

## **BAB II**

### **LANDASAN TEORI**

#### **2.1 Tinjauan Pustaka**

Terdapat beberapa jurnal dan penelitian yang terkait dengan penelitian saat ini. Pada jurnal tahun 2020, penelitian dengan judul “Perbaikan Faktor Daya Pada Peralatan Listrik Rumah Tangga” yang ditulis oleh Ridho Arvan Dedzky dan Fauzan Atabiq. Pada penelitian ini membahas tentang pemasangan kapasitor menggunakan metode individual *compensation* yaitu dua kapasitor dengan nilai yang sudah ditentukan dipasang langsung pada masing-masing beban yaitu pompa air dan kulkas<sup>[6]</sup>.

Amar Ma’ruf, Rangsang Purnama, Kunto Eko Susilo pada tahun 2021 melakukan sebuah penelitian yang berjudul “Rancang Bangun Alat Monitoring Tegangan, Arus, Daya, dan Faktor Daya Berbasis IoT. Penelitian ini hanya digunakan untuk memonitoring tegangan, arus, daya, dan faktor daya yang bisa di monitoring jarak jauh menggunakan Blynk di Android<sup>[7]</sup>.

Pada penelitian selanjutnya yang dilakukan oleh Muhamad Aldi Baehaqi, Saripudin pada tahun 2023 dengan judul “Rancang Bangun Sistem Monitoring Daya Menggunakan IoT”. Penelitian ini dirancang menggunakan sensor PZEM-004T sebagai sensornya yang dapat mengukur nilai tegangan, arus, daya hanya dalam satu sensor saja. Untuk mikrokontrolernya menggunakan ESP 8266. Pengujian pada beban yang telah dilakukan pengukuran, pada beban solder 45W memiliki tegangan error paling tinggi yaitu 0,62%, untuk arus pada beban lampu 5W mempunyai error paling tinggi 50% dan daya pada beban lampu 5W memiliki error 50,1%<sup>[8]</sup>.

Pada tahun 2019 dilakukan penelitian dengan judul “Sistem Kwh Meter Digital Menggunakan Modul PZEM-004T” oleh Andriana, Hadi Baehaqi dan Zulkarnain. Alat monitoring ini menggunakan modul PZEM-004T yang dapat di monitor secara real time. Daya yang diambil berupa nilai tegangan, arus, daya, dan faktor daya<sup>[9]</sup>.

Penelitian selanjutnya pada tahun 2021 yang ditulis oleh I Made Surya Radhitya, Sirojul Hadi, dan Adam Bachtiar dengan judul “Monitoring Konsumsi Listrik Rumah Tangga Berbasis Internet of Things Terintegrasi dengan Virtual Private Server”. Penelitian ini

menggunakan konsep IoT untuk memonitoring daya listrik sehingga dapat memberikan hasil secara akurat dan *real time*. Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah NodeMCU sebagai mikrokontrolernya, sensor arus ACS712 sebagai sensor arus listrik dan menggunakan *virtual private server* (VPS) sebagai webservernya. Hasil penelitian ini yaitu sebuah sistem monitoring daya listrik dengan akurasi pengukuran daya oleh sistem yaitu 92,87%<sup>[10]</sup>.

Penelitian dengan judul “Monitoring Daya Listrik Secara *Real Time*” oleh Deni Adi Putra dan Riki Mukhaiyar pada tahun 2020. Hasil pembuatan alat ini berupa prototype system monitoring serta proteksi pada daya listrik. Pada alat ini masing-masing ruangan Arus dan Tegangan dapat dilihat pemakaiannya. Pembatasan daya yang dipakai oleh pengguna pada masing-masing ruangan sebesar 2A (440 Watt), jika melebihi dari batas pemakaian maka sistem akan secara otomatis mematikan stopkontak<sup>[11]</sup>.

