

BAB II

DASAR TEORI

2.1 KAJIAN PUSTAKA

Pada penelitian ini, terdapat beberapa jurnal terdahulu yang menjadi referensi. Referensi pertama [12], Arduino Uno dan ESP32 dinilai sebagai dua jenis mikrokontroler yang memiliki perbedaan spesifikasi. Kedua mikrokontroler ini dipilih karena popularitas dan kegunaannya dalam berbagai proyek elektronika dan kontrol otomatis. Arduino Uno dikenal karena stabilitas dan kemudahan penggunaannya, sementara ESP32 menonjol dengan kemampuan komputasi yang lebih tinggi dan konektivitas nirkabel yang lebih luas. Sensor yang digunakan dalam studi ini meliputi sensor tegangan ZMPT101B dan sensor arus ACS712, yang memberikan data tentang nilai tegangan dan arus [12].

Pemanfaatan sensor-sensor ini menjadi dasar penelitian untuk mengevaluasi bagaimana kedua mikrokontroler mengukur dan memproses data dari perangkat keras tersebut. Hasil pengujian menunjukkan bahwa Arduino Uno memiliki rata-rata *error* tegangan sebesar 0,387649% dan arus sebesar 3,095044%. Sementara itu, ESP32 menunjukkan rata-rata *error* tegangan sebesar 0,312182825% dan arus sebesar 0,194657573%. Perbandingan hasil ini memberikan gambaran tentang kemampuan pengolahan data yang berbeda antara kedua mikrokontroler [12].

Referensi kedua [13], perancangan sistem pendeteksi kehadiran menggunakan modul ESP32 yang menyediakan konektivitas *Wi-Fi* dan *Bluetooth*. Kombinasi *Wi-Fi* 802.11 b/g/n dan *Bluetooth* v4.2 BR/EDR serta *Bluetooth Low Energy* (BLE) pada modul ESP32 memberikan fleksibilitas dan kemungkinan implementasi yang luas. Sistem kunci pintu otomatis telah menjadi bagian integral dari teknologi keamanan modern. Tradisionalnya, implementasi sistem kunci pintu otomatis melibatkan penggunaan sidik jari atau kartu *Radio Frequency Identification* (RFID). Namun, dalam penelitian ini, BLE digunakan sebagai pengganti metode tersebut. BLE, yang merupakan komponen dari *iBeacon*, memberikan solusi yang efisien dan praktis untuk mendeteksi kehadiran individu. ESP32, sebagai inti dari sistem, memiliki peran utama dalam mengontrol kunci pintu. Fungsi-fungsi ini melibatkan penggunaan *relay* dan *solenoid* untuk membuka

dan mengunci pintu secara otomatis. Selain itu, kemampuan BLE pada ESP32 digunakan untuk mendeteksi kehadiran individu dengan memanfaatkan alamat perangkat *Bluetooth (Bluetooth Device Address* atau *BD_ADDR*) yang sudah terdaftar pada ESP32. Penggunaan *BD_ADDR* dari *smartwatch* atau *gadget* individu memungkinkan sistem untuk mengenali pengguna secara spesifik. Pentingnya *Received Signal Strength Indicator (RSSI)* dalam mendeteksi kehadiran pengguna *smartwatch* menjadi poin kritis [13].

Hasil percobaan menunjukkan bahwa sistem dapat andal mendeteksi kehadiran pengguna berdasarkan nilai *RSSI* yang sudah ditentukan dalam program yang diupload ke ESP32. Penerapan sistem ini tidak hanya terbatas pada penggunaan pintu otomatis, melainkan memiliki potensi untuk dikembangkan dan diaplikasikan pada berbagai tujuan khusus. Contoh penerapan melibatkan absensi karyawan, pemetaan dalam ruangan, dan implementasi pada konsep rumah pintar. Keseluruhan, penelitian ini memberikan kontribusi pada pengembangan sistem keamanan dan kehadiran yang lebih canggih dan dapat diaplikasikan secara luas dalam berbagai konteks [13].

Referensi ketiga [14], GY-521 MPU6050 adalah sebuah modul sensor inersia yang mampu mengukur percepatan dan kecepatan sudut pada tiga sumbu, memungkinkan observasi terhadap perubahan orientasi suatu objek. Dalam penelitian ini, perhatian utama difokuskan pada upaya untuk menciptakan konsep antarmuka terhadap *gyroscope-accelerometer* dengan mengintegrasikannya bersamaan dengan modul Arduino UNO R3. Arduino UNO R3 berperan sebagai pusat pemrosesan sinyal yang dihasilkan oleh modul GY-521. Pendekatan yang diambil dalam penelitian ini mencakup formulasi sederhana menggunakan konsep segitiga siku-siku untuk mengolah data yang diterima dari *gyroscope-accelerometer*. Data hasil pemrosesan ini kemudian digunakan untuk mensimulasikan perubahan sudut dengan memanipulasi *motor servo* sebagai indikator *pitch* dan *roll* [14].

Hasil penelitian ini mencakup pengembangan model komunikasi interaksi dari perancangan antarmuka sistem yang diamati. Keberhasilan penelitian ini terlihat dari kemampuan sistem untuk memberikan pendekatan yang akurat terhadap perubahan sudut, serta respons yang terkendali dari *motor servo*.

Penerapan formulasi segitiga siku-siku menjadi kunci dalam menghasilkan simulasi pada *range* sudut -90 hingga +90 derajat gerakan, dengan batasan sudut maksimal 90 derajat [14].

Referensi keempat [15], membahas terkait Aplikasi Blynk. Penggunaan aplikasi Blynk untuk *monitoring* konsumsi energi listrik dalam penelitian ini mencerminkan terobosan inovatif dalam upaya penghematan energi. Fokus penelitian pada kulkas 1 pintu menunjukkan bahwa Blynk dapat berperan sebagai alat untuk mengawasi dan mengendalikan penggunaan energi pada perangkat tersebut. Kepentingan utama penelitian ini adalah penghematan energi di rumah tangga, terutama melalui perangkat elektronik seperti kulkas [15].

