

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Internet of Things (IoT)

IoT atau kepanjangan dari *Internet of Things* adalah hubungan antara suatu alat yang dikendalikan oleh komputer yang dapat berkomunikasi dengan manusia atau lingkungan sekitar. IoT berfungsi untuk komunikasi antar sistem yang nantinya akan dilakukan pertukaran informasi, dalam arti informasi yang dalam bentuk data hasil olahan dari bentuk fisik IoT. Tahap pemrograman IoT memiliki peran penting dalam tahap awal pembangunan dan jaringan internet juga digunakan untuk mengembangkan IoT (Industri & Indonesia, 2022).

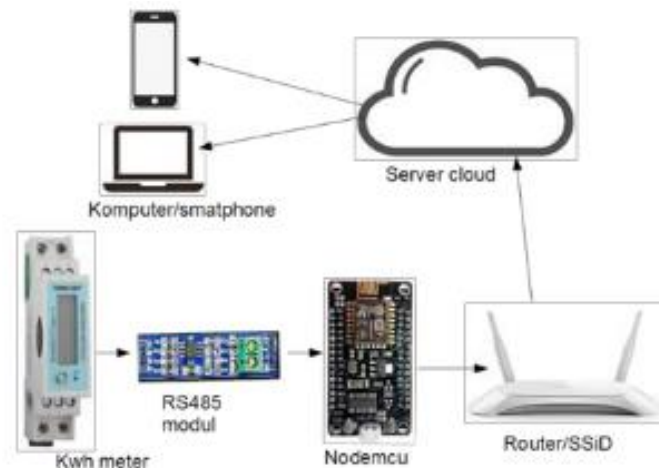
Tantangan utama dalam IoT adalah menjembatani kesenjangan antara antara dunia fisik dan dunia informasi, misalnya mengolah data yang diperoleh dari peralatan elektronik melalui sebuah *interface* antara pengguna dan peralatan tersebut. Sensor mengumpulkan data yang dikonversikan ke dalam mesin format yang dimengerti sehingga muduuh dipertukarkan antara berbagai bentuk format data (Hamami et al., 2020).

Konsep *Internet of Things* berkembang dan digunakan untuk menampilkan parameter daya listrik khususnya peralatan elektronika (Lianda & Handarly, 2019). Adapula sensor-sensor yang bisa terhubung dalam IoT yang bekerja mengambil data seperti sensor tegangan, arus, RFID, atau sensor lainnya seperti sensor cahaya, gerak, suara, tekanan, dan lain sebagainya (Ibrahim, Ridyandhika Riza , Bekti Yulianti, 2022).

Dengan kata lain, IoT itu sebuah konsep sistem dimana objek memiliki kemampuan untuk melakukan komunikasi data tanpa ada campur tangan manusia

melalui jaringan (Adyan et al., n.d.). Pemanfaatan IoT dalam rumah tangga masih jarang dilakukan karena terbatasnya teknologi tepat guna pada masyarakat Indonesia (Kurniawan et al., 2022).

Gambar 2. 1 adalah ilustrasi rancangan dari sistem MQTT. Ilustrasi ini adalah ilustrasi komunikasi data pada protocol MQTT.



Gambar 2. 1 Ilustrasi Rancangan Sistem MQTT
Sumber: (Ahyadi et al., 2021)

MQTT adalah sebuah protocol komunikasi data pengukur konsumsi energi listrik. MQTT atau *Message Queuing Telemetry Transport*) adalah standar komunikasi untuk IoT. Pada komunikasi data *client-server*, *server* akan memberikan data bila hanya ada permintaan dari *client*. Sedangkan pada komunikasi data dengan protokol MQTT tidak ada istilah *server-client*, melainkan *Publisher* dan *Subscriber*. *Publisher* adalah peralatan yang mengirimkan data, sedangkan *Subscriber* adalah alat yang menerima data. Adapun *Broker* adalah program yang menjembatani komunikasi antara *Publisher* dan *Subscriber*. Data akan dikirim secara kontinyu setiap detik selama ada jalur komunikasi antara *Publisher* dan *Subscriber*. Dalam mengirim data harus ditentukan “topic” untuk membuat komunikasi antara *Publisher* dan *Subscriber*. Komunikasi dapat dilakukan dua arah

dengan membuat dua topic dimana publisher atas suatu topic dimana *publisher* atas suatu topic dapat menjadi *subscriber* jika digunakan topic lainnya. Protokol MQTT tidak tertutup dari gangguan (hack) untuk berbagai metode keamanan yang telah dilakukan seperti algoritma keamanan (Ahyadi et al., 2021).

2.2 Mikrokontroler

Mikrokontroler adalah sebuah chip mikrokomputer yang fisiknya itu berbentuk sebuah IC (*Integrated Circuit*). Mikrokontroler biasa digunakan dalam sistem yang kecil, murah dan tidak terlalu membutuhkan perhitungan yang kompleks. Mikrokontroler juga banyak digunakan untuk keperluan yang melakukan komunikasi serial, melakukan interupsi, dll.

Mikrokontroler bekerja berdasarkan program yang ditanamkan. Aplikasi mikrokontroler normalnya terkait pembacaan data dari luar atau pengontrolan peralatan diluarnya. Mikrokontroler memiliki port (jalur) masuk dan keluar untuk bisa digunakan dalam pembacaan data, pengontrolan dan juga penyajian informasi. Port masukan digunakan untuk memasukkan informasi atau data dari luar ke mikrokontroler. Port masukan umumnya berbentuk digital (logika 0/1) yang diberikan oleh luar mikrokontroler. Port keluaran digunakan untuk mengeluarkan data atau informasi dari mikrokontroler yang memungkinkan mikrokontroler untuk mengendalikan perangkat dan atau menyajikan informasi. Umumnya, mikrokontroler dapat bekerja jika diberikan tegangan sebesar 3V-5V.

