

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Yang Relevan

Dalam penyusunan Tugas akhir saya , penulis meninjau terlebih dahulu beberapa penelitian terkait sebagai bahan referensi. Tinjauan ini penting untuk memberikan dasar yang kuat dalam pengembangan sistem, khususnya dalam perancangan mesin pemilah sampah otomatis yang terintegrasi dengan teknologi Internet of Things (IoT) serta memanfaatkan energi surya sebagai sumber daya utama (PLTS)

Oleh karena itu, penelitian-penelitian sebelumnya berperan penting sebagai bahan analisis dan pembanding dalam penelitian ini. Beberapa karya ilmiah yang relevan, baik berupa artikel maupun jurnal, dapat dijadikan acuan dan dirangkum sebagai berikut:

1. (Siswipraptini et al., 2021) Penelitian yang dilakukan terkait integrasi rumah pintar dan panel surya dengan teknologi Internet Of Things menunjukkan bahwa sistem rumah pintar dapat dipantau dan dikendalikan melalui sensor, aktuator, serta perangkat pintar yang terhubung ke jaringan komunikasi. Sistem ini awalnya ditujukan untuk kenyamanan, namun kemudian juga menekankan pada efisiensi energi dengan memanfaatkan sumber energi hibrida. Panel surya ditambahkan pada prototipe, sementara algoritma Adaptive Linear Neural Network (ADALINE) digunakan untuk memprediksi keputusan berdasarkan kondisi terkini. Relevansi dengan penelitian ini adalah pemanfaatan teknologi Internet Of Things untuk integrasi perangkat, monitoring kondisi secara real-time, serta manajemen energi cerdas yang juga menjadi fokus utama pada penelitian skripsi ini.
2. (Meilia Nur Indah Susanti, Indrianto, Abdurrasyid 2020) Penelitian mengenai penerapan Internet Of Things pada sektor pertanian menunjukkan bahwa teknologi ini berperan penting dalam mendukung konsep Agriculture 4.0. Selama lima tahun terakhir, sektor pertanian di Indonesia memiliki distribusi

besar, tetapi masih banyak pelaku yang menggunakan metode konvensional sehingga menimbulkan masalah seperti penyiraman yang kurang optimal, pemberian pupuk yang tidak tepat, serta penggunaan pestisida berlebihan. Relevansi dengan penelitian ini adalah pemanfaatan Internet Of Things sebagai media monitoring dan kontrol otomatis pada lahan pertanian, yang sejalan dengan tujuan skripsi dalam mengembangkan sistem cerdas untuk meningkatkan efisiensi pertanian.

3. (Abdurrasyid et al., 2021) Penelitian terkait kualitas air pada budidaya crayfish menunjukkan bahwa meskipun ekspor crayfish Indonesia meningkat rata-rata 3,54% dan mencapai 7,09 juta USD pada 2019, angka tersebut belum mampu memenuhi permintaan global. Salah satu penyebab utama adalah kualitas air kolam yang kurang terjaga akibat keterbatasan pengalaman dan pengetahuan pembudidaya. Untuk mengatasi masalah ini, dikembangkan perangkat berbasis Internet of Things (IoT) yang berfungsi memantau suhu dan pH air secara real-time. Data sensor dikirim melalui modul ESP8266 yang terhubung dengan Arduino menuju cloud server, sehingga kondisi kolam dapat dipantau melalui smartphone. Sistem ini juga memanfaatkan metode perceptron untuk mengklasifikasikan kualitas air dengan tingkat akurasi mencapai 98,06%. Relevansi penelitian ini dengan skripsi adalah pemanfaatan IoT dalam memantau kondisi lingkungan secara real-time, pengiriman data sensor melalui cloud, serta integrasi aplikasi smartphone untuk mempermudah monitoring.
4. (Sheng et al., 2020) Penelitian mengenai sistem pengelolaan sampah menunjukkan bahwa metode tradisional yang berbasis jadwal harian tidak efisien dan memerlukan biaya tinggi. Selain itu, keberadaan tempat sampah daur ulang konvensional dinilai kurang efektif karena masyarakat tidak memilah sampah dengan benar. Dengan perkembangan Internet of Things (IoT) dan kecerdasan buatan (AI), sistem pengelolaan sampah tradisional dapat ditingkatkan melalui sensor pintar untuk pemantauan real-time. Dalam penelitian ini dikembangkan sistem smart waste management menggunakan protokol komunikasi LoRa dan model pembelajaran mendalam berbasis

TensorFlow. Sistem dirancang dengan beberapa kompartemen (logam, plastik, kertas, dan sampah umum) yang dikendalikan oleh servo motor. Proses deteksi objek dan klasifikasi sampah dilakukan dengan model object detection berbasis TensorFlow yang dijalankan pada Raspberry Pi 3, dengan kamera sebagai input data. Data hasil monitoring dikirim melalui LoRa, dan modul RFID ditambahkan untuk identifikasi petugas pengelola sampah. Relevansi dengan penelitian ini adalah pemanfaatan IoT dalam memantau kondisi tempat sampah secara real-time, penggunaan sensor untuk klasifikasi dan pemantauan kapasitas, serta integrasi komunikasi nirkabel (LoRa) dengan aplikasi berbasis AI. Konsep ini dapat menjadi acuan dalam pengembangan sistem pemilah sampah otomatis berbasis IoT yang terhubung ke aplikasi monitoring, seperti Blynk atau platform serupa, guna mendukung pengelolaan sampah yang lebih efisien.

5. (Dewangga et al., n.d.) Permasalahan pengelolaan sampah masih menjadi isu utama, terutama di daerah perkotaan dengan kepadatan penduduk yang tinggi. Rendahnya kesadaran masyarakat dalam memilah sampah organik, anorganik, dan logam menyebabkan sampah yang berpotensi didaur ulang justru menumpuk di tempat pembuangan akhir, menimbulkan pencemaran lingkungan, dan mempercepat kerusakan ekosistem. Untuk mengatasi hal tersebut, dibutuhkan solusi inovatif berupa sistem pemilah sampah otomatis yang efisien. Teknologi otomasi berbasis mikrokontroler menjadi salah satu pendekatan yang efektif, di mana Arduino Uno dapat dimanfaatkan sebagai pengendali utama karena mudah digunakan, fleksibel, dan berbiaya relatif rendah. Inti IoT yang relevan: Pemanfaatan mikrokontroler (Arduino/ESP32): Digunakan sebagai pusat kendali dalam sistem pemilah sampah otomatis. Integrasi sensor dan aktuator: Internet Of Things memungkinkan penggunaan sensor untuk mendeteksi jenis sampah serta aktuator (misalnya motor/servo) untuk mengarahkan sampah ke tempat yang sesuai. Otomatisasi pemilahan: Internet Of Things mendukung proses pemilahan sampah agar lebih cepat, efisien, dan dapat mengurangi ketergantungan pada kesadaran manual masyarakat.

