

BAB II

TINJUAN PUSTAKA

2.1 Internet Of Things

Internet of Things (IoT) adalah jaringan perangkat fisik termasuk sensor, aktuator, dan mikrokontroler yang dilengkapi dengan identifikasi unik dan konektivitas internet untuk mengumpulkan, berbagi, dan memproses data secara otomatis tanpa intervensi langsung manusia. Perangkat tersebut mampu berkomunikasi satu sama lain dan dengan sistem pusat, sehingga memungkinkan real-time monitoring dan kontrol pada berbagai bidang seperti rumah tangga, lingkungan, hingga industri. Sebagai contoh mutakhir, IoT juga digunakan pada sistem kontrol kualitas air berbasis pembelajaran mesin: satu studi di Bangladesh menerapkan sensor pH, TDS, turbidity, dan suhu yang terhubung ke ESP32, memungkinkan prediksi kontaminasi air dengan akurasi tinggi melalui model *Decision Tree* dan *Random Forest* (Abuadlla, 2023).

Perkembangan IoT dalam beberapa tahun terakhir semakin pesat, didukung oleh peningkatan teknologi sensor, jaringan nirkabel, dan pemrosesan data berbasis cloud maupun edge computing. Salah satu tren signifikan adalah integrasi IoT dengan teknologi kecerdasan buatan (AI) dan machine learning untuk menghasilkan sistem cerdas yang mampu mengambil keputusan secara otomatis. Dalam konteks pemantauan kualitas air, IoT tidak hanya mencatat data secara real time, tetapi juga mampu menganalisis pola-pola perubahan parameter air seperti kekeruhan, pH, dan suhu untuk mendeteksi potensi kontaminasi. Sistem monitoring berbasis IoT menggunakan ESP32 dan berbagai sensor kualitas air,

serta menerapkan algoritma pembelajaran mesin untuk meningkatkan akurasi deteksi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kombinasi IoT dan machine learning dapat menciptakan sistem monitoring yang tidak hanya responsif tetapi juga prediktif, sehingga sangat potensial digunakan untuk aplikasi lingkungan dan rumah tangga secara luas (Hemdan, 2025).

2.2 Air

Air adalah senyawa paling esensial bagi kehidupan terdiri dari dua atom hidrogen dan satu atom oksigen (H_2O) yang memainkan peran penting sebagai pelarut universal, pengatur suhu, serta media transportasi nutrisi dan limbah dalam organisme hidup. Menurut Organisasi Kesehatan Dunia (WHO), kebutuhan akan air bersih yang cukup, aman, dan selalu tersedia sangat krusial untuk kesehatan masyarakat, karena air yang tercemar secara mikrobiologis dan kimiawi dapat menyebabkan penyakit seperti diare, kolera, dan demam tifoid, yang bertanggung jawab atas ratusan ribu kematian setiap tahunnya. Kualitas air harus dievaluasi berdasarkan parameter fisik, kimia, dan biologis seperti warna, pH, total padatan terlarut, dan keberadaan mikroorganisme untuk memastikan kesesuaian air bagi konsumsi manusia. Dengan demikian, pemantauan kualitas air secara berkala menjadi sangat penting untuk menjaga keamanan air yang dikonsumsi dan digunakan dalam keseharian (Ezugwu, 2022).

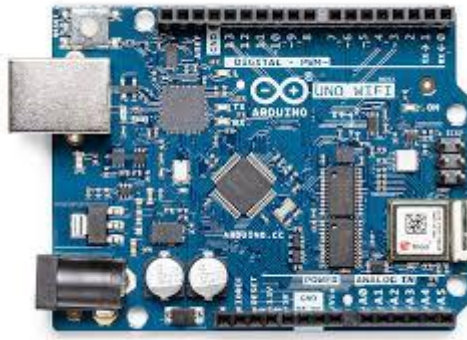
2.3 Mikrokontroler

Mikrokontroler adalah sistem komputer mini dalam satu chip terpadu yang mencakup unit pemroses (CPU), memori (RAM, ROM/Flash), dan antarmuka *input/output* (I/O), serta sering dilengkapi dengan periferal seperti ADC, timer,

dan komunikasi serial seperti UART, I²C, dan SPI. Dirancang khusus untuk aplikasi embedded dan IoT, mikrokontroler mampu membaca data dari sensor, memprosesnya, lalu mengendalikan aktuator atau berkomunikasi ke jaringan semuanya dalam satu perangkat berdaya rendah dan biaya ekonomis. Misalnya, platform populer seperti ESP32 dan Arduino telah digunakan secara luas dalam pemantauan lingkungan dan aplikasi otomasi rumah karena kemudahan pemrograman, konektivitas nirkabel, serta efisiensi konsumsi daya (Krunal, 2022).