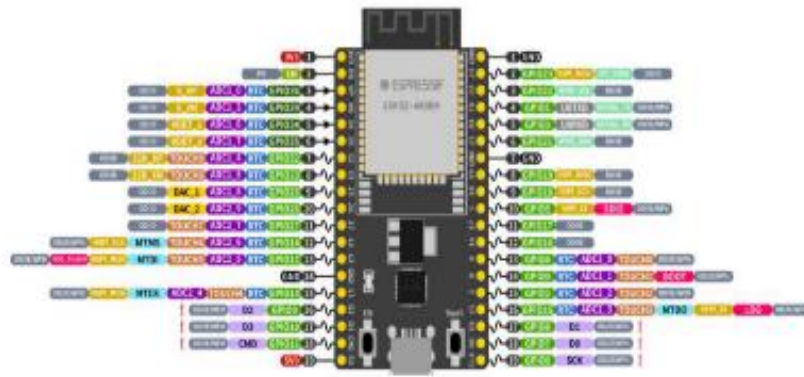
Program pada mikrokontroler merupakan instruksi dalam bentuk kode yang dibuat dengan menggunakan bahasa pemrograman tertentu. Program ini biasanya dibuat dikomputer dan selanjutnya dituliskan ke mikrokontroler menggunakan bantuan perangkat keras pemrogram sesuai jenis mikrokontroler yang digunakan.

Pemrograman mikrokontroler dapat dilakukan dengan menggunakan bahasa tingkat rendah (*assembly*) ataupun bahasa tinggi (*basic, pascal, C, dll*).

Kode-kode instruksi program mikrokontroler diletakkan di suatu lokasi yang bernama memori program. Memori ini dibayangkan sebagai kotak-kotak lokasi penyimpanan data bilangan biner dengan masing-masing kotak yang diberi alamat sendiri. Tugas mikrokontroler yang sudah diberi program didalamnya adalah melakukan pembacaan, penterjemahan, dan pelaksanaan kode intruksi demi intruksi. Program mikrokontroler adalah program yang dibuat untuk tidak pernah berhenti selama catu daya diberikan pada mikrokontroler, yang artinya selalu ada proses looping terus-menerus.

2.2.1 Mikrokontroler ESP32

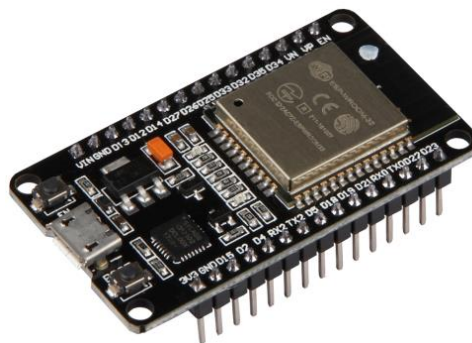
Mikrokontroler ESP32 adalah mikrokontroler jenis SoC (*System on Chip*) yang dilengkapi dengan *WiFi* 802.11 b/g/n, *Bluetooth* versi 4.2, dan berbagai *peripheral*. ESP32 adalah *chip* yang lumayan lengkap dimana di dalamnya terdapat prosesor, penyimpanan, dan akses GPIO (*General Purpose Input Output*)(Nizam et al., 2022). Mikrokontroler ESP32 dikembangkan oleh Espressif Systems yang mendukung pengaplikasian *Internet of Things* (IoT) dengan desain perangkat *mobile* dan mudah digunakan dalam pengaplikasian IoT. ESP32 mencapai konsumsi daya yang rendah melalui fitur hemat energi termasuk resolusi *clock gating* yang baik, mode daya bervariasi, dan penskalaan daya yang dinamis (Umar et al., 2022). Gambar 2. 2 adalah *layout* dan deskripsi dari fungsi pin mikrokontoler ESP32.



Gambar 2. 2 *Layout Pinboard* Mikrokontroler ESP32
Sumber: (Umar et al., 2022)

Modul mikrokontroler ESP32 digunakan untuk kontrol sistem, *monitoring*, dan lainnya. ESP32 juga memiliki fitur *deep sleep* untuk menghemat daya dengan mematikan modul saat tidak digunakan (Arrahma & Mukhaiyar, 2023).

Gambar 2. 3 adalah tampilan fisik dari modul ESP32 yang merupakan suatu papan *prototype* yang ringkas dan mudah diprogram.



Gambar 2. 3 Modul ESP32
Sumber: (Development Board, 2018)

2.3 Energi listrik, Daya Listrik, dan Faktor Daya

2.3.1 Energi Listrik

Energi listrik adalah perubahan dari energi mekanik (gerak) menjadi energi listrik. Energi listrik dimanfaatkan dalam kehidupan sehari-hari seperti penerangan, pemanas, motor-motor listrik dan lain-lain. Energi yang digunakan

pada alat listrik merupakan laju penggunaan energi dikalikan dengan waktu selama alat itu digunakan.

$$W = P \times t \quad (2.1)$$

Dengan:

P = daya dalam watt

t = waktu dalam jam

W = energi dalam watt jam

Energi yang dikeluarkan ketika 1 watt digunakan selama 1 jam adalah watt jam (*watt hour* = Wh).

2.3.2 Daya listrik

Daya listrik didefinisikan sebagai laju hantaran energi listrik dalam listrik. Satuan dari daya listrik adalah watt (joule/detik) yang menyatakan banyaknya tenaga listrik yang mengalir persatuan waktu. Listrik dapat diperoleh dari pembangkit listrik atau penyimpan energi listrik seperti baterai. Daya yang berguna atau daya yang nyata diukur dalam watt dan diperoleh jika voltampere dari rangkaian dikalikan dengan factor daya. Maka, dalam rangkaian AC satu phase adalah: (Sensor & Acs, 2016)

$$P \text{ (watt)} = V \times I \times \text{Factor Daya} \quad (2.2)$$

$$\text{Factor Daya} = \frac{P(\text{watt})}{V \times I} \quad (2.3)$$

Dimana V adalah tegangan, dan I adalah arus.

