

Implementasi Sistem IoT dalam Pembuatan Pupuk Organik dan Monitoring Proses Melalui *Platform Website*

Muhammad Wahyu Syaful Alam¹, Imron¹, Syafei Karim², dan Asep Nurhuda¹

¹Teknologi Rekayasa Perangkat Lunak

²Sistem Informasi Akuntansi

Jurusan Rekayasa dan Komputer, Politeknik Pertanian Negeri Samarinda

E-mail : alamwahyu734@gmail.com, imron@politanisamarinda.ac.id*),

syfei.karim@gmail.com, acep.noor@gmail.com

Abstrak

Masalah yang sering terjadi dalam pembuatan Pupuk Organik adalah Tingkat kematangan yang tidak sempurna dan hasil kandungan yang tidak konsisten. Hal tersebut disebabkan karena banyak faktor mulai dari kesesuaian suhu dan kelembapan pada bahan organik, pemberian cairan mikroba yang tidak sesuai, kandungan pH dan TDS yang selalu berubah saat proses fermentasi. Penelitian ini bertujuan Mengembangkan sebuah sistem yang mampu Memantau suhu dan kelembapan, Volume dari Bahan Organik dan Pupuk Organik Cair, Gas Metana dan Karbondioksida selama proses fermentasi secara real time melalui platform website dan kontrol otomatis terhadap penyesuaian kandungan pH dan TDS pada pupuk organik cair serta notifikasi pada perangkat dalam kurun waktu tertentu. Hasil penelitian ini dapat memberi solusi untuk para petani maupun produsen Pupuk Organik dalam proses pembuatan sehingga dapat membantu mengurangi proses secara manual menjadi otomatis dan hasil dari Pupuk Organik Cair menjadi lebih konsisten.

Kata kunci: Pupuk Organik, Kontrol Otomatis, *Internet of Things*, *Website*

Pendahuluan

Pertanian organik telah dikenal sejak zaman dahulu kala, ketika manusia pertama kali menerapkan teknik bercocok tanam. Pada masa itu, metode pertanian didasarkan pada praktik-tradisional dan penggunaan bahan alami. Namun, seiring perkembangan ilmu pertanian dan pertumbuhan populasi manusia, permintaan akan pangan juga meningkat.

Ketika revolusi hijau mencapai Indonesia, terjadi peningkatan signifikan dalam produksi pangan. Hal ini dicapai melalui penggunaan pupuk dan pestisida sintetis, serta penanaman varietas tanaman yang memiliki hasil tinggi. Namun, di tengah perkembangan zaman, terjadi pemahaman bahwa penggunaan pupuk dan pestisida kimia dapat menyebabkan dampak negatif terhadap lingkungan dan kesehatan manusia. Oleh karena itu, dalam beberapa tahun terakhir, telah muncul kesadaran akan permasalahan ini yang mengakibatkan pencemaran lingkungan oleh bahan kimia pertanian.

Penggunaan pupuk kimia juga berdampak

negatif bagi lingkungan. Pemakaian yang tidak bijaksana dan overdosis dapat mengakibatkan tanah menjadi keras atau bantat dan terjadinya proses eutrofikasi di lingkungan perairan. Proses eutrofikasi (pengkayaan zat hara di perairan) akan menyebabkan peledakan populasi gulma air dan pendangkalan sungai atau sistem perairan lainnya [1].

Pengomposan atau pembuatan pupuk organik merupakan suatu metode yang sangat penting dalam mengkonversikan bahan-bahan organik menjadi bahan yang lebih sederhana melalui aktivitas mikroba. Proses ini dapat dilakukan dalam kondisi aerobik dan anaerobic [2], [3]. Pengomposan aerobik, khususnya, melibatkan dekomposisi bahan organik dengan kehadiran oksigen (udara), menghasilkan karbondioksida, air, dan panas sebagai produk utama dari metabolisme biologi aerobik [4].

Dalam konteks pembuatan pupuk organik, baik padat maupun cair, dekomposisi ini memanfaatkan aktivitas mikroba, yang mana kecepatan dan kualitas kompos tergantung pada jenis mikroba yang aktif serta kondisi lingkungan selama proses pengomposan. Pengelolaan sampah dengan menjadikan

pupuk kompos biasa dilakukan dengan cara konvensional dan dengan penambahan *Effective Microorganism* (EM4). Pengomposan merupakan proses dekomposisi terkendali secara biologis terhadap sampah padat organik dalam kondisi aerobik (terdapat oksigen) atau anaerobik (tanpa oksigen). Bahan organik akan diubah hingga menyerupai tanah Kondisi terkendali tersebut [5].

Meskipun pengomposan menjadi metode yang umum digunakan, tetap saja terdapat beberapa tantangan yang harus diatasi, seperti kesulitan menjaga konsistensi bahan dan kandungan hasil pupuk, pemantauan suhu dan kelembaban yang krusial, serta peningkatan kontrol terhadap proses. Dalam konteks ini, teknologi *Internet of Things* (IoT) menjadi solusi yang menarik.

IoT adalah arsitektur yang terdiri dari perangkat keras khusus, sistem perangkat lunak, Web API, serta protokol yang bekerja sama untuk menciptakan lingkungan yang terhubung secara baik, di mana perangkat cerdas terintegrasi dengan internet, memungkinkan akses data sensor dan kontrol sistem melalui internet. Memudahkan melakukan pengamatan secara aktual dari manapun. Selain itu, sistem IoT cerdas menghasilkan sejumlah besar data dari berbagai sumber industri, yang membutuhkan kapasitas penyimpanan dan daya pemrosesan besar untuk memungkinkan pemrosesan dan analisis data secara real-time. Layanan penyimpanan cloud dapat memfasilitasi penyimpanan ini dengan membuat objek penyimpanan untuk menyimpan data, seperti *Cloud Storage FUSE*, *Scaleway*, *S3 bucket*, *Firebase*, dan lain-lain [6].

Dalam penelitian ini, peneliti menggunakan *Thingsboard* sebagai layanan penyimpanan *cloud* untuk menyimpan setiap nilai keluaran dari sensor yang kemudian ditampilkan pada *website* secara *real-time*. Berdasarkan paparan di atas, peneliti merancang dan membuat alat dengan sistem IoT untuk melakukan pembaharuan terhadap proses pembuatan pupuk organik, mengubah metode konvensional yang dilakukan secara manual menjadi otomatis dan dapat dipantau secara *real-time* melalui *platform website*. Tujuan dari penelitian ini adalah Mengimplementasikan sistem IoT pada proses pembuatan pupuk organik dengan memanfaatkan teknologi sensor untuk memantau parameter-parameter seperti Suhu, Kelembapan, Volume, Kandungan pH, Mineral (PPM), Kandungan karbondioksida, Kandungan Gas Metana.

Tinjauan Pustaka

Internet of Things (IoT)

Internet of Things atau biasa disebut IoT adalah sebuah pengembangan yang bertujuan untuk menghubungkan perangkat-perangkat elektronik menjadi sebuah satu kesatuan dan dapat saling bertukar informasi satu sama lain memanfaatkan

sebuah jaringan internet sebagai media penghubung. *Internet of Things* adalah teknologi yang dapat menghubungkan mesin, perangkat, dan benda fisik dengan sensor jaringan untuk saling bertukar informasi dan mengelola kemampuannya sendiri, sehingga dengan adanya sebuah mesin untuk saling bertukar informasi dan bahkan bertindak mandiri berdasarkan informasi yang diterima. Struktur penggunaan IoT ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1: Internet of Things (IoT)

Dalam sebuah jurnal ilmiah mengenai *Internet of Things* mengatakan bahwa *Internet of Things* adalah sebuah benda memiliki identitas dan dapat mengelola kinerjanya sendiri, bertukar informasi. Bertujuan untuk mempermudah manusia dalam bertukar informasi dengan benda, dan bertukar informasi sesama benda lainnya [7].

