

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Rancang Bangun

Rancang bangun (*design and development*) merupakan suatu proses sistematis yang melibatkan kegiatan perencanaan, perancangan, implementasi, hingga pengujian suatu sistem agar dapat bekerja sesuai dengan fungsi yang diharapkan. Dalam konteks penelitian ini, rancang bangun mengacu pada proses membangun sistem IoT untuk pemantauan kualitas air berbasis teknologi LoRa yang meliputi perancangan perangkat keras (*hardware*), perangkat lunak (*software*), serta mekanisme komunikasi data. [1]

Pada tahap awal, rancang bangun dimulai dengan analisis kebutuhan sistem, yaitu mengidentifikasi parameter apa saja yang akan dipantau, sensor yang relevan, kebutuhan jangkauan komunikasi, serta lingkungan operasional tambak atau kolam. Tahap ini penting untuk memastikan bahwa sistem yang dirancang benar-benar sesuai dengan kondisi lapangan dan kebutuhan pengguna, dalam hal ini Dinas Perikanan dan para pembudidaya.

Selanjutnya dilakukan perancangan perangkat keras, yang meliputi pemilihan mikrokontroler (seperti ESP32/ESP8266), modul LoRa, sensor suhu, sensor pH, sensor DO, dan sensor kekeruhan. Setiap komponen harus dirancang agar mampu bekerja secara terpadu, memiliki konsumsi daya rendah, serta tahan terhadap kondisi lingkungan perairan. Selain itu, rancangan fisik seperti casing atau tempat

pemasangan sensor juga diperhatikan agar sistem dapat beroperasi dengan stabil dalam jangka panjang.[2]

Tahap berikutnya adalah perancangan perangkat lunak, yang mencakup penulisan kode program pada mikrokontroler untuk membaca data sensor, memproses data, dan mengirimkannya melalui modul LoRa ke *gateway*. Pada sisi penerima, perangkat lunak juga bertugas mengolah data masuk, menyimpannya pada basis data, serta menampilkannya pada dashboard monitoring yang dapat diakses petugas. Perancangan perangkat lunak ini harus mempertimbangkan efisiensi, keandalan, dan kemampuan bekerja secara *real-time*. Setelah perangkat keras dan perangkat lunak dirancang, tahap selanjutnya adalah integrasi sistem, yaitu menggabungkan seluruh komponen agar dapat berfungsi sebagai satu kesatuan. Integrasi mencakup pengujian koneksi antar sensor, pengujian kestabilan LoRa dalam mengirim data, serta sinkronisasi antara *node* sensor dan *gateway*.

Tahap terakhir dalam rancang bangun adalah pengujian dan evaluasi sistem, yang dilakukan untuk memastikan bahwa sistem mampu bekerja sesuai spesifikasi. Pengujian dapat meliputi akurasi pembacaan sensor, jangkauan transmisi LoRa, konsumsi daya, hingga kestabilan pengiriman data secara terus-menerus. Hasil pengujian ini menjadi dasar untuk melakukan perbaikan dan penyempurnaan sistem sebelum digunakan pada lingkungan operasional yang sebenarnya.

Secara keseluruhan, rancang bangun merupakan fondasi utama dalam membangun sebuah sistem IoT yang efektif, efisien, dan dapat diandalkan.

Melalui proses perancangan yang sistematis, penelitian ini diharapkan mampu menghasilkan sebuah prototipe pemantauan kualitas air berbasis LoRa yang dapat membantu Dinas Perikanan Labuhanbatu dalam meningkatkan efektivitas pengawasan dan mencegah kerugian akibat perubahan kualitas air yang tidak terdeteksi. [3]

2.2 IOT (Internet of Things)

Internet of Things (IoT), juga dikenal sebagai *Internet of Everything*, *Cloud Computing*, atau *Industrial Internet*, adalah konsep teknologi modern yang merevolusi cara perangkat fisik berinteraksi. IoT menciptakan jaringan global yang menghubungkan berbagai perangkat, seperti sensor, mesin, dan alat elektronik, memungkinkan komunikasi, pertukaran data, serta otomatisasi antarperangkat. Teknologi ini mendukung terciptanya sistem yang lebih pintar, efisien, dan terintegrasi di berbagai aspek kehidupan. [4]

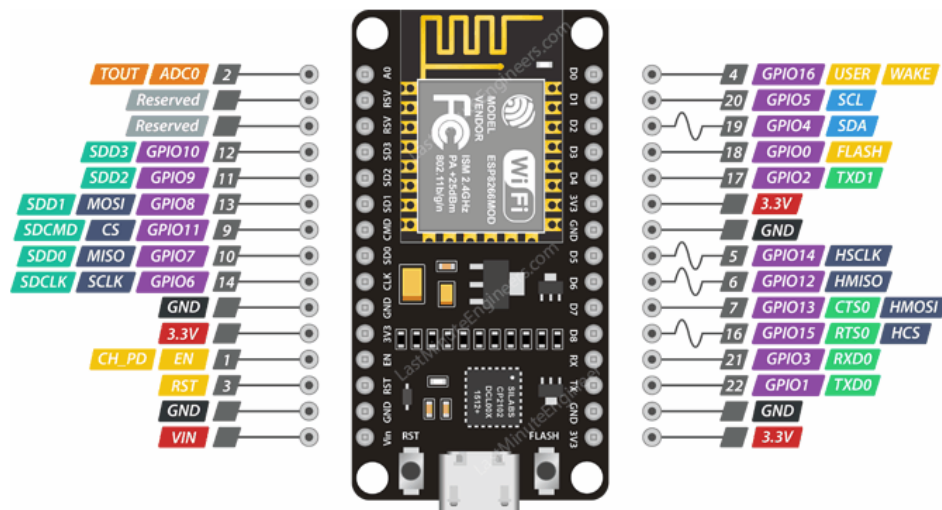
Melalui IoT, perangkat-perangkat yang terhubung mampu mengumpulkan informasi dari lingkungannya, mengirimkan data ke pusat kontrol, dan menerima perintah untuk menjalankan fungsi tertentu. Contohnya, sensor suhu dapat mengirimkan data ke sistem pengatur suhu otomatis untuk menjaga kenyamanan ruangan. Proses ini dimungkinkan berkat koneksi internet, standar protokol komunikasi, serta teknologi *cloud* yang memproses data dengan cepat dan akurat, sehingga memudahkan pengelolaan perangkat secara efektif. [5]