Daya listrik terbagi menjadi tiga, yaitu daya aktif, daya reaktif, dan daya semu (Pratikto et al., 2022). Daya aktif adalah besar nilai suatu daya rata-rata yang sesuai dengan kekuatan tenaga yang dikonsumsi oleh beban. Daya reaktif adalah besar nilai daya yang diperlukan untuk pembentukan medan magnet. Daya semu adalah

daya yang dikeluarkan dari sumber listrik atau yang diserap beban. Daya aktif dan daya semu terdapat sudut fasa yang menggambarkan faktor daya pada segitiga daya. Dimana faktor daya merupakan besaran nilai yang didapat dari hasil perbandingan antara nilai daya aktif dan nilai daya semu yang ada dalam sebuah rangkaian listrik (Agustianingsih et al., 2021).

Daya reaktif tidak memiliki dampak apapun dalam kerja suatu beban listrik, yang artinya daya ini tidak berguna bagi konsumen listrik. Satuannya adalah VAR (*Volt Ampere Reactive*) dengan rumus sebagai berikut:

$$Q = V \times I \times \sin \theta \quad (2.4)$$

Untuk daya semu yaitu hasil dari perkalian antara tegangan (V) dan arus (I) dengan satuan VA (*Volt Ampere*) dengan rumus:

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

Biasanya daya listrik pada keperluan rumah tangga menggunakan satuan watt. Nilai pada 1 Kw adalah 1000 watt, sedangkan 1 W merupakan per1000 Kw. Energi listrik sendiri merupakan daya listrik yang diserap oleh beban selama selang waktu tertentu. Perhitungan energi atau kWh dapat dihitung dengan rumus:

$$kWh = kW \times t \quad (2.6)$$

Dimana

kWh = Energi Listrik

kW = Daya Listrik

t = Waktu

Sehingga konversi dari kWh meter ke satuan rupiah dirumuskan sebagai pemakaian listrik (Rp) (ArjunPratikto, 2022):

$$\text{Pemakaian listrik} = \text{Jumlah pemakaian}(kWh) \times \text{harga (Rp)perkW} \quad (2.7)$$

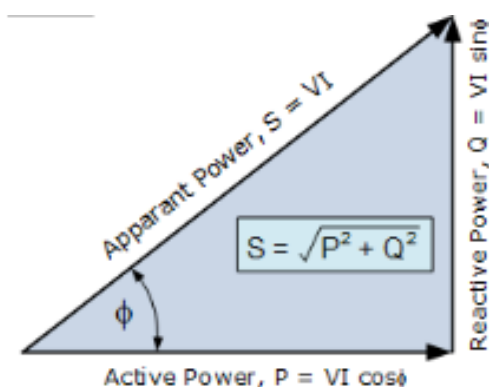
2.3.3 Faktor Daya

Faktor daya yaitu perbandingan antara daya aktif (watt) dengan daya semu (VA) atau nilai *cosinus* sudut antara daya aktif dan daya semu (Sains et al., n.d.). Faktor daya bernilai 0 sampai 1 dengan rumus:

$$\text{Faktor Daya} = \frac{(P)}{S} = \frac{V.I.\cos\varphi}{V.I} = \cos\varphi \quad (2.8)$$

Dimana P adalah daya aktif dan S adalah daya semu (ArjunPratikto, 2022)

Gambar 2. 4 adalah bentuk segitiga daya, dimana hubungan matematika antara tipe daya berbeda digambarkan pada sebuah diagram segitiga daya (Bangun et al., 2015)



Gambar 2. 4 Segitiga Daya
Sumber: (Bangun et al., 2015)

Dengan menggunakan prinsip trigonometri, maka diperoleh rumus dibawah sebagai hubungan matematika antara tipe-tipe daya yang berbeda seperti yang digambarkan diatas:

$$S^2 = P^2 + Q^2 \quad (2.9)$$

Perbaikan faktor daya untuk memperbesar harga $\cos\varphi$ dapat dilakukan dengan cara mempersempit sudut φ_1 sehingga menjadi φ_2 , berarti $\varphi_1 > \varphi_2$. Terjadinya perbedaan faktor daya berhubungan dengan bedanya fasa antara arus dan tegangan pada terminal beban (Suseno, 2019).

4.4.3.1 Beban Induktif

Beban yang dihasilkan oleh lilitan kawat (kumparan) seperti pada motor, transformator, relay, disebut dengan beban induktif. Kumparan yang menciptakan medan magnet pada kumparanlah yang menjadi beban pada rangkaian (Sains et al., n.d.)

4.4.3.2 Beban Kapasitif

Beban yang menghalangi terjadinya perubahan nilai arus listrik dan nilai tegangan disebut dengan beban kapasitif. Beban kapasitif adalah kebalikannya dari beban induktif, yang sifatnya adalah menyimpan tegangan listrik sesaat (Suseno, 2019). Beban ini menyerap daya aktif dan mengeluarkan daya reaktif (Noor et al., 2017).

4.4.3.3 Beban Resistif

Beban yang terdiri dari komponen tahanan dan tidak menyebabkan adanya pergeseran phase antara arus dan tegangan pada rangkaian disebut dengan beban resistif (Noor et al., 2017).

4.4.3.4 Beban Resistif-Induktif

Beban yang biasanya terdiri dari motor-motor listrik yang umumnya menghasilkan reaktansi induktif. Beban ini memiliki faktor daya yang rendah juga dapat menyebabkan arus dan tegangan berlawanan fasa, sehingga menghasilkan daya reaktif yang besar dan menghasilkan daya watt yang kecil (Dan et al., 2016).

4.4.3.5 Beban Resistif-Kapasitif

Beban yang rangkaiannya mengandung hambatan dan kapasitor. Beban ini digunakan untuk mengkompensasi daya reaktansi induktif yang ditimbulkan

oleh beban-bean induktif sehingga reaktansi induktif semakin kecil (Dan et al., 2016).