6. (Alvianingsih et al., n.d.) Permasalahan penumpukan sampah masih menjadi dilema di berbagai negara karena proses pengangkutan dari Tempat Pembuangan Sementara ke Tempat Pembuangan Akhir seringkali lambat. Untuk mengatasinya, penelitian ini mengembangkan sistem monitoring ketinggian sampah pada alat pemilah sampah otomatis. Sistem ini memanfaatkan tiga sensor ultrasonik HC-SR04 yang ditempatkan pada masing-masing wadah sampah logam, organik, dan anorganik. Pengendalian dilakukan oleh mikrokontroler NodeMCU ESP8266 yang terhubung dengan internet sehingga data ketinggian sampah dapat dipantau secara real-time melalui aplikasi Blynk pada smartphone. Dari hasil pengujian, sistem terbukti mampu mendeteksi ketinggian sampah dalam rentang 0 hingga 25 cm dan dapat mengirimkan notifikasi saat wadah penuh dengan jangkauan hingga satu kilometer. Penelitian ini menunjukkan pemanfaatan Internet Of Things yang relevan sebagai solusi untuk meningkatkan efisiensi pengelolaan sampah melalui monitoring jarak jauh dan notifikasi otomatis.
7. (Falinda et al., 2023) Kurangnya kesadaran masyarakat dalam membuang sampah pada tempatnya dan memilahnya berdasarkan jenis sampah menjadi salah satu faktor utama terjadinya pencemaran lingkungan. Sampah yang tidak dikelola dengan baik dapat menimbulkan berbagai dampak negatif, baik bagi kesehatan manusia maupun ekosistem sekitar. Oleh karena itu, diperlukan upaya untuk membiasakan masyarakat dalam melakukan pemilahan sampah sejak tahap pembuangan, sehingga proses pengelolaan sampah dapat dilakukan secara lebih efektif dan efisien. Salah satu pendekatan yang dapat diterapkan adalah penggunaan teknologi berbasis Internet of Things (IoT) untuk mengembangkan alat pemilah sampah otomatis. Alat ini dirancang untuk memisahkan sampah menjadi beberapa kategori, yaitu sampah logam, plastik, dan organik, secara otomatis tanpa memerlukan intervensi manusia secara langsung. Dengan penerapan sistem Internet Of Things, proses pemantauan dan pengendalian tempat sampah dapat dilakukan secara real-time, sehingga mempermudah manajemen sampah dan meningkatkan kepedulian masyarakat terhadap lingkungan.

Sensor Proximity Inductive digunakan untuk mendeteksi sampah berbahan logam, sedangkan sensor Proximity Capacitive berfungsi untuk mengenali sampah berbahan plastik. Sementara itu, sensor Infrared dimanfaatkan untuk mengidentifikasi sampah organik. sDengan demikian, penggunaan teknologi ini tidak hanya mendukung pengelolaan sampah yang lebih baik, tetapi juga mendorong terbentuknya perilaku masyarakat yang lebih sadar akan pentingnya kebersihan dan keberlanjutan lingkungan.

8. (Bahaa et al., 2021) Di sektor swasta maupun berbagai organisasi, Internet of Things (IoT) telah berkembang pesat secara global. Peningkatan jumlah perangkat Internet Of Things dengan beragam protokol komunikasi turut memicu bertambahnya jenis serangan, seperti Denial-of-Service (DoS) dan Remote-to-Local (R2L). Berbagai pendekatan dan teknik – misalnya machine learning, data mining, dan analisis statistik – telah banyak digunakan untuk membangun model deteksi serangan Internet Of Things, karena mampu memberikan analisis yang lebih akurat. Berdasarkan kajian pustaka, teridentifikasi 49 studi primer yang mengembangkan model deteksi serangan Internet Of Things menggunakan tujuh teknik machine learning yang berbeda. Sebagian besar studi menggunakan dataset uji perangkat Internet Of Things (IoT testbed), sedangkan lainnya memanfaatkan dataset publik seperti NSL-KDD dan UNSW-NB15. Efektivitas model umumnya diukur dengan metrik numerik (akurasi, presisi, recall, F1-score) dan visualisasi grafis (ROC curve, confusion matrix). Hasil kajian menunjukkan sebagian besar serangan Internet Of Things terjadi pada lapisan jaringan. Selain itu, penerapan DevSecOps pipeline pada proses pengembangan perangkat Internet Of Things terbukti meningkatkan keamanan sistem. Yang paling relevan untuk penelitian ini adalah bahwa pengawasan dan pemantauan menjadi krusial dalam mendeteksi serangan sejak dini dan menjaga kinerja sistem Internet Of Things tetap optimal. Dengan mengintegrasikan metode machine learning ke dalam infrastruktur pemantauan yang bersifat real-time, organisasi dapat melakukan deteksi anomali dan respons cepat terhadap potensi ancaman. Pendekatan ini juga sejalan dengan konsep hybrid frameworks yang

menggabungkan beberapa teknik untuk meningkatkan akurasi dan mempercepat proses deteksi.

9. (Media's et al., 2019) Penelitian ini membahas rancangan sistem untuk mengendalikan dan memantau perangkat rumah tangga melalui smartphone. Tujuan utamanya adalah menghadirkan pengendalian dan pemantauan peralatan listrik berbasis Internet of Things (IoT) dengan menggunakan Raspberry Pi dan NodeMCU yang terintegrasi melalui framework Blynk. Metode penelitian dilakukan dengan membangun prototipe yang terdiri dari sensor, aktuator, Raspberry Pi, NodeMCU, dan smartphone. Sensor berfungsi mendeteksi kondisi perangkat, sedangkan aktuator mengendalikan gerakan atau operasi peralatan. Raspberry Pi bertindak sebagai server sekaligus penghubung ke internet, sementara NodeMCU berperan sebagai jembatan antara perangkat serta sensor di rumah dengan Raspberry Pi. NodeMCU membaca data sensor lalu mengirimkannya ke server, sedangkan server merespons permintaan dari smartphone yang telah diinstal aplikasi berbasis Blynk. Sistem ini dirancang memiliki mode otomatis saat pemilik rumah sedang offline, serta menyimpan seluruh log data sistem untuk pemantauan dan evaluasi. Dengan konfigurasi ini, pemilik rumah dapat melakukan monitoring secara real-time terhadap kondisi peralatan rumah tangga melalui smartphone, sekaligus mengakses rekaman data historis untuk analisis lebih lanjut. Pendekatan ini menunjukkan penerapan nyata Internet Of Things dan integrasi perangkat keras–perangkat lunak untuk menciptakan pengawasan jarak jauh yang responsif dan berkesinambungan.
10. (Indrianto et al., 2019) Keselamatan merupakan aspek penting dalam berkendara. Keamanan tidak hanya mencakup cara pengemudi mengendarai kendaraan, tetapi juga sistem keamanan pada kendaraan itu sendiri. Aset kendaraan, khususnya mobil atau taksi, merupakan investasi yang bernilai tinggi sehingga memerlukan perlindungan yang baik. Untuk menjaga aset tersebut, perusahaan membutuhkan sistem keamanan yang efektif agar investasi tetap terjaga. Penelitian ini menggunakan metode prototipe untuk merancang perangkat sesuai kebutuhan pengguna. Sistem memanfaatkan IoT