IoT telah menjadi dasar dari berbagai inovasi modern, seperti rumah pintar, kota pintar, industri 4.0, dan transportasi pintar. Dalam dunia industri, IoT dikenal sebagai *Industrial Internet*, yang mendukung produktivitas melalui pemantauan

waktu nyata dan otomatisasi sistem. Meskipun menawarkan banyak manfaat, IoT juga menghadapi tantangan, seperti keamanan data dan keselarasan antar perangkat. Namun, potensi besar yang dimilikinya menjadikan IoT sebagai salah satu teknologi yang sangat menjanjikan untuk masa depan. [6]

2.3 ESP8266

ESP8266 adalah sebuah mikrokontroler berbasis Wi-Fi yang dikembangkan oleh *Espressif Systems* dan sering dimanfaatkan dalam berbagai proyek *Internet of Things* (IoT). Modul ini dikenal karena kemampuannya untuk menghubungkan perangkat ke jaringan Wi-Fi dengan biaya yang cukup ekonomis. Berkat ukurannya yang kompak dan penggunaan daya yang efisien, ESP8266 menjadi pilihan populer di kalangan pengembang untuk membuat perangkat pintar seperti sistem rumah otomatis, sensor lingkungan, hingga alat pemantauan jarak jauh. [7]



Gambar 2.1 Microcontroller ESP8266

Secara teknis, ESP8266 dilengkapi dengan prosesor Tensilica L106 berkecepatan hingga 80 MHz, memori flash, dan RAM yang cukup untuk

menjalankan tugas-tugas sederhana. Modul ini memiliki beberapa GPIO (*General Purpose Input/Output*) untuk menghubungkan perangkat eksternal seperti sensor dan aktuator. ESP8266 dapat diprogram menggunakan berbagai platform, termasuk Arduino IDE dan Lua, sehingga memudahkan pengembang dari berbagai tingkat keahlian untuk mengintegrasikan modul ini ke dalam proyek mereka. [8]

ESP8266 sangat fleksibel dalam penggunaannya, baik untuk aplikasi sederhana maupun kompleks. Sebagai contoh, modul ini dapat digunakan untuk membuat sistem pemantauan suhu yang terhubung ke aplikasi smartphone, atau sebagai pengontrol lampu yang dapat dioperasikan melalui jaringan Wi-Fi. Meskipun fitur-fiturnya cukup mumpuni, ESP8266 memiliki keterbatasan, terutama dalam hal jumlah GPIO yang relatif sedikit dan dukungan Bluetooth yang tidak ada. Meski demikian, kemudahan penggunaan dan harganya yang ekonomis menjadikan ESP8266 sebagai salah satu solusi populer untuk pengembangan perangkat IoT. [9]

2.4 Perangkat Elektronik

Perangkat elektronik adalah segala jenis perangkat yang menggunakan arus listrik untuk menjalankan fungsinya dan biasanya terdiri dari komponen elektronik seperti resistor, kapasitor, transistor, dan mikrokontroler. Perangkat ini dapat digunakan untuk berbagai tujuan, termasuk komunikasi, kontrol, hiburan, dan otomasi. [10]

Dalam konteks Sistem Pengendalian Peralatan Elektronik Rumah Berbasis IoT dengan Komunikasi MQTT dan ESP8266, perangkat elektronik mencakup

berbagai peralatan rumah tangga yang dapat dikendalikan secara otomatis melalui sistem IoT, seperti lampu, kipas, AC, dan perangkat listrik lainnya yang dapat diintegrasikan dengan jaringan komunikasi untuk meningkatkan efisiensi dan kenyamanan pengguna. [11]

2.5 Blynk IOT

Blynk merupakan platform *Internet of Things* atau IoT yang digunakan untuk menghubungkan perangkat keras dengan layanan cloud serta menyediakan antarmuka pemantauan berbasis aplikasi seluler dan web. Melalui Blynk, data yang diperoleh dari perangkat sensor dapat dikirim ke server, disimpan, ditampilkan dalam bentuk angka maupun grafik, serta dipantau dari jarak jauh menggunakan perangkat yang terhubung ke internet. Blynk menyediakan beberapa komponen utama, yaitu Blynk.Cloud, Blynk.Console, dan Blynk.App. Blynk.Cloud berfungsi sebagai server yang menerima dan mengelola data perangkat, Blynk.Console digunakan untuk melakukan konfigurasi sistem melalui web, sedangkan Blynk.App digunakan untuk menampilkan dan memantau data melalui telepon pintar (Blynk, n.d.).[12]

Dalam penelitian berjudul **“RANCANG BANGUN SISTEM IOT PEMANTAUAN KUALITAS AIR BERBASIS LORA PADA DINAS PERIKANAN LABUHANBATU”**, Blynk digunakan sebagai media visualisasi dan pemantauan data kualitas air. Data yang diperoleh dari sensor kualitas air, seperti nilai pH, suhu, tingkat kekeruhan, atau parameter lainnya sesuai sensor yang digunakan, terlebih dahulu diproses oleh mikrokontroler pada perangkat

pemancar. Selanjutnya, data dikirimkan melalui komunikasi LoRa menuju perangkat penerima atau gateway.

