

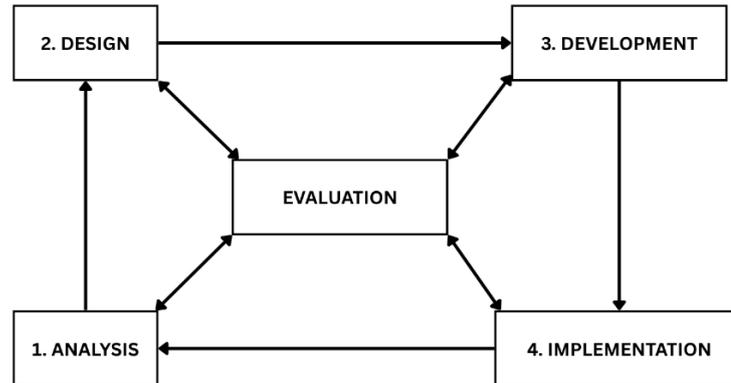
## BAB III

### METODE PENELITIAN

Bab ini menjelaskan pendekatan dan langkah-langkah yang digunakan dalam pelaksanaan penelitian.

#### 3.1 Jenis Penelitian

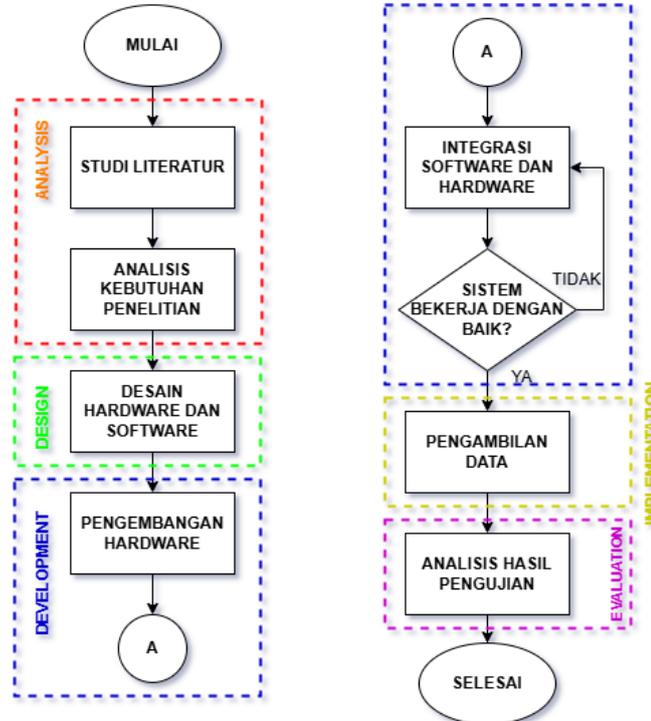
Penelitian ini merupakan jenis penelitian *Research and Development* (R&D) yang bertujuan untuk mengembangkan prototipe sistem komposter berbasis IoT dengan integrasi sumber energi terbarukan, khususnya panel surya, untuk skala rumah tangga. Fokus utama penelitian adalah merancang sistem yang dapat memantau kondisi lingkungan kompos serta mengaduk bahan kompos secara otomatis guna mempercepat proses dekomposisi. Penelitian yang dilakukan menggunakan pendekatan **ADDIE**. Yaitu *Analysis, Design, Development, Implementation, Evaluation*. Pendekatan ADDIE secara luas diterapkan sebagai salah satu pendekatan sistematis dalam merancang dan mengembangkan produk. Model ini memiliki keunggulan dalam menjamin validitas produk yang dihasilkan, karena setiap tahapannya dilaksanakan secara berurutan dan berbasis pada kajian yang mendalam. Setiap tahapan tidak dapat dilanjutkan ke tahap berikutnya tanpa melalui proses evaluasi terlebih dahulu, sehingga menjadikan keseluruhan proses lebih terstruktur dan terkendali. Meskipun demikian, kelemahan dari model ADDIE terletak pada durasi waktu pelaksanaan yang relatif panjang serta sifat proseduralnya yang cenderung formal dan kurang fleksibel dalam situasi tertentu [64]. Tahapan dalam proses pendekatan tersebut terangkum dalam gambar 3.1.