Thingsboard

Thingsboard adalah sebuah IoT, yaitu sebuah *web server* yang akan mengolah data *output* dari Arduino Uno untuk ditampilkan dalam bentuk grafik. Sistem ini akan menampilkan data *output* berupa kondisi *real time* pada sistem monitoring yang dibuat penulis berupa grafik dan *chart*.

ThingsBoard adalah platform IoT *open-source* untuk pengumpulan data, pemrosesan, visualisasi, dan manajemen perangkat. *ThingsBoard* memungkinkan konektivitas perangkat melalui protokol IoT standar industri seperti MQTT, CoAP dan HTTP dan mendukung penyebaran *cloud* dan lokal. *ThingsBoard* menggabungkan skalabilitas, toleransi kesalahan dan kinerja sehingga tidak akan pernah kehilangan data [8].

Vue JS

Vue JS adalah salah satu *framework* atau *library* dari JavaScript yang digunakan untuk untuk membuat tampilan (*interface*) pada *website* agar tampak lebih interaktif. Fungsi lain dari Vue JS adalah membuat SPA (*Single Page Application*). Apabila digunakan pada arsitektur MVC (*Model – View – Controller*), maka Vue JS menempati pada posisi *View* yang berjalan di sisi *front end*. Jadi tugas utama dari *framework* ini adalah mengirim dan menerima data, kemudian membuat tampilan UI (*User Interface*) yang menarik. *Framework* ini juga

sangat mudah untuk diintegrasikan dengan *library* yang lain. Jika diimplementasikan pada komponen HTML, maka Vue JS menggunakan ID, *class*, atau *name* untuk menginisialisasinya.

ESP-32

NodeMCU ESP32 adalah sistem berdaya rendah pada seri *chip* (SoC) dengan Wi-Fi dan kemampuan *Bluetooth* dua mode. ESP32 menggunakan mikroprosesor Tensilica Xtensa LX6dual-core atau *single-core* dengan *clock rate* hingga 240 MHz. ESP32 sudah terintegrasi dengan *built-in antenna switches*, RF balun, *power amplifier*, *low-noise receive amplifier*, *filters*, dan *power management modules* yang ditunjukkan pada Gambar 2.

ESP32 merupakan penerus dari ESP8266 yang cukup populer untuk Aplikasi IoT Pada ESP32 terdapat inti CPU serta Wi-Fi yang lebih cepat, GPIO yang lebih banyak, dan mendukung *Bluetooth Low Energy* [9]. ESP32 memberikan performa yang baik dalam pemrosesan data karena memiliki RAM yang mampu bekerja lebih cepat dibandingkan ESP8266 dan Arduino Uno. Hal ini menjadi bagian penting untuk mengakuisisi data yang lebih cepat dan akurat untuk mengurangi *latency*.



Gambar 2: Mikrokontroler ESP-32

Arduino IDE

Arduino IDE (*Integrated Development Environment*) adalah *software* yang di gunakan untuk memprogram di arduino, dengan kata lain Arduino IDE sebagai media untuk memprogram *board* Arduino. Arduino IDE bisa di *download* secara gratis di *website* resmi Arduino IDE. Arduino IDE ini berguna sebagai *text editor* untuk membuat, mengedit, dan juga mevalidasi kode program, bisa juga digunakan untuk meng-upload ke board Arduino.

Kode program yang digunakan pada Arduino disebut dengan istilah Arduino "*sketch*" atau disebut juga *source code* arduino, dengan ekstensi file *source code* ino. Seperti teks editor pada umumnya yaitu memiliki fitur untuk *cut /paste* dan untuk *find / replace* teks.

Pada bagian keterangan aplikasi memberikan pesan balik saat menyimpan dan mengekspor dan juga sebagai tempat menampilkan kesalahan. Konsol log menampilkan *output* teks dari Arduino *Software* (IDE), termasuk pesan kesalahan yang

lengkap dan informasi lainnya. Pojok kanan bawah jendela menampilkan papan konfigurasi dan port serial. Tombol *toolbar* memungkinkan Anda untuk memverifikasi dan meng-*upload* program, membuat, membuka, dan menyimpan *sketch*, dan membuka monitor serial. Dalam memprogram ESP32 dapat menggunakan *software* (IDE) *Integrated Development Environment* merupakan aplikasi yang mencakup, editor, compiler dan *uploader Sketch* yang digunakan untuk menulis program kedalam ESP32. Bahasa pemrogramannya yaitu Bahasa C.

Sensor pH

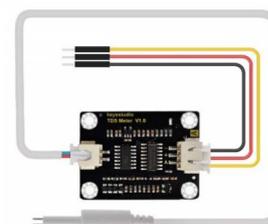
Sensor pH adalah alat yang digunakan untuk mengukur konsentrasi hidrogen dalam suatu larutan, Sensor pH adalah salah satu alat terpenting untuk mengukur pH dan umumnya digunakan dalam pemantauan kualitas air. Jenis sensor ini mampu mengukur alkalinitas dan keasaman dalam air dan larutan lainnya. Bila digunakan dengan benar, sensor pH dapat memastikan keamanan dan kualitas produk serta proses yang terjadi di air limbah atau pabrik. Sensor pH yang digunakan ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3: Sensor pH

Sensor TDS

Sensor TDS memiliki prinsip kerja yang sesuai dengan sifat konduktivitas listrik. Terdapat dua elektroda yang dapat mengukur konduktivitas pada cairan. Kandungan partikel ion dan sifat elektrolit dalam cairan dapat mempengaruhi hasil dari pengukuran dengan menggunakan sensor TDS seperti yang ditampilkan pada Gambar 4. Salah satu jenis sensor TDS adalah GravityTDS sensor DFRobot dengan spesifikasi tegangan masukan 3,3 - 5,5 V, tegangan keluaran 0 - 2,3V, arus kerja 3-6mA, akurasi $\pm 10\%$ F.S (25°C) dan tipe outputnya adalah tegangan analog [10].



Gambar 4: Sensor TDS

Sensor MQ-4

Sensor MQ4 merupakan modul sensor yang mampu mendeteksi kadar gas metana serta gas natural yang terdapat di udara. Sensitivitas sensor MQ4 ini sangat tinggi terhadap gas metana.

MQ4 memiliki kemampuan mendeteksi konsentrasi gas metana (CH) di udara. Sensor dapat digunakan untuk mendeteksi gas yang mudah terbakar. Sensor ini membutuhkan suplai daya sebesar 5V. Jangkauan deteksinya terhadap natural gas/metana adalah 300 sampai 10000 ppm. Sensor MQ4 pada alat ini berfungsi untuk memantau berapa banyak kadar gas metana yang dihasilkan pada saat pembuatan pupuk kompos [11]. Sensor MQ4 yang digunakan ditunjukkan pada Gambar 5.



Gambar 5: Sensor MQ-4

Sensor MQ-135

Sensor gas MQ-135 adalah sensor gas yang bisa mendeteksi gas seperti amonia NH₃, NO_x, alkohol, CO₂ dan sebagainya. Sensor ini memiliki tingkat sensitivitasnya tinggi dan respon yang cepat, dengan hasil pengukurannya sensor ini memiliki satuan ppm.

Sensor yang ditampilkan pada Gambar 6 bekerja dengan cara gas yang diterima dan mengubah nilai resistansi bila terkena gas. Sensor ini juga memiliki daya tahan yang baik untuk penggunaan penanda bahaya polusi karena praktis dan memiliki tegangan 5V [12] .



Gambar 6: Sensor MQ-135

Sensor DHT-22

Sensor DHT22 pada penelitian ini berfungsi untuk memantau suhu dan kelembaban didalam tong pengaduk pada saat pembuatan pupuk kompos. Dengan adanya sensor ini pengguna dapat mengetahui kelembaban dan suhu saat pembuatan serta dapat memberikan informasi jika kelembabannya kurang atau berlebih, suhunya kurang atau berlebih.

