

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1. Tinjauan Pustaka

Pada penelitian yang telah dilakukan oleh Hasan, M, Z. dan Junianto, E yang berjudul “*Sistem Monitoring dan Kontrol Peralatan Listrik Berbasis IoT Menggunakan Aplikasi Blynk*”. Membahas tentang perancangan sistem monitoring tegangan, arus, serta pemakaian daya listrik dan kontrol peralatan listrik yang dapat dikendalikan dari jarak jauh menggunakan aplikasi *Blynk*. Menggunakan NodeMCU ESP8266 yang dikoneksikan dengan aplikasi *Blynk* mampu untuk mengendalikan peralatan listrik serta dapat memonitoring secara visual pemakaian energi listrik pada tiap - tiap peralatan listrik [5].

Penelitian selanjutnya oleh I. Gunawan, T. Akbar, and M. G. Ilham, yang berjudul “*Prototipe Penerapan Internet Of Things (Iot) Pada Monitoring Level Air Tandon Menggunakan Nodemcu Esp8266 Dan Blynk,*” menghasilkan sebuah alat untuk memonitoring ketinggian level air pada tandon yang menggunakan sensor ultrasonik dan NodeMCU ESP8266 sebagai mikrokontroler dengan aplikasi *Blynk* sebagai alat kontrol [6].

Pada penelitian selanjutnya oleh Kristiyanti, D. R., Wijayanto, A., et al. dengan judul “*Sistem Monitoring Suhu dan Kelembaban pada Budidaya Jamur Tiram Berbasis Internet of Things Menggunakan MQTT dan Telegram BOT.*” menghasilkan suatu alat untuk memonitoring suhu dan kelembapan ruangan budidaya jamur tiram secara real time. Menggunakan sensor DHT11 untuk mengukur suhu dan kelembapan area sekitar jamur tiram yang memiliki

kelebihan, tingkat stabilitas dan kalibrasi yang baik dan akurat, serta pembacaan data yang cepat dan tepat [7].

Pada penelitian oleh Fachreza, A., dan Budiyanto, U. pada tahun 2022 yang berjudul "*Prototype Sistem Otomasi Kendali Masjid Via Telegram Menggunakan Mikrokontroler ESP32 Sensor Cahaya Dan Suhu*" membuat suatu rancangan sistem kendali untuk masjid yang dapat dikontrol dari jarak jauh menggunakan mikrokontroler ESP32 serta telegram bot untuk memberikan masukan perintah kontrolnya. Menggunakan sensor DHT11 untuk mengukur suhu dan kelembapan dalam ruangan [8].

Penelitian oleh Made, I., Wisnawa, A. I., et al pada tahun 2022, melakukan perancangan sebuah sistem monitoring panel dan kontrol listrik berbasis IoT untuk memantau penggunaan energi listrik pada masing-masing kamar kos. Menggunakan mikrokontroler NodeMCU ESP32 dan sensor PZEM-004t yang berdasarkan pengujian menghasilkan persentase tingkat keberhasilan pembacaan tegangan sebesar 100% , arus sebesar 93%, daya sebesar 94% dan didapatkan bahwa jumlah penggunaan listrik dan perkiraan biaya yang diperlukan dapat dipantau dari jarak jauh melalui website [9].

2.2. Landasan Teori

Panel listrik merupakan sebuah wadah atau tempat yang berfungsi untuk menyusun komponen listrik yang dirangkai menjadi sebuah sistem untuk menyuplai, membagi, mengamankan, dan mengontrol peralatan kelistrikan [1]. Sebagai pengaman, setiap panel listrik dilengkapi dengan MCCB, ACB, MCB, dan TOR sebagai pengaman hubung singkat dan arus lebih sebelum

masuk ke mesin ataupun peralatan listrik lainnya. Tujuannya adalah apabila terjadi gangguan pada salah satu mesin, mesin lain tidak terkena dampaknya dan masih bisa beroperasi [2]. Tidak jarang panel listrik mengalami overheating apabila dipakai dengan beban yang maksimal secara terus menerus. Kenaikan suhu di dalam panel sulit dideteksi secara langsung oleh komponen proteksi saat ini [3].