Blynk tidak menggantikan fungsi komunikasi LoRa. LoRa berfungsi sebagai media komunikasi nirkabel jarak jauh antara perangkat sensor dan perangkat penerima, sedangkan Blynk berfungsi sebagai platform cloud untuk menampilkan dan mengelola data yang telah diterima. Oleh karena itu, perangkat penerima LoRa perlu terhubung ke internet agar dapat meneruskan data menuju Blynk.Cloud. Pada sistem LoRa point-to-point, perangkat penerima dapat bertindak sebagai gateway dan mengirimkan data ke Blynk menggunakan koneksi Wi-Fi melalui protokol HTTPS atau MQTT. Pada sistem berbasis LoRaWAN, Blynk juga dapat diintegrasikan dengan The Things Stack untuk menerima data uplink dari perangkat LoRaWAN.[13]

Secara umum, alur pengiriman data pada sistem pemantauan kualitas air dapat dijelaskan sebagai berikut:

Sensor kualitas air → mikrokontroler pemancar → modul LoRa pemancar → modul LoRa penerima → mikrokontroler gateway → internet → Blynk.Cloud → dashboard web atau aplikasi Blynk.

Setelah data diterima oleh perangkat gateway, setiap nilai sensor dikirimkan ke Blynk melalui saluran data yang disebut *Datastream*. Datastream merupakan saluran yang digunakan untuk mengatur aliran data antara perangkat dan *Blynk.Cloud*. Setiap parameter kualitas air dapat ditempatkan pada virtual pin yang berbeda. Sebagai contoh, nilai pH dapat ditempatkan pada Virtual Pin V0,

suhu air pada V1, dan tingkat kekeruhan pada V2. Nilai tersebut kemudian dihubungkan dengan widget yang terdapat pada dashboard Blynk.

Konfigurasi perangkat pada Blynk dilakukan melalui *Device Template*. Device Template merupakan kumpulan pengaturan yang digunakan oleh perangkat dengan jenis dan fungsi yang sama. Di dalam Device Template terdapat pengaturan informasi perangkat, datastream, event, serta dashboard web dan aplikasi seluler. Template tersebut juga memiliki Template ID yang digunakan untuk mengenali jenis perangkat yang terhubung ke Blynk.Cloud.

Data kualitas air yang telah dikirim ke Blynk dapat ditampilkan menggunakan beberapa jenis widget, antara lain:

1. Value Display, untuk menampilkan nilai terakhir dari masing-masing sensor.
2. Gauge, untuk menampilkan nilai sensor dalam bentuk indikator berbentuk meter.
3. Chart, untuk menampilkan perubahan data kualitas air berdasarkan waktu.
4. Label, untuk menampilkan kondisi atau status kualitas air.
5. Notification, untuk memberikan pemberitahuan apabila nilai sensor melewati batas yang telah ditentukan.

Dashboard pada Blynk.Console dan *dashboard* pada aplikasi seluler dikonfigurasi secara terpisah. Meskipun demikian, kedua dashboard dapat menggunakan datastream yang sama sehingga nilai sensor yang ditampilkan berasal dari sumber data perangkat yang sama. Dashboard tersebut

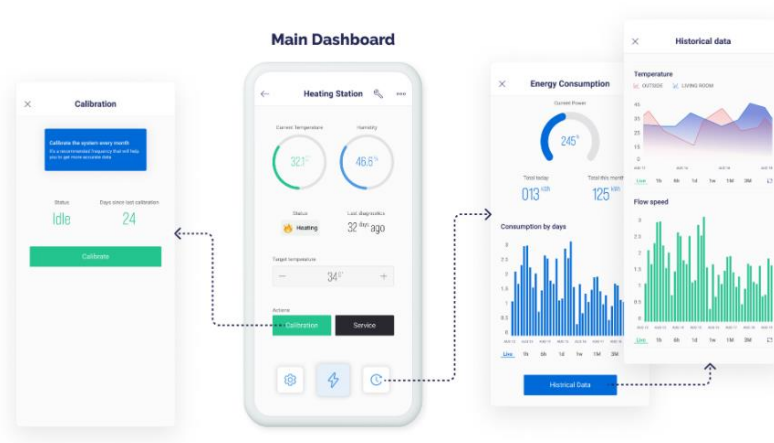
memungkinkan petugas Dinas Perikanan Labuhanbatu melihat kondisi kualitas air melalui komputer maupun telepon pintar.[14]

Blynk juga menyediakan fitur *Event* dan *Notification*. Fitur ini dapat digunakan untuk memberikan peringatan ketika kualitas air berada di luar batas yang telah ditentukan. Sebagai contoh, sistem dapat membuat event ketika nilai pH terlalu rendah atau terlalu tinggi, suhu air melebihi batas, atau tingkat kekeruhan meningkat. Ketika kondisi tersebut terjadi, Blynk.Cloud dapat mencatat kejadian dan mengirimkan notifikasi kepada pengguna melalui aplikasi, email, atau metode pemberitahuan lain yang tersedia pada akun Blynk.

Penggunaan Blynk dalam sistem pemantauan kualitas air memberikan beberapa manfaat. Pertama, data kualitas air dapat dipantau dari jarak jauh tanpa harus selalu mendatangi lokasi pengukuran. Kedua, data dapat ditampilkan dalam bentuk grafik sehingga perubahan kondisi air lebih mudah dianalisis. Ketiga, petugas dapat memperoleh peringatan lebih cepat ketika parameter kualitas air berada di luar batas yang ditentukan. Keempat, sistem dapat membantu proses pencatatan dan pengawasan kondisi perairan secara lebih efektif.

