

BAB II

DASAR TEORI

2.1 KAJIAN PUSTAKA

Dalam menyusun tugas akhir ini, penelitian dilakukan dengan merujuk pada berbagai sumber pustaka, termasuk skripsi dan jurnal-jurnal terdahulu yang memiliki keterkaitan dengan topik yang sedang diteliti oleh peneliti. Berikut ini adalah karya-karya ilmiah terdahulu yang relevan dengan penelitian ini:

Penelitian yang dilaksanakan oleh Arif Rahman Abdillah, Dyah Ariyanti, dan Ary Analisa Rahma pada tahun 2021 berjudul "Sistem Monitoring Arus, Tegangan, Dan Rpm Pada Pembangkit Listrik Tenaga Bayu (Pltb) Portabel Berbasis *Internet of Things* (IoT)." Dalam riset ini, para peneliti menggunakan sensor tegangan DC untuk mengukur tegangan, sensor ACS712 untuk mengukur arus yang dihasilkan, dan sensor IR untuk menghitung RPM pada kincir angin. Setelah memperoleh data Arus, Tegangan, dan RPM, informasi tersebut akan dikirim ke ESP32 sebagai pemroses data dan informasi. Setelah ESP32 menyelesaikan proses pengolahan data, informasi tersebut akan dikirim ke Server *Thingspeak*. *Thingspeak* berfungsi sebagai server penyimpanan data di internet. Oleh karena itu, diperlukan *Wireless Access Point* sebagai jembatan penghubung antara ESP32 dan jaringan internet. Hal ini bertujuan agar data dapat dikirim melalui internet dan terhubung dengan server *Thingspeak*. Server *Thingspeak* kemudian akan memvisualisasikan informasi nilai sensor arus, tegangan, dan RPM. Pada setiap sensor, dilakukan pengukuran sebanyak lima kali. Hasil pengukuran menunjukkan tingkat akurasi pembacaan arus, tegangan, dan RPM menggunakan *voltage* sensor, sensor ACS712, dan IR sensor, yang memiliki tingkat akurasi berturut-turut sebesar 96,025% untuk *voltage sensor*, 94,52% untuk sensor ACS712, dan 94,15% untuk IR sensor[5].

Dalam studi yang dilakukan oleh Ajeng Ayu You Maike, Rizana Fauzi, Mery Subito, Tan Suryani, dan Alamsyah pada tahun 2022 berjudul "Rancang Bangun Alat Monitoring *Output* Modul PLTB (Pembangkit Listrik Tenaga Bayu) Berbasis Data *Logger*", penelitian ini fokus pada sistem pemantauan arus, tegangan, dan *output* dari PLTB dengan menggunakan data *logger*. Tujuan dari penelitian ini adalah melakukan pengukuran arus dan tegangan yang dihasilkan oleh *output*

generator modul Pembangkit Listrik Tenaga Bayu (PLTB). Proses pengukuran ini dilaksanakan menggunakan sensor INA 219, yang terhubung ke Arduino sebagai mikrokontroler. Alat monitoring yang dikembangkan dalam penelitian ini memungkinkan pemantauan *real-time* terhadap kondisi arus dan tegangan dari *output* generator modul PLTB. Informasi tersebut dapat dengan mudah diakses melalui layar LCD dan juga melalui aplikasi data *logger* pada laptop, yang secara langsung mengimpor data ke aplikasi *PLXdaq*[6].

Pada penelitian yang dilakukan oleh Cahaya Lidya Aritonang, Maison, dan Dalam penelitian yang dilakukan oleh Cahaya Lidya Aritonang, Maison, dan Yosi Riduas Hais pada tahun 2020 berjudul "Sistem Monitoring Tegangan, Arus, dan Intensitas Cahaya pada Panel Surya dengan *Thingspeak*", tujuan penelitian ini adalah untuk merancang dan membuat alat pemantauan arus, tegangan, dan intensitas cahaya pada panel surya berbasis IoT yang bersifat *real-time*. Penelitian ini menggunakan sensor arus INA 219 dan sensor BH1750, yang kemudian dihubungkan ke NodeMCU V3 sebagai mikrokontroler. Temuan dari penelitian ini menunjukkan bahwa sensor tegangan berhasil mengukur nilai tegangan pada panel surya dengan galat sebesar 1,64%, sementara sensor intensitas cahaya BH1750 memiliki persentase galat sebesar 1,24%. Informasi yang dihasilkan oleh alat pemantauan ini kemudian dikirim dan ditampilkan pada *platform Thingspeak* [7].

Dalam penelitian yang dilaksanakan oleh Ahmad Raditya Cahya Baswara dan Rafi Alfaqi pada tahun 2023 dengan judul "Rancang Bangun Sistem Monitoring Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro Berbasis *Internet of Things* (IoT)", fokus utama penelitian ini adalah pentingnya pemantauan secara *real-time* dan berkala terhadap kondisi sistem Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH). Proses pemantauan ini dilakukan melalui sistem *Internet of Things* (IoT) untuk mempermudah pengawasan dari jarak jauh tanpa kehadiran fisik di lokasi pemasangan. Tujuan pokok dari penelitian ini adalah melakukan pemantauan terhadap nilai tegangan, arus, dan daya yang dihasilkan oleh generator DC melalui *Internet of Things* (IoT), dengan memanfaatkan aplikasi *Blynk* dan *Google Spreadsheet* sebagai alat visualisasi. Perangkat dan sensor yang diterapkan melibatkan penggunaan sensor INA219 dan sensor tegangan yang terhubung secara langsung ke sistem PLTMH, dengan tujuan mengukur nilai tegangan dan arus yang

