

BAB II

DASAR TEORI

2.1 KAJIAN PUSTAKA

Pada penelitian Megawati et al., 2020 membahas mengenai desain sistem pemantauan untuk pH dan suhu dalam akuaponik berbasis *Internet of Things* (IoT). Sistem ini menggunakan sensor dan mikrokontroler untuk memantau dan mengontrol kondisi air, dan data ditransmisikan ke aplikasi *smartphone* melalui *WiFi*. Dalam pembuatan sistem tersebut terdapat beberapa bagian yang memungkinkan untuk dikembangkan diantaranya pada aplikasi monitoring untuk memungkinkan dapat terintegrasi dengan sistem lainnya, seperti sistem irigasi atau sistem pemberian pakan otomatis. Melakukan uji coba lebih lanjut dalam skala yang lebih besar lagi untuk memastikan sistem dalam lingkungan akuaponik dapat berjalan lebih handal. Memperluas fungsi sistem sebagai monitoring dan kontrol jarak jauh melalui aplikasi mobile. Menambahkan fitur notifikasi otomatis secara *real time* untuk memberitahukan pengguna terkait kondisi air dan lainnya. Melakukan penelitian yang lebih lanjut tentang efisiensi energi dan biaya operasional sistem dalam jangka panjang[4].

Pada penelitian Rahmat, 2021, menjelaskan tentang implementasi sistem otomatisasi pada sistem tanaman akuaponik, dengan memantau pH, kepadatan nutrisi (TDS), dan suhu air dari nutrisi penting pada kolam ikan, dimana sisa makanan dan kotoran ikan digunakan sebagai pengganti nutrisi yang diberikan kepada tanaman. Penelitian ini menggunakan Arduino Uno dan NodeMCU ESP8266, mikrokontroler tersebut terhubung ke internet mengirimkan data yang dihasilkan oleh sensor ke aplikasi Android Blynk untuk mengontrol pemeliharaan tanaman dan ikan. Selain itu, data sensor ditampilkan melalui LCD 20x4 yang menunjukkan status kolam berupa pH, TDS, suhu air, dan waktu. Sensor yang digunakan antara lain sensor pH meter, sensor TDS, sensor suhu DS18B20, dan sensor ultrasonik. Aktuator yang saat ini digunakan antara lain servo, strip lampu LED, pompa air, dan keran solenoid. Penelitian ini tidak menjelaskan mengenai metode pemrograman yang digunakan. Namun, dalam penelitian ini penulis memberikan saran dalam perancangannya untuk menyediakan catu daya yang terpisah, penggunaan *load cell* agar hasil lebih akurat serta penggunaan *fuel sensor* pada sensor ultrasonik sebagai pendeteksi ketinggian air pada kolam[5].

Pada penelitian Adya et al., 2019 penelitian tersebut membahas mengenai implementasi konsep pemrograman berorientasi objek pada aplikasi sistem parkir menggunakan bahasa pemrograman Java. Penelitian ini menggunakan metode deskripsi untuk pengumpulan data dan metode pengembangan sistem *waterfall*. Hasilnya adalah aplikasi parkir yang dapat memudahkan pengguna parkir dan meningkatkan efisiensi kinerja petugas parkir. Metode pengujian menggunakan skala yang menunjukkan bahwa aplikasi ini dapat berjalan dengan baik. Implementasi konsep OOP pada aplikasi manajemen parkir berbasis Java dapat memberikan kenyamanan bagi pengguna parkir dan membuat petugas parkir lebih efisien. Perlu diperhatikan dalam penerapan OOP dalam penelitian ini adalah memperhatikan prinsip-prinsip OOP seperti *encapsulation*, *inheritance*, dan *polymorphism* untuk memastikan bahwa struktur program parkir yang dibangun dapat memanfaatkan kelebihan dari konsep OOP tersebut. Selain itu, juga penting untuk memastikan bahwa setiap kelas dan objek yang dibuat memiliki tanggung jawab yang jelas sesuai dengan prinsip *single responsibility*[6].

Pada penelitian Bapuso et al., 2019 penelitian ini membahas sistem Arduino dengan menggunakan sensor warna untuk mendeteksi warna objek dan memungkinkan hanya objek dengan warna yang diinginkan untuk melewati *belt conveyor*, sementara objek dengan warna yang tidak diinginkan akan ditolak. OOP dalam penelitian ini memungkinkan pengembangan sistem pemilah objek berwarna menggunakan Arduino Uno. OOP menyediakan metode seperti enkapsulasi data, identitas objek, dan *polimorfisme*. Dalam OOP, kelas didefinisikan terlebih dahulu, kemudian fungsi-fungsi khusus yang disebut konstruktor digunakan untuk membuat *instance* dari kelas-kelas tersebut. Hal ini memungkinkan pengembangan sistem yang lebih terstruktur dan mudah diimplementasikan. Penelitian ini dijalankan dengan menggunakan sistem operasi berbasis Linux yang disebut raspberry pi, dihubungkan dengan kamera USB dan sensor warna untuk mengidentifikasi warna objek dan kamera sebagai penangkap objek benda dan menyimpannya. Gambar yang disimpan akan diproses untuk menghitung bentuk benda dengan menggunakan aplikasi pemrograman C[7].