Meskipun demikian, pengiriman data ke Blynk tetap bergantung pada ketersediaan koneksi internet pada perangkat gateway. Apabila komunikasi LoRa antara perangkat pemancar dan penerima mengalami gangguan atau gateway tidak memiliki koneksi internet, data tidak dapat langsung diteruskan ke Blynk.Cloud. Oleh karena itu, keandalan sistem dipengaruhi oleh kualitas komunikasi LoRa, jarak antara pemancar dan penerima, kondisi lingkungan, kualitas sinyal internet, serta interval pengiriman data yang digunakan.

Berdasarkan penjelasan tersebut, Blynk pada penelitian ini berperan sebagai platform pemantauan berbasis IoT yang menerima, menyimpan, dan menampilkan data kualitas air yang dikirim melalui gateway. Kombinasi teknologi LoRa dan Blynk memungkinkan pemantauan kualitas air dilakukan dalam jangkauan yang lebih luas serta dapat diakses secara jarak jauh. Sistem tersebut diharapkan dapat membantu Dinas Perikanan Labuhanbatu dalam memperoleh informasi kondisi kualitas air secara lebih cepat, terstruktur, dan mudah dipahami.[15]



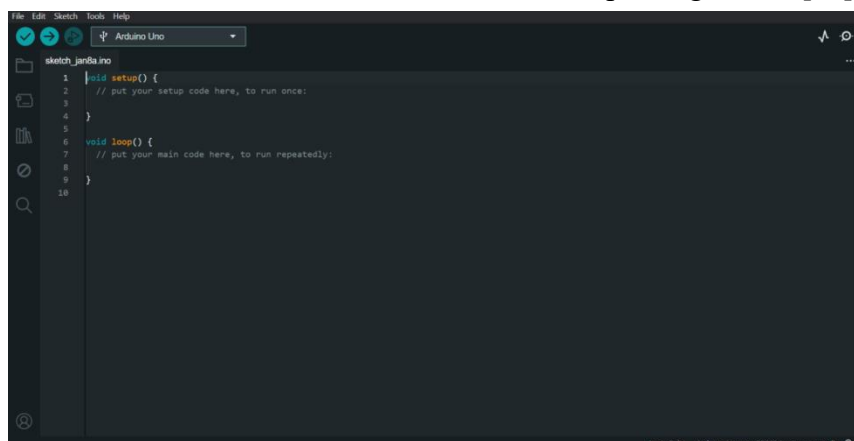
Gambar 2.2 Platform Blynk

2.6 Software Arduino IDE

Arduino IDE (*Integrated Development Environment*) adalah perangkat lunak sumber terbuka yang dirancang khusus untuk memprogram papan *mikrokontroler* Arduino dan berbagai perangkat berbasis *mikrokontroler* lainnya, seperti ESP8266, ESP32, dan papan lainnya yang mendukung Arduino. Arduino IDE memungkinkan pengguna untuk menulis, mengedit, dan mengunggah kode program ke perangkat keras dengan cara yang sederhana dan mudah dipahami.

Salah satu alasan mengapa Arduino IDE begitu populer adalah antarmuka yang ramah pengguna, sehingga dapat digunakan oleh pemula sekalipun tanpa perlu pengalaman mendalam dalam pemrograman. Platform ini menggunakan bahasa pemrograman berbasis C/C++, yang memberi pengembang fleksibilitas dalam menulis kode untuk berbagai aplikasi dan proyek. [16]

Arduino IDE hadir dengan berbagai fitur yang memudahkan pengguna dalam menulis dan mengelola kode program. Fitur utama yang disediakan adalah editor kode yang mendukung penyorotan sintaksis (*syntax highlighting*) untuk memudahkan pembacaan kode, pelengkapan otomatis (*auto-completion*), serta pengecekan kesalahan kompilasi yang membantu pengguna untuk menemukan dan memperbaiki kesalahan pada kode sebelum diunggah ke perangkat. Arduino IDE juga menyediakan alat untuk memprogram perangkat dengan mudah, melalui tombol "*Upload*" yang langsung mengunggah program ke papan *mikrokontroler* melalui kabel USB atau koneksi nirkabel. Dengan antarmuka yang minimalis, pengguna tidak akan merasa kesulitan untuk memulai pemrograman. [17]



Gambar 2.3 Software Arduino IDE

Salah satu kekuatan utama Arduino IDE adalah pustaka (*library*) yang luas dan terus berkembang, yang memungkinkan pengguna untuk menambahkan

fungsi tambahan ke dalam proyek mereka. Pustaka ini mencakup berbagai jenis modul perangkat keras seperti sensor suhu, sensor gerak, motor, layar LCD, serta modul komunikasi seperti Wi-Fi dan *Bluetooth*. Dengan menggunakan pustaka ini, pengguna tidak perlu menulis kode dari awal untuk menangani perangkat keras tertentu, sehingga menghemat waktu dan mempermudah proses pengembangan. Selain itu, Arduino IDE juga menyediakan berbagai contoh program (*sketches*) yang dapat digunakan sebagai referensi atau titik awal dalam membuat aplikasi yang lebih kompleks. [18]

Arduino IDE juga mendukung berbagai perangkat keras lain yang kompatibel dengan Arduino, seperti ESP8266, ESP32, dan papan mikrokontroler lainnya. Untuk menggunakan perangkat keras selain Arduino, pengguna cukup menginstal pustaka dan board manager yang sesuai. Misalnya, untuk memprogram ESP32, pengguna dapat mengunduh board manager khusus yang memungkinkan IDE untuk mengenali dan mengunggah kode ke papan ESP32. Hal ini memungkinkan pengembang untuk memanfaatkan potensi penuh dari berbagai *mikrokontroler*, seperti kemampuan Wi-Fi dan Bluetooth pada ESP32, atau komunikasi jarak jauh dengan ESP8266. Arduino IDE menjadi platform pilihan utama bagi banyak pengembang hobi dan profesional dalam membangun berbagai jenis proyek elektronik dan IoT, mulai dari robotika, alat pemantauan lingkungan, hingga perangkat otomasi rumah pintar. Kemudahan penggunaan, fleksibilitas, dan ekosistem yang luas menjadikan Arduino IDE alat yang sangat efisien untuk *prototyping* cepat dan pengembangan perangkat keras. Dengan terus

berkembangnya teknologi dan dukungan dari komunitas yang kuat, Arduino IDE tetap menjadi pilihan utama dalam dunia pengembangan elektronik. [19]