(Internet of Things) dan metode jarak Euclidean untuk menghitung jarak lokasi kejadian dengan kantor polisi terdekat. Dengan kemajuan teknologi, sistem ini diharapkan dapat membantu pengamanan taksi milik perusahaan atau pribadi (online) dengan lebih baik. Tujuan dari penelitian ini adalah menciptakan alat pengaman taksi dan pengemudi dari tindak kejahatan yang mungkin terjadi. Dengan dukungan IoT, lokasi kejadian dapat diketahui secara tepat dan akurat sehingga mempermudah pengambilan tindakan cepat. Pendekatan ini juga memungkinkan pemantauan keamanan secara real-time dan pengiriman notifikasi otomatis ke pihak berwenang, sehingga risiko kerugian aset maupun ancaman keselamatan pengemudi dapat diminimalkan.

2.1.1 Metrik Penelitian

Tabel 2. 1 Metrik Penelitian

No	Tahun	Judul	Penulis	Metode	Hasil	Perbedaan dan Keterkaitan
1	2021	Integrasi Rumah Pintar dan Panel Surya dengan Teknologi IoT	Puji Catur Siswipraptini ; Rosida Nur Aziza; Iriansyah Sangadji; Indrianto; Riki Ruli A. Siregar; Grace Sondakh.	IoT, ADALIN E, Android App	Rumah pintar terintegrasi dengan panel surya, monitoring & kontrol via Android	Perbedaan: fokus rumah pintar, bukan sampah. Keterkaitan: sama-sama IoT + energi surya + monitoring real-time.
2	2020	Penerapan IoT pada Pertanian	Meilia Nur Indah Susanti;	IoT, monitoring lahan,	Monitoring lahan & otomatisasi	Perbedaan: fokus pertanian. Keterkaitan: sama-sama

No	Tahun	Judul	Penulis	Metode	Hasil	Perbedaan dan Keterkaitan
		(Agriculture 4.0)	Indrianto; Abdurrasyid.	otomatisasi	penyiraman/pemupukan	monitoring IoT real-time berbasis energi terbarukan.
3	2021	Pemantauan Kualitas Air Crayfish Berbasis IoT	A. Abdurrasyid; I. Indrianto; M. N. I. Susanti; Y. S. Purwanto.	IoT, ESP8266, Cloud, Perceptron	Monitoring suhu & pH air, akurasi 98,06%	Perbedaan: bidang perikanan. Keterkaitan: IoT + sensor + cloud + real-time monitoring mirip dengan sistem pemilah sampah.
4	2020	Smart Waste Management dengan IoT dan AI	Teoh Ji Sheng; Mohammad Shahidul Islam; Norbahiah Misran; Mohd Hafiz Baharuddin; Haslina Arshad; Md. Rashedul Islam; Muhammad E. H. Chowdhury; Hatem Rmili;	IoT, LoRa, Raspberry Pi, TensorFlow	Pemilahan & monitoring sampah otomatis dengan AI	Perbedaan: pakai AI & LoRa. Keterkaitan: sama-sama smart waste management dengan IoT & sensor real-time.

No	Tahun	Judul	Penulis	Metode	Hasil	Perbedaan dan Keterkaitan
			Mohammad Tariqul Islam.			
5	2025	Sistem Pemilah Sampah Otomatis Berbasis IoT	Prasetyo Dewangga Adi Roso; Fajar Aditya Ramadhan; Indra Rizky Fatha Saputra; Achmad Syamsuddiin	Arduino Uno, sensor & aktuator	Prototipe pemilah sampah otomatis dengan Arduino	Perbedaan: pakai Arduino, tidak pakai PLTS. Keterkaitan: fokus sama di pemilah sampah otomatis dengan IoT.
6	2022	Monitoring Ketinggian Sampah dengan NodeMCU & Blynk	Ginas Alvianingsih; Tri Wahyu Oktaviana Putri; Pratiwi Maharani.	NodeMCU ESP8266, Ultrasonik, Blynk	Monitoring ketinggian sampah real-time, notifikasi penuh	Perbedaan: hanya monitoring kapasitas. Keterkaitan: sama-sama pakai Blynk & IoT untuk real-time monitoring.
7	2023	Pemilah Sampah Otomatis Berbasis IoT	Wahyunita Falinda; Hadian Mandala Putra; M. Nuzuluddin.	IoT, Proximity Sensor, Ultrasonik, Telegram	Pemilah sampah otomatis (logam, plastik, organik) +	Perbedaan: notifikasi via Telegram. Keterkaitan: sama-sama pemilah sampah

No	Tahun	Judul	Penulis	Metode	Hasil	Perbedaan dan Keterkaitan
					notifikasi Telegram	otomatis berbasis IoT.
8	2021	Keamanan IoT dengan Machine Learning	Ahmed Bahaa (Ahmed Bahaa Farid); Ahmed Abdelaziz; Abdalla Sayed; Laila Elfangary; Hanan Fahmy.	Systematic Review, ML, DevSecOps	Deteksi serangan IoT real-time	Perbedaan: fokus keamanan IoT. Keterkaitan: real-time monitoring IoT penting juga untuk menjaga sistem pemilah sampah.
9	2019	Smart Home Monitoring dengan IoT & Blynk	Ermi Media's; Syufrijal; Muhammad Rif'an.	Raspberry Pi, NodeMCU, Blynk	Kontrol & monitoring peralatan rumah tangga real-time	Perbedaan: objeknya rumah pintar. Keterkaitan: sama-sama IoT + Blynk untuk monitoring real-time.
10	2019	Sistem Keamanan Kendaraan Berbasis IoT	Indrianto; Meilia Nur Indah Susanti; Riki Ruli A. Siregar;	IoT, GPS, Euclidean Distance	Sistem keamanan taksi real-time, notifikasi otomatis	Perbedaan: fokus keamanan kendaraan. Keterkaitan: sama-sama IoT monitoring real-

No	Tahun	Judul	Penulis	Metode	Hasil	Perbedaan dan Keterkaitan
			Purwati Putri J.; Yudhi Purwanto.			time dengan notifikasi.

