

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Terdahulu

Dalam melakukan perancangan sistem monitoring *smart bins* berbasis iot, peneliti menjadikan beberapa penelitian terdahulu sebagai referensi untuk melakukan pengembangan lebih lanjut terhadap sistem keamanan berbasis teknologi *Internet of Things* (IoT). Adapun beberapa penelitian yang dijadikan sebagai acuan dalam perancangan sistem ini mencakup studi terkait penggunaan sensor, mikrokontroler, dan sistem notifikasi yang berperan penting dalam mengoptimalkan deteksi dan respon terhadap kandungan gas pada tempat sampah berbasis IoT. Berikut adalah beberapa penelitian yang relevan dengan proyek ini.

Penelitian (Juwariyah et al., 2020) berjudul “SISTEM MONITORING TERPADU *SMART BINS* BERBASIS IoT MENGGUNAKAN APLIKASI BLYNK” Penelitian Juwariyah et al. (2020) berhasil mengintegrasikan Wemos D1 Mini dengan sensor HC-SR04 dan DHT22 untuk membangun sistem monitoring dua bak sampah. Sistem ini memanfaatkan aplikasi Blynk untuk menampilkan parameter ketinggian sampah, suhu, dan kelembapan secara *real-time*. Visualisasi indikator dalam bentuk warna hijau, kuning, dan merah memberikan gambaran kondisi bak sampah secara intuitif. Hasil uji coba menunjukkan bahwa sistem mampu memantau dua bak sampah secara simultan. Data ketinggian sampah ditampilkan dalam Level Virtual dengan berbagai warna, sementara suhu dan kelembapan ditampilkan dalam angka numerik. Studi ini menyimpulkan bahwa teknologi IoT dapat diterapkan secara efektif untuk pengelolaan sampah yang lebih efisien (Juwariyah, 2020).

Penelitian (Yahya & Alfi, 2018) berjudul “PURWARUPA KOTAK SAMPAH PINTAR BERBASIS IoT (*Internet of Things*)” menggunakan Flame sensor yang berfungsi mendeteksi keberadaan nyala api berdasarkan panjang gelombang tertentu (760 nm–1100 nm). Sensor ini menggunakan transduser inframerah (IR) untuk mendeteksi nyala api dan menghasilkan sinyal digital sebagai output. Flame sensor dipasang dalam sistem untuk meningkatkan keamanan dengan

mendeteksi kebakaran pada kotak sampah (Yahya & Alfi, 2018). Sensor ultrasonik HC-SR04 digunakan untuk mengukur jarak dengan memanfaatkan gelombang ultrasonik. Sensor ini mengukur waktu antara pengiriman dan penerimaan gelombang untuk menentukan jarak objek. Dalam penelitian ini, sensor ultrasonik digunakan untuk mendeteksi tingkat kepenuhan sampah dalam kotak dan menggunakan Mikrokontroler yaitu chip yang berfungsi sebagai pengendali sistem elektronik, terdiri dari CPU, memori, I/O, dan perangkat pendukung lainnya. Salah satu jenis mikrokontroler yang banyak digunakan adalah Arduino Uno, yang berbasis mikroprosesor ATmega328. Arduino Uno bersifat open source, sehingga mudah digunakan untuk berbagai proyek elektronik (Yahya & Alfi, 2018).