Dalam membaca penelitian yang sudah pernah dibuat dan latar belakang masalah yang ada, maka penulis membuat sebuah “Rancang Bangun Monitoring Faktor Daya Menggunakan IoT”. Kelebihan alat ini dari penelitian sebelumnya yaitu dapat memonitoring hasil dari nilai tegangan, arus, daya, frekuensi, faktor daya sebelum perbaikan dan sesudah perbaikan, serta nilai kapasitor yang dibutuhkan. Dengan menambahkan kapasitor, nilai faktor daya dapat menjadi lebih bagus. Kemudian perbedaan dari penelitian sebelumnya, pada sistem monitoring ini data yang diakses dapat di lihat melalui tampilan LCD dan Aplikasi android.

## 2.2 Landasan Teori

### 2.2.1 Daya Aktif

Daya aktif adalah daya yang digunakan dan terukur langsung pada beban. Beberapa contoh dari daya aktif adalah energi panas, energi mekanik, cahaya dan daya aktif memiliki satuan berupa watt (W)<sup>[3]</sup>. Berikut ini merupakan persamaan daya aktif :

$$\text{Untuk 1 fasa : } P = V \cdot I \cdot \text{Cos } \varphi \quad (1)$$

Keterangan :

P = Daya aktif (Watt)

V = Tegangan (Volt)

I = Arus (Amper)

Cos  $\varphi$  = Faktor Daya

### 2.2.2 Daya Reaktif

Satuan daya reaktif adalah VAR (Voltampere reactive). Daya reaktif (Q) merupakan jumlah daya yang diperlukan untuk pembentukan medan magnet, daya reaktif merupakan daya yang diserap namun dikembalikan lagi pada sumbernya<sup>[3]</sup>. Berikut ini merupakan persamaan daya reaktif :

$$Q = V \cdot I \cdot \sin \phi \quad (2)$$

Keterangan :

Q = Daya Reaktif (VAR)

$\sin \phi$  = Faktor Reaktif

### 2.2.3 Daya Semu

Daya Semu merupakan nilai tenaga listrik yang melalui suatu penghantar. Daya semu didapatkan dari hasil perkalian tegangan dan arus yang melalui penghantar<sup>[3]</sup>. Berikut ini merupakan persamaan dari daya semu :

$$S = V \cdot I \quad (3)$$

Keterangan :

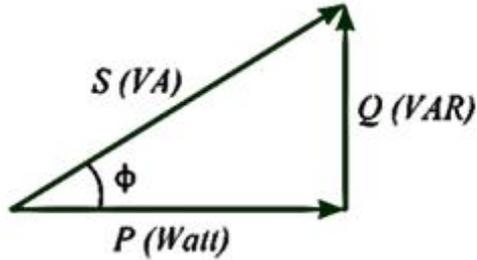
S = Daya Semu (VA)

V = Tegangan (V)

I = Arus (A)

### 2.2.4 Faktor Daya

Faktor daya atau  $\cos \phi$  merupakan perbandingan antara daya aktif (watt) dengan daya semu (VA), atau nilai cosinus sudut antara daya aktif dan daya semu. Nilai faktor daya selalu lebih kecil atau sama dengan satu<sup>[5]</sup>. Sudut fasa muncul akibat adanya selisih fasa antara fasa tegangan dan fasa arus, jika rangkaian bersifat induktif maka fasa arus akan tertinggal dari fasa tegangan, jika rangkaian bersifat kapasitif maka fasa arus akan mendahului fasa tegangan, sedangkan jika rangkaian resistif maka arus akan sefasa dengan tegangan sehingga sudut fasa  $\theta = 0$ <sup>[3]</sup>



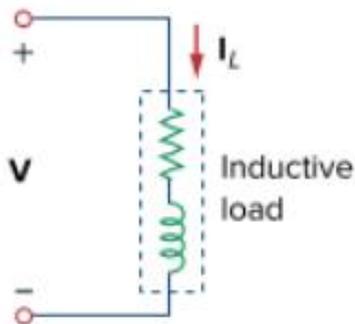
Gambar 2.1 Segitiga Daya<sup>[12]</sup>

Berikut ini merupakan persamaan faktor daya :

$$\text{Faktor daya} = \cos\phi = \frac{p \text{ (watt)}}{V.I \text{ (voltampere)}} \quad (4)$$

