

**LAPORAN AKHIR
PROJECT BASED LEARNING (PBL)**

**SISTEM PENGOLAHAN LIMBAH RUMAH TANGGA UNTUK PUPUK
KOMPOS BERBASIS INTERNET OF THINGS**



Disusun oleh :

RIZKI	2201082017
Muhammad Zacky Saputra	2201082014
M. Abdi	2201082031
Siti Nur Asyari	2201081012
Annisa Yusri Arafah	2201081003

**PROGRAM STUDI TEKNIK KOMPUTER
JURUSAN TEKNOLOGI INFORMASI
POLITEKNIK NEGERI PADANG
2024**

DAFTAR ISI

DAFTAR ISI.....	i
BAB I. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan	2
1.4 Manfaat	2
1.5 Batasan Masalah.....	2
1.6 Metodologi	3
BAB II. LANDASAN TEORI	4
2.1 Teori Tentang Sistem	4
2.2 Teori Pendukung	5
2.2.1 Sensor Kelembaban.....	5
2.2.2 Sensor Suhu.....	5
2.2.3 Sensor Ultrasonik	6
2.2.4 Motor Stepper.....	6
2.2.5 Arduino Uno dan ESP32.....	7
2.2.6 Internet of Things	8
BAB III. ANALISIS DAN PERANCANGAN.....	9
3.1 Analisis Sistem yang Sedang Berjalan.....	9
3.1.1 Konsep Sistem Pengolahan Limbah Rumah Tangga Untuk Pupuk Kompos Berdasarkan Internet of Things	9
3.1.2 Kebutuhan Perangkat Keras (<i>Hardware</i>).....	10
3.1.3 Kebutuhan Perangkat Lunak (<i>Software</i>)	11
3.2 Rancangan Sistem	11
3.2.1 Rancangan <i>Flowchart</i>	11
3.2.2 Rancangan <i>Hardware</i>	12
3.2.3 Rancangan Topologi	12
3.2.4 Rancangan Antar Muka.....	13
BAB IV. IMPLEMENTASI DAN PENGUJIAN	14
4.1 Implementasi	14

4.1.1	Implementasi Hardware	14
4.1.2	Implementasi Program	17
4.1.3	Implementasi Software.....	22
4.2	Pengujian.....	29
4.2.1	Pengujian Hardware	29
4.2.2	Pengujian Software	31
BAB V. PENUTUP.....		32
5.1	Kesimpulan	32
5.2	Saran.....	32
DAFTAR PUSTAKA		33

BAB I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pengolahan limbah rumah tangga saat ini masih belum optimal pemanfaatannya, sehingga dapat menyebabkan tumpukan sampah yang mengganggu. Adanya tumpukan sampah ini akan mencemari lingkungan. Selain mencemari lingkungan sampah atau limbah menimbulkan bau busuk dan pemandangan tidak sedap dipandang mata, untuk mengatasi hal-hal tersebut perlu dilakukan upaya tertentu antara lain dengan mengolah sampah secara langsung, ataupun dengan proses daur ulang, secara konsep pengolahan limbah dapat diartikan sebagai upaya memanfaatkan limbah organik maupun anorganik agar memiliki nilai atau manfaat tertentu (Dr. Hj. Rahmawati, 2018). Upaya pengolahan limbah ini dapat dilakukan dengan cara pengomposan untuk mengolah limbah tersebut menjadi pupuk kompos yang berguna bagi tanaman. Pengomposan merupakan salah satu metode pengolahan sampah organik yang bertujuan mengurangi dan mengubah komposisi sampah menjadi produk yang bermanfaat. Pengomposan merupakan salah satu proses pengolahan limbah organik menjadi material baru seperti halnya humus (Worotitjan, et al., 2022). Berdasarkan hasil observasi yang dilakukan pada Pusat Pengelolaan Sampah Terpadu (PPST) Universitas Andalas, indikator suhu dan kelembaban pada komposter masih diukur menggunakan indra peraba (tangan) sehingga pengukuran tersebut masih belum akurat. Untuk mengatasi itu, pengolahan limbah dapat dikembangkan dengan menggunakan IoT yang melibatkan sensor suhu dan kelembaban sehingga pengukuran indikator tersebut akurat.

Penelitian sebelumnya terkait dengan penggunaan IoT dalam pengolahan limbah rumah tangga telah dilakukan oleh (Khakim & Budihartono, 2023). Dalam penelitian tersebut dilakukan pembuatan sistem pengolahan limbah rumah tangga yang mempunyai beberapa pengontrol dalam pemrosesan limbah rumah tangga menjadi kompos, yakni pengadukan dan penyemprotan air serta cairan aktivator kompos secara otomatis sesuai dengan kondisi bahan kompos yang ada di dalam tempat pemrosesan melalui sensor-sensor yang dipasangkan pada alat tersebut (Khakim & Budihartono, 2023).

Pada produk ini memiliki karakteristik pembeda pada penelitian sebelumnya dimana terdapat fitur tambahan untuk memberikan notifikasi saat wadah pengolahan terlalu penuh dan saat pupuk kompos telah layak digunakan. Produk ini akan mempermudah pengguna memperoleh kompos dengan meminimalisir campur tangan manusia dalam proses pengomposan tersebut hingga layak guna. Produk ini dapat digunakan dalam skala besar seperti dalam lingkup RW atau kelurahan, sehingga produk ini dapat berpotensi menghasilkan produk yang memiliki nilai jual.

1.2 Rumusan Masalah

1. Bagaimana cara membuat pengolah pupuk kompos agar menjadi lebih mudah sehingga dapat menghemat waktu dan tenaga?
2. Bagaimana cara mengirimkan data dan notifikasi proses pengolahan pupuk kompos ke internet?

1.3 Tujuan

Tujuan dari pengadaan produk ini dapat diuraikan sebagai berikut :

1. Produk ini membantu pengguna dalam mempermudah pengolahan pupuk kompos yang dapat menghemat waktu dan tenaga.
2. Produk ini mengirimkan data dan notifikasi proses pengolahan pupuk kompos ke internet.

1.4 Manfaat

Manfaat yang diharapkan dari produk ini adalah dapat membantu pengguna untuk monitoring proses pengomposan/pengolahan limbah rumah tangga layak olah yang dapat meningkatkan nilai guna serta nilai jual limbah tersebut. Manfaat lainnya dapat diuraikan sebagai berikut :

1. Kemudahan dalam mengontrol pengolahan limbah rumah tangga yang baik dan siap dijadikan pupuk;
2. Efisiensi penggunaan energi dan kemudahan pengguna dalam pengolahan limbah rumah tangga sehingga memberikan nilai tambah yang signifikan;
3. Memberikan kualitas pupuk kompos yang baik untuk digunakan pada tanaman.

1.5 Batasan Masalah

Pada proyek ini akan berfokus dan membatasi ruang lingkup agar pembahasannya lebih terperinci, maka perlu dibatasi permasalahan yang meliputi:

- Menormalisasi suhu dengan sensor DS18B20 dan kelembaban dengan sensor FC-28 dan mengidentifikasi volume wadah pengolahan dengan sensor ultrasonik. Kemudian terintegrasi dengan *waterpump* dan otomatisasi pengadukan dengan *motor stepper* dalam pengolahan pupuk kompos;
- Menggunakan RDBMS (database) mySQL
- Menggunakan server AWS

1.6 Metodologi

Metodologi yang digunakan dalam *Project Based Learning* ini adalah sebagai berikut :

a. Pengumpulan Data

Dalam penelitian ini menggunakan metode kualitatif dan kuantitatif karena penelitian ini memerlukan data deskriptif serta numberik untuk mendapatkan hasil yang maksimal. Data diperoleh dari hasil observasi serta pengkajian literatur terkait.

b. Penyusunan Desain Teknis

Setelah data terkumpul, perlu dirancang sebuah desain teknis yang melibatkan komponen-komponen utama seperti sensor terkait dan perangkat lainnya. Kemudian, perlu dilakukan pembuatan algoritma dan metode pemrosesan yang sesuai dengan pengolahan pupuk kompos.

c. Pembuatan Produk (perangkat pengolah kompos, server, aplikasi berbasis web)

- Mempersiapkan peralatan penunjang kerja dan bahan yang diperlukan;
- Melakukan perakitan dan input data;
- Melakukan *designing* produk;
- Melakukan pengujian;
- Mempublikasikan produk.

d. Pengujian Keandalan Produk

Pengujian keandalan produk bertujuan untuk mengetahui kualitas dan kemudahan penggunaan produk serta mengetahui apakah produk tersebut bekerja dengan baik atau tidak. Pengujian keandalan produk dapat dilakukan secara fisik dan secara virtual.

e. Pelaporan

- Membuat *logbook* harian;
- Membuat laporan kemajuan;
- Membuat laporan akhir.

BAB II. LANDASAN TEORI

2.1 Teori Tentang Sistem

Kompos adalah produk dari penguraian sebagian atau tidak lengkap campuran bahan-bahan organik yang prosesnya dapat dipercepat secara buatan dengan menggunakan berbagai jenis mikroba dalam kondisi lingkungan yang hangat, lembab, serta aerobik atau anaerobik. Sementara itu, pengomposan adalah proses biologis di mana bahan organik diuraikan, terutama oleh mikroba yang menggunakan bahan organik tersebut sebagai sumber energi (Dinata, et al., 2022). Dalam kehidupan sehari-hari, masyarakat dalam rumah tangga setiap hari menghasilkan sampah organik seperti sisa sayuran, kulit buah, sisa makanan basi dan lain sebagainya. Sampah tersebut merupakan sampah yang dapat diurai karena mengandung senyawa dan bakteri pengurai yang dapat meningkatkan kesuburan tanah dengan menyediakan unsur hara yang dibutuhkan oleh tanah (Sitompul, et al., 2017).