Monitoring suhu adalah proses pengukuran dan pemantauan suhu suatu sistem atau perangkat secara berkelanjutan untuk menjaga kondisi agar tetap berada dalam rentang yang aman dan optimal. Suhu yang berlebih pada panel listrik dapat menyebabkan kerusakan pada komponen elektronik, menurunkan efisiensi energi, dan bahkan meningkatkan risiko kebakaran [3].

Pada panel listrik, suhu berfungsi sebagai indikator penting untuk mengawasi kinerja perangkat. Ketika suhu panel listrik melebihi batas yang ditentukan, maka kemungkinan terjadinya kerusakan atau kegagalan sistem sangat tinggi. Oleh karena itu, sistem monitoring suhu yang tepat sangat dibutuhkan untuk mendeteksi kenaikan suhu secara dini dan memberikan pemberitahuan untuk melakukan tindakan preventif.

Preventif merupakan tindakan yang dilakukan secara berkala untuk mencegah sesuatu yang tidak diinginkan. Dalam kaitannya dengan penelitian ini, preventif dilakukan sebagai upaya untuk memastikan kondisi panel listrik baik dan berfungsi sebagaimana mestinya. Serta memastikan parameter dalam panel berjalan sesuai batasannya

Internet of Things (IoT) adalah konsep yang menggambarkan jaringan perangkat fisik yang saling terhubung melalui internet dan dapat saling berkomunikasi untuk mengumpulkan, mengirimkan, dan memproses data tanpa intervensi langsung dari manusia [10]. *IoT* menggunakan sensor, perangkat pemrosesan data, dan konektivitas jaringan untuk menghubungkan perangkat-perangkat fisik seperti mesin, peralatan, hingga sistem panel listrik ke sistem informasi yang dapat dipantau dan dikendalikan dari jarak jauh .

Dalam konteks monitoring panel listrik, *IoT* dapat memfasilitasi pemantauan secara real-time dengan menggunakan sensor suhu DHT22, sensor gas MQ2, dan sensor PZEM004T yang terhubung ke sistem melalui jaringan internet. Hal ini memungkinkan pemantauan kondisi suhu dan kelembapan panel listrik secara langsung dan memungkinkan pengambilan keputusan yang lebih cepat untuk menghindari kerusakan yang mungkin terjadi [11].

Penerapan IoT dalam monitoring panel listrik mengintegrasikan sensor suhu, sensor gas, sensor daya, mikrokontroler, dan teknologi komunikasi internet untuk memberikan sistem pemantauan suhu yang efisien dan *real-time*. Berikut adalah komponen-komponen utama dalam penerapan *IoT* pada sistem monitoring panel listrik.

2.2.1. ESP32

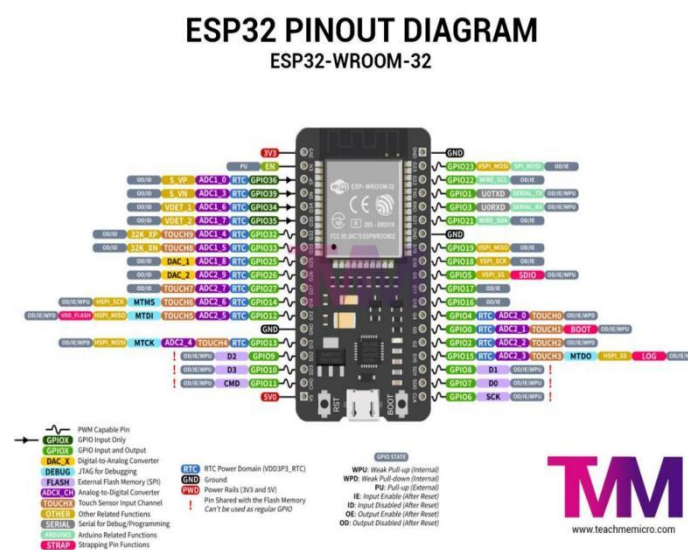
ESP32 adalah *mikrokontroler* yang memiliki banyak fungsi, berdaya rendah, dan memiliki Wi-Fi terintegrasi dan *Bluetooth Low Energy* (BLE). ESP32 merupakan *chip* yang menyediakan

konektivitas Wi-Fi dan Bluetooth untuk perangkat tertanam, atau perangkat Internet of Things (IoT). ESP32 merupakan penerus dari ESP8266 yang mempunyai kecepatan *processor* yang cukup kencang yaitu Dual-Core 32-bit dengan kecepatan 160/240MHz [1].