2.2 Landasan Teori

Landasan teori membahas berbagai konsep dan teori yang digunakan dalam penelitian ini. Teori-teori tersebut diperoleh dari sumber-sumber yang terpercaya, termasuk buku, jurnal, dan artikel untuk mendukung dan menjadi acuan bagi penelitian ini.

2.2.1 Pemilah Sampah Otomatis



Gambar 2. 1 Mesin Pemilah Sampah

Sistem pemilah sampah otomatis merupakan hasil penerapan teknologi modern yang bertujuan untuk meningkatkan kinerja dalam proses pengelolaan limbah. Teknologi ini bekerja dengan cara membaca sifat fisik dan karakteristik setiap jenis sampah menggunakan berbagai sensor, sehingga mampu mengidentifikasi serta memisahkan kategori limbah seperti organik, anorganik, dan logam tanpa perlu campur tangan manusia secara langsung. Inovasi ini berperan penting dalam mengurangi ketergantungan terhadap proses pemilahan manual, sekaligus mendukung konsep manajemen sampah cerdas (smart waste

management) yang sejalan dengan prinsip sustainability dan pemanfaatan energi ramah lingkungan.

Penelitian yang dilakukan oleh (Sinaga, 2025) menunjukkan bahwa sistem pemilah berbasis Internet of Things (IoT) menggunakan kombinasi sensor proximity induktif untuk mendeteksi material logam dan sensor kapasitif untuk membedakan non-logam. Mekanisme tersebut dikendalikan oleh mikrokontroler dan motor servo yang secara otomatis mengarahkan sampah ke tempat yang sesuai berdasarkan hasil deteksi sensor. Selain itu, sistem ini dapat dihubungkan dengan platform IoT untuk memungkinkan pemantauan dan kontrol secara real-time, sehingga kinerja proses pemilahan menjadi lebih efisien dan terukur (Sinaga, 2025)

2.2.2 Monitoring

Monitoring merupakan bagian penting dalam sistem pemilah sampah otomatis berbasis Internet of Things (IoT) karena memungkinkan pemantauan kondisi dan kinerja alat secara real-time. Melalui monitoring, pengguna dapat mengetahui status proses pemilahan, jenis sampah yang terdeteksi, serta kondisi operasional sistem tanpa harus melakukan pengamatan langsung di lokasi alat.

Penerapan monitoring diperlukan untuk meningkatkan keandalan dan efisiensi sistem. Dengan adanya monitoring, gangguan atau kesalahan pada proses pemilahan dapat terdeteksi lebih cepat, sehingga tindakan perbaikan dapat segera dilakukan. Selain itu, monitoring berbasis aplikasi Blynk memungkinkan pengawasan jarak jauh yang praktis dan mendukung evaluasi kinerja sistem secara berkelanjutan.

2.2.3 Internet of Things (IoT)



Gambar 2. 2 Sistem Kerja IoT

Sumber (<https://listwr.com/gwLriG>)

Internet of Things (IoT) merupakan paradigma teknologi yang memungkinkan berbagai perangkat fisik di sekitar manusia dapat saling terhubung dan berkomunikasi melalui jaringan internet (Utami Rakhmawati & Kunci, 2024). Konsep Internet Of Things pertama kali diperkenalkan pada tahun 1999 dan sejak saat itu terus mengalami perkembangan pesat sehingga kini banyak diterapkan di berbagai sektor kehidupan, termasuk dalam sistem Global Positioning System (GPS) yang memanfaatkan konektivitas data untuk pelacakan lokasi secara real-time (Putra & Rosano, 2024).

Di Indonesia, pemanfaatan Internet Of Things berkembang pesat terutama di kalangan perusahaan startup yang mengembangkan layanan digital berbasis teknologi cerdas guna meningkatkan efisiensi dan kualitas layanan (Merdeka Malang et al., n.d.). Secara prinsip, cara kerja Internet Of Things melibatkan proses pengiriman instruksi dari perangkat ke sistem melalui jaringan internet, kemudian sistem tersebut memberikan respons sesuai perintah yang diterima (Utami Rakhmawati & Kunci, 2024).

Berbagai platform mendukung implementasi Internet Of Things seperti Blynk, Firebase, Telkomsel IoT, dan ThingsSpeak, yang berfungsi sebagai antarmuka penghubung antara perangkat keras dan pengguna (Putra & Rosano, 2024). Dalam penelitian ini, platform yang digunakan adalah Blynk, sementara perangkat keras utama yang dipilih adalah modul ESP32 karena mendukung koneksi Wi-Fi dan Bluetooth serta memiliki kemampuan pemrosesan yang efisien untuk aplikasi Internet Of Things.

1. Aplikasi Blynk



Gambar 2. 3 Platform Blynk

Sumber (<https://iotbyhvm.ooo/blynk-iot-platform/>)

Blynk merupakan salah satu platform Internet of Things (IoT) yang dirancang untuk memudahkan proses pengembangan, pemantauan, serta pengendalian perangkat keras melalui jaringan internet. Platform ini dapat diakses melalui aplikasi mobile maupun antarmuka web, memungkinkan pengguna untuk melakukan pengendalian dan pemantauan perangkat secara real-time. Blynk mendukung komunikasi data melalui protokol HTTP dan MQTT, yang menjadikannya efisien dalam pengiriman dan penerimaan data sensor antara perangkat dan server (Utami Rakhmawati & Kunci, 2024). Platform ini berfungsi sebagai penghubung utama antara perangkat IoT dan pengguna dengan menyediakan dashboard interaktif, fitur kontrol jarak jauh, serta kemampuan untuk menyimpan dan mengelola data dari sensor (Putra & Rosano, 2024).