2.4 Sensor PZEM-004T

Sensor PZEM-004T merupakan sensor arus, tegangan, daya dan energi pada suatu kabel yang aliri listrik. Sensor PZEM diproduksi oleh Perusahaan bernama *Peacefair* dengan 2 jenis model yaitu 10 *ampere* dan 100 *ampere* (Kurniawan et al., 2022). Gambar 2. 5 adalah gambar dari sensor PZEM-004T dapat digunakan pada Arduino, ESP, Raspberry Pi atau *open source platform* lainnya (Hamami et al., 2020).



Gambar 2. 5 Sensor PZEM-004T
Sumber: (Adyan et al., n.d.)

Dalam pengujian sensor PZEM dilakukan pengukuran untuk mendapatkan nilai pembacaan sensor dan nilai pengukuran manual dengan alat ukur agar mengetahui nilai % *error*. Dibawah 10% adalah tingkatan nilai *error* yang baik. Nilai % *error* dapat dihitung dengan persamaan:

$$\%error = \frac{|nilai\ pembacaan\ sensor - nilai\ pembacaan\ alat\ ukur|}{nilai\ pembacaan\ alat\ ukur} \times 100\% \quad (2.10)$$

2.4.1 Spesifikasi Sensor PZEM-004T

Berikut spesifikasi dari sensor PZEM-004T:

- Tegangan kerja: 80 – 260V AC
- Rating daya: 100A / 22000W

- Frekuensi kerja: 45 – 65Hz
- Akurasi pengukuran: 1.0(Kurniawan et al., 2022)

2.4.2 Karakter Sensor PZEM-004T

Berikut Karakter dari sensor PZEM-004T:

- Fungsi pengukuran terhadap tegangan, arus, daya
- *Power button clear / reset energy*
- *Power-down data storage function (cumulative power down before saving)*
- Komunikasi Serial TTL

Pengukuran daya: 0 - 9999kW

- Pengukuran tegangan: 80 – 260VAC
- Pengukuran arus: 0 -100A (Sapriyanto, 2020)

2.4.3 Fungsi Sensor PZEM-004T

Beberapa deskripsi fungsi dari sensor PZEM-004T:

a. Tegangan

1. Rentang pengukuran: 80 – 260V
2. Resolusi: 0.1V
3. Ketepatan ukur: 0.5%

b. Arus

1. Rentang pengukuran: 0 – 10A ; 0-100A
2. Mulai mengukur arus: 0.01A ; 0.02A
3. Resolusi: 0.001A
4. Ketepatan ukur: 0.5%

c. Daya

1. Rentang pengukuran: 0 – 2.3kW ; 0 – 23kW

2. Mulai mengukur daya: 0.4W
3. Resolusi: 0.1W
4. Format tampilan : $<1000W$, it display one decimal, such as:
999.9W $\geq 1000W$, it display only integer, such as: 1000W
5. Ketepatan ukur: 0.5%

d. Faktor Daya

1. Rentang pengukuran: 0.00 – 1.00
2. Resolusi: 0.01
3. Ketepatan ukur: 1%

e. Frekuensi

1. Rentang pengukuran: 45 – 65Hz
2. Resolusi: 0.1Hz
3. Ketepatan ukur: 0.5%

f. Energi

1. Rentang pengukuran: 0 – 9999.99kWh
2. Resolusi: 1Wh
3. Ketepatan ukur: 0.5%
4. Format tampilan: $<10kWh$, the display unit is Wh
(1kWh=1000Wh), such as: 9999Wh $\geq 10kWh$, the display unit is
kWh, such as: 9999.99kWh
5. Reset energi: gunakan perangkat lunak untuk mereset

g. Alarm over power (Anwar et al., 2019)

2.5 Relay

Sebuah switch yang memiliki *coil* (electromagnet) dan *mechanical* (seperangkat saklar/*switch*) dan dioperasi secara elektrik disebut dengan relay. Relay mempunyai arus listrik kecil dan menggunakan prinsip elektromagnetik untuk menghantarkan listrik sampai ke tegangan tinggi. Cara kerja relay yaitu menggunakan tegangan 5V dan 50mA yang pada umumnya mudah untuk dicari. Untuk fungsi relay sebagai saklar untuk menghantarkan listrik hingga 220V 2A(Sapriyanto, 2020).

Gambar 2. 6 adalah gambar relay yang juga berfungsi sebagai pengontrol aliran listrik bila beban melebihi batas.



Gambar 2. 6 Relay
Sumber: (Adyan et al., n.d.)

2.5.1 Sifat-sifat relay:

1. Impedansi kumparan ditentukan oleh tebal kawat yang digunakan dan juga banyaknya lilitan. Nilai impedansinya biasanya 1 – 50Kohm untuk memperoleh daya hantar yang baik.
2. Daya yang dibutuhkan untuk pengoperasian relay besarnya sama dengan nilai tegangan dikalikan arus.
3. Banyaknya kontak-kontak jangkar dapat membuka dan menutup lebih dari satu kontak sekaligus tergantung kontak dan jenis relaynya. Jarak antara kontak-

kontak menentukan besarnya tegangan maksimum yang diizinkan antara kontak tersebut. (Alexander & Turang, 2015)

2.5.2 Fungsi relay:

1. Sebagai pengaman saklar dari arus yang besar
2. Sebagai pengendali sirkuit dengan tegangan tinggi yang dibantu sinyal tegangan rendah
3. Untuk memperkecil terjadinya penurunan tegangan menuju beban
4. Untuk menjalankan fungsi logika
5. Untuk memberikan penundaan waktu (Elektro et al., 2023)

2.6 Enkripsi

Kriptografi yaitu suatu ilmu untuk mempelajari cara mengamankan data atau pesan yang dikirim ke penerima sehingga data atau pesan tersebut aman dan tidak diketahui oleh pihak ketiga (Ayuning et al., 2016). Kriptografi berasal dari bahasa Yunani yang terdiri dari dua suku kata yaitu *kripto* yang artinya menyembunyikan dan *graphia* yang artinya tulisan (Primartha Rifkie, 2011).