Pengomposan atau pembuatan pupuk organik merupakan suatu metode untuk mengkonversikan bahan-bahan organik menjadi bahan yang lebih sederhana dengan bantuan aktivitas mikroba. Teknik pengomposan teknologi rendah masih menggunakan cara-cara tradisional untuk membantu proses fermentasi bahan organik menjadi pupuk kompos. Penggunaan mikroorganisme seperti EM4 merupakan awal untuk mengembangkan pertanian yang ramah lingkungan dengan memanfaatkan mikroorganisme pembusuk yang bermanfaat untuk kesuburan tanah (Marliani, 2015). Proses pembuatan kompos adalah dengan cara menguraikan sisa tanaman dan hewan melalui bantuan organisme hidup. Bahan baku yang dibutuhkan untuk memproduksi pupuk kompos adalah bahan organik dan organisme pengurai. Proses penguraian bahan organik yang terjadi di alam menjadi dasar pengembangan teknik pengomposan. Teknologi pembuatan pupuk organik dapat dilakukan dengan metode dan alat pengomposan yang sederhana. Alat pengomposan sampah organik dikenal dengan komposter. Salah satu komposter sederhana dapat dibuat dengan ember atau tong plastik di dalamnya untuk memisahkan kotoran padat dan cair. Dengan pengomposan dengan komposter ini, sampah organik rumah tangga dapat diolah, yang selanjutnya dapat diolah menjadi pupuk dan memiliki nilai jual (Naufa, et al., 2023).

2.2 Teori Pendukung

2.2.1 Sensor Kelembaban

Sensor kelembaban yang akan digunakan adalah sensor kelembaban tanah *Soil Moisture Sensor FC-28* yang merupakan sensor yang dapat mendeteksi kelembaban dalam tanah. Sensor ini dapat mendeteksi tingkat air pada tanah, yang pada penelitian ini akan digunakan untuk mendeteksi kelembaban limbah rumah tangga yang diolah menjadi pupuk kompos. Sensor ini terdiri dari dua probe untuk melewati arus melalui tanah, kemudian membaca resistansinya untuk mendapatkan nilai tingkat kelembaban. Semakin banyak air membuat tanah lebih mudah menghantarkan listrik (resistansi kecil), sedangkan tanah yang kering sangat sulit menghantarkan listrik (resistansi besar). Sensor ini sangat membantu untuk meningkatkan kelembaban pada tanaman atau memantau kelembaban tanah (Husdi, 2018).



Gambar 2. 1 Sensor FC-28

2.2.2 Sensor Suhu

Sensor DS18B20 merupakan sensor temperatur digital yang dapat dihubungkan dengan mikrokontroler. Sensor DS18B20 memiliki keluaran digital sehingga tidak membutuhkan rangkaian ADC (*Analog to Digital Converter*), serta akurasi nilai suhu dan kecepatan pengukuran memiliki stabilitas yang jauh lebih baik dari sensor suhu lainnya (Lutfiyana, et al., 2017). Sensor DS18B20 merupakan sensor suhu yang telah memiliki kemampuan tahan air dan memiliki output digital. Sensor ini bekerja pada tegangan operasi 3V hingga 5,5V. Penggunaan sensor suhu ini untuk mendeteksi suhu pada limbah rumah tangga kemudian akan diolah menjadi pupuk kandang. Suhu yang tepat dapat berperan penting dalam proses fermentasi limbah rumah tangga dan menghasilkan pupuk kompos yang berkualitas.



Gambar 2. 2 Sensor DS18B20

2.2.3 Sensor Ultrasonik

Sensor ultrasonik adalah sebuah sensor yang berfungsi untuk mengubah besaran fisis (bunyi) menjadi besaran listrik dan sebaliknya. Gelombang ultrasonik adalah gelombang bunyi yang mempunyai frekuensi 20.000 Hz. Bunyi ultrasonik tidak dapat di dengar oleh telinga manusia. Bunyi ultrasonik bisa merambat melalui zat padat, cair dan gas. HC-SR04 merupakan sensor ultrasonik siap pakai, satu alat yang berfungsi sebagai pengirim, penerima, dan pengontrol gelombang ultrasonik. Alat ini bisa digunakan untuk mengukur jarak benda dari 2cm - 4m dengan akurasi 3mm. Dengan demikian, untuk menghitung jarak yang hanya maksimal 4 m maka rumus di atas harus dimodifikasi atau disesuaikan satuannya (Yudha & Sani, 2017). Dalam hal ini, sesnsor ultrasonik digunakan untuk mengukur kapasitas yang ada pada wadah pengolahan limbah rumah tangga untuk pupuk kompos.



Gambar 2. 3 Sensor Ultrasonik

2.2.4 Motor Stepper

Motor *stepper* merupakan motor DC yang tidak mempunyai komutator. Umumnya motor *stepper* hanya mempunyai kumparan pada bagian stator

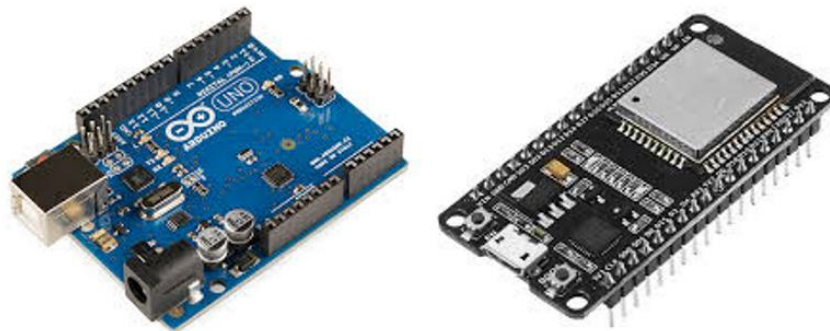
sedangkan pada bagian rotor merupakan magnet permanen (bahan ferromagnetic). Karena konstruksi inilah maka motor *stepper* dapat diatur posisinya pada posisi tertentu dan/atau berputar ke arah yang diinginkan (Syahrul, 2016). Motor *stepper* digunakan sebagai pengaduk otomatis setelah bahan pupuk kompos diberikan cairan EM4.



Gambar 2. 4 Motor Stepper

2.2.5 Arduino Uno dan ESP32

Arduino Uno adalah sebuah *board* mikrokontroler yang berbasis ATmega328. Arduino Uno mempunyai 14 pin digital input/output digital. Untuk mendukung mikrokontroler agar dapat digunakan, cukup hanya menghubungkan *board* Arduino Uni ke komputer dengan menggunakan kabel USB atau listrik dengan AC dengan adaptor DC atau baterai untuk menjalankannya (Lubis, et al., 2019). Sedangkan ESP32 merupakan mikrokontroler SoC (*System on Chip*) terpadu yang dilengkapi dengan WiFi b/g/n, bluetooth, dan berbagai *peripheral*. ESP32 adalah *vhip* yang cukup lengkap, terdapat prosesor, penyimpanan dan akses pada GPIO (*General Purpose Input Output*). ESP32 bisa digunakan untuk rangkaian pengganti pada Ardunio. ESP32 memiliki kemampuan untuk mendukung koneksi ke WiFi secara langsung (Nizam, et al., 2022).



Gambar 2. 5 Arduino Uno dan ESP32

2.2.6 Internet of Things

Internet of Things (IoT) merupakan sebuah konsep yang bertujuan untuk memperluas manfaat dari konektivitas internet yang tersambung secara terus-menerus yang memungkinkan mesin, peralatan, dan benda fisik lainnya dengan sensor jaringan dan aktuator untuk memperoleh data dan mengelola kinerjanya sendiri, sehingga memungkinkan mesin untuk berkolaborasi dan bahkan bertindak berdasarkan informasi baru yang diperoleh secara independen (Arafat, 2016). IoT adalah sebuah gagasan dimana semua benda di dunia nyata dapat berkomunikasi satu dengan yang lain sebagai bagian dari satu kesatuan sistem terpadu menggunakan jaringan internet sebagai penghubung (Efendi, 2018). IoT dapat menghubungkan berbagai komponen sehingga pengguna dapat mengontrol suatu sistem menggunakan internet.

BAB III. ANALISIS DAN PERANCANGAN

3.1 Analisis Sistem yang Sedang Berjalan

Sistem ini dirancang dengan tujuan untuk otomatisasi pengolahan pupuk kompos yang berkualitas dengan memperhatikan indikator suhu dan kelembaban didalamnya. Dalam hal ini, sistem pengolahan limbah rumah tangga untuk pupuk kompos ini terintegrasi dengan website yang dapat diakses melalui perangkat pengguna untuk menampilkan data dan notifikasi saat pupuk telah diolah. Selain itu, perlu dilakukan perancangan arsitektur sistem dan penggambaran aliran data yang diperoleh ke sistem untuk kemudian dapat diperinci bagaimana pengguna berinteraksi dengan sistem. Sistem ini juga mengintegrasikan perangkat keras dan perangkat lunak, serta algoritma yang mendasari perolehan data yang didapatkan dari sensor yang terpasang serta otomatisasi yang dilakukan.

Sistem harus mampu memperoleh dan mengolah data yang diperoleh dari sensor suhu, kelembaban, dan ultrasonik agar dilakukan otomatisasi pengadukan pada pupuk kompos yang sedang diolah.

Analisis sistem yang sedang berjalan melibatkan pemilihan implementasi algoritma perolehan data sensor, integrasi arduino dan ESP32, website, serta tampilan LCD untuk menampilkan informasi jika pengguna sedang tidak memiliki akses internet. Selain itu, pengujian dan evaluasi sistem juga penting dilakukan untuk memastikan kinerja yang optimal dan kehandalan dalam situasi yang berada. Sistem ini diharapkan dapat memberikan kemudahan dan efisiensi terhadap waktu serta tenaga dalam pengolahan limbah rumah tangga untuk pupuk kompos.

3.1.1 Konsep Sistem Pengolahan Limbah Rumah Tangga Untuk Pupuk Kompos Berbasis Internet of Things

Otomatisasi pengolahan limbah rumah tangga untuk pupuk kompos merupakan alat modern yang dapat memudahkan manusia untuk membuat dan mengolah limbah menjadi pupuk kompos yang berkualitas. Tentunya dalam sistem tersebut, indikator suhu dan kelembaban sangat berpengaruh pada pupuk kompos yang akan dibuat. Komponen yang digunakan dalam rancangan perangkat IoT ini adalah Arduino Uno, ESP32, sensor DS18B20 (suhu), sensor FC-28 (kelembaban), sensor ultrasonik, dan motor *stepper*. Perangkat akan mulai bekerja dengan mendeteksi volume wadah pengolahan, karena jika volume wadah pengolahan terlalu penuh maka kinerja perangkat tidak optimal. Setelah mendeteksi volume, perangkat akan mendeteksi suhu dan kelembaban pada limbah rumah tangga yang digunakan untuk pupuk kompos dengan sensor DS18B20 dan sensor FC-28. Dimana, jika kelembaban bahan pupuk kompos tersebut $\geq 40\%$ hingga $\leq 60\%$, maka pompa EM4 dan air akan aktif selama 15 detik.