Konsep pemantauan konsumsi energi menggunakan aplikasi Blynk diharapkan dapat memberikan kontribusi positif dalam meningkatkan efisiensi dan manajemen penggunaan energi kulkas 1 pintu. Hasil penelitian menunjukkan penghematan yang signifikan, sekitar 39.088,3 rupiah atau setara dengan 50% biaya energi listrik kulkas 1 pintu selama satu bulan, dengan tarif dasar listrik sebesar Rp.1.200/kWh. Angka ini menunjukkan potensi Blynk sebagai alat efektif untuk mencapai penghematan energi dengan memantau dan mengontrol perangkat secara pintar. Hasil menunjukkan bahwa aplikasi Blynk telah banyak digunakan dalam proyek *Internet of Things* (IoT), termasuk manajemen energi. Kontribusi unik penelitian ini terletak pada implementasi Blynk dalam konteks khusus penghematan energi pada kulkas 1 pintu [15].

Referensi kelima [16], Penelitian ini menggunakan metode eksperimen dan pada tahap pembuatan alat, sebuah *prototype* sistem kendali lampu berbasis IoT diimplementasikan dalam rumah tinggal. Hasil pengujian menunjukkan bahwa alat dapat berfungsi dengan baik, dan sistem kendali dapat beroperasi pada jarak maksimal 25 meter dari *internet*. Sistem *monitoring* dengan aplikasi Blynk 2.0 dapat membaca tegangan dengan akurat, memberikan *output* yang sesuai saat aplikasi diaktifkan (*on*), dan menampilkan data secara *real time* pada layar *smartphone*. Penelitian ini berkontribusi pada pemahaman lebih lanjut tentang implementasi sistem kendali lampu berbasis IoT menggunakan Blynk 2.0. Penggunaan modul NodeMCU ESP8266, Arduino, dan sensor arus PZEM 004T V3 juga mencerminkan pendekatan teknis yang konsisten dengan perkembangan

teknologi IoT. Kesimpulannya, penelitian ini memberikan wawasan tentang penggunaan Blynk 2.0 sebagai *platform* IoT dalam mengendalikan lampu secara efisien dan efektif [16].

Pada Tabel 2.1 merupakan referensi yang digunakan merupakan penelitian sebelumnya yang masih berhubungan dengan penelitian yang akan dilakukan.

Tabel 2.1 Tabel Penelitian Sebelumnya

Judul	Penulis	Tahun	Metode
Perbandingan Kinerja Arduino Uno dan ESP32 Terhadap Pengukuran Arus dan Tegangan	Putu Ardi Wahyu Widyatmika	2018	Metode yang digunakan dalam kajian pustaka ini adalah perbandingan spesifikasi dan hasil pengujian antara Arduino Uno dan ESP32 menggunakan sensor tegangan ZMPT101B dan sensor arus ACS712 untuk mengevaluasi kemampuan pengolahan data keduanya.
Implementasi Gyroscope-Arduino Pada Kendali Keseimbangan	Eddy Nurraharjo	2018	Metode yang digunakan dalam kajian pustaka ini melibatkan integrasi modul GY-521 (<i>gyroscope-accelerometer</i>) dengan Arduino UNO R3, menggunakan pendekatan formulasi segitiga siku-siku untuk mengolah data sensor inersia, dan mensimulasikan perubahan sudut dengan mengendalikan <i>motor servo</i> .
Pemanfaatan Aplikasi Blynk Sebagai Alat Bantu Monitoring Energi Listrik	Qoriatul Fitriyah	2020	Metode yang digunakan dalam kajian pustaka ini adalah menerapkan aplikasi Blynk untuk memantau dan mengendalikan konsumsi energi kulkas 1 pintu,

Judul	Penulis	Tahun	Metode
Pada Kulkas 1 Pintu			dengan fokus pada penghematan energi di rumah tangga melalui konsep pemantauan konsumsi energi yang diharapkan dapat meningkatkan efisiensi dan manajemen penggunaan energi.
Pendeteksi Kehadiran Menggunakan ESP32 Untuk Sistem Pengunci Pintu Otomatis	Anton Prafanto	2021	Perancangan sistem pendeteksi kehadiran menggunakan modul ESP32 dengan kombinasi <i>Wi-Fi</i> 802.11 b/g/n, <i>Bluetooth</i> v4.2 BR/EDR, dan <i>Bluetooth Low Energy</i> (BLE), diimplementasikan untuk mengontrol kunci pintu otomatis dengan memanfaatkan alamat perangkat <i>Bluetooth</i> dan <i>Received Signal Strength Indicator</i> (RSSI) untuk mendeteksi kehadiran pengguna, serta memiliki potensi aplikasi luas seperti absensi karyawan, pemetaan dalam ruangan, dan konsep rumah pintar.
Sistem Kendali Lampu Berbasis Iot Menggunakan Aplikasi Blynk 2.0 Dengan Modul Nodemcu Esp8266	Amalia Herlina	2022	Penelitian ini menggunakan metode eksperimen untuk mengimplementasikan <i>prototype</i> sistem kendali lampu berbasis IoT dengan Blynk 2.0, NodeMCU ESP8266, Arduino, dan sensor arus PZEM 004T V3, memvalidasi fungsionalitasnya hingga jarak maksimal 25 meter dari <i>internet</i> ,

Judul	Penulis	Tahun	Metode
			serta memberikan wawasan tentang efisien dan efektifnya penggunaan Blynk 2.0 dalam mengendalikan lampu.

2.2 DASAR TEORI

Sebelum masuk lebih dalam pada penelitian ini diperlukan pengetahuan terhadap komponen sistem yang sedang dirancang. Maka, pada dasar teori ini akan dijelaskan komponen apa saja yang berkaitan dengan penelitian ini.