Untuk melakukan kriptografi dibutuhkan sistem yang terdiri dari beberapa proses komponen yang berkaitan, diantaranya:

1. Enkripsi. Yaitu cara pengamanan data yang dikirim dan terjaga kerahasiaannya.
2. Deskripsi. Yaitu pengembalian pesan rahasia menjadi pesan asli, kebalikan dari enkripsi.
3. Kunci. Yaitu untuk melakukan enkripsi dan deskripsi.
4. Chiphertext. Yaitu pesan yang telah melalui enkripsi, berupa karakter yang tidak mempunyai arti.

5. Plaintext. Yaitu pesan yang mempunyai makna.
6. Pesan. Yaitu data atau informasi yang dikirim melalui sebuah media.

Algoritma kriptografi yaitu fungsi yang digunakan untuk melakukan fungsi enkripsi dan deskripsi, dan biasanya dibuktikan dengan basis matematika (Ayuning et al., 2016).

Proses enkripsi adalah sebuah proses penyandian yang dilakukan dengan melakukan perubahan sebuah kode (pesan) dari yang bisa dimengerti (*plaintext*) menjadi sebuah kode yang tidak bisa dimengerti (*chiphertext*). Proses enkripsi dan deskripsi perlu mekanisme kunci tertentu untuk menjadi sesuatu yang tidak dapat terbaca dan terdeskripsi oleh seseorang (Amin, 2017).

2.7 kWh Meter Digital

kWh meter yaitu suatu alat yang digunakan untuk mengukur energi listrik yang dikonsumsi. Di masyarakat ada dua jenis kWh meter yang digunakan, yaitu kWh meter analog (pascabayar) dan kWh meter digital (prabayar). kWh digital bekerja berdasarkan program yang dirancang. Metode pembayarannya yaitu pelanggan membeli terlebih dahulu *stroom/voucher* yang terdiri dari 25 *digit* nomor yang selanjutnya dimasukkan ke dalam kWh meter tersebut dengan bantuan *keypad* yang sudah tersedia. (Telekomunikasi et al., 2021). kWh meter digital memiliki lampu indikator led sebagai indikasi besarnya beban yang terukur (pulsa)(Codeigniter et al., 2019).

Gambar 2. 7 adalah jenis kWh meter digital yang sistem listriknya melakukan pembayaran dan pembelian listrik di awal sebelum pemakaian.



Gambar 2. 7 kWh Meter Digital Prabayar
Sumber: (Fahraini Bacharuddin, 2017)

kWh meter digital mempunyai banyak kelebihan, contohnya adalah pengguna dapat mengatur pemakaian jumlah daya sehingga menjadi lebih irit dan sesuai kebutuhan. Selain itu, tidak perlu repot juga untuk mencatat meter atau jadwal pembayaran perbulannya. Adapula kekurangan dari kWh meter digital prabayar ini jika lupa untuk mengisi token pulsa, maka token tersebut habis dan akan terjadi pemutusan pasokan listrik secara langsung. Sistem yang menjadi peringatan pada kWh meter ini adalah berupa lampu indikator dan bunyi alarm yang terbatas jangkauannya (Fahraini Bacharuddin, 2017).

2.8 MCB

Suatu alat proteksi otomatis yang fungsinya sebagai pembatas arus listrik menuju beban dan juga berfungsi sebagai saklar disebut dengan MCB. Pemasangan MCB disesuaikan dengan daya listrik yang ada pada instalasi rumah. Besaran yang terpasangpun harus sesuai standar PLN.

Karakteristik dari MCB digolongkan menjadi beberapa jenis, yaitu:

1. MCB tipe B, adalah jenis MCB yang akan trip ketika arus beban lebih besar 3-5 kali dari arus maksimum. Penggunaannya digunakan pada bangunan domestik.
2. MCB tipe C, adalah jenis MCB yang akan trip ketika arus beban lebih besar 5-10 kali dari arus maksimum. Karakternya akan menguntungkan bila digunakan pada peralatan dengan arus yang lebih tinggi.
3. MCB tipe D, adalah tipe MCB yang akan trip ketika arus beban lebih besar 8-12 kali dari arus maksimum. Karakteristiknya akan menghasilkan lonjakan arus kuat.

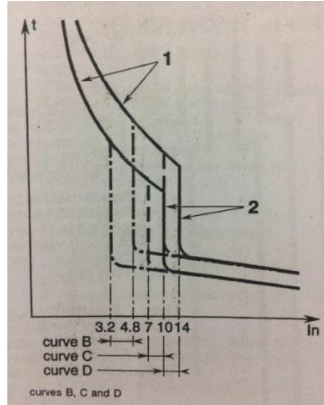
Fungsi MCB yaitu:

- a. Pembatas pemakaian daya listrik
- b. Saklar otomatis bila terjadi hubung singkat (pemutus aliran listrik)
- c. Proteksi instalasi listrik
- d. Pembagi daya instalasi listrik
- e. Proteksi terhadap gangguan beban lebih atau hubung singkat

Berikut macam-macam karakteristik MCB:

- Kurva karakteristik MCB tipe B : memiliki nilai I_n antara $3 - 5 I_n$ atau $3,2 - 4,8 I_n$.
- Kurva karakteristik MCB tipe C : memiliki nilai I_n antara $5 - 10 I_n$ atau $7 - 10 I_n$.
- Kurva karakteristik MCB tipe D : memiliki nilai I_n antara $10 - 14 I_n$. (Riyadi, 2018)

Gambar 2. 8 adalah kurva karakteristik MCB yang didapat dari dua macam sumbu, yaitu sumbu x dan sumbu y . sumbu x menunjukkan arus (A) dan sumbu y menunjukkan waktu (s).





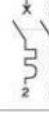


Gambar 2. 8 Kurva Karakteristik MCB
 Sumber: (Riyadi, 2018)

Dibawah ini adalah tabel 2.1 yang dimana MCB satu fasa ini digunakan untuk perumahan dengan daya yang tidak terlalu besar, sedangkan MCB dua dan tiga fasa itu digunakan untuk perindustrian yang memerlukan banyak daya listrik untuk digunakan operasional.

