

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Teori Terkait

Penelitian yang dilakukan oleh Muallief Anwar Ismail dkk. (2021) dalam jurnal berjudul “Tempat Sampah Pintar Berbasis *Internet of Things* (IoT) Dengan Sistem Teknologi Informasi” yang dipublikasikan pada *Jambura Journal of Electrical and Electronics Engineering* (JEEEE), bertujuan untuk mengatasi permasalahan sampah yang berserakan di sekitar tong sampah. Solusi yang ditawarkan adalah dengan merancang sistem pemantauan volume sampah dan sistem buka-tutup otomatis berbasis teknologi *IoT*. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimen dan perancangan sistem. Sistem dikembangkan dengan menggunakan *Raspberry Pi* sebagai pengontrol utama, dan pemantauan dilakukan secara jarak jauh melalui *web server ThingSpeak*. Perangkat utama yang digunakan dalam sistem ini meliputi sensor ultrasonik HC-SR04 untuk mendeteksi objek dan mengukur ketinggian sampah, motor servo untuk menggerakkan tutup tempat sampah, LED sebagai indikator visual (penuh, setengah, kosong), serta sumber daya berupa power bank panel surya. Berdasarkan hasil pengujian, sensor pertama digunakan untuk membuka tutup otomatis ketika objek terdeteksi kurang dari 60 cm, sedangkan sensor kedua berfungsi mengukur tinggi sampah dengan batasan 8 cm (penuh), 21–28 cm (setengah), dan 48 cm (kosong). Seluruh data dari sensor berhasil

dikirim dan ditampilkan secara akurat melalui *web server*. Penelitian ini menyimpulkan bahwa sistem yang dikembangkan dapat mendeteksi serta memantau kondisi tempat sampah secara *real time*, dan penerapan teknologi IoT terbukti memberikan solusi yang efektif dalam mendukung pengelolaan sampah secara otomatis dari jarak jauh[3].

Sedangkan penelitian yang dilakukan juga oleh Sabdo Wiguno dkk. (2022) berjudul "Sistem Otomatisasi pada *Smart Trash Bin* Menggunakan *NodeMCU* Berbasis *IoT*" membahas pengembangan tempat sampah pintar berbasis *IoT* untuk meningkatkan efisiensi pengelolaan sampah. Penelitian ini menggunakan *NodeMCU ESP8266* sebagai mikrokontroler utama, dengan sensor Ultrasonik *HC-SR04* untuk mendeteksi volume sampah, dan motor servo untuk membuka serta menutup tutup tempat sampah secara otomatis. Sistem ini juga dilengkapi modul *GSM* yang mengirimkan notifikasi berupa *SMS* kepada pengguna ketika tempat sampah penuh. Selain itu, penelitian ini mengintegrasikan alat dengan *website* monitoring yang memungkinkan pemantauan volume sampah secara daring. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem otomatisasi ini mampu berfungsi sesuai dengan tujuan, seperti mendeteksi ketinggian sampah, mengirimkan notifikasi, serta memudahkan pengelolaan sampah di fasilitas umum seperti kantor dan rumah sakit. Dengan implementasi sistem ini, diharapkan lingkungan menjadi lebih bersih dan pengelolaan sampah lebih efisien[4].

Penelitian terkait juga dilakukan oleh Raemon Syaljumairi dkk. (2023) berjudul "Tempat Sampah Pintar Berbasis *IoT*". Penelitian ini membahas

solusi tempat sampah otomatis yang dapat membuka dan menutup secara otomatis, memisahkan jenis sampah basah dan kering, serta memberikan informasi notifikasi melalui aplikasi *Telegram*. Sistem ini menggunakan *NodeMCU* sebagai mikrokontroler utama, sensor Ultrasonik HC-SR04 untuk mendeteksi jarak dan kapasitas sampah, sensor rain FC-37 untuk mengidentifikasi kelembapan atau jenis sampah, serta motor servo untuk menggerakkan tutup dan pemisah sampah secara otomatis. Notifikasi kondisi sampah dikirimkan secara *real-time* melalui koneksi *Wi-Fi*, dan hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem dapat bekerja secara efektif dalam membantu pengelolaan sampah, terutama dalam skala kecil seperti di lingkungan sekolah. Implementasi sistem ini memberikan solusi berbasis *IoT* untuk memantau dan mengelola volume dan jenis sampah secara efisien dan otomatis[5].