2.2.1 Tanah Longsor

A. Pengertian Tanah Longsor

Tanah longsor seperti contoh pada Gambar 2.1, yang juga dikenal sebagai gerakan tanah, merupakan fenomena di mana massa tanah atau campuran bahan seperti lempung, kerikil, pasir, kerakal, bongkah, dan lumpur bergerak karena pengaruh gravitasi bumi. Gerakan ini mencakup perpindahan berbagai jenis material pembentuk lereng seperti batuan, bahan rombakan, tanah, atau material longsor yang bergerak ke bawah atau menjauhi lereng, seringkali menyebabkan kerusakan signifikan pada infrastruktur dan lingkungan sekitarnya.



Gambar 2.1 Tanah Longsor [17]

Faktor-faktor alam dan manusia menjadi pemicu terjadinya tanah longsor. Faktor alam mencakup kondisi lereng yang curam, erosi, tanah pelapukan yang lembek, kejenuhan air hujan, retakan akibat gempa bumi, hujan intensitas tinggi, banjir, dan lapisan batuan kedap air. Sementara itu, faktor manusia meliputi

pembabatan lereng, penggerusan oleh air saluran, perubahan lahan menjadi basah, retakan akibat aktivitas manusia, keberadaan bangunan di lereng, penimbunan material longsor sebelumnya, bocornya saluran air, serta deforestasi. Aktivitas-aktivitas ini, baik yang dilakukan secara langsung maupun tidak langsung, dapat mempercepat proses pelonggaran tanah dan mengurangi stabilitas lereng, sehingga meningkatkan risiko terjadinya tanah longsor.

Penyebab terjadinya tanah longsor melibatkan berbagai aspek seperti morfologi, kondisi geologi seperti jenis batuan/tanah, proses pelapukan, dan struktur diskontinuitas, kondisi klimatologi seperti curah hujan, lingkungan/tata guna lahan termasuk hidrologi dan vegetasi, serta aktivitas manusia seperti penggemburan tanah untuk pertanian, perladangan, dan sistem irigasi [16]. Setiap faktor ini berkontribusi terhadap kompleksitas dan dinamika tanah longsor, membuatnya menjadi salah satu bencana alam yang paling sulit diprediksi dan diatasi. Perhatian khusus terhadap faktor-faktor ini sangat penting dalam upaya mitigasi dan pencegahan tanah longsor, terutama di daerah-daerah yang rentan terhadap kejadian tersebut.

B. Jenis Tanah Longsor

Klasifikasi tanah longsor menjadi 5 jenis yaitu runtuh (*fall*), robohan (*topple*), longsor (*slides*), pencaran lateral (*lateral spread*) dan aliran (*flow*). Klasifikasi tersebut diuraikan sebagai berikut:

1. Runtuhan (*falls*) adalah runtuhnya sebagian massa batuan pada lereng yang terjal. Jenis ini memiliki ciri yaitu sedikit atau tanpa disertai terjadinya pergeseran antara massa yang runtuh dengan massa yang tidak runtuh. Runtuhnya massa batuan umumnya dengan cara jatuh bebas, meloncat atau menggelinding tanpa melalui bidang gelincir. Penyebab terjadinya runtuh adalah adanya bidang-bidang diskontinyu seperti retakan-retakan pada batuan.
2. Robohan (*topples*) adalah robohnya batuan umumnya bergerak melalui bidang-bidang diskontinyu yang sangat tegak pada lereng. Bidang diskontinyu ini berupa retakan pada batuan seperti pada runtuh. Robohan ini biasanya terjadi pada batuan dengan kelerengan sangat terjal sampai tegak.

3. Longsor (*slide*) adalah gerakan menuruni lereng oleh material penyusun lereng, melalui bidang gelincir pada lereng. Seringkali dijumpai tanda-tanda awal gerakan berupa retakan berbentuk lengkung tapal kuda pada bagian permukaan lereng yang mulai bergerak. Bidang gelincir ini dapat berupa bidang yang relatif lurus (translasi) ataupun bidang lengkung ke atas (rotasi). Kedalaman bidang gelincir pada longсорan jenis translasi lebih dangkal daripada kedalaman bidang gelincir longсорan rotasi. Material yang bergerak secara translasi dapat berupa blok (*rock block slide*). Longсорan yang bergerak secara rotasi melalui bidang gelincir lengkung disebut nendatan (*slump*). Nendatan umumnya terjadi pada lereng yang tersusun oleh material yang relatif homogen.
4. Pencaran lateral (*lateral spread*) adalah material tanah atau batuan yang bergerak dengan cara perpindahan translasi pada bagian dengan kemiringan landai sampai datar. Pergerakan terjadi pada lereng yang tersusun atas tanah lunak dan terbebani oleh massa tanah di atasnya. Pembebanan inilah yang mengakibatkan lapisan tanah lunak tertekan dan mengembang ke arah lateral.
5. Aliran (*flows*) yaitu aliran massa yang berupa aliran fluida kental. Aliran pada bahan rombakan dapat dibedakan menjadi aliran bahan rombakan (*debris*), aliran tanah (*earth flow*) apabila massa yang bergerak didominasi oleh material tanah berukuran butir halus (butir lempung) dan aliran lumpur (*mud flow*) apabila massa yang bergerak jenuh air. Jenis lain dari aliran ini adalah aliran kering yang biasa terjadi pada endapan pasir (*dry flow*) [16].

2.2.2 Gyroscope

Gyroscope berasal dari bahasa Yunani dengan kata "*skopein*" yang berarti melihat, dan "*gyros*" yang berarti lingkaran atau putaran. Secara umum, giroskop adalah sebuah roda berat yang dapat berputar dengan kecepatan sudut tinggi di sekitar porosnya. Komponen utama dari giroskop meliputi bingkai giroskop, gimbal, rotor, dan poros putar. Poros ini terhubung dengan gimbal, serangkaian lingkaran yang juga terhubung dengan gimbal lainnya di dasar lempengan. Ketika roda berputar, giroskop akan mempertahankan orientasi awalnya. Orientasi ini dapat dipertahankan dengan baik karena giroskop menggunakan gimbal ganda,

yang disebut sebagai suspensi Cardan, untuk memungkinkan pusat roda berputar dari gaya gravitasi.