Tabel 2. 1 adalah tabel jenis dan *type* MCB Broco yang sesuai dengan IEC 60898 atau SNI 04-6507.1-2002 dengan tipe kurva C

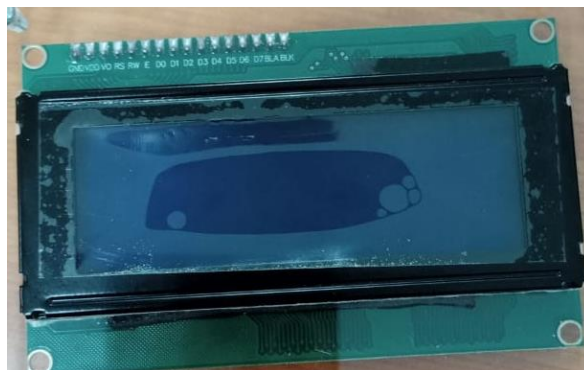
Tabel 2. 1 Jenis dan *Type* MCB

JENIS PRODUK	TYPE	RATING (A)	ARTICLE NUMBER
	1P 	2	17302 C
		4	17304 C
		6	17306 C
		10	17310 C
		16	17316 C
		20	17320 C
		25	17325 C
		32	17332 C
	2P 	2	17402 C
		4	17404 C
		6	17406 C
		10	17410 C
		16	17416 C
		20	17420 C
		25	17425 C
		32	17432 C
	3P 	2	17502 C
		4	17504 C
		6	17506 C
		10	17510 C
		16	17516 C
		20	17520 C
		25	17525 C
		32	17532 C
40	17540 C		

2.9 Modul LCD I2C

Sebuah rangkaian elektronika yang digunakan untuk menampilkan keterangan yang diberikan dalam mikrokontroler adalah LCD (*Liquid Crystal Display*). LCD I2C yaitu sebuah modul LCD yang dikendalikan secara serial sinkron dengan protokol I2C/IIC (*Inter Integrated Circuit*). Normalnya modul LCD dikendalikan secara parallel baik untuk jalur data maupun kontrolnya. Namun, penggunaan jalur parallel menggunakan banyak pin pada sisi kontrolernya. Maka dari itu, sebuah kontroler yang harus mengendalikan banyak I/O menggunakan jalur parallel adalah solusi kurang tepat. *Converter* modul I2C ini menggunakan *chip* ICPCF8574 dari NXP sebagai kontrolernya. IC ini adalah sebuah 8 bit I/O *expander for I2C bus* yang dasarnya adalah sebuah *shift register* (Suryantoro, 2019).

Gambar 2. 9 adalah gambar dari LCD I2C yang setidaknya membutuhkan 6 atau 7 pin untuk mengendalikan modul LCDnya.



Gambar 2. 9 LCD I2C
Sumber: (Pribadi)

Standar komunikasi I2C adalah standar komunikasi serial dua arah menggunakan dua saluran yang didesain khusus untuk mengirim maupun menerima data. Sistem I2C menggunakan saluran SCL (*Serial Clock*) dan SDA (*Serial Data*) sebagai pembawa informasi data dengan pengontrol. Piranti yang dihubungkan dengan sistem I2C bus dapat dioperasikan sebagai *master* dan *slave*. Dimana *master*

adalah piranti yang memulai transfer data pada I2C dengan membentuk sinyal *start* dan diakhiri dengan transfer data dengan membentuk sinyal *stop*, dan membangkitkan sinyal *clock*. *Slave* adalah piranti yang dialamati *master* (Saghoa et al., 2018).

Tabel 2. 2 adalah tabel spesifikasi dari Modul LCD I2C dengan karakter 20x4 yang menggunakan 2 pin (analog input SDA dan analog input SCL)

Tabel 2. 2 Tabel Spesifikasi LCD I2C

No	Nama	Spesifikasi
1	<i>Blue backlight</i>	I2C
2	<i>Display format</i>	20 characters x 4 lines
3	<i>Supply voltage</i>	5V
4	<i>Back lit</i>	Blue with white char color
5	<i>Supply volage</i>	5V
6	<i>PCB size</i>	60mm x 99mm
7	<i>Contrast adjust</i>	Potentiometer
8	<i>Backlight adjust</i>	Jumper
9	Pin pengendalian	SDA, SCL, VCC dan GND

Gambar 2. 10 adalah gambar modul dari modul I2C dengan 4 pin yang akan dihubungkan ke Arduino untuk mendukung komunikasi LCD dengan modul.



Gambar 2. 10 Modul I2C

Sumber: (Natsir, M., Rendra, D. B., Anggara, 2019)

2.10 Adaptor 5V

Adaptor 5V yaitu sebuah perangkat berupa rangkaian elektronika untuk mengubah tegangan listrik yang besar menjadi tegangan listrik yang kecil atau mengubah arus bolak-balik (AC) menjadi arus searah (DC). Adaptor digunakan untuk menurunkan tegangan AC sebesar 220V menjadi 3V-12V DC. Ada dua jenis

adaptor, sistem *step down* dan sistem *switching*. Sistem *step down* menggunakan induksi medan magnet, ketika listrik masuk ke lilitan maka akan terjadi induksi sehingga menghasilkan gaya medan magnet. Untuk sistem *switching* menggunakan teknik transistor ketika tegangan yang dikeluarkan lebih stabil dan komponennya suhunya tidak terlalu panas sehingga mengurangi tingkat resiko kerusakan.

Gambar 2. 11 adalah gambar dari adaptor 5V AC-DC sumber daya untuk menjalankan perangkat yang tersambung dengan aliran listrik.