2.7 Bahasa Pemrograman

Bahasa pemrograman adalah sekumpulan aturan dan sintaksis yang digunakan untuk menulis instruksi yang dapat dipahami dan dijalankan oleh komputer atau perangkat keras lainnya. Dalam dunia pengembangan perangkat lunak dan perangkat keras, bahasa pemrograman menjadi alat utama yang memungkinkan manusia untuk berkomunikasi dengan mesin. Dengan menggunakan bahasa pemrograman, *programmer* dapat membuat aplikasi, sistem, dan perangkat yang dapat melaksanakan tugas tertentu secara otomatis. Bahasa pemrograman dapat berupa bahasa tingkat tinggi, yang lebih mudah dipahami manusia, atau bahasa tingkat rendah, yang lebih mendekati bahasa mesin. [20]

Bahasa pemrograman dibagi menjadi berbagai jenis, tergantung pada tujuan dan fungsinya. Beberapa contoh bahasa pemrograman tingkat tinggi yang sering digunakan antara lain *Python*, *Java*, *C++*, dan *JavaScript*. Bahasa-bahasa ini lebih mudah dipelajari karena sintaksisnya yang mirip dengan bahasa manusia dan dapat digunakan untuk berbagai jenis aplikasi, mulai dari aplikasi desktop, aplikasi web, hingga perangkat IoT. Selain itu, ada juga bahasa pemrograman yang lebih khusus, seperti bahasa pemrograman untuk mikrokontroler seperti *C/C++* yang digunakan pada *platform* Arduino, atau *Python* untuk pengembangan AI dan analisis data. Bahasa pemrograman dapat digunakan untuk berbagai tujuan, mulai dari pengembangan perangkat lunak, aplikasi mobile, hingga pengendalian perangkat keras seperti robot atau sistem IoT. Beberapa bahasa

pemrograman lebih cocok untuk aplikasi tertentu. Misalnya, Python sering digunakan untuk pengembangan aplikasi berbasis web dan analisis data, sedangkan C dan C++ banyak digunakan dalam pengembangan perangkat keras dan aplikasi yang membutuhkan pengolahan cepat. Selain itu, ada pula bahasa pemrograman yang lebih terfokus pada pengembangan sistem operasi atau aplikasi yang sangat efisien dalam pengelolaan sumber daya komputer, seperti *Assembly* dan *Rust*. [21]

Proses pemrograman melibatkan penulisan kode menggunakan bahasa pemrograman tertentu, yang kemudian diterjemahkan oleh *compiler* atau *interpreter* menjadi instruksi yang dapat dijalankan oleh komputer. Di setiap tingkat bahasa pemrograman, ada alat dan perangkat lunak yang membantu *programmer* menulis dan menguji kode mereka. Misalnya, *Integrated Development Environment* (IDE) seperti Arduino IDE atau *Visual Studio Code* menyediakan alat-alat yang mempermudah penulisan, *debugging*, dan pengujian kode. Meskipun ada banyak bahasa pemrograman yang tersedia, pilihan bahasa biasanya bergantung pada jenis aplikasi yang ingin dibuat, tingkat kesulitan, dan kebutuhan performa yang diinginkan. [22]

2.8 LCD 16x2

LCD 16x2 adalah jenis layar kristal cair (*Liquid Crystal Display*) yang sangat populer dalam dunia elektronik, terutama pada proyek-proyek berbasis mikrokontroler seperti Arduino, ESP32, atau ESP8266. LCD ini memiliki kemampuan untuk menampilkan informasi dalam bentuk teks dengan dua baris, masing-masing terdiri dari 16 karakter. Ukuran layar yang kompak dan

kemampuannya untuk menampilkan teks membuatnya ideal untuk aplikasi yang memerlukan antarmuka pengguna sederhana, seperti menampilkan status sistem, pembacaan sensor, atau pesan informasi lainnya. [23]

LCD 16x2 umumnya menggunakan modul HD44780 atau kompatibel dengan *controller* yang mendukung pengoperasian teks dalam format 16 kolom dan 2 baris. Modul ini menghubungkan ke mikrokontroler melalui beberapa pin kontrol, termasuk pin untuk pengiriman data (*data pins*), serta pin untuk mengontrol pembacaan dan penulisan data (*control pins*). Salah satu keunggulan dari LCD 16x2 adalah kemampuannya untuk dikendalikan menggunakan sedikit pin, dengan banyak mikrokontroler yang menawarkan mode pengoperasian 4-bit atau 8-bit untuk komunikasi data. [24]