ESP32 memiliki beberapa fitur, di antaranya:

1. Prosesor Dual-Core 32-bit 160/240MHz
2. Penyimpanan
3. 36 pin akses pada GPIO (General Purpose Input Output)
4. Mode ganda, yaitu Wi-Fi dan Bluetooth
5. Fitur GPIO ESP32 yang memungkinkan kontrol input/output dalam perangkat IoT
6. Jenis-jenis memori ESP32, termasuk Flash, RAM, dan EEPROM

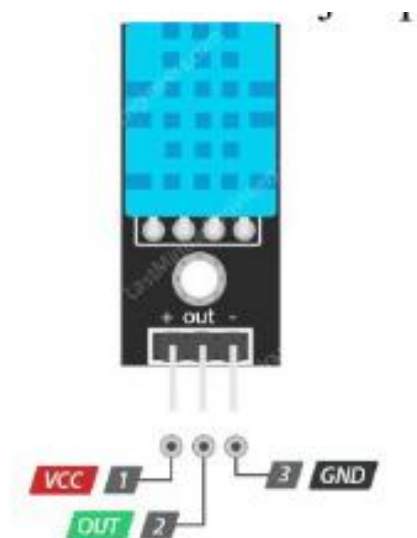
ESP32 banyak digunakan untuk membuat berbagai sistem aplikasi dan proyek berbasis IoT.



Gambar 2.1 ESP32 pinout diagram

2.2.2. Sensor DHT-22

Sensor DHT22 merupakan komponen sensor digital yang mampu dalam merasakan temperatur dan kelembapan yang mempunyai luaran beda potensial analog untuk bisa dikelola lebih lanjut memakai pengendali [1]. Komponen ini termasuk kategori komponen *resistif* misalnya komponen yang mengukur suhu yang bentuk nyatanya yakni NTC. Keunggulan dari sensor ini adalah memiliki respon dan akurasi yang cukup baik terhadap objek suhu dan kelembapan.



Gambar 2.2 Sensor DHT-22

Berdasarkan gambar 2.2, pin VCC dan GND disambungkan ke pin VCC dan GND pada *mikrokontrol* ESP32, kemudian pin OUT dihubungkan ke pin digital pada yang tersedia di GPIO. Komponen ini merupakan komponen yang bisa melakukan pengukuran terhadap

dua acuan yang berbeda secara bersamaan yakni suhu dan kelembapan udara. Dalam komponen ini ada satu thermistor dengan tipe NTC (*Negative Temperature Coefficient*) bertindak dalam pengukuran suhu, satu sensor kelembapan tipe resistif dan satu pengendali mikro 8-bit untuk mengolah kedua komponen ini serta melakukan pengiriman hasil ke pin luaran dalam bentuk *single-wire bi-directional* [2].

Sensor ini cukup populer karena kemudahan penggunaannya, harga yang terjangkau, dan kemampuan untuk memberikan pembacaan suhu dan kelembapan secara bersamaan [8].

Beberapa spesifikasi teknis utama dari sensor DHT22 antara lain:

1. Rentang suhu -40°C hingga 80°C dengan akurasi $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$
2. Kelembapan 0% hingga 100% RH dengan akurasi $\pm 2-5\%$ RH
3. Resolusi suhu 0.1°C dan kelembapan 1% RH
4. Tegangan operasi 3.3V hingga 6V (biasanya bekerja dengan tegangan 5V pada kebanyakan mikrokontroler)
5. Konsumsi daya relatif rendah, sekitar 1 - 2 mA
6. Keluaran data menggunakan satu pin data untuk komunikasi, yang memanfaatkan protokol single wire untuk mengirimkan data

2.2.3. Sensor MQ-2

Sensor asap MQ2 adalah sensor gas yang dapat mendeteksi gas LPG, propana, hidrogen, dan polutan gas lainnya di udara. Sensor ini termasuk dalam seri sensor MQ yang paling banyak digunakan [12]. Sensor ini cukup sensitif terhadap alkohol dan asap [13].