Gyroscope juga berfungsi sebagai perangkat untuk mengukur dan mempertahankan orientasi, berdasarkan prinsip-prinsip momentum sudut. Poros giroskop dapat mengambil orientasi apa pun dan mempertahankannya dengan sedikit perubahan yang diinduksi oleh torsi eksternal, terutama saat roda berputar dengan kecepatan tinggi dan memiliki inersia momen yang besar. Ini berarti giroskop tetap stabil dalam orientasinya terlepas dari gerakan platform di mana ia dipasang, karena penggunaan gimbals untuk mengurangi efek dari torsi eksternal. Ketika roda giroskop berputar cepat, ia menolak upaya untuk mengubah arah putaran porosnya, sehingga mempertahankan arah rotasi yang stabil.

Sebagai contoh, jika giroskop memiliki sumbu putar horizontal dan menerima gaya ke bawah di salah satu ujung poros putarnya dalam keadaan stabil, roda tidak akan merespon dengan berputar ke bawah, melainkan akan mulai condong dalam bidang horizontal. Kemiringan ini disebut presesi, yang tergantung pada arah putaran roda dan titik tekanan ke bawah pada porosnya. Misalnya, tekanan ke bawah pada ujung poros dapat menyebabkan presesi dalam satu arah, sedangkan tekanan pada ujung poros yang berlawanan arah akan menghasilkan presesi yang berlawanan pula [18].

2.2.3 Hubungan Kelembaban Tanah dengan Tanah Longsor

Kelembaban tanah memiliki hubungan yang penting dengan terjadinya tanah longsor. Berikut adalah beberapa penjelasan mengenai keterkaitan ini:

- 1) **Kadar Air Berlebihan:** Selama musim hujan, kadar air yang berlebihan dapat menjadi pemicu terjadinya tanah longsor, terutama di daerah pegunungan, lembah, dan perbukitan dengan lereng yang tidak stabil. Ketika tanah jenuh air, berat tanah bertambah dan kohesi antara partikel tanah menurun, mengakibatkan peningkatan risiko longsor [19].
- 2) **Pengaruh Kemiringan dan Kelembaban:** Penelitian menunjukkan bahwa tingkat kemiringan lereng dan kelembaban tanah memiliki hubungan terbalik dalam mempengaruhi kemungkinan terjadinya tanah longsor. Lereng yang lebih curam membutuhkan kelembaban tanah yang lebih rendah untuk

menyebabkan tanah longsor, sedangkan lereng yang lebih landai membutuhkan kelembaban yang lebih tinggi. Ini berarti bahwa pengelolaan lereng dan pemantauan kelembaban tanah sangat penting untuk mencegah longsor, terutama di daerah dengan kemiringan yang bervariasi [19].

- 3) Intensitas Hujan dan Kelembaban: Curah hujan yang tinggi dan durasi hujan yang panjang dapat meningkatkan kelembaban tanah, yang dapat mengakibatkan tanah longsor. Analisis ambang batas hujan menunjukkan bahwa intensitas hujan yang tinggi dapat memicu tanah longsor, terutama jika kelembaban tanah mencapai tingkat yang sangat tinggi. Kondisi ini sering terjadi di daerah tropis dengan musim hujan yang panjang, di mana tanah dengan cepat mencapai kejenuhan [20].
- 4) Simulasi dan Pengamatan: Studi simulasi dan pengamatan lapangan menunjukkan bahwa peningkatan mendadak kelembaban tanah dapat menyebabkan terjadinya tanah longsor. Pengamatan ini diperoleh melalui teknologi seperti sensor kelembaban tanah dan radar pencitraan, yang memungkinkan peneliti untuk memprediksi dan memonitor kondisi tanah secara *real time* [21].
- 5) Faktor Alam dan Manusia: Faktor alami seperti curah hujan intensitas tinggi di daerah pegunungan atau perbukitan, dan aktivitas manusia seperti pembangunan tanpa mempertimbangkan kondisi geologis dan geografis, dapat menjadi penyebab tambahan terjadinya tanah longsor, terutama selama musim hujan ketika kelembaban tanah mencapai tingkat yang kritis. Aktivitas manusia seperti penggundulan hutan, pertanian intensif, dan pembangunan infrastruktur tanpa perencanaan yang baik dapat memperburuk kondisi ini, mempercepat proses longsor dan menyebabkan kerugian besar baik dari segi ekonomi maupun nyawa manusia [22].

2.2.4 Internet of Things (IoT)

Internet of Things atau yang sering disebut sebagai IoT adalah suatu teknologi yang pada dasarnya merupakan integrasi berbagai sistem, termasuk sensor, aktuator, mikrokontroler, mikroprosesor, dan jaringan *internet*. Teknologi ini memungkinkan objek fisik untuk menjadi cerdas dengan kemampuan untuk

mengumpulkan, berbagi, dan menganalisis data dari lingkungan sekitar. Dengan integrasi ini, suatu objek dapat memiliki kemampuan untuk membaca dan bertukar data tanpa campur tangan manusia atau dengan campur tangan yang minimal.

Secara teknis, IoT melibatkan penggunaan sensor yang mengumpulkan data dari lingkungan, seperti suhu, kelembaban, cahaya, dan gerakan. Aktuator kemudian dapat digunakan untuk melakukan tindakan tertentu berdasarkan data yang dikumpulkan. Mikrokontroler dan mikroprosesor memproses data ini dan mengontrol operasi perangkat IoT. Data yang dikumpulkan oleh sensor dapat dikirim ke sistem pemrosesan pusat melalui jaringan *internet*, di mana data tersebut dianalisis dan digunakan untuk mengambil keputusan atau tindakan yang tepat.

Dengan kata lain, IoT dapat dianggap sebagai struktur di mana objek memiliki kemampuan untuk berkomunikasi antar komputer. Objek-objek ini dapat berupa perangkat rumah tangga, kendaraan, mesin industri, perangkat medis, dan banyak lagi. Mereka saling terhubung melalui *internet*, memungkinkan pertukaran informasi yang efisien dan otomatis. IoT memungkinkan otomatisasi proses yang sebelumnya memerlukan intervensi manusia, sehingga meningkatkan efisiensi dan efektivitas operasi.

