b>(Lestari &amp; Pratiwi, 2024)</b>	Sistem Pemantauan Daya Listrik Berbasis <i>Website</i>	Penelitian ini menggunakan sensor PZEM-004T sebagai pengolahan data.	-
<b>(Adiansyah et al., 2024)</b>	Rancang Bangun Alat Monitoring Parameter Kelistrikan Tiga Fasa Secara <i>Real-time</i> Berbasis <i>Telegram</i>	Penelitian ini membahas parameter kelistrikan dan penggunaan sensor PZEM-004T.	Penelitian ini tidak menggunakan protokol MQTT, namun menggunakan <i>Telegram</i> untuk memperoleh data yang dikirimkan menggunakan <i>internet of things</i> .

## **2.2 Landasan Teori**

Pada bagian ini peneliti menyajikan berbagai teori dan konsep yang relevan terkait dalam penelitian ini. Penjabaran mengenai teori yang relevan diharapkan dapat memberikan pemahaman yang lebih mendalam tentang topik penelitian yang berjudul “Rancang Bangun Sistem Monitoring Daya Listrik Berbasis *Internet Of Things* Menggunakan Protokol *Message Queuing Telemetry Transport* (MQTT)”.

### **2.2.1 Sistem Informasi**

Sistem informasi adalah suatu sistem yang mengintegrasikan aktivitas manusia dengan teknologi untuk mengumpulkan, menyimpan, mengelola, dan menyebarkan informasi yang diperlukan dalam sebuah organisasi. Komponen utama dari sistem ini mencakup perangkat keras, perangkat lunak, basis data, sumber daya manusia, dan prosedur yang saling bekerja sama untuk mendukung operasional organisasi. Lebih dari sekadar infrastruktur teknologi, sistem informasi berfungsi sebagai elemen kunci dalam bisnis modern, memungkinkan organisasi untuk meningkatkan efisiensi, pengambilan keputusan, dan daya saing (Mukhlis & Alya Rizky Natasya, 2024).

### **2.2.2 Sistem Monitoring**

Dalam penelitian ini, sistem monitoring digunakan sebagai alat untuk memantau, mengawasi, mengamati atau mengecek dengan cermat terhadap suatu kegiatan atau situasi secara terus-menerus untuk mendapatkan informasi terkini atau memastikan bahwa kegiatan tersebut berjalan sesuai dengan yang diharapkan. Salah satu penerapan penelitian ini bertujuan agar sistem monitoring dapat mendeteksi nilai data arus, tegangan, daya listrik dan estimasi biaya yang berkaitan dengan penggunaan daya listrik sehingga dapat dikatakan bagian dari sistem informasi penggunaan daya (Al Farizi & Widyartono, 2023).

### **2.2.3 Sistem Pengambilan Keputusan**

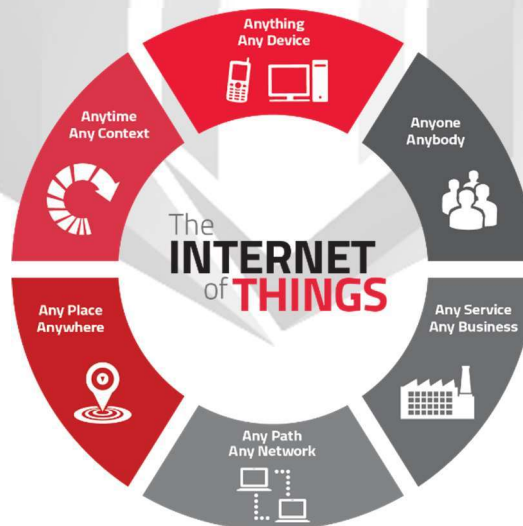
Sistem Pendukung Keputusan (SPK) adalah sistem yang dirancang untuk membantu proses pengambilan keputusan dengan mengintegrasikan data dan teknologi informasi. SPK dapat diterapkan untuk menganalisis dan memantau data

kelistrikan secara *real-time*, mendukung pengambilan keputusan yang lebih cepat. Sistem ini memungkinkan pemantauan yang efektif terhadap parameter kelistrikan seperti tegangan, arus, dan daya, sehingga mempermudah identifikasi potensi masalah dan pengelolaan energi secara efisien (Hermansyah et al., 2023).

#### 2.2.4 *Internet Of Things (IoT)*

*Internet Of Things* merupakan infrastruktur jaringan global yang dapat memungkinkan adanya pengendalian, komunikasi, dan kerja sama dengan berbagai *hardware* melalui konektivitas jaringan internet yang tersambung secara terus menerus sehingga dapat bertukar informasi satu sama lain tanpa campur tangan manusia dengan berinteraksi kapan dan dimana saja.

Gambar 2.1 menunjukkan arsitektur IoT yang terdiri dari beberapa layer, yaitu *sensor layer*, *network layer*, *management service layer* dan *application layer*. *Sensor layer* berfungsi untuk mengumpulkan data melalui perangkat berupa sensor dan aktuator. *Network layer* berfungsi menghubungkan perangkat melalui protokol seperti Wi-Fi atau *Bluetooth*. *Management service layer* mengelola, menyimpan dan menganalisis data yang dikumpulkan, sementara *Application layer* menyediakan antarmuka bagi pengguna untuk memanfaatkan data tersebut (Ardelia et al., n.d.).



