

# Sistem *Controlling* Pembuatan Pakan Ternak Silase Menggunakan *ESP32* Berbasis *IoT*

Fera Annisa<sup>1</sup>, Intan Nur Farida<sup>2</sup>, Julian Sahertian<sup>3</sup>, Nisaa' Husnia Yahya<sup>4</sup>,  
Indra Septiawan<sup>5</sup>, Adinda Meylia Salsabila<sup>6</sup>, Bima Setiawan<sup>7</sup>

<sup>1,2,3,4,5,6</sup>Teknik Informatika, Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer, Universitas Nusantara PGRI Kediri,  
<sup>7</sup>Peternakan, Fakultas Ilmu Kesehatan dan Sains, Universitas Nusantara PGRI Kediri  
E-mail: <sup>1</sup>[feraannisa895@gmail.com](mailto:feraannisa895@gmail.com), <sup>2</sup>[in.nfarida@gmail.com](mailto:in.nfarida@gmail.com), <sup>3</sup>[juliansahertian@unpkediri.ac.id](mailto:juliansahertian@unpkediri.ac.id)  
<sup>4</sup>[yahyanisaa461@gmail.com](mailto:yahyanisaa461@gmail.com), <sup>5</sup>[indrarseptiawan447@gmail.com](mailto:indrarseptiawan447@gmail.com), <sup>6</sup>[adindameyilia05@gmail.com](mailto:adindameyilia05@gmail.com),  
<sup>7</sup>[bima150405@gmail.com](mailto:bima150405@gmail.com)

**Corresponden Author:** [feraannisa895@gmail.com](mailto:feraannisa895@gmail.com)

Diterima Redaksi: 14 Agustus 2024 Revisi Akhir: 20 Januari 2024 Diterbitkan Online: 8 Maret 2025

**Abstrak** – Penelitian ini mengembangkan sistem *controll* pembuatan pakan ternak silase berbasis *Internet of Things (IoT)* menggunakan *ESP32*. Sistem ini dirancang untuk memantau suhu, kelembapan, dan pH secara *real-time* dengan memanfaatkan sensor *DHT21* dan sensor pH tanah, yang terhubung ke *Firestore* sebagai database. Sistem dilengkapi antarmuka berbasis web dan *LCD*, sehingga memudahkan peternak dalam memantau kondisi pakan dari jarak jauh. Proses produksi silase dilakukan selama 19 hari dengan hasil grade yang diukur berdasarkan nilai pH, menunjukkan tingkat keberhasilan produksi berada pada Grade C (rendah). *Functional testing*, *usability testing*, dan *blackbox testing* memastikan sistem bekerja sesuai kebutuhan dengan nilai rata-rata *usability* sebesar 88,2%, termasuk kategori "Baik Sekali." Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem ini mampu memberikan data yang akurat dan stabil, meskipun memerlukan kalibrasi berkala. Tegangan dari aki motor 12V berhasil diturunkan menjadi 5V menggunakan modul *stepdown* untuk menjaga keandalan perangkat. Sistem ini juga menawarkan notifikasi otomatis saat terjadi kondisi abnormal, sehingga tindakan korektif dapat segera dilakukan. Sistem ini terbukti efektif dalam membantu peternak memantau proses fermentasi silase dan mengurangi risiko kegagalan produksi. Namun, peningkatan stabilitas sensor, optimasi komposisi pakan, dan koneksi internet yang lebih kuat diperlukan untuk meningkatkan hasil produksi dan kualitas pakan. Dengan demikian, sistem ini memberikan solusi inovatif bagi peternak dalam memproduksi pakan ternak secara efisien, andal, dan berkelanjutan.

**Kata Kunci** — Sistem *controll*, Silase, *IoT*

**Abstract** – This research develops an *Internet of Things (IoT)*-based control system for making silage animal feed using *ESP32*. This system is designed to monitor temperature, humidity and pH in *real-time* by utilizing the *DHT21* sensor and soil pH sensor connected to *Firestore* as a database. The system is equipped with a web-based interface and *LCD*, making it easier for farmers to monitor feed conditions remotely. The silage production process was carried out for 19 days with the grade results measured based on the pH value, indicating the production success level was at Grade C (low). *Functional testing*, *usability testing* and *black box testing* ensure the system works as required with an average *usability* score of 88.2% in the "Very Good" category. Test results show that this system is able to provide accurate and stable data even though it requires periodic calibration. The 12V motorbike battery voltage was successfully reduced to 5V using a *stepdown* module to maintain device reliability. This system also offers automatic notifications if abnormal conditions occur, so that corrective action can be taken immediately. This system has proven effective in helping farmers monitor the silage fermentation process and reduce the risk of production failure. However, improving sensor stability, optimizing feed composition, and stronger internet connections are needed to increase production yields and feed quality. Thus, this system provides an innovative solution for farmers in producing animal feed efficiently, reliably and sustainably.

**Keywords** — *Controll* systems, Silage, *IoT*



## 1. PENDAHULUAN

Pakan ternak sangatlah mempengaruhi faktor keberhasilan bagi peternak. Pakan merupakan salah satu faktor yang sangat penting untuk peningkatan produktivitas ternak. Pakan dengan kualitas dan kuantitas yang cukup sangat dibutuhkan untuk mendukung pertumbuhan dan produksi ternak. Pakan memegang peranan yang sangat penting di dalam keberhasilan suatu usaha peternakan. Total produksi dalam usaha peternakan sekitar 80% nya keluar untuk pakan saja[1]. Pada penelitian yang dilakukan Abdul Jabar[2] bahwa, pakan memiliki peranan yang sangat krusial dalam bidang ternak karena peternak dapat menghabiskan sekitar 70% dari biaya produksi pakan sebagai sumber energi utama pertumbuhan.

Hewan ternak terbagi menjadi dua jenis, yaitu ruminansia dan non ruminansia. Pakan ternak ruminansia berupa konsentrat dan hijauan. Ketersediaan hijauan di Indonesia dipengaruhi oleh musim penghujan dan kemarau. Hijauan sangat melimpah pada saat musim penghujan, sedangkan di musim kemarau produksi hijauan menurun karena asupan air berkurang. Oleh karena itu, peternak dan petani harus mempunyai inovasi terbaru agar hewan ternak memiliki nutrisi stabil. Perlu adanya fermentasi hijauan yang dinamakan silase untuk mengantisipasi kekurangan hijauan. Fermentasi memiliki definisi yaitu makanan yang diproses melalui bantuan mikroorganisme atau komponen biologis lain seperti enzim, sehingga dapat memberikan produk sedemikian rupa yang menguntungkan bagi manusia dari sudut pandang kesehatan[3].