dihasilkan oleh generator DC. Data tersebut kemudian diproses untuk menghitung daya dengan mengalikan tegangan dan arus, dan mikrokontroler yang dipilih untuk tugas ini adalah NodeMCU ESP8266. Hasil pengukuran dari penelitian ini secara berkala disajikan melalui aplikasi *Blynk* setiap interval waktu 1 menit. Dalam analisis kesalahan pengukuran, rata-rata persentase kesalahan adalah 0,04336% untuk tegangan, 0,00259% untuk arus, dan 0,01079% untuk daya. Selain itu, persentase kesalahan pada putaran per menit (RPM) pada cakram berlubang 8 adalah 0,65233%, dan pada cakram berlubang 12 adalah 0,24466%. Hasil penelitian ini menyimpulkan bahwa sistem PLTMH berbasis IoT yang telah dikembangkan dapat dioperasikan dengan baik, memungkinkan pemantauan dari jarak jauh melalui jaringan internet di lokasi yang berbeda[8].

Dalam penelitian yang dilakukan oleh Ichwan Dwi Wahyu Hermanto pada tahun 2022 berjudul "Sistem Monitoring dan Pengukuran Pembangkit Listrik Surya dan Angin Berbasis *Internet of Things* (IoT)", peneliti mengembangkan rancangan sistem monitoring dan pengukuran pembangkit listrik yang menggunakan sel surya dan angin berbasis *Internet of Things* (IoT). Tujuan utama rancangan ini adalah untuk mempermudah penggunaan energi listrik dengan memungkinkan pemantauan tegangan, arus, dan daya dari pembangkit listrik melalui jaringan internet. Dalam penelitian ini, dua sensor utama yang digunakan adalah sensor tegangan DC dan sensor arus ACS712. Penelitian ini bertujuan merancang model pembangkit listrik *hybrid* sel surya dan angin berbasis IoT, di mana data yang dihasilkan dari radiasi matahari dan angin yang diterima oleh panel surya serta turbin angin dapat dimonitor melalui aplikasi *Blynk*. Teknik analisis data dalam penelitian ini dilakukan dengan membandingkan hasil pengukuran dengan menggunakan multimeter[4].

Dalam penelitian ini, penulis akan merancang alat pemantauan pembangkit listrik tenaga angin berbasis *Internet of Things* (IoT), dengan menggunakan kincir angin jenis *Horizontal Axis Wind Turbine* (HAWT). HAWT adalah jenis kincir angin yang poros utamanya dapat berputar untuk menyesuaikan arah angin. Kelebihan utama dari turbin ini adalah memiliki nilai koefisien daya yang relatif tinggi. Sensor yang akan digunakan dalam penelitian ini mencakup sensor arus ACS712 dan sensor tegangan DC, sesuai dengan informasi yang terdapat pada

literatur di nomor 4 dan 5, di mana penulis sebelumnya telah menggunakan sensor arus ACS712 dan sensor tegangan DC dalam penelitian serupa. *Platform* yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah *Thingspeak*, yang memungkinkan tampilan data seperti arus dan tegangan yang dihasilkan

2.2 DASAR TEORI

2.2.1 Angin

Angin adalah pergerakan udara dari area tekanan tinggi menuju area tekanan rendah, atau sebaliknya, yang disebabkan oleh perbedaan suhu udara di atmosfer. Pergerakan ini terjadi karena pemanasan bumi akibat radiasi matahari. Udara di atas permukaan bumi tidak hanya dipanaskan secara langsung oleh matahari, tetapi juga menerima panas melalui radiasi matahari. Perbedaan suhu dan tekanan udara di berbagai wilayah bumi disebabkan oleh ketidakseragaman kondisi geografis, menyebabkan beberapa daerah menerima energi panas lebih besar sementara daerah lain menerima energi panas lebih sedikit. Hal ini menyebabkan terjadinya aliran udara di wilayah tersebut[9].

2.2.2 Energi Angin

Energi angin adalah energi terbarukan yang sangat fleksibel. Energi angin dapat dimanfaatkan untuk berbagai keperluan misalnya pemompaan air untuk irigasi, pembangkit listrik, pengering atau pencacah hasil panen, aerasi tambak ikan atau udang, pendingin ikan dan perahu-perahu nelayan dan lain-lain. Energi angin menjadi salah satu bentuk energi terbarukan yang sedang mengalami perkembangan pesat. Jenis energi ini termasuk dalam kategori terbarukan, yang dapat dihasilkan kembali melalui proses alam. Kelebihan energi angin mencakup ketersediaannya yang mudah, perolehannya tanpa biaya, dampak limbah yang minim, tidak berkontribusi pada perubahan suhu global, dan tidak terpengaruh oleh fluktuasi harga bahan bakar[10].

2.2.3 Kecepatan Angin

Kecepatan Angin adalah satuan yang mengukur kecepatan aliran udara dari tekanan tinggi ke tekanan rendah dan diukur dengan menggunakan anemometer atau dapat diklasifikasikan dengan menggunakan skala *Beaufort* yang didasarkan pada pengamatan pengaruh spesifik dari kecepatan angin tertentu. Parameter yang

sering digunakan sebagai indikator potensi angin adalah kecepatannya. Tantangan yang sering muncul adalah fluktuasi kecepatan angin yang dapat bervariasi tergantung pada waktu dan lokasi. Sebagai contoh, di Indonesia, kecepatan angin cenderung lebih tinggi pada siang hari dibandingkan malam hari, sementara beberapa lokasi mungkin tidak mengalami pergerakan udara yang signifikan pada malam hari. Untuk mengatasi situasi ini, perhitungan rata-rata kecepatan dapat dilakukan dengan mengukur secara kontinyu. Kecepatan angin yang diukur terlalu dekat dengan permukaan tanah cenderung lebih rendah, menghasilkan daya yang terbatas. Oleh karena itu, ketinggian menjadi faktor kunci; semakin tinggi, semakin baik. Secara ideal, untuk mencapai kecepatan angin sekitar 5-7 m/s, diperlukan ketinggian antara 5-12 m[11].