Sensor DHT22 dipilih karena memiliki range pengukuran yang luas yaitu 0 sampai 100% untuk kelembaban dan -40 derajat celcius sampai 125 derajat celcius untuk suhu. Sensor ini juga memiliki *output* digital (*single-bus*) dengan akurasi yang tinggi dan presisi dalam [11]. Sensor DHT22 yang digunakan sesuai pada Gambar 7. Dengan akurasi yang baik penggunaan DHT22 untuk membaca lingkungan sekitar menghasilkan data yang dibutuhkan untuk mempengaruhi perkembangan bakteri pupuk cair yang dikembangkan.

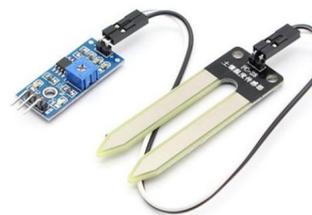


Gambar 7: Sensor DHT-22

Sensor Soil Moisture

Soil moisture sensor FC-28 adalah sensor kelembaban yang dapat mendeteksi kelembaban dalam tanah. Sensor ini terdiri dua *probe* untuk melewatkan 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 yang ditunjukkan pada Gambar 8 ini sangat membantu untuk mengingatkan tingkat kelembaban pada tanaman atau memantau kelembaban tanah. Prinsip kerja *moisture sensor* pada alat ini adalah dengan menanamkan satu buah sensor kelembaban pada tanah. Kerja sensor ini mendeteksi adanya tingkat kelembaban. Kelembaban tersebut disetting dengan parameter khusus, sehingga ketika kelembaban tersebut sesuai, maka tanah longsor dipastikan akan terjadi [13].



Gambar 8: Sensor Soil Moisture

Sensor Ultrasonik HCSR-04

Sensor ultrasonik adalah alat elektronika yang kemampuannya bisa mengubah dari energi listrik menjadi energi mekanik dalam bentuk gelombang suara ultrasonik. Sensor HC-SR04 yang ditampilkan pada Gambar 9 merupakan salah satu sen-

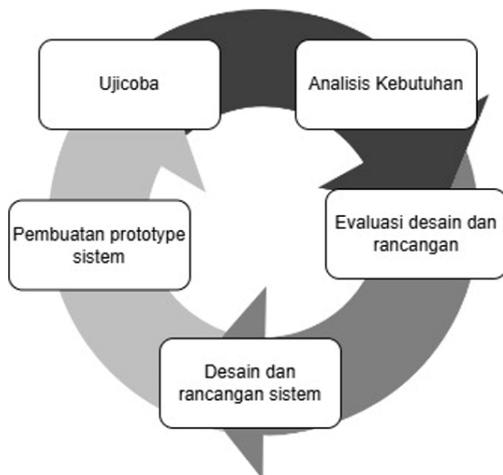
sensor ultrasonik yang sering digunakan untuk memantau jarak benda (objek) dengan sensor. Sensor ini terdiri dari rangkaian pemancar ultrasonik yang dinamakan *transmitter* dan penerima ultrasonik yang disebut *receiver*. Jarak yang bisa ditangani berkisar antara 2 cm hingga 400 cm, dengan tingkat presisi sebesar 0,3 cm. sudut deteksi yang bisa ditangani tidak lebih dari 15°. Arus yang dibutuhkan tidak lebih dari 2mA dan tegangan yang dibutuhkan sebesar +5V [14].



Gambar 9: Sensor Ultrasonik HCSR-04

Metode Penelitian

Penelitian pengembangan *Research and development* (R&D) adalah metode penelitian yang digunakan untuk menghasilkan produk tertentu, dan menguji keefektifan produk tersebut. Prosedur penelitian pengembangan pada dasarnya terdiri dari dua tujuan utama, yaitu: (1) mengembangkan produk, dan (2) menguji keefektifan produk dalam mencapai tujuan. Tujuan pertama disebut sebagai fungsi pengemban sedangkan tujuan kedua disebut sebagai validasi. Dengan demikian, konsep penelitian pengembangan lebih tepat diartikan sebagai upaya pengembangan yang sekaligus disertai dengan upaya validasinya [15]. Untuk Alur metode R&D dapat dilihat pada Gambar 10.



Gambar 10: Metode R&D

Tahap pertama dalam analisis kebutuhan dilakukan melalui survei untuk mengidentifikasi masalah di lapangan dan menentukan kebutuhan sistem. Selanjutnya, evaluasi desain dan rancangan sistem dilakukan untuk menilai efektivitas desain yang diusulkan dan merancang sistem IoT.

Pada tahap desain dan perancangan, sistem dikembangkan secara sistematis untuk memfasilitasi proses pengembangan. Pembuatan prototipe sistem melibatkan perancangan model awal, termasuk pengumpulan komponen fisik seperti sensor dan mikrokontroler, serta pengembangan perangkat lunak untuk kontrol dan manajemen sistem. Terakhir, pengujian dilakukan untuk memastikan sistem kontrol dan monitoring berbasis website berfungsi dengan baik, dengan membandingkan informasi di website dengan kondisi aktual [16].

Diagram Alur Pembuatan Pupuk organik

Dalam diagram alur berikut bertujuan untuk menjelaskan bagaimana alur pembuatan pupuk organik dari awal penambahan bahan sampai menjadi pupuk organik cair, lebih detail nya dapat dilihat pada Gambar 11 berikut:



Gambar 11: Diagram Alur Pembuatan Pupuk Organik

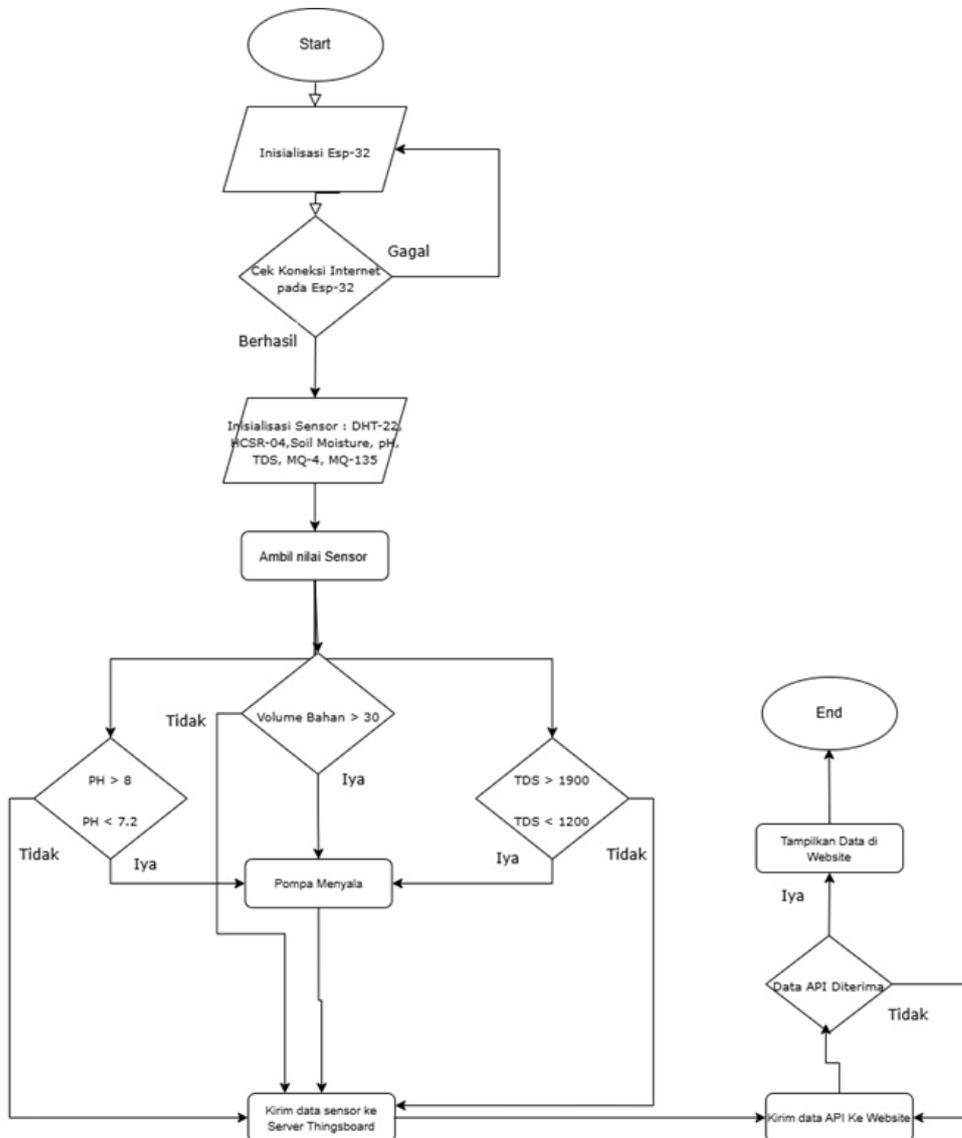
1. Memasukkan bahan organik seperti sayur-sayuran, buah-buahan, sisa makanan dan daun-daunan kedalam tong.
2. Pompa akan menyemprot cairan mikroba(Campuran EM4 dan Molase) otomatis kedalam tong dengan tujuan mempercepat proses fermentasinya dan akan menyesuaikan takarannya otomatis.
3. Setelah tersempot kedalam tong maka kita tinggal menunggu proses paling cepat sekitar 7-14 hari, sembari menunggu proses fermentasi kita dapat memonitoring prosesnya mulai