Sensor MQ-2 dilengkapi dengan elemen pemanas (heater) yang terbuat dari kawat logam atau bahan semikonduktor. Elemen ini akan dipanaskan ketika sensor diberi daya (biasanya dengan tegangan 5V). Pemanas ini akan membuat lapisan sensitif menjadi aktif, yang berfungsi sebagai bagian utama dalam mendeteksi gas. Lapisan sensitif terbuat dari oksida logam seperti SnO₂ (timah dioksida), yang sangat peka terhadap gas tertentu (termasuk asap dan gas berbahaya seperti karbon monoksida, metana, LPG, dan alkohol). Ketika gas atau asap hadir di sekitar sensor, gas-gas ini akan berinteraksi dengan permukaan lapisan semikonduktor tersebut.



Gambar 2.3 sensor asap MQ-2

2.2.4. Aplikasi Blynk

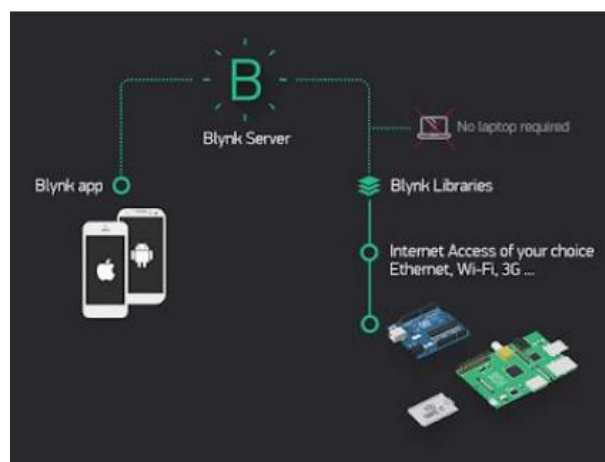
Blynk adalah platform untuk *OS mobile (iOS dan Android)* yang memungkinkan pengguna untuk mengontrol dan memantau perangkat keras *IoT* dari jarak jauh. Dalam penggunaannya sangat mudah untuk mengatur sistem dan dapat dikerjakan dalam waktu yang cukup cepat [11]. Blynk memiliki aplikasi untuk *iOS* dan *Android* yang dapat digunakan untuk mengendalikan perangkat keras, menampilkan data sensor, menyimpan data, dan visualisasi.

Blynk menawarkan beberapa fitur, di antaranya:

1. Pembuatan aplikasi *IoT drag-n-drop*
2. Pengelolaan perangkat, pengguna, dan data dari jarak jauh
3. Portal web untuk mengelola perangkat, pengguna, dan organisasi

4. Pembaruan *firmware* OTA
5. *Virtual Pins* untuk bertukar data antara perangkat keras dan Blynk

Blynk sebagian besar bergantung pada protokol keamanan lapisan transport, yang dikenal sebagai TLS.



Gambar 2.4 Aplikasi *Blynk IoT*

2.2.5. Aplikasi Telegram

Telegram merupakan salah satu aplikasi chatting yang dapat dijalankan pada *IOS*, *Windows OS*, *Android*, *Linux OS*, dan *masOS* yang memiliki sistem keamanan dua lapis [7]. Telegram memiliki secret-chat bersifat *end-to-end* yang hanya bisa dilihat oleh pengguna, tidak bisa diforward dan tidak tersimpan pada server. Telegram mempunyai fitur yang bernama telegram bot yang diluncurkan pada tahun 2015 [7]. Telegram bot merupakan robot yang dapat digunakan dan disetting sesuai kebutuhan pengguna,

dalam hal ini bisa dikoneksikan dengan sistem kontrol yang menggunakan koneksi internet sehingga telegram mampu untuk mempermudah dalam penerapan *IoT*.