Gambar 3.1 Pendekatan ADDIE

### 3.2 Alur Penelitian

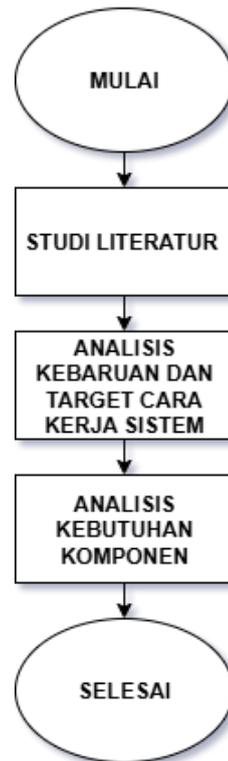
Alur penelitian memiliki peran yaitu untuk mempermudah proses penelitian karena proses setiap langkah penelitian ditentukan secara berurut, sistematis dan memiliki keterhubungan antar bagian. Metode yang digunakan mengacu pada model pengembangan sistem rekayasa berbasis perangkat keras dan lunak dengan pendekatan ADDIE yang dijabarkan dalam suatu gambar 3.2



Gambar 3.2 Alur Penelitian

Setiap bagian dari proses alur penelitian pada Gambar 3.2 memiliki alur kerjanya tersendiri secara mendetail yang dijelaskan seperti di bawah ini :

### 3.2.1 Analysis



**Gambar 3.3 Flowchart Analysis**

Gambar 3.3 menjelaskan terkait alur proses *analysis* dalam penelitian ini, dilakukan studi pustaka dan observasi lapangan untuk mengidentifikasi kebutuhan sistem komposter rumah tangga. Permasalahan utama yang dianalisis meliputi Kurangnya efisiensi proses pengomposan konvensional, ketergantungan pada energi listrik PLN pada komposter otomatis yang ada, ketiadaan sistem pemantauan kondisi kompos secara *real-time* di skala rumah tangga. Selain itu, dilakukan analisis kebaruan yang dapat dirancang dengan target cara kerja sistem yang diinginkan. Diakhiri dengan analisis kebutuhan komponen apa saja yang menunjang rancang bangun sistem.

### 3.2.2 Design



**Gambar 3.4 Flowchart Design**

Gambar 3.4 merupakan urutan proses *design* yang dilakukan, dimulai dari tahap awal (mulai) hingga tahap akhir (selesai). Proses dimulai dengan desain elektrik yang mencakup penyusunan wiring dan perancangan PCB, dilanjutkan dengan desain mekanikal 3D komposter untuk menentukan bentuk dan dimensi fisik alat. Selanjutnya, dilakukan perancangan *dashboard* yang akan digunakan untuk monitoring data secara real-time melalui platform IoT. Setelah itu, dilakukan desain use case diagram untuk menggambarkan interaksi antara pengguna dan sistem secara sistematis. Seluruh tahapan ini disusun secara berurutan guna memastikan sistem yang dirancang dapat berfungsi secara optimal dan terintegrasi dengan baik.

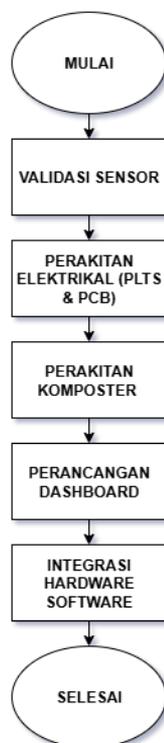


**Gambar 3.5** *Flowchart* Perencanaan Perancangan *Software*

Dalam Gambar 3.5 merupakan penjelasan proses Perencanaan perancangan *software* yang dimulai dari tahap pembuatan program untuk sistem IoT yang dijalankan melalui Arduino IoT Cloud. Pada tahap ini, perancang sistem menuliskan kode program yang mengatur komunikasi antara mikrokontroler ESP32 dan sensor-sensor yang terhubung, seperti sensor arus dan tegangan PZEM-017, sensor suhu DS18B20, serta sensor kelembapan tanah. Program ini juga mencakup proses pembacaan data, pengolahan nilai, serta pengiriman data secara berkala ke *cloud* melalui jaringan internet.