### 2.2.5 Beban Induktif

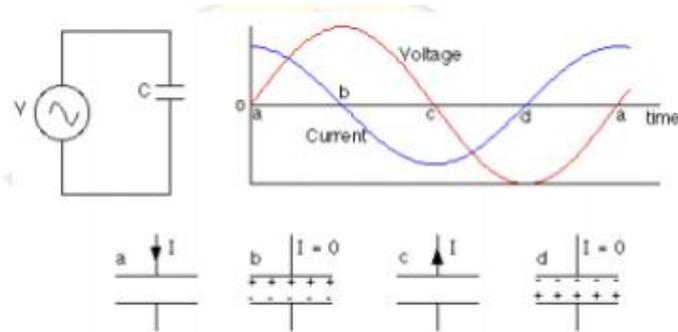
Beban induktif adalah beban yang dihasilkan oleh lilitan kawat (kumparan) yang terdapat di berbagai alat-alat listrik seperti motor, transformator, dan relay. Kumparan di butuhkan oleh alat-alat listrik yang sebagai medan magnet dan komponen kerjanya<sup>[5]</sup>.



Gambar 2.2 Rangkaian listrik AC dengan beban Induktif<sup>[12]</sup>

### 2.2.6 Beban Kapasitif

Beban kapasitif bersifat menghalangi terjadinya perubahan nilai tegangan listrik. Sifat ini menunjukkan bahwa kapasitor bersifat menyimpan tegangan listrik sesaat<sup>[5]</sup>.



**Gambar 2.3** Rangkaian listrik AC dengan beban kapasitif <sup>[5]</sup>

### 2.2.7 Kapasitor

Kapasitor adalah komponen elektronika yang berfungsi untuk menyimpan elektron-elektron selama waktu yang tidak tertentu. Besarnya kapasitansi dari sebuah kapasitor dinamakan farad. Kapasitor dapat diartikan juga sebagai komponen elektronika yang dapat menyimpan dan melepaskan muatan listrik<sup>[5]</sup>.

Perhitungan besarnya nilai kapasitor dapat dilihat dari persamaan berikut:

$$Q = C.V \quad (5)$$

Keterangan :

Q = Muatan electron dalam C (coloumbs)

C = Nilai kapasitansi dalam D (Farads)

V = Besar tegangan dalam V (volt)

Untuk meningkatkan nilai faktor daya mendekati nilai iideal yaitu 1 maka target nilai perbaikan faktor daya adalah dari  $\cos\phi$  1 (sebelum perbaikan factor daya) menjadi  $\cos\phi$  2 (sesudah perbaikan factor daya), sehingga kebutuhana daya reaktifnya akan berubah menjadi :

$$Q_a = S . \sin \phi_1 \quad (6)$$

$$Q_b = S \cdot \sin \varphi_2 \quad (7)$$

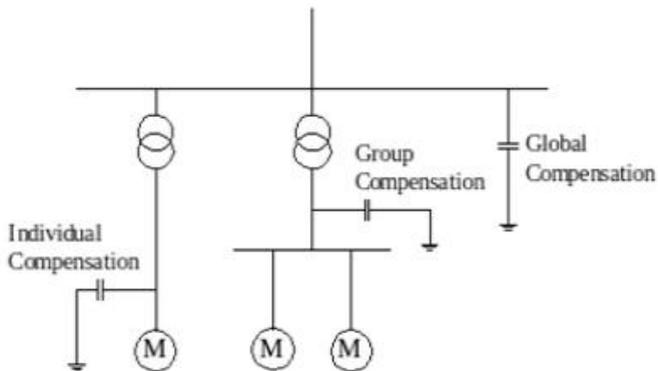
Besarnya kapasitor yang dibutuhkan untuk perbaikan faktor daya adalah:

$$Q_c = Q_a - Q_b \quad (8)$$

$$C = \frac{Q_c}{2\pi f V^2} \quad (9)$$

### 2.2.8 Kapasitor Bank

Kapasitor *bank* merupakan sekumpulan beberapa kapasitor yang dihubungkan secara parallel untuk mendapatkan kapasitas kapasitif yang ditentukan. Besaran yang digunakan untuk kapasitor bank adalah Kvar (Kilovolt-ampere reaktif). Kapasitor ini memiliki sifat listrik yang kapasitif (leading) sehingga mempunyai sifat mengurangi sifat induktif (leaging). Kapasitor *bank* ini berfungsi sebagai penyeimbang pada beban yang bersifat induktif<sup>[5]</sup>. Instalasi kapasitor bank dibagi menjadi 3 (tiga) bagian yaitu *global compensation*, *group compensation*, dan *individual compensation*.



**Gambar 2.4 Kapasitor Bank<sup>[13]</sup>**

### **2.2.9 Internet of Things (IoT)**

Internet of Things atau IoT merupakan sebuah konsep teknologi yang menggabungkan berbagai jenis objek ke dalam sebuah jaringan internet. Hal ini memungkinkan objek untuk beroperasi secara otomatis. Selain itu, objek tersebut dapat memberikan informasi kepada pengguna terus-menerus dalam waktu yang berkelanjutan. Aplikasi Mit App Inventor yang digunakan dalam penelitian ini sebagai system untuk pemantauan jarak jauh transmisi data internet dengan modul WIFI <sup>[14]</sup>. Mit App Inventor dapat digunakan untuk mendesain aplikasi android sesuai keinginan dengan menggunakan berbagai macam bentuk dan komponen yang tersedia.

### **2.2.10 Sensor PZEM-004T**

PZEM-004T adalah sebuah modul sensor yang memiliki fungsi sebagai mengukur tegangan, arus, dan daya pada arus yang terdapat pada sebuah aliran listrik. Modul PZEM-004T ini berintegrasi dalam trafo arus (CT). Modul sensor ini mengeluarkan output dengan komunikasi data serial<sup>[15]</sup>. Modul PZEM-004T diproduksi oleh perusahaan bernama Peacefair<sup>[16]</sup>. Gambar 2.5 merupakan wujud fisik sensor PZEM-004T dan Tabel 2.1 merupakan spesifikasi PZEM-004T.



**Gambar 2.5 Sensor PZEM-004T<sup>[17]</sup>**

**Tabel 2.1 Modul Sensor PZEM-004T<sup>[16]</sup>**

No.	Spesifikasi	Nilai
1	<i>Working Voltage</i>	80-280 VAC
2	<i>Rated Power</i>	10 A/ 2200W
3	<i>Working Frequency</i>	45-65 Hz
4	Akurasi Pengukuran	0,5%

### 2.2.11 Magnetic Contactor (MC)

*Magnetic contactor* merupakan peralatan listrik yang bekerja berdasarkan prinsip induksi elektromagnetik. Pada kontaktor terdapat sebuah belitan yang mana jika dialiri arus listrik akan timbul medan magnet pada inti besinya. Kontak bantu NO (*Normally Open*) akan menutup dan kontak Bantu NC (*Normally Close*) akan membuka. Kontak pada kontaktor terdiri dari kontak utama dan kontak bantu. Kontak utama digunakan sebagai rangkaian daya sedangkan kontak bantu digunakan sebagai rangkaian kontrol<sup>[18]</sup>. Gambar 2.6 merupakan wujud fisik dari *Magnetic Contactor* (MC) dan Tabel 2.2 merupakan spesifikasi *Magnetic Contactor* (MC)