Gambar 2.5 Aplikasi Telegram

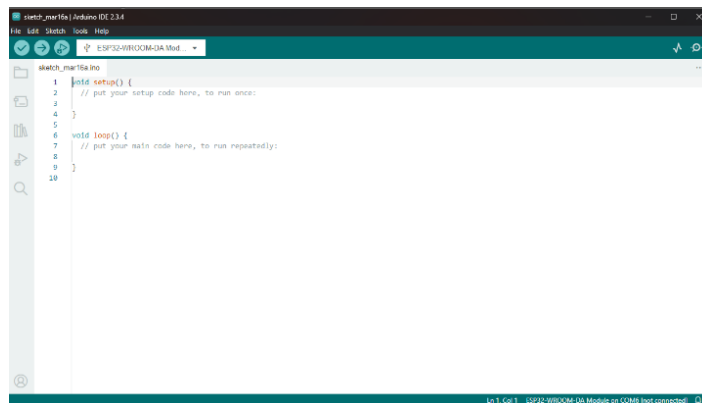
2.2.6. Arduino IDE

Arduino IDE (*Integrated Development Environment*) adalah *software* yang digunakan untuk menulis, mengedit, dan mengunggah kode ke papan pengembangan Arduino [16]. IDE ini dirancang untuk memudahkan pengembang, baik pemula maupun berpengalaman, dalam membuat proyek berbasis Arduino maupun mikrokontroler yang memiliki Bahasa pemrograman yang sama dengan Arduino. IDE ini memiliki beberapa keunggulan seperti antarmuka pengguna Arduino IDE dirancang agar mudah

digunakan, dengan area untuk menulis kode, mengakses menu, dan melihat output dari papan Arduino [16].

Software Arduino IDE ini dapat menerjemahkan sifat dari rangkaian analog maupun digital [17]. Kemampuan dari Arduino IDE adalah dapat memodelkan rancangan rangkaian, menguji suatu rangkaian dengan berbagai kemungkinan komponen, dan memeriksa sifat dari keseluruhan rangkaian dengan melakukan analisis.

Arduino IDE menggunakan bahasa pemrograman C/C++ dengan beberapa pustaka tambahan yang disediakan oleh Arduino. Arduino IDE menyediakan berbagai pustaka yang memungkinkan pengguna untuk dengan mudah mengakses dan menggunakan berbagai sensor, modul, dan perangkat keras lainnya. Serta mendukung berbagai jenis papan Arduino, termasuk Arduino Uno, Mega, Nano, dan banyak lagi sehingga pengguna dapat memilih papan yang sesuai.



Gambar 2.6 Tampilan Arduino IDE

2.2.7. Exhaust Fan

Exhaust fan disebut juga *cooling fan* pada panel adalah sebuah sistem ventilasi yang dipasang pada panel listrik atau panel distribusi listrik untuk mengatur sirkulasi udara dan mengurangi suhu yang berlebihan di dalam panel. Fungsinya adalah untuk mengeluarkan udara panas yang terkumpul di dalam panel listrik atau peralatan elektrik dan menggantinya dengan udara yang lebih sejuk dari lingkungan sekitar. Ini sangat penting untuk menjaga suhu operasi komponen elektronik agar tetap stabil dan mencegah kerusakan akibat panas berlebih [18].

Pada panel listrik, exhaust fan berfungsi untuk :

1. Pendinginan Panel Listrik

Exhaust fan digunakan untuk menjaga suhu dalam panel listrik tetap dalam rentang aman. Panel listrik mengandung komponen elektronik seperti *circuit breakers*, relay, dan

transformer yang menghasilkan panas selama beroperasi. Tanpa sistem ventilasi yang baik, panas ini bisa merusak komponen-komponen tersebut.

2. Menghindari Kelembapan

Dengan menjaga suhu tetap terkendali, exhaust fan juga membantu mencegah kelembapan berlebih yang dapat menyebabkan korosi atau kerusakan pada komponen listrik.

3. Meningkatkan Umur Komponen

Sistem ventilasi yang baik dapat memperpanjang umur komponen elektrik dengan mencegah overheat yang dapat mempercepat degradasi material.