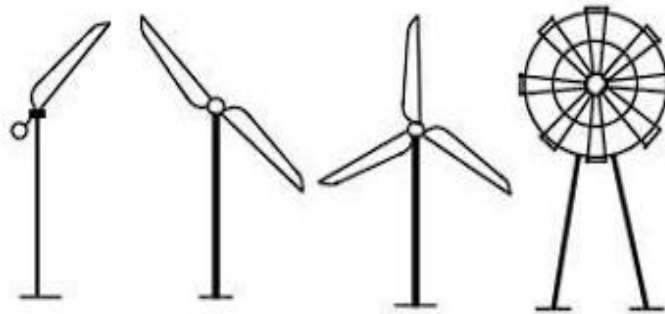
2.2.4 Kincir Angin

Kincir angin merupakan sebuah alat yang digunakan dalam Sistem Konversi Energi Angin (SKEA). Kincir angin berfungsi merubah energi kinetik angin menjadi energi mekanik berupa putaran poros. Putaran poros tersebut kemudian digunakan untuk beberapa hal sesuai dengan kebutuhan seperti memutar dinamo atau generator untuk menghasilkan listrik. Dari proses itu memberikan kemudahan berbagai kegiatan manusia yang memerlukan tenaga yang besar seperti memompa air ladang garam untuk mengairi sawah atau menggiling biji-bijian[10]. Desain dari kincir/turbin angin sangat banyak macam jenisnya, berdasarkan bentuk rotor, kincir angin dibagi menjadi dua tipe, yaitu turbin angin sumbu mendatar (*horizontal axis wind turbine*) dan turbin angin sumbu vertikal (*vertical axis wind turbine*)[12].

2.2.4.1 Horizontal Axis Wind Turbine (HAWT)

Turbin Angin Sumbu Horizontal (HAWT) merupakan varian kincir angin di mana poros utama berputar agar sesuai dengan arah angin. Untuk memastikan efisiensi putaran rotor, arah angin harus sejajar dengan poros kincir dan tegak lurus terhadap arah rotasi rotor. Turbin jenis ini biasanya dilengkapi dengan bilah berbentuk *airfoil*, menyerupai sayap pesawat. Secara umum, jumlah bilah yang lebih banyak dapat meningkatkan kecepatan putaran kincir angin[10]. Turbin ini memiliki keunggulan dengan memiliki nilai koefisien daya yang tinggi. Pengaturan kecepatan rotor dan daya *output* dapat dilakukan dengan mengontrol *pitch* pada

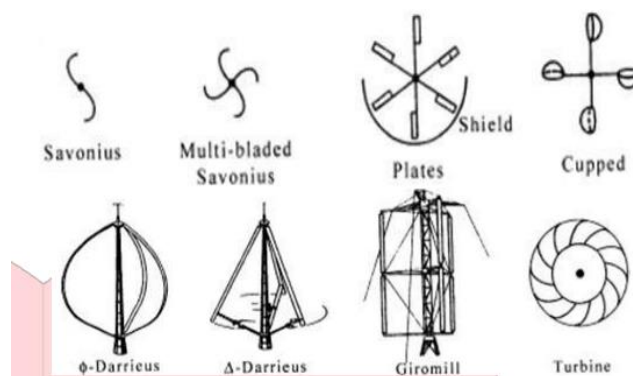
bilah rotor[13]. Berikut adalah gambar turbin angin horizontal yang dapat dilihat pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1 Turbin Angin *Horizontal*[13].

2.2.4.2 *Vertical Axis Wind Turbine (VAWT)*

VAWT merupakan kincir angin sumbu tegak yang gerakan poros dan rotor sejajar dengan arah angin, sehingga rotor dapat berputar pada semua arah angin. VAWT juga mempunyai beberapa kelebihan dan kekurangan. Kelebihannya, yaitu memiliki torsi tinggi sehingga dapat berputar pada kecepatan angin rendah, generator dapat ditempatkan di bagian bawah kincir sehingga mempermudah perawatan dan kerja kincir tidak dipengaruhi arah angin. Kekurangannya yaitu kecepatan angin di bagian bawah sangat rendah sehingga apabila tidak memakai tower akan menghasilkan putaran yang rendah, dan efisiensi lebih rendah dibandingkan HAWT[10]. Ada tiga model rotor pada kincir angin jenis ini, yaitu: *Savonius*, *Darrieus*, dan *H rotor*. Berikut adalah gambar macam-macam desain kincir angin VAWT dapat dilihat pada gambar 2.2.



Gambar 2.2 Macam-macam desain kincir angin VAWT[10].

2.2.4.3 *Prinsip Kerja Turbin Angin*

Prinsip dasar operasi dari Pembangkit Listrik Tenaga Angin melibatkan konversi energi kinetik dari hembusan angin yang mengenai sudu-sudu pada turbin

angin menjadi energi rotasi pada poros turbin. Energi kinetik yang terkandung dalam hembusan angin sangat dipengaruhi oleh kecepatan angin. Selain itu, desain dari sudu-sudu turbin juga memainkan peran penting dalam kemampuan turbin untuk mengubah hembusan angin menjadi gerak rotasi pada porosnya. Oleh karena itu, semakin efisien sudu turbin dalam mengekstrak energi dari hembusan angin, semakin besar energi yang dapat dihasilkan oleh turbin. Energi yang terdapat pada turbin berupa gerakan rotasi, yang selanjutnya disalurkan melalui *gearbox* untuk menggerakkan poros generator. Generator ini bertanggung jawab untuk mengonversi energi gerak rotasi menjadi energi listrik[14].