Setelah sistem pemrograman selesai, tahapan selanjutnya adalah penyusunan *dashboard* sebagai antarmuka visual di Arduino IoT Cloud. *Dashboard* ini dirancang untuk menampilkan data sensor secara *real-time* dalam bentuk elemen-elemen grafis seperti grafik, indikator nilai, atau tampilan status. Penyusunan *dashboard* dilakukan dengan memilih *widget* yang sesuai untuk setiap parameter sehingga memudahkan pengguna dalam membaca dan memahami performa sistem secara keseluruhan.

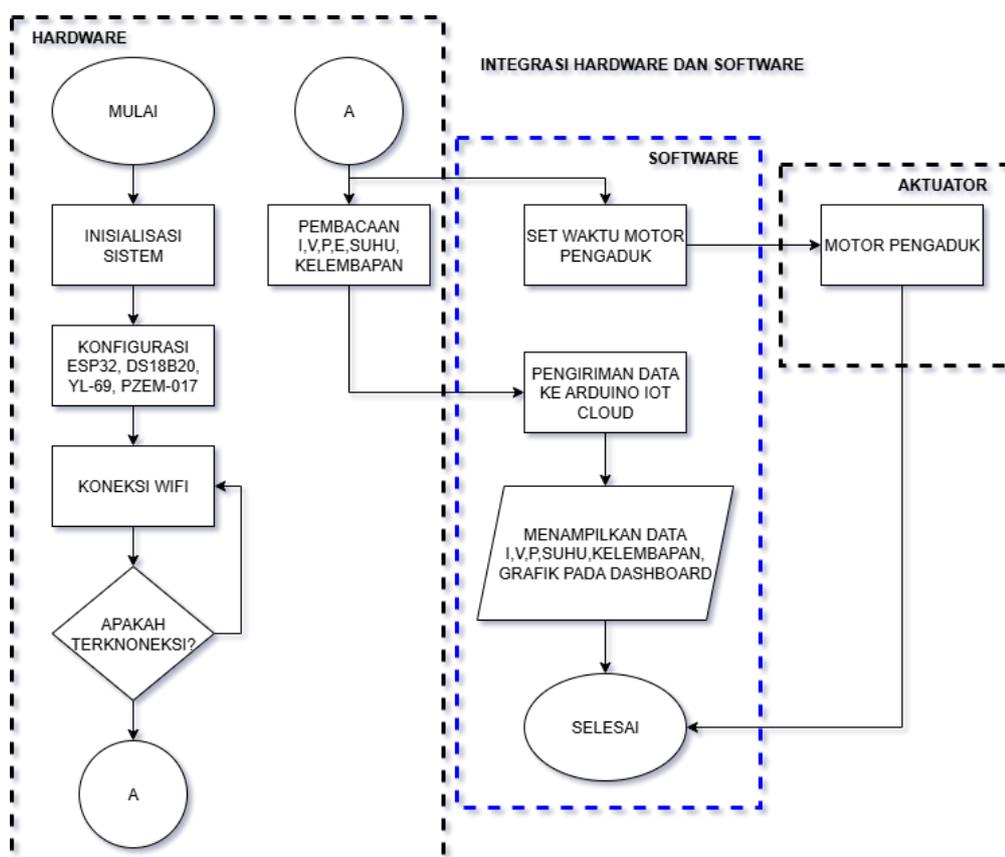
### 3.2.3 Development



**Gambar 3.6 Flowchart Development**

Gambar 3.6 merupakan proses *development* yang menjelaskan tahapan pengembangan sistem secara sistematis yang dilakukan dalam penelitian ini untuk merealisasikan sistem yang dibangun. Proses dimulai dari validasi sensor, yang merupakan tahap krusial untuk memastikan setiap sensor yang digunakan, seperti sensor suhu, kelembaban, dan arus, tegangan, daya, energi listrik agar dapat tervalidasi berfungsi secara akurat dan dapat diandalkan dalam kondisi lingkungan nyata. Tahap berikutnya adalah perakitan sistem elektrik, yang mencakup integrasi Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) sebagai sumber energi terbarukan, serta penyusunan rangkaian PCB untuk menghubungkan seluruh komponen elektronik secara efisien. Setelah komponen kelistrikan siap, dilanjutkan dengan perakitan fisik komposter, yaitu proses konstruksi struktur wadah dan mekanisme pengaduk otomatis berbasis motor DC, yang menjadi pusat dari sistem pengolahan sampah organik. Tahap keempat adalah perancangan *dashboard* pada

Arduino IoT Cloud, yang bertujuan untuk menyediakan antarmuka pemantauan data secara *real-time* melalui platform *cloud*, sehingga pengguna dapat mengakses informasi seperti temperatur, kelembaban, dan konsumsi energi dari jarak jauh. Terakhir, dilakukan integrasi antara perangkat keras dan perangkat lunak, yang mencakup pemrograman *mikrokontroler* dan penghubungan ke *cloud* server agar seluruh komponen dapat bekerja secara sinergis dalam satu sistem otomatis.