Kemudian motor *stepper* akan berputar mengaduk bahan pupuk kompos selama 5 detik ke kiri dan kanan. Sensor DS18B20 dan FC-28 akan kembali mendeteksi suhu dan kelembaban dalam wadah pengolahan hingga suhu $\geq 30^{\circ}\text{C}$ sampai $\leq 40^{\circ}\text{C}$ dan kelembaban $\geq 60\%$, maka motor *stepper* akan berhenti seiring dengan *waterpump* yang juga berhenti. Proses tersebut akan berlangsung selama periode pengomposan yakni 14 hari. Selama periode pengomposan tersebut, kelebihan kelembaban yang berupa air akan jatuh melalui sela-sela dasar wadah sehingga pupuk cair dan padat terpisah. Setelah 14 hari, maka perangkat akan kembali mendeteksi standar suhu dan kelembaban yang telah ditentukan untuk kemudian memberikan notifikasi bahwa pupuk kompos telah siap diolah. Monitoring suhu dan kelembaban dapat dilihat dengan website yang bisa diakses di berbagai device seperti laptop, PC, maupun *smartphone*.

3.1.2 Kebutuhan Perangkat Keras (*Hardware*)

Dalam proses perancangan dan pembuatan sistem pengolahan limbah rumah tangga untuk pupuk kompos berbasis *Internet of Things* dibutuhkan beberapa perangkat keras agar dapat berjalan sesuai dengan perencanaan. Berikut adalah perangkat keras yang digunakan dalam implementasi sistem tersebut beserta kegunaannya :

Tabel 3. 1 Kebutuhan Hardware

No	Hardware	Kegunaan
1	Arduino Uno	Sebagai mikrokontroler sistem
2	ESP32	Sebagai mikronkontroler dan sebagai penghubung koneksi internet
3	LCD	Menampilkan informasi data sensor
4	Relay	Mengendalikan daya yang dikontrol oleh arduino. Relat mengendalikan arus listrik yang mengalir ke <i>waterpump</i>
5	Power Supply	Sebagai pengubah tegangan listrik AC ke DC
6	Kabel Jumper	Menghubungkan antar komponen
7	Sensor DS18B20	Mendeteksi suhu pada wadah pengolahan
8	Sensor FC-28	Mendeteksi kelembaban pada wadah pengolahan
9	Sensor Ultrasonik	Mendeteksi kapasitas pada wadah pengolahan
10	Motor Stepper	Mengaduk kompos secara otomatis
11	Waterpump	Mengalirkan air dan EM4 pada kompos

3.1.3 Kebutuhan Perangkat Lunak (Software)

Perangkat lunak yang digunakan dalam sistem pengolahan limbah rumah tangga berbasis *Internet of Things* ini adalah sebagai berikut :

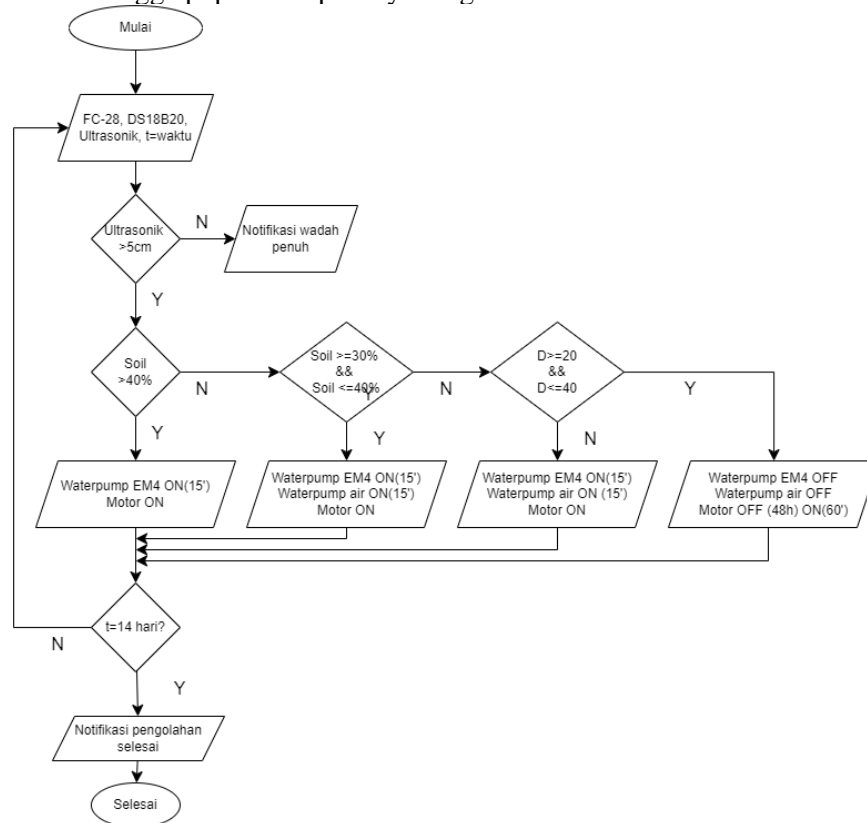
Tabel 3. 2 Kebutuhan Software

No	Software	Kegunaan
1	Arduino IDE	Membuat, mengedit, membverifikasi dan mengunggah program ke arduino dan ESP32
2	Visual Code	Membuat, mengedit, membverifikasi program untuk website
3	MySQL	Database sistem sebagai penyimpan data
4	Cyberpanel	Melakukan hosting dan membuat situs, deploy code program, serta sebagai web control panel yang aman, cepat, dan praktis

3.2 Rancangan Sistem

3.2.1 Rancangan Flowchart

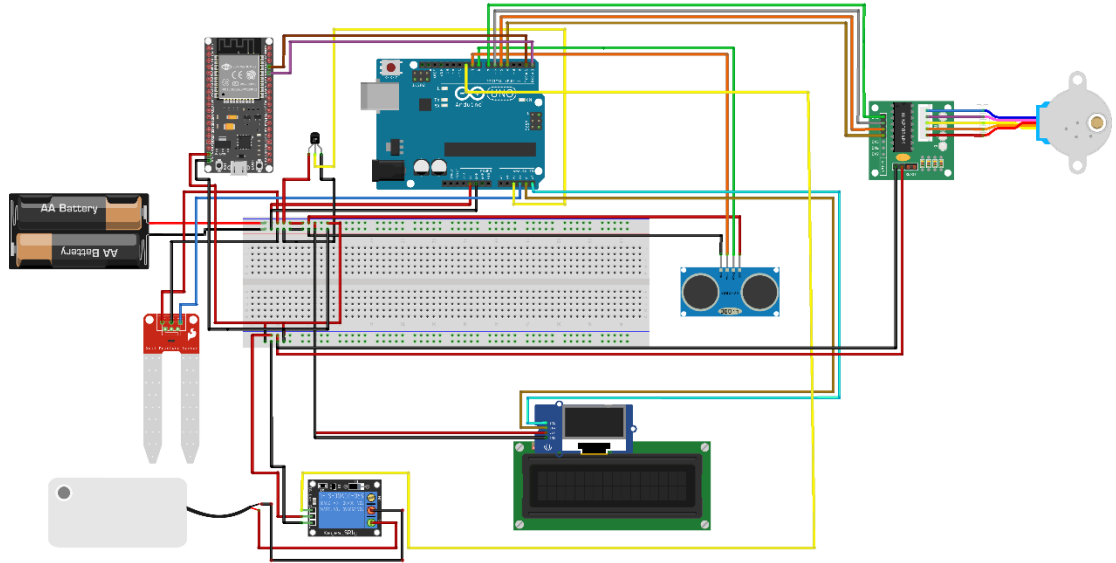
Flowchart sistem dimulai dengan pemindaian sensor yang terpasang pada sisten yang kemudian data tersebut akan diolah untuk membuat keputusan otomatisasi penyemprotan air dan EM4. Setelah penyemprotan dilakukan maka secara otomatis motor stepper akan bekerja mengaduk pupuk kompos. Proses ini akan dilakukan secara berulang selama 14 hari hingga pupuk kompos layak digunakan.



Gambar 3. 1 Flowchart Sistem

3.2.2 Rancangan *Hardware*

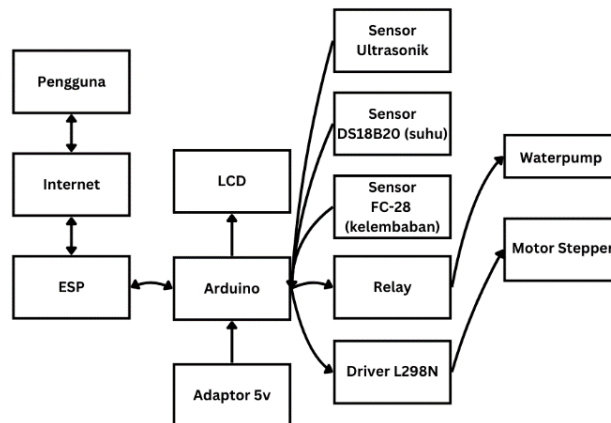
Perancangan *hardware* secara keseluruhan menggunakan komponen yang sesuai dengan kebutuhan alat agar dapat memudahkan perakitan dan pengembangan sistem pengolahan limbah rumah tangga untuk pupuk kompos berbasis *Internet of Things*. Rancangan *hardware* dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 3. 2 Rancangan *Hardware*

3.2.3 Rancangan Topologi

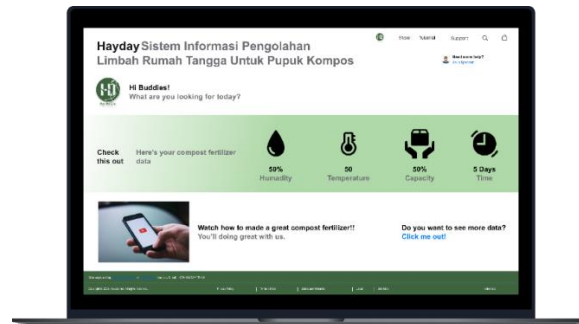
Perancangan topologi secara keseluruhan menggunakan komponen yang sesuai dengan kebutuhan alat. Rancangan ini memudahkan perakitan dan pengembangan sistem pengolahan limbah rumah tangga untuk pupuk kompos berbasis *Internet of Things*. Untuk memenuhi semua kebutuhan dan rangkaian yang maksimal, perancangan sistem dapat dilihat pada gambar berikut.