Tabel 2.1 Perbandingan Referensi Jurnal

Penulis	Komponen yang digunakan	Hasil dan analisis
Dini Megawati, Kholidiyah Masykuroh, dan Danny Kurnianto, 2020[4]	Sensor pH, Sensor Suhu, Servo, Arduino Uno Modul Wemos d1 Mini dan Android	Terdapat 2 sensor yang digunakan yaitu sensor pH dan sensor suhu. Penelitian ini membandingkan hasil pengujian sistem yang telah dirancang dengan alat ukur konvensional serta menganalisa hasil pengujian QoSnya.
Amirul Rahmat Saifudin, 2021[5]	Sensor Ultrasonik (HC-SR04) , DS18B20, pH, dan TDS, Servo, Arduino Uno dan ESP8266	Penelitian ini menghasilkan data meliputi pH air, TDS (<i>Total Dissolved Solid</i>), suhu, waktu pengurasan air pada kolam, pengisian kolam, serta pemberian pakan otomatis pada ikan dengan menerapkan kemudian ditampilkan pada aplikasi Blynk. Penelitian ini memberikan saran untuk menggunakan catu daya serta koneksi tersendiri pada alat, <i>local cell</i> pada sensor dan <i>fuel sensor</i> .
Nadifa Adya Ilham, Naziro, 2019[6]	Sistem aplikasi parkir otomatis, bahasa pemrograman Java dengan menggunakan NetBeans 8.2	Berdasarkan hasil uji coba pengguna, hasil kepuasan pengguna berdasarkan aspek penilaian operasional sistem dan <i>user interface</i> aplikasi sebesar 99% yang berarti sangat baik. Sehingga dapat disimpulkan bahwa aplikasi manajemen parkir berbasis java ini layak untuk digunakan. Program sistem parkir ini, dapat diterapkan pada masyarakat khususnya tempat penitipan kendaraan di kotakota Indonesia. Adanya sistem parkir dengan konsep OOP dapat memberikan kenyamanan bagi pengguna parkir dan membuat kinerja petugas parkir lebih efisien.
Pratik Bapuso Patil, S.S.Patil, M.L.Harugade, 2019[7]	Arduino Uno, Conveyer belt, Power supply, TCS230 colour sensor, DC motor, Servo motor, C Programming	Penelitian ini membahas mengenai pengembangan sistem pemilah objek berdasarkan warna menggunakan Arduino Uno. Sistem ini menggunakan sensor warna untuk mendeteksi warna objek dan memungkinkan hanya objek dengan warna yang diinginkan untuk melewati belt conveyor, sementara objek dengan warna yang tidak diinginkan akan ditolak. OOP dalam penelitian ini memungkinkan pengembangan sistem pemilah objek berwarna menggunakan Arduino UNO. OOP menyediakan metode seperti enkapsulasi data, identitas objek, dan polimorfisme. Dalam OOP, kelas didefinisikan terlebih dahulu, kemudian fungsi-fungsi khusus yang disebut konstruktor digunakan untuk membuat <i>instance</i> dari kelas-kelas tersebut. Hal ini memungkinkan pengembangan sistem yang lebih terstruktur dan mudah diimplementasikan

2.2 DASAR TEORI

2.2.1 Akuaponik

Akuaponik adalah gabungan antara budidaya hewan akuakultur (misalnya ikan) dengan produksi tanaman (misalnya sayuran) dengan tujuan untuk menghemat sumber daya. Akuaponik merupakan gabungan dari budidaya organisme air dan hidroponik atau penanaman tanaman tanpa menggunakan tanah. Dalam budidaya akuaponik air memiliki nutrisi dari akuakultur (organisme air) yang digunakan sebagai pupuk tanaman. Hanya saja memiliki perbedaan pada sumber nutrisi untuk tanamannya. Hidroponik menggunakan sumber nutrisi kimia, sedangkan aquaponik menggunakan kotoran dan amonia dari metabolisme hewan air sebagai sumber nutrisi. Tanaman dan hewan air pada akuaponik memiliki karakter masing-masing dalam penyesuaian kondisi air (lingkungan) serta nutrisi yang dibutuhkan sesuaikan dengan jenisnya[3]. Dalam perancangan akuaponik memiliki beberapa sistem yang dapat diterapkan diantaranya:

1. Sistem berbasis media tumbuh/ sistem pasang surut (*Flood & Drain, F&D*)

Sistem ini menggunakan media bedengan untuk mendukung akar tanaman dan untuk penyaringan. Desain ini paling banyak digunakan untuk akuaponik skala kecil karena efisien dalam pemanfaatan ruang dan biaya relatif rendah serta cocok untuk pemula.

2. Sistem nutrisi lapisan tipis (*Nutrient Film technique, NFT*)

NFT menggunakan pipa paralon yang diletakkan secara horizontal untuk menanam sayuran. Air dipompa dari biofilter ke setiap pipa hidroponik dengan aliran air kecil dan dangkal yang kaya nutrisi. Pipa berisi sejumlah lubang di bagian atas tempat tanaman ditempatkan untuk tumbuh. Akuaponik NFT menunjukkan potensi untuk desain akuaponik, meskipun menggunakan lebih sedikit air daripada dua metode lainnya, tapi biaya yang cukup mahal dan relatif rumit.

3. Sistem rakit/ budidaya air dalam (*Depth Water Culture, DWC*)

Tanaman ditanam pada lembaran styrofoam yang melayang di atas hamparan tumbuh, yang disuplai dengan udara. DWC adalah sistem yang paling umum untuk komersial besar yang menanam satu tanaman spesifik.