dari temperatur, kelembapan udara, kelembapan bahan, volume. dan untuk dibagian pupuk organik cair kita dapat mengecek kandungan pH, TDS, gas metana, karbondioksida dan volume.

4. Setelah proses selesai maka notifikasi akan masuk ke email pengguna bahwa proses fermentasi telah selesai.
5. Siapkan wadah atau tempat untuk menampung pupuk organik cair setelah itu hidupkan pompa melalui *website* dan tunggu hingga tuntas.
6. Hasil pupuk organik cair dapat langsung di-aplikasikan ke tanaman.

Rancangan *Flowchart*

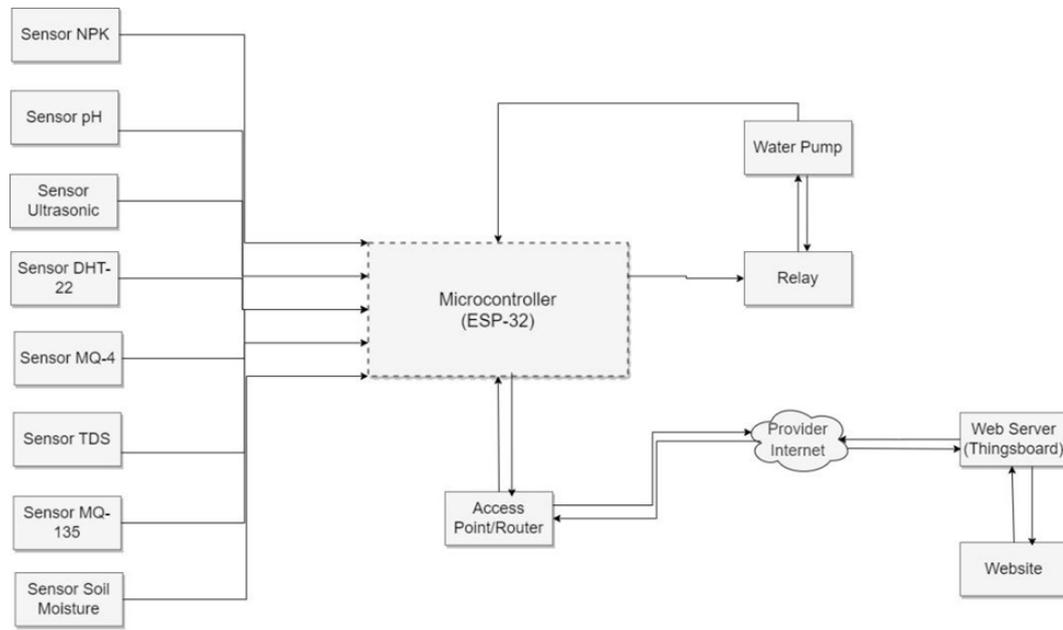
Rancangan *flowchart* bertujuan menjelaskan alur kerja dari sistem yang dibuat mulai dari Aktivasi alat hingga akhir dari proses. Perhatikan Gambar 12, Tahap pertama adalah pemeriksaan pada mikrokontroler ESP-32 dilanjutkan dengan pengecekan koneksi yang diatur pada mikrokontroler apakah sudah berhasil terhubung atau tidak. Jika tidak maka akan terus melakukan pengecekan koneksi, jika berhasil terhubung berlanjut ke proses pemeriksaan sensor yang terhubung pada ESP-32 untuk mengambil nilai sensor. Untuk sampai pada proses penyemprotan otomatis dari pompa menuju bahan maka di lakukan *decision* (kondisi) untuk mengecek volume pada bahan organik dengan nilai volume harus di atas 30 dan pompa akan menyala untuk melakukan proses penyemprotan terhadap bahan organik.



Gambar 12: Flowchart

Selanjutnya untuk melakukan proses agar kandungan pada pupuk organik cair tetap konsisten terdapat *decision* (kondisi) pada parameter sensor pH dan TDS yaitu jika nilai pH di atas 8 maka pompa pH *Down* menyala, dan jika pH di bawah 7.2 maka pompa pH *Up* menyala, lalu jika nilai TDS di atas 1900 maka pompa TDS *Down* akan menyala, dan jika nilai TDS di bawah 1200 maka pompa TDS *Up* menyala. Setelah semua proses sensor dan

pompa selesai maka nilai sensor dan kondisi pompa akan dikirimkan dari ESP 32 ke *server thingsboard cloud* menggunakan koneksi http, setelah itu mengirimkan data API ke *website vueJS*, selanjutnya terdapat *decision* (kondisi) untuk memastikan data API diterima pada *website* atau tidak, jika diterima maka data dalam bentuk JSON akan ditampilkan pada *website*.



Gambar 13: Blok Diagram

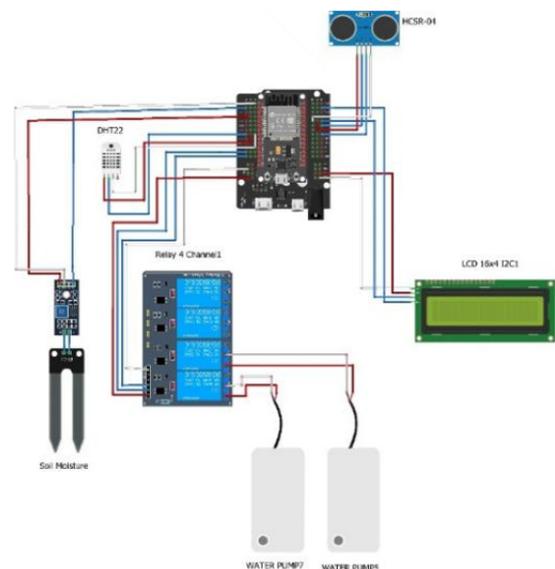
Rancangan Blok Diagram

Analisa blok diagram dalam penelitian ini terdiri dari lima bagian utama, yaitu pengumpulan data, pengolahan data, pengambilan keputusan, pengiriman data, visualisasi dan kontrol. Gambar 13 memberikan gambaran yang lebih rinci mengenai bagian-bagian tersebut. Dalam blok diagram ini, menjelaskan detail langkah pada sistem pembuatan pupuk organik dan monitoring proses.

Analisis blok diagram dalam penelitian ini terdiri dari lima bagian utama: pengumpulan data, pengolahan data, pengambilan keputusan, pengiriman data, serta visualisasi dan kontrol. Pada tahap pengumpulan data, sensor-sensor (seperti Ultrasonik, Soil Moisture, DHT-22, MQ-4, MQ-135, TDS, dan pH) mengumpulkan informasi terkait kondisi bahan organik dan pupuk cair, yang dikirimkan ke mikrokontroler ESP-32. Data ini diolah dan dibandingkan dengan nilai ambang batas yang telah ditentukan.