Gambar 2. 11 Adaptor 5V
Sumber: (Pribadi)

Adaptor terbagi menjadi empat macam, yaitu:

- a. Adaptor *DC Converter*: mengubah tegangan DC besar menjadi tegangan DC kecil. Contoh, dari tegangan 12V menjadi 6V.
- b. Adaptor *Step Up* dan *Step Down*: mengubah tegangan AC menjadi tegangan yang lebih besar atau sebaliknya. Contoh, dari tegangan 110V menjadi 220V, atau sebaliknya.
- c. Adaptor *Inverter*: mengubah tegangan DC kecil menjadi tegangan AC besar. Contoh, dari tegangan 12V DC menjadi 220V AC.
- d. Adaptor *Power Supply*: mengubah tegangan listrik AC yang besar menjadi tegangan listrik DC yang kecil. Contoh, dari tegangan 220V AC menjadi tegangan 6V, 9V, 12V DC. (Santoso, 2012)

2.11 LM2596

LM2596 adalah sebuah modul regulator penurun tegangan DC-DC yang *adjustable* dari rentang tegangan masukan sekitar 4V-40V dan keluaran 1.23V-35V dan batas arus maksimum hingga 2A dengan proteksi berupa pembatas arus hubung singkat (Siswanto et al., 2020). Seri LM2596 ini adalah sebuah sirkuit terintegrasi monolitik yang menyediakan semua fungsi aktif untuk regulator *switching step-down (buck)*. Perangkat LM2596 tersedia dalam tegangan keluaran tetap sebesar 3.3V, 5V, 12V, dan versi keluaran yang dapat disesuaikan. Seri LM2596 beroperasi pada frekuensi tetap generator sebesar 150kHz yang dapat memungkinkan komponen filter berukuran lebih kecil dari yang diperlukan dengan regulator *switching* frekuensi rendah. Tersedia dalam paket 7-pin TO-220 standar dengan beberapa opsi tikungan ujung yang berbeda, dan paket pemasangan permukaan 7-pin TO-263 (Utami et al., 2020).

Gambar 2. 12 adalah gambar IC LM2596 yang berfungsi sebagai penurun tegangan dari adaptor untuk mengaktifkan komponen yang terhubung dengan ESP32.



Gambar 2. 12 LM2596
Sumber: (Pribadi)

2.10.1 Buck Converter

Buck converter yaitu konverter arus searah yang digunakan untuk menurunkan tegangan DC dengan prinsip kerja rangkaian yang memanfaatkan kendali

pensaklaran dengan menggunakan diode MOSFET untuk membuka tutup rangkaian sehingga arus yang mengalir dapat dikendalikan sesuai *duty cycle* yang diinginkan. *Buck converter* juga dimanfaatkan untuk berbagai aplikasi seperti catu daya motor dan *charger* aki (Rahmawati et al., 2021).

Pada dasarnya, *buck converter* adalah salah satu jenis topologi dari *switching power supply* yang terdiri dari dua bagian yaitu power dan kontrol. Bagian power berfungsi untuk konversi tegangan, termasuk komponen-komponen seperti *switch*, dan filter output. Bagian kontrol berfungsi untuk mengontrol *state* ON-OFF dari *switch* yang ada dalam rangkaian. Untuk pengoperasian *buck converter* dapat diaplikasikan dengan dua mode yaitu *continuous conduction mode* dan *discontinuous conduction mode*. Dalam *continuous conduction mode* arus akan terus menerus mengalir melewati induktor atau dengan kata lain arus pada induktor tidak pernah mencapai nilai nol (0). Dalam *discontinuous conduction mode* arus yang mengalir melewati induktor akan bernilai nol (0) untuk rentang waktu tertentu. Nilai induktor yang dipilih akan menentukan mode yang digunakan (Utami et al., 2020).

Tabel 2. 3 adalah tabel spesifikasi dari *buck converter LM2596* DC-DC sebagai modul penurun tegangan.

Tabel 2. 3 Tabel Spesifikasi *Buck Converter* LM2596

No	Spesifikasi	Keterangan
1	<i>Input DC</i>	3.2V – 46V
2	<i>Output DC</i>	1.25V – 35V
3	Arus Maksimal	3A
4	<i>Efisiensi Step Down</i>	92%
5	<i>Output Ripple</i>	30mV
6	<i>Swicthing Frequency</i>	65KHz
7	<i>Operating Temperature</i>	–45°C – 85°C
8	Dimensi	43mm x 21mm x 41mm
9	Berat	0.08kg

2.12 *Blynk*

Blynk adalah sebuah *platform Internet of Things (IoT)* yang bisa dioperasikan di Android atau iOS. Penggunaan *Blynk* terbilang mudah dalam membangun sistem monitoring dan kontrol, dan juga memberikan kemudahan dalam pertukaran data antara sistem monitoring dan *platform*. *Blynk* mempunyai tiga komponen utama yaitu *Libraries* yang berfungsi dalam pembuatan kode program, Aplikasi yang berfungsi sebagai *interface* sistem monitoring dengan pengguna dan *Server* sebagai jalur proses komunikasi datanya (Hadi et al., 2022).

Gambar 2. 13 adalah logo dari aplikasi *blynk* sebagai platform yang dioperasikan di perangkat seluler.



Gambar 2. 13 *Blynk*
Sumber: (Hamami et al., 2020)

Aplikasi *Blynk* digunakan untuk mengoperasikan *hardware* berupa pengiriman data berupa perintah yang diinginkan pengguna ke *blynk server* yang selanjutnya diteruskan datanya ke *blynk libraries* dan bisa diakses tanpa perlu menggunakan komputer, lalu komunikasi data hardware dilakukan dengan bantuan internet. Data tersebut akan sampai pada hardware untuk diproses sebelum dikerjakan. (Fitriyah & Batam, 2021)

Dalam aplikasi *blynk* terdapat 3 komponen utama, yaitu:

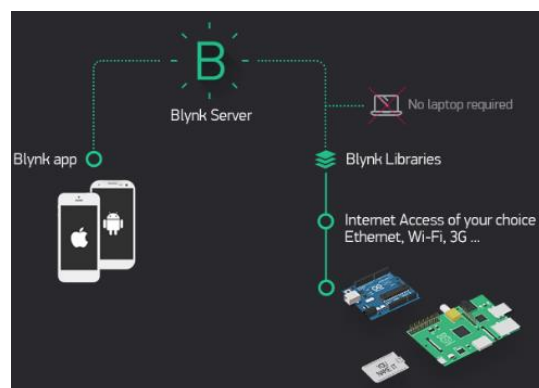
1. *Blynk App* yaitu untuk membuat sebuah antarmuka dari alat yang dibuat dengan menggunakan berbagai widget yang telah disediakan. *Project interface* dibuat dengan berbagai komponen *input output* yang mendukung pengiriman atau

penerimaan data yang kemudian mempresentasikan data sesuai dengan komponen yang dipilih, representasi datanya berupa grafik atau visual angka.