**Gambar 2.1 *Internet Of Things***  
(Sumber : bte-jkt.telkomuniversity.ac.id)

### 2.2.5 Tegangan Listrik

Potensi atau tekanan listrik dari suatu sumber listrik besar tegangan listriknya ditentukan oleh perbedaan potensi antara satu titik dengan titik lainnya. Satuan tegangan listrik adalah volt disingkat dengan huruf V dan mempunyai symbol huruf E. Alat yang digunakan untuk mengukur tegangan listrik adalah volt meter (Muhammad & Sardi, 2022).

### 2.2.6 Arus Listrik

Aliran muatan listrik yang melalui jalur listrik atau banyaknya elektron bebas yang mengalir dalam suatu penghantar dan merupakan lingkaran tertutup persatuan waktu. Satuan arus listrik adalah ampere disingkat dengan huruf A dan mempunyai simbol I. Alat yang digunakan untuk mengukur arus listrik disebut Ampere meter. Pada penelitian ini menggunakan arus bolak-balik (AC) yang dimana arah aliran muatan bergantian secara teratur antara dua arah dan umumnya jenis arus yang diberikan oleh sumber listrik dan digunakan pada jaringan listrik rumah tangga (Manik et al., 2021).

### 2.2.7 Daya Listrik

Kekuatan yang terkandung dalam aliran arus dan tegangan listrik melalui hambatan dengan besaran tertentu satuan daya listrik. Daya listrik mengacu jumlah energi listrik yang dikonsumsi atau dihasilkan oleh suatu perangkat atau sistem dalam waktu tertentu (Tresna Umar Syamsuri et al., 2023). Perhitungan daya listrik diperoleh sebagai berikut dibawah ini:

$$P = V \times I \dots\dots\dots(2.1)$$

**Rumus 2-1 Perhitungan Daya Listrik**

**(Sumber : [www.wilsoncables.com](http://www.wilsoncables.com))**

Dimana:

P = Daya Listrik dengan satuan watt (W)

V = Tegangan Listrik dengan satuan volt (V)

I = Arus listrik dengan satuan ampere (A)



### 2.2.8 Energi Listrik

Jumlah total energi yang dihasilkan atau digunakan oleh perangkat listrik selama periode waktu tertentu. Energi ini biasanya diukur dalam satuan seperti kilowatt-jam (kWh). Pengguna perlu menghitung konsumsi daya perangkat dalam watt dan durasi penggunaannya dalam jam (Lakapu et al., 2021). Perhitungan energi listrik diperoleh sebagai berikut ini:

$$E = P \times t \dots\dots\dots(2.2)$$

#### Rumus 2-2 Perhitungan Energi Listrik

(Sumber : Lakapu et al., 2021)

Dimana:

E = Energi Listrik dalam kilowatt-jam(kWh)

P = Daya Listrik dalam kilowatt (kW)

t = Durasi penggunaan dalam jam (jam)

### 2.2.9 Perhitungan KWh

KWh meter adalah alat ukur yang digunakan untuk mengukur tegangan, arus, daya, faktor daya, frekuensi, dan energi listrik yang digunakan pada beban atau peralatan listrik tertentu yang terhubung selama jangka waktu tertentu (Ryan Hidayat et al., 2022). Cara menghitung penggunaan KWh dengan menggunakan rumus dibawah ini:

$$Biaya listrik perjam = \frac{P}{1000} \times biaya per KWh \dots\dots\dots (2.3)$$

#### Rumus 2-3 Perhitungan Biaya Listrik Perjam

(Sumber : *web.pln.co.id*)

$$Biaya listrik permenit = \frac{P}{1000} \times \frac{1}{60} \times biaya per KWh \dots\dots\dots(2.4)$$

#### Rumus 2-4 Perhitungan Biaya Listrik Permenit

(Sumber : *web.pln.co.id*)

Berikut tabel yang menjelaskan biaya per-kWh pelanggan rumah tangga pada Januari 2024, berdasarkan golongan daya yang digunakan.

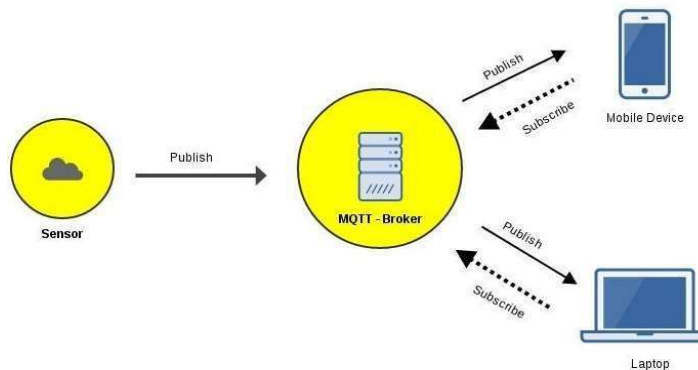
**Tabel 2. 2 Tarif Listrik Pelanggan Rumah Tangga (Januari 2024)**