Silase merupakan pakan ternak ruminansia yang diawetkan dengan teknik menggunakan cara anaerob. Bahan yang digunakan dalam pembuatan silase yaitu bonggol jagung dan rumput gajah yang sudah di cacah, dedak, molase, serta air. Kadar air yang tinggi mempunyai pengaruh dalam pembuatan silase yang menyebabkan tumbuhnya jamur dan akan menghasilkan asam yang tidak di inginkan seperti asam butirat[4]. Silase yang baik dapat dilihat dari karakteristik fisik seperti warna, tekstur, aroma, dan keberadaan jamur. Bahan yang diperlukan untuk pembuatan silase ini adalah bonggol jagung dan rumput gajah yang sudah di cacah, dedak, molase, dan air. Perbandingan bahan adalah sekitar 70% (rumput gajah dan bonggol jagung): 20% (dedak): 10% (molase), berdasarkan persentase berat. Rumput gajah berfungsi sebagai sumber protein untuk pakan bonggol. Pembuatan silase dimulai dari pencacahan bonggol jagung dan rumput gajah menggunakan alat copper (mesin pemotong rumput). Selanjutnya bonggol jagung, rumput gajah dan dedak dicampur merata lalu ditambahkan molase yang sudah dilarutkan dalam air. Penambahan molase kedalam campuran bahan dilakukan sedikit demi sedikit hingga kondisi campuran bahan menjadi lembab (tidak terlalu kering atau terlalu basah). Selain itu fermentasi silase juga diberi tambahan EM4 atau jamu dari bahan organik seperti buah-buahan dan rempah lainnya. EM4 merupakan salah satu jenis produk mikroorganisme yang digunakan dalam pertanian, pengolahan limbah, dan pemeliharaan lingkungan. Kandungan EM4 yaitu bakteri asam laktat, bakteri foto sintetik, serta ragi bertujuan untuk mengendalikan penyakit[5]. Proses fermentasi dilakukan selama 21 hari[6]. Semakin banyak serat semakin bagus kualitas silasnya. Pembuatan silase dapat dikatakan tidak mudah. Banyak faktor kegagalan yang dapat mempengaruhi dalam pembuatan silase, termasuk suhu, kelembapan, dan pH yang terdapat pada pembuatannya. Perlu adanya produk penerapan teknologi untuk mengontrol pembuatan silase agar peternak atau petani dapat dengan mudah dalam memproduksi. Sistem *controlling* yang akan diterapkan pada pembuatan pakan silase ini berfungsi untuk memantau keadaan silase didalam drum. Penggunaan sistem menggunakan *website* yang akan terhubung langsung pada alat monitor, serta penambahan *LCD* untuk pengecekan keakuratan data pada alat *controlling*.

Menurut penelitian[7], monitoring dapat dengan mudah dilakukan jika ada penambahan aplikasi *Internet of things (IoT)*. Pengembangan teknologi sistem *controlling* menggunakan metode *Internet of Things (IoT)* dengan bantuan sebuah komponen pengendali *ESP32*. *IoT* adalah program yang memiliki kemampuan untuk transmisi data objek ke jaringan[7]. Adanya penggunaan *IoT* sensor yang ada pada objek akan melakukan pengambilan data di suatu tempat dilakukan pengendalian benda lain dengan akses jarak jauh. Kelebihan dari menggunakan *IoT* ini adalah pengontrolan ini bisa dilakukan dimanapun dan kapanpun[8].

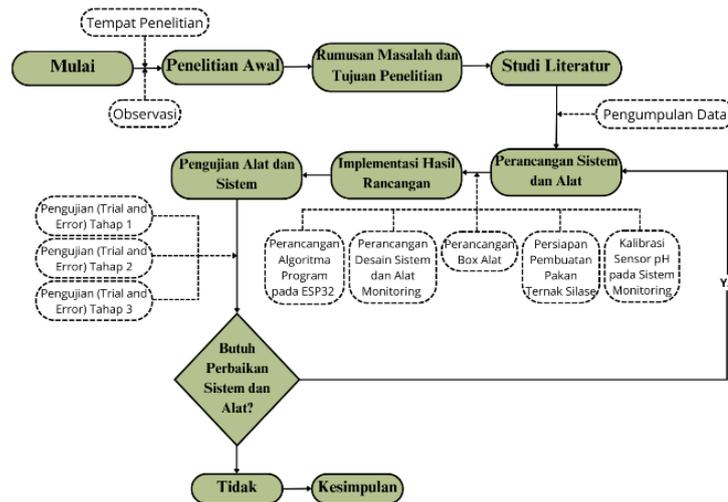
Sensor yang digunakan dalam *controlling* pakan ternak silase ini yaitu sensor pH tanah dan *DHT21*. Pada sensor pH tanah akan dilakukan kalibrasi terlebih dahulu untuk mendapatkan data yang akurat dan stabil. Pada penelitian sebelumnya[8], sensor *DHT21* sudah memiliki keakuratan data dan berjalan sesuai rencana tanpa adanya *trial error*. Hal ini memungkinkan untuk memonitoring suhu ruangan dan mengendalikan alat pendingin ruangan dari jarak jauh melalui perangkat elektronik. Agar informasi dari sensor mengenai suhu ruangan dapat dikirim ke perangkat elektronik maka dibutuhkan sebuah protokol komunikasi[9].

Komponen pengendali *controlling* pembuatan pakan ternak silase ini yaitu *ESP32*. Penelitian yang dilakukan oleh[10], melakukan penelitian monitoring suhu dan kelembapan jamur tiram dengan menggunakan *ESP 32* dengan hasil pengujian berjalan dengan semestinya sesuai dengan yang diinginkan. *Mikrokontroler ESP32* merupakan sebuah *SoC (System on Chip)* terpadu dilengkapi *Bluetooth versi 4.2*, *WIFI 802.11*, dan berbagai *peripheral*. *ESP32* mempunyai *chip* yang cukup lengkap, terdapat akses pada *GPIO (General Purpose Input Output)*, penyimpanan, serta prosesor. Komponen ini biasa digunakan sebagai pengganti *Arduino*.