2.3.1 Arduino Uno

Arduino Uno adalah papan *mikrokontroler open-source* berbasis chip ATmega328P yang dikembangkan oleh Arduino.cc dan pertama kali hadir pada tahun 2010. Papan ini memiliki 14 pin digital (dengan 6 pin PWM), 6 pin analog, memori flash sebesar 32 KB, SRAM 2 KB, dan EEPROM 1 KB, serta dapat diprogram dengan menggunakan Arduino IDE melalui koneksi USB tanpa memerlukan programmer eksternal. Karakteristik ini menjadikan Arduino Uno sangat cocok untuk aplikasi embedded dan Internet of Things (IoT), terutama karena antarmuka yang mudah digunakan, dukungan komunitas yang luas, dan biaya yang relatif rendah. Selain itu, studi bibliometrik terbaru menunjukkan peningkatan signifikan dalam penggunaan Arduino Uno pada proyek-proyek sains, pendidikan STEM, otomasi, dan akuisisi data hingga tahun 2022, menegaskan popularitasnya sebagai pilihan favorit di kalangan peneliti dan pendidik (Norbertus, 2022).



Gambar 2. 1 Arduino Uno
Sumber: Norbertus 2022

2.3.2 NodeMCU ESP32

NodeMCU ESP32 adalah papan pengembangan mikrokontroler berbasis chip ESP32 dari Espressif Systems, yang menggabungkan kemampuan Wi-Fi dan Bluetooth dalam satu modul dengan arsitektur SoC (System-on-Chip). ESP32 dilengkapi CPU dual-core Tensilica Xtensa LX6 (atau opsi single-core RISC-V), menjalankan hingga 240 MHz, serta memiliki memori internal (SRAM ~520 KiB, ROM ~448 KiB), dan berbagai antarmuka seperti GPIO, ADC, DAC, SPI, I²C, UART, hingga CAN dan Ethernet. Kombinasi fitur ini menjadikannya basis ideal untuk aplikasi IoT, terutama dalam pemantauan lingkungan dan otomasi rumah. ESP32 mampu membangun sistem pemantauan bioreaktor yang murah dan efisien, menekankan unggul dalam akuisisi data jarak jauh berbasis IoT. ESP32 dalam arsitektur data real-time menggunakan MQTT, membuktikan fungsionalitas dan fleksibilitasnya dalam berbagai skenario IoT. Dengan demikian, NodeMCU ESP32 menjadi pilihan unggul untuk proyek IoT yang membutuhkan konektivitas, daya rendah, dan pemrosesan data cerdas (Kalamaras, 2025).



Gambar 2. 2 NodeMCU ESP32

Sumber: Kalamaras, 2025

2.3.3 NodeMCU ESP8266

NodeMCU ESP8266 adalah platform *mikrokontroler open-source* berbasis modul ESP8266 dari Espressif Systems, dilengkapi dengan *firmware* NodeMCU yang mendukung bahasa pemrograman Lua dan pengembangan melalui Arduino IDE. Board ini memiliki chip Wi-Fi terintegrasi (IEEE 802.11 b/g/n) dengan CPU Tensilica L106 32-bit, menjalankan hingga 160 MHz, serta dilengkapi memori RAM dan flash internal. Board ini menyediakan sekitar 16–17 pin GPIO, antarmuka seperti SPI, UART, dan ADC 10-bit, dan dapat diprogram langsung via port micro-USB tanpa perlu programmer eksternal. NodeMCU ESP8266 sangat populer pada aplikasi IoT karena biaya rendah, konektivitas wireless bawaan, dan kemudahan integrasi dengan platform cloud seperti Firebase maupun Blynk. Misalnya, penelitian terbaru mengembangkan sistem kontrol rumah pintar menggunakan NodeMCU ESP8266 dan Firebase untuk memantau dan mengendalikan perangkat rumah secara real time. Selain itu, platform ini digunakan dalam proyek monitoring polusi dan keamanan rumah berbasis IoT, serta solusi irigasi otomatis dan sistem monitoring lingkungan lainnya CO₂, gas, suhu, kelembapan (Ahmed, 2024).



