

**RANCANG BANGUN ALAT MONITORING
FERMENTASI PAKAN AYAM BERBASIS IoT DENGAN
METODE FUZZY LOGIC**

Tugas Akhir

diajukan untuk memenuhi salah satu syarat

memperoleh gelar sarjana

dari Program Studi Teknologi Informasi (Kampus Kota Surabaya)

Fakultas Informatika

Universitas Telkom

1202202016

Boby Septiananda Raja Munthe



**Program Studi Sarjana Teknologi Informasi (Kampus Kota
Surabaya)**

Fakultas Informatika

Universitas Telkom

Surabaya

2024

LEMBAR PENGESAHAN

**RANCANG BANGUN ALAT MONITORING FERMENTASI PAKAN AYAM
BERBASIS IoT DENGAN METODE FUZZY LOGIC**

**DESIGN OF IOT-BASED CHICKEN FEED FERMENTATION MONITORING
TOOL WITH FUZZY LOGIC METHOD**

NIM : 1202202016

Boby Septiananda Raja Munthe

Tugas akhir ini telah diterima dan disahkan untuk memenuhi sebagian syarat memperoleh gelar pada Program Studi Sarjana Teknologi Informasi (Kampus Kota Surabaya)

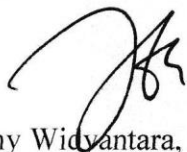
Fakultas Informatika

Universitas Telkom

Surabaya, 12 Agustus 2024

Menyetujui

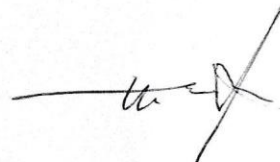
Pembimbing I,



Dr. Helmy Widyantara, S.Kom., M.Eng.

NIP. 19790001

Pembimbing II,



Muhammad Adib Kamali, S.T., M.Eng.

NIP. 22970007

Ketua Program Studi
Sarjana Teknologi Informasi,



Bernadus Anggo Seno Aji, S.Kom., M.Kom.

NIP: 23929009

LEMBAR PERNYATAAN

Dengan ini saya, Bobby Septiananda Raja Munthe, menyatakan sesungguhnya bahwa Tugas Akhir saya dengan judul Rancang Bangun Alat Monitoring Fermentasi Pakan Ayam Berbasis IoT dengan Metode Fuzzy Logic beserta dengan seluruh isinya adalah merupakan hasil karya sendiri, dan saya tidak melakukan penjiplakan yang tidak sesuai dengan etika keilmuan yang berlaku dalam masyarakat keilmuan. Saya siap menanggung resiko/sanksi yang diberikan jika di kemudian hari ditemukan pelanggaran terhadap etika keilmuan dalam buku TA atau jika ada klaim dari pihak lain terhadap keaslian karya,

Surabaya, 12/08/2024

Yang Menyatakan



Bobby Septiananda Raja Munthe

RANCANG BANGUN ALAT MONITORING FERMENTASI PAKAN AYAM BERBASIS IoT DENGAN METODE FUZZY LOGIC

Boby Septiananda Raja Munthe¹, Helmy Widyantara², Muhammad Adib Kamali³

^{1,2,3}Fakultas Informatika, Universitas Telkom, Surabaya

¹bobyseptiananda@student.telkomuniversity.ac.id, ²helmywidyantara@telkomuniversity.ac.id,