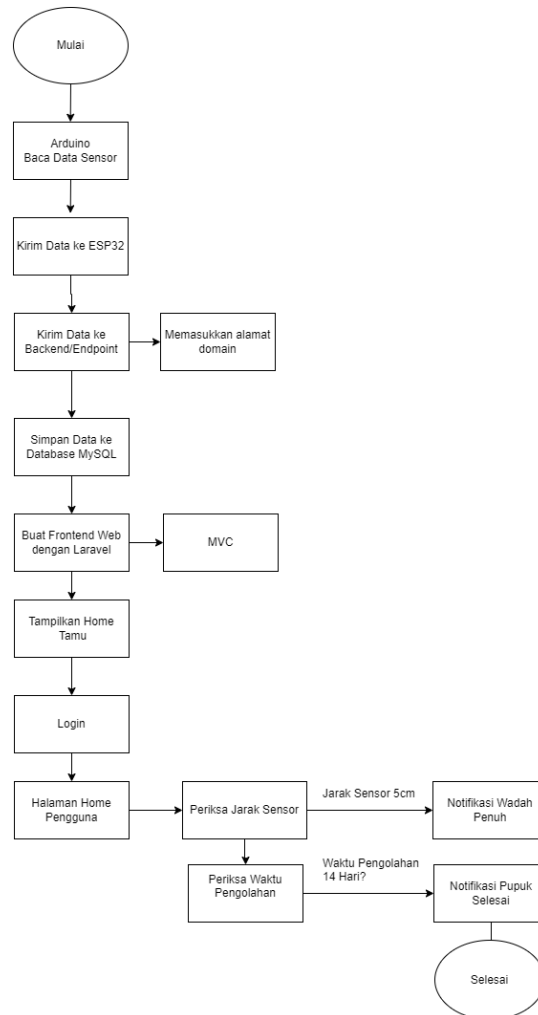
Gambar 3. 3 Skema Sistem

3.2.4 Rancangan Antar Muka

Antar muka diperlukan dalam perancangan website yang akan dikembangkan serta terintegrasi dengan perangkat keras sistem. Penggunaan Figma diperlukan untuk merancang antar muka website untuk memudahkan dalam proses pembuatan program sesuai dengan rancangan.



Gambar 3. 4 Rancangan Antar Muka Sistem



Gambar 3. 5 Rancangan Flowchart Website

BAB IV. IMPLEMENTASI DAN PENGUJIAN

4.1 Implementasi

Implementasi dan pengujian akan dilakukan setelah perancangan dan pembangunan sistem berhasil. Tahap implementasi merupakan analisa tahap lanjut dari analisa dan perancangan yang telah dibuat. Kemudian akan dilakukan pengujian untuk memastikan bahwa rancangan sistem dan pengujian sistem berjalan dengan baik.

4.1.1 Implementasi Hardware

a. Implementasi Sensor Kelembaban FC-28

Implementasi sensor kelembaban FC-28 dengan Arduino Uno dilakukan dengan menyusun rangkaian fisik dengan cara menghubungkan dua komponen tersebut melalui kabel *jumper*. Pin dapat diuraikan dalam tabel berikut :

Tabel 4. 1 Implementasi Sensor FC-28 dengan Arduino Uno

No	FC-28	Arduino Uno
1	A0	A3
2	Vcc	5v
3	Gnd	Gnd

b. Implementasi Sensor Suhu DS18B20

Implementasi sensor kelembaban FC-28 dengan Arduino Uno dilakukan dengan menyusun rangkaian fisik dengan cara menghubungkan dua komponen tersebut melalui kabel *jumper*. Pin dapat diuraikan dalam tabel berikut :

Tabel 4. 2 Implementasi Sensor DS18B20 dengan Arduino Uno

No	DS18B20	Arduino Uno
1	Vcc	5v
2	Gnd	Gnd
3	Data	A2

c. Implementasi Sensor Ultrasonik HC-SR04

Implementasi sensor ultrasonik HC-SR04 dengan Arduino Uno dilakukan dengan menyusun rangkaian fisik dengan cara menghubungkan dua komponen tersebut melalui kabel *jumper*. Pin dapat diuraikan dalam tabel berikut :

Tabel 4. 3 Implementasi Sensor HC-SR04 dengan Arduino Uno

No	Ultrasonik	Arduino Uno
1	Trig	8
2	Echo	9
3	Vcc	5v
4	Gnd	Gnd

d. Implementasi LCD

Implementasi LCD I2C dengan Arduino Uno dilakukan dengan menyusun rangkaian fisik dengan cara menghubungkan dua komponen tersebut melalui kabel *jumper*. Pin dapat diuraikan dalam tabel berikut :

Tabel 4. 4 Implementasi LCD dengan Arduino Uno

No	LCD	Arduino Uno
1	SCL	A5
2	SDA	A4
3	Vcc	5v
4	Gnd	Gnd

e. Implementasi Relay dan Waterpump

Implementasi Relay dan Waterpump dengan Arduino Uno dilakukan dengan menyusun rangkaian fisik dengan cara menghubungkan dua komponen tersebut melalui kabel *jumper*. Pin dapat diuraikan dalam tabel berikut :

Tabel 4. 5 Implementasi Relay dan Waterpump dengan Arduino Uno

No	Relay	Waterpump	Arduino Uno
1	Vcc		5v
2	Gnd		Gnd
3	In1		11
4	In2		10
5	NO Relay 1	Power w1	
6	NO Relay 2	Power w2	
7	Com Relay 1	Gnd w1	
8	Com Relay 2	Gnd w2	

f. Implementasi Motor Stepper

Implementasi Motor Stepper dengan Arduino Uno dilakukan dengan menyusun rangkaian fisik dengan cara menghubungkan dua komponen tersebut melalui kabel *jumper*. Pin dapat diuraikan dalam tabel berikut :

Tabel 4. 6 Implementasi Motor Stepper dengan Arduino Uno

No	Motor Stepper	Arduino Uno
1	Power	5v
2	Gnd	Gnd
3	In1	7
4	In2	6
5	In3	5
6	In4	4

g. Implementasi Arduino Uno dan ESP32

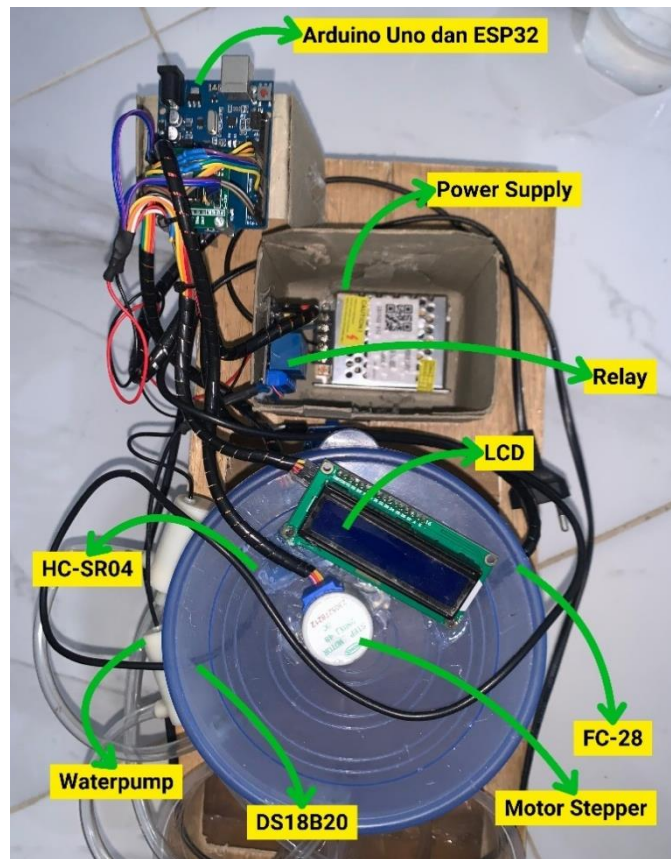
Implementasi Arduino Uno dengan ESP32 dilakukan dengan menyusun rangkaian fisik dengan cara menghubungkan dua komponen tersebut melalui kabel *jumper*. Pin dapat diuraikan dalam tabel berikut :

Tabel 4. 7 Implementasi Arduino Uno dengan ESP32

No	Arduino Uno	ESP32
1	5v	Vin
2	Gnd	Gnd
3	Rx	Rx
4	Tx	Tx

h. Menghubungkan Seluruh Komponen Pada Mikrokontroler

Implementasi dari setiap komponen yang telah terhubung pada mikrokontroler yang sesuai dengan pin-pin yang telah ditentukan dan seluruh komponen sudah digabung menjadi satu rangkaian. Hasil rangkaian tersebut dapat dilihat pada gambar berikut :



Gambar 4. 1 Sistem Pengolahan Limbah Rumah Tangga Untuk Pupuk Kompos Berbasis IoT

4.1.2 Implementasi Program

a. Program Arduino IDE

Program yang diimplementasikan dalam sistem pengolahan limbah rumah tangga berbasis *Internet of Things* telah dirancang menggunakan Arduino IDE, dapat dilihat pada program berikut :

```
#include <OneWire.h>
#include <DallasTemperature.h>
#include <Wire.h>
#include <LiquidCrystal_I2C.h>
#include <Stepper.h>

const int stepsPerRevolution = 200;
Stepper myStepper(stepsPerRevolution, 7, 6, 5, 4);

// Pin untuk DS18B20
#define ONE_WIRE_BUS A2
OneWire oneWire(ONE_WIRE_BUS);
```

```

DallasTemperature sensors(&oneWire);

// Pin untuk HC-SR04
#define TRIG_PIN 8
#define ECHO_PIN 9

// Pin untuk Sensor Kelembapan Tanah
#define SOIL_MOISTURE_PIN A3

#define m1 11
#define m2 10
long delaystepper = 0;
unsigned long previousTime = millis();
long timeInterval = 1000;

LiquidCrystal_I2C lcd(0x27, 16, 2);

void setup(void) {
  // Setup sensor suhu DS18B20
  sensors.begin();

  // Setup Serial Monitor
  Serial.begin(9600);

  // Setup LCD
  lcd.begin(16, 2);
  lcd.backlight();

  // Setup pin HC-SR04
  pinMode(TRIG_PIN, OUTPUT);
  pinMode(ECHO_PIN, INPUT);

  // Setup pin Sensor Kelembapan Tanah
  pinMode(SOIL_MOISTURE_PIN, INPUT);

  pinMode(m1, OUTPUT);
  pinMode(m2, OUTPUT);
  digitalWrite(m1, HIGH);
  digitalWrite(m2, HIGH);