Dalam pemanfaatan sistem tanam akuaponik mungkin akan terdapat permasalahan. Berikut adalah permasalahan yang sering terjadi pada sistem akuaponik dan solusinya:

1. Masalah listrik/ pompa

- a. Pompa mati & tidak ada listrik

Ketika pompa mati dan tidak ada aliran listrik akan mengakibatkan DO (*Dissolved Oxygen*) pada air akan berkurang. Jika hal ini terjadi, ada beberapa hal yang bisa dilakukan, termasuk menggunakan sumber listrik cadangan., menambahkan air baru setiap 1-2 jam hingga daya listrik kembali sehingga dapat menambah kadar oksigen dan menyediakan wadah yang berisi air dan mengalir lambat ke tangkai ikan sehingga menciptakan gelembung-gelembung.

b. Listrik menyala namun pompa tidak berfungsi

Ketika listrik menyala namun pompa tidak berfungsi akan mengakibatkan DO (*Dissolved Oxygen*) pada air akan berkurang. Hal yang harus dilakukan adalah periksa dan kosongkan semua penampung filter atau pipa.

c. Pompa berfungsi namun tidak ada daya listrik

Ketika pompa berfungsi namun tidak ada listrik, maka hal yang akan terjadi adalah DO (*Dissolved Oxygen*) berkurang. Jika pasokan listrik tidak dapat diandalkan, sistem daya cadangan DC harus digunakan, menambahkan air baru setiap 1-2 jam hingga daya listrik kembali sehingga dapat menambah kadar oksigen dan menyediakan wadah yang berisi air dan mengalir lambat ke tangkai ikan sehingga menciptakan gelembung-gelembung.

d. Listrik menyala namun pompa tidak berfungsi optimal

Hal ini juga dapat mengakibatkan DO (*Dissolved Oxygen*) akan berkurang. Jika hal tersebut terjadi ada langkah yang harus dilakukan yaitu periksa dan kosongkan semua penghalang pada pipa dan ganti pompa segera.

e. Genangan air di bawah sistem atau airnya sangat rendah

Hal ini akan mengakibatkan air akan mengalir keluar, ikan dan tanaman akan stress sehingga ikan akan mati dan tanaman tidak tumbuh optimal. Apabila terjadi kebocoran segera perbaiki kebocoran tersebut dan gunakan pipa tegak agar ikan dan air dalam tangki tidak hilang serta lakukan isi ulang air secara berkala.

f. Air di sistem dan sisi-sisi tangkai ikan terlihat hijau

Air di sistem dan sisi-sisi tangkai ikan terlihat hijau karena ganggang melimpah (*blooming*) hal ini akan mengakibatkan DO akan berkurang. Solusi yang harus dilakukan adalah membuat tangkai tertutup.

2. Masalah kualitas air

a. Amonia atau nitrit lebih dari 1 mg perliter

Amonia yang meningkat dapat diakibatkan oleh bakteri tidak berfungsi, terlalu banyak ikan dan tidak sesuai dengan ukuran biofilter, serta akumulasi biomassa tidak hidup seperti pakan yang tidak dimakan, ikan mati dan limbah padat lainnya. Hal ini akan menyebabkan ikan akan stress. Solusi dari masalah ini adalah segera ganti $1/3 - 1/2$ air dengan air baru, bersihkan semua pakan yang tidak dimakan, ikan akan mati atau penumbukan limbah padat di dalam tangka, Berhentu memberikan pakan sampai level ammonia dan nitrit menurun, pastikan pH dan suhu optimal untuk bakteri. Jika nitrit tinggi tambahkan 1 gram garam setiap liter segera dinetralkan dari ancaman kualitas air beracun, setelah itu ganti seluruh air volume selama 2 minggu. Hitung ulang rasio komponen, ukuran biofilter dan rezim pemberian pakan.

b. Tingkat nitrat lebih dari 10 mg/L selama beberapa minggu

Hal tersebut diakibatkan karena rasio pemberian pakan yang tinggi sehingga akan menyebabkan tidak ada masalah langsung tetapi toksisitas dapat terjadi jika nitrat terus meningkat. Maka, solusi yang harus dilakukan adalah ganti air menggunakan air yang dibuang mengalir tanaman.

c. Kesadahan karbonat adalah 0 mg/L

Kesadahan merupakan suatu keadaan dengan kandungan kapur yang berlebihan dalam air. Kation-kation ini dapat bereaksi dengan sabun membentuk endapan maupun dengan anion-anion yang terdapat di dalam air membentuk endapan atau karat pada peralatan logam[8]. Masalah ini akan mengakibatkan pH air akan berubah dengan cepat, dampaknya akan menekan ikan dan tanaman. Solusi yang harus dilakukan adalah menambahkan kalsium karbonat (batu kapur atau karang) ke unit.

Parameter Kualitas Air

Kestabilan karakteristik air dalam sistem akuaponik dapat menjadi Batasan biologis untuk produksi yang berkelanjutan. Sehingga cara produksi untuk spesies yang dibudidayakan bersama (organisme air dan tumbuhan) yang mengganggu kapasitas

biologis ikan dapat disebabkan oleh kondisi air yang tidak stabil, yang mempengaruhi kondisi kesejahteraan melalui interaksi yang kompleks antara parameter kualitas air.

Peran akuaponik adalah menyeimbangkan ekosistem ikan, tanaman dan bakteri. Setiap organisme pada sistem akuaponik mempunyai kisaran toleransi spesifik untuk setiap parameter kualitas air. Kisaran toleransi relatif mirip untuk ketiga organisme, tetapi ada kebutuhan kompromi dan karenanya beberapa organisme tidak akan berfungsi pada taraf optimal. Parameter terpenting untuk ekuilibrium adalah pH dan suhu, direkomendasikan pH dan suhu kompromi berturut-turut pH 6-7 atau sedikit asam serta suhu 18-30°C. Bakteri tumbuh subur di semua kisaran ini dan penting untuk menentukan pasangan ikan serta tanaman yang cocok dengan syarat lingkungan. Tujuannya adalah menjaga ekosistem yang sehat dengan parameter kualitas air yang memenuhi persyaratan untuk dibudidayakan ikan, sayuran dan bakteri secara bersamaan. Di saat tertentu, kualitas air perlu dimanipulasi secara aktif untuk memenuhi kriteria parameter kualitas air kompromi serta menjaga sistem berfungsi dengan baik.