ANNEWELL®

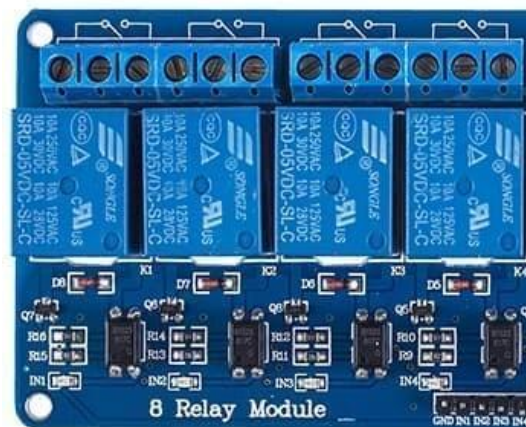


Gambar 2.7 *cooling fan*

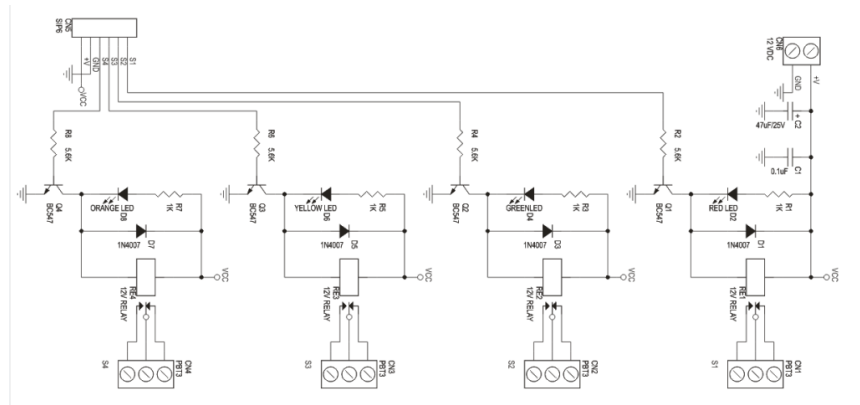
2.2.8. Relay

Relay adalah perangkat output yang berfungsi sebagai saklar untuk perangkat lain yang dikontrol oleh tegangan dari pin Arduino / ESP32. Relay memungkinkan *mikrokontroler* berdaya rendah untuk mengendalikan sirkuit yang membutuhkan daya lebih tinggi [18].

Relay merupakan komponen *elektromekanikal* yang terdiri dari dua bagian utama, yaitu elektromagnet (*coil*) dan mekanikal (seperangkat kontak saklar). Prinsip kerja relay mirip dengan kontraktor magnet [19], yaitu berdasarkan kemagnetan yang dihasilkan oleh kumparan koil. Pada sistem monitoring panel listrik, relay berperan untuk mengaktifkan *exhaust fan* yang terpasang di panel listrik ketika suhu panel melebihi suhu yang ditentukan.



Gambar 2.8 Relay 4 channel



Gambar 2.9 Wiring Relay 4 channel

2.2.9. Kabel Jumper

Kabel jumper merupakan kabel elektrik yang mempunyai pin konektor di setiap ujungnya dan memungkinkan untuk menghubungkan dua komponen yang melibatkan Arduino tanpa memerlukan solder. Intinya, kegunaan kabel jumper ini digunakan sebagai konduktor listrik untuk menyambungkan rangkaian listrik.

Kabel jumper biasanya digunakan pada breadboard atau alat prototyping lainnya supaya lebih mudah untuk mengutak-atik rangkaian. Konektor yang terdapat pada ujung kabel terdiri dari konektor jantan (*male connector*) dan konektor betina (*female connector*). Konektor *female* berfungsi untuk menusuk dan konektor *male* berfungsi untuk ditusuk.

Ada beberapa jenis kabel jumper yang biasa digunakan untuk merakit komponen pada mikrokontroler yaitu sebagai berikut :

1. Kabel Jumper *Male to Male*

Kabel jumper jenis ini merupakan kabel yang sangat cocok untuk yang ingin membuat rangkaian elektronik di *breadboard*.



Gambar 2.9 Kabel Jumper *Male to Male*

2. Kabel Jumper *Male to Female*



Gambar 2.10 Kabel Jumper *Male to Female*

Kabel jenis ini mempunyai ujung konektor yang berbeda di tiap ujungnya, yaitu male dan female. Biasanya digunakan untuk

menghubungkan komponen elektronika selain dari Arduino ke *breadboard*.