## 2.2 Landasan Teori

### 2.2.1 Internet of Things (IoT)

*IoT* adalah konsep yang menghubungkan perangkat fisik melalui jaringan internet untuk bertukar data dan informasi secara otomatis[6].

*IoT* mengintegrasikan perangkat keras, perangkat lunak, dan jaringan komunikasi untuk menciptakan sistem yang mampu bekerja secara efisien dan terkoordinasi.

*IoT* memanfaatkan sensor dan aktuator untuk mengumpulkan data dari lingkungan sekitar, yang kemudian diproses oleh

mikrokontroler atau prosesor tertanam. Data tersebut dapat dikirimkan ke server atau *platform cloud* melalui protokol komunikasi seperti HTTP, MQTT, atau *WebSocket*, untuk dianalisis lebih lanjut atau diakses oleh pengguna melalui *Website* atau *mobile*.

### 2.2.2 Lora

*LoRa* (Long Range) adalah teknologi komunikasi nirkabel berdaya rendah yang mampu menjangkau jarak jauh. Teknologi ini banyak digunakan dalam berbagai aplikasi yang membutuhkan transmisi data dengan konsumsi daya yang efisien, terutama pada sistem *Internet of Things* (IoT)[7].

*LoRa* menggunakan teknologi modulasi CSS (*Chirp Spread Spectrum*) untuk mengirim data dengan daya rendah pada jarak yang jauh. Teknologi ini beroperasi di pita ISM (*Instrumentation Science and Medical*) yang tidak berlisensi, sehingga dapat digunakan tanpa memerlukan izin khusus. *LoRa* bekerja pada lapisan fisik (PHY) dalam model komunikasi, yaitu sebagai modulasi nirkabel yang memungkinkan komunikasi jarak jauh dengan daya yang sangat rendah.

Modul *LoRa* yang digunakan dalam pengembangan ini adalah *LoRa SX1278*. Perangkat ini mampu mengumpulkan, mendistribusikan, mengirim, dan menerima data dari berbagai sensor yang tersebar di lokasi-lokasi terpencil, memungkinkan komunikasi yang dalam sistem IoT skala cukup luas. Selain itu keunggulan *LoRa*

*SX1278* berfokus pada jangkauan yang luas dan konsumsi daya yang rendah, sehingga modul *LoRa SX1278* menjadi pilihan ideal untuk berbagai aplikasi berbasis IoT yang memerlukan koneksi jarak jauh secara efisien.

### 2.2.3 Arduino IDE

*Integrated Development Environment (IDE)* atau *Arduino IDE* adalah perangkat lunak sumber terbuka yang digunakan untuk memprogram berbagai jenis mikrokontroler berbasis *Arduino*. *IDE* ini dirancang untuk mempermudah pengembangan perangkat keras dengan menyediakan antarmuka yang intuitif, sehingga cocok untuk pemula maupun profesional di bidang elektronika dan *IoT*[8]. Tampilan antarmuka dari *Arduino IDE* yang digunakan dalam proses pemrograman alat dapat dilihat pada Gambar 2.1.



Gambar 2. 1 *Arduino IDE*

*Arduino IDE* mendukung berbagai jenis mikrokontroler, termasuk NodeMCU ESP8266 yang digunakan dalam penelitian ini. *Arduino IDE* ini memungkinkan pengguna untuk menulis, mengedit, dan mengunggah kode program (sketch) ke mikrokontroler melalui koneksi USB. *Sketch* pada *Arduino* ditulis dalam bahasa pemrograman

berbasis C/C++, yang telah disederhanakan melalui pustaka (*library*) bawaan untuk mempermudah pemrograman perangkat keras.

#### 2.2.4 NodeMCU ESP8266

NodeMCU ESP8266 adalah sebuah mikrokontroler *open-source* yang dilengkapi dengan modul *Wi-Fi* terintegrasi, dirancang khusus untuk mendukung pengembangan aplikasi berbasis *Internet of Things* (IoT). Mikrokontroler ini menggunakan chip ESP8266 buatan *Espressif Systems*, yang memiliki kemampuan komunikasi nirkabel yang handal dan konsumsi daya yang relatif rendah[9].