Berdasarkan hasil perbandingan, mikrokontroler akan mengambil keputusan, misalnya mengaktifkan pompa air jika diperlukan. Data yang telah diolah dan keputusan sistem kemudian dikirim ke *platform Cloud (Thingsboard)* melalui jaringan internet, dan diteruskan ke *website* melalui

API. Pada tahap visualisasi dan kontrol, data ditampilkan dalam bentuk grafik dan *widget* pada *website*, memungkinkan pengguna memantau dan mengontrol sistem secara *real-time*, termasuk mengaktifkan atau menonaktifkan pompa secara manual.



Gambar 14: Rancangan Skematik Atas

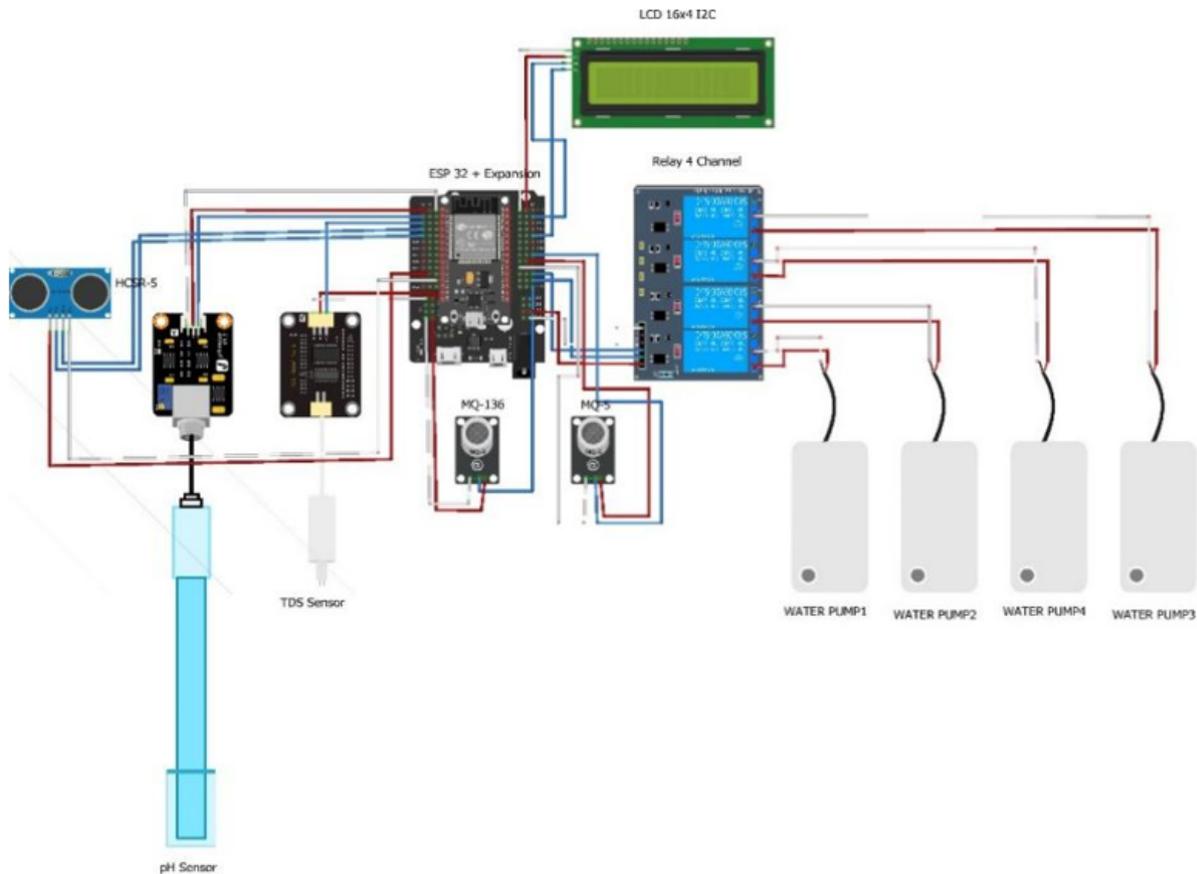
Rancangan Skematik Alat

Dalam perancangan sistem IoT pembuatan pupuk organik diperlukan rancangan skematik guna memperjelas *prototype* yang akan digunakan serta mempermudah proses sirkuit pada pin kabel dan sebagai panduan untuk penempatan kotak mikrokontroler untuk keamanan, perancangan skematik sendiri terbagi menjadi 2 bagian yaitu bagian atas atau tempat drum bahan organik, lihat pada Gambar 14 dan bagian bawah tempat penampungan pupuk

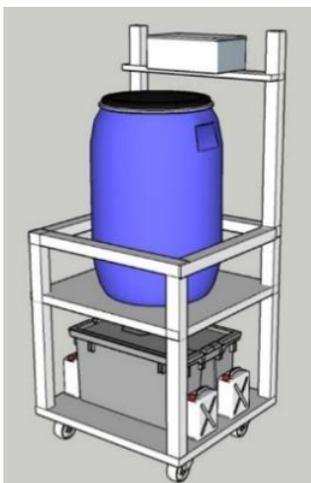
organik cair, lihat pada Gambar 15.

Rancangan 3D Alat

Rancangan 3D bertujuan untuk mempermudah selama proses pembuatan dan pembentukan dari rancangan alat yang akan dibuat serta memberikan gambaran umum dari alat yang akan dibuat, lebih detail nya terdapat pada Gambar 16. Desain perancangan 3D menggunakan *software sketchup* dari alat yang akan dibuat.



Gambar 15: Rancangan Skematik Bawah



Gambar 16: Desain 3D Alat

Hasil dan Pembahasan

Pengumpulan Sampel

Dalam pengumpulan sampel dilakukan bertujuan untuk melakukan tahapan pengujian sampel saat penelitian, terdapat tiga tahapapan utama yaitu Teknik pengambilan sampel, Teknik pencampuran bahan, proses pengujian sampel dan bahan. Berikut detail penjelasannya:

1. Teknik Pengambilan sampel dilakukan secara acak, dengan pertimbangan sampah yang paling mudah di dapat yaitu ampas kelapa, singkong, tomat, daun bayam. Untuk proses pengumpulan sampah dilakukan selama 1 minggu yang mana telah memperoleh sampah ± 20 kg setelah melakukan timbangan.

2. Teknik Pencampuran bahan yang dimaksud adalah cairan yang dibutuhkan untuk penyesuaian kandungan pada pupuk organik yaitu [17]:

- (a) Cairan mikroba sebagai *starter* untuk mempercepat proses fermentasi yang normal nya membutuhkan waktu 1 bulan dengan cairan tersebut hanya membutuhkan 7-14 hari, selain itu cairan tersebut juga sebagai tambahan nutrisi bagi pupuk maupun mikroba yang sudah ada. Untuk penelitian ini mencampurkan beberapa bahan yaitu *Efektive Mikroorganism* (EM-4) sebanyak 0.06liter + Molase sebanyak 0.06liter + air 3 liter lalu dicampurkan pada jirigen 5 liter.
- (b) Cairan pH *Up* berguna untuk menaikkan kandungan pH yang terlarut pada pupuk organik cair, pada penelitian ini menggunakan pencampuran Kalium hidroksida 10% sebanyak 0.2liter + air 0.8liter lalu dicampurkan pada jirigen 1 liter.
- (c) Cairan pH *Down* berguna untuk menurunkan kandungan pH yang terlarut pada pupuk organik cair, pada penelitian ini menggunakan pencampuran Asam fosfat 10% sebanyak 0.2liter + air 0.8liter lalu dicampurkan pada jirigen 1 liter.
- (d) Cairan TDS *Up* berguna untuk menaikkan kandungan TDS yang terlarut pada pupuk organik cair, pada penelitian ini menggunakan pencampuran Cairan garam (NaCl) sebanyak 0.4liter + air 0.6liter lalu dicampurkan pada jirigen 1 liter.
- (e) Cairan TDS *Down* berguna untuk menurunkan kandungan TDS yang terlarut pada pupuk organik cair, pada penelitian ini hanya menggunakan air sebanyak 1 liter untuk menurunkan kadar TDS.