Platform ini berfungsi sebagai penghubung utama antara perangkat Internet Of Things dan pengguna dengan menyediakan dashboard interaktif, fitur kontrol jarak jauh, serta kemampuan untuk menyimpan dan mengelola data dari sensor. Penelitian pada *Jurnal Informatika Teknologi dan Sains (JINTEKS)* menunjukkan bahwa penggunaan ESP32 dan aplikasi Blynk mampu mengotomatisasi sistem kandang ayam pedaging dengan pemantauan suhu, kelembapan, dan kualitas udara secara real-time melalui smartphone pengguna (Andini et 2024)

Dari berbagai penelitian tersebut, dapat disimpulkan bahwa platform Blynk berperan penting sebagai antarmuka utama dalam sistem berbasis ESP32, karena mampu menghubungkan perangkat Internet Of Things dengan pengguna secara efisien, interaktif, dan real-time. Oleh karena itu, penggunaan Blynk dalam

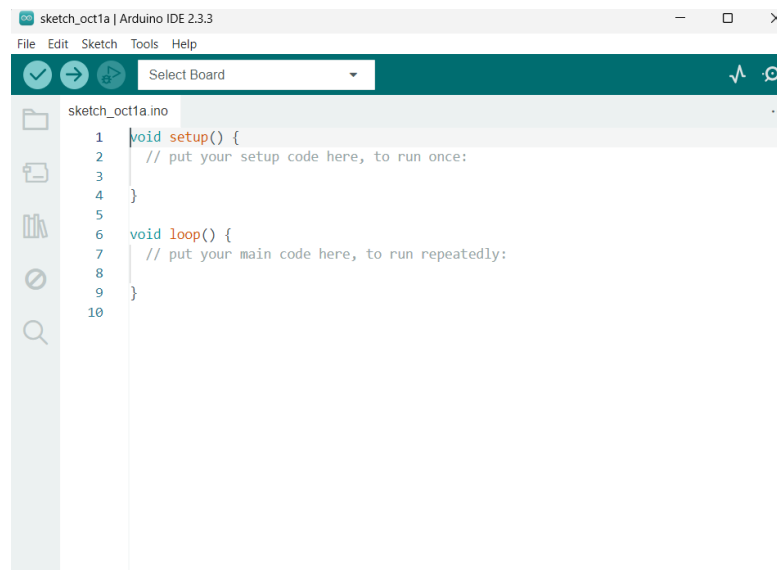
penelitian sistem pemilah sampah otomatis berbasis PLTS menjadi relevan dan strategis untuk mendukung integrasi data sensor, pengendalian perangkat, serta pemantauan kondisi sistem secara daring.

2. Arduino IDE

Arduino Integrated Development Environment (Arduino IDE) merupakan sebuah lingkungan pemrograman terpadu yang digunakan untuk mengembangkan aplikasi berbasis mikrokontroler. Perangkat lunak ini menyediakan berbagai fasilitas seperti penulisan kode program, pengeditan, kompilasi, serta proses unggah program secara langsung ke papan mikrokontroler seperti Arduino Uno, Arduino Nano, maupun ESP32. Arduino IDE juga dilengkapi dengan compiler dan pustaka bawaan (library) yang mempermudah pengguna dalam proses perancangan, simulasi, serta pengujian sistem berbasis IoT (Ferry et al., 2024).

Selain itu, Arduino IDE memiliki antarmuka yang sederhana dan kompatibilitas luas terhadap berbagai modul sensor maupun aktuator, sehingga banyak dimanfaatkan pada penelitian-penelitian di bidang Teknik Informatika dan sistem tertanam (embedded system). Salah satu penelitian dalam *Jurnal Teknologi Informasi dan Komunikasi (JTik)* menggunakan Arduino IDE sebagai platform utama untuk memprogram mikrokontroler ESP32-CAM dalam sistem keamanan rumah berbasis Internet of Things (IoT) yang terintegrasi dengan Face Detection dan Telegram. Melalui Arduino IDE, peneliti dapat mengunggah kode untuk mengatur koneksi kamera, pemrosesan citra, serta notifikasi otomatis kepada pengguna ketika terdeteksi aktivitas mencurigakan.

Dalam konteks penelitian ini, Arduino IDE digunakan sebagai platform utama untuk merancang, menulis, dan mengunggah program ke mikrokontroler ESP32, sehingga perangkat hasil rancang bangun mampu bekerja sesuai fungsi yang diharapkan. Dengan dukungan pustaka bawaan dan fitur kompilasi otomatis, proses pengembangan sistem menjadi lebih efisien dan mudah untuk diuji secara langsung di lingkungan nyata (Ferry et al., 2024).



Gambar 2. 4 Tampilan Arduino IDE

Sumber : (Dokumentasi Sendiri)

3. ESP32

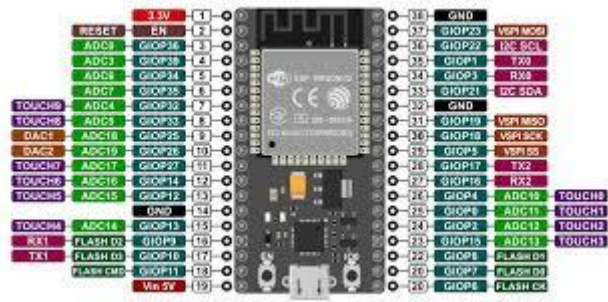
ESP32 adalah sebuah *development board* yang berfungsi sebagai modul utama dalam penerapan teknologi Internet of Things (IoT). Mikrokontroler ini memiliki kemampuan komputasi yang tinggi serta dilengkapi dengan fitur konektivitas Wi-Fi dan Bluetooth yang terintegrasi, sehingga sangat mendukung pengembangan sistem berbasis kontrol manual maupun otomatis melalui jaringan internet. Dalam penelitian mengenai *Sistem Monitoring dan Pemberian Pakan Otomatis pada Peternakan Burung dengan Konfigurasi Wi-Fi Dinamis* misalnya, ESP32 dipilih untuk mengatur komunikasi nirkabel secara dinamis sehingga perangkat dapat terhubung ke jaringan yang berbeda tanpa harus mengubah konfigurasi secara manual di kode program (Laksana & Zaky, 2024). Di samping itu, penelitian *Sistem Monitoring Ketinggian Air Tandon Berbasis IoT dengan ESP32 Melalui Website* menunjukkan bahwa ESP32 mampu menangani pengolahan data sensor ketinggian air secara real-time dan mengirimkannya ke server web dengan akurasi dan efisiensi yang memadai (Darmanto et al., n.d.). adapun spesifikasi dari ESP32 sebagai berikut :