Dari uraian diatas yang menjadi dasar pembuatan sistem *controlling* pembuatan pakan ternak silase menggunakan *ESP32* berbasis *IoT*. Kegagalan dalam produksi akan terminimalisir dengan adanya sistem dan dapat menjadi pekerjaan para peternak maupun petani akan lebih ringan dengan pantauan jarak jauh.

## 2. METODE PENELITIAN

Metode merupakan cara yang digunakan dalam menyampaikan gagasan, pemikiran maupun wawasan yang telah disusun dengan sistematis dan terencana serta didasarkan pada teori, konsep, dan prinsip tertentu. Fungsi metode sebagai alat untuk mencapai tujuan[11]. Dalam pembuatan sistem *controlling* pembuatan pakan ternak silase menggunakan *ESP32* berbasis *IoT* ini menggunakan beberapa tahapan alur kinerja dan pelaksanaan untuk mendapatkan hasil yang maksimal. Penelitian ini memerlukan waktu yang cukup panjang dalam pemecahan variabel dan rumusan masalahnya. Berikut ini merupakan rute penelitian yang digunakan.



Gambar 1. Alur tahapan penelitian

### 2.1. Penelitian Awal

Pada tahap penelitian ini dilakukan sebuah analisa permasalahan pada peternak yang kesusahan membuat pakan ternak silase karena banyak faktor kegagalan yang mempengaruhinya. Serta mempermudah peternak untuk memantau dengan jarak jauh dan membantu para pemula dalam membuat silase. Selanjutnya, akan dibuat *timeline* dalam beberapa waktu kedepan untuk memulai penelitian hingga selesai.

### 2.2. Rumusan masalah dan tujuan penelitian

Dari hasil survei dan wawancara yang telah dilakukan, terdapat beberapa permasalahan yang harus diselesaikan dengan sebuah sistem yang terencana dan terorganisir dengan baik. Permasalahan peternak maupun petani yang memproduksi pakan ternak silase yaitu kesulitan dalam menakar dan mengecek pH serta suhu ruang dalam pembuatannya. Pakan ternak hijau sulit didapat karena faktor iklim di Indonesia. Jika pada musim penghujan hijau sangat melimpah, namun disaat musim kemarau hijau sulit didapat karena terkendala pada asupan air.

### 2.3 Studi Literatur

Studi literatur dilakukan dalam bentuk peninjauan dan analisis terhadap permasalahan yang ada. Studi ini bertujuan untuk mencari pengetahuan yang sudah ada serta dapat diperbandingkan dengan hasil data yang diperoleh dari studi pendahuluan yang telah dilakukan. Dengan dilakukan tahapan ini akan meminimalisir kesenjangan dalam pengetahuan.

### 2.4 Perancangan Sistem dan Alat

Pada perancangan sistem terdapat *Interface* untuk memantau hasil *controlling* pembuatan silase dan *firebase* untuk memantau data secara *real-time* serta konektivitas *IoT* seperti *Backend*, *Frontend*, kemudian *API* (*Application Programming Interface*). Perancangan alat pada sistem monitoring menggunakan sensor suhu kelembaban ruangan *DHT21*, sensor pH tanah, dan *ESP32* sebagai otak sistem.

Pembacaan sensor pH tanah dan *DHT21* yang akan ditampilkan pada *website* yang telah dibuat. Selanjutnya, ketika *website* dan alat dinyalakan yang pertama terjadi yaitu proses pengenalan sensor pH tanah dan sensor *DHT21* ke *ESP32*. Kemudian pembacaan pH oleh sensor pH tanah dan pembacaan suhu serta kelembaban berasal dari sensor *DHT21*. Suhu, kelembaban, dan pH akan menjadi keluaran dari sensor yang langsung dapat dibaca untuk masukkan *mikrokontroler*. Setelah berhasil diolah, kemudian *ESP32* akan mengirim data dan ditampilkan pada *LCD* serta *website* monitoring yang telah disediakan. Pembacaan sensor akan berjalan secara

real-time hingga login website dikeluarkan atau diberhentikan. Dari diagram alir yang telah dibuat diperlukan koneksi internet yang stabil dan kuat agar website dapat menerima data dari sensor.

### 2.5 Implementasi Hasil Rancangan

Tahapan implementasi merupakan kegiatan yang dilakukan dengan menganalisa hasil survei lapangan ketika alat sudah dapat dioperasikan. Rangkaian elektronik yang telah dibuat sudah menjadi barang jadi yang dapat digunakan secara baik. Pada tahapan ini dilakukan testimoni pada peternak yang diajak dalam kontribusi pembuatan pakan silase. Dipastikan dalam tahap kegiatan ini lancar sebagai mana mestinya. Seperti komponen sensor pH tanah, sensor DHT21, LCD, dan sistem dapat digunakan sesuai rencana.



Gambar 2. Alat sistem *controlling* pembuatan pakan ternak silase

### 2.6 Pengujian Sistem dan Alat

Pengujian sistem yang dilakukan dengan tiga kali hasil kalibrasi. Pengujian yang pertama dilakukan dengan cara mengkalibrasikan alat dengan bahan tanah liat. Untuk uji coba kedua menggunakan silase yang sudah matang. Dan pada uji coba ketiga diberi media dedak (bekatul). Dari beberapa uji coba yang telah dilakukan pada tahapan uji coba dengan menggunakan bahan silase yang sudah matang dapat dikatakan berhasil dan stabil.

### 2.7 Kesimpulan

Kesimpulan didapatkan setelah rangkaian kegiatan dari perumusan masalah sampai pada pengujian sistem telah selesai. Alat *controlling* yang telah dibuat sangat berguna serta mempermudah pekerjaan bagi peternak dan petani yang memproduksi pakan ternak silase. Alat dan sistem *controlling* setelah di uji cobakan sangat membantu dan berjalan sesuai harapan.

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Sebuah sistem *controlling* pembuatan pakan ternak silase yang telah dirancang dan dibangun untuk membantu mempermudah pekerjaan peternak dan petani. Berikut hasil dan pembahasan dari penelitian yang telah dilakukan.