3. Proses pengujian sampel dilakukan dengan bahan organik yang telah disiapkan sebelumnya, perhatikan Gambar 17.



Gambar 17: Sampel Bahan Organik

Pada sampel bahan organik menggunakan sebagian besar bahan ampas kelapa, singkong, tomat,

dan daun bayam dalam kondisi yang lembab dan tidak terlalu basah. Untuk bahan yang digunakan sekitar 35% lalu bahan yang telah dimasukkan diberikan cairan mikroba sebanyak $\frac{1}{4}$ dari total bahan, untuk penyemprotan ke bahan secara otomatis menyesuaikan volume bahan menggunakan pompa yang terhubung ke jirigen cairan mikroba. Setelah cairan mikroba tersempot kedalam bahan maka tutup drum dan jangan terlalu sering untuk dibuka karena menghambat proses fermentasi sekaligus pertumbuhan mikroba didalam drum, selanjutnya tunggu proses fermentasi 7-14 hari.

Hasil Perancangan Alat

Pada bagian ini akan dipaparkan hasil perancangan alat berdasarkan perancangan sebelumnya mulai dari desain 3D dan rancangan skematik, perhatikan Gambar 18. Telah di rancang bentuk fisik secara keseluruhan dari alat, mengusung konsep seperti troli untuk memudahkan pemindahan, secara keseluruhan telah sesuai dengan rancangan desain 3D mulai dari bentuk rangka 2 susun, susun pertama untuk tempat drum bahan organik lalu susun kedua untuk tempat Box penampungan pupuk organik cair lalu di bagian bawah juga terdapat roda caster untuk memudahkan pemindahan tempat dan pemilihan warna hijau juga dengan pertimbangan mengusung tema ekosistem organik dan ramah lingkungan. Pada saat proses perakitan rangka menggunakan bahan kayu dengan pertimbangan kemudahan dalam perakitan lalu sebagian besar menggunakan skrup memudahkan saat lepas dan pasang lalu sebagian sedikit menggunakan paku, lalu pada rangka susun menggunakan flywood.



Gambar 18: Tampak luar alat keseluruhan

Hasil Pengujian Alat dan Website Secara Keseluruhan

Pada bagian ini berisi seluruh hasil pengujian dari alat dan keluaran dari website, mulai dari hasil pengujian sampel yang telah proses fermentasi selama 7-14 hari dan monitoring pada *website*.



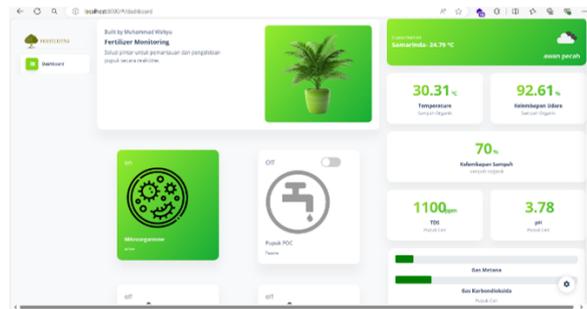
Gambar 19: Hasil fermentasi bahan organik

Pada Gambar 19 adalah kondisi bahan organik setelah fermentasi selama 14 hari, dapat terlihat kondisi bahan organik telah berubah menjadi berwarna hitam dan volume yang telah berkurang cukup signifikan dibanding dengan saat pertama kali memasukkan bahan pada proses pengujian sampel. Pada kondisi bahan di hari ke 14 tekstur bahan menjadi lebih gembur dan kering sedangkan proses penguraian bahan di bantu oleh larva maggot bsf sehingga cukup efektif dalam penguraian yang membuat fermentasi menjadi lebih cepat, dapat terlihat larva maggot bsf berwarna putih cukup banyak dan terus melakukan penguraian bahan organik setiap hari nya, sangat cocok digunakan dalam skala besar.

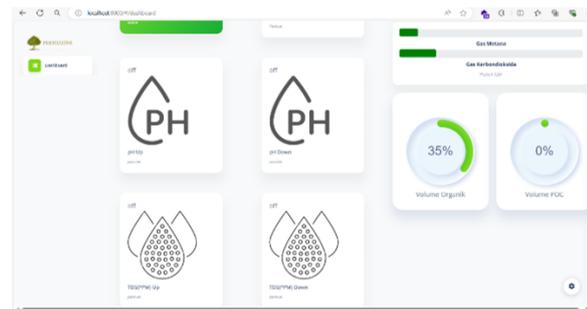


Gambar 20: Hasil fermentasi pupuk organik cair

Pada Gambar 20 adalah kondisi pupuk organik cair yang telah melalui proses pendiaman selama beberapa hari berubah warna menjadi coklat kehitaman dan bau tapai menghilang menandakan proses fermentasi telah selesai, sedangkan saat masih pada proses fermentasi bau tapai masih tercium dan warna pupuk organik cair berwarna coklat kekuningan. Kondisi tersebut tidak terlalu berpengaruh terhadap kualitas pupuk organik cair karena yang dibutuhkan pada penelitian ini ada pada kandungan didalamnya. Selain itu, terdapat beberapa larva maggot bsf yang telah mati masuk pada pupuk organik cair yang justru baik untuk pupuk organik cair karena mayat tersebut akan menjadi nutrisi tambahan bagi pupuk organik cair.