**Gambar 3.7 Perencanaan Integrasi Sistem**

Gambar 3.7 menunjukkan diagram perencanaan integrasi antara perangkat keras (*hardware*) dan perangkat lunak (*software*) dalam sistem komposter pintar berbasis IoT. Alur dimulai dari proses inialisasi sistem, yang mencakup aktivasi awal perangkat mikrokontroler ESP32 dan seluruh sensor yang terpasang, yaitu sensor suhu DS18B20, sensor kelembapan tanah YL-69, dan sensor PZEM-017.

Tahap ini merupakan langkah krusial untuk memastikan seluruh komponen siap menerima perintah dan melakukan akuisisi data.

Langkah selanjutnya adalah konfigurasi perangkat keras, yaitu pengaturan awal komunikasi antar perangkat, termasuk setup protokol komunikasi serial serta deklarasi pin digital pada ESP32. Setelah konfigurasi selesai, sistem berlanjut ke tahap koneksi WiFi untuk memungkinkan komunikasi data ke *cloud*. Proses ini bersifat otomatis dan bergantung pada keberhasilan autentikasi terhadap jaringan nirkabel yang telah diprogramkan. Jika koneksi gagal, sistem akan melakukan *retry* hingga tersambung ke jaringan.

Setelah koneksi berhasil, sistem melanjutkan ke proses utama yaitu pembacaan parameter sensor, yang terdiri atas tegangan (V), arus listrik (I), daya (P), Energi (E), suhu, dan kelembapan kompos. Data ini dikumpulkan secara berkala sesuai dengan interval waktu yang telah ditentukan. Kemudian, sistem melakukan dua proses paralel: pertama, penjadwalan motor pengaduk berdasarkan waktu yang dapat ditentukan pada *dashboard* dan kedua, pengiriman data ke Arduino IoT Cloud sebagai pusat monitoring berbasis web.

Pengiriman data ini memungkinkan proses visualisasi secara *real-time* melalui *dashboard*, di mana data tegangan, arus, daya, Energi, suhu, dan kelembapan ditampilkan dalam bentuk grafik. Visualisasi ini memudahkan pengguna dalam memantau performa sistem, efektivitas proses pengomposan, dan produksi energi secara menyeluruh. Di sisi lain, motor pengaduk juga diaktifkan sesuai jadwal dan beroperasi untuk mengaduk sampah organik secara berkala guna menjaga homogenitas suhu dan kelembapan media kompos. Aktivitas pengadukan ini turut mendukung efisiensi proses dekomposisi organik yang berlangsung secara aerob.

Seluruh proses ini berlangsung secara terintegrasi dalam satu sistem tertutup yang dikontrol oleh mikrokontroler, hingga sistem mencapai kondisi selesa, desain ini mencerminkan penerapan prinsip automation dan real-time monitoring dalam pengolahan sampah organik berbasis teknologi terbarukan.