### 3.1 Rancangan Perangkat

Pada penelitian ini terdapat perancangan alat yang terdiri dari beberapa komponen. Pembuatan silase hanya membutuhkan sebuah drum. Kemudian, pembuatan dan pengaplikasian alat yang dirancang sesuai dengan keterangan dibawah ini.

Tabel 1. Daftar alat dan bahan Silasilo Monitor

No.	Alat dan Bahan
1.	ESP32
2.	LCD 12C
3.	Base Board
4.	Sensor pH + DMS
5.	Sensor DHT21
6.	Kabel Jumper
7.	Kabel Biasa
8.	Stepdown LM2596S
9.	AKI motor
10.	Kotak Elektronik
11.	Mur + Baut
12.	Obeng

- 
13. Solder
  14. Timah
  15. Drim
  16. Bor
  17. Lem Tembak
  18. *Firestore Real-Time Database*
  19. Avo Meter
- 

Dari beberapa alat dan bahan yang telah disediakan. Terdapat beberapa komponen yang bisa diganti dengan komponen lainnya. Seperti AKI motor kering dapat diubah dengan AKI motor basah atau tenaga listrik. Setiap komponen memiliki *trial error* yang berbeda-beda. Jadi, pengguna harus tetap menjaga keamanan komponen dengan pengecekan proses monitoring secara berkala pada sistem dan LCD untuk memastikan keakuratan data. Berikut ini merupakan langkah pemasangan alat Silasilo Monitor:

**1. Langkah 1 Memasang ESP32 dan LCD ke dalam Kotak Box**

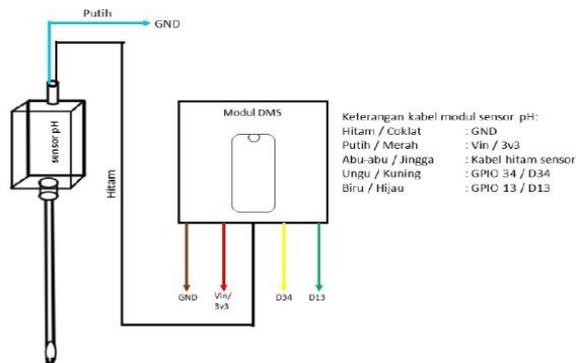
- a. Lubangi bawah kotak elektronik sesuai dengan lubang mur *Base Board*.
- b. Lubangi samping kotak secukupnya untuk lubang kabel.
- c. Lubangi atas kotak atau tutup untuk sesuai dengan lubang *LCD I2C*.
- d. Pasang ESP32 ke *Base Board* lalu pasang ke box elektronik menggunakan mur dan baut Pasang *LCD I2C* ke atas kotak menggunakan mur dan baut.

**2. Langkah 2 Memasang Kotak Box Elektronik dan Sensor ke Drum**

- a. Lubangi tutup drim dengan Bor untuk Kotak Box dan untuk lubang kabel.
- b. Pasang Kotak Box di atas tutup Drum dan pasang juga kabel sensor *DHT21* dan sensor pH lalu berikan lem tembak di setiap rongga lubang tutup Drum untuk memastikan agar tidak ada udara yang masuk melalui bekas lubang yang ada di tutup Drum.

**3. Langkah 3 Pengkabelan Sensor pH tanah dan LCD I2C**

Pada pengkabelan sensor pH terdapat DMS untuk menstabilkan data. Terdapat kabel yang sudah disediakan dan dipasang sesuai dengan langkah-langkah berikut ini.



Gambar 3. Sensor pH tanah

- a. Menghubungkan kabel Putih pada sensor pH ke *GND* pada *ESP32* menggunakan kabel jumper.
- b. Menghubungkan kabel hitam ke kabel jingga pada *DMS*.
- c. Menghubungkan kabel hijau pada *DMS* ke pin *D13* pada *ESP32*.
- d. Menghubungkan kabel kuning pada *DMS* ke pin *D34* pada *ESP32*.
- e. Menghubungkan kabel merah pada *DMS* ke pin *3v3* pada *ESP32*.
- f. Menghubungkan kabel coklat pada *DMS* ke pin *GND* pada *ESP32*.

**4. Langkah 4 Pengkabelan Sensor DHT21**

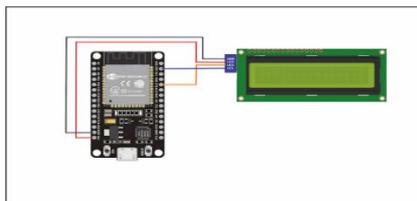


Gambar 4. Sensor *DHT21*

- a. Menghubungkan kabel menggunakan kabel jumper dari sensor ke *ESP32*.
- b. Hubungkan kabel merah/*VDD* ke *3,3v* pada *ESP32*.

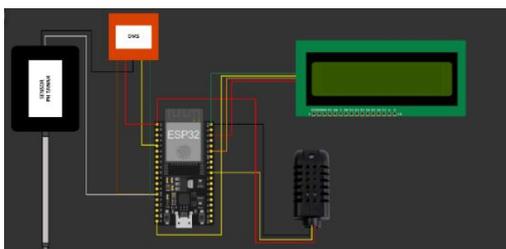
- c. Hubungkan kabel kuning/*SDA* ke Pin 05 pada *ESP32*.
- d. Hubungkan kabel Hitam/*GND* ke *GND* pada *ESP32*.

**5. Langkah 5 Pengkabelan ESP32**



Gambar 5. Mikrokontroler *ESP32*

- a. Menghubungkan Pin *Power* ke 5V (*VIN*).
- b. *SDA* ke *D21 SCL* ke *D22*.
- c. Dan *GND* ke pin *GND* pada *ESP32*.



Gambar 6. Rangkaian keseluruhan komponen

Tahap selanjutnya setelah semua rangkaian komponen terpasang, kemudian dilakukan proses pemrograman pada *ESP32*. Konfigurasi pin antara *ESP32* dengan *DMS*, sensor pH, *DHT21*, *LCD 12C*, dan *Stepdown* dapat dilihat pada tabel 2 dibawah ini.