2.2.5 Generator DC

Generator adalah sebuah alat yang berfungsi mengubah energi mekanik menjadi energi listrik melalui prinsip induksi elektromagnetik. Sumber tegangan listrik dihasilkan melalui transformasi energi mekanik menjadi energi listrik. Proses kerja generator didasarkan pada prinsip induksi elektromagnetik, di mana suatu kumparan diputar di dalam medan magnet untuk menghasilkan GGL (Gaya Gerak Listrik) induksi. Generator DC termasuk dalam jenis generator listrik dan menghasilkan listrik dengan arus searah (*Direct Current/DC*), memberikan stabilitas yang lebih tinggi dalam produksi listrik. Untuk menghitung daya yang dihasilkan oleh generator, dapat menggunakan rumus tertentu :[15].

$$P_{out} = V_{out} \times I_{out}$$

Dimana :

$$P_{out} = \text{Daya Generator (Watt)}$$

$$V_{out} = \text{Tegangan (Volt)}$$

$$I_{out} = \text{Arus (Ampere)}$$

Berikut adalah gambar generator DC dapat dilihat pada gambar 2.3.



Gambar 2.3 Generator DC[15].

2.2.6 Monitoring

Monitoring merupakan kegiatan rutin yang melibatkan pengumpulan data dan pengukuran terhadap progres objektif program secara berkala. Fokus monitoring adalah pada perubahan yang terjadi dalam proses dan *output*. Proses ini memberikan informasi terkait status dan tren, dengan pengukuran dan evaluasi yang dilakukan secara berulang dari waktu ke waktu. Umumnya, pemantauan dilakukan untuk tujuan tertentu, baik untuk memeriksa proses terhadap suatu objek, mengevaluasi kondisi, atau menilai kemajuan menuju tujuan manajemen terkait dengan efek dari berbagai tindakan yang dilakukan untuk menjaga kelangsungan manajemen yang sedang berlangsung.

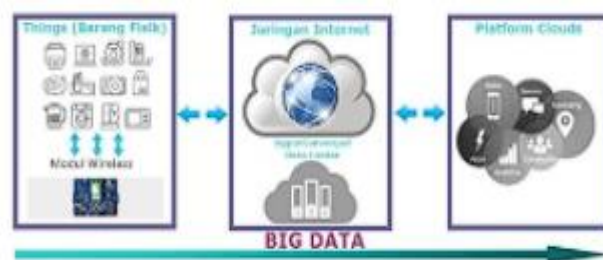
Pada umumnya, tujuan dari monitoring adalah untuk memperoleh umpan balik yang diperlukan dalam konteks pembelajaran dan proses program yang sedang berlangsung. Dengan mengetahui kebutuhan ini, pelaksanaan program dapat segera menyiapkan kebutuhan yang terkait dengan pembelajaran tersebut. Kebutuhan tersebut mencakup aspek biaya, waktu, personel, dan peralatan. Pelaksanaan program dapat menentukan besarnya biaya yang dibutuhkan, durasi waktu yang tersedia untuk kegiatan, serta mengevaluasi jumlah tenaga kerja dan peralatan apa saja yang harus disediakan untuk melaksanakan program tersebut[16].

2.2.7 Internet of Things

Konsep *Internet of Things* (IoT) melibatkan semua objek di dunia nyata yang dapat berkomunikasi satu sama lain sebagai bagian dari suatu sistem terintegrasi, dengan menggunakan jaringan internet sebagai medium penghubung. Sebagai contoh, CCTV yang terpasang di sepanjang jalan dapat terhubung melalui koneksi internet dan diintegrasikan ke dalam pusat kontrol yang mungkin berjarak puluhan kilometer atau sebagai contoh alternatif, sebuah rumah pintar dapat dikelola melalui *smartphone* dengan bantuan koneksi internet[17]. Konsep *Internet of Things* (IoT) menggambarkan penyatuan dunia teknologi informasi *virtual* dengan objek-objek fisik di dunia nyata. Integrasi ini dapat dicapai dengan memberikan sensor tertentu pada objek tertentu, memungkinkan objek tersebut untuk mendeteksi peristiwa yang terjadi di dunia nyata dan mentransmisikan data tersebut ke sistem server. Sensor ini dapat berupa RFID atau jenis sensor lain yang

beroperasi mirip dengan indra manusia, seperti sensor cahaya, suara, tekanan, dan sebagainya[18].

Prinsip kerja IoT mengacu pada tiga elemen utama dalam arsitekturnya, melibatkan barang fisik yang dilengkapi dengan modul IoT, perangkat koneksi ke internet seperti modem, dan *router nirkabel Speedy* di rumah, serta pusat data *cloud* sebagai tempat penyimpanan aplikasi beserta *database*. Berikut gambar *Internet of Things* dapat dilihat pada gambar 2.4.



Gambar 2.4 *Internet of Things*[19].

Internet of Things (IoT) beroperasi dengan menggunakan paradigma pemrograman di mana setiap perintah atau argumen menghasilkan interaksi otomatis antara mesin-mesin yang terhubung. Interaksi ini terjadi tanpa campur tangan manusia dan dapat terjadi dalam jarak apa pun. Internet berfungsi sebagai penghubung antara interaksi mesin, sedangkan peran manusia terbatas pada pengaturan dan pengawasan langsung terhadap fungsi perangkat tersebut[19].