Golongan Tarif	Daya (VA)	Tarif per-Kwh (Rp)
Golongan R-1/TR	900 VA	Rp 1.352
Golongan R-1/TR	1.300 VA	Rp 1.444,70
Golongan R-1/TR	2.200 VA	Rp 1.444,70
Golongan R-2/TR	3.500-5.500 VA	Rp 1.699,53
Golongan R-3/TR	6.600 VA	Rp 1.699,53

Sumber: [web.pln.co.id](http://web.pln.co.id)

### 2.2.10 Protokol *Internet Of Things*

Salah satu jenis protokol *internet of things* adalah MQTT (*Message Queuing Telemetry Transport*) yang menerapkan mekanisme *Publish* dan *Subscribe*. Terdapat tiga komponen utama dalam protokol MQTT yaitu *publisher*, *broker*, dan *subscriber*. *Publisher* bertanggung jawab untuk mengirimkan data sensor yang tersimpan dalam topik/topic tertentu. *Subscriber* akan menerima informasi berupa data sensor yang dikirim oleh *publisher* setelah terlebih dahulu berlangganan pada topik yang sama dengan *publisher*. Dengan kata lain, *subscriber* harus memiliki topik yang identik dengan *publisher* agar dapat menerima informasi. Protokol MQTT berjalan di atas stack protokol TCP/IP. Protokol MQTT memiliki dua komponen utama, yaitu MQTT *Client* dan MQTT *Broker*. MQTT *Client* adalah protokol yang digunakan pada perangkat seperti Arduino, sedangkan MQTT *Broker* bertugas untuk mengelola proses *publish* dan *subscribe* data. Protokol MQTT merupakan protokol yang ringan, terbuka, sederhana dan menggunakan *bandwidth* rendah sehingga dapat dimanfaatkan dalam berbagai kondisi, termasuk untuk kebutuhan *Internet of Things* (IoT) dan komunikasi mesin ke mesin (M2M) (Suprianto et al., 2023).



**Gambar 2.2 Protokol MQTT**  
(Sumber : (Suprianto et al., 2023))

Dalam implementasinya protokol MQTT memiliki beberapa perintah yang digunakan untuk mengakses seperti *publish*, *subscribe* dan *unsubscribe*. Perintah *subscribe* dan *unsubscribe* dalam MQTT digunakan untuk menerima atau menghentikan penerimaan data dari topik tertentu, sedangkan perintah *connect* dan *disconnect* digunakan untuk menghubungkan atau memutuskan koneksi antara MQTT *client* dan broker. Dalam penerapan MQTT, beberapa informasi penting yang perlu dimasukkan adalah broker IP, *port*, dan topik. Broker IP menunjukkan alamat jaringan yang digunakan, sementara port menentukan saluran komunikasi yang dipakai. Topik adalah alamat atau parameter yang digunakan oleh perangkat untuk melakukan *subscribe*, dan perangkat akan menerima data yang dipublish ke topik tersebut. *Port* yang digunakan dalam MQTT berfungsi sebagai titik akses komunikasi antara MQTT *client* dan broker. Dua port utama yang biasa digunakan adalah port 1883, yang digunakan untuk komunikasi tidak terenkripsi (*plain* TCP), dan port 8883, yang digunakan untuk komunikasi terenkripsi dengan SSL/TLS untuk memastikan keamanan data yang dipertukarkan (Ramadhan et al., n.d.).

### 2.2.11 Perangkat Lunak Mikrokontroler

Arduino IDE (*Integrated Development Environment*) adalah perangkat lunak komputer yang digunakan untuk membuat, membuka dan mengedit program dan mengunggahnya ke *board* arduino. Aplikasi ini adalah *open source* dan menggunakan bahasa pemrograman C/C++ yang dijalankan pada mikrokontroler. Program yang ditulis dengan perangkat lunak Arduino IDE disebut sebagai *sketch*. *Sketch* ini ditulis dalam editor teks dan disimpan dengan ekstensi file.ino (Tresna Umar Syamsuri et al., 2023).

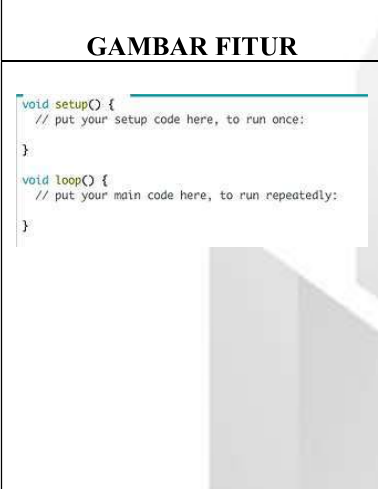




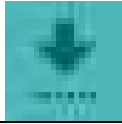



**Gambar 2.3 Perangkat Lunak Mikrokontroler**

(Sumber : docs.arduino.cc)

Setelah menulis teks atau kode, editor dapat mengompilasi program dengan perangkat lunak Arduino IDE. Kemudian, IDE memungkinkan untuk mengunggah program yang telah dikompilasi ke *board* Arduino melalui koneksi USB. Arduino IDE dapat melakukan pemantauan dan berkomunikasi dengan perangkat Arduino melalui koneksi serial dengan fitur serial monitor. Untuk lebih memahami, berikut penjelasan secara ringkas mengenai fitur-fitur pada perangkat lunak Arduino IDE yang dijelaskan pada tabel 2.3.