Penelitian berjudul “Tempat Sampah Pintar Berbasis IoT” memfokuskan kepada Perilaku masyarakat yang sering membuang sampah sembarangan menjadi salah satu faktor yang memengaruhi kebersihan lingkungan. Hal ini membutuhkan inovasi berupa tempat sampah pintar berbasis teknologi *Internet of Things* (IoT). Dalam penelitian yang dilakukan oleh Syaljumairi et al. (2023), dikembangkan sebuah prototipe tempat sampah pintar yang dirancang untuk mengelola sampah menggunakan beberapa teknologi sensor. NodeMCU digunakan sebagai mikrokontroler utama yang terhubung dengan modul Wi-Fi, memungkinkan pengiriman data ke aplikasi seperti *Telegram*. Perangkat ini bertindak sebagai pusat pengendalian dan pemrosesan data dari berbagai sensor. Sensor ultrasonik digunakan untuk mengukur jarak objek, seperti mendeteksi apakah sampah di dalam tempat sampah sudah penuh atau masih memiliki kapasitas. Sensor ini juga berfungsi membuka tutup tempat sampah secara otomatis jika mendeteksi adanya objek pada jarak tertentu. Sensor hujan berfungsi untuk mendeteksi keberadaan air pada objek sampah, yang kemudian digunakan untuk membedakan jenis sampah basah dan kering. Data yang dihasilkan sensor ini membantu motor servo dalam memisahkan sampah secara otomatis. Motor servo digunakan untuk membuka dan menutup tutup tempat sampah, serta menggerakkan pemilah sampah ke bagian yang sesuai (basah atau kering). Teknologi ini memberikan efisiensi dalam pengelolaan sampah (Syaljumairi et al., 2023).

Tabel 2.1 Penelitian Terdahulu

NO	NAMA	JUDUL	KOMPONEN	HASIL
1	Juwariyah	Sistem Monitoring Terpadu Smart Bins Berbasis IOT Menggunakan Aplikasi Blynk	• HC-SR04 • DHT22 • Microcontroller ESP8266 • Arduino IDE • Smartphone	Penelitian Juwariyah et al. (2020) berhasil mengintegrasikan Wemos D1 Mini dengan sensor HC-SR04 dan DHT22 untuk membangun sistem monitoring dua bak sampah. Sistem ini memanfaatkan aplikasi Blynk untuk menampilkan parameter ketinggian sampah, suhu, dan kelembapan secara <i>real-time</i>. Visualisasi indikator dalam bentuk warna hijau, kuning, dan merah memberikan gambaran kondisi bak sampah secara intuitif. Hasil uji coba menunjukkan bahwa sistem mampu memantau dua bak sampah secara simultan. Data ketinggian sampah ditampilkan dalam Level Virtual dengan berbagai warna, sementara suhu dan kelembapan ditampilkan dalam angka numerik. Studi ini menyimpulkan bahwa teknologi IoT dapat diterapkan secara efektif untuk pengelolaan sampah yang lebih efisien.

NO	NAMA	JUDUL	KOMPONEN	HASIL
----	------	-------	----------	-------

2	Yahya, Alfi	Purwarupa Kotak Sampah Pintar Berbasis IoT (<i>Internet of Things</i>)	• ESP8266 • HC-SR04 • Sensor Api • Motor Servo • Aplikasi Cayenne	integrasi IoT dengan teknologi sensor dan mikrokontroler dalam sistem kotak sampah pintar telah terbukti meningkatkan efisiensi pengelolaan sampah. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi lebih lanjut dengan fitur tambahan, seperti deteksi kebakaran dan integrasi sistem berbasis aplikasi Cayenne, untuk solusi pengelolaan sampah yang lebih efektif dan aman.
3	Syaljumairi	Tempat Sampah Pintar Berbasis IoT	• ESP8266 • Sensor hujan FC-37 • HC-SR04 • Motor Servo • LCD • Aplikasi Telegram	Penelitian ini menghasilkan tempat sampah pintar yang mampu memberikan notifikasi melalui <i>Telegram</i> jika tempat sampah penuh, menampilkan status sampah pada LCD, serta memilah sampah secara otomatis. Komponen-komponen utama seperti NodeMCU, sensor ultrasonik, dan sensor rain telah diuji secara fungsional dengan hasil yang memuaskan. Menurut pengujian yang dilakukan, nilai sensor rain yang lebih kecil dari 1000 menandakan sampah basah, sementara nilai