Gambar 2.4 LCD 16x2

Untuk mengontrol LCD 16x2, kita sering kali menggunakan pustaka (*library*) yang sudah disediakan oleh berbagai platform pengembangan seperti Arduino. Pustaka ini memungkinkan pengguna untuk menampilkan teks, menggulirkan pesan, atau mengubah posisi kursor di layar dengan mudah. LCD 16x2 juga memiliki kemampuan untuk menampilkan karakter khusus atau simbol yang dapat

diprogram untuk menggantikan karakter standar. Fitur ini memungkinkan pengguna untuk menampilkan berbagai informasi atau indikator visual tambahan, seperti ikon atau grafik sederhana, yang sangat berguna dalam aplikasi seperti sistem monitoring atau kontrol. Dalam penggunaannya, LCD 16x2 dapat dikoneksikan dengan berbagai jenis mikrokontroler melalui koneksi paralel menggunakan beberapa pin GPIO. Pin yang biasa digunakan meliputi pin VCC dan GND untuk daya, serta pin RS (*Register Select*), E (*Enable*), dan data pins (D4-D7) yang digunakan untuk komunikasi antara *mikrokontroler* dan *LCD*. Dengan menggunakan *resistor* atau *potensiometer*, kecerahan layar dapat disesuaikan sesuai kebutuhan pengguna. LCD 16x2 sering digunakan dalam berbagai aplikasi praktis, mulai dari sistem pemantauan suhu dan kelembapan hingga antarmuka perangkat IoT yang menampilkan status operasi perangkat. [25]

2.9 Relay

Relay adalah sebuah komponen elektromekanis atau elektronik yang berfungsi sebagai saklar otomatis yang dikendalikan oleh sinyal listrik. Relay digunakan untuk mengontrol perangkat atau rangkaian listrik lain dengan arus yang lebih besar atau berbeda, tanpa perlu koneksi langsung antara pengendali dan perangkat yang dikontrol. Komponen ini sangat penting dalam aplikasi elektronik maupun kelistrikan karena memberikan isolasi antara rangkaian pengendali dan rangkaian yang dikontrol. *Relay* juga komponen yang berfungsi sebagai saklar listrik otomatis yang dikendalikan oleh sinyal listrik. Prinsip kerja *relay* melibatkan penggunaan elektromagnet untuk mengaktifkan atau menonaktifkan kontak saklar, sehingga memungkinkan pengendalian perangkat listrik dengan tegangan

atau arus yang berbeda dari sumber pengendali. *Relay* sering digunakan untuk mengontrol perangkat yang memerlukan daya besar, seperti motor listrik, lampu, atau alat rumah tangga, dengan menggunakan sinyal kecil dari rangkaian kontrol. [26]

Pada dasarnya, *relay* bekerja dengan menggunakan elektromagnet untuk membuka atau menutup kontak saklar. Ketika arus listrik mengalir melalui kumparan elektromagnet pada *relay*, medan magnet yang dihasilkan akan menarik kontak saklar, sehingga menghubungkan atau memutus rangkaian. *Relay* tersedia dalam berbagai jenis dan ukuran, mulai dari *relay* elektromekanis konvensional hingga *relay solid-state* (SSR) yang lebih modern. Ketika arus listrik mengalir melalui kumparan, medan magnet yang dihasilkan menarik atau melepaskan kontak saklar, sehingga menghubungkan atau memutus rangkaian listrik. *Relay* tersedia dalam berbagai jenis, seperti *relay* elektromekanis, yang mengandalkan komponen mekanis untuk bekerja, dan *relay solid-state* (SSR), yang menggunakan komponen semikonduktor untuk saklar tanpa bagian bergerak. [27]

Relay sering digunakan dalam berbagai aplikasi, seperti sistem otomasi, proteksi sirkuit listrik, kontrol motor, dan perangkat elektronik berbasis mikrokontroler. Contohnya, dalam proyek berbasis Arduino atau ESP, *relay* digunakan untuk mengontrol perangkat bertegangan tinggi, seperti lampu, kipas, atau pompa air, dengan menggunakan sinyal rendah dari mikrokontroler. Dengan *relay*, perangkat yang memerlukan daya besar dapat dikontrol secara aman dan efisien. *Relay* memainkan peran penting dalam berbagai aplikasi, mulai dari industri, otomasi, hingga proyek berbasis mikrokontroler seperti Arduino atau

ESP. Dalam proyek IoT, *relay* sering digunakan untuk mengontrol perangkat listrik bertegangan tinggi, seperti pompa air, pemanas, atau kipas, dengan sinyal rendah yang dihasilkan oleh mikrokontroler. Hal ini memberikan isolasi antara rangkaian kontrol dan perangkat yang dikendalikan, sehingga meningkatkan keamanan sistem. [28]

Selain itu, *relay* memiliki beberapa keunggulan, seperti kemampuan untuk mengontrol perangkat dengan tegangan dan arus yang berbeda dari sumber pengendali, serta menyediakan isolasi listrik antara rangkaian pengendali dan beban. Namun, kelemahan *relay* elektromekanis adalah umur pakaiannya yang terbatas karena menggunakan komponen mekanis yang bisa aus. Oleh karena itu, untuk aplikasi yang membutuhkan kecepatan tinggi dan daya tahan lebih lama, *relay solid-state* sering menjadi pilihan. [29]



Gambar 2.5 Relay

Namun, *relay* elektromekanis memiliki keterbatasan dalam hal umur pakai karena komponen mekanisnya dapat aus seiring waktu. Sebagai alternatif, *relay solid-state* menawarkan keunggulan berupa respons yang lebih cepat, daya tahan lebih lama, dan tidak adanya komponen mekanis yang bergerak, sehingga lebih

cocok untuk aplikasi yang memerlukan keandalan tinggi dan kecepatan *switching* yang cepat. [30]

Relay juga digunakan dalam sistem proteksi listrik untuk mencegah kerusakan pada peralatan akibat lonjakan arus atau tegangan. Misalnya, *relay* dapat bekerja bersama dengan *circuit breaker* untuk memutuskan aliran listrik jika terdeteksi kondisi abnormal. Dengan berbagai manfaatnya, *relay* menjadi komponen esensial dalam sistem kontrol listrik modern dan terus digunakan dalam berbagai inovasi. [31]