3. Kabel Jumper *Female to Female*

Kabel jenis ini merupakan kabel yang sangat cocok untuk menghubungkan antar komponen yang mempunyai header male. Misalnya, sensor ultrasonik HC-SR04, sensor suhu DHT dan lain sebagainya.



Gambar 2.11 Kabel Jumper *Female to Female*

Kabel jenis ini merupakan kabel yang sangat cocok untuk menghubungkan antar komponen yang mempunyai header male. Misalnya, sensor ultrasonik HC-SR04, sensor suhu DHT dan lain sebagainya.

2.2.10. MCB (*Miniature Circuit Breaker*)

MCB (*Miniature Circuit Breaker*) adalah perangkat perlindungan listrik yang digunakan untuk melindungi instalasi listrik dari arus

lebih (*overcurrent*) yang dapat menyebabkan kerusakan pada kabel atau peralatan listrik. MCB berfungsi untuk memutus aliran listrik secara otomatis ketika terjadi gangguan, seperti arus lebih, hubungan singkat (*short circuit*), atau kelebihan beban.



Gambar 2.12 *Miniatur Circuit Breaker*

Terdapat dua pengaman pada MCB yang dijelaskan berikut ini :

a. Pengaman *Termis (Thermal Protection)*

Komponen termis bimetal pada MCB berfungsi untuk melindungi sirkuit dari arus beban lebih (*overload*). Ketika arus yang melewati MCB melebihi batas mper yang diizinkan untuk jangka waktu tertentu, suhu bimetal akan naik dan menyebabkan pemutusan sirkuit secara termis.

b. Pengaman *elektromagnetik (Magnetic Protection)*

Relay elektromagnetik pada MCB berfungsi untuk melindungi sirkuit dari hubung singkat (*Short circuit*). Ketika terjadi hung singkat dai dalam sirkuit, arus yang melonjak secara tiba-tiba akan mengaktifkan relay *electromagnetic* untuk segera memutuskan sirkuit secara cepat.

MCB untuk sirkuit satu fasa umumnya memiliki satu kutub untuk pemutusan arus, sedangkan MCB untuk sirkuit tiga fasa biasanya memiliki tiga kutub yang terintegrasi dengan tuas yang disatukan. Jadi jika terjadi gangguan pada salah satu kutub, mcb akan secara otomatis memutuskan semua kutubnya untuk melindungi sirkuit secara keseluruhan.

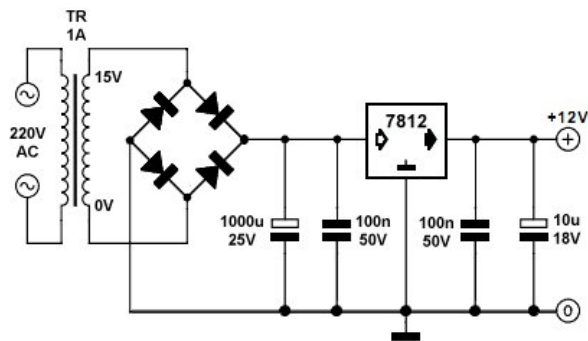
2.2.11. Power Supply

Power supply (sumber daya listrik) adalah perangkat yang menyediakan energi listrik untuk menjalankan peralatan atau sistem elektronik [20]. Dalam konteks kelistrikan, power supply berfungsi untuk mengubah energi dari sumber listrik (misalnya, listrik AC dari jaringan listrik rumah tangga) menjadi bentuk yang sesuai (biasanya DC) dan mengatur tegangan serta arus yang dibutuhkan oleh perangkat elektronik yang memerlukannya.

Untuk menjalankan *mikrokontroler ESP32* membutuhkan tegangan kerja input 5 volt DC. Selain menggunakan power supply 5 volt, power supply 12 volt juga dibutuhkan untuk tegangan input menuju exhaust fan. Untuk bisa menghasilkan tegangan yang diinginkan tersebut, maka pada rangkaian ini menggunakan 2 adaptor yang mempunyai output tegangan 5 dan 12 volt DC.