2.2.8 NodeMCU ESP32

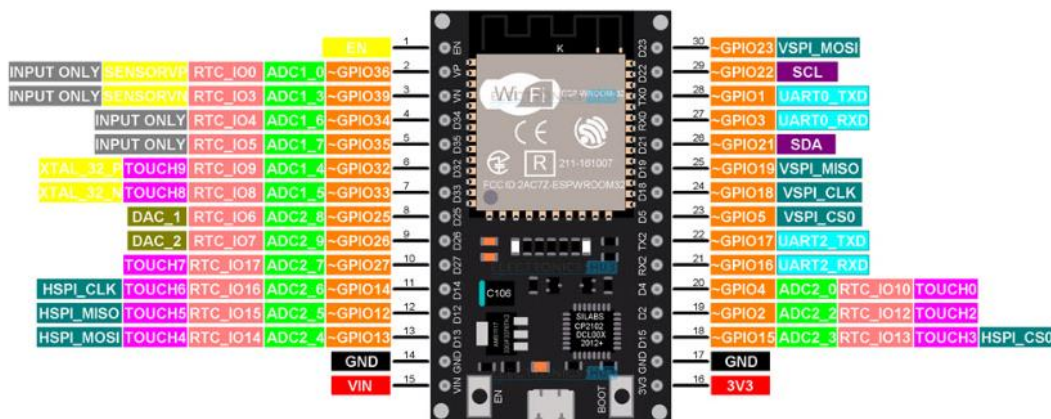
ESP32 adalah mikrokontroler yang merupakan evolusi dari NodeMcu ESP8266, seringkali diterapkan dalam aplikasi *Internet of Things* (IoT). Dengan konsumsi daya yang sangat rendah, ESP32 dilengkapi dengan modul WiFi, pin GPIO, dan mendukung *Bluetooth Low Energy*. Oleh karena itu, ESP32 banyak dimanfaatkan untuk keperluan koneksi dalam implementasi IoT[20]. NodeMCU adalah mikrokontroler dengan fungsionalitas yang lebih lengkap daripada mikrokontroler lain seperti Arduino atau NodeMCU ESP8266. Dibandingkan dengan mikrokontroler lainnya, NodeMCU ESP8266 ini memiliki lebih banyak pin *input* dan *output* yang dapat dimanfaatkan, memudahkan pembuatan sistem yang menggunakan sejumlah besar pin[21]. Berikut adalah gambar nodeMCU ESP32 dapat dilihat pada gambar 2.5.



Gambar 2.5 NodeMCU ESP32[22].

Modul pengembangan ESP32 WROOM-32 merupakan suatu papan pengembangan yang mempermudah eksplorasi dan percobaan rangkaian yang menggunakan *chip* ESP-WROOM-32. Dibandingkan dengan *chip* ESP sebelumnya, *chip* ESP32 memiliki keunggulan berupa kecepatan yang lebih tinggi, arsitektur 32 bit, kapasitas memori yang lebih besar, serta telah terintegrasi dengan modul *Bluetooth*. Berikut adalah diagram pin pada papan pengembangan ESP32.

Fitur ADC (*analog to digital Converter*) dan DAC (*Digital To Analog Converter*) hanya dapat digunakan pada pin -pin tertentu. Sedangkan fitur UART (*Universal Asynchronous Receiver/Transmitter*), I2C (*Inter-Integrated Circuit*), SPI (*Serial Peripheral Interface*), PWM (*pulse width moderator*) dapat diaktifkan secara *programmatically*. Berikut diagram pin – pin pada *development board* ESP32[23]. Berikut Diagram Pin NodeMCU ESP32 dapat dilihat pada gambar 2.6.



Gambar 2.6 Diagram Pin NodeMCU ESP32[23].

Secara sederhananya, kita bisa menggolongkan Pin ESP32 berdasarkan fungsi nya sebagai berikut :

1. *Power Pins* terdapat 2 pin *power* vin. Pin VIN & 3.3V Pin. Pin VIN dapat digunakan untuk men-*supply* ESP32 dan perangkat nya secara langsung, jika kita menggunakan tegangan 5V. Pin 3.3V merupakan *output* dari *on board regulator*. Pin ini dapat digunakan untuk men-*supply power* ke komponen lainnya.
2. GND adalah PIN *ground* di ESP32
3. GPIO (*General Purpose Input-Output*) pin yang digunakan untuk membaca input dan mengontrol *output* berdasarkan kondisi yang berbeda sesuai dengan program yang telah dibuat.
4. ADC (*Analog to Digital Converter*) Yaitu dimana ESP32 ini memiliki kemampuan merubah atau mengkonversi data/sinyal *Analog* menjadi data/Sinyal *Digital*
5. DAC (*Digital To Analog Converter*) berfungsi untuk mengubah sinyal *digital* menjadi tegangan *analog*. Dual DAC ini dapat juga digunakan untuk men-*drive* rangkaian lainnya.

Berikut adalah Spesifikasi NodeMCU ESP32 dapat dilihat pada tabel 2.1.

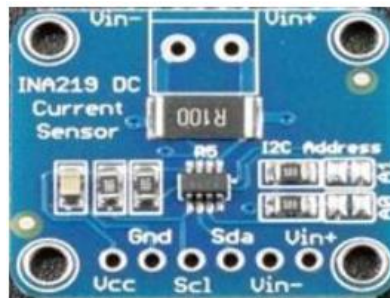
Tabel 2.1 Spesifikasi NodeMCU ESP32[23].