NodeMCU ESP8266 memiliki berbagai fitur yang membuatnya ideal untuk digunakan dalam proyek *IoT*, seperti *General Purpose Input/Output* (GPIO) untuk koneksi dengan perangkat eksternal seperti sensor dan aktuator, *Pulse Width Modulation* (PWM) untuk mengontrol perangkat seperti *motor servo*. Selain itu, kemampuan *Wi-Fi* bawaan NodeMCU ESP8266 mendukung protokol komunikasi seperti *HTTP*, *MQTT*, dan *WebSocket*, memungkinkan pengiriman data secara *real-time* ke *server* atau *platform cloud*. Bentuk fisik NodeMCU ESP8266 yang digunakan dalam sistem sebagai *LoRa Gateway* dapat dilihat Gambar 2.2.



Gambar 2. 2 NodeMCU ESP8266

NodeMCU ESP8266 dapat diprogram menggunakan berbagai lingkungan pengembangan seperti *Arduino IDE*, yang merupakan pilihan populer karena menyediakan pustaka luas dan dokumentasi yang lengkap, memudahkan pengembang dalam memanfaatkan fitur mikrokontroler ini. Dengan ukuran yang kompak, NodeMCU ESP8266 mudah diintegrasikan ke dalam berbagai perangkat *IoT*. Chip ESP8266 mendukung komunikasi nirkabel hingga frekuensi 2,4 GHz, sehingga memungkinkan pengiriman data secara cepat dan efisien. Selain itu, biaya yang relatif rendah menjadikan NodeMCU ESP8266 sebagai pilihan utama dalam pengembangan perangkat pintar.

### **2.2.5 Module LCD I2C**

*Liquid Crystal Display Inter-Integrated Circuit* (LCD I2C) adalah modul tampilan berbasis teknologi layar kristal cair yang menggunakan antarmuka komunikasi serial dua kabel, yaitu *Serial Data Line* (SDA) dan *Serial Clock Line* (SCL)[10]. Modul ini dirancang untuk menampilkan data dengan efisiensi tinggi dalam penggunaan pin pada mikrokontroler. Dibandingkan dengan *LCD* standar yang memerlukan 8 hingga 16 pin untuk beroperasi, LCD I2C hanya membutuhkan 2 pin untuk komunikasi data, sehingga sangat cocok digunakan pada proyek yang melibatkan mikrokontroler dengan keterbatasan pin, seperti NodeMCU ESP8266. Bentuk fisik LCD I2C 16x2 yang digunakan dalam sistem untuk menampilkan status volume sampah secara langsung dapat dilihat pada Gambar 2.3.



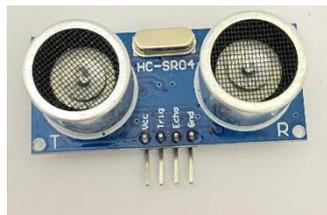
Gambar 2. 3 LCD I2C 16x2

LCD I2C terdiri dari dua komponen utama, yaitu modul *LCD* itu sendiri dan adaptor I2C yang terpasang di bagian belakang layar. Adaptor I2C berfungsi sebagai *interface* komunikasi antara mikrokontroler dan *LCD*, memungkinkan data dari mikrokontroler diterjemahkan menjadi karakter yang ditampilkan di layar. Modul ini mendukung berbagai ukuran tampilan, seperti 16x2 (16 karakter dalam 2 baris) atau 20x4 (20 karakter dalam 4 baris), yang dapat disesuaikan dengan kebutuhan aplikasi.

Keunggulan utama LCD I2C adalah kemudahan penggunaannya. Dengan dukungan *library* seperti *LiquidCrystal\_I2C*, pengembang dapat mengontrol modul ini dengan hanya beberapa baris kode. Fungsi seperti menulis teks, menghapus layar, atau mengatur posisi kursor dapat dilakukan dengan perintah sederhana, sehingga mempersingkat waktu pengembangan sistem. Selain itu, LCD I2C memiliki konsumsi daya yang rendah, menjadikannya pilihan ideal untuk aplikasi *IoT* yang membutuhkan efisiensi energi.