### 3.2.4 Implementation and Evaluation



**Gambar 3.8 Flowchart Implementation**

Gambar 3.8 merupakan alur proses implementasi dan evaluasi dalam sistem, langkah pertama yang krusial adalah "uji fungsionalitas sistem" dengan *blackbox*. Tahap ini sangat penting untuk memastikan bahwa semua komponen perangkat keras dan lunak dari sistem yang diimplementasikan bekerja sesuai spesifikasi dan mampu menjalankan fungsi yang diharapkan. Pengujian ini tidak hanya mencakup validasi operasional dasar, tetapi juga memverifikasi integrasi antar subsistem, seperti konektivitas sensor, kinerja aktuator, dan respons antarmuka pengguna. Keberhasilan pada tahap ini menjadi fondasi bagi evaluasi selanjutnya, karena sistem yang tidak berfungsi dengan baik tidak akan menghasilkan data yang relevan untuk analisis.

Tabel 3.1 Pengujian Fungsionalitas Sistem

Fitur	Fungsi	Hasil yang Diinginkan	Hasil Pengujian	Status
Pembacaan Sensor Kelembapan dan Suhu	Membaca nilai kelembapan dan suhu	Hasil sesuai dengan pembacaan aktual		
Pembacaan Panel Surya	Pembacaan nilai voltase berdasarkan cahaya matahari	Nilai voltase fluktuatif bergantung pada intensitas cahaya		
Kapasitas Akumulator/ Baterai	Mengetahui nilai maksimum kapasitas baterai	Nilai maksimum baterai dapat mencapai 14,4 V		
Penjadwalan Motor Pengaduk	Penjadwalan motor sesuai kebutuhan	Dapat berputar dengan jadwal dan durasi yang sudah ditentukan		
Koneksi Internet	Sistem terhubung ke Internet	Berhasil terhubung dengan internet		
Pengiriman Data	Data pembacaan sensor dikirim ke <i>cloud</i>	Berhasil mengirimkan data secara <i>realtime</i> dengan interval waktu yang ditetapkan		
<i>Dashboard App dan Web</i>	Menampilkan kondisi grafik dan data	Nilai terus <i>update</i> sesuai perubahan kondisi		

Setelah validasi fungsional, proses beralih ke serangkaian tahapan pengumpulan dan analisis data yang spesifik, merefleksikan multidisiplineritas sistem ini.

Muhammad Bilal Hamzah, 2025

**PENGEMBANGAN KOMPOSTER BERBASIS INTERNET OF THINGS (IOT) DENGAN SUMBER ENERGI TERBARUKAN UNTUK PENGOLAHAN SAMPAH ORGANIK MENJADI KOMPOS**

Universitas Pendidikan Indonesia | repository.upi.edu | perpustakaan.upi.edu

Pengujian dilakukan untuk menentukan tingkat keberhasilan proses pengomposan serta mengevaluasi performa Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) yang digunakan sebagai sumber energi sistem. Pengujian dilakukan untuk memastikan bahwa sistem komposter tidak hanya mampu menghasilkan kompos yang berkualitas, tetapi juga beroperasi secara efisien dan mandiri secara energi.

Untuk menilai **keberhasilan proses pengomposan**, digunakan **penilaian berbasis parameter fisik**. Parameter fisik dilakukan melalui observasi visual terhadap hasil kompos dengan membandingkan kondisi sampah organik sebelum melewati fase pengomposan dan setelah melalui fase pengomposan, dengan parameter dan indikator penilaian yaitu warna, tekstur, dan aroma sesuai dengan SNI yang tertera pada Tabel 1.1. Dalam parameter tersebut, kadar air yang dimiliki oleh kompos harus di bawah 50%, temperatur kompos harus sesuai dengan suhu tanah yang berkisar antara 25-30°, warna kompos kehitaman dan bau yang hampir menyerupai tanah atau sudah tidak berbau busuk karena proses dekomposisi.