Atribut	Detail
CPU	Xtensa® 32-bit LX6 microprocessor(s)
SRAM	520 KB
<i>FLASH</i>	<i>up to 4MB</i>
Tegangan	3.0 V – 3.6 V
Arus Kerja	Rata-rata 80mA
<i>Open Source</i>	Ya
<i>Wi-Fi</i>	802.11 b/g/n
<i>Bluetooth</i>	4.2 BR/EDR + BLE
Pin UART	3
Pin GPIO	32
Pin SPI	4
Pin I2C	2
Pin ADC	16
Pin DAC	2

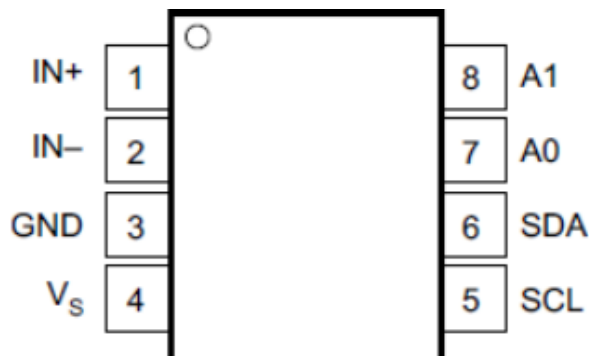
2.2.9 Modul Sensor INA 219

INA219 modul sensor yang digunakan untuk memonitor tegangan dan arus pada suatu rangkaian listrik. Modul ini dilengkapi dengan antarmuka I2C atau *SMBUS-COMPATIBLE*, memungkinkannya untuk memonitor tegangan *shunt* dan pasokan tegangan bus. Kemampuan konversi waktu dan penyaringan juga dimiliki oleh INA219. Dengan *amplifier input* yang memiliki rentang maksimum $\pm 320\text{mV}$, modul ini dapat mengukur arus hingga $\pm 3,2\text{A}$. Resolusi ADC internal sebesar 12 *bit*, sehingga resolusi untuk rentang arus 3.2A adalah 0,8 mA. Dengan gain internal yang diatur pada minimum $\text{div}8$, arus maksimumnya mencapai $\pm 400\text{mA}$ dengan resolusi 0,1 mA. INA219 dapat mengidentifikasi tegangan shunt pada rentang 0 hingga 26 V[24].

Cara kerja sensor ini adalah dengan mendeteksi tegangan bus dan tegangan *shunt* secara bergantian, lalu mengonversinya secara langsung menjadi sinyal digital menggunakan ADC. Sinyal digital tersebut kemudian dikirimkan ke *register* arus dan *register* tegangan. Untuk memperoleh nilai daya, sensor ini melakukan perkalian antara nilai tegangan dan arus yang diperoleh dari masing-masing *register*[25]. Berikut adalah gambar Sensor INA 219 dan gambar Pin Out Sensor INA 219 dapat dilihat pada gambar 2.7 dan 2.8.



Gambar 2.7 Sensor INA 219[6].



Gambar 2.8 Pin Out Sensor INA 219[24].

Pin IN + dan IN – merupakan pin positif dan negatif input dari tegangan *shunt* dimana pin positif dihubungkan dengan hambatan *shunt* sedangkan yang negatif dihubungkan dengan *ground*. Pin SCL dan SDA adalah pin serial bus *clock line* dan serial bus data line. pin A0 dan A1 merupakan address dari pin analog input[24]. Berikut adalah Spesifikasi Sensor INA 219 :

2.2.9.1 Spesifikasi Sensor INA 219

1. Tegangan masukan dari 0 sampai 26 V
2. Dapat mengukur arus, tegangan dan daya
3. Memiliki 16 Alamat *Programmable*
4. *High Accuracy*
5. Memiliki *Filtering Option*
6. *Calibrasi register*
7. *Package* modul : SOT23-8 dan SOIC-8 Paket
8. ukuran modul : 25. 5 x 22. 3m[26].

2.2.10 Sensor Tegangan DC

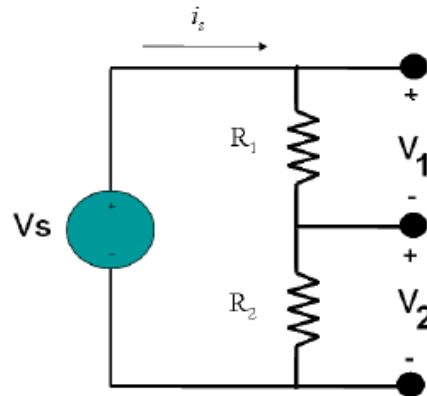
Sensor tegangan adalah sebuah alat yang digunakan untuk mengukur tegangan. *Voltage divider* (pembagi tegangan) adalah suatu rangkaian sederhana yang bertujuan mengubah tegangan yang besar menjadi tegangan yang lebih kecil. Fungsinya adalah untuk membagi tegangan masukan menjadi satu atau beberapa tegangan keluaran yang dibutuhkan oleh komponen lain dalam suatu rangkaian[27].

Sensor tegangan DC merupakan suatu modul yang menggunakan rangkaian pembagi tegangan. Modul ini memiliki kemampuan untuk mengukur tegangan hingga 12 V. Saat mengukur tegangan DC, tegangan yang mencapai ADC0 atau V_s harus lebih kecil dari 3,3 *volt* agar menghindari kerusakan pada mikrokontroler. Dalam mengukur tegangan DC dengan rentang 0 hingga 12 volt, digunakan pembagi tegangan resistor 12.2k Ω dan 34k Ω . Dengan memanfaatkan pembagi tegangan ini, tegangan yang diukur akan disesuaikan agar tetap dalam batas maksimal 3,3 *volt* yang aman bagi mikrokontroler[28].