**Tabel 2.3 Fitur-Fitur Perangkat Lunak Arduino IDE**

GAMBAR FITUR	NAMA FITUR	FUNGSI
	<i>Sketch</i>	<p>Pada <i>sketch</i> mempunyai dua fungsi dalam setiap program, yaitu:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Fungsi <i>void setup</i> ( ), hanya akan menjalankan program yang ada didalam kurung kurawal sekali saja saat program dijalankan.</li> <li>2. Fungsi <i>void loop</i> ( ), akan mulai berjalan setelah <i>void setup</i> selesai. Setelah dipanggil sekali, fungsi ini akan terus berjalan berulang kali hingga catu daya dilepaskan atau dimatikan.</li> </ol>
	<i>Verify</i>	Digunakan untuk mengompilasi dan memeriksa <i>sketch coding</i> apakah terdapat kesalahan atau tidak, agar memastikan program kita yang dibuat dapat berjalan dengan baik atau tidak.
	<i>Upload</i>	Digunakan untuk mengompilasi kode dan mengunggahnya ke <i>board</i> Arduino yang sudah dikonfigurasi.
	<i>New</i>	Digunakan untuk membuat halaman <i>sketch</i> baru.
	<i>Open</i>	Digunakan untuk membuat proyek yang telah dibuat sebelumnya, dengan syarat proyek tersebut sudah disimpan.
	<i>Save</i>	Digunakan untuk menyimpan <i>sketch</i> atau program yang telah dibuat.

GAMBAR FITUR	NAMA FITUR	FUNGSI
	<i>Serial Monitor</i>	Digunakan untuk menampilkan data setelah <i>sketch</i> diunggah ke board yang diperlukan, kemudian dijalankan sehingga hasilnya dapat dilihat pada serial monitor.

Sumber : docs.arduino.cc

### 2.2.12 Web Server

MySQL adalah sistem basis data yang terdiri dari satu atau lebih tabel dan merupakan server basis data *open-source* yang banyak digunakan dalam berbagai proyek. Salah satu keunggulannya adalah adanya *Application Programming Interface* (API) yang memungkinkan aplikasi yang ditulis dalam berbagai bahasa pemrograman untuk mengakses dan berinteraksi dengan basis data MySQL. Untuk menjalankan MySQL di server, dibutuhkan *hosting* yang mendukung PHP dan MySQL sebagai bagian dari infrastruktur.



Gambar 2.4 Logo MySQL

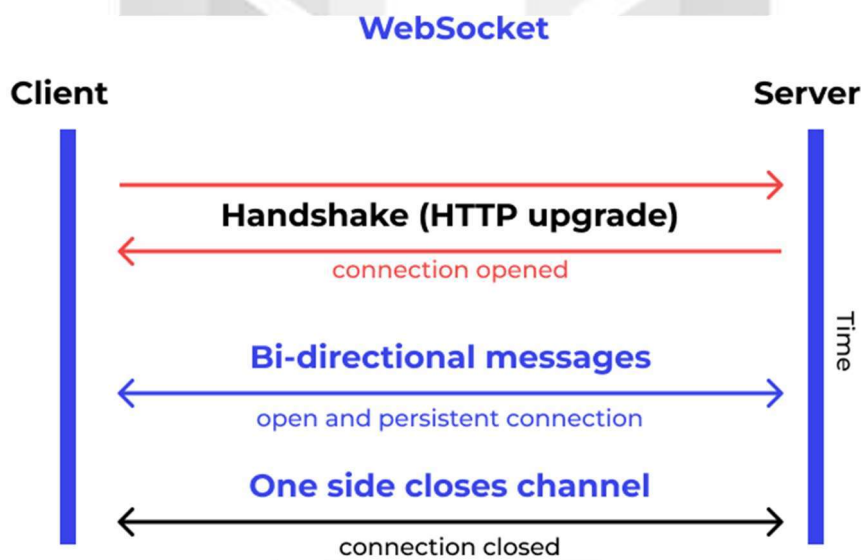
(Sumber : id.wikipedia.org)

*Web* server adalah perangkat lunak yang bertugas memproses permintaan dari pengguna dan mengirimkan file yang membentuk halaman *web* menggunakan protokol HTTP. Secara sederhana, server *web* menyimpan file situs dan saat klien mengirim permintaan untuk membuka sebuah situs, server akan mengirimkan file yang diperlukan, seperti teks, gambar, atau file lainnya, agar halaman *web* bisa ditampilkan di *browser*. Dalam implementasi penelitian ini *web* server berperan sebagai penghubung antara klien dan broker MQTT, yang mengelola komunikasi antara perangkat IoT yang terhubung (Ardana, n.d.).