2. *Blynk Server* yaitu fasilitas *backend service* berbasis *cloud* yang bertanggungjawab komunikasi antara aplikasi *blynk* yang ada di *smartphone* dengan alat yang dibuat. Kelebihan dari *blynk server* dapat menangani puluhan alat yang dibuat pada saat bersamaan dan semakin mempermudah bagi pengembangan *IoT*.
3. *Blynk Library* yaitu untuk memberikan kemampuan terhadap alat yang dibuat supaya dapat berkomunikasi yang *blynk server*; selain itu juga dapat memproses semua data dari *input output*, dan dapat membeantu pengembangan *code* (Elektro et al., 2023).

Gambar 2. 14 dibawah menjelaskan cara kerja *blynk*. Untuk menggunakan *blynk* pengguna membutuhkan setidaknya tiga komponen, yaitu:

- a. Perangkat keras: bisa berupa Arduino, Raspberry Pi, dan alat sejenisnya.
- b. Aplikasi *Blynk* yang terhubung dengan internet.
- c. Perangkat seluler berupa *smartphone*, iOS atau Android yang digunakan untuk menginstall *Blynk App* (Fitriyah & Batam, 2021).



Gambar 2. 14 Cara Kerja *Blynk*
(Fitriyah & Batam, 2021)

Pengguna mengoperasikan *hardware* dibantu oleh aplikasi *blynk*. *Blynk* kemudian mengirimkan data berupa perintah yang diinginkan ke *blynk server*. Kemudian meneruskan data tersebut melalui *blynk libraries* yang dapat diakses tanpa komputer. Komunikasi data dengan *hardware* dilakukan dengan bantuan jaringan internet untuk selanjutnya data tersebut diproses (Fitriyah & Batam, 2021) dan dapat diinformasikan pada pengguna sesuai dengan yang diinginkan atau diperintahkan.

2.13 Review Hasil Penelitian

Penelitian ini didasarkan pada penelitian-penelitian sebelumnya yang sejenis mengenai memonitoring arus, daya, tegangan dan pengisian token kWh untuk pembandingan kedepannya dan bisa menjadi metodologi pengembangan selanjutnya. Maka dari itu terdapat beberapa penelitian sejenis yang sudah dibuat lebih dulu, diantaranya sebagai berikut:

1. Penelitian yang dilakukan oleh Tia Yulistiani, S. T. dengan judul “Alat Pembatas Arus *Adjustable Limiter* Berbasis Mikrokontroler”. Penelitian ini membahas alat pembatas arus yang dapat memonitoring arus 1A – 4A dan dapat dikontrol melalui jarak jauh internet menggunakan aplikasi *blynk*. Alat pembatas arusnya berbasis mikrokontroler yang dapat melakukan pemutusan dan penyambungan arus antara beban yang digunakan dengan sistem alat yang dirancangnya menggunakan pengendalian dari kinerja relay yang dipakai.
2. Penelitian yang dilakukan oleh Adam Nurfaizi dengan judul “Sistem Monitoring Meteran Listrik Berbasis IoT Untuk Listrik Prabayar”. Penelitian ini membahas tentang monitoring listrik berbasis IoT untuk layanan listrik prabayar. Monitoring listrik meliputi arus, daya, tegangan pada penggunaan alat

listrik yang digunakan sehari-hari yang dipantau dari jarak jauh menggunakan *platform blynk*.

3. Penelitian yang dilakukan oleh Siska Ludfi Zaen dengan judul “Sistem Monitoring Pemakaian Energi Listrik Rumah Tangga Berbasis Web”. Penelitian ini dilakukan untuk memudahkan pengguna listrik dalam memantau konsumsi energi listrik dengan menggunakan sensor PZEM-004T sebagai pembaca arus, tegangan, dan daya yang dikirimkan ke database oleh ESP8266 sebagai pengolah data.
4. Penelitian yang dilakukan oleh Andriana, Hadi Baehaqi, dan Zulkarnain dengan judul “Sistem kWh Meter Digital Menggunakan Modul PZEM-004T”. Penelitian ini merancang alat monitoring pemakaian energi listrik yang dapat mengukur dan menampilkan nilai arus, tegangan, dan daya menggunakan modul PZEM-004T yang dapat dimonitor secara real-time.
5. Penelitian yang dilakukan oleh Khijja Hamami, Mohamad Muhsim, dan Diky Siswanto dengan judul “Prototipe Sistem Monitoring Biaya Penggunaan Listrik Pada Rumah Kos Berbasis IoT”. Penelitian ini membuat prototipe untuk mengukur energi listrik menggunakan sensor PZEM-004T yang diolah oleh Arduino dan data dikirim ke *Blynk* yang dapat diakses menggunakan smartphone. Jadi, pemilik dan penyewa kos sama-sama mempunyai aplikasi untuk dapat memonitoring penggunaan daya listrik, dimana pulsa kWh pun dapat dimonitoring. Jika penyewa lupa, maka penyewa dapat membeli kepada pemilik yang selanjutnya pemilik akan mengisikan saldo sesuai nominal dan notif pengingat akan muncul pada waktu yang sudah ditentukan.