2.2.10.1 Cara Kerja Sensor

Dalam rangkaian tersebut, komponen utama yang dapat diamati terdiri dari dua resistor, yakni resistor 12.2k Ω dan 34k Ω . Fungsi utama dari rangkaian ini

adalah sebagai pembagi tegangan. Untuk memahami lebih rinci, dapat dilihat pada gambar 2.9.



Gambar 2.9 Rangkaian Pembagi Tegangan[27].

Dengan prinsip kerjanya, rangkaian di atas melakukan pembagian tegangan VCC menjadi empat kali lebih kecil. Sebagai contoh, jika VCC adalah 12 volt, maka keluaran rangkaian tersebut akan menjadi 3,3 volt. Begitu pula, jika VCC adalah 8 volt, output tegangan dari rangkaian ini akan menjadi 2 volt. Spesifikasi dari sensor ini mencakup rentang tegangan *input* 0-12 volt, dan rentang *output* 0-5 volt[29].

2.2.11 Pengujian Sensor

Pengujian sensor dapat diterapkan dengan beberapa cara tergantung jenis dan karakteristik sensor yang sedang diuji. Pada umumnya, pengujian sensor dilakukan untuk memastikan sensor tersebut berfungsi sesuai dengan spesifikasinya dan memberikan respon yang akurat terhadap sinyal yang diterima. Berdasarkan *standard* IEC no 13B-23 toleransi *error* sensor tidak boleh melebihi 5%[30].

Metode yang dapat digunakan dalam pengujian sensor sebagai berikut:

1. Error

Error adalah perbedaan antara nilai yang diukur atau diperkirakan dengan nilai sebenarnya atau yang diharapkan. Dalam konteks pengukuran, *error* dapat didefinisikan sebagai perbedaan antara nilai yang diukur dengan nilai sebenarnya atau nilai referensi yang diketahui. Error dinyatakan dalam bentuk persentase[30]. Rumus akurasi dapat dilihat pada Rumus berikut ini :

$$Error = \frac{\text{Nilai Sensor} - \text{Nilai Alat ukur}}{\text{Nilai alat ukur}} \times 100\%$$

2. Akurasi

Akurasi merupakan suatu sistem atau metode pengukuran dalam memberikan hasil yang mendekati hasil yang sebenarnya yang diinginkan. Dalam pengukuran, akurasi menggambarkan sejauh mana hasil pengukuran yang diberikan oleh instrumen atau sistem pengukuran dapat diandalkan dan tepat. Akurasi dapat dinyatakan dalam persentase atau dalam bentuk nilai absolut[31]. Rumus akurasi dapat dilihat pada Rumus berikut ini :

$$\text{Akurasi} = \left(\frac{\text{Nilai pembacaan sensor}}{\text{Nilai pembacaan alat ukur}} \right) \times 100\%$$

2.2.12 LCD (*Liquid Crystal Display*) 16x2

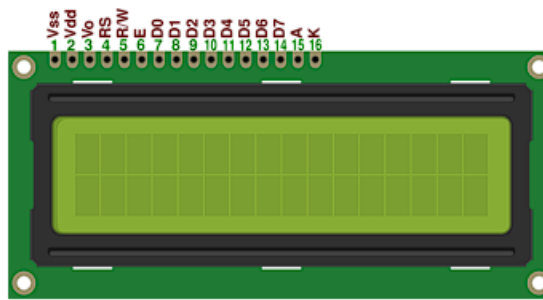
LCD, atau *Liquid Crystal Display*, merupakan perangkat elektronik yang dapat digunakan untuk menampilkan angka atau teks. Pada konteks antarmuka antara suatu komponen elektronika dengan mikrokontroler, LCD 16x2 seringkali digunakan sebagai *output* untuk menampilkan hasil jumlah ikan lele dan berat yang telah terbaca oleh sensor[32]. Adapun fitur yang disajikan dalam LCD ini adalah:

1. 16 karakter dan 2 baris atau biasa disebut LCD 16x2
2. Memiliki 192 karakter
3. Memiliki karakter generator yang terprogram.
4. Dapat digunakan melalui mode 4-bit dan 8-bit
5. Dapat digunakan secara *back light*[33].

Berikut adalah tabel Spesifikasi LCD 16x2 dapat dilihat pada tabel 2.2.

Tabel 2.2 Spesifikasi LCD 16x2[33].

Pin	Diskripsi
1	<i>Ground (-)</i>
2	<i>Vcc (+)</i>
3	Pengatur Kontras
4	<i>Register Select</i>
5	<i>Read / Write LCD Register</i>
6	<i>Enable</i>
7-14	Data I / O Pins
15	<i>VCC (+) LED</i>
16	<i>Ground (-) LED</i>



Gambar 2.10 LCD (*Liquid Crystal Display*) 16x2[33].

2.2.13 I2C LCD

I2C LCD adalah modul LCD yang dikendalikan secara serial sinkron dengan protokol I2C/IIC (*Inter Integrated Circuit*) atau TWI (*Two Wire Interface*). Modul LCD pada normalnya dikendalikan secara paralel baik untuk jalur data maupun kontrolnya. Namun jalur paralel akan memakan banyak pin di sisi kontroller (misal Arduino, komputer ,dll). Setidaknya akan membutuhkan 6 atau 7 pin untuk mengendalikan sebuah modul LCD. Dengan demikian untuk sebuah kontroller yang harus mengendalikan banyak I/O, menggunakan jalur paralel adalah solusi yang kurang tepat [34]. LCD ini dapat berfungsi untuk menampilkan sesuatu berupa teks atau angka yang sudah di program dari mikrokontroler LCD I2C/IIC ini mempunyai 4 kaki pin, yaitu pin GND atau *Ground*, pin VCC 5 volt, pin kontrol SCL dan pin kontrol SDA[35]. Gambar modul i2c dapat dilihat pada gambar 2.11.