EMQX.io adalah broker MQTT *open-source* yang dirancang untuk mendukung komunikasi yang handal dan dapat diandalkan antara perangkat dalam jaringan *Internet of Things* (IoT). Dikembangkan menggunakan bahasa

pemrograman Erlang/OTP. Selain mendukung protokol MQTT, EMQX juga kompatibel dengan protokol lain seperti MQTT-SN, CoAP, HTTP, dan *WebSocket*, yang memungkinkan integrasi fleksibel di berbagai aplikasi IoT. Dengan fitur keamanan canggih seperti autentikasi TLS/SSL dan kontrol akses berbasis peran (RBAC), serta *dashboard* berbasis *web* untuk pemantauan, pengelolaan broker dan komunikasi perangkat IoT.

Sementara *WebSockets* adalah protokol komunikasi dua arah yang memungkinkan server dan klien untuk saling mengirim dan menerima data secara simultan tanpa perlu menunggu respons. Dibangun di atas *Transmission Control Protocol* (TCP), *WebSockets* awalnya dirancang untuk *browser* dan *server web*, tetapi juga dapat digunakan dalam aplikasi lain. Keunggulan utamanya adalah kemampuannya berbagi port dengan server HTTP, memudahkan implementasi dalam skala besar. (Amrullah et al., n.d.).



**Gambar 2.5 Cara Kerja *Websocket***

(Sumber : [www.wallarm.com/what-a-simple-explanation-of-what-a-websocket-is](http://www.wallarm.com/what-a-simple-explanation-of-what-a-websocket-is))

Dapat dilihat gambar 2.5 menunjukkan cara kerja protokol *WebSockets*, Proses *handshake* dalam protokol *WebSockets* melibatkan klien yang mengirim permintaan koneksi ke server. Setelah itu, server merespons permintaan tersebut. Setelah *handshake* berhasil, *WebSockets* memungkinkan pengiriman dan penerimaan data secara bersamaan melalui jalur yang terpisah. Server bertanggung

jawab untuk secara aktif mengirim notifikasi kepada klien, dan proses ini akan berlangsung hingga ada perintah untuk memutuskan koneksi. Dalam protokol *WebSockets*, server tidak perlu mengenali ulang klien, sehingga ukuran paket data yang dikirim lebih kecil dan lebih efisien, memungkinkan pengiriman data dengan kecepatan tinggi. Jika koneksi terputus, server akan menerima pemberitahuan dan dapat mengambil tindakan yang diperlukan untuk menangani situasi tersebut.



**Gambar 2.6 Platform Protokol MQTT**  
(Sumber : [www.emqx.com](http://www.emqx.com))

Pada gambar 2.6 memperlihatkan mekanisme *publish* dan *subscribe*, EMQX memungkinkan perangkat (*publisher*) untuk mengirim data sensor ke topik tertentu, yang kemudian dapat diterima oleh perangkat lain (*subscriber*). Dalam penelitian ini *website* monitoring penggunaan daya listrik, *platform* berbasis *web* ini dirancang untuk menampilkan data yang dikirimkan oleh perangkat IoT dalam format yang mudah dipahami, seperti grafik atau tabel. Sistem ini menggunakan *website* monitoring untuk menampilkan informasi *real-time* terkait parameter kelistrikan, seperti tegangan, arus, daya, dan estimasi biaya. Dengan menggunakan *dashboard* interaktif, pengguna dapat memantau penggunaan daya listrik dari jarak jauh, melakukan analisis, dan mengambil tindakan yang lebih tepat untuk pengelolaan energi yang efisien.

### **2.2.13 Telegram Bot**

*Telegram* adalah aplikasi pesan instan yang dilengkapi dengan *Application Programming Interface* (API), yang memungkinkan pengguna untuk mengirim pesan dengan cepat, aman, serta ringan. Selain itu, *Telegram* dapat diakses melalui *smartphone*, tablet, bahkan komputer. Salah satu fitur unggulannya adalah

*Telegram Bot API*, sebuah teknologi *open-source* yang disediakan oleh *Telegram Messenger LLP* untuk memungkinkan pengembang membuat aplikasi *Bot Telegram*. *Bot API* ini menghubungkan *Bot* yang dikembangkan oleh pengembang dengan sistem *Telegram* (Assegaf & Soetedjo, 2024).