Tabel 2.2 Toleransi Kualitas Air untuk Ikan, Tanaman dan Bakteri[9]

Organisme	Suhu (°C)	pH	Amonia (mg/L)	Nitrit (mg/L)	Nitrat (mg/L)	DO (mg/L)
Ikan	22-32	6,0-8,5	< 3	< 1	< 400	4-6
Tanaman	16-30	5,5-7,5	< 30	< 1	-	> 3
Bakteri	14-34	6,0-8,5	<3	< 1	-	4-8

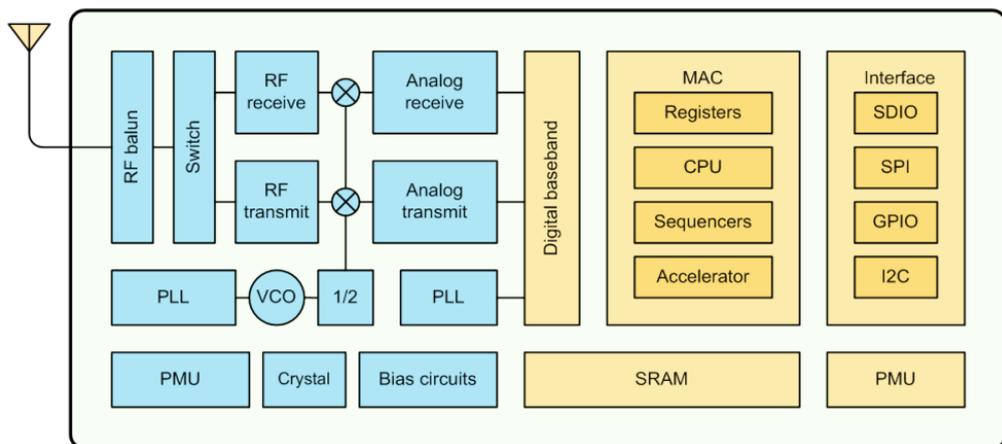
Tabel 2.3 Parameter Kualitas Air Kompromi antara Ketiga Organisme[9]

	Suhu (°C)	pH	Amonia (mg/L)	Nitrit (mg/L)	Nitrat (mg/L)	DO (mg/L)
Akuaponik	18-30	6-7	< 1	< 1	5-150	> 5

Air merupakan kehidupan bagi sistem akuaponik. Air menjadi media cair dimana seluruh makro serta mikro nutrient penting diangkut dari akuakultur ke komponen sistem hidroponik. Dengan demikian, air adalah salah satu media yang paling penting untuk dipahami dalam sistem akuaponik. Setiap kualitas air mempunyai dampak pada tiga organisme (ikan, tanaman dan bakteri), serta setiap organisme mempunyai kisaran parameter yang ideal untuk pertumbuhan yang lebih optimal. Parameter kualitas air lainnya juga diperlukan namun bisa diukur seminggu sekali atau bahkan sebulan sekali, termasuk fosfor dan nutrisi makro dan mikro lainnya, karbondioksida dan total padatan terlarut[9].

2.2.2 Modul Komunikasi ESP8266

Modul ESP8266 adalah modul *Smart on Chip* (SoC) *WiFi* yang memiliki bentuk berukuran kecil dan menggunakan sedikit rangkaian eksternal. Modul tersebut dapat melakukan komunikasi melalui *WiFi* dengan menggunakan protokol IPv4, TCP/IP, dan HTTP. Dengan prosesor yang digunakan adalah seri Tensilica L106 *diamond* dengan kecepatan 32-bit dan memiliki *on-chip* SRAM. Pada blok diagram ESP8266 terlihat di dalam modul tersebut memiliki *Wi-Fi* radio, CPU, *memory*, *flash*, dan *peripheral interface*. Oleh karena itu, modul ini memiliki kemampuan untuk digunakan secara sendiri (*standalone*) atau menjadi *access point* untuk mikrokontroler[11].



Gambar 2.1 Blok Diagram ESP8266[11]



Gambar 2.2 Modul ESP8266

Tabel 2.4 Spesifikasi Modul ESP8266

Keterangan	Spesifikasi Modul ESP8266
Model Modul	ESP-12F
Package	SMD22
Size	24*16*3(±0.2)mm
Certification	FCC, CE, IC, REACH, RoHS
SPI Flash	Default 32 Mbit
Interface	UART/GPIO/ADC/PWM
IO Port	9
UART Baud Rate	Support 300 ~ 4608000 bps, Default 115200 bps

Frequency Rate	2412 ~ 2484 MHz
Antenna	PCB Antenna
Transmit Power	802.11b: 16±2 dBm (@11Mbps) 802.11g: 14±2 dBm (@54Mbps) 802.11n: 13±2 dBm (@HT20, MCS7)
Receiving Sensitivity	CCK, 1 Mbps : -90dBm CCK, 11 Mbps: -85dBm 6 Mbps (1/2 BPSK): -88dBm 54 Mbps (3/4 64-QAM): -70dBm HT20, MCS7 (65 Mbps, 72.2 Mbps): -67dBm
Power	Continuous Transmission=>Average: ~71mA, Peak: 500mA Modem Sleep: ~20mA Light Sleep: ~2mA Deep Sleep: ~0.02mA
Security	WEP/WPA-PSK/WPA2-PSK
Power Supply	Voltage 3.0V ~ 3.6V, Typical 3.3V, Current >500mA
Operating Temperature	-20°C ~ 85°C
Storage Environment	-40°C ~ 85°C, < 90%RH

Modul ESP8266 dikembangkan oleh perusahaan Ai-Thinker menjadi modul ESP-12 dan ESP-12F. Modul yang dikembangkan memiliki *peripheral interface* yang sama dengan ESP8266. Kedua modul tersebut dikembangkan menjadi kembali menjadi *development board*, contohnya adalah Wemos D1 R2 dan NodeMCU. Keunggulan yang dimiliki *board* ini dapat memprogram menggunakan *software* yang digunakan oleh Arduino yaitu Arduino IDE.