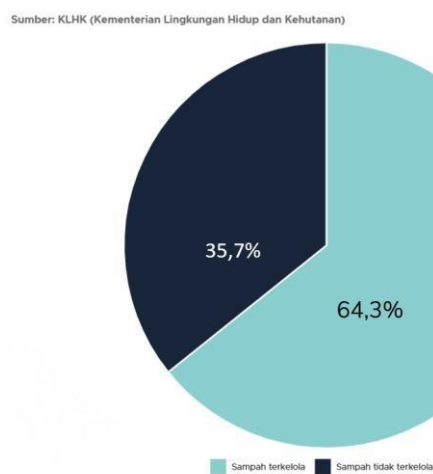
NO	NAMA	JUDUL	KOMPONEN	HASIL
----	------	-------	----------	-------

				lebih besar atau sama dengan 1000 menandakan sampah kering. Tempat sampah ini juga memberikan solusi untuk masalah kapasitas dengan memberikan notifikasi ke pengguna atau pengelola jika sudah penuh.
--	--	--	--	---

2.2 Landasan Teori

2.2.1 Jumlah Sampah Tak Terkelola

Menurut data Sistem Pengolahan Sampah Nasional (SIPSN) Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (KLHK) 2023, hingga 24 Juli 2024, timbunan sampah nasional dari 290 kabupaten/kota mencapai 31,9 juta ton. Dari jumlah tersebut, 64,3% atau 20,5 juta ton dapat terkelola, sementara 35,7% atau 11,4 juta ton tidak terkelola dengan baik.



Gambar 2.1 *Jumlah Sampah yang tidak Terkelola* (Tahun 14 Oktober 2024)

Merujuk pada Peraturan Menteri LHK Nomor 6 Tahun 2022 tentang Pengelolaan Sampah, sampah yang berstatus terkelola tercatat masuk ke fasilitas pengolahan seperti bank sampah, pusat daur ulang (PDU), pusat olah organik (POO), maupun tempat pengolahan sampah terpadu (TPST). Sementara itu, sampah yang tidak masuk ke dalam fasilitas tersebut dikategorikan sebagai sampah yang tidak terkelola.

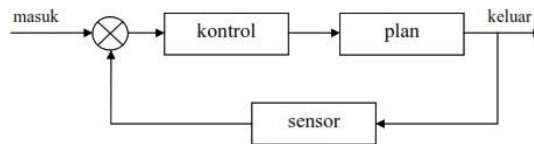
Meningkatnya jumlah penduduk ditambah dengan fasilitas pembuangan maupun pengelolaan sampah yang jumlahnya masih terbatas, menjadi tantangan dalam mengelola sampah nasional. Selain itu, salah satu penyumbang sampah terbesar di Indonesia berasal dari level rumah tangga (Rayya Adila Sakinah, 2024).

2.2.2 Sistem Kontrol

Sistem kontrol atau sistem kendali adalah kumpulan dari beberapa komponen yang saling terhubung satu sama lainnya, sehingga membentuk suatu tujuan tertentu yaitu mengendalikan atau mengatur suatu sistem. Sistem kontrol terbagi menjadi dua jenis yaitu sistem kontrol loop terbuka dan sistem kontrol loop tertutup (Rio Wahyudi & Edidas, 2022).



Gambar 2.2 Sistem Kontrol Loop Terbuka



Gambar 2.3 Sistem Kontrol Loop Tertutup

2.2.3 ESP32

Penelitian ini memanfaatkan ESP32 sebagai pusat kendali sistem rumah pintar yang terhubung dengan jaringan internet. ESP32 menerima data dari berbagai sensor, mengendalikan perangkat elektronik, serta mengirimkan data ke server berbasis web sehingga pengguna dapat melakukan monitoring dan pengendalian secara real-time. Penelitian ini menunjukkan bahwa ESP32 memiliki kemampuan komunikasi yang baik serta mudah diintegrasikan dengan berbagai sensor dan aktuator (ESPRESSIF, 2018).