Tabel 2. 2 Spesifikasi Modul

Komponen	Keterangan
Mikrokontroler	Tensilica Xtensa LX6 Dual-Core (32-bit RISC)
Kecepatan Prosesor	Hingga 240 MHz (32-bit dual-core CPU)
Memori Internal	520 KB SRAM
Memori Eksternal	Mendukung Flash hingga 16 MB (umumnya 4 MB pada modul standar)
Konektivitas Nirkabel	Wi-Fi 802.11 b/g/n, Bluetooth v4.2 BR/EDR, BLE
Jumlah GPIO	± 34 pin I/O yang dapat dikonfigurasi
ADC (Analog to Digital)	18 kanal ADC dengan resolusi hingga 12-bit
DAC (Digital to Analog)	2 kanal DAC dengan resolusi 8-bit
PWM (Pulse Width Mod.)	Tersedia hingga 16 kanal untuk kontrol motor/servo
Komunikasi Serial	UART, SPI, I2C, I2S, CAN Bus
Timer Internal	Hingga 64-bit timer, watchdog timer tersedia
Sensor Bawaan	Hall Sensor, Sensor Sentuh Kapasitif (hingga 10 pin)
Tegangan Operasional	2.2 V – 3.6 V
Konsumsi Daya	± 160 mA saat aktif, $< 10 \mu\text{A}$ pada <i>deep sleep mode</i>
Keamanan	AES, SHA, RSA, ECC, Random Number Generator bawaan
Dimensi Modul	$\pm 25 \text{ mm} \times 18 \text{ mm}$ (tergantung jenis board, misalnya ESP32-WROOM32)

Fitur Tambahan	Mendukung OTA (Over The Air update), sistem operasi ringan (<i>FreeRTOS</i>)
----------------	---

Sumber (<https://www.espressif.com>)



Gambar 2. 5 Spesifikasi Modul ESP32

Sumber (<https://listwr.com/ahRZZy>)

2.2.4 Metode Prototype

Metode prototyping merupakan salah satu metode pengembangan sistem yang menekankan pada pembuatan model awal (prototype) dari sistem yang akan dikembangkan. Prototype ini digunakan sebagai representasi awal sistem untuk memberikan gambaran kepada pengguna mengenai fungsi dan alur kerja sistem sebelum sistem dikembangkan secara keseluruhan. Metode ini bertujuan untuk meminimalkan kesalahan perancangan serta meningkatkan kesesuaian sistem dengan kebutuhan pengguna.

Dalam metode prototyping, pengembang dan pengguna dapat berinteraksi secara langsung melalui prototype yang dibuat. Umpan balik dari pengguna digunakan sebagai dasar untuk melakukan perbaikan dan penyempurnaan prototype hingga sistem yang dihasilkan sesuai dengan kebutuhan dan spesifikasi yang diharapkan.

Tahapan dalam metode prototyping secara umum meliputi:

1. Analisis kebutuhan, yaitu tahap pengumpulan kebutuhan sistem yang diinginkan pengguna, baik dari sisi perangkat keras maupun perangkat lunak.

2. Perancangan prototype, yaitu tahap pembuatan desain awal sistem berdasarkan kebutuhan yang telah dianalisis.
3. Pembuatan prototype, yaitu implementasi desain awal menjadi sebuah model sistem yang dapat diuji.
4. Pengujian dan evaluasi, yaitu tahap pengujian prototype oleh pengguna untuk mendapatkan umpan balik.
5. Penyempurnaan sistem, yaitu perbaikan dan pengembangan prototype berdasarkan hasil evaluasi hingga sistem siap digunakan.

Metode prototyping sangat cocok digunakan dalam pengembangan sistem berbasis Internet of Things (IoT), karena memungkinkan pengujian integrasi antara perangkat keras, perangkat lunak, dan sistem komunikasi secara bertahap. Dengan metode ini, kesalahan pada tahap awal dapat segera diketahui dan diperbaiki, sehingga dapat meningkatkan efektivitas dan efisiensi pengembangan sistem.

2.2.5 Komponen Pemilah Sampah

1. Driver Motor



Gambar 2. 6 Driver Motor

Sumber (<https://surl.li/qqtwn>)

Motor driver berfungsi sebagai rangkaian penguat daya, yaitu mengubah sinyal arus kecil dari mikrokontroler menjadi arus yang lebih besar agar dapat menggerakkan motor. Spesifikasi motor driver meliputi batas tegangan, arus maksimum, daya, jenis beban, dan jumlah output. Dalam

sistem pemilah sampah otomatis, digunakan **Stepper Motor Driver TB6600** yang mendukung arus hingga 4 A, pengaturan mikrostep, serta proteksi terhadap panas dan arus berlebih untuk menjaga performa motor agar tetap presisi dan stabil. Studi mengenai karakteristik TB6600 dalam menggerakkan motor Nema23 pada mesin CNC mendemonstrasikan bahwa pengaturan mikrostep dan arus sangat berpengaruh terhadap halusnya gerak dan suhu kerja driver tersebut (Khairudin, Asnawi, & Shah, 2020).

2. Stepdown DC



Gambar 2. 7 Stepdown DC

Sumber (<https://listwr.com/6RwdkQ>)

Modul **step-down DC to DC** atau dikenal juga sebagai buck converter merupakan rangkaian konversi daya yang berfungsi menurunkan tegangan arus searah dari level yang lebih tinggi ke level yang lebih rendah agar sesuai dengan kebutuhan beban elektronik. Prinsip kerjanya yaitu menyimpan energi dalam komponen induktor dan melepaskannya secara terkontrol untuk menghasilkan tegangan keluaran yang lebih rendah namun stabil. Dalam penelitian ini, konverter step-down digunakan untuk mengubah tegangan 12 volt dari sumber utama menjadi 5 volt yang kemudian disuplai ke beberapa komponen, seperti sensor dan motor servo. Penerapan modul ini bertujuan untuk memastikan komponen bekerja pada

tegangan aman, mencegah kerusakan akibat over-voltage, serta meningkatkan efisiensi distribusi daya pada keseluruhan sistem.

Dalam penelitian ini, fungsi step-down digunakan untuk mengubah tegangan utama 12 V menjadi 5 V yang kemudian memasok daya ke sensor dan motor servo agar operasionalnya stabil dan terlindungi dari tegangan berlebih. Penggunaan modul step-down penting karena memungkinkan distribusi daya yang efisien, menjaga usia komponen elektronik, sekaligus memastikan sistem berjalan secara optimal. Penelitian *Desain Perancangan Buck Converter Berbasis IC LM2596* menunjukkan bahwa rangkaian berbasis IC LM2596 dapat mempertahankan stabilitas output walaupun tegangan input berubah-ubah dengan fluktuasi yang sangat kecil ($\pm 0,1$ V)(Dian Mahardi et al., 2024).

3. Sensor Infrared

Sensor infrared (IR) merupakan perangkat elektronika yang menggunakan radiasi sinar inframerah untuk mendeteksi keberadaan, jarak, maupun gerakan suatu objek. Komponen ini terdiri dari pemancar (infrared LED) dan penerima (photodiode atau phototransistor) yang bekerja berdasarkan prinsip pantulan cahaya. Ketika sinar inframerah mengenai suatu benda, sebagian energi akan dipantulkan dan diterima kembali oleh sensor penerima, kemudian diubah menjadi sinyal listrik yang dapat diolah oleh sistem mikrokontroler.