2.2.3 Sensor pH

Sensor pH adalah sensor bahan kimia yang digunakan untuk mengukur tingkat keasaman dan basa. pH meter biasanya terdiri dari pengukuran probe pH (elektroda gelas) yang terhubung ke pengukuran pembacaan yang mengukur dan menampilkan pH yang terukur. Memiliki prinsip kerja, semakin banyak elektron pada sampel maka akan semakin bernilai asam begitu pula sebaliknya, sebab batang pada pH meter berisi larutan elektrolit lemah. Terdapat 2 jenis sensor pH yaitu digital dan analog. pH meter biasanya digunakan untuk menganalisa kimia kuantitatif. Jika $pH < 7$ maka larutan bersifat asam, apabila $pH > 7$ maka larutan bersifat basa. Larutan bersifat netral apabila $pH=7$.

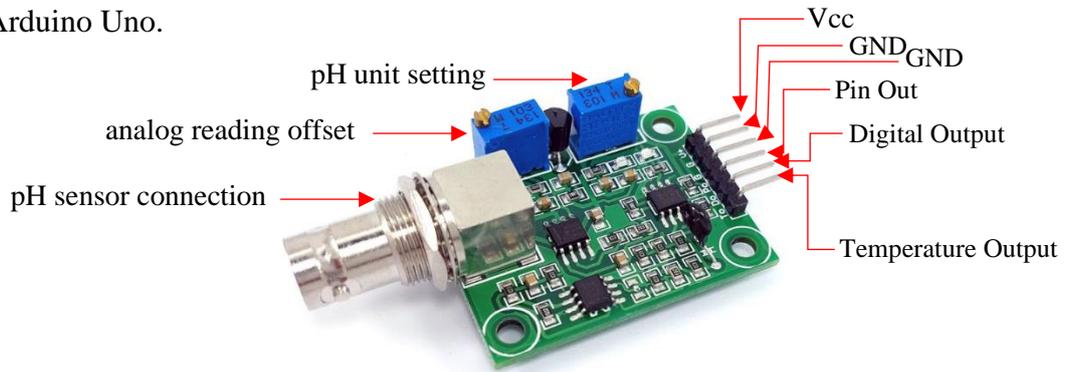
Proses kalibrasi sensor pH dilakukan dengan dua tahap yaitu dengan menggunakan cairan *standard buffer* yang sesuai dengan rentang nilai pH yang akan diukur. Dengan nilai *buffer* pH 4 dan pH 10. Kalibrasi pada sensor pH dilakukan dengan

mengatur pembacaan ukuran agar sama dengan nilai standard *buffer* pertama dan pengontrol kedua (*slope*) yang digunakan untuk menyetel pembacaan meter sama dengan nilai buffer kedua. Pengontrol ketiga untuk mensetting temperatur.



Gambar 2.3 Sensor pH 4502C

Sensor pH terdiri dari beberapa pin yang dapat terhubung ke mikrokontroler Arduino Uno. Pada Gambar 2.3 adalah struktur pin pada Sensor pH 4502C yang akan terhubung ke Arduino Uno.



Gambar 2.4 Struktur Pin Sensor pH 4502C

Spesifikasi dari sensor pH 4502C disajikan dalam Tabel 2.5

Tabel 2.5 Spesifikasi Sensor pH 4502C

Keterangan	Spesifikasi
Module Power	5.00 V
Module Size	43 mm x 32 mm
Measuring Range	0-14 pH
Measuring Temperature	0-60° C
Accuracy	± 0.1 (25 °C)
Response Time	≤ 1 min
Sensor	BNC Connector
Interface	pH 2.0 (3 foot patch)
Gain Adjustment Potentiometer	
Power Indikator LED	
Cable Length from sensor to BNC connector	660 mm

Dalam menggunakan sensor pH, level keasaman atau kebasaan dari suatu zat ditentukan berdasarkan keberadaan jumlah *ion hydrogen* dan *ion hidroksida* dalam larutan. Yang dinyatakan dengan persamaan:

$$\text{pH} = -\log [\text{H}^+] \quad \text{pOH} = -\log [\text{OH}^-] \quad \text{pH} = 14 - \text{pOH} \dots\dots\dots(1)$$

Atas dasar pengertian ini, maka:

1) Netral: $[\text{H}^+] = 1,0 \times 10^{-7} \text{ M}$ atau $\text{PH} = 7$
 dan $[\text{OH}^-] = 1,0 \times 10^{-7} \text{ M}$ atau $\text{POH} = 7 \dots\dots\dots(2)$

2) Asam: $[\text{H}^+] > 1,0 \times 10^{-7} \text{ M}$ atau $\text{PH} < 7$
 dan $[\text{OH}^-] < 1,0 \times 10^{-7} \text{ M}$ atau $\text{POH} > 7 \dots\dots\dots(3)$

3) Basa: $[\text{H}^+] < 1,0 \times 10^{-7} \text{ M}$ atau $\text{PH} >$
 dan $[\text{OH}^-] > 1,0 \times 10^{-7}$ atau $\text{POH} < 7 \dots\dots\dots(4)$

Kemudian dirumuskan dengan persamaan:

Jika $[\text{H}^+] = 1 \times 10^{-n}$, maka $\text{pH} = n \dots\dots\dots(5)$

Jika $[\text{H}^+] = x \times 10^{-n}$, maka $\text{pH} = n - \log x$

Sebaliknya, jika $\text{pH} = n$, maka $[\text{H}^+] = 10^{-n}$

Keuntungan dari penggunaan sensor pH dalam menentukan tingkat keasaman suatu senyawa adalah:

- a. Bisa dipakai berulang
- b. Nilai pH terukur relatif akurat

Instrumen yang digunakan dalam sensor pH meter dapat bersifat analog maupun digital. Untuk mendapatkan hasil pengukuran yang tepat, perlu dilakukan perawatannya dan kalibrasi secara rutin. Kalibrasi sensor pH dapat dilakukan sebelum alat digunakan untuk melakukan pengukuran. Prinsip utama pada sensor pH adalah pengukuran arus listrik yang tercatat pada sensor pH akibat suasana ionik di larutan[12].