Gambar 2.4 ESP32

Adapun identitas dari Mikrokontroler ESP32 yaitu pada tabel 2.2.

Tabel 2.2 Identitas ESP32

Mikrokontroler	ESP32
Operating Voltage	3,3 V
Input Voltage (limits)	5 V
SPI Flash	Default 32Mbit
RAM	SRAM 520 KB
Bluetooth	Bluetooth Classic and BLE standards
Wi-Fi	802.11b/g/n 2.4 GHz
Support Interface	UART, SPI, I2C, PWM
IO Ports	34
Spectrum Range	2412 ~ 2484 MHz
Antenna	Onboard PCB antenna, gain 2 dBi

Operating Temperature	-40 °C ~ 85 °C
Mikrokontroler	ESP32
Weight	10 g

2.2.4 Sensor INFRARED

Sensor Infrared HW-201 bekerja dengan memanfaatkan pantulan cahaya inframerah untuk mendeteksi keberadaan suatu objek. Cahaya inframerah dipancarkan oleh LED IR, kemudian dipantulkan oleh objek dan diterima kembali oleh fotodioda. Perubahan intensitas cahaya yang diterima akan menghasilkan perubahan sinyal logika pada keluaran sensor yang selanjutnya diproses oleh mikrokontroler. Modul HW-201 memiliki kinerja yang cepat, stabil, dan mudah diintegrasikan dengan sistem berbasis mikrokontroler. Pada penelitian ini, sensor HW-201 dimanfaatkan untuk mendeteksi ketinggian sampah pada masing-masing tempat sampah sehingga ESP32 dapat mengetahui kondisi kapasitas tempat sampah dan mengirimkan notifikasi apabila kapasitas telah mencapai batas yang ditentukan (Rejeki et al., 2024).



Gambar 2.5 Sensor INFRARED

modul HW-201 memiliki kinerja yang cepat, stabil, dan mudah diintegrasikan dengan sistem berbasis mikrokontroler. Pada penelitian ini, sensor HW-201 dimanfaatkan untuk mendeteksi ketinggian sampah pada masing-masing tempat sampah sehingga ESP32 dapat mengetahui kondisi kapasitas tempat sampah dan mengirimkan notifikasi apabila kapasitas telah mencapai batas yang ditentukan.

Tabel 2.3 Sensor INFRARED

Mikrokontroller	INFRARED
IC Komparator	LM393
Store Temperature / Humidity	-20°C to +65°C / 5% to 60% RH
Operating Voltage	3,3V – 5V
Input Voltage	15 – 20 mA
Detection Distance	Approximately 2–30 cm (adjustable)
Detection Angle	Approximately $\pm 35^\circ$
Output Type	Digital
Infrared Wavelength	940 nm
Sensitivity Adjustment	Built-in Potentiometer
Indicator LEDs	Power LED and Detection LED
Module Dimensions	31 mm × 15 mm

2.2.5 Sensor MQ-137

Sensor MQ-137 merupakan sensor gas berbasis semikonduktor yang dirancang untuk mendeteksi keberadaan dan konsentrasi gas amonia (NH_3) di udara. Prinsip kerja sensor ini didasarkan pada perubahan nilai resistansi pada material sensitif ketika terpapar gas amonia. Perubahan resistansi tersebut kemudian menghasilkan perubahan tegangan keluaran yang dapat dibaca oleh mikrokontroler melalui pin masukan analog untuk selanjutnya diolah menjadi informasi mengenai kadar gas. Karena memiliki sensitivitas yang tinggi terhadap gas amonia, sensor MQ-137 banyak dimanfaatkan pada sistem pemantauan kualitas udara, sektor industri, peternakan, serta berbagai aplikasi berbasis Internet of Things (IoT) (Salfikar et al., 2021).