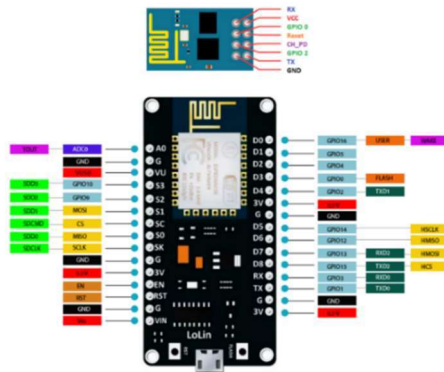
**Gambar 2.7 Telegram Bot**  
(Sumber: [tech.indozone.id](http://tech.indozone.id))

#### **2.2.14 Mikrokontroller**

NodeMCU adalah papan pengembangan berbasis ESP8266 yang digunakan dalam proyek *Internet of Things (IoT)*. ESP8266 adalah chip *Wi-Fi* yang dilengkapi dengan protokol jaringan TCP/IP, yang memberinya kemampuan untuk terhubung ke jaringan nirkabel. NodeMCU memiliki fitur yang lebih banyak, seperti mikrokontroler dan konektivitas *Wi-Fi*. Selain itu, mikrokontroller memiliki kemampuan untuk programmer USB seperti Arduino, yang membuatnya mudah diprogram dengan kabel USB biasa. Meskipun NodeMCU bekerja pada 3.3V merupakan tegangan standar untuk beroperasi, NodeMCU masih dapat dihubungkan ke 5V melalui *port micro-USB* atau konektor *Vin*. Namun, perlu diperhatikan bahwa semua pin ESP8266 hanya toleran 3.3V, jadi perlu diperhatikan bahwa jika Anda ingin mengkoneksikannya langsung ke 5V, itu akan merusak board (Maslyawan et al., 2021).

Dapat dilihat pada gambar 2.8 NodeMCU ESP8266 merupakan modul mikrokontroller yang didesain dengan ESP 8266 untuk konektivitas jaringan *Wi-Fi* dengan mikrokontroller. Modul ini juga mendukung konfigurasi pin yang memudahkan pengguna dalam menghubungkan berbagai sensor dan perangkat lain.





**Gambar 2.8 NodeMCU ESP8266**

(Sumber : [www.theengineeringprojects.com](http://www.theengineeringprojects.com))

Berikut penjelasan mengenai konfigurasi pin pada NodeMCU ESP 8266 pada tabel 2.4 dibawah ini:

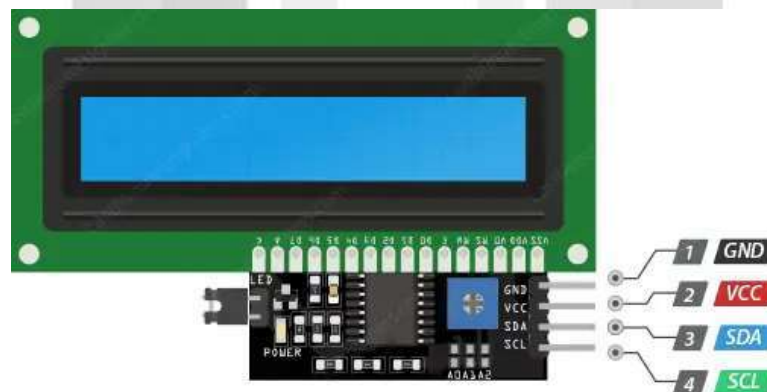
**Tabel 2.4 Konfigurasi NodeMCU EPS8266**

Pin	Nama	Penjelasan
Power	Micro-USB, 3.3V, GND, Vin	Micro-USB, dapat diaktifkan melalui port USB. 3.3V, merupakan pin untuk memberi daya yang diatur dan dimasukkan ke pin tersebut untuk komponen eksternal. GND, merupakan pin ground yang terhubung ke sirkuit. Vin, merupakan power <i>input</i> daya 5V atau dikatakan sebagai sumber daya listrik.
Control Pin	EN, RST	Pin dan tombol yang berfungsi mengatur ulang mikrokontroler.
Analog Pin	A0	Digunakan untuk mengukur tegangan analog berkisaran 0 – 3,3V.
GPIO Pin	GPIO1 hingga GPIO16	Pin GPIO ( <i>General Purpose Input/Output</i> ) yang umumnya memiliki 16 pin.
SPI Pin	SD1, CMD, SD0, CLK	Pin untuk komunikasi SPI ( <i>Serial Peripheral Interface</i> ) yang memiliki empat pin tersebut.
UART Pin	TXD0, RXD0, TXD2, RXD2	Pin dengan dua antarmuka UART ( <i>Universal Asynchronous Receiver-Transmitter</i> ) yang berfungsi untuk mengunggah <i>firmware</i> /program.
I2C Pin		Pin yang mendukung fungsionalitas I2C ( <i>Inter-Intefrated Circuit</i> ), namun terdapat fungsi internal dari pin ini sehingga penting untuk menemukan pin yang tepat digunakan jalur I2C.

Sumber : [www.theengineeringprojects.com](http://www.theengineeringprojects.com)

### 2.2.15 Liquid Crystal Display

Salah satu komponen untuk menampilkan informasi dari perintah-perintah Arduino sebagai tampilan data, baik karakter, huruf maupun grafik. LCD dibuat dengan teknologi CMOS *logic* atau memanfaatkan kristal cair yang berada di antara dua lapisan kaca konduktif yang bekerja dengan tidak menghasilkan cahaya tetapi memantulkan cahaya ketika arus listrik diaplikasikan, kristal cair ini akan mengatur cahaya yang melewatinya sehingga menciptakan gambar atau teks yang terlihat pada layar. LCD memiliki pin untuk power, ground, *input* data dan beberapa kontrol lainnya. Ada berbagai jenis display yang kompatibel dengan Arduino. Dalam penelitian ini digunakan LCD 16x2 I2C sebagai tampilan, LCD 16x2 I2C ini merupakan modul yang umumnya digunakan dikarenakan harga terjangkau, mudah untuk melakukan pemrograman dan tidak terbatas dalam menampilkan hasil karakter khusus. Karakter yang ditampilkan 16 karakter per baris dengan total 2 baris yang setiap karakter ditampilkan dalam matriks 5x7 (Amrullah et al., n.d.).