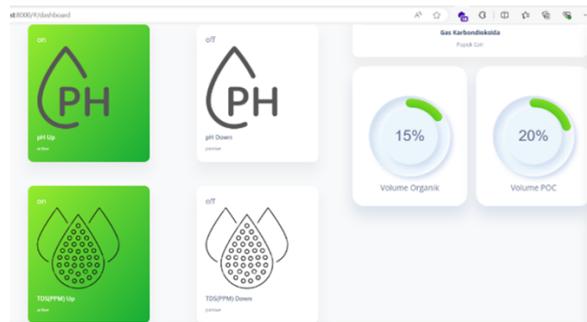


Gambar 21: Tampilan website 1



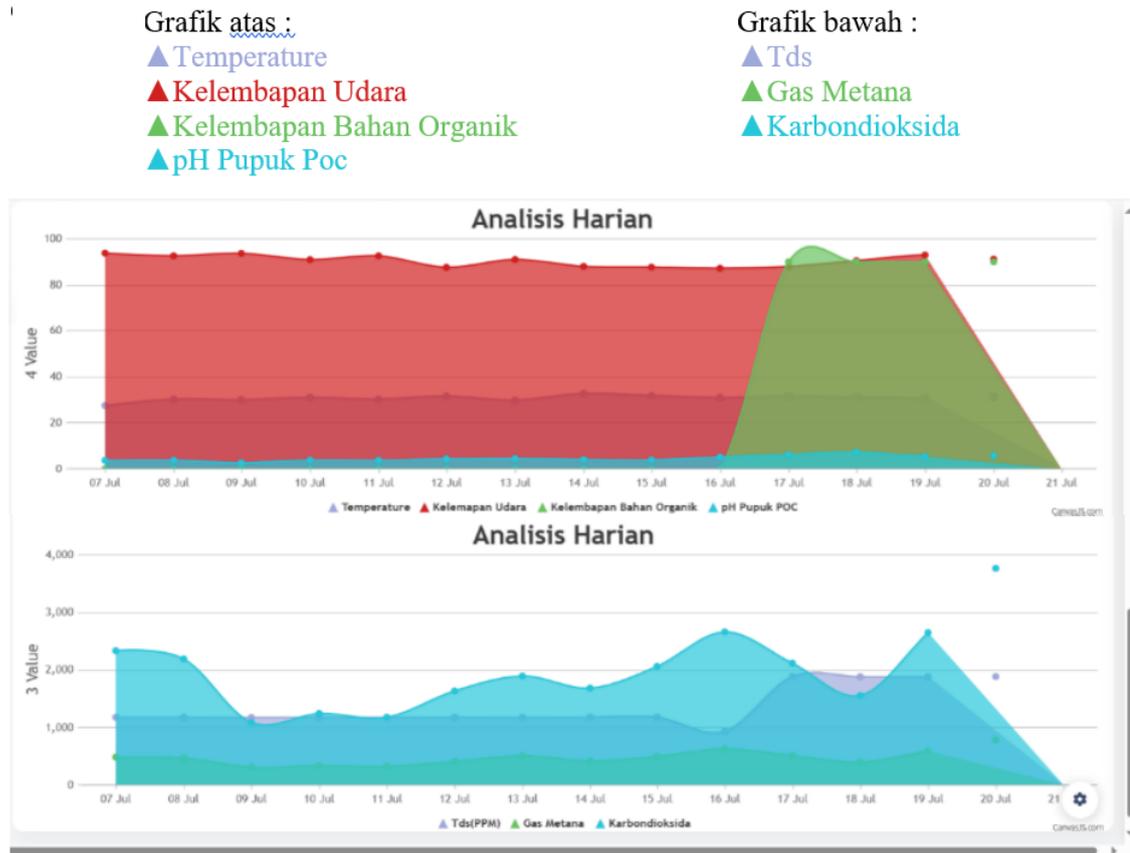
Gambar 22: Tampilan Website 2

Pada Gambar 21 terlihat pompa dalam keadaan hidup setelah Bahan dimasukkan sebelumnya yang menandakan dalam proses penyemprotan mikroorganisme, ditandai dengan Komponen *Card* berubah berwarna hijau dan teks berubah menjadi *On* dan *Active*. Lalu dibagian *Widget* sebelah kanan menunjukkan nilai awal saat pertama kali bahan dimasukkan. Pada Gambar 22 pada *Widget* volume organik menunjukkan bahwa bahan yang dimasukkan sebelumnya adalah 35%.



Gambar 23: Tampilan Website 3

Pada Gambar 23 adalah kondisi setelah fermentasi pada hari ke 7, *Widget Card* pH Up dan *Widget Card* TDS Up dalam posisi menyala Ketika mendapat *trigger* dari sistem melalui *Thingsboard Server* jika Volume Poc lebih dari 20%. Selanjutnya akan dilakukan analisis harian untuk melihat tren proses fermentasi dari hari ke hari, dapat dilihat pada Gambar 24.



Gambar 24: Grafik analisis harian

Berdasarkan grafik pada Gambar 24, proses pengamatan dari hari pertama hingga hari ke-14 menunjukkan beberapa tren penting. Grafik pertama memperlihatkan fluktuasi harian temperatur, yang cenderung lebih tinggi pada siang hari dan lebih rendah pada malam hari, dengan tren kenaikan suhu secara keseluruhan. Kelembapan udara berfluktuasi berlawanan dengan suhu, lebih tinggi pada malam hari dan lebih rendah pada siang hari.

Kelembapan bahan organik menunjukkan perubahan signifikan, sebagian disebabkan oleh masalah sensor. pH pupuk organik cair (POC) relatif stabil, menandakan kualitas pupuk yang konsisten. Grafik kedua menampilkan TDS, yang mengalami fluktuasi akibat curah hujan, irigasi, dan aktivitas biologis. Konsentrasi gas metana meningkat seiring dengan aktivitas mikroba, sementara karbondioksida juga naik karena proses respirasi dan pembusukan bahan organik.

- T = Temperatur
- KD = Karbondioksida
- KB = Kelembapan Bahan
- KU = Kelembapan Udara
- GM = Gas Metana
- PH = *Potential Hydrogen*
- TDS = *Total Dissolved Solids*

Nilai sensor pada Tabel 1, pada minggu 1 menunjukkan nilai Temperatur (T) cenderung stabil, nilai terendah pada hari ke 6 yaitu 29.88°C dan tertinggi pada hari ke 7 yaitu 32.79°C. Nilai Kelembapan

Udara (KU) menunjukkan penurunan pada hari ke 5 dan 7, kelembapan bahan (KB) menunjukkan Nilai 0 dari hari 1 sampai hari 7 karena terjadi kerusakan pada Sensor *Soil Moisture* untuk membaca nilai kelembapan bahan karena efek dari pupuk cair membuat *socket* menjadi tidak terbaca nilainya.

Nilai Gas Metana (GM) cenderung stabil pada hari 1 sampai hari 5 dan memasuki hari ke 6 sampai 7 mengalami kenaikan yaitu 510 – 416 ppm. Nilai Karbondioksida(KD) pada hari 1 tertinggi yaitu 2194 ppm, sedangkan hari 2 menjadi 1087 ppm dan seterusnya mengalami kenaikan secara non-linear. Nilai pH menunjukkan nilai kisaran 3-4 masih cenderung belum stabil karena selama proses fermentasi nilai berubah ubah dengan nilai toleransi 0,5. Nilai TDS cenderung stabil dari hari 1 sampai hari 7.

Masuk pada minggu ke 2 menunjukkan nilai Temperatur (T) menunjukkan 28-33°C sudah sesuai standard dengan maksimal nilai 35°C. Nilai Kelembapan Udara (KU) menunjukkan nilai kenaikan Non-linear dengan nilai hari 7 yaitu 87.67%, dan hari 14 yaitu 95.46% cukup lembab karena beberapa faktor mulai dari cuaca hujan, kondisi bahan yang dimasukan dan sirkulasi udara dalam drum, lalu pada kelembapan bahan(KB) pada hari 10-14 mulai muncul dengan nilai 90 yang berarti selalu stabil.

Nilai gas metana (GM) cenderung stabil karena nilai toleransi untuk gas metana sekitar 100-200 ppm, untuk Karbondioksida (KD) mengalami kenaikan nilai yang cukup signifikan pada hari 8 dan seterusnya cenderung stabil dan tertinggi pada hari 13, untuk nilai PH mulai hari ke 9 naik cukup sig-

nifikan hingga puncaknya pada hari ke 14 dengan nilai 7.30. Terakhir nilai TDS terdapat anomali pada hari ke 9 yaitu mengalami penurunan nilai setelah itu mengalami kenaikan pada hari ke 10 yaitu 1886 ppm dan puncaknya pada hari ke 14 yaitu 1900 ppm.

Tabel 1: Analisis Nilai Harian

Minggu	Hari	T	KU	KB	GM	KD	PH	TDS
1	1	30.31	92.61	0	470	2194	3.78	1178
	2	30.10	93.68	0	310	1087	2.68	1175
	3	31.09	90.96	0	335	1243	3.84	1178
	4	30.31	92.59	0	323	1179	3.73	1176
	5	31.63	87.60	0	409	1635	4.33	1178
	6	29.88	91.02	0	510	1896	4.46	1175
	7	32.79	88.03	0	416	1684	4.07	1180
	8	31.86	87.67	0	497	2061	3.93	1178
	9	31.01	87.20	0	627	2663	5.11	932
	10	31.65	87.96	90	511	2117	6.20	1886
2	11	28.70	92.58	90	497	2091	3.95	1878
	12	30.58	92.95	90	590	2650	5.43	1882
	13	31.29	91.14	90	782	3767	5.72	1885
	14	33.70	95.46	90	476	2222	7.30	1900
Nilai Rata-rata		31.06	90.82	90	482	2035	4.61	1413

Pada setiap nilai parameter dapat digunakan sebagai acuan tolak ukur, untuk nilai baiknya selama proses fermentasi pada bagian Bahan organik Temperature 30°C - 40°C, Kelembapan Udara 70-90%, kecuali pada Kelembapan Bahan tidak terlalu signifikan karena sensor *soil moisture* hanya memberitahu apakah bahan dalam kondisi basah atau kering. Lalu pada bagian pupuk organik cair pada gas metana dan karbondioksida sebagai tolak ukur

kenaikan dan penurunannya perhari untuk melihat apakah masih proses fermentasi, terakhir pH 6,5 – 8 dan TDS 1700-2000. Standar yang digunakan dalam proses data pemupukan telah jadi dengan olahan penambahan nilai dari PH dan TDS digunakan dari kepmentan no 261 tahun 2019 mengenai persyaratan teknis minimal pupuk organik yang dapat dinyatakan memiliki hasil yang sesuai dengan ketentuan [18].