**Gambar 2.6** *Magnetic Contactor*<sup>[19]</sup>

**Tabel 2.2** *Spesifikasi Magnetic Contactor*<sup>[19]</sup>

No	Spesifikasi	Nilai
1	Model	NC-09
2	Tegangan	220-240V AC 50/60Hz
3	<i>Coil Voltage</i>	AC: 50Hz: 11VA, AC:60Hz:12VA
4	<i>Temperature</i>	-5°C - +40°C

### 2.2.12 Relay

Relay adalah komponen elektronika yang memiliki fungsi untuk memutuskan atau menghubungkan catu daya secara tidak langsung. Relay juga dikenal sebagai saklar magnet, relay bekerja ketika ada arus listrik yang tersambung maka akan terjadi kontak antar plat sehingga arus dapat mengalir. Fungsi utama relay adalah sebagai saklar elektronik yang diperlukan bila diperlukan dengan kata lain untuk mengontrol arus dan tegangan yang tinggi. Fungsi relay pada rangkaian listrik diantaranya yaitu untuk menyambung dan memutus aliran listrik secara tidak langsung, menyambung dan memutuskan aliran listrik secara bersamaan

[3]. Gambar 2.7 merupakan wujud fisik relay dan Tabel 2.3 merupakan spesifikasi modul relay.



**Gambar 2.7 Relay 3 channel**

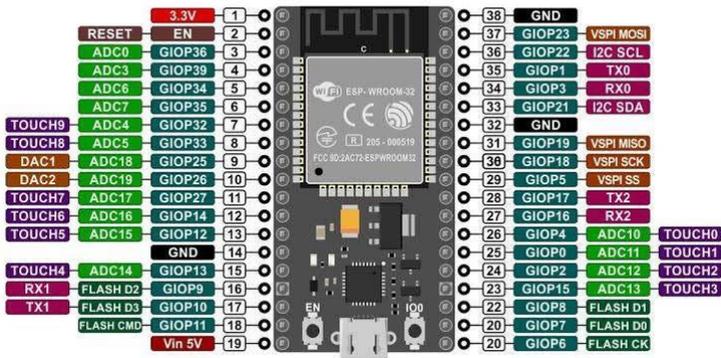
**Tabel 2.3 Spesifikasi Module Relay<sup>[20]</sup>**

No	Spesifikasi	Nilai
1	<i>Channel</i>	3
2	<i>Working Voltage</i>	5 V, <i>active high</i>
3	<i>Max Load</i>	AC 250V/10A, DC 30V/10A

### 2.2.13 ESP 32

Mikrokontroler ESP 32 merupakan penerus dari mikrokontroler ESP8266. Pada mikrokontroler ini sudah tersedia modul wifi dan bluetooth sehingga sangat mendukung untuk membuat system aplikasi Internet of Things. Mikrokontroler ini memiliki 18 ADC (Analog Digital Converter), 2 DAC, 16 PWM, 10 Sensor sentuh, 2 jalur antarmuka UART, pin antarmuka 12C, 12S, dan SPI. Kelebihan dari modul NodeMCU ESP32 dibandingkan dengan mikrokontroler jenis arduino adalah jumlah I/O yang lebih banyak dan kelengkapan modul ADC yang lebih banyak dibandingkan dengan tipe yang lain. Terintegrasinya sistem koneksi WiFi sehingga sangat tepat jika

digunakan untuk operasi IoT<sup>[21]</sup>. Gambar 2.8 merupakan wujud fisik ESP32 dan Tabel 2.4 merupakan spesifikasi ESP32.