Gambar 2. 3 NodeMCU EPS8266
Sumber: Ahmed 2024

2.3.4 Sensor Turbidity

Sensor *turbidity* adalah alat elektronik yang digunakan untuk mengukur tingkat kekeruhan air dengan cara mendeteksi penyebaran atau penyerapannya cahaya oleh partikel tersuspensi dalam air, yang biasanya dinyatakan dalam satuan NTU (Nephelometric Turbidity Unit). Prinsip kerjanya mirip nephelometer, yaitu menggunakan LED baik inframerah ataupun tampak sebagai sumber cahaya dan fotodioda atau phototransistor sebagai detektor, sering dipasang pada sudut 90° maupun 180° terhadap LED untuk meningkatkan akurasi pembacaan turbiditas. Penelitian terbaru menunjukkan sensor turbidity low-cost, seperti modul SEN0189 atau sensor lain berbasis LED dan phototransistor, dapat menghasilkan tingkat akurasi yang memadai (margin error $\sim 7\text{--}15\%$) untuk pemantauan kualitas air skala rumah atau lingkungan, meski cenderung sensitif terhadap cahaya ambient dan fluktuasi suhu. Dalam konteks IoT, sensor ini sering dipasang bersama mikrokontroler seperti Arduino atau ESP32 untuk membaca data secara analog, memprosesnya menjadi nilai kekeruhan, lalu mengirimkannya secara real time ke platform monitoring, memungkinkan deteksi dini perubahan kualitas air (Sri, 2023).

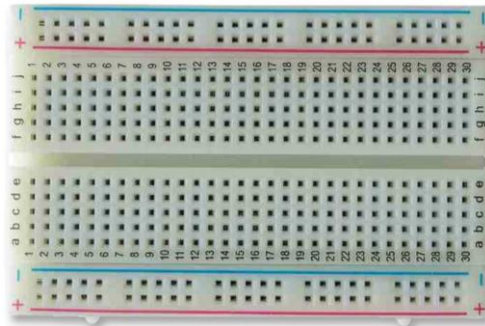


Gambar 2. 4 Sensor Turbidity
Sumber: Sri, 2023

2.3.5 Breadboard

Breadboard adalah papan prototipe sirkuit elektronik solderless yang dirancang untuk memudahkan penyusunan dan pengujian sirkuit secara cepat tanpa perlu menyolder komponen. Papan ini terdiri dari plastik berlubang dengan rangkaian klip logam internal yang menghubungkan lubang-lubang secara terstruktur, memfasilitasi penyusunan komponen seperti IC, resistor, kabel jumper, dan mikrokontroler dengan mudah dan cepat. Meskipun sangat berguna untuk eksperimen frekuensi rendah dan pembelajaran dasar elektronika, breadboard memiliki keterbatasan seperti kapasitansi parazitik dan resistansi kontak yang dapat memperburuk integritas sinyal pada frekuensi tinggi, serta rentan terhadap koneksi yang longgar seiring waktu. *Breadboard* dalam pendidikan menyimpulkan bahwa meskipun efektif untuk mempelajari konsep dasar sirkuit, *breadboard* cenderung kurang optimal dibandingkan alternatif seperti paper circuit dalam pembelajaran desain susunan komponen dan routing PCB. Oleh karena itu, meskipun breadboard sangat praktis dan fleksibel untuk

prototyping awal, penggunaannya harus dipertimbangkan dengan bijak mengingat keterbatasan performa dan keandalannya (Peppler, 2023).