2.10 Sensor pH

Step-down adalah Sensor pH merupakan perangkat yang digunakan untuk mengukur tingkat keasaman atau kebasaan suatu larutan. Nilai pH sangat penting dalam budidaya perikanan karena memengaruhi kesehatan ikan, aktivitas mikroorganisme, dan stabilitas lingkungan perairan. Sensor pH umumnya bekerja berdasarkan prinsip elektrokimia, di mana elektroda menghasilkan tegangan listrik yang sebanding dengan konsentrasi ion hidrogen (H^+) dalam air. Sensor pH terdiri dari dua elemen utama, yaitu elektroda kaca dan elektroda referensi. Elektroda kaca sensitif terhadap ion hidrogen dan akan menghasilkan perubahan potensial listrik ketika bersentuhan dengan air. Potensial ini kemudian dibandingkan dengan elektroda referensi yang memiliki nilai tetap, sehingga menghasilkan tegangan output yang dapat dikonversi menjadi nilai pH melalui rumus atau perangkat mikrokontroler.



Gambar 2.6 Sensor pH

Pada aplikasi IoT, sensor pH sering disertai modul penguat (*signal conditioning board*) untuk menstabilkan sinyal dan memberikan *output analog* yang dapat dibaca oleh mikrokontroler seperti ESP32. Nilai pH ideal untuk budidaya ikan berada pada kisaran 6,5–8,5, sehingga pemantauan real-time menjadi penting untuk mencegah stres atau kematian ikan akibat perubahan pH secara tiba-tiba. Dengan integrasi komunikasi LoRa, data pH dapat dikirim secara jarak jauh dan diakses melalui *dashboard monitoring*, memudahkan Dinas Perikanan dalam memantau kondisi kolam secara berkelanjutan.[46]

2.11 Sensor Suhu DS18B20

Sensor DS18B20 adalah sensor suhu digital yang banyak digunakan dalam sistem *monitoring* karena memiliki akurasi tinggi, *interface* sederhana, dan kemampuan komunikasi digital berbasis *One-Wire Protocol*. Sensor ini mampu mengukur suhu dalam rentang -55°C hingga $+125^{\circ}\text{C}$ dengan tingkat akurasi sekitar $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$ pada suhu kerja normal.

Keunggulan utama DS18B20 adalah setiap sensornya memiliki kode ID unik 64-bit, sehingga memungkinkan penggunaan beberapa sensor pada satu jalur data tanpa konflik. Hal ini sangat bermanfaat pada aplikasi monitoring kualitas air

yang membutuhkan banyak titik pengukuran. DS18B20 bersifat *waterproof* (pada versi *probe*), sehingga aman untuk digunakan langsung pada perairan kolam atau tambak. Sensor ini memberikan output digital sehingga tidak memerlukan ADC (*Analog-to-Digital Converter*), membuatnya lebih stabil terhadap noise listrik dibandingkan sensor analog



Gambar 2.7 Sensor Suhu DS18B20

Dalam budidaya perikanan, suhu adalah parameter penting yang memengaruhi metabolisme ikan, kadar oksigen terlarut, dan pertumbuhan plankton. Dengan mengintegrasikan DS18B20 ke sistem IoT berbasis LoRa, pembudidaya dan pihak Dinas Perikanan dapat memantau suhu air secara *real-time* dan melakukan tindakan koreksi seperti aerasi atau penggantian air bila terjadi anomali suhu.

2.12 LoRa

LoRa (*Long Range*) merupakan teknologi komunikasi nirkabel berdaya rendah yang dirancang untuk kebutuhan *Internet of Things* (IoT) yang memerlukan jangkauan komunikasi jauh, konsumsi daya rendah, dan penggunaan *bandwidth* yang efisien. LoRa bekerja pada frekuensi sub-GHz seperti 433 MHz, 868 MHz, atau 915 MHz tergantung wilayah, dengan kemampuan jangkauan hingga 5–15 km pada kondisi terbuka. Hal ini

menjadikan LoRa sangat cocok digunakan di wilayah perikanan yang memiliki area luas dan sering tidak terjangkau jaringan seluler.

Teknologi LoRa menggunakan modulasi *Chirp Spread Spectrum* (CSS), yaitu metode modulasi yang menyebarkan sinyal digital dalam bentuk *chirp* berupa gelombang yang meningkat atau menurun frekuensinya secara bertahap. Modulasi CSS memberikan ketahanan tinggi terhadap interferensi dan *noise*, sehingga LoRa tetap stabil digunakan di lingkungan perairan maupun area pedesaan yang minim infrastruktur telekomunikasi. Salah satu keunggulan utama LoRa adalah konsumsi dayanya yang sangat rendah. Perangkat LoRa mampu beroperasi dengan baterai selama berbulan-bulan bahkan bertahun-tahun, tergantung interval pengiriman data. Hal ini memungkinkan sensor kualitas air dipasang pada lokasi tambak terpencil tanpa memerlukan sumber listrik utama. LoRa juga mendukung *adaptive data rate* (ADR), di mana sistem dapat menyesuaikan kecepatan data dan kekuatan sinyal secara otomatis untuk mengoptimalkan jangkauan dan efisiensi energi.

Ekosistem LoRa terdiri dari dua konsep utama, yaitu LoRa (*layer fisik/modulation*) dan LoRaWAN (protokol jaringan). Pada penelitian ini digunakan LoRa point-to-point atau LoRa peer-to-peer (P2P), di mana modul LoRa pada node sensor mengirimkan data langsung ke LoRa *gateway* yang berada di kantor atau pos monitoring Dinas Perikanan Labuhanbatu. Skema ini lebih sederhana dibanding LoRaWAN dan cocok untuk area monitoring yang tidak terlalu luas namun tidak memiliki akses GSM.