2.2.4 Motor Servo

Motor servo adalah perangkat akuator putar, yang dirancang menggunakan sistem kontrol *loop* yang tertutup. Sehingga dapat diatur atau *diset-up* dalam menentukan dan memastikan dari sudut poros *output* motor. Motor Servo terdiri dari motor DC, gear, rangkaian kontrol, dan potensiometer. Serangkaian gear melekat di

poros motor DC kemudian memperlambat pada putaran poros dan meningkatkan torsi pada motor servo, kemudian potensiometer mengalami perubahan resistensinya pada saat motor DC berputar berfungsi untuk batas penentuan posisi putaran poros motor servo. Penggunaan system kontrol loop tertutup pada motor servo berguna untuk mengontrol Gerakan dan posisi akhir dari poros.



Gambar 2.5 Motor Servo

Motor servo memiliki dua macam jenis diantaranya motor servo DC dan AC. Motor Servo DC biasanya digunakan pada aplikasi-aplikasi yang lebih kecil contohnya *prototype*. Sedangkan motor servo AC digunakan dalam menangani arus yang tinggi atau beban lebih berat, yang biasanya sering diaplikasikan pada mesin-mesin industri. Terdapat dua jenis motor servo yang terdapat di pasaran yaitu *motor servo rotation 180°* dan *servo rotation continuous*, dan memiliki perbedaan menurut rotasi pada umumnya.

- a. *Motor servo rotation 180°* merupakan jenis yang paling umum dari motor servo, yang putaran poros outputnya terbatas hanya 90° kearah kanan dan 90° kearah kiri. Total putaran poros hanya setengah lingkaran atau 180°.
- b. *Motor servo rotation continuous* hampir sama dengan jenis servo standard, tetapi putaran porosnya dapat berputar terus atau dengan kata lain tanpa batas, baik kearah kiri maupun kanan[13].

Motor servo memiliki spesifikasi yang mendukung dalam penelitian ini, seperti pada tabel 2.6.

Tabel 2.6 Spesifikasi Motor Servo

Keterangan	Spesifikasi
Kecepatan	0.1 sec
Torsi	2.5
Berat	14.7 g
Tegangan	4.8-6 V

2.2.5 LCD (Liquid Crystal Display)

Liquid Crystal Display (LCD) merupakan alat yang berfungsi untuk menampilkan angka, huruf maupun grafik, sehingga dapat terlihat dan diketahui melalui tampilan layar kristal. LCD adalah jenis media display (tampilan) yang menggunakan kristal cair (*liquid crystal*) untuk menghasilkan gambar yang terlihat. Terdapat dua bagian utama pada LCD yaitu bagian *Backlight* (Lampu Latar Belakang) dan bagian *Liquid Crystal* (Kristal Cair). LCD tidaklah memancarkan cahaya, namun hanya merefleksikan dan mentransmisikan cahaya yang melewatinya. Sehingga LCD memerlukan *Backlight* atau cahaya latar belakang untuk sumber cahayanya. Umumnya cahaya latar belakang berwarna putih. Sedangkan Kristal Cair (*Liquid Crystal*) sendiri adalah cairan organik yang ada pada dua lembar kaca yang memiliki permukaan transparan yang konduktif. LCD dengan ukuran 16x2 karakter (2 baris dan 16 karakter) memiliki 15 nomor pin, dimana masing-masing pin memiliki tanda simbol dan fungsinya masing-masing. LCD jenis ini beroperasi pada power supply +5V, tetapi juga dapat beroperasi pada +3V[15].



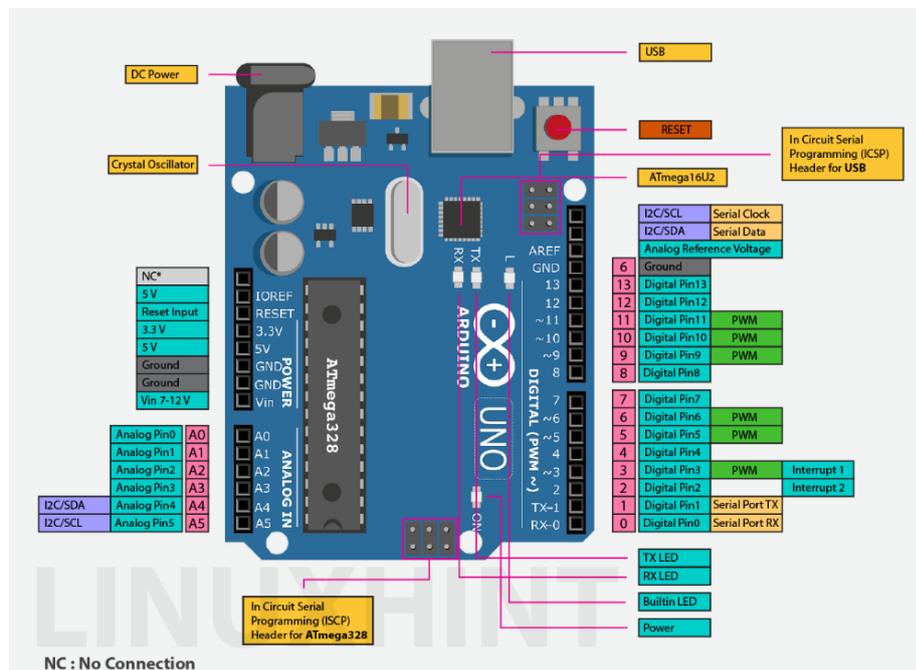
Gambar 2.6 Tampilan LCD 16x2

2.2.6 Mikrokontroler Arduino Uno

Arduino Uno berisikan mikrokontroler ATmega32P yang dapat dijalankan dengan menggunakan program yang terintruksi dan memori sebagai media

menyimpanan data. Arduino diberi daya melalui *input* DC atau koneksi USB yang dapat digunakan untuk mengunggah intruksi dan berkomunikasi dengan komputer atau laptop. Chip ATmega16U2 mengelola USB (*Universal Serial Bus*) ke komunikasi serial.