Gambar 2. 5 Breadboard
Sumber: Peppler 2023

2.3.6 Kabel Jumper

Kabel jumper adalah kabel listrik fleksibel dengan konektor pin di kedua ujungnya baik tipe jantan (*male*), betina (*female*), maupun kombinasi keduanya (*male-to-male*, *male-to-female*, *female-to-female*) yang dirancang untuk menghubungkan komponen elektronik dalam rangkaian prototipe tanpa perlu penyolderan. Kabel ini umum digunakan pada breadboard dan papan pengembangan seperti Arduino atau ESP, memungkinkan penyusunan, penataan ulang, dan pengujian rangkaian dengan cepat dan mudah. Kabel jumper bekerja sebagai penghantar arus dan tegangan dalam rangkaian elektrik arus lemah, memberikan konektivitas antar komponen dengan kepraktisan tinggi. Selain itu, Wikipedia menjelaskan bahwa kabel jumper (*“jump wire”*) merupakan jenis kabel penghubung yang sangat hemat dan dapat digunakan ulang, dengan isolasi warna-warni untuk memudahkan identifikasi jalur tegangan dan sinyal dalam prototipe elektronik. Kabel jumper dengan panjang sekitar 10–20 cm dan diameter tipikal

22 AWG sering digunakan dalam proyek IoT dan embedded karena mudah dipasang ke pin header dan breadboard, serta mendukung fleksibilitas dalam pengaturan tata letak rangkaian (Bayu, 2022).



Gambar 2. 6 Kabel Jumper
Sumber Bayu 2022

2.4 Telegram

Telegram adalah layanan pesan instan berbasis awan (*cloud-based*) dan lintas platform yang diluncurkan pada tahun 2013, mendukung sistem operasi seperti Android, iOS, Windows, macOS, Linux, dan versi web. Platform ini tidak hanya memungkinkan pertukaran pesan teks, file multimedia, panggilan suara, dan video, tetapi juga dilengkapi dengan fitur grup besar (hingga 200.000 anggota), saluran channel, serta API bot yang memungkinkan otomatisasi dan integrasi dengan perangkat IoT. Keunggulan Telegram dalam konteks IoT terletak pada kemampuannya mengirim notifikasi *real-time* misalnya, sistem deteksi kebocoran gas atau pemantauan gerakan menggunakan NodeMCU dapat langsung mengirimkan pesan ke pengguna melalui bot Telegram dengan latensi rendah dan kemudahan setup bot, seperti yang dibahas dalam studi perbandingan antara

Telegram dan platform Blynk (lebih unggul dalam kecepatan notifikasi). Di bidang komunikasi digital, Telegram juga menonjol karena fleksibilitas manajemen grup dan integrasi fitur canggih, meskipun pengguna perlu mengaktifkan secara manual opsi pesan rahasia (*Secret Chats*) untuk mendapatkan enkripsi *end-to-end* penuh (Sulistiani, 2025).



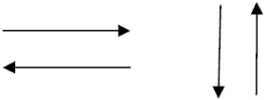
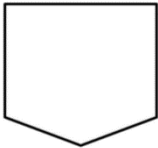



Gambar 2. 7 Telegram
Sumber: Sulistiani, 2025


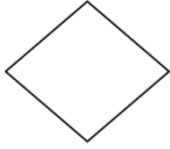
2.5 Flowchart

Flowchart adalah diagram grafis yang menggambarkan aliran proses, sistem, atau algoritma secara sistematis menggunakan simbol standar seperti persegi panjang untuk proses, belah ketupat untuk keputusan, dan panah untuk menunjukkan arah aliran sehingga memudahkan pemahaman dan analisis tahapan langkah demi langkah suatu prosedur. Dalam konteks pendidikan dan pengembangan system, *flowchart* efektif digunakan sebagai alat bantu visual untuk mengorganisasi informasi yang kompleks menjadi lebih terstruktur dan mudah dipahami. Selain itu, penelitian terkini memfokuskan pada pengoptimalan representasi *flowchart* dalam komputasi misalnya melalui data struktur hierarkis

yang meningkatkan efisiensi penyimpanan dan *traversal flowchart* dalam pengembangan perangkat lunak. Secara umum, flowchart merupakan alat esensial dalam dokumentasi, perancangan sistem, *debugging*, dan pelatihan karena menyajikan logika secara visual yang intuitif, memfasilitasi komunikasi antara pengembang dan pengguna. *Flowchart* memiliki beberapa simbol, yang termuat dalam tabel 2.1.