Gambar 2.13 Power Supply

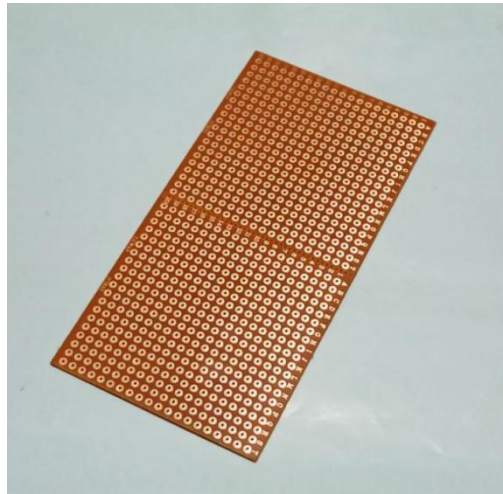


Gambar 2.13 Wiring Power Supply

2.2.12. PCB Board Matrix

PCB Matrix adalah papan rangkaian tercetak (*Printed Circuit Board*) yang memiliki lubang-lubang solder dan digunakan untuk membuat rangkaian elektronik.

PCB adalah papan elektronik yang berfungsi untuk menghubungkan komponen-komponen elektronik secara konduktif. PCB biasanya terbuat dari bahan isolator padat, seperti fiber-glass atau pertinak, dengan lapisan sirkuit tembaga.



Gambar 2.14 *PCB Board*

2.2.13. *Box Case*

Merupakan sebuah box berwarna hitam yang memiliki fungsi sebagai sebuah case pelindung untuk komponen-komponen yang akan dipasang. Ukuran box sendiri bervariasi, untuk yang akan dipakai dalam perakitan komponen pada sistem ini memiliki ukuran yaitu 7.7x5.1x2.2 cm, box ini sendiri tahan akan induksi arus listrik sehingga komponen-komponen di dalamnya akan aman.



Gambar 2.15 *Box Case Hitam*

2.2.14. **LCD I2C**

LCD I2C (*Liquid Crystal Display*) merupakan layar modul dasar elektronika [19] yang dapat digunakan bersamaan dengan perangkat

elektronika lainnya yang berupa masukan atau keluaran dalam berbagai aplikasi, dapat dihubungkan dengan mikrokontroler menggunakan protokol I2C untuk menghemat penggunaan pin digital. LCD ini mudah digunakan dan diprogram pada penggunaannya [20]. LCD I2C memiliki jenis yang bermacam - macam, diantaranya LCD 16x2, LCD 20x4, LCD OLED I2C, dan LCD dot matrix 16x2 I2C.

Inter Integrated Circuit atau sering disebut dengan I2C adalah standar komunikasi serial dua arah menggunakan dua saluran yang didesain khusus untuk mengirim maupun menerima data [20]. Sistem I2C terdiri dari saluran *Serial Clock* (SCL) dan *Serial Data* (SDA) yang membawa informasi data dari I2C dengan sistem pengontrolnya.

Piranti yang dihubungkan dengan sistem I2C Bus dapat dioperasikan sebagai master dan slave. Master adalah piranti yang memulai transfer data dengan membentuk sinyal start, mengakhiri transfer data dengan membentuk sinyal stop, dan kemudian membangkitkan sinyal *clock*.



Gambar 2.16 LCD I2C

2.2.15. Sensor PZEM - 004T

Sensor PZEM-004T merupakan modul sensor multifungsi [21] yang dapat digunakan untuk mengukur daya aktif, tegangan AC, frekuensi, dan arus yang terdapat pada sebuah aliran listrik. Pada perancangan sistem ini, modul sensor digunakan untuk menampilkan data penggunaan daya yang dipakai saat panel berjalan.

Pada penerapannya, modul ini digunakan khusus untuk penggunaan dalam ruangan (*indoor*), dan beban yang terpasang tidak melampaui kemampuan daya yang dapat ditransfer kepada modul.

Modul sensor PZEM-004T mampu membaca arus maksimal sampai dengan 100A [21]. Menggunakan *current transformer* (CT) model *split core* yang memiliki keunggulan yakni dapat langsung

dipasang pada kabel jaringan listrik yang sudah terpasang tanpa harus melepas kabel [21]. Modul sensor ini membutuhkan catu daya 5volt DC sebagai power utamanya.



Gambar 2.17 sensor PZEM004T