Tabel 2. Konfigurasi komponen dengan *ESP32*

<i>ESP32</i>	<i>DMS</i>	<i>Sensor pH</i>	<i>DHT21</i>	<i>LCD 12C</i>	<i>Stepdown</i>
3,3v/ <i>VV</i>	<i>VCC</i>		<i>VCC</i>		
5v/ <i>VV</i>				<i>VCC</i>	<i>DC +</i>
<i>GND</i>	<i>GND</i>	<i>GND</i>	<i>GND</i>	<i>GND</i>	<i>DC -</i>
<i>GPIO 05</i>			<i>SDA/SS</i>		
<i>GPIO 13</i>	<i>ADC2_4/MOSI</i>				
<i>GPIO 34</i>	<i>ADC1_6/VDDET_1</i>				
<i>GPIO 21</i>				<i>SDA</i>	
<i>GPIO 22</i>				<i>SCL</i>	
<i>DMS</i>		<i>SDA</i>			

Program ini dirancang untuk dapat terkoneksi secara *real-time* antara *ESP32* dan *firebase* untuk mengeluarkan *output* pada sistem. Bahasa yang digunakan pada *IDE* yaitu *C++*. Pengambilan data dan pengendalian sensor pH tanah dan *DHT21* didapat dari pemrograman yang telah ditambahkan.

Untuk sumber daya pada *ESP32* dibutuhkan tegangan sebesar 5V agar terkoneksi dengan sensor. Jika AKI yang digunakan memiliki tegangan lebih tinggi dari yang telah ditentukan, maka tegangan harus diturunkan dengan menggunakan *stepdown*. Kemudian, hubungkan *ESP32* dan *firebase* menggunakan koneksi internet untuk menghasilkan data sensor secara *real-time*. Sistem ini disebut dengan *real-time oprating system*, pada setiap proses komputasi mampu mengerjakan proses secara benar dan dalam jangka waktu yang telah ditentukan[12].

3.2 Hasil Rancangan Semua Komponen



Gambar 8. Realisasi hardware

Pada gambar diatas terdapat beberapa komponen yaitu sesnsor pH tanah, sensor suhu ruang untuk pengecekan kelembapan pada drum, LCD, dan ESP32. Control akuator dari proses data *input relay* diproses pada ESP32. Modul pengiriman data pada ESP32 dengan server dapat terkoneksi jika terhubung dengan jaringan yang sama. Jika menggunakan akses internet *Wi-Fi* pastikan bukan paralel karena kekuatan jaringan yang kurang stabil, ESP32 tidak akan mengeluarkan *output* pada LCD. Selanjutnya, akan dilakukan pengkodean pada program alat untuk *interface* pada sistem monitoring.

Tegangan yang digunakan yaitu dari AKI dengan tegangan 12V akan diturunkan menjadi 5V menggunakan *stepdown*. Penurunan tegangan ini berfungsi untuk mengamankan, jika tegangan terlalu tinggi maka kemungkinan besar alat akan mengalami *trial error* atau rusak dan ketika terlalu rendah sensor tidak akan membaca data. ESP32 akan menerima data berupa ADC. Data digital didapat dari ADC akan dikonfigurasi dengan rumus agar mengeluarkan data pembacaan *input*. Terdapat program yang telah dimasukkan pada ESP32 melalui *Arduino IDE*. LCD akan mengeluarkan *output* jika sudah *Delay* 10 detik. ESP32 akan mampu bekerja jika sudah menerima data dari sensor pH tanah dan DHT21. Sensor tersebut akan mengirim data ke ESP32 jika sudah terbaca, kemudian data akan dikirim ke sistem. Pembacaan sensor pada sistem sudah disediakan, terdapat *grade* untuk mengetahui berapa kualitas produksi silase yang didapatkan. *Grade* yang disediakan diantaranya:

- a. *Grade A* (Tinggi) 4,5 – 4,9
- b. *Grade B* (Sedang) 5,0 – 5,9
- c. *Grade C* (Tinggi) 6,0 – 8

### 3.3 Interface Sistem

Nama Peternakan	Lokasi	Tgl. Produksi	Waktu Produksi	Bahan Baku	Suhu	Kelembapan	Nilai pH	Grade
HARINTO FARM	KEDIRI	2024-06-19	15:00	bongkil jagung	30.3	99.9	6.2133	C (Rendah)

Gambar 9. *Interface* hasil proses

*Interface* ini berfungsi untuk mengidentifikasi *input* proses dan *output* hasil proses. *Website* ini menampilkan data secara *real-time*. Data tersebut dihasilkan dari *firebase* yang merupakan sebuah *platform database* yang memberikan sebuah informasi kepada pengguna secara *real-time*. Menurut Sugiyatno[13], *firebase* sudah menjadi alternatif database yang handal dan cepat memberi informasi serta teknologinya memiliki arsitektur yang berbeda dengan yang lainnya. Terdapat *grade* hasil proses yang telah disediakan untuk menentukan kualitas pakan silase yang sedang *dicontrol* atau dimonitor. *Grade* tersebut dihasilkan dari nilai pH. Jika pH melebihi 8 dan kurang dari 4,5 sistem tidak akan mendeteksi hasil *grade*.

### 3.4 Tampilan pada LCD



Gambar 10. Tampilan LCD

Selain *output* pada *website*, sistem ini juga menyediakan *output* pada alat dengan menggunakan LCD. Ketika terjadi *error* pada sistem, pengguna tetap dapat melihat hasil *controlling* dengan melihat tampilan LCD yang disediakan.

### 3.5 Hasil pH tanah, suhu ruang, dan grade

Tabel 3. Hasil *controlling* pembuatan silase

Hari Ke -	pH	Suhu	Kelembapan	Grade
1	6,21	30,3	99,9	C (Rendah)
2	6,27	29,7	99,9	C (Rendah)
3	7,53	27,8	99,9	C (Rendah)
4	7,72	30,3	99,9	C (Rendah)
5	7,66	29,1	99,9	C (Rendah)
6	7,72	28,3	99,9	C (Rendah)
7	7,42	29,2	99,9	C (Rendah)
8	7,41	32,5	99,9	C (Rendah)
9	7,35	31,7	99,9	C (Rendah)
10	7,35	30,5	98,8	C (Rendah)
11	7,28	29,1	98,8	C (Rendah)
12	7,41	31,3	97,3	C (Rendah)
13	7,35	29	97,3	C (Rendah)
14	7,35	30,5	96,1	C (Rendah)
15	7,35	30,1	96,2	C (Rendah)
16	7,28	29,4	95,9	C (Rendah)
17	7,35	29,8	93,8	C (Rendah)
18	7,35	29	93,5	C (Rendah)
19	7,41	30,3	92,5	C (Rendah)

Dari hasil tabel diatas telah dilakukan proses *controlling* pada pakan tenak silase selama 19 hari dengan pemantauan suhu, kelembapan, dan pH serta terdapat *grade* yang telah ditentukan oleh sistem secara otomatis. Hasil tersebut menunjukkan bahwa sensor yang digunakan dapat digunakan dengan stabil dan *success full rate*. Tingkat keberhasilan pembuatan silase akan ditunjukkan pada hasil *grade*. Hasil *grade* dipengaruhi oleh komposisi yang digunakan dalam pembuatan pakan silase tersebut.