### 2.2.6 Sensor Ultrasonik HC-SR04

Sensor ultrasonik HC-SR04 adalah perangkat elektronik yang digunakan untuk mengukur jarak antara sensor dan objek dengan memanfaatkan gelombang ultrasonik. Sensor ini bekerja berdasarkan prinsip pantulan gelombang suara pada frekuensi tinggi (40 kHz), yang tidak dapat didengar oleh manusia[11]. Gelombang suara ini dipancarkan oleh *transmitter*, kemudian dipantulkan kembali oleh permukaan objek dan ditangkap oleh *receivr*. Bentuk fisik dari sensor ultrasonik HC-SR04 yang digunakan dalam sistem Tempat Sampah Pintar untuk mendeteksi volume sampah dan keberadaan objek dapat dilihat pada Gambar 2.4.



Gambar 2. 4 Sensor Ultrasonik HC-SR04

HC-SR04 memiliki spesifikasi teknis yang menjadikannya ideal untuk berbagai aplikasi, termasuk sistem *IoT* dan perangkat pintar. Sensor ini memiliki jarak deteksi efektif antara 2 cm hingga 400 cm, dengan akurasi sekitar  $\pm 3$  mm. Tegangan operasionalnya berkisar antara 4,5V hingga 5V, sehingga kompatibel dengan berbagai mikrokontroler seperti NodeMCU ESP8266.

Sensor ultrasonik HC-SR04 terdiri dari empat pin: sumber daya (*VCC*), *Ground* (*GND*), *trigger* (*TRIG*), dan *ECHO*. Pin *TRIG*

digunakan untuk memicu pemancaran gelombang ultrasonik, sementara pin *ECHO* menghasilkan sinyal output berdasarkan waktu tempuh pantulan gelombang. Dengan integrasi yang tepat menggunakan perangkat lunak, ultrasonik HC-SR04 dapat memberikan pengukuran jarak yang akurat dan konsisten.

### 2.2.7 Baterai Lithium-Ion

Dalam proyek pengembangan Tempat Sampah Pintar Berbasis *IoT* untuk Monitoring Volume Sampah Secara *Real-Time*, sistem tidak menggunakan *power supply* konvensional seperti yang biasa ditemukan pada komputer desktop. Sebagai gantinya, digunakan baterai *lithium-ion* (Li-ion) sebagai sumber daya utama, khususnya untuk unit *LoRa Gateway*. Bentuk fisik baterai *Li-ion* yang digunakan sebagai sumber daya utama pada unit *gateway* dalam sistem Tempat Sampah Pintar dapat dilihat pada gambar 2.5.



Gambar 2. 5 Baterai *Li-ion*

Fungsi Baterai *Li-ion* dalam Sistem yaitu dapat menyuplai daya secara langsung ke *LoRa Gateway* untuk menjaga komunikasi antar perangkat tetap aktif. Selain itu juga menjaga efisiensi energi, karena konsumsi daya dari modul *LoRa* dan *NodeMCU* cenderung rendah dan

sangat mendukung fleksibilitas pemasangan, memungkinkan *gateway* diposisikan di titik strategis tanpa harus menarik kabel listrik[12].

### 2.2.8 Motor Servo

*Motor Servo* adalah jenis motor listrik yang dirancang untuk mengontrol pergerakan dengan presisi tinggi. Motor ini bekerja berdasarkan sistem *closed-loop*, di mana sensor *internal* seperti potensiometer atau *encoder* memberikan umpan balik (feedback) secara *real time* kepada pengendali (controller). *Motor Servo* biasanya terdiri dari tiga komponen utama, yaitu motor penggerak (DC atau AC), rangkaian kontrol, dan sensor posisi[13]. Beberapa jenis motor servo modern juga telah dilengkapi dengan pengendali internal dan hanya membutuhkan sinyal *PWM* sebagai input kontrol. Bentuk fisik *motor servo* yang digunakan dalam sistem ini untuk menggerakkan tutup tempat sampah secara otomatis berdasarkan deteksi objek dapat dilihat pada Gambar 2.6.