Selain menggunakan penilaian parameter fisik kompos, dilakukan **penilaian berdasarkan validasi praktisi** terhadap kompos yang dibuat dengan pendekatan kuesioner skala likert [65]. Praktisi merupakan sosok yang sudah berpengalaman dalam pengelolaan kompos dan penggunaan kompos untuk kebutuhan tanaman seperti tanaman sayuran, buah-buahan dan tanaman hias. Dalam proses penilaian praktisi, diawali dengan pengenalan sistem oleh peneliti terhadap praktisi, penjelasan mekanisme penilaian, pengertian terkait dengan form kuesioner yang harus diisi sebagai media penilaian. Terdapat proses penilaian yang dilakukan oleh praktisi secara langsung dengan cara mengamati dan merasakan parameter-parameter sesuai dengan SNI. Setelah praktisi melakukan penilaian maka praktisi berhak untuk memberikan penilaiannya pada form yang disediakan dan memberikan catatan atau masukkan kepada peneliti secara verbal dan tertulis.

Kuesioner penilaian kualitas kompos ini disusun menggunakan skala Likert lima poin, yang memungkinkan responden untuk menilai tingkat kesesuaian karakteristik kompos terhadap standar yang diharapkan. Penilaian dilakukan

berdasarkan sepuluh aspek penting, seperti warna, bau, tekstur, suhu, kadar kelembapan, kandungan bahan, kematangan, hingga kelayakan kompos untuk aplikasi pertanian. Responden, yang merupakan petani atau praktisi pertanian, diminta memberikan skor dari 1 (sangat tidak sesuai) hingga 5 (sangat sesuai) pada setiap aspek. Nilai-nilai tersebut kemudian dihitung dengan beberapa tahapan, yaitu menghitung nilai maksimum dengan mengalikan jumlah responden dengan nilai maksimum skor yang menghasilkan nilai persentase tertinggi dengan persamaan :

$$\begin{aligned} \text{Nilai Tertinggi} = \\ \text{Jumlah Responden} \times \text{Nilai Maksimum Skor} \end{aligned} \quad (3.1)$$

Perhitungan berikutnya yaitu mengalikan jumlah responden dengan minimum skor yang menghasilkan nilai persentase terendah.

$$\begin{aligned} \text{Nilai Terendah} = \\ \text{Jumlah Responden} \times \text{Nilai Minimum Skor} \end{aligned} \quad (3.2)$$

Dari nilai persentase tertinggi dan terendah akan menghasilkan selisih dari nilai persentase maksimum dengan nilai persentase minimum.

$$\text{Selisih Persentase} = \text{Persentase Tertinggi} - \text{Persentase Terendah} \quad (3.3)$$

Perhitungan berikutnya merupakan perhitungan selang nilai antar tingkatan kriteria dengan membagi nilai selisih persentase dengan jumlah kriteria.

$$\text{Selang Nilai Antar Kriteria} = \frac{\text{Selisih Persentase}}{\text{Jumlah Kriteria}} \quad (3.4)$$

Diakhiri dengan perhitungan persamaan yang memiliki nilai akhir berupa persentase keberhasilan. Perhitungan dapat dilakukan dengan persamaan berikut :

$$\frac{\text{nilai yang diperoleh}}{\text{nilai maksimum}} \times 100 \quad (3.5)$$

Untuk mendapatkan gambaran umum mengenai mutu kompos yang dihasilkan oleh sistem. Desain kuesioner ini juga dilengkapi dengan petunjuk pengisian serta ruang komentar terbuka, guna mendukung penilaian kuantitatif dengan masukan kualitatif yang lebih mendalam.

Sementara itu, untuk **mengukur performa PLTS**, terdapat beberapa tahapan yang dilakukan, yaitu analisis pembacaan panel surya, analisis hasil proses *monitoring* untuk parameter komposter dan PLTS, dan analisis performa efisiensi energi dengan melakukan perhitungan matematis atas konsumsi energi harian sistem, jumlah produksi energi yang dihasilkan oleh PLTS, surplus energi yang dihasilkan, pemanfaatan energi, besaran jumlah energi yang *losses* dan potensi daya cadangan pada sistem.