Gambar 2.8 ESP 32<sup>[15]</sup>

Tabel 2.4 Spesifikasi Wi-Fi Module ESP32<sup>[21]</sup>

No	Spesifikasi	Nilai
1	MCU	Dual-Core 32-bit LX6 600 DMIPS
2	Wi-Fi	802.11 b/g/n HT40
3	<i>Bluetooth</i>	<i>Bluetooth 4.2 and below</i>
4	<i>Typical Frequency</i>	160 MHz
5	SRAM	512 kBytes
6	Flash	SPI Flash, up to 16 MB
7	<i>Hardware/Software PWM</i>	<i>1/16 Channels</i>
8	ADC	12 bit

### 2.2.14 LCD 20x4

LCD merupakan perangkat yang berfungsi sebagai media dalam menampilkan data dengan memanfaatkan Kristal cair sebagai objek penampil utama. LCD yang digunakan adalah LCD yang berukuran 20x4 karakter dengan tambahan *module* I2C untuk mempermudah dalam memprogram nantinya. Dengan menambahkan module I2C akan lebih menghemat penggunaan pin pada mikrokontroler yang akan

digunakan. Pin yang digunakan jika menggunakan module I2C yaitu 4 buah pin Arduino, terdiri dari pin SCL, pin SDA, pin VCC, dan GND<sup>[22]</sup>. Gambar 2.9 merupakan wujud fisik LCD 20x4 dan Tabel 2.5 merupakan spesifikasi LCD 20x4.



**Gambar 2.9 LCD 20x4<sup>[23]</sup>**

**Tabel 2.5 Spesifikasi LCD 20x4<sup>[23]</sup>**

c	Spesifikasi	Nilai
1	Jenis LCM	Karakter
2	Tegangan	5V DC
3	Fitur	IIC / 12C 4 kabel
4	Size	60mm x 99mm

### 2.2.15 Step down LM2596

LM2596 adalah intergrated circuit (IC) yang berfungsi untuk menurunkan tegangan direct current (DC). Ada dua macam seri dari LM2596, yaitu adjustable dan fixed voltage output<sup>[24]</sup>. Tegangan dapat diatur dengan memutar potensiometer yang terdapat pada board LM2596<sup>[25]</sup>. Gambar 2.10 merupakan wujud fisik modul step down LM2596 dan Tabel 2.6 merupakan spesifikasi modul trafo LM2596.



**Gambar 2.10 Step down LM2596<sup>[26]</sup>**

**Tabel 2.6 Spesifikasi Modul Step down LM2596<sup>[27]</sup>**

No	Spesifikasi	Nilai
1	<i>Input Voltage range</i>	440 VDC
2	<i>Output Voltage range</i>	1.25-37 VDC adjustable
3	<i>Outpput Current</i>	3 A
4	<i>Voltmeter range</i>	0 to 40 V , error +/- 0.1 V

### 2.2.16 Power Supply

*Power supply* atau Catu Daya merupakan suatu alat listrik yang dapat menyediakan energi listrik untuk perangkat listrik ataupun elektronika lainnya. *Power Supply* atau Catu daya ini memerlukan sumber energi listrik yang kemudian diubah menjadi energi listrik yang dibutuhkan oleh perangkat elektronik. Power supply disebut juga sebagai *Electric Power Converter*.

*Switch-Mode Power Supply* (SMPS) adalah jenis *Power Supply* yang langsung menyearahkan (*rectify*) dan menyaring (*filter*) tegangan Input AC untuk mendapatkan tegangan DC. Tegangan DC tersebut kemudian di-*switch ON* dan *OFF* pada frekuensi tinggi dengan sirkuit frekuensi tinggi sehingga menghasilkan arus AC yang dapat melewati

Transformator Frekuensi Tinggi<sup>[20]</sup>. Gambar 2.11 merupakan wujud fisik power supply dan Tabel 2.7 merupakan spesifikasi power supply.



**Gambar 2.11 Power supply<sup>[20]</sup>**

**Tabel 2.7 Spesifikasi Power Supply<sup>[20]</sup>**

No	Spesifikasi	Nilai
1	<i>Power supply switching</i>	12V 5A murni 60 W
2	Tegangan <i>input</i>	110-240V AC
3	Daya maksimal	5A (60W)
4	Dimensi	P 11 x L 7,8 x T 3,6 Cm

*Halaman ini sengaja dikosongkan*