### 3.6 Hasil Pengujian

Pengujian merupakan tahapan yang paling penting dalam mengembangkan sebuah perangkat lunak agar dapat meningkatkan kepuasan pengguna[14]. Pengujian dilakukan untuk memastikan bahwa produk tersebut memenuhi persyaratan yang telah ditetapkan dan berfungsi dengan baik sesuai dengan tujuan yang dicapai.

#### Functional Testing

Tabel 4. .Functional testing

Komponen	Tujuan	Langkah-Langkah	Hasil
ESP32-DevKitC V4	Menguji konektivitas WiFi dan Bluetooth, serta fungsi dasar dari modul ESP32	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Hubungkan ESP32 ke komputer menggunakan kabel USB.</li> <li>2. Upload program sederhana untuk menghubungkan ke jaringan WiFi.</li> <li>3. Pastikan ESP32 dapat terhubung ke jaringan WiFi dengan benar.</li> <li>4. Upload program sederhana untuk mengaktifkan Bluetooth.</li> <li>5. Gunakan perangkat Bluetooth (misalnya smartphone) untuk memindai dan menghubungkan ke ESP32.</li> <li>6. Pastikan koneksi Bluetooth berfungsi dengan benar.</li> </ol>	ESP32 terhubung ke jaringan WiFi dan perangkat Bluetooth tanpa masalah.

<i>Aki Motor (12V)</i>	Memastikan aki dapat menyediakan daya yang stabil untuk ESP32 melalui modul stepdown.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Gunakan multimeter untuk memeriksa tegangan aki.</li> <li>2. Pastikan tegangan aki adalah 12V.</li> </ol>	Tegangan aki berada pada atau mendekati 12V.
<i>Sakelar</i>	Menguji fungsi sakelar dalam memutus dan menyambung aliran listrik dari aki ke modul stepdown.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Sambungkan sakelar antara aki dan modul stepdown.</li> <li>2. Aktifkan dan matikan sakelar beberapa kali.</li> <li>3. Periksa apakah modul stepdown menerima daya saat sakelar diaktifkan dan tidak menerima daya saat sakelar dimatikan.</li> </ol>	Sakelar berfungsi dengan baik dalam memutus dan menyambung aliran listrik.
<i>Modul Stepdown LM2596</i>	Menguji kemampuan modul stepdown dalam menurunkan tegangan dari 12V ke 5V.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Sambungkan modul stepdown ke aki 12V.</li> <li>2. Gunakan multimeter untuk memeriksa tegangan output modul stepdown.</li> <li>3. Pastikan tegangan output adalah 5V.</li> </ol>	Modul stepdown menghasilkan tegangan output stabil sebesar 5V.
<i>LCD I2C</i>	Menguji komunikasi antara ESP32 dan LCD menggunakan protokol I2C.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Sambungkan LCD I2C ke ESP32.</li> <li>2. Upload program untuk menampilkan pesan sederhana di LCD.</li> <li>3. Pastikan pesan ditampilkan dengan benar di LCD.</li> </ol>	LCD menampilkan pesan yang diinginkan dengan benar.
<i>Sensor DHT21</i>	Menguji kemampuan sensor DHT21 dalam membaca suhu dan kelembaban.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Sambungkan sensor DHT21 ke ESP32.</li> <li>2. Upload program untuk membaca data suhu dan kelembaban dari sensor.</li> <li>3. Periksa data yang ditampilkan di serial monitor atau LCD.</li> </ol>	Sensor DHT21 memberikan pembacaan suhu dan kelembaban yang akurat.
<i>Sensor pH Tanah</i>	Menguji kemampuan sensor pH tanah dalam membaca tingkat keasaman tanah.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Tancapkan sensor pH tanah ke dalam tanah.</li> <li>2. Sambungkan sensor pH tanah ke ESP32.</li> <li>3. Upload program untuk membaca data pH dari sensor.</li> <li>4. Periksa data yang ditampilkan di serial monitor atau LCD.</li> </ol>	Sensor pH tanah memberikan pembacaan pH yang akurat dan stabil.
<i>DMS (Data Measurement System)</i>	Menguji stabilitas pembacaan data dari sensor pH tanah.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Sambungkan DMS ke sensor pH tanah dan ESP32.</li> <li>2. Upload program untuk membaca data pH melalui DMS.</li> </ol>	Data pH yang dibaca melalui DMS stabil dan tidak fluktuatif.

	3. Periksa stabilitas dan akurasi data yang ditampilkan di serial monitor atau LCD.	
--	---	--

### Hasil Usability Testing

Pada pengujian usability testing sangat penting dalam pengembangan produk, terutama pada produk digital seperti website maupun aplikasi. Pengujian usability bertujuan untuk menentukan apakah sebuah aplikasi sudah sesuai dengan kebutuhan seberapa mudah user menggunakan antarmuka suatu aplikasi [15].