Tabel 2. 1 Simbol-simbol *Flowchart*

No	Simbol	Deskripsi
1	Flow line 	Garis yang menghubungkan antar simbol-simbol lainnya pada <i>flowchart</i> dan menunjukkan arah alir <i>flowchart</i> tertentu
2	Off Page Connector 	Simbol untuk menyatakan sambungan dari suatu proses keproses lainnya dalam halaman/lembar yang berbeda
3	Terminal 	Menandakan awal atau akhir dan suatu <i>flowchart</i>
4	Input-Output 	Simbol untuk menyatakan proses input dan output tanpa tergantung dengan jenis peralatannya
5	Process 	Simbol untuk proses perhitungan atau proses pengolahan data
6	Predefined Process	Permulaan sub program atau proses menjalankan sub program

	(Sub Program) 	
7	Decision 	Perbandingan pernyataan, penyelesaian data yang memberikan pilihan untuk langkah selanjutnya

2.6 Penelitian Sebelumnya

Tabel 2. 2 Penelitian Sebelumnya

NO	Nama	Penelitian
1	Elango Natarajan (09 Desember 2023)	Penelitian ini mengembangkan sistem pemantauan kekeruhan air menggunakan sensor turbidity dan mikrokontroler ESP, yang terhubung ke platform IoT. Sistem dapat mengirimkan notifikasi real-time ketika nilai kekeruhan melebihi batas. Hasil menunjukkan sistem mampu bekerja otomatis, akurat, dan efisien untuk kebutuhan rumah tangga dan industri kecil.
2	Md. Ashraful Islam (27 Mei 2025)	Penelitian ini mengintegrasikan sensor pH, suhu, TDS, dan turbidity dengan ESP32 untuk monitoring kualitas air di daerah wisata. Menggunakan machine learning, sistem ini dapat mengklasifikasi kualitas air dan mengirim

		notifikasi kepada pengguna. Akurasi terbaik diperoleh menggunakan model Artificial Neural Network (ANN) sebesar 92,66%
3	Manel Naloufi (15 Juni 2024)	Fokus pada stabilitas jangka panjang sistem monitoring kualitas air berbasis sensor murah yang digunakan di sungai perkotaan. Sistem diuji selama 3 bulan, menunjukkan bahwa sensor murah bisa digunakan asal dikalibrasi secara berkala. Menggunakan komunikasi LoRa, sistem ini cocok untuk area terpencil.
4	Folasade Dahunsi (3 Maret 2025)	Membangun sistem monitoring kualitas air menggunakan NodeMCU ESP8266, sensor pH, TDS, suhu, dan turbidity, serta mengirim data ke ThingSpeak dan notifikasi melalui SMS. Sistem menunjukkan akurasi sekitar 75%, serta efektif digunakan di lingkungan rumah tangga dan pertanian.
5	Rabaa Youssef (3 Oktober 2023)	Menggabungkan sensor turbidity dengan analisis citra berbasis computer vision untuk meningkatkan akurasi pengukuran. Sistem mampu membaca perubahan kekeruhan dengan lebih sensitif dalam berbagai kondisi pencahayaan.

		Hasilnya menunjukkan metode gabungan lebih efektif dibanding sensor tunggal.
--	--	--

Penelitian ini berjudul "Rancang Bangun Sistem Monitoring Kekeruhan Air Berbasis IoT pada Tandon Air Warga", yang secara khusus menargetkan pemantauan kekeruhan air pada tandon air rumah tangga secara real-time menggunakan teknologi IoT. Sistem yang dikembangkan memanfaatkan sensor turbidity analog sebagai pendeteksi utama, dengan NodeMCU ESP8266 sebagai mikrokontroler pengolah data dan pengirim notifikasi. Data yang dihasilkan dikirimkan melalui jaringan Wi-Fi dan diteruskan ke pengguna melalui platform Telegram, sehingga pengguna dapat menerima peringatan secara langsung apabila tingkat kekeruhan air melebihi ambang batas yang ditentukan.

Berbeda dari penelitian lain yang lebih fokus pada sistem multiparameter (seperti pH, TDS, suhu), penelitian ini mengkhususkan diri pada satu indikator utama, yaitu kekeruhan (turbidity), dan menyederhanakan sistem agar lebih praktis, murah, dan mudah diimplementasikan pada skala rumah tangga. Penelitian ini juga mengusung pendekatan efisiensi dan kemudahan penggunaan bagi warga tanpa perlu keterampilan teknis tinggi, menjadikannya cocok untuk kebutuhan pemantauan air secara mandiri dan berkelanjutan di lingkungan masyarakat.