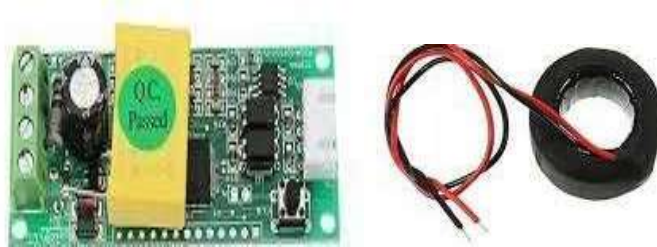


Gambar 2.9 Liquid Crystal Display  
(Sumber : <https://lastminuteengineers.com/>)

### 2.2.16 Sensor PZEM-004T

Modul elektronik yang berfungsi untuk mengukur tegangan, arus, daya dan energi dari penggunaan listrik AC dengan tingkat akurasi pengukuran yang cukup baik. Modul ini sudah dilengkapi sensor tegangan dan sensor arus yang terintegrasi. Sensor ini mengeluarkan *output* dengan komunikasi serial. Modul PZEM-004T diproduksi oleh perusahaan bernama *Peacefair*, terdapat dua model 10 Ampere dan maksimal mengukur arus maksimal 100 Ampere. Sehingga

penggunaan sensor ini sangat ideal untuk pengukuran daya pada jaringan listrik rumah dan gedung dalam penggunaan ruangan (*indoor*) dan beban tidak diperbolehkan melebihi daya yang sudah ditetapkan (Ikwan & Djaksana, 2021).



**Gambar 2.10 Sensor PZEM-004T**  
(Sumber : Ikwan & Djaksana, 2021)

### 2.2.17 Relay

Saklar elektrik yang menggunakan prinsip elektromagnetik untuk mengendalikan arus listrik bertegangan tinggi dengan arus listrik kecil. Terdiri dari coil (kumparan elektromagnetik) yang menghasilkan medan magnet saat diberi arus, dan saklar mekanis yang bergerak membuka atau menutup kontak. Modul relay memiliki tiga pin utama: NC (*normally closed*), NO (*normally open*), dan COM (*common*). Saat coil diberi daya, medan magnet yang dihasilkan mengubah posisi kontak antara nc dan no, memungkinkan pengendalian arus listrik dalam suatu rangkaian (Hayaty & Mutmainah, 2019).

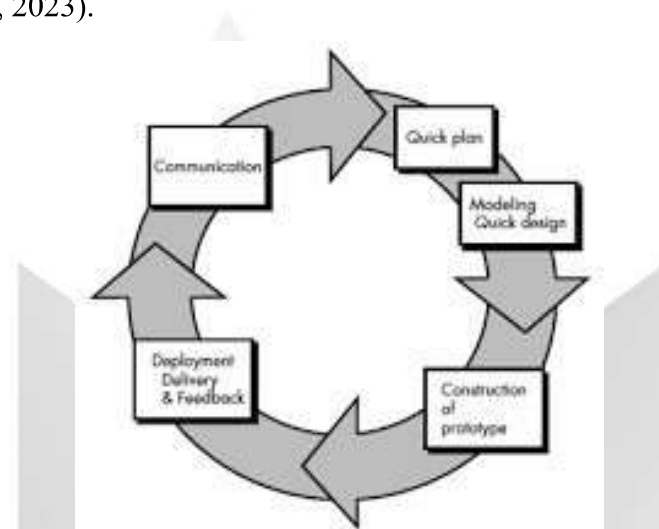


**Gambar 2.11 Relay**  
(Sumber : Hayaty & Mutmainah, 2019)

### 2.2.18 Prototyping

Dapat dilihat pada gambar 2.11 menunjukkan terdapat tahap-tahapan pada metode pengembangan sistem pada penelitian ini. Dimulai dengan tahapan komunikasi guna mengidentifikasi permasalahan yang ada untuk membangun

sistem, kedua adalah tahapan perencanaan yang dilakukan untuk menentukan pengembangan berdasarkan kebutuhan sistem, ketiga adalah tahapan pemodelan guna menggambarkan model sistem yang akan dikembangkan dengan proses perancangan blok sistem, keempat adalah tahapan konstruksi yang membangun prototype dan menguji coba sistem yang dibangun, dan yang terakhir adalah tahapan penyerahan yang membutuhkan umpan balik dari pengguna sebagai evaluasi dari tahapan implementasi sebelumnya dari sistem yang dikembangkan (Pratama et al., 2023).