³adibmkamali@telkomuniversity.ac.id

Abstrak

Fermentasi pakan ayam merupakan teknik penting pada industri peternakan ayam karena dapat mengoptimalkan pengawetan kandungan nutrisi pada pakan agar tahan lama. Pengawasan manual dalam proses fermentasi seringkali menghadapi kendala dalam memonitor suhu dan gas yang berfluktuasi, menyebabkan ketidakpastian yang dapat memengaruhi hasil fermentasi. Pengembangan alat ini bertujuan untuk meningkatkan efisiensi dan mengurangi kesulitan pada pemantauan proses fermentasi pakan ayam. Alat ini dilengkapi dengan sensor DHT11 untuk deteksi suhu, sensor MQ-135 untuk deteksi gas amonia, *waterpump* untuk menyemprot cairan fermentasi EM4, dan motor DC yang dilengkapi *mixer* untuk mengaduk pakan fermentasi. Data dari sensor diproses secara *real-time* menggunakan algoritma logika fuzzy metode mamdani untuk mengambil keputusan berdasarkan aturan fuzzy yang telah ditentukan. Pengujian dilakukan sebanyak 51 kali menunjukkan akurasi yang cukup akurat yaitu 99,43% untuk pompa dan 99,48% untuk *mixer*. Hasil utama dari pengujian menunjukkan bahwa alat ini dapat melakukan pemantauan melalui *smartphone* dan kontrol otomatis pada proses fermentasi sedang berlangsung. Setelah pengujian kemudian peneliti melakukan diseminasi ke Peternakan Ayam Jago Karah Farm Jambangan untuk meminta pendapat dari peternak ayam mengenai sistem dan alat yang telah dibangun. Hasil penelitian menunjukkan proses fermentasi berhasil dilakukan tanpa membuka penutup wadah untuk menambahkan cairan dan mengurangi kesalahan saat fermentasi.

Kata kunci : Fermentasi, Peternakan Ayam, Internet of Things, Fuzzy Logic, Amonia

Abstract

Chicken feed fermentation is a crucial technique in the poultry industry as it optimizes the preservation of nutritional content in feed, extending its shelf life. Manual supervision during the fermentation process often faces challenges in monitoring fluctuating temperature and gas levels, leading to uncertainties that can affect fermentation outcomes. This tool aims to enhance efficiency and reduce difficulties in monitoring the chicken feed fermentation process. It is equipped with a DHT11 sensor for temperature detection, an MQ-135 sensor for ammonia gas detection, a water pump for spraying EM4 fermentation liquid, and a DC motor with a mixer for stirring the fermenting feed. Sensor data is processed in real-time using a Mamdani fuzzy logic algorithm to make decisions based on predefined fuzzy rules. Testing, conducted 51 times, demonstrated high accuracy, with 99.43% accuracy for the pump and 99.48% for the mixer. The main result of the testing indicates that the tool can monitor via smartphone and provide automatic control during the fermentation process. Following testing, the researcher conducted dissemination at the Jago Karah Farm Jambangan poultry farm to gather feedback from poultry farmers on the developed system and tool. The results show that fermentation was successfully carried out without opening the container to add liquid, reducing errors during fermentation.

Keywords: Fermentation, Poultry Farming, Internet of Things, Fuzzy Logic, Ammonia

1. Pendahuluan

Latar Belakang

Industri peternakan ayam sedang menghadapi tantangan dalam memproduksi pakan ayam yang berkualitas tinggi yang sangat berperan dalam memenuhi kebutuhan protein hewani. Pakan ayam yang baik memiliki kandungan nutrisi yang seimbang dan harus disimpan untuk waktu yang lama. Teknik fermentasi merupakan salah satu metode yang efektif dalam memproduksi pakan ayam. Teknik fermentasi telah terbukti dapat meningkatkan kandungan nutrisi dalam pakan ayam dan memperpanjang masa penyimpanannya. Namun, proses fermentasi secara manual masih memiliki kendala dalam pengawasan dan pengendalian yang dapat memengaruhi hasil fermentasi. Pengawasan secara manual yang melibatkan pengaturan suhu dan gas pada pakan ayam fermentasi dapat menyebabkan fluktuasi yang signifikan dan ketidakpastian yang dapat berdampak negatif pada kualitas nutrisi hasil pakan ayam fermentasi.

Demi mengatasi kendala tersebut, maka diperlukan sebuah alat untuk memonitor fermentasi pakan ayam yang memanfaatkan teknologi *Internet of Things* (IoT) dan logika fuzzy. IoT memungkinkan penggunaan sensor suhu dan gas yang terhubung dengan sistem kontrol berbasis IoT. Data yang diterima oleh sensor secara *real-time* dapat diproses menggunakan algoritma fuzzy logic, yang menggunakan variabel linguistik dan aturan fuzzy untuk mengatasi ketidakpastian yang terjadi.