Gambar 2.6 Sensor MQ-137

Sensor MQ-137 adalah sensor gas semikonduktor yang digunakan untuk mendeteksi konsentrasi gas amonia (NH_3) di lingkungan. Sensor ini bekerja dengan memanfaatkan perubahan resistansi pada elemen sensitif akibat paparan gas amonia. Perubahan tersebut akan dikonversi menjadi perubahan tegangan keluaran yang selanjutnya dibaca oleh mikrokontroler melalui masukan analog. sensor MQ-137 memiliki sensitivitas yang baik terhadap gas amonia sehingga banyak diterapkan pada sistem pemantauan kualitas udara berbasis Internet of Things (IoT). Pada penelitian ini, sensor MQ-137 digunakan untuk mendeteksi gas amonia yang dihasilkan dari proses pembusukan sampah organik pada tong sampah basah. Data hasil pembacaan sensor kemudian diproses oleh ESP32 untuk memberikan notifikasi kepada pengguna melalui Telegram .

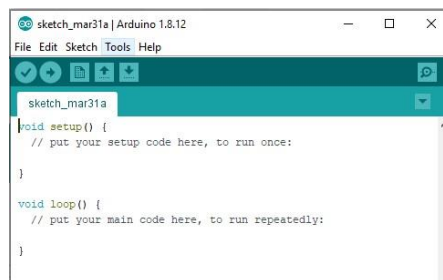
Tabel 2.4 Sensor MQ-137

Mikrokontroller	INFRARED
Target Gas	Ammonia (NH_3)
Sensor Type	Metal Oxide Semiconductor (MOS)
Sensing Material	Tin Dioxide (SnO_2)
Detection Range	5 – 500 ppm NH_3
Heater Voltage (VH)	5.0 V $\pm$ 0.1 V
Heater Resistance (RH)	31 $\Omega \pm$ 3 Ω
Heater Power Consumption	$\leq$ 900 mW
Loop Voltage (VC)	5V

Load Resistance (RL)	10–47 kΩ
Operating Temperature	-10°C to +50°C
Module Dimensions	31 mm × 15 mm
Output Type	Analog Voltage
Response Time	≤ 10 seconds
Recovery Time	≤ 30 seconds

2.2.6 Arduino Uno

Arduino Uno memakai Arduino IDE untuk melakukan penulisan program, *compile* serta *upload* program ke board arduino. *Software* IDE itu merupakan kependekan dari Integrated Development Environment, atau secara bahasa mudahnya merupakan lingkungan terintegrasi yang digunakan untuk melakukan pengembangan. Disebut sebagai lingkungan karena melalui software inilah Arduino dilakukan pemrograman untuk melakukan fungsi-fungsi yang dinamakan melalui sintaks pemrograman. Program yang ditulis dengan menggunakan Arduino Software (IDE) disebut sebagai sketch. Sketch ditulis dalam suatu editor teks dan disimpan dalam file dengan ekstensi. Gambar 2.7 merupakan tampilan awal dari Arduino IDE.

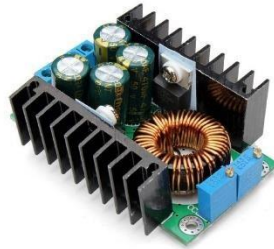


Gambar 2.7 Tampilan Arduino IDE

2.2.7 Modul Step-Down 300W 10A DC-DC Buck Converter

Modul Step-Down 300W 10A DC-DC Buck Converter merupakan konverter daya yang berfungsi untuk menurunkan tegangan arus searah (DC) dari nilai yang lebih tinggi menjadi tegangan yang lebih rendah dengan tingkat efisiensi yang tinggi. Modul ini mampu menerima tegangan masukan pada kisaran 6 V hingga 40 V DC dan menghasilkan tegangan keluaran yang dapat