Pin daya mengalir daya sebesar 5V atau 3,3V dan *ground* (GND) untuk menghubungkan perangkat lain. Pin 0 dan 1 digunakan untuk mengirim dan menerima data serial dari perangkat lain. Pin 2 hingga 13 merupakan *input* dan *output* digital, yang *input* atau *output*-nya 5V untuk digital atau 0V untuk digital nol. Pin A0 hingga A5 merupakan pin analog, mengukur tegangan antara 0V dan 5V dan mengubah sinyal analog menjadi nilai digital (ADC). Pin A4 dan A5 juga dapat berkomunikasi dengan perangkat lain, seperti pin 10 hingga 13, tetapi menggunakan sistem komunikasi yang berbeda, masing-masing I2C dan SPI, dibandingkan koneksi USB. Tiga LED (*Light-Emitting Diode*) menunjukkan daya (ON), *transmitter* (TX) dan *receiver* (RX), dengan LED keempat terhubung ke pin 13. Tombol *reset* digunakan untuk me-*restart* mikrokontroler[16].



Gambar 2.7 Arduino Uno[22]

Tabel 2.7 Spesifikasi Arduino Uno [22]

Spesifikasi	Arduino Uno
Mikrokontroler	ATMega328
Tegangan	5V
Tegangan <i>Input</i>	7-12 V (rekomendasi)
Jumlah pin I/O <i>digital</i>	14 PIN

Spesifikasi	Arduino Uno
Batas tegangan masuk	6-20 V (<i>limits</i>)
Jumlah pin <i>input analog</i>	6 pin
Arus DC tiap pin I/O	40 mA
Arus DC tiap pin 3.3 V	50 mA
Memori	32 Kb
<i>Bootloader</i>	SRAM 2Kb
EEPROM	1 Kb
<i>Card Reader</i>	Tidak ada
Kecepatan waktu	10 MHz

2.2.7 Bahasa Pemrograman C++

Bahasa pemrograman adalah instruksi standar untuk memberikan perintah kepada komputer. Bahasa pemrograman merupakan suatu himpunan aturan sintak dan simantik yang digunakan untuk mendefinisikan program komputer. Bahasa pemrograman memungkinkan seorang pemrogram dapat menentukan secara persis data mana yang akan diolah oleh komputer, bagaimana data ini akan disimpan atau diteruskan dan jenis langkah apa secara persis yang akan diambil dalam berbagai situasi. Tugas bahasa pemrograman adalah untuk menyediakan kendaraan bagi pemrogram untuk menentukan tindakan yang akan dieksekusi oleh mesin dan menyediakan serangkaian konsep untuk pemrograman untuk digunakan ketika memikirkan apa yang bisa dilakukan.

Pada Arduino Uno bahasa yang digunakan adalah bahasa C/C++. Bahasa C++ adalah salah satu bahasa yang paling populer yang dapat digunakan untuk mengembangkan aplikasi pada sistem operasi, sistem antar muka dan sistem embedded[17].

Program C++ memiliki satu atau lebih modul yang disebut dengan fungsi. Program memulai eksekusi diawali dengan fungsi bernama `main()`. Suatu fungsi terdiri dari *header* dan tubuh. *Header* fungsi menceritakan tentang tipe data dari nilai balik yang dihasilkan. Tubuh suatu fungsi terdiri dari statemen-statemen C++ yang diapit oleh kurung kurawal `{}`. Ada beberapa jenis statemen di dalam C++ yaitu:

- a. Statemen deklarasi: statemen deklarasi yang menjelaskan nama dan tipe *variable* yang digunakan dalam suatu fungsi.
- b. Statemen penugasan: statemen penugasan menggunakan operator sama dengan (`=`) untuk menugaskan suatu nilai ke variabel.

- c. Panggil fungsi: pemanggilan fungsi yang mengaktifasi suatu fungsi. Ketika fungsi yang dipanggil berhenti, maka program kembali ke statemen berikutnya di dalam fungsi pemanggil
- d. Statemen balik: suatu statemen balik mengirim kembali nilai yang dihasilkan oleh fungsi yang dipanggil kepada fungsi yang memanggil.

Tipe data di dalam C++ dibagi menjadi dua kelompok yaitu *integer* dan *floating-point*. Tipe integer berbeda satu sama lain berdasarkan jumlah memori yang dialokasikan untuk menyimpan nilai-nilai yang ditugaskan[18].