Selain itu, teknologi IoT juga memungkinkan pengembangan aplikasi yang lebih cerdas dan responsif. Misalnya, dalam bidang pertanian, sensor IoT dapat digunakan untuk memantau kondisi tanah dan cuaca secara *real time*, memberikan informasi yang akurat kepada petani untuk mengoptimalkan irigasi dan penggunaan pupuk. Dalam bidang kesehatan, perangkat medis yang terhubung dengan IoT dapat memantau kondisi pasien secara terus-menerus dan mengirimkan data kepada dokter untuk analisis lebih lanjut.

Secara keseluruhan, IoT merupakan teknologi revolusioner yang membuka banyak peluang baru dalam berbagai bidang, mulai dari rumah pintar, kota pintar, hingga industri 4.0. Dengan kemampuan untuk mengumpulkan dan menganalisis data secara *real time*, IoT memberikan wawasan yang berharga dan memungkinkan pengambilan keputusan yang lebih baik dan lebih cepat. Teknologi ini tidak hanya meningkatkan efisiensi operasional tetapi juga menciptakan pengalaman pengguna yang lebih baik dan lebih personal [23].

2.2.5 Arduino IDE



Gambar 2.2 Arduino IDE [24]

Gambar 2.2 merupakan logo dari *software* *Arduino Integrated Development Environment* (IDE) adalah perangkat lunak yang esensial dalam ekosistem Arduino, memfasilitasi seluruh proses mulai dari penulisan kode, kompilasi kode menjadi biner, hingga mengunduh program ke dalam memori mikrokontroler. IDE ini memberikan antarmuka yang *user friendly* bagi pengembang untuk menulis dan menguji program Arduino dengan mudah. Selain itu, IDE juga menyediakan alat untuk memonitor dan *debug* aplikasi, yang sangat penting dalam pengembangan sistem berbasis mikrokontroler. Kelebihan utama Arduino IDE adalah ketersediaan berbagai modul pendukung seperti sensor, monitor, dan pembaca yang dapat diintegrasikan dengan mudah dalam pengembangan proyek. Hal ini memungkinkan pengembang untuk membangun aplikasi yang kompleks dengan cepat dan efisien, tanpa perlu memikirkan kompatibilitas perangkat keras yang berbeda. Kebebasan dan fleksibilitas dalam penggunaan modul-modul ini menjadi daya tarik besar dalam komunitas Arduino. Salah satu faktor kunci dalam popularitas Arduino adalah sifatnya yang *open source*. Baik *hardware* maupun *software* Arduino dapat diakses dan dimodifikasi oleh siapa saja secara gratis. Ini memungkinkan pengguna untuk mengakses skema Arduino, membuat PCB sendiri, dan mengembangkan berbagai perangkat keras tanpa harus tergantung pada pembuat Arduino atau biaya lisensi. Selain itu, Arduino IDE dapat diunduh dan diinstal secara gratis di komputer pengguna, menjadikannya solusi yang ekonomis dan mudah diakses bagi pengembang dari berbagai latar belakang.

Secara keseluruhan, kombinasi antara kecanggihan perangkat lunak Arduino IDE dan kemudahan penggunaan serta ketersediaan komponen *hardware* yang mendukung membuat Arduino menjadi platform yang diminati dalam dunia pengembangan elektronika dan mikrokontroler [25].

2.2.6 NodeMCU ESP32

ESP32 berbentuk seperti pada Gambar 2.3 dapat digunakan untuk proyek-proyek dalam ranah IoT. Modul ini memiliki kemampuan untuk menghubungkan perangkat dengan jaringan internet dengan kecepatan dan kemudahan. Selain itu, ESP32 dapat diandalkan dalam proyek-proyek yang memerlukan pemrosesan sinyal analog dan kontrol perangkat I/O digital.



Gambar 2.3 NodeMCU ESP32 [26]

Dengan beragam fitur yang ditawarkan, ESP32 memungkinkan pengembangan aplikasi yang kompleks, mulai dari sistem pemantauan lingkungan hingga sistem rumah pintar. Modul ini juga dilengkapi dengan *dual core processor*, *Wi-Fi*, dan *Bluetooth*, yang menjadikannya pilihan populer di kalangan pengembang. ESP32 memiliki fleksibilitas yang tinggi dan dapat digunakan dalam berbagai macam proyek, baik yang sederhana maupun yang rumit, sehingga mendukung inovasi dan kreativitas dalam pengembangan teknologi modern. Dukungan komunitas yang luas dan banyaknya sumber daya serta dokumentasi yang tersedia membuatnya lebih mudah bagi para pengembang untuk memulai dan menyelesaikan proyek mereka dengan sukses. Selain itu, konsumsi daya yang

efisien dan performa yang tinggi membuat ESP32 menjadi solusi ideal untuk aplikasi yang memerlukan operasi berkelanjutan dengan daya minimal, seperti sensor nirkabel, perangkat *wearable*, dan sistem otomatisasi industri [8].

Spesifikasi dari ESP32 secara jelas terdapat pada Tabel 2.2, memberikan gambaran mendetail tentang kemampuan teknis dan performa modul ini dalam berbagai aplikasi.