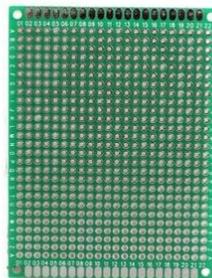
Gambar 2. 6 Motor Servo Tower Pro 180

Keunggulannya terletak pada kemampuan untuk merespons dengan cepat dan mempertahankan posisi meskipun menghadapi gangguan eksternal. Namun, *motor servo* juga memiliki keterbatasan,

seperti torsi yang terbatas pada kecepatan tinggi serta kebutuhan sistem kontrol yang lebih kompleks. Meskipun demikian, keandalan motor servo dalam mengubah sinyal elektronik menjadi gerakan mekanis yang presisi menjadikannya komponen vital dalam berbagai teknologi modern.

### 2.2.9 Printed Circuit Board (PCB)

*Printed Circuit Board* adalah komponen elektronik yang berfungsi sebagai media untuk menghubungkan dan mendukung berbagai komponen elektronik dalam suatu rangkaian. *PCB* dirancang menggunakan lapisan material isolator, seperti *fiberglass*, yang dilapisi dengan jalur konduktor berbahan tembaga. Jalur konduktor ini dicetak secara presisi untuk menghubungkan berbagai komponen seperti resistor, kapasitor, dioda, dan mikrokontroler. Bentuk fisik papan *PCB* yang digunakan dalam sistem Tempat Sampah Pintar untuk merangkai dan menghubungkan seluruh komponen elektronik secara terorganisir yang dapat dilihat pada Gambar 2.7.



Gambar 2. 7 *Printed Circuit Board* (PCB)

*PCB* mempermudah proses perakitan rangkaian elektronik dengan menyediakan dasar yang stabil dan terorganisir, sekaligus

memungkinkan aliran sinyal dan daya antar komponen. Dalam perangkat *IoT*, *PCB* digunakan untuk menyatukan sensor, mikrokontroler, modul komunikasi, dan komponen pendukung lainnya dalam sebuah sistem yang kompak dan andal.

### 2.2.10 Kabel Flat

Kabel Flat, atau yang sering disebut kabel pita 6 jalur, adalah jenis kabel elektrik yang terdiri dari beberapa kabel sejajar yang terikat menjadi satu baris datar seperti pita. Kabel ini biasanya digunakan untuk menghubungkan beberapa komponen elektronik dalam satu sistem secara rapi dan terorganisir. Dengan enam jalur paralel, kabel ini memungkinkan transmisi sinyal data atau daya ke beberapa titik sekaligus dalam satu waktu. Bentuk fisik Kabel Flat dapat dilihat pada Gambar 2.8.



Gambar 2. 8 Kabel Flat (6 Jalur)

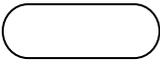
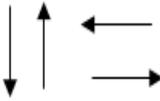
Kabel flat 6 jalur sering kali digunakan bersama dengan konektor seperti header pin atau soket *IDC*, dan sangat cocok untuk koneksi antar modul pada breadboard, *PCB*, atau perangkat kontrol otomatis lainnya. Keunggulan dari kabel ini adalah kemudahan instalasi, efisiensi ruang,

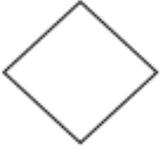
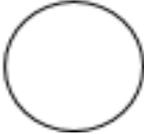
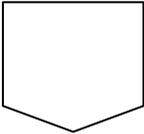
dan kemampuan untuk menjaga keteraturan jalur sinyal. Kabel ini juga dapat digunakan untuk koneksi antara sensor, motor, atau tampilan LCD pada berbagai proyek elektronik dan *embedded system*.

### 2.2.11 Flowchart

*Flowchart* adalah 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. Dalam perancangan *flowchart* sebenarnya tidak ada rumus atau patokan yang bersifat mutlak (pasti)[14]. Hal ini didasari oleh *flowchart* (bagan alir) adalah sebuah gambaran dari hasil pemikiran dalam menganalisa suatu permasalahan dalam komputer. Karena setiap analisa akan menghasilkan hasil yang bervariasi antara satu dan lainnya. Untuk memahami simbol-simbol yang digunakan dalam pembuatan *flowchart* sistem ini, berikut disajikan penjelasan simbol *flowchart* dalam Tabel 2.1 berikut.