Gambar 25: Notifikasi Gmail

Pada Gambar 25 tersebut adalah notifikasi yang masuk pada Gmail Pengguna sebagai pengingat saat proses fermentasi sudah masuk hari ke 14 dan pengguna harus menyiapkan wadah terlebih dahulu sebelum menghidupkan pompa pupuk organik cair pada website, setelah pupuk organik cair telah di ambil maka dapat menyimpan ataupun di aplikasikan langsung ke tanaman.

Penutup

Berdasarkan hasil penelitian ini, dapat disimpulkan beberapa hal mengenai Implementasi Sistem IoT dalam Pembuatan Pupuk Organik dan Monitoring proses melalui *Platform Website*, 1) Pengembangan sistem IoT yang dapat secara akurat memantau dan mengontrol proses pembuatan pupuk organik terkhusus dibagian kontrol pompa cairan pH *Up*, pH *Down*, TDS *Up*, TDS *Down* termasuk visualisasi data pada widget card dan grafik yang mudah diakses melalui *platform website* vue js. 2) Peningkatan konsistensi proses pengomposan dan kualitas pupuk organik yang dihasilkan, yang tercermin dalam parameter-parameter seperti waktu produksi, konsistensi di akhir produksi dengan nilai nutrisi yaitu pH 7.30 dan TDS 1900 sesuai dengan standart yang ada. 3) Pengembangan teknologi pertanian dengan memanfaatkan IoT dapat mengurangi campur tangan manusia saat proses fermentasi dan mengurangi dampak Negatif untuk lingkungan terbukti dari residu yang dihasilkan yaitu hampir 90% bahan organik telah menjadi pupuk cair yang dapat dimanfaatkan untuk tanaman.

Adapun saran untuk penelitian ini selanjutnya yaitu melakukan penambahan parameter untuk monitoring kandungan yang lebih aktual yaitu nitrogen posfor dan kalium karena sangat penting dalam pupuk organik lalu penggunaan perangkat pengecekan tingkat kematangan pupuk organik yang lebih presisi.

Daftar Pustaka

- [1] R. Murwindra, A. Asril, D. P. Musdansi, E. Kurniawan, J. R. Ningsih, dan N. Yuhelman, "Pembuatan Pupuk Organik untuk Meningkatkan Produk Pertanian", *BHAKTI NAGORI (Jurnal Pengabdian kepada Masyarakat)*, vol. 1, no. 2, pp. 95–103, Dec. 2021.
- [2] S. Ghanimeh, C. Abou Khalil, C. Bou Mosleh, and C. Habchi, "Optimized anaerobic-aerobic sequential system for the treatment of food waste and wastewater", *Waste Management*, vol. 71, pp. 767–774, doi: 10.1016/j.wasman.2017.06.027, Jan. 2018.
- [3] Ying Yan, Ruinian Gu, Manman Zhu, Mingqi Tang, Qun He, Yuanyuan Tang, and Lili Liu, "Environmental impacts and optimization simulation of aerobic anaerobic combination treatment technology for food waste with life cycle assessment", *Waste Management*, vol. 164, pp. 228–237, doi: 10.1016/j.wasman.2023.03.036, Jun. 2023.
- [4] M. Pognani, R. Barrena, X. Font, B. Scaglia, F. Adani, and A. Sánchez, "Monitoring the organic matter properties in a combined anaerobic/aerobic full-scale municipal source-separated waste treatment plant", *Bioresour Technol*, vol. 101, no. 17, pp. 6873–6877, doi: 10.1016/j.biortech.2010.03.110, 2010.
- [5] N. Ekawandani, A. Anzi Kusuma, dan T. Kimia, "Pengomposan Sampah Organik (Kubis dan Kulit Pisang) dengan Menggunakan EM4," *Jurnal TEDC*, vol. 12, no. 1, 2018.
- [6] I. Imron, B. Satria, S. Karim, and F. Ramadhani, "*Cloud Storage for Object Detection using ESP32-CAM*", *TEPIAN*, vol. 5, no. 2, pp. 50–57, doi: 10.51967/tepiian.v5i2.2994, Jun. 2024.
- [7] W. W. Anggoro dan I. R. Widiyari, "Perancangan dan Penerapan Kendali Lampu Ruangan Berbasis IoT (Internet of Things) Android," *Jurnal Teknik Informatika dan Sistem Informasi*, vol. 8, no. 3, 2021.
- [8] H. Yuana, "Rancang Bangun Sistem Kendali Jarak Jauh Lampu Menggunakan Thingsboard Berbasis IoT", *Jurnal Informatika Polinema*, 7(1), 29–36, 2020.
- [9] A. Sanaris, dan I. Suharjo, "Prototype Alat Kendali Otomatis Penjemur Pakaian Menggunakan NodeMCU ESP32 dan Telegram Bot Berbasis Internet of Things (IOT)", *Journal of Information System and Artificial Intelligence*, vol.1, no. 1, pp. 17-24, 2020.
- [10] F. Chuzaini, "IoT Monitoring Kualitas Air dengan Menggunakan Sensor Suhu, pH dan Total Dissolved Solids (TDS)", *Jurnal Inovasi Fisika Indonesia (IFI)*, vol. 11, 2022.
- [11] K. Diantoro, R. Rahmadewi, "Implementasi Sensor MQ 4 dan Sensor DHT 22 pada Sistem Kompos Pintar Berbasis IoT (SIKOMPI)", *Electrician*, vol. 14, no. 3, pp. 84–94, doi: 10.23960/elc.v14n3.2157, Oct. 2020.
- [12] G. P. Humairoh, R. Dani, and E. Putra, "Prototipe Pengendalian Kualitas Udara Indoor Menggunakan Mikrokontroler dengan Sensor MQ135, DHT-22 dan Filter HEPA", *Serambi Engineering*, vol. VII, no. 1, 2022.
- [13] R. Jupita, A. Nuradin Tio, A. Rifaini, C. Saputri, M. Fahrizal, and T. Komputer, "Otomatisasi Penyiraman Tanaman dengan Sensor Soil Moisture.", *Jurnal Portal Data*, vol. 1, no.2, 2021.

- [14] M. S. Yoski and R. Mukhaiyar, "Prototipe Robot Pembersih Lantai Berbasis Mikrokontroler dengan Sensor Ultrasonik", *Jurnal Teknik Elektro Indonesia*, 2020.
- [15] S. Fransisca, N. Putri, and M. Kom, "Pemanfaatan Teknologi RFID untuk Pengelolaan Inventaris Sekolah dengan Metode (R&D) (Studi Kasus: SMK Global Pekanbaru)", *Jurnal Mahasiswa Aplikasi Teknologi Komputer dan Informasi (JMApTeKsi)*, 2019.
- [16] A. Frisdayanti, "Peranan Brainware dalam Sistem Informasi Manajemen", *Jurnal Ekonomi Manajemen Sistem Informasi (JEMSI)*, vol. 1, doi: 10.31933/JEMSI, 2019.
- [17] Chuanren Qi, Yu Feng, Sumeng Jia, Yangyang Li, Long D Nghiem, Guoxue Li, and Wenhai Luo, "Operating conditions and microbial dynamics transition to sustain integrated anaerobic and aerobic treatment of organic solid wastes for energy and nutrient recovery", *Chemical Engineering Journal*, vol. 496, doi: 10.1016/j.cej.2024.153682, Sep. 2024.
- [18] Anonim, "Kepmentan 261 tahun 2019 ttg persyaratan teknis minimal pupuk organik," *Kementerian Pertanian*, 2019.