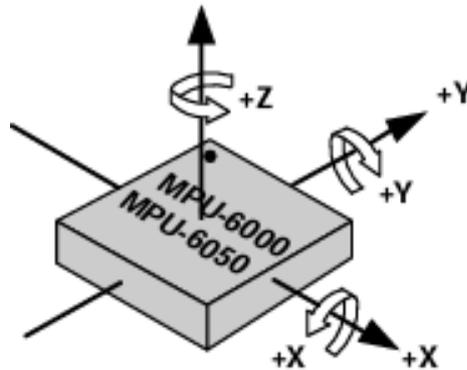
Tabel 2.2 Spesifikasi ESP32 [26]

Atribut	Detail
CPU	<i>Tensilica Xtensa LX6 32 bit Dual-Core</i> di 160/240 MHz
SRAM	520 KB
<i>FLASH</i>	2 MB (<i>max.</i> 64 MB)
Tegangan	2.2 V – 3.6 V
Arus Kerja	Rata-rata 80 mA
Dapat diprogram	Ya (<i>C, C++, Python, Lua</i> , dll)
<i>Open Source</i>	Ya
Konektivitas	
<i>Wi-Fi</i>	802.11 b/g/n
<i>Bluetooth</i>	4.2 BR/EDR + BLE
UART	3
I/O	
GPIO	32
SPI	4
I2C	2
PWM	8
ADC	18 (<i>12 bit</i>)
DAC	2 (<i>8 bit</i>)

ESP32 merupakan modul mikrokontroler terintegrasi yang memiliki kinerja tinggi dan fitur lengkap. Pengembangan modul ini didasarkan pada ESP8266, yang sebelumnya telah menjadi modul *Wi-Fi* yang populer. ESP32 memiliki dua prosesor komputasi, dimana satu prosesor bertanggung jawab untuk mengelola jaringan *Wi-Fi* dan *Bluetooth*, sedangkan prosesor lainnya digunakan untuk

menjalankan aplikasi. Modul ini juga dilengkapi dengan *Random Access Memory* (RAM) yang cukup besar untuk menyimpan data dengan efisien [8].

2.2.7 Sensor MPU 6050



Gambar 2.4 Rotasi Sensor MPU6050 [27]

Sensor MPU-6050 merupakan gabungan dari sensor *accelerometer* dan *gyroscope*. Ilustrasi rotasi sensor MPU6050 ditunjukkan pada Gambar 2.4. *Accelerometer* digunakan untuk mengetahui percepatan gravitasi, sedangkan *gyroscope* digunakan untuk mengetahui kecepatan sudut. *Fusion* dari *output accelerometer* dan *gyroscope* akan menghasilkan orientasi (kemiringan terhadap sumbu x, y dan z).

Selain fungsi dasar tersebut, sensor MPU-6050 juga memiliki kemampuan untuk mendeteksi dan mengukur perubahan gerakan secara akurat. Kombinasi *accelerometer* dan *gyroscope* memungkinkan sensor ini untuk memberikan data tentang percepatan linear dan rotasi sudut, yang sangat berguna dalam berbagai aplikasi, mulai dari stabilisasi *drone*, pengukuran gerakan tubuh dalam olahraga, hingga sistem navigasi.

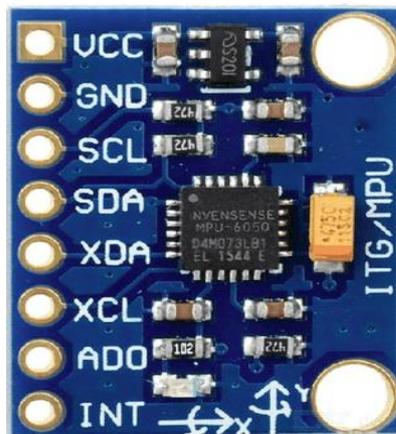
Sensor ini bekerja dengan mengukur gaya inersia yang dihasilkan oleh percepatan dan rotasi. *Accelerometer* pada sensor MPU6050 dapat mendeteksi percepatan dalam tiga sumbu (x, y, dan z), sedangkan *gyroscope* mengukur kecepatan rotasi di sekitar ketiga sumbu tersebut. Data dari kedua sensor ini kemudian digabungkan (*sensor fusion*) untuk memberikan gambaran yang lebih lengkap dan akurat tentang orientasi dan gerakan.

MPU6050 juga dilengkapi dengan *Digital Motion Processor* (DMP) yang mampu mengolah data sensor secara langsung di dalam *chip*, sehingga mengurangi

beban pemrosesan pada mikrokontroler yang terhubung. DMP ini dapat menjalankan algoritma kompleks untuk pengolahan sinyal dan fusi sensor secara *real time*, yang sangat bermanfaat dalam aplikasi yang memerlukan respons cepat dan akurasi tinggi.

Kemampuan MPU6050 dalam mengukur gerakan dan orientasi dengan presisi tinggi membuatnya sangat berguna dalam berbagai aplikasi praktis. Misalnya, dalam industri otomotif, sensor ini dapat digunakan dalam sistem kontrol stabilitas kendaraan untuk mendeteksi dan mengoreksi slip atau kehilangan traksi. Dalam bidang teknologi *wearable*, sensor MPU6050 digunakan untuk memantau aktivitas fisik dan kesehatan, seperti langkah kaki, posisi tidur, dan deteksi jatuh.

MPU6050 berperan penting dalam navigasi dan stabilisasi robot. Dengan data yang diperoleh dari sensor ini, robot dapat menentukan orientasi dan posisinya dengan lebih baik, memungkinkan pergerakan yang lebih halus dan responsif. Sensor ini juga sering digunakan dalam pengembangan perangkat VR (*Virtual Reality*) dan AR (*Augmented Reality*) untuk memberikan pengalaman yang lebih imersif dengan mengikuti gerakan kepala dan tubuh pengguna.



Gambar 2.5 Sensor MPU 6050 [28]

Keseluruhan fitur dan kemampuan sensor MPU6050 menjadikannya pilihan yang sangat populer di kalangan pengembang dan insinyur dalam berbagai proyek teknologi yang memerlukan pemantauan dan kontrol gerakan yang presisi [27].

MPU6050 yang ditunjukkan pada Gambar 2.5 biasanya memiliki tingkat akurasi yang baik dalam mengukur percepatan gravitasi (melalui *accelerometer*) dan kecepatan sudut (melalui *gyroscope*), yang penting dalam aplikasi navigasi dan kontrol gerak [28]. MPU6050 dilengkapi dengan 3 ADC 16 *bit* untuk menghasilkan

output dari *gyroscope* dan 3 ADC 16 bit tambahan untuk menghasilkan *output* dari *accelerometer*. Perangkat ini memungkinkan pengguna untuk memprogram rentang skala *gyroscope* sekitar 250, 500, 1000, dan 2000 derajat per detik, serta rentang skala *accelerometer* sekitar 2g, 4g, 8g, dan 16g. Rentang tegangan operasional MPU6050 berkisar antara 2,375 hingga 3,46 volt. Pengambilan data dari MPU6050 dapat dilakukan melalui protokol I2C [29].