```

```

myStepper.setSpeed(100);
}

void loop(void) {
  unsigned long currentTime = millis();
  if (currentTime - previousTime >= timeInterval) { //pengambilan data per
    1 detik

    sensors.requestTemperatures();
    float tempC = sensors.getTempCByIndex(0);
    long duration, distance;
    digitalWrite(TRIG_PIN, LOW);
    delayMicroseconds(2);
    digitalWrite(TRIG_PIN, HIGH);
    delayMicroseconds(10);
    digitalWrite(TRIG_PIN, LOW);
    duration = pulseIn(ECHO_PIN, HIGH);
    distance = duration * 0.034 / 2;

    int soilMoistureValue = analogRead(SOIL_MOISTURE_PIN);
    float soilMoisturePercent = map(soilMoistureValue, 1023, 0, 0, 100);

    Serial.print("Temperature:");
    Serial.print(tempC);
    Serial.print(";");
    Serial.print("Distance:");
    Serial.print(distance);
    Serial.print(";");
    Serial.print("SoilMoisture:");
    Serial.print(soilMoisturePercent);
    Serial.println(";");

    lcd.clear();
    lcd.setCursor(0, 0);
    lcd.print("S:");
    lcd.print(tempC);
    lcd.print("C ");
    lcd.print("J:");
    lcd.print(distance);
  }
}

```

```

lcd.print("cm");
lcd.setCursor(0, 1);
lcd.print("K: ");
lcd.print(soilMoisturePercent);
lcd.print("%");

if (soilMoisturePercent > 40) {
  for (int i = 0; i < 150; i++) { //150=15detik
    digitalWrite(m1, LOW);
    myStepper.step(35);
  }
  digitalWrite(m1, HIGH);
} else if (soilMoisturePercent >= 30 and soilMoisturePercent <= 40) {
  for (int i = 0; i < 150; i++) {
    digitalWrite(m1, LOW);
    myStepper.step(35);
  }
  digitalWrite(m1, HIGH);
  for (int i = 0; i < 150; i++) {
    digitalWrite(m2, LOW);
    myStepper.step(35);
  }
  digitalWrite(m2, HIGH);
} else if (tempC >= 20 and tempC <= 40) {
  // Kondisi suhu antara 30 dan 40 derajat Celcius
  digitalWrite(m1, HIGH); // Mematikan m1
  digitalWrite(m2, HIGH); // Mematikan m2
  // Mematikan motor stepper
  digitalWrite(7, LOW);
  digitalWrite(6, LOW);
  digitalWrite(5, LOW);
  digitalWrite(4, LOW);
} else if (tempC > 40) {
  // Kondisi suhu diatas 40
  for (int i = 0; i < 150; i++) {
    digitalWrite(m1, LOW);
    myStepper.step(35);
  }
  digitalWrite(m1, HIGH);
}

```

```

for (int i = 0; i < 150; i++) {
    digitalWrite(m2, LOW);
    myStepper.step(35);
}
digitalWrite(m2, HIGH);
} else {
    digitalWrite(m2, HIGH);
    digitalWrite(m1, HIGH);

    if (delaystepper >= 172800) { //48h=172800detik
        for (int i = 0; i < 600; i++) { //600=60detik
            myStepper.step(35);
        }
        delaystepper = 0;
    }
}

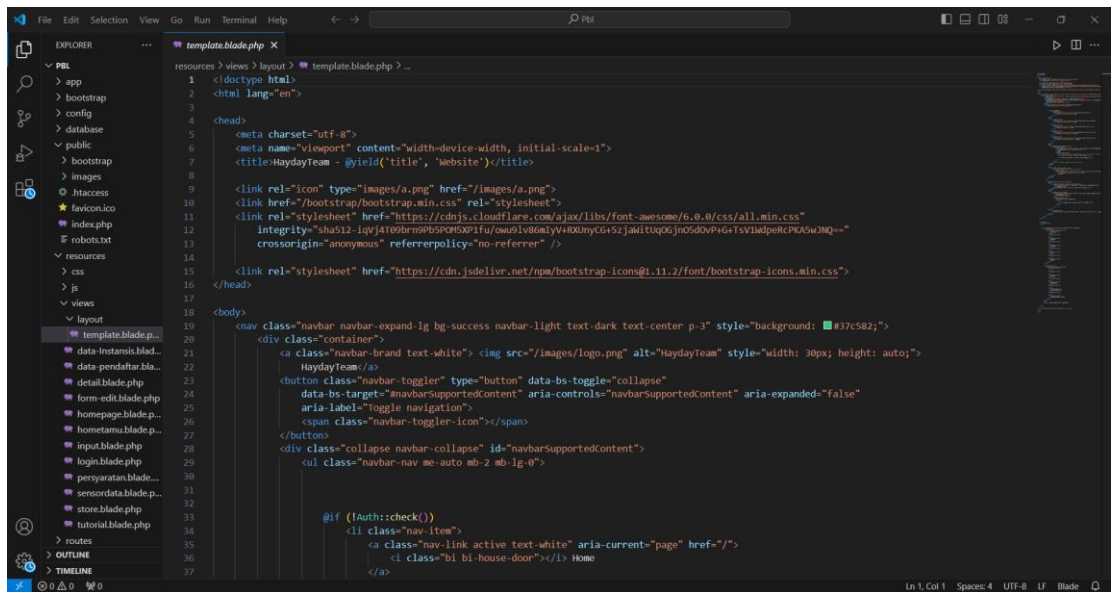
delaystepper++;

previousTime = currentTime;
}
}

```

b. Program Laravel

Pembuatan website dirancang dengan program yang menggunakan *framework* Laravel yang berbasis PHP berdasarkan arsitektur MVC (*Model-View-Controller*) yang dapat digunakan untuk mengembangkan aplikasi web yang kompleks. *Model* digunakan untuk mengelola data aplikasi. *View* digunakan untuk tampilan antarmuka pengguna. Serta, *Controller* digunakan untuk mengatur logika aplikasi. Berikut adalah potongan program dalam pengembangan aplikasi web pada sistem pengolahan limbah rumah tangga berbasis *Internet of Things* :



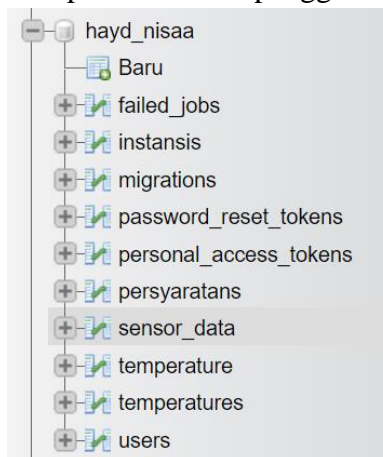
Gambar 4. 2 Potongan Program Laravel

4.1.3 Implementasi Software

a. Database dan Website

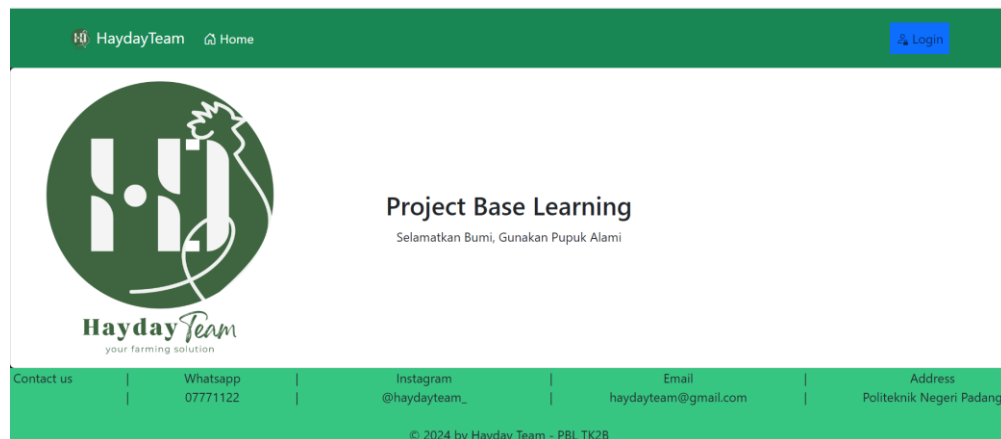
Database yang digunakan pada pengembangan website adalah MySQL. Data tersebut diperoleh dari sensor-sensor yang terdapat pada komposter yang kemudian dikirimkan ke website sehingga pengguna dapat melihat indikator terkait dalam pengolahan kompos. Penggunaan *backend/endpoint* berguna untuk menerima data dari ESP dan menyimpan data ke dalam *database*.

Data yang diperoleh dari sensor akan dikirimkan ke *Cyberpanel* yang kemudian diteruskan ke *backend/endpoint*. Kemudian, data tersebut akan dikirimkan ke MySQL sehingga data tersebut dapat dipanggil melalui *view* pada Laravel untuk menampilkan data ke pengguna.



Gambar 4. 3 Database

Pada halaman awal website, akan ditampilkan menu login yang dapat diakses oleh pengguna yang telah teregistrasi.



Gambar 4. 4 Welcome Page

The image shows the login page of the HaydayTeam website. It features a blue header with the word 'Login'. Below the header, there is a light blue background with two white input fields for 'Email' and 'Password'. A blue 'Login' button is positioned at the bottom left of the form area.