2.2.8 *Object Oriented Programming (OOP)*

Dalam bahasa pemrograman memiliki 2 jenis sistem yang dapat diterapkan yaitu sistem berorientasi pada objek dengan sistem terstruktur. Sistem berorientasi pada objek berfokus pada struktur dan perilaku sistem dalam bentuk modul-modul kecil yang mencakup data dan proses. Modul tersebut dikenal dengan objek. OOP atau Pemrograman Berorientasi pada Objek (PBO) adalah sebuah konsep pemrograman yang menggambarkan suatu proses penyelesaian masalah pada program dianalogikan sebagai objek yang saling berinteraksi satu sama lain. Sebagaimana objek di dunia nyata OOP berusaha untuk memodelkan program ke dalam objek-objek saling berinteraksi. Data atribut suatu objek akan disimpan ke dalam bentuk *field* atau variable sedangkan perilaku dari suatu akan disimpan ke dalam metode atau prosedur. Maka objek pada OOP berupa sekumpulan *field* dan metode terkait dengan objek tersebut. Bentuk dari objek tersebut bersifat acak tergantung program yang akan dibuat. Konsep dasar OOP diantaranya:

- a. Objek dan Kelas

Kelas mendeskripsikan seperti objek tersebut akan dibuat. Kelas berperan selayaknya seperti sebuah cetak biru (*blue print*) atau prototipe dari objek dan objek itu sendiri merupakan contoh nyata (*instance*) dari kelas. Pada sebuah kelas setidaknya ada 3 elemen pokok yang perlu dideskripsika diantaranya: nama kelas, atribut dari kelas, dan operasi atau perilaku dari kelas tersebut.

- b. *Encapsulation*

Encapsulation (pengapsulan atau pembungkusan) yaitu berupa beberapa data dan prosedur dibungkus dalam satu wadah yang disebut sebagai kelas dan tidak harus

tahu semua data prosedur yang ada pada kelas tersebut yang harus dipahami adalah memanggil prosedur tersebut ketika akan diperlukan. Pengapsulan dilakukan untuk melindungi data yang telah terhimpun. Sehingga konsep ini sangat berlaku pada OOP karena dapat melindungi data yang berupa *variable* ataupun metode dari akses kelas lainnya. Dengan menggunakan pengapsulan daya bisa disembunyikan dari kelas-kelas lain yang tidak berhak memiliki akses, kecuali jika kelas yang dibuat bersifat publik.

c. *Inheritance*

Merupakan suatu konsep mewariskan atribut dan metode yang digunakan oleh sebuah class kepada class turunannya. Dengan menggunakan konsep ini, class yang dibuat cukup mendefinisikan atribut dan metode yang spesifik di dalamnya, sedangkan atribut dan metode yang umum akan didapatkan dari *class* yang menjadi induknya.

d. *Polymorphism*

Polimorfisme dapat diartikan sebagai pesan yang sama dapat ditafsirkan secara berbeda oleh berbagai kelas objek. Polimorfisme memungkinkan melalui pengikatan dinamis (*dynamic binding*) yaitu teknik menunda mengidentifikasi suatu jenis objek hingga waktu berjalan (*run-time*). Sehingga, metode spesifik yang dipanggil tidak dipilih oleh sistem berorientasi objek sampai sistem berjalan. Ini berbeda dengan pengikatan statis (*static binding*). Dalam sistem terikat secara statis, jenis objek akan ditentukan pada saat kompilasi[19].

2.2.9 Quality of Service (QoS)

Quality of Service atau QoS adalah suatu teknik pengukuran pada jaringan dan usaha untuk menjabarkan karakteristik serta sifat dari suatu layanan yang menggunakan komunikasi data[20]. QoS mengacu pada kemampuan suatu jaringan dalam menyediakan layanan yang terbaik dalam suatu lalu lintas jaringan tertentu dalam teknologi yang berbeda-beda. Dengan mengukur tingkat kemampuan jaringan, data yang diproses juga akan lebih baik dan pengumpulan data menjadi lebih efektif. Standarisasi QoS ditetapkan dengan menggunakan standar TIPHON atau *Telecommunication and Internet Protocol Harmonization*. Parameter untuk mengukur kualitas suatu jaringan diantaranya:

2.2.9.1 Throughput

Merupakan jumlah total kedatangan paket yang sukses diamati selama suatu interval waktu tertentu dan diukur dalam satuan bps atau *bit per second*, untuk menghitung *throughput* dilakukan dengan menggunakan persamaan (6)

$$\text{Throughput} = \frac{\text{Jumlah pengiriman data}}{\text{Waktu pengiriman data}} \times 8 \dots \dots \dots (6)$$

Tabel 2.8 Kategori *Throughput* oleh TIPHON[21]

Kategori Throughput	Throughput (bps)	Indeks
Sangat Bagus	100	4
Bagus	75	3
Sedang	50	2
Jelek	<25	1

2.2.9.2 Delay

Delay waktu tunggu adalah total waktu yang dilalui oleh suatu paket dari pengirim ke penerima melalui suatu jaringan. *Delay* pada pengirim ke penerima tersusun atas *Hardware latency*, *delay* akses dan *delay* transmisi. Untuk menghitung *delay* dilakukan dengan menggunakan persamaan (7)

$$\text{Delay} = \frac{\text{Total Delay}}{\text{Jumlah Paket}} \dots \dots \dots (7)$$

Tabel 2.9 Kategori *Delay* oleh TIPHON[21]

Kategori	Delay (bps)	Indeks
Sangat Bagus	<150ms	4
Bagus	150 ms – 300 ms	3
Sedang	300 ms – 450 ms	2
Jelek	>450	1

2.2.9.3 Packet Loss

Packet loss merupakan parameter yang menjelaskan kondisi untuk menunjukan jumlah total paket yang hilang selama proses pengiriman data. Untuk menghitung *path loss* dilakukan dengan menggunakan persamaan (8)

$$\text{Packet Loss} = \frac{\text{Paket data dikirim} - \text{Paket data diterima}}{\text{Paket data yang dikirim}} \dots \dots \dots (8)$$

Tabel 2.10 Kategori *Path Loss* oleh TIPHON[21]

Kategori	Path Loss(bps)	Indeks
Sangat Bagus	0	4
Bagus	3	3
Sedang	15	2
Jelek	25	1