Tabel 2.3 Spesifikasi Sensor MPU6050 [30]

Spesifikasi MPU6050	
VDD	2.375V-3.46V
VLOGIC	1.71V to VDD
<i>Serial Interface Supported</i>	I2C
<i>Pin 8</i>	VLOGIC
<i>Pin 9</i>	AD0
<i>Pin 23</i>	SCL
<i>Pin 24</i>	SDA

Rumus dasar di bawah ini digunakan untuk menghitung nilai rata-rata dan menghitung persentase *error* yang akan diuraikan lebih lanjut pada bagian pengujian di Bab 4. Rumus yang digunakan untuk mencari nilai rata-rata pengujian sensor MPU6050 menggunakan Persamaan (2.1):

$$\sum = \frac{n_1 + n_2 + n_3 + n_4 + n_5}{n} \quad (2.1)$$

Persamaan (2.1) dapat digunakan sebagai rumus dasar untuk menghitung nilai rata-rata untuk pengujian sensor MPU6050 pada bagian pengujian.

Rumus untuk mencari persentase *error* dalam pengujian sensor MPU6050 menggunakan Persamaan (2.2):

$$Error(\%) = \left[\frac{Nilai\ Acuan - (Rata - rata\ Nilai)}{Nilai\ Acuan} \right] \times 100\% \quad (2.2)$$

Persamaan 2.2 digunakan untuk menghitung nilai *error* sensor MPU6050 pada bagian pengujian di Bab 4.

2.2.8 Sensor *Soil Moisture*

Sensor *Soil Moisture* yang ditunjukkan pada Gambar 2.6 adalah sensor yang digunakan untuk mengukur kadar air dalam tanah. Sensor ini dibuat dari bahan anti korosi untuk memastikan daya tahan yang lama, memungkinkan penggunaannya dalam jangka waktu yang panjang tanpa mengalami penurunan kinerja. Selain itu, modul ini dilengkapi dengan regulator tegangan *onboard* yang memungkinkan tegangan operasi antara 3.3V hingga 5.5V, sehingga dapat digunakan dengan berbagai mikrokontroler dan sistem tegangan yang berbeda.



Gambar 2.6 Sensor *Soil Moisture* [31]

Sensor ini mengukur kelembaban tanah dengan mengamati perubahan resistansi atau kapasitansi yang disebabkan oleh tingkat kelembaban. Ketika tanah menjadi lebih basah, resistansi menurun dan sebaliknya, ketika tanah mengering, resistansi meningkat. Sensor ini menyediakan dua jenis *output*: analog yang proporsional dengan kadar kelembaban dan digital yang dapat diatur menggunakan potensiometer untuk menentukan ambang batas kelembaban tertentu. *Output* analog memberikan sinyal yang kontinu sesuai dengan tingkat kelembaban tanah, sedangkan *output* digital memberikan sinyal biner (tinggi atau rendah) berdasarkan ambang batas yang telah ditentukan.

Tingkat kelembaban tanah dapat ditentukan melalui pengaruhnya pada konstanta dielektrik dengan mengukur kapasitansi antara dua elektroda yang tertanam di tanah. Konstanta dielektrik tanah berubah dengan adanya air, karena air memiliki konstanta dielektrik yang jauh lebih tinggi dibandingkan dengan udara atau partikel tanah. Jika kelembaban tanah didominasi oleh air bebas (misalnya

pada tanah berpasir), maka konstanta dielektrik akan berhubungan secara proporsional dengan tingkat kelembaban tersebut.

Biasanya, *probe* elektroda diberikan frekuensi eksitasi untuk memungkinkan pengukuran konstanta dielektrik. Pembacaan dari *probe* sensor ini umumnya tidak linear dengan jumlah air dan dipengaruhi oleh jenis tanah serta suhu tanah. Hal ini disebabkan oleh sifat kompleks tanah yang terdiri dari berbagai komponen seperti partikel mineral, bahan organik, dan pori-pori yang berisi udara atau air. Semakin banyak air membuat tanah lebih mudah menghantarkan listrik (resistansi kecil), sedangkan tanah yang kering sangat sulit menghantarkan listrik (resistansi besar).

Keunggulan dari tipe sensor ini adalah secara teoritis dapat memberikan informasi tentang jumlah air tanah secara absolut. Sensor *soil moisture* dapat digunakan untuk mengukur kandungan air pada berbagai kedalaman, tergantung pada panjang dan konfigurasi elektroda. Konfigurasi sensor dapat bervariasi dalam ukuran sehingga pengaruh pengukuran dapat diatur sesuai dengan kebutuhan aplikasi. Presisi tinggi dapat dicapai jika konsentrasi ionik tanah tidak berubah, karena perubahan ionik dapat mempengaruhi pengukuran resistansi dan kapasitansi tanah [32].

2.2.9 Blynk IoT

Blynk adalah *platform Internet of Things* (IoT) yang memungkinkan koneksi perangkat keras IoT ke *platform* IoT untuk mengontrol dan memantau perangkat dari jarak jauh. Platform ini dapat menyimpan data sensor dan menampilkan hasil pengukurannya. Blynk menyediakan berbagai fitur yang memudahkan pengguna untuk membuat aplikasi IoT tanpa memerlukan keahlian pemrograman mendalam. Blynk memiliki antarmuka yang intuitif dan ramah pengguna. Melalui aplikasi *smartphone*, pengguna dapat membuat *dashboard* kustom dengan *widget* seperti tombol, *slider*, grafik, dan lainnya untuk mengontrol dan memantau perangkat keras. *Platform* ini mendukung berbagai perangkat keras seperti Arduino, Raspberry Pi, ESP8266, ESP32, dan lainnya, memungkinkan pengguna untuk memilih perangkat yang sesuai dengan kebutuhan proyek mereka. Dengan Blynk, pengguna dapat mengontrol perangkat mereka secara *real-time* dari

mana saja dengan koneksi *internet*, yang sangat berguna untuk aplikasi yang memerlukan respons cepat dan *monitoring* terus menerus.