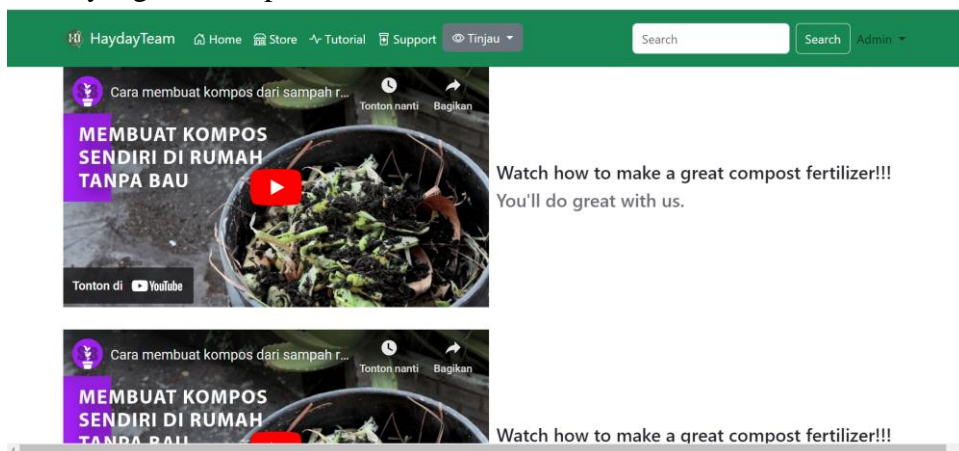
Gambar 4. 5 Login Page

Setelah pengguna berhasil login, maka akan website akan menampilkan data yang diperoleh dari sensor seperti kelembaban, suhu, kapasitas, serta waktu pengolahan kompos yang sedang berjalan.



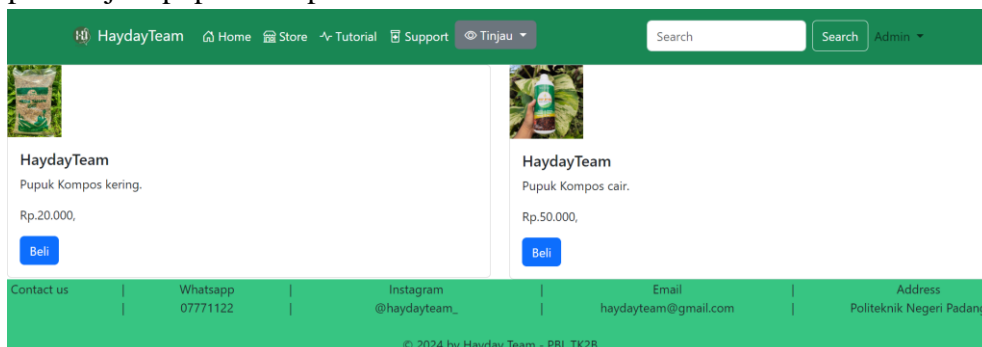
Gambar 4. 6 Home Page

Pengguna juga dapat melihat tutorial pembuatan pupuk kompos melalui video yang tersedia pada website.



Gambar 4. 7 Store Page

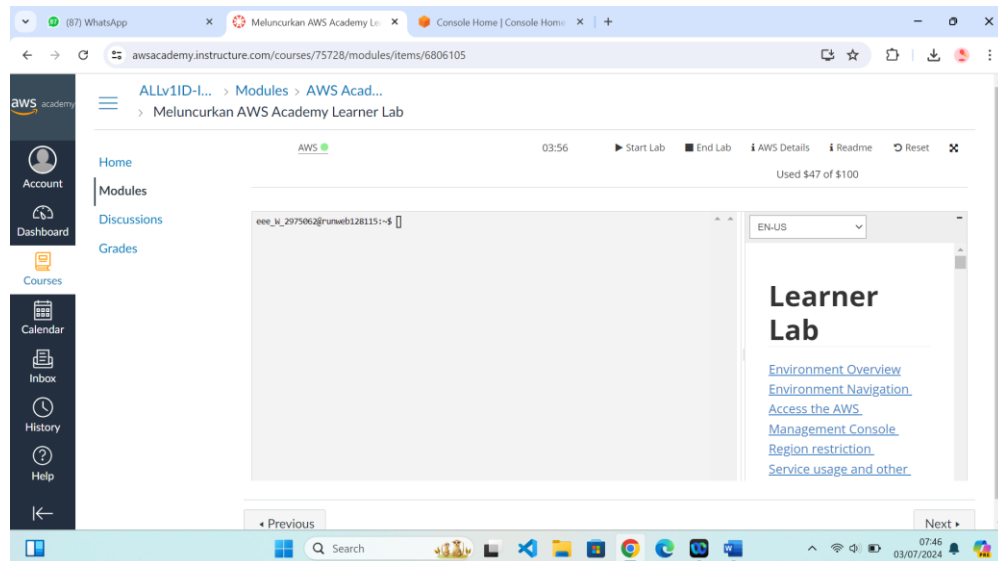
Selain itu, website juga dikembangkan agar pengguna dapat membeli produk jadi pupuk kompos.



Gambar 4. 8 Tutorial Page

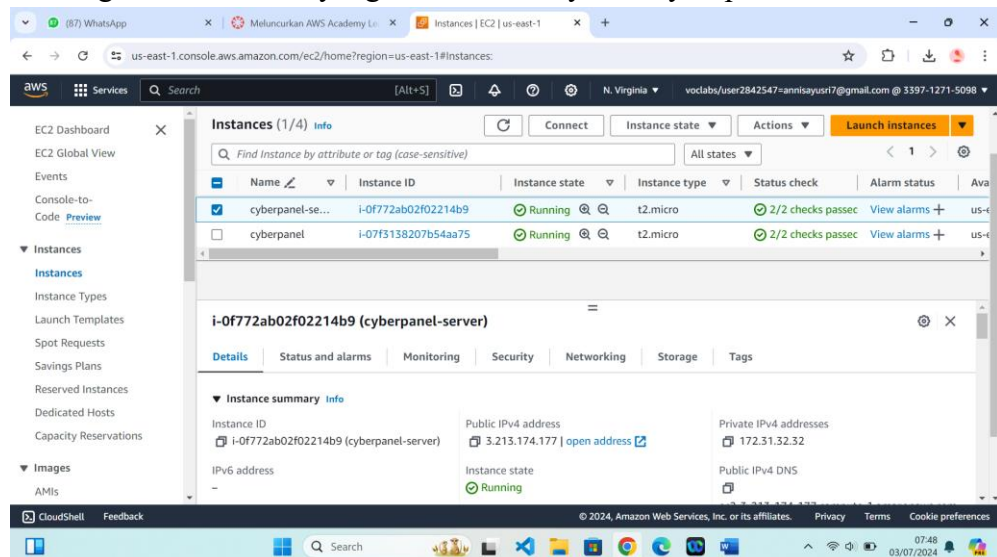
b. Hosting via AWS Cyberpanel

Web Panel yang digunakan adalah Cyberpanel, dimana Cyberpanel ini akan membuat situs web yang telah di program menggunakan framework laravel yang akan di teruskan ke domain yang sudah ada. Cyberpanel ini terdapat fitur Database untuk menghubungkan database MySQL dengan website yang telah di buat. Cyberpanel ini di install melalui AWS dengan EC2 Sebagai instance nya. Untuk Mengaktifkan server, pertama aktifkan dulu Learner Lab AWS Amazon.



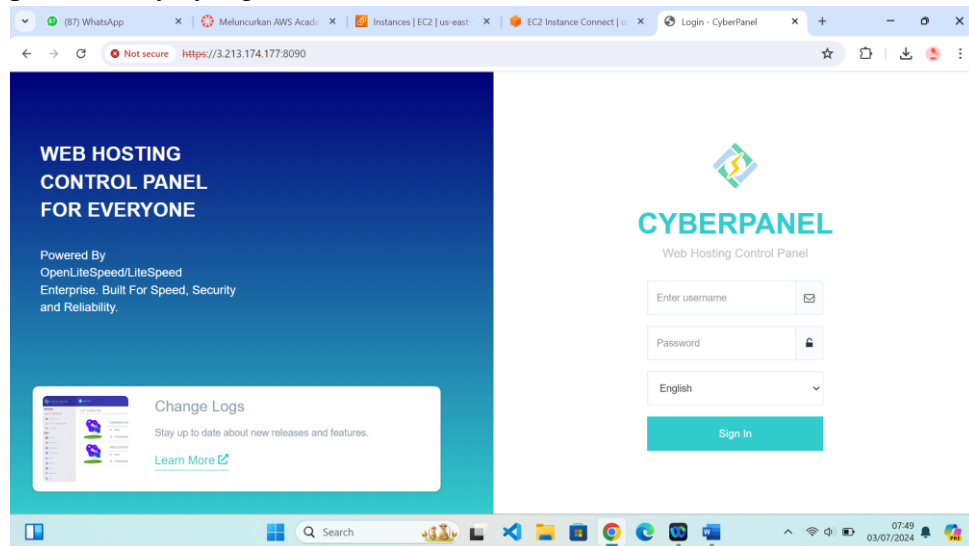
Gambar 4. 9 Learner Lab AWS

Hubungkan ke instance yang sudah di buat yaitu “cyberpanel-server”



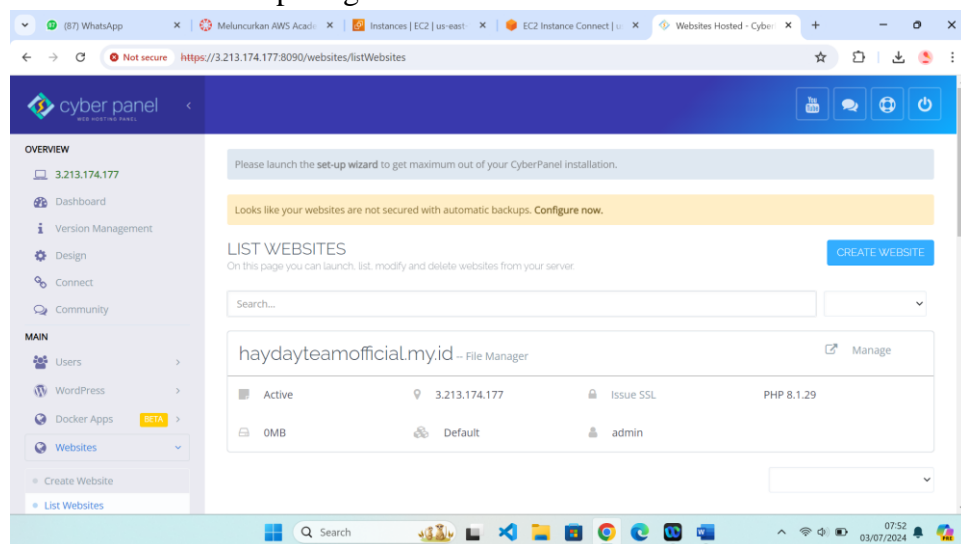
Gambar 4. 10 Penghubungan Instance

Setelah terhubung, akses alamat ip public nya di chrome dengan menambahkan port 8090 di belakang ip public nya. Setelah itu akan tampil halaman login ke cyberpanel nya. Untuk login nya kita sebagai admin, dan password nya yang sudah kita atur saat instalasi sebelum itu.