diatur antara 1,2 V hingga 36 V DC melalui potensiometer (*trimpot*). Selain itu, modul ini mampu menangani arus keluaran hingga 10 A dengan daya maksimum sekitar 300 W, sehingga sesuai digunakan pada sistem yang membutuhkan suplai daya dengan kapasitas arus yang besar. Pada penelitian ini, modul Step-Down 300W 10A DC-DC Buck Converter digunakan untuk menurunkan tegangan dari catu daya 12 V DC menjadi tegangan kerja yang dibutuhkan oleh ESP32, motor servo, dan sensor-sensor pada sistem Smart Bin. Penggunaan modul ini bertujuan untuk menyediakan tegangan yang stabil, melindungi komponen elektronik dari tegangan berlebih, serta meningkatkan keandalan dan kestabilan sistem selama proses pemantauan dan pengendalian tempat sampah berbasis Internet of Things (IoT) berbasis *Internet of Things* (Suhardianto et al., 2015).



Gambar 2.8 Modul Step-Down 300W 10A DC-DC Buck Converter

2.2.8 Motor Servo



Gambar 2.9 Motor Servo

Motor servo MG996R dilengkapi dengan kabel sepanjang sekitar 30 cm yang menggunakan konektor 3-pin female sehingga kompatibel dengan berbagai jenis mikrokontroler. Motor servo MG995 merupakan salah satu jenis aktuator yang dikendalikan menggunakan sinyal Pulse Width Modulation (PWM) untuk menghasilkan pergerakan sudut pada poros keluaran. Servo ini dilengkapi dengan sistem metal gear yang mampu menghasilkan torsi lebih besar dan memiliki daya tahan yang lebih baik dibandingkan servo dengan roda gigi plastik. Berdasarkan datasheet Tower Pro (2021), MG995 bekerja pada tegangan 4,8–7,2 V DC, memiliki torsi maksimum sekitar 10 kg·cm pada 6 V, serta kecepatan putaran sekitar 0,16 detik per 60°. Karakteristik tersebut menjadikan motor servo MG995 sesuai digunakan sebagai aktuator pada sistem Smart Bin untuk menggerakkan mekanisme pembuka dan penutup tutup tempat sampah secara otomatis, karena mampu mengangkat beban dengan pergerakan yang stabil dan terkontrol (Tower Pro Technology Co., 2021).

Tabel 2.5 Motor Servo

Mikrokontroller	INFRARED
Rotation Angle	0° – 180°
Operating Voltage	4.8 V – 7.2 V DC
Stall Torque	9.4 kg·cm (4.8 V), 11 kg·cm (6 V)
Operating Current	500–900 mA
Gear Material	Metal Gear
Control Signal	PWM (Pulse Width Modulation)
Cable Length	30 cm
Weight	55 g
Operating Temperature	0°C to 55°C

2.2.9 Ultrasonic HY-SRF05

Sensor ultrasonik HY-SRF05 merupakan sensor yang bekerja dengan memanfaatkan gelombang ultrasonik berfrekuensi **40 kHz** untuk mengukur jarak

antara sensor dan objek. Prinsip kerjanya dimulai dengan memancarkan gelombang ultrasonik melalui transduser pemancar, kemudian gelombang tersebut dipantulkan oleh objek dan diterima kembali oleh transduser penerima. Selanjutnya, mikrokontroler menghitung selang waktu antara sinyal yang dipancarkan dan sinyal pantul yang diterima untuk menentukan jarak objek. sensor HY-SRF05 memiliki tingkat akurasi yang baik dan layak digunakan pada aplikasi pengukuran jarak maupun deteksi objek berbasis mikrokontroler (Estu Broto et al., 2024).



Gambar 3.0 Ultrasonic HY-SRF05

Mikrokontroller	Ultrasonic
Operating Voltage	5 V DC
Operating Frequency	15–20 mA
Measuring Range	2 cm – 450 cm
Measuring Accuracy	±3 mm
Measuring Angle	15°
Response Time	50 ms
Cable Length	30 cm
Dimensions	43 mm × 20 mm × 17 mm
Operating Temperature	-15°C to +70°C