Gambar 2.7 Blynk IoT [33]

Blynk memiliki *icon* dengan aksen berwarna hijau seperti pada Gambar 2.7. Blynk juga menyediakan fitur untuk penyimpanan dan visualisasi data, memungkinkan pengguna untuk menyimpan data sensor dan menampilkan hasil pengukuran dalam bentuk grafik dan tabel, yang membantu dalam analisis data dan pemantauan kinerja perangkat [34].

2.2.10 Arduino Uno R3 Wi-Fi

Arduino Uno R3 *Wi-Fi* adalah versi kustom dari papan klasik Arduino Uno R3 yang dilengkapi dengan dua prosesor: mikrokontroler Atmel ATmega328 dan *chip Wi-Fi* ESP8266 dengan memori *flash* 8 MegaByte. Setiap prosesor memiliki *header pinout* tersendiri. Papan ini juga dilengkapi dengan konverter *Universal Serial Bus (USB) – Transistor-Trans Logic (TTL)* berbasis CH340G. CH340G adalah *driver* USB alternatif yang berfungsi sebagai antarmuka komunikasi serial dan *uploading* program *module breakboard* Arduino [33]. Dengan tambahan *transceiver* inframerah, CH340 dapat menambahkan *adaptor* inframerah ke komputer melalui USB untuk memungkinkan komunikasi inframerah antara komputer dan perangkat eksternal yang sesuai dengan IrDA [35]. Papan ini cocok untuk pengembangan proyek yang membutuhkan kombinasi Uno dan *Wi-Fi*. Melalui USB, Anda dapat memperbarui sketsa dan *firmware* untuk ATmega328 dan ESP8266.



Gambar 2.8 Arduino Uno R3 Wi-Fi [36]

Bentuk Arduino Uno R3 *Wi-Fi* seperti pada Gambar 2.8. Papan ini juga memiliki *Dual In-Line Package (DIP) switch* untuk menghubungkan kedua prosesor. *DIP-switch* ini memungkinkan pengguna untuk memilih komunikasi antara ATmega328 dan ESP8266, baik secara independen atau bersama-sama. Tabel 2.4 berisi spesifikasi Arduino Uno R3 *Wi-Fi* [37].

Tabel 2.4 Spesifikasi Arduino Uno R3 Wi-Fi [36]

Atribut	Detail
Mikrokontroler	1x ATMEGA328P dan 1x ESP-8266EX
Tegangan Operasi	5V untuk ATMEGA328P dan 3.3V untuk ESP8266
<i>Pin I/O Digital</i>	13 untuk ATMEGA328P (sesuai 5V)+ 8 untuk ESP8266 (sesuai 3,3V)
<i>Pin Input Analog</i>	6 untuk ATMEGA328P (sesuai 5V) + 1 untuk ESP8266 (sesuai 3,3V)
<i>Clock Speed</i>	16MHz untuk ATMEGA328P dan 80MHz/160MHz untuk ESP8266
ESP8266 <i>Flash</i>	8 juta <i>byte</i>

Selain itu, Arduino Uno R3 *Wi-Fi* mendukung fitur-fitur yang umum ditemukan pada papan Arduino Uno klasik, seperti 14 *pin input/output* digital (6 di antaranya dapat digunakan sebagai *output Pulse Width Modulation (PWM)*), 6 *input analog*, osilator kristal 16 MHz, koneksi USB, *jack daya*, *header In-Circuit Serial Programming (ICSP)*, dan tombol *reset*. Dengan adanya *chip* ESP8266, papan ini

menawarkan konektivitas *Wi-Fi* yang memungkinkan pengembangan aplikasi IoT dengan lebih mudah.

Dengan kombinasi mikrokontroler ATmega328 dan ESP8266, pengguna dapat menjalankan program yang memerlukan pemrosesan lokal pada ATmega328 sambil menggunakan kemampuan *Wi-Fi* ESP8266 untuk konektivitas jaringan dan komunikasi data. Ini membuat Arduino Uno R3 *Wi-Fi* menjadi pilihan yang fleksibel dan kuat untuk berbagai proyek, termasuk otomatisasi rumah, pemantauan lingkungan, dan aplikasi IoT [37].

2.2.11 *Liquid Crystal Display (LCD) 20x4 I2C*

Liquid Crystal Display (LCD) adalah lapisan dari campuran organik antara lapisan kaca bening dengan elektroda transparan indium oksida dalam bentuk tampilan *seven segment* dan lapisan elektroda pada kaca belakang. Ketika elektroda diaktifkan dengan medan listrik (tegangan), lapisan *sandwich* memiliki *polarizer* cahaya vertikal depan dan polarizer cahaya horizontal belakang yang diikuti dengan lapisan reflektor. Cahaya yang dipantulkan tidak dapat melewati molekul-molekul yang telah menyesuaikan diri dan segmen yang diaktifkan terlihat menjadi gelap dan membentuk karakter data yang ingin ditampilkan.



Gambar 2.9 LCD 20x4 I2C [38]

LCD 20x4 I2C yang ditunjukkan pada Gambar 2.9 adalah jenis layar LCD yang dapat menampilkan 20 karakter pada setiap baris dengan total 4 baris, sehingga memungkinkan tampilan hingga 80 karakter sekaligus. Teknologi *Inter-Integrated Circuit (I2C)* yang digunakan pada LCD ini mengurangi jumlah *pin* yang dibutuhkan untuk menghubungkannya ke mikrokontroler, hanya memerlukan dua *pin* data *Serial Data (SDA)* dan *Serial Clock (SCL)* dibandingkan dengan LCD standar yang memerlukan banyak *pin* untuk kontrol dan data [39].