**Gambar 2.12 Prototype**  
(Sumber : (Pratama et al., 2023))

### 2.2.19 *Quality Of Service*



**Gambar 2.13 *Quality Of Service***  
(Sumber: [www.etsi.org/technologies/quality-of-service](http://www.etsi.org/technologies/quality-of-service))

*Quality of Service* (QoS) merupakan kumpulan teknologi dan mekanisme yang dirancang untuk mengelola dan meningkatkan kinerja jaringan komputer, terutama dalam hal pengiriman data seperti suara, video, dan aplikasi berbasis

internet lainnya. Tujuan QoS adalah memastikan bahwa aplikasi dapat mengalokasikan sumber daya jaringan yang memadai, sehingga pengguna dapat merasakan pengalaman yang lebih optimal. QoS memantau dan mengatur berbagai parameter kinerja, seperti *throughput*, latensi (*delay*), *jitter*, serta tingkat kehilangan paket, yang semuanya berpengaruh pada kualitas pengiriman data.

Menurut Sofana (2011), terdapat beberapa parameter penting dalam *Quality of Service* (QoS) yang perlu diperhatikan. *Bandwidth* adalah lebar spektrum frekuensi yang digunakan oleh sinyal dalam media transmisi, yang sering dianggap sebagai kecepatan transfer data, yaitu jumlah data yang dapat dikirim dalam jangka waktu tertentu. *Throughput* mengacu pada kapasitas aktual suatu jaringan dalam mengirimkan data. Biasanya, *throughput* dikaitkan dengan *bandwidth* dalam kondisi nyata. Sementara *bandwidth* bersifat tetap. *Throughput* adalah kecepatan transfer data efektif yang diukur dalam bit per detik (bps). *Throughput* dihitung sebagai total jumlah paket yang berhasil tiba di tujuan selama periode waktu tertentu, dibagi dengan durasi periode tersebut. Adapun standar *throughput* menurut TIPHON adalah sebagai berikut:

Kategori <i>Throughput</i>	<i>Throughput</i>	Indeks
<i>Bad</i>	0 – 338 kbps	0
<i>Poor</i>	338 – 700 kbps	1
<i>Fair</i>	700 – 1200 kbps	2
<i>Good</i>	1200 kbps – 2,1 Mbps	3
<i>Excelent</i>	>2,1 Mbps	4

**Gambar 2.14** Tabel Kategori *Troughput*

(Sumber: [www.etsi.org/technologies/quality-of-service](http://www.etsi.org/technologies/quality-of-service))

*Jitter* merupakan variasi waktu kedatangan paket yang dapat mengganggu komunikasi digital, yang biasanya disebabkan oleh perubahan sinyal waktu, panjangnya antrian data, atau peningkatan trafik mendadak. Atau dapat dikatakan sebagai parameter yang merepresentasikan QoS audio, atau mengukur variasi waktu penundaan antar paket secara berurutan dalam suatu aliran lalu lintas. Adapun standar *throughput* menurut TIPHON adalah sebagai berikut:

<b>Kategori Jitter</b>	<b>Jitter</b>	<b>Indeks</b>
<i>Poor</i>	125 – 225 ms	1
<i>Medium</i>	75 – 125 ms	2
<i>Good</i>	0 – 75 ms	3
<i>Perfect</i>	0 ms	4

**Gambar 2.15 Tabel Kategori Jitter**

(Sumber: [www.etsi.org/technologies/quality-of-service](http://www.etsi.org/technologies/quality-of-service))

*Packet loss* mengacu pada jumlah paket data yang hilang selama transmisi, sering kali disebabkan oleh tabrakan atau kemacetan jaringan, kesalahan media fisik, atau gangguan lingkungan seperti cuaca buruk. Adapun standar throughput menurut TIPHON adalah sebagai berikut:

<b>Kategori Packet Loss</b>	<b>Packet Loss</b>	<b>Indeks</b>
<i>Poor</i>	>25%	1
<i>Medium</i>	12 – 24%	2
<i>Good</i>	3 – 14%	3
<i>Perfect</i>	0 – 2%	4

**Gambar 2.16 Tabel Kategori Packet Loss**

(Sumber: [www.etsi.org/technologies/quality-of-service](http://www.etsi.org/technologies/quality-of-service))

*Latency* adalah total waktu tunda yang dialami paket data dari pengirim ke penerima, yang dapat mempengaruhi kualitas komunikasi *real-time* jika terlalu tinggi. Parameter-parameter ini digunakan untuk mengevaluasi kinerja jaringan dan memastikan kualitas layanan bagi pengguna. Adapun standar throughput menurut TIPHON adalah sebagai berikut:

<b>Kategori Latency</b>	<b>Latency</b>	<b>Indeks</b>
<i>Poor</i>	> 450 s	1
<i>Medium</i>	300 – 450 s	2
<i>Good</i>	150 – 300 s	3
<i>Perfect</i>	< 150 s	4

**Gambar 2.17 Tabel Kategori Latency**

(Sumber: [www.etsi.org/technologies/quality-of-service](http://www.etsi.org/technologies/quality-of-service))