“Dalam penelitian *Precision and Accuracy of Ultrasonic and Infrared Laser ToF IoT*, sensor inframerah ToF digunakan untuk mengukur jarak objek dalam sistem IoT dan dibandingkan akurasi terhadap sensor ultrasonik, menunjukkan bahwa sensor inframerah dapat memberikan pengukuran yang presisi dalam rentang tertentu.”(Rahman1, 2025).



Gambar 2. 8 Sensor Infrared

Sumber(<https://lidahtekno.com/cara-kerja-sensor-infrared/>)

4. Sensor Proximity Induktif

Sensor logam (inductive proximity sensor) merupakan komponen elektronik yang berfungsi mendeteksi keberadaan objek logam tanpa melakukan kontak fisik secara langsung. Sensor ini bekerja berdasarkan prinsip induksi elektromagnetik, yaitu dengan menghasilkan medan magnet osilatif menggunakan kumparan. Ketika benda logam berada di area medan tersebut, akan terjadi perubahan impedansi akibat arus eddy (*eddy current*) yang timbul pada permukaan logam, dan perubahan ini diubah menjadi sinyal deteksi oleh rangkaian internal sensor.

Prinsip Kerja Sensor Logam dengan rumus dasar $V = L \frac{dI}{dt}$



Gambar 2. 9 Sensor Proximity Induktif

Sumber (<https://listwr.com/5g8fGg>)

5. Sensor Proximity Kapasitif

Sensor proximity kapasitif merupakan jenis sensor jarak yang mampu mendeteksi keberadaan objek logam maupun non-logam tanpa kontak

langsung. Cara kerjanya didasarkan pada perubahan nilai kapasitansi antara elektroda sensor dan objek yang terdeteksi. Ketika suatu benda mendekati area medan listrik yang dihasilkan sensor, terjadi perubahan kapasitansi akibat perbedaan konstanta dielektrik benda tersebut. Perubahan ini kemudian diproses oleh rangkaian osilator internal dan diubah menjadi sinyal keluaran yang menunjukkan keberadaan objek (Čoko et al., 2022).



Gambar 2. 10 Sensor Proximity Kapasitif

Sumber (<https://11nq.com/SGar5>)

6. Motor Servo

Motor servo adalah jenis aktuator listrik yang dirancang untuk memberikan kontrol presisi terhadap pergerakan mekanis, baik dari segi posisi sudut, kecepatan, maupun percepatan. Berbeda dengan motor DC biasa, motor servo memiliki sistem kontrol tertutup (closed-loop) yang memanfaatkan sinyal umpan balik (*feedback*) dari sensor posisi seperti encoder atau potensiometer. Umpan balik ini digunakan untuk memastikan putaran motor sesuai dengan nilai referensi yang diberikan oleh pengendali.

Secara umum, motor servo terdiri dari tiga komponen utama: motor DC, gearbox pengurang kecepatan, dan rangkaian kontrol yang berfungsi menyesuaikan daya serta arah putaran. Dengan kemampuan kontrol yang sangat presisi, motor servo banyak diterapkan pada sistem otomasi

industri, robotika, hingga sistem pemilah sampah otomatis, untuk mengatur mekanisme pemisahan objek secara tepat dan efisien (Autsou et al., 2024).



Gambar 2. 11 Motor Servo

Sumber (<https://listwr.com/VUmx9>)

7. MotorStepperNema23

Motor stepper merupakan jenis motor listrik DC yang bekerja tanpa menggunakan komutator mekanis, melainkan dikendalikan oleh sinyal pulsa digital untuk menghasilkan gerakan berjenjang dalam langkah-langkah kecil (*steps*). Setiap pulsa listrik yang diberikan menyebabkan rotor berputar dengan sudut tertentu, sehingga posisi dan arah rotasinya dapat dikontrol dengan tingkat presisi tinggi. Besarnya sudut langkah ditentukan oleh jumlah kutub pada rotor dan konfigurasi lilitan stator, yang umumnya berkisar antara **0,9°** hingga **15°** per langkah.

Motor ini banyak digunakan dalam sistem otomatisasi, robotika, printer 3D, serta sistem pemilah sampah otomatis, karena kemampuannya mempertahankan posisi tanpa memerlukan umpan balik tambahan. Menurut Valvano (2021) dari University of Texas, motor stepper memiliki struktur sederhana, mampu beroperasi dengan akurasi tinggi, serta mudah diintegrasikan dengan pengendali mikrokontroler untuk aplikasi presisi seperti pergerakan linear atau rotasi terbatas (Valvano,2021).



Gambar 2. 12 MotorStepperNema23

Sumber (<https://listwr.com/ITY1RS>)

8. Propeler Spiral

Proses perancangan propeller pada sistem pemilah sampah dilakukan melalui beberapa tahap modifikasi desain untuk mendapatkan bentuk dan ukuran bilah yang paling sesuai dengan kebutuhan penggerak. Salah satu pertimbangan utama dalam pembuatan propeller adalah kemampuannya bekerja pada kecepatan rendah, agar aliran sampah dapat bergerak secara bertahap, tidak menumpuk pada satu titik, dan meminimalkan risiko kesalahan dalam proses pemisahan. Efisiensi propeller juga sangat dipengaruhi oleh sudut serang, jumlah bilah, serta rasio antara kecepatan dan torsi yang dihasilkan.

Menurut penelitian oleh (Mansour (2020), 2025) dalam jurnal *Propeller Aerodynamic Design and Optimization*, desain propeller yang optimal harus mempertimbangkan keseimbangan antara gaya dorong, torsi, dan hambatan udara untuk mencapai efisiensi maksimum pada putaran rendah. Pendekatan tersebut mampu meningkatkan kinerja sistem mekanis yang bergantung pada pergerakan fluida, termasuk aplikasi otomatisasi dan perangkat pemilah material berbasis kontrol motor (Mansour (2020), 2025).



Gambar 2. 13 Propeler Spiral

Sumber (<https://listwr.com/ITY1RS>)

9. Sistem Pengamanan

Sistem pengaman pada mesin pemilah sampah otomatis merupakan komponen penting yang berfungsi melindungi perangkat dari kerusakan serta menjaga keselamatan pengguna. Mekanisme ini dirancang agar gangguan listrik tidak menyebar ke seluruh rangkaian dan hanya terbatas pada bagian tertentu saja. Salah satu perangkat yang umum digunakan adalah Miniature Circuit Breaker (MCB), yaitu pemutus arus otomatis yang bekerja melindungi rangkaian dari beban lebih maupun hubung singkat. Dengan adanya sistem pengaman ini, mesin pemilah sampah dapat beroperasi dengan lebih andal, aman, dan memiliki umur pakai yang lebih panjang.