Tabel 5. Usability Testing

<i>Atribut</i>	<i>Pertanyaan</i>	<i>Jumlah</i>	<i>Nilai Rata-Rata</i>	<i>Persentase (%)</i>
<i>Learnability</i>	Apakah anda dapat melakukan register pada sistem Silasilo Monitor?	25	4.29	85.8
	Apakah anda dapat login pada sistem Silasilo Monitor?	25	4.52	90.4
	Apakah tampilan login dan register mudah dikenali?	25	4.43	88.6
	Apakah setelah login pengguna dapat masuk ke menu dashboard tanpa kendala?	25	4.38	87.6
<i>Efisiensi</i>	Apakah pengguna dapat menggunakan menu input tambah proses pembuatan silase?	25	4.24	84.8
	Apakah pengguna dapat membaca dan menggunakan menu daftar proses pembuatan silase?	25	4.38	87.6
	Apakah pengguna dapat dan menggunakan menu hasil pembuatan silase dengan mudah?	25	4.57	91.4
	Apakah pengguna dapat membaca menu hasil pembuatan silase dengan mudah?	25	4.43	88.6
<i>Error</i>	Apakah hasil monitoring realtime tetap stabil dan masih bisa terbaca dengan mudah?	25	4.43	88.6
<i>Satisfaction</i>	Apakah pengguna dapat menggunakan menu logout dengan mudah?	25	4.43	88.6

Tabel 6. Klasifikasi Nilai Pengujian

<b>Nilai</b>	<b>Interpretasi</b>
<b>0% - 19,99%</b>	Sangat Tidak Mudah
<b>20% - 39,99%</b>	Tidak Mudah
<b>40% - 59,99%</b>	Cukup Mudah
<b>60% - 79,99%</b>	Mudah
<b>80% - 100%</b>	Sangat Mudah

### Hasil Blackbox Testing

Pengujian blackbox testing merupakan sebuah metode pengujian perangkat lunak yang berfokus pada fungsionalitas suatu sistem tanpa harus melihat secara detail internal atau kode programnya. Pada Artikel, Untuk mendapatkan hasil yang optimal maka dilakukan pengujian secara menyeluruh terhadap interface sistem aplikasi dengan menggunakan black box testing bertujuan untuk mengetahui seberapa sesuainya aplikasi dengan fungsinya sebagai evaluasi kesesuaian aplikasi dengan kebutuhan pengguna[16].

1. Hasil pengujian alpha testing

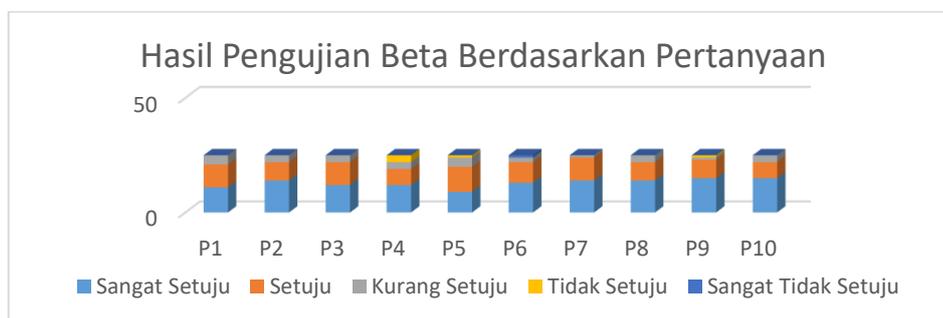
Berdasarkan hasil Pengujian alpha didapat hasil bahwa sistem monitoring Silasilo Monitor bebas dari kesalahan sintaks dan secara fungsional mengeluarkan hasil yang sesuai dengan yang diinginkan oleh pengguna. Pengujian alpha testing ini hanya dilakukan beberapa orang untuk mengidentifikasi bug, masalah kinerja, serta usability sebelum produk dirilis ke publik.

2. Hasil pengujian beta testing

Pada langkah pengujian beta testing merupakan tahap akhir pengembangan perangkat lunak sebelum produk dirilis secara resmi ke publik.

Tabel 7. Kuesioner Beta Testing

No	Pertanyaan	Jawaban				
		STB	TB	KB	B	SB
1	Kesesuaian penggunaan warna dan desain latar belakang ( <i>background</i> )					
2	Kesesuaian warna tulisan dengan latar belakang ( <i>background</i> )					
3	Ketepatan fungsi tombol dengan tujuan menyangg diinginkan					
4	Ketepatan ukuran tulisan					
5	Ketepatan pemilihan jenis tulisan					
6	Ketepatan ukuran dan warna tabel					
7	Kesesuaian ukuran tombol					
8	Kesesuaian warna tombol					
9	Kesesuaian bentuk tombol					
10	Kenyamanan menggunakan sistem secara keseluruhan					



Gambar 11. Diagram Hasil Pengujian Beta

Akumulasi jawaban dari 10 pertanyaan yang telah diajukan kepada pengguna, dapat dilihat bahwa nilai persentase maksimum sebesar 91,4% dan nilai persentase minimum sebesar 84,8% dengan persentase rata-rata sebesar 88,2% yang menunjukkan bahwa sistem monitoring Silasilo Monitor masuk dalam kategori Baik Sekali (BS) dan layak digunakan.

#### 4. SIMPULAN

Penelitian ini telah berhasil mengembangkan sebuah sistem *controlling* pembuatan pakan ternak silase berbasis IoT yang efektif dan efisien sehingga peternak dapat mengambil tindakan teoat jika terjadi masalah. Sistem ini mampu memantau kondisi pembuatan silase dengan jarak jauh secara *real-time* menggunakan koneksi dengan jaringan *Wi-Fi* dan *Firebase*, seperti suhu, kelembapan, dan pH, serta memberikan notifikasi ketika terjadi kondisi yang tidak sesuai. Komponen hardware dan software mampu bekerja sesuai dengan yang diharapkan. Data dihasilkan oleh sensor cukup akurat dalam memantau proses pembuatan silase. Perlu dilakukan kalibrasi secara berkala untuk menjaga akurasi data. Dibutuhkan koneksi internet yang stabil untuk mengirimkan data ke cloud. Antarmuka web serta tampilan LCD mudah digunakan dan dipahami oleh pengguna. Penurunan tegangan dari aki motor menggunakan modul *stepdown* berhasil menjaga keandalan komponen. Selama 19 hari proses *controlling* hasil grade yang dihasilkan menunjukkan tingkat keberhasilan produksi silase yang masih rendah (Grade C). Pengujian yang dilakukan, baik itu functional testing, usability testing, maupun blackbox testing, menunjukkan bahwa sistem ini telah memenuhi persyaratan yang ditetapkan dan dapat digunakan dengan mudah oleh pengguna. Namun, peningkatan pada komposisi pakan dan optimasi sistem dapat dilakukan untuk mencapai hasil produksi silase yang lebih baik serta terdapat beberapa kendala teknis seperti ketidak stabilan sensor pH dan kerentanan sensor *DHT21* terhadap korosi, yang perlu mendapat perhatian lebih lanjut dalam pengembangan sistem ini di masa depan.