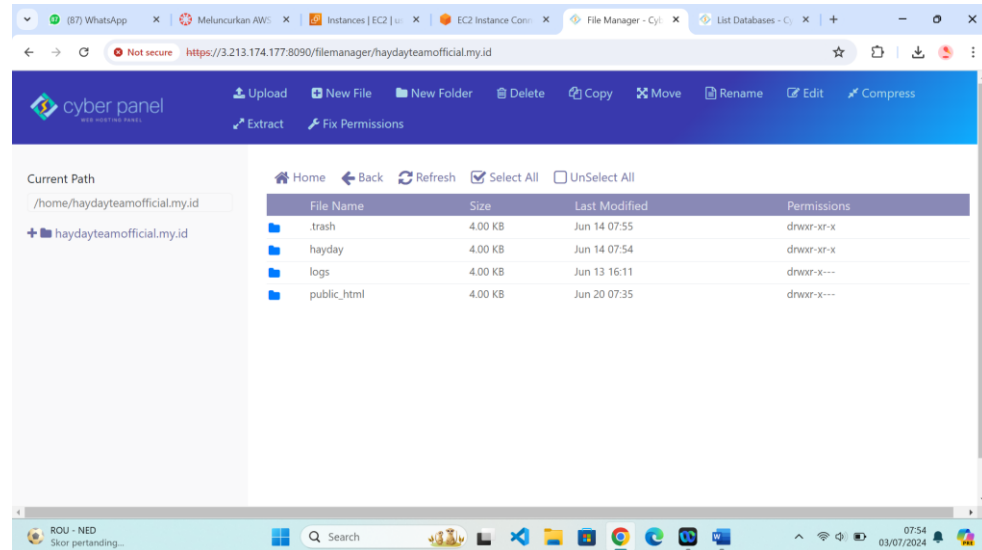
Gambar 4. 11 Akses IP Publik via Chrome

Setelah itu di bagian website, kita bisa membuat website dengan cara create website, lalu masukan domain yang di punya, setelah itu akan muncul di dalam list website seperti gambar dibawah.



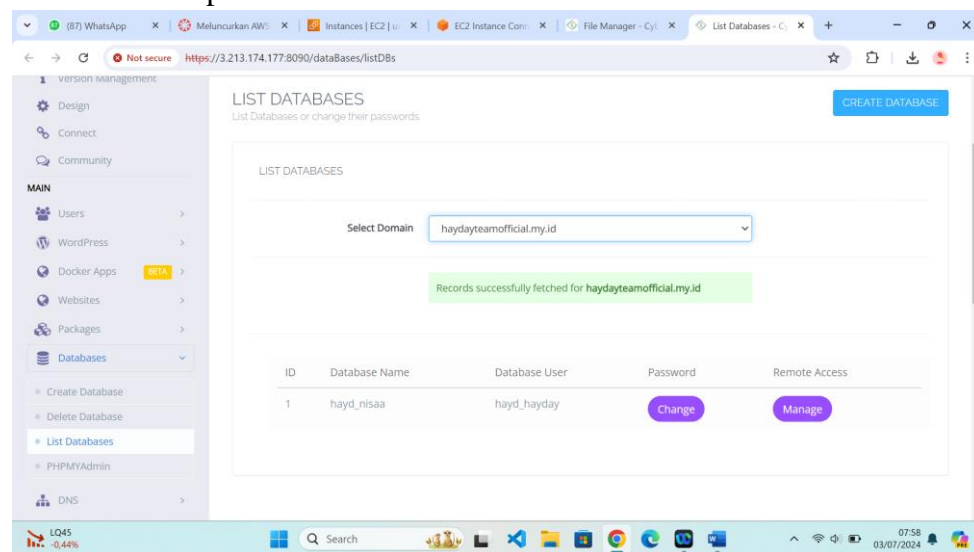
Gambar 4. 12 Create Website

Untuk menambahkan code program yang sudah di buat pada framework laravel, masuk ke bagian manage, lalu file manager. Untuk menampilkan layout web yang telah di buat dapat dibagi menjadi dua folder yaitu folder “hayday” dan “public_html”. Di dalam public_html semua file dan folder public yang ada pada project laravel di pindahkan ke public_html tersebut, seperti tampilan dibawah ini.



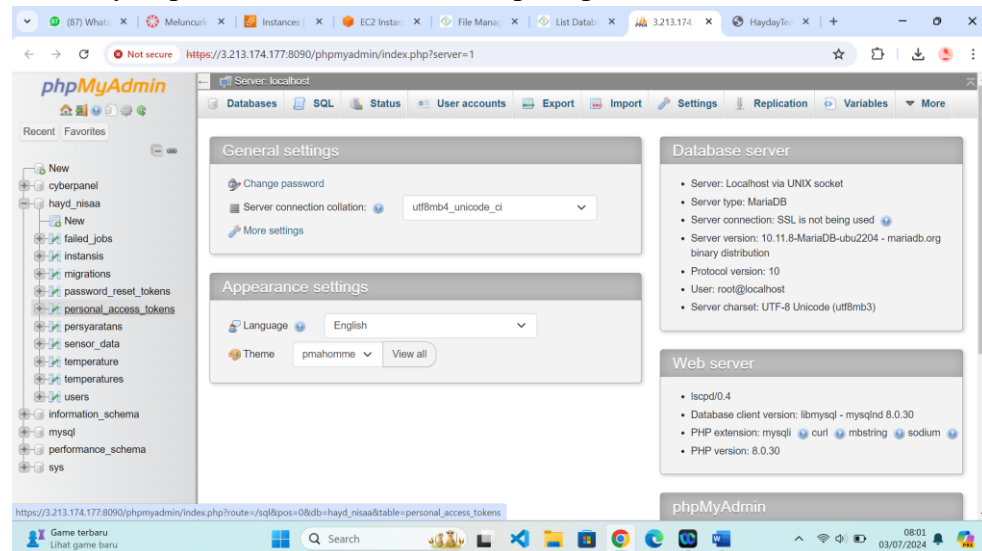
Gambar 4. 13 Menambahkan Kode Program

Setelah itu masukan database untuk project laravel tersebut dengan cara create database. Database ini bisa di impor dari database sebelum nya. Setelah itu masukan username, password dan nama database. Jika sudah maka akan tampil di dalam list database.



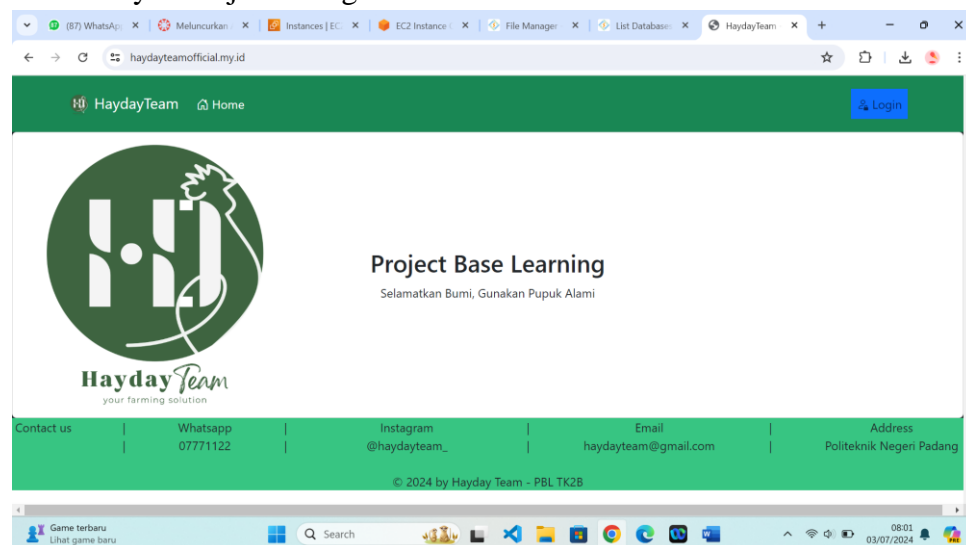
Gambar 4. 14 Create Database

Untuk database nya dapat di lihat di dalam PHPMYAdmin yang ada di dalam cyberpanel. Jika sudah akan tampil seperti ini.



Gambar 4. 15 Database MySQL

Setelah itu kita dapat mengakses domain yang kita buat/beli sebelum nya. Disini kami menggunakan nama “haydayteamofficial.my.id” sebagai domain nya. Lanjutkan login.



Gambar 4. 16 Website yang berhasil online

4.2 Pengujian

Pengujian yang dilakukan adalah evaluasi terhadap kegunaan sistem. Pengujian dilakukan dengan mengintegrasikan Arduino Uno dan ESP32 yang kemudian dihubungkan ke WiFi. Sistem ini akan menampilkan data sensor melalui website sehingga pengguna dapat mengakses data tersebut menggunakan perangkat yang dimilikinya.

4.2.1 Pengujian Hardware

a. Pengujian Sensor Kelembaban

Pengujian sensor kelembaban FC-28 dilakukan dengan cara menghubungkan sensor tersebut dengan mikrokontroler, selanjutnya dilakukan peningkatan/penurunan kadar kelembaban pada sensor sehingga dapat memperoleh data kelembaban pada komposter.

Tabel 4. 8 Pengujian FC-28

Skenario Pengujian	Hasil yang diharapkan	Validasi
Meningkatkan/menurunkan kadar kelembaban pada sensor yang telah terhubung pada mikrokontroler	Dapat memperoleh data kelembaban pada komposter	Berhasil

b. Pengujian Sensor Suhu

Pengujian sensor kelembaban DS18B20 dilakukan dengan cara menghubungkan sensor tersebut dengan mikrokontroler, selanjutnya dilakukan peningkatan/penurunan suhu pada sensor sehingga dapat memperoleh data suhu pada komposter.

Tabel 4. 9 Pengujian DS18B20

Skenario Pengujian	Hasil yang diharapkan	Validasi
Meningkatkan/menurunkan suhu pada sensor yang telah terhubung pada mikrokontroler	Dapat memperoleh data suhu pada komposter	Berhasil

c. Pengujian Sensor Ultrasonik

Pengujian sensor kelembaban HC-SR04 dilakukan dengan cara menghubungkan sensor tersebut dengan mikrokontroler, selanjutnya dilakukan pemindahan objek dan mendekatkan atau menjauhkan objek tersebut pada sensor sehingga dapat memperoleh data jarak/volume pada komposter.