MCB bekerja dengan memutus arus listrik ketika arus melebihi ambang tertentu sehingga mencegah kerusakan pada komponen lainnya. Dalam sistem pembangkit tenaga surya (PLTS), penggunaan MCB sangat penting untuk menjaga kestabilan dan keamanan sistem arus bolak-balik (AC) maupun arus searah (DC). (Jamaaluddin et al., 2021) meneliti “Analysis of Overcurrent Safety in Miniature Circuit Breaker with Alternating Current and Direct Current in Solar Power Generation Systems,” dan menemukan bahwa karakteristik pemutusan MCB AC dan

DC memiliki perbedaan yang signifikan dalam hal efisiensi dan keamanan operasional



Gambar 2. 14 MCB

Sumber (<https://listwr.com/CRNiTM>)

10. Modul Surya

Modul surya merupakan sebuah unit terintegrasi yang terdiri dari beberapa **sel surya** yang dirangkai baik secara seri maupun paralel untuk menghasilkan tegangan dan arus yang sesuai kebutuhan sistem fotovoltaik (Kurniawan, 2022). Sel surya sendiri adalah komponen semikonduktor yang mampu mengubah energi cahaya matahari menjadi energi listrik berdasarkan prinsip efek fotovoltaik, di mana foton dari cahaya matahari menyerap dan menggerakkan elektron dalam semikonduktor menghasilkan arus Listrik (Effendi, 2023).

Dalam penelitian tentang Perancangan Model dan Simulasi Modul Sel Surya Paralel Menggunakan MATLAB, sel surya digambarkan sebagai unit dasar yang outputnya dapat dikontrol melalui sambungan seri/paralel dalam modul surya, dan simulasi menunjukkan bahwa modul paralel mampu menghasilkan daya maksimum yang lebih tinggi dibanding modul tunggal, dengan efisiensi yang berbeda-beda tergantung konfigurasi dan kondisi iradiasi (Kurniawan, 2022).



Gambar 2. 15 Modul Surya

Sumber (<https://listwr.com/ltypOy>)

11. Solar Charge Controller

Solar Charge Controller adalah perangkat elektronik yang bertugas mengatur aliran arus searah (DC) dari panel surya menuju baterai serta mendistribusikannya ke beban. Alat ini sangat penting untuk mencegah kondisi overcharging saat baterai penuh dan tegangan berlebih yang bisa merusak baterai. Selain itu, solar charge controller juga melindungi baterai dari over-discharge apabila beban menarik arus secara berlebihan saat baterai hampir habis (Jurnal Edukasi Elektro, Universitas Global Jakarta, 2022).

Dalam penelitian *Rancang Bangun Battery Charger Menggunakan Solar Panel System Berbasis Internet of Things (IoT)*, penggunaan solar charge controller memperlihatkan bagaimana kontrol arus dan tegangan dari panel surya ke baterai diatur agar efisiensi pengisian tetap tinggi (antara 89,45 % - 99,57 %), serta menghindari kerusakan akibat pengisian berlebih (Dimas Maulana et al., 2025)(Jupiter: Publikasi Ilmu Keteknikan Industri, Teknik Elektro dan Informatika).



Gambar 2. 16 Solar Charge Controller

Sumber (<https://listwr.com/09brxq>)

12. Baterai

Baterai adalah perangkat yang berfungsi menyimpan energi listrik dalam bentuk energi kimia, kemudian dikonversi kembali menjadi energi listrik untuk memenuhi kebutuhan arus pada perangkat-lainnya. Energi kimia ini disimpan dalam sel-sel elektroda yang melalui reaksi elektrokimia dapat dilepaskan (discharge) atau diisi ulang (charge) sesuai kebutuhan (Utomo, Nugrahanto, & Sungkono, 2023).

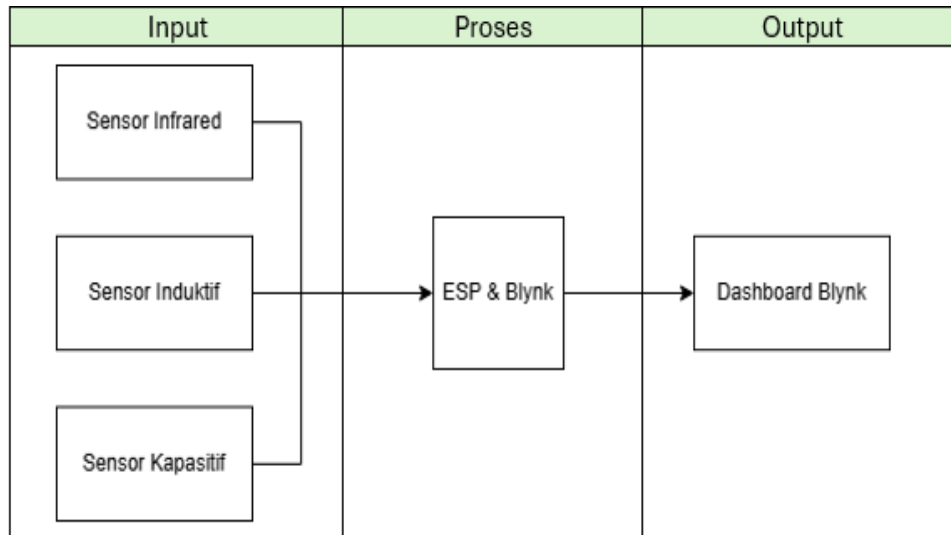


Gambar 2. 17 Baterai

Sumber (<https://listwr.com/401piu>)

2.3 Kerangka Berfikir

Gambar dibawah ini merupakan gambar kerangka pemikiran daari penelitian ini:



Gambar 2. 18 Kerangka Berpikir

Diagram Input–Proses–Output (IPO) menunjukkan alur kerja sistem monitoring mesin pemilah sampah berbasis Internet of Things. Pada bagian input, sistem menggunakan sensor infrared untuk mendeteksi keberadaan sampah, sensor induktif untuk mendeteksi sampah logam, dan sensor kapasitif untuk membedakan sampah non-logam. Data dari sensor-sensor tersebut menjadi masukan utama bagi sistem.

Pada bagian proses, data sensor diolah oleh mikrokontroler ESP32 dan dikirimkan ke aplikasi Blynk melalui jaringan Wi-Fi. Selanjutnya, pada bagian output, informasi hasil pemrosesan ditampilkan pada dashboard Blynk secara real-time sehingga pengguna dapat memantau kondisi dan kinerja sistem dari jarak jauh serta jumlah sampah yang terdeteksi.