#### 5. SARAN

Pembacaan sensor pH tanah yang kurang stabil dipengaruhi oleh tekstur. Sehingga terlalu banyak membutuhkan kalibrasi dan tidak bisa dipakai oleh semua jenis bahan. Disarankan otak sistem tidak menggunakan jaringan internet *Wi-Fi* paralel karena tidak dapat difungsikan dan otak sistem tidak mengolah data sensor. Mikrokontroler membutuhkan komponen *stavolt* untuk menurunkan daya tegangan listrik menjadi 5V atau dapat menggunakan *ACCU* sebagai ganti energi listrik. Penggunaan sensor *DHT21* harus berhati-hati karena mudah terkena korosi. Keamanan komponen sensor *DHT21* ini masih kurang saat digunakan pada proses fermentasi. Dari beberapa kekurangan yang ada disarankan untuk lebih cermat dalam penggunaan komponen-komponennya. Sistem ini juga dapat dikembangkan lagi dengan berbasis Machine Learning.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] "pembuatan pakan ternak fermentasi silase untuk penentuan hpp".
- [2] J. Sahala, A. K. Sio, M. Banu, W. V. Feka, Y. Kolo, and A. I. Manalu, "Penyuluhan Pembuatan Silase Sebagai Pakan Ternak Sapi Potong Di Desa Fatuneno Kecamatan Miomaffo Barat Kabupaten Timor Tengah Utara," *Amaliah J. Pengabd. Kpd. Masy.*, vol. 6, no. 2, pp. 317–321, 2022.
- [3] R. Nurfuzianti, N. Lubis, D. Kimia, and F. Analisis, "REVIEW : PENGARUH PROSES FERMENTASI TERHADAP KANDUNGAN ASAM LAKTAT PADA MAKANAN FERMENTASI," vol. 10, no. 2, pp. 1–6, 2021.
- [4] I. Journal and C. Empowerment, "SWADAYA : Indonesian Journal of Community Empowerment," vol. 1, no. 1, pp. 48–54, 2019.
- [5] V. Issue, P. Z. Jati, and M. Zaki, "JUTIN : Jurnal Teknik Industri Terintegrasi Pemanfaatan Limbah Sayur Fermentasi Sebagai Alternatif Pakan Ternak di Tinjau Melalui Tekstur dan pH Pakan," vol. 6, no. 4, 2023.
- [6] H. Widjaja *et al.*, "Pemanfaatan Limbah Bonggol Jagung Menjadi Pakan Ternak (Silase) di Desa Sendangmulyo, Kecamatan Bulu, Kabupaten Rembang," *J. Pus. Inov. Masy.*, vol. 4, no. 1, pp. 26–31, 2022, doi: 10.29244/pim.4.1.26-31.
- [7] S. Al-Fajri, "MSI Transaction on Education Rancang Bangun Alat Pengering Ikan dengan Memonitoring Suhu dan Kelembapan Berbasis Internet of Things (IoT)," vol. 3, no. 2, pp. 65–78, 2022, [Online]. Available: <https://msirp.org/journal/index.php/mtd/article/view/85/59>
- [8] J. E. Candra and H. Syafrianto, "Prototipe Pengontrolan Suhu Otomatis Pada Inkubator Penetas Telur Menggunakan Arduino Uno," *J. Desain Dan Anal. Teknol.*, vol. 1, no. 1, pp. 51–58, 2022, doi: 10.58520/jddat.v1i1.20.
- [9] M. Y. Ihza, M. G. Rohman, and A. A. Bettaliyah, "Perancangan Sistem Controller Lighting and Air Conditioner Di Unisla Dengan Konsep Internet of Things (Iot) Berbasis Web," *Gener. J.*, vol. 6, no. 1, pp. 37–44, 2022, doi: 10.29407/gj.v6i1.16295.
- [10] J. Tiram and M. Esp, "Sistem Monitoring Suhu Dan Kelembapan Pada Budidaya," pp. 20–26, 1945.
- [11] B. Suemdi, "Kontribusi Penerapan Metode Pembelajaran Dan Aktivitas Belajar Terhadap Hasil Belajar Fikih Siswa Madrasah Tsanawiyah Negeri Tanah Jawa Kabupaten Simalungun," *ANSIRU PAI Pengemb. Profesi Guru Pendidik. Agama Islam*, vol. 3, no. 1, p. 140, 2019, doi: 10.30821/ansiru.v3i1.5487.
- [12] W. A. H. M, J. L. B. Christian, and L. Kristofel, "Kajian dan Implementasi Real Time Operating System pada Single Board Computer Berbasis Arm," *ComTech Comput. Math. Eng. Appl.*, vol. 5, no. 1, p. 91, 2014, doi: 10.21512/comtech.v5i1.2591.
- [13] P. S. Informatika, P. Informasi, R. Time, and A. Mobile, "Pengiriman Informasi Real Time Menggunakan Teknologi

- Database Firebase pada Aplikasi Mobile Android,” vol. 21, no. 2, pp. 46–55, 2023.
- [14] T. Menora, C. H. Primasari, Y. P. Wibisono, T. A. P. Sidhi, D. B. Setyohadi, and M. Cininta, “Implementasi Pengujian Alpha dan Beta Testing Pada Aplikasi Gamelan Virtual Reality,” *KONSTELASI Konvergensi Teknol. dan Sist. Inf.*, vol. 3, no. 1, pp. 48–60, 2023, doi: 10.24002/konstelasi.v3i1.6625.
- [15] Y. Nurhadryani, S. K. Sianturi, I. Hermadi, and H. Khotimah, “Pengujian Usability untuk Meningkatkan Antarmuka Aplikasi Mobile,” *J. Ilmu Komput. dan Agri-Informatika*, vol. 2, no. 2, p. 83, 2013, doi: 10.29244/jika.2.2.83-93.
- [16] W. N. Cholifah, Y. Yulianingsih, and S. M. Sagita, “Pengujian Black Box Testing pada Aplikasi Action & Strategy Berbasis Android dengan Teknologi Phonegap,” *STRING (Satuan Tulisan Ris. dan Inov. Teknol.*, vol. 3, no. 2, p. 206, 2018, doi: 10.30998/string.v3i2.3048.