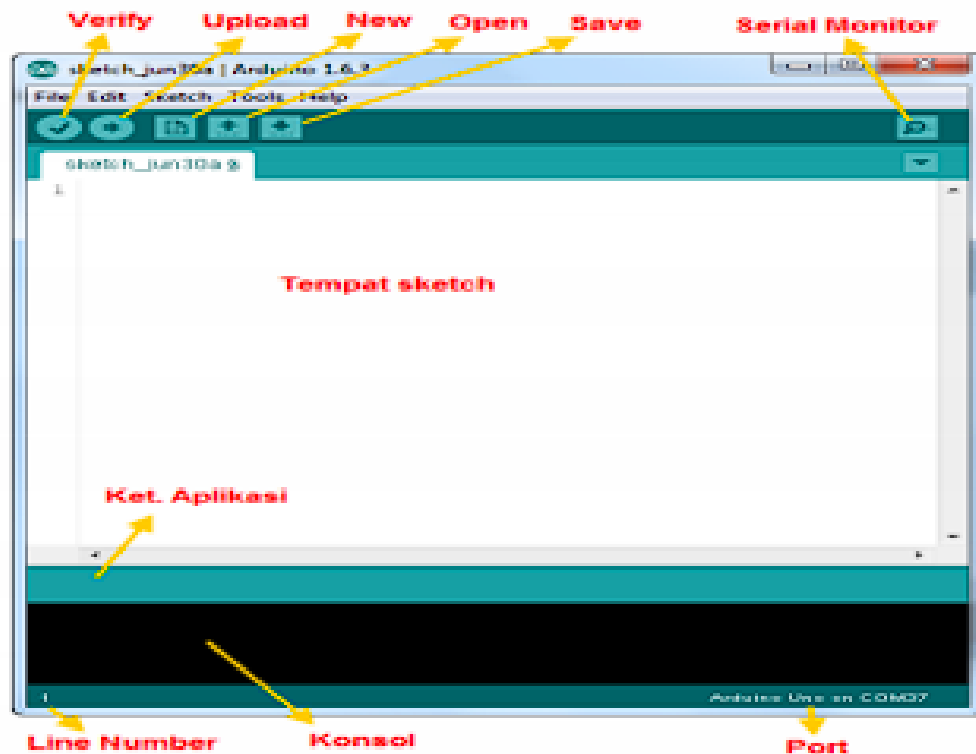


Gambar 2.11 Modul I2C LCD[34].

2.2.14 Arduino IDE

Agar dapat mengprogram papan Arduino, diperlukan aplikasi IDE (*Integrated Development Environment*) yang disediakan oleh Arduino. Aplikasi ini

berfungsi untuk membuat, membuka, dan mengedit kode sumber Arduino[36]. Berikut adalah gambar *interface* Arduino yang dapat dilihat pada gambar 2.12.



Gambar 2.12 *Interface* Arduino[36].

Gambar 2.12 menunjukkan tampilan pertama aplikasi Arduino. Arduino terdiri dari beberapa bagian, antara lain:

1. Pada versi sebelumnya, istilah yang digunakan adalah "*compile*." Sebelum mengunggah aplikasi ke papan Arduino, disarankan untuk melakukan verifikasi terlebih dahulu terhadap *Sketch* yang telah dibuat.
2. Unggah: Tombol ini berfungsi untuk mengunggah *sketch* ke papan Arduino
3. *Sketch* Baru: Membuka jendela dan membuat *sketch* yang baru.
4. Buka *Sketch*: Membuka *Sketch* yang telah dibuat sebelumnya.
5. *Save Sketch* : Simpan *Sketch*: Menyimpan *sketch* tanpa melakukan proses kompilasi.
6. Monitor Serial: Membuka antarmuka untuk komunikasi serial.
7. Keterangan Aplikasi: Pesan-pesan yang dihasilkan oleh aplikasi akan ditampilkan di sini, seperti "*Compiling*" dan "*Done Uploading*."

8. Konsol: Pesan-pesan dari aplikasi dan informasi tentang *sketch* akan muncul di bagian ini. Misalnya, ketika aplikasi melakukan kompilasi atau ada kesalahan pada *sketch*, informasi tersebut akan ditampilkan di sini.
9. Baris *Sketch*: Bagian ini akan menunjukkan posisi baris kursor yang sedang aktif pada *sketch*.
10. Informasi *Port*: Bagian ini memberikan informasi tentang port yang digunakan oleh papan Arduino[37].

2.2.15 ThingSpeak

ThingSpeak adalah platform open source *Internet of Things* (IOT) aplikasi dan API untuk menyimpan dan mengambil data dari hal menggunakan protokol HTTP melalui Internet atau melalui *Local Area Network*. *ThingSpeak* memungkinkan pembuatan aplikasi sensor *logging*, aplikasi lokasi pelacakan, dan jaringan sosial hal dengan *update status* ". *ThingSpeak* awalnya diluncurkan oleh *ioBridge* pada tahun 2010 sebagai layanan untuk mendukung aplikasi IOT. *ThingSpeak* telah terintegrasi dukungan dari numerik komputasi perangkat lunak MATLAB dari *MathWorks*. Memungkinkan *ThingSpeak* pengguna untuk menganalisis dan memvisualisasikan data yang diunggah menggunakan Matlab tanpa memerlukan pembelian lisensi Matlab dari *MathWorks*[37].