Dalam implementasi pemantauan kualitas air, LoRa berperan sebagai media transmisi data yang menghubungkan sensor pH, suhu, DO, dan kekeruhan dengan sistem server atau *dashboard monitoring*. Data dikirim secara berkala menggunakan paket kecil yang efisien, sehingga sistem dapat memantau kondisi air secara real-time dengan stabil.



Gambar 2.8 LoRa

2.13 Objek Pemantauan

1. Ikan Nila (*Oreochromis niloticus*)

Ikan nila (*Oreochromis niloticus*) merupakan salah satu komoditas budidaya air tawar yang banyak dikembangkan di Indonesia karena memiliki pertumbuhan yang cepat, mudah dibudidayakan, serta memiliki nilai ekonomi yang tinggi. Ikan ini mampu beradaptasi dengan berbagai kondisi lingkungan, namun tetap membutuhkan kualitas air yang baik agar pertumbuhan, kesehatan, dan tingkat kelangsungan hidupnya tetap optimal.

Dalam penelitian ini, pemantauan kualitas air dilakukan secara real-time menggunakan teknologi Internet of Things (IoT) berbasis LoRa untuk mengukur beberapa parameter penting seperti pH, suhu, Total Dissolved Solids (TDS), dan Dissolved Oxygen (DO). Apabila parameter tersebut berada di luar kisaran ideal,

pertumbuhan ikan nila dapat terganggu, nafsu makan menurun, hingga meningkatkan risiko penyakit.

2. Ikan Mas (*Cyprinus carpio*)

Ikan mas (*Cyprinus carpio*) merupakan salah satu ikan air tawar yang banyak dibudidayakan di Indonesia karena memiliki permintaan pasar yang tinggi dan pertumbuhan yang relatif cepat. Meskipun ikan mas termasuk ikan yang cukup tahan terhadap perubahan lingkungan, kualitas air tetap menjadi faktor utama yang memengaruhi kesehatan, pertumbuhan, dan produktivitas budidaya.

Parameter kualitas air seperti suhu, pH, DO, dan TDS harus dipantau secara berkala agar kondisi kolam tetap berada dalam batas optimal. Dengan memanfaatkan sistem IoT berbasis LoRa, petugas Dinas Perikanan maupun pembudidaya dapat memantau kondisi air dari jarak jauh sehingga tindakan dapat dilakukan lebih cepat apabila terjadi penurunan kualitas air.[47]

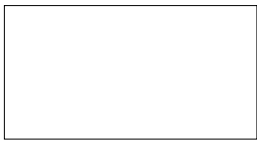
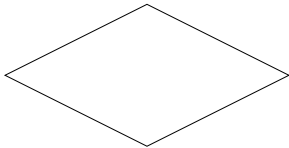
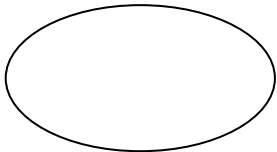
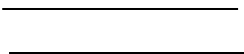
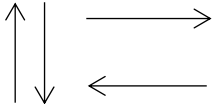
2.14 Flowchat

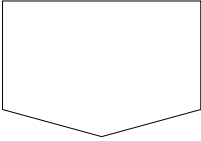
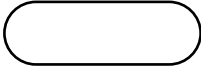
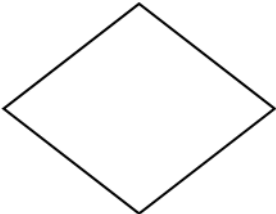
Flowchart adalah suatu bagan dengan simbol simbol tertentu yang menggambarkan urutan proses secara mendetail dan hubungan antara suatu proses (instruksi) dengan proses lainnya dalam suatu program. [41] *Flowchart* adalah bagan-bagan yang mempunyai arus yang menggambarkan langkah-langkah penyelesaian suatu masalah serta ada dua macam *flowchart* yang menggambarkan proses dengan computer yaitu :

a. *System Flowchart* Bagan yang memperlihatkan urutan proses dalam sistem dengan menunjukkan alat media *input*, *output* serta jenis media penyimpanan dalam proses pengolahan data.

b. Program *Flowchart* Bagan yang memperlihatkan urutan instruksi yang digambarkan dengan simbol tertentu untuk memecahkan masalah dalam suatu program. [42]

Table 2.1 Simbol-Simbol *Flowchart*

No	Simbol	Deskripsi
1.	Entitas 	Suatu kumpulan objek atau sesuatu yang dapat dibedakan atau dapat didefinisikan secara unik
2.	Relationship 	Hubungan yang terjadi antara satu entitas atau lebih
3.	Atribut 	Karakteristik dari entitas atau <i>Relationship</i> yang menyediakan penjelasan detail entitas atau <i>relation</i>
4.	Link 	Baris sebagai penghubung antara himpunan, relasi dan himpunan entitas dari atributnya
5.	Flow Line 	Garis yang menghubungkan antar simbol-simbol lainnya pada <i>flowchart</i> dan menunjukkan arah alir <i>flowchart</i> tertentu

6.	Off Page Connector 	Simbol untuk menyatakan sambungan dari suatu proses ke proses lainnya dalam halaman/lembar yang berbeda
7.	Terminal 	Menandakan awal atau akhir dan suatu <i>flowchart</i>
8.	Input-Output 	Simbol untuk meyakini proses input dan output tanpa tergantung dengan jenis peralatannya
9.	Process 	Simbol untuk proses perhitungan atau proses pengolahan data
10.	Predefined Process (Sub Program) 	Permulaan sub program atau proses menjalankan sub program
11.	Decision 	Perbandingan pernyataan, penyelesaian data yang memberikan pilihan untuk langkah selanjutnya

12.	Disk Magnetik 	Data disimpan secara permanen di dalam disk magnetik, digunakan sebagai master file dan database
-----	--	--