Tabel 2. 1 Simbol *Flowchart*

Simbol	Nama	Fungsi
	Terminator	Menunjukkan permulaan ( <i>start</i> ) atau akhir ( <i>stop</i> ) dari suatu proses.
	Flow Direction (Garis Alir)	Simbol ini berfungsi sebagai penghubung antar simbol dan menunjukkan alur proses.
	Process	Simbol ini menunjukkan aktivitas komputer atau inspeksi dalam proses produksi.

Simbol	Nama	Fungsi
	Decision	Simbol ini digunakan untuk memilih proses berdasarkan kondisi dan menentukan langkah selanjutnya.
	Input/Output Data	Menunjukkan proses <i>input</i> dan output data, parameter serta informasi.
	Predefined Process	Simbol ini menunjukkan pelaksanaan sub-proses yang belum dirinci dan akan dijelaskan di bagian lain.
	Connector (On- Page)	Simbol ini berfungsi menyederhanakan hubungan antar simbol yang berjauhan agar tidak rumit saat dihubungkan dalam satu halaman.
	Connector (Off- Page)	Sama seperti <i>on-page connector</i> , namun digunakan untuk menghubungkan simbol antar halaman. Labelnya bisa berupa huruf atau angka.

### 2.2.12 Diagram Blok

*Diagram Blok* merupakan representasi grafis yang digunakan untuk menggambarkan hubungan antar komponen dalam suatu sistem kendali. Diagram ini menyajikan alur proses dan fungsi dari masing-masing bagian sistem secara sistematis, sehingga mempermudah proses analisis dan perancangan sistem.

Dalam blok diagram, setiap elemen sistem direpresentasikan oleh sebuah blok fungsional, dan hubungan antar blok tersebut digambarkan dengan panah yang menunjukkan arah aliran sinyal atau informasi. Diagram ini lebih menekankan pada perilaku fungsional dan dinamis dari sistem, bukan pada bentuk fisik atau struktur aktual dari perangkat keras yang digunakan.

Perlu diketahui bahwa satu sistem dapat divisualisasikan dalam berbagai versi *blok diagram*, tergantung dari sudut pandang atau pendekatan analisis yang digunakan oleh perancang sistem.

Komponen-komponen utama dalam *Blok Diagram*:

#### 1. *Functional Block* (Blok Fungsional)

Blok ini menggambarkan fungsi tertentu dari suatu komponen atau proses dalam sistem. Bentuknya umumnya berupa persegi panjang. Terdapat panah masuk (input) yang menunjukkan sinyal masuk ke dalam blok. Serta panah keluar (output) yang menggambarkan sinyal hasil keluaran dari blok tersebut. Blok ini menunjukkan transfer fungsi yang berlangsung, misalnya proses pengolahan data, konversi sinyal, atau kendali otomatis.

#### 2. *Summing Point* (Titik Penjumlahan)

Titik ini digunakan untuk menjumlahkan atau mengurangi beberapa sinyal masukan. Biasanya digambarkan sebagai lingkaran kecil dengan simbol + dan - (atau  $\times$ ) di dalamnya. Tanda polaritas (+

atau  $\rightarrow$ ) menunjukkan jenis operasi matematis yang dilakukan terhadap masing-masing sinyal input.

### 3. *Branching Point* (Titik Percabangan)

Titik percabangan digunakan ketika satu sinyal keluaran perlu dikirim ke lebih dari satu blok fungsional sekaligus. Fungsinya adalah untuk menduplikasi sinyal tanpa mengubah nilainya, sehingga sinyal yang sama dapat dimanfaatkan oleh beberapa bagian sistem secara bersamaan.

### 4. *Connecting Line* (Arah Aliran Sinyal)

Garis yang menghubungkan satu blok dengan blok lainnya dalam blok diagram. Garis ini biasanya digambarkan dalam bentuk panah dan menunjukkan arah aliran data atau sinyal di antara komponen-komponen sistem. Keberadaan simbol ini sangat penting karena membantu pembaca memahami urutan proses dan interaksi antar blok dalam sistem secara keseluruhan.