Tabel 4. 10 Pengujian HC-SR04

Skenario Pengujian	Hasil yang diharapkan	Validasi
Mendekatkan/menjauhkan objek pada sensor ultrasonik yang terhubung pada mikrokontroler	Dapat memperoleh data jarak pada komposter	Berhasil
	Mengkonversi jarak menjadi persentase volume komposter	Tidak Berhasil

d. Pengujian LCD

Pengujian LCD dilakukan dengan cara menghubungkan LCD tersebut dengan mikrokontroler yang terintegrasi dengan sensor suhu, kelembaban, dan ultrasonik sehingga dapat menampilkan data pada komposter.

Tabel 4. 11 Pengujian LCD

Skenario Pengujian	Hasil yang diharapkan	Validasi
Menghubungkan LCD dengan mikrokontroler yang telah terintegrasi dengan sensor suhu, kelembaban, dan ultrasonik	Dapat menampilkan data pada LCD	Berhasil

e. Pengujian Relay dan Waterpump

Pengujian Relay dan Waterpump dilakukan dengan cara mengubah suhu/kelembaban sesuai dengan logika yang telah diprogram pada Arduino IDE sehingga waterpump dapat menyala sesuai dengan kebutuhan pada komposter.

Tabel 4. 12 Pengujian Relay dan Waterpump

Skenario Pengujian	Hasil yang diharapkan	Validasi
Mengubah suhu/kelembaban sesuai dengan logika yang telah ditentukan pada program Arduino IDE	Waterpump dapat menyala/mati sesuai logika pada program Arduino IDE	Berhasil

f. Pengujian Motor Stepper

Pengujian motor stepper dilakukan dengan cara mengubah suhu/kelembaban sesuai dengan logika yang telah diprogram pada Arduino IDE sehingga motor stepper dapat menyala mengikut waterpump sesuai dengan kebutuhan pada komposter.

Tabel 4. 13 Pengujian Motor Stepper

Skenario Pengujian	Hasil yang diharapkan	Validasi
Mengubah suhu/kelembaban sesuai dengan logika yang telah ditentukan pada program Arduino IDE	Motor stepper akan menyala/mati mengikuti waterpump	Berhasil

g. Pengujian Arduino Uno dan ESP32

Pengujian Arduino Uno dan ESP32 dilakukan dengan cara mengirimkan data yang diperoleh sensor melalui Arduino Uno ke ESP yang telah terhubung serta menghubungkan ESP ke internet.

Tabel 4. 14 Pengujian Arduino Uno dan ESP32

Skenario Pengujian	Hasil yang diharapkan	Validasi
Mengirimkan data yang diperoleh sensor melalui Arduino Uno ke ESP yang telah terhubung, serta menghubungkan ESP ke internet	Dapat mengirimkan data ke internet	Berhasil

4.2.2 Pengujian Software

a. Database dan Website

Pengujian database dan website dilakukan dengan cara menerima data yang sudah diproses oleh *backend* dan *frontend* sehingga dapat menerima data dan menyimpan, serta menampilkan data dengan baik.

Tabel 4. 15 Pengujian Database dan Website

Skenario Pengujian	Hasil yang diharapkan	Validasi
Menerima data yang sudah di proses oleh backend dan frontend	Dapat menerima dan menyimpan, serta menampilkan data dengan baik	Berhasil

b. Hosting via Cyberpanel

Pengujian hosting dilakukan dengan cara menampilkan situs website melalui domain yang dibuat secara online dengan hasil yang diharapkan situs website dapat diakses pengguna secara online.

Tabel 4. 16 Pengujian Hosting

Skenario Pengujian	Hasil yang diharapkan	Validasi
Menampilkan situs website melalui domain yang di buat secara online	Situs website dapat di akses untuk seluruh pengguna	Berhasil

BAB V. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat diperoleh dari *Project Based Learning* ini adalah dapat diuraikan sebagai berikut :

- Dalam mempermudah pengolahan pupuk kompos yang dapat menghemat waktu dan tenaga, dikembangkan teknologi berbasis *Internet of Things* yang dapat memungkinkan pengguna mengontrol pengolahan pupuk kompos melalui internet. Alat pengolahan kompos otomatis ini mengintegrasikan sensor suhu DS18B20, sensor kelembaban FC-28, dan sensor ultrasonik yang dapat memberikan data volume pada wadah pengolahan. Data yang diperoleh dari sensor tersebut akan diproses melalui mikrokontroler untuk melakukan otomatisasi penyemprotan EM4 dan air untuk menjaga suhu dan kelembaban agar tetap stabil, kemudian akan dilakukan otomatisasi pengadukan pada pupuk kompos yang sedang diolah.
- Jika pengolahan tersebut selesai, sistem akan mengirimkan notifikasi pada perangkat pengguna sehingga pengguna mengetahui bahwa pupuk kompos telah selesai diolah. Selain itu, jika pada saat pengguna memasukkan bahan pembuat pupuk kompos terlalu penuh, sistem juga akan mengirimkan notifikasi bahwa wadah pengolahan terlalu penuh. Hal ini dipertimbangkan karena jika wadah terlalu penuh, maka proses pengadukan tidak dapat dilakukan secara optimal.

5.2 Saran

Untuk pengembangan yang dapat dilakukan setelah *project* ini dapat dilakukan untuk mengisi kekurangan-kekurangan yang ada antara lain adalah sebagai berikut :

1. Untuk pengembangan selanjutnya disarankan untuk menambahkan buka tutup otomatis pada wadah pengolahan limbah saat pupuk kompos telah selesai diolah;
2. Untuk pengembangan selanjutnya disarankan untuk mengembangkan sistem dengan protokol komunikasi IoT yang ada.

DAFTAR PUSTAKA

- Ali, et al., 2022. Metodologi Penelitian Kuantitatif dan Penerapannya dalam Penelitian. *Education Journal*, II(2), pp. 1-6.
- Ali, M. M., Hariyati, T., Pratiwi, M. Y. & Afifah, S., 2022. Metodologi Penelitian Kuantitatif dan Penerapannya dalam Penelitian. *Education Journal*, II(2), pp. 1-6.
- Arafat, 2016. Sistem Pengaman Pintu Rumah Berbasis Internet of Things (IoT) dengan ESP8266. *Technologia*, 7(4), pp. 262-268.
- Dinata, H., Qoimah, A. H. M. & Hidayat, R., 2022. Pengolahan Limbah Organik Untuk Pembuatan Pupuk Kompos dan Pupuk Organik Cair Di Desa Dena Kecamatan Madapangga Kabupaten Bima Nusa Tenggara Barat. *Jurnal Sinergi*, V(1), pp. 9-13.
- Dr. Hj. Rahmawati, S. M., 2018. Teknik Pengelolaan Limbah Rumah Tangga Berbasis Komunitas. *Jurnal Teknologi Lingkungan*, II(1), pp. 40-46.
- Efendi, Y., 2018. Internet of Things (IoT) Sistem Pengendalian Lampu Menggunakan Raspberry Pi Berbasis Mobile. *Jurnal Ilmiah Ilmu Komputer*, 4(1), pp. 19-26.
- Fadli, M. R., 2021. Memahami Desain Metode Penelitian Kuantitatif. *Humanika*, XXI(1), pp. 33-54.
- Fadli & Rijal, M., 2021. Memahami Desain Metode Penelitian Kuantitatif. *Humanika*, XXI(1), pp. 33-54.
- Husdi, 2018. Monitoring Kelembaban Tanah Pertanian Menggunakan Soil Moisture Sensor FC-28 dan Arduino Uno. *ILKOM Jurnal Ilmiah*, 10(2), pp. 237-243.
- Khakim, L. & Budihartono, E., 2023. Alat Pengolah Limbah Rumah Tangga Menjadi Kompos Berbasis Mikrokontroler. *Jurnal Sistem Komputer*, XII(2), pp. 149-156.
- Lubis, Z. et al., 2019. Kontrol Mesin Air Otomatis Berbasis Arduino Dengan Smartphone. *Buletin Utama Teknik*, XIV(3), pp. 155-159.
- Lutfiyana, Hudallah, N. & Suryanto, A., 2017. Rancang Bangun Alat Ukur Suhu Tanah, Kelembaban Tanah, dan Resistensi. *Jurnal Teknik Elektro*, IX(2), pp. 80-86.
- Marliani, N., 2015. Pemanfaatan Limbah Rumah Tangga (Sampah Anorganik) Sebagai Bentuk Implementasi Dari Pendidikan Lingkungan Hidup. *Jurnal Formatif*, IV(2), pp. 124-132.
- Naufa, N. A., Pangestuti, R. S. & Rusham, 2023. Pengelolaan Sampah Organik Menjadi Pupuk Kompos Di Desa Summersari. *Jurnal An-Nizam*, II(1), pp. 175-182.
- Nizam, M., Yuana, H. & Wulansari, Z., 2022. Mikrokontroler ESP32 Sebagai Alat Monitoring Pintu Berbasis Web. *JATI Jurnal Mahasiswa Teknik Informatika*, VI(2), pp. 767-772.
- Sitompul, E., Wardhana, I. W. & Sutrisno, E., 2017. Studi Identifikasi Rasio C/N Pengolahan Sampah Organik Sayuran Sawi, Daun Singkong, Dan Kotoran Kambing Dengan Variasi Komposisi Menggunakan Metode Vermikomposting. *Jurnal Teknik Lingkungan*, VI(2), pp. 1-12.
- Syahrul, 2016. Motor Stepper : Teknologi, Metoda dan Rangkaian Kontrol. *Majalah Ilmiah Unikom*, VI(2), pp. 187-201.
- Worotitjan, F. D., Pakasi, S. E. & Komolontang, W. J. N., 2022. Teknologi

- Pengomposan Berbahan Baku Enceng Gondok Danau Tondano. *Jurnal Agroekoteknologi Terapan*, III(1), pp. 1-7.
- Yudha, P. S. F. & Sani, R. A., 2017. Implementasi Sensor Ultrasonik HC-SR04 Sebagai Sensor Parkir Mobil Berbasis Arduino. *Jurnal Einstein*, V(3), pp. 19-26.