Penelitian sebelumnya oleh Anton Kuswoyo dan Mufrida Zein mengembangkan mesin otomatis untuk pembuatan pakan kambing fermentasi dan dilengkapi dengan pengatur putaran mixer yang dirancang secara otomatis. Pakan fermentasi yang digunakan pada penelitian tersebut dibuat dari rumput, dedaunan, limbah pertanian, ampas tahu, dan bekatul yang dicampurkan dengan cairan EM4 sebagai cairan fermentasinya [1]. Penelitian ini berbeda dengan mengintegrasikan teknologi IoT menggunakan mikrokontroler Wemos D1 R32 dan metode kontrol berbasis fuzzy untuk mengatur pompa cairan dan mixer secara otomatis. Ini menunjukkan peningkatan dalam teknik pemantauan dan kontrol proses fermentasi yang lebih baik dibandingkan dengan penelitian sebelumnya yang masih menggunakan metode manual dan memiliki keterbatasan dalam proses pemantauan proses fermentasi.

Alat monitoring fermentasi pakan ayam berbasis IoT yang diusulkan memberikan beberapa keunggulan. Pertama, dengan memantau suhu dan gas secara *real time*, alat ini memungkinkan peternak untuk mendapatkan informasi yang akurat tentang kondisi fermentasi. Hal ini memungkinkan pengambilan tindakan yang tepat waktu untuk menjaga kualitas pakan ayam. Kedua, dengan menggunakan metode *fuzzy logic*, alat ini dapat mengontrol secara otomatis suhu, gas, dan keasaman pakan sesuai dengan parameter yang diinginkan. Penelitian ini diharapkan dapat meningkatkan efisiensi produksi pakan ayam fermentasi dengan mengurangi kesalahan yang disebabkan oleh *human error*.

Topik dan Batasannya

Berdasarkan topik pada latar belakang, ditetapkan sebuah rumusan masalah yaitu bagaimana merancang alat monitoring fermentasi pakan ayam berbasis IoT menggunakan metode *fuzzy logic* untuk meningkatkan efisiensi produksi pakan ayam dan mengurangi kesalahan yang disebabkan oleh *human error*.

Agar pembahasan pada penelitian ini tidak terlalu meluas, maka penulis menetapkan 4 batasan masalah. Pertama, penelitian ini hanya berfokus untuk mengembangkan alat monitoring fermentasi pakan ayam berbasis IoT dengan metode *fuzzy logic*. Kedua, cakupan hewan ternak yang diambil sebagai objek penelitian hanya ayam saja. Ketiga, alat sensor yang digunakan dalam penelitian hanya sensor suhu dan gas. Keempat, penelitian ini tidak membahas tentang analisis kelayakan biaya produksi alat monitoring fermentasi pakan ayam berbasis IoT. Penelitian ini hanya berfokus pada pengembangan teknologi alat fermentasi pakan ayam.

Tujuan

Tujuan dilakukannya penelitian ini adalah merancang dan membangun alat *monitoring* fermentasi pakan ayam berbasis IoT demi meningkatkan efisiensi produksi pakan ayam dan menanggulangi kesulitan yang dihadapi oleh peternak dalam membuat pakan ayam yang berkualitas.

Berdasarkan tujuan tersebut, penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat kepada peternak dalam meningkatkan efisiensi pada produksi pakan ayam, proses *monitoring* dan respons yang lebih cepat oleh peternak, dan dapat berkontribusi dalam mengembangkan industri peternakan ayam menjadi lebih efisien.

2. Studi Terkait

2.1 Penelitian Terdahulu

Ada beberapa penelitian yang digunakan sebagai referensi untuk menyelesaikan tugas akhir ini, namun terdapat perbedaan dengan penelitian ini. Penelitian ini berfokus pada pembuatan alat monitoring fermentasi pakan ayam berbasis IoT dengan menggunakan metode fuzzy logic.

Penelitian pertama dilakukan oleh Anton Kuswoyo dan Mufrida Zein dengan judul “Rancang Bangun Mesin Pembuat Pakan Kambing Fermentasi (I-Gita)”. Hasil yang didapatkan adalah terciptanya alat fermentasi pakan kambing yang memiliki beberapa keunggulan yaitu mesin ini merupakan mesin *portable* (memiliki dimensi yang proporsional serta mudah dipindahkan), praktis karena cara pengoperasiannya sangat mudah dan dilengkapi dengan sistem otomatis, ekonomis karena bahan baku yang digunakan dalam pembuatan alat ini menggunakan drum bekas, serta memiliki potensi untuk diproduksi secara massal [1].

Penelitian kedua dilakukan oleh M. A. Tifani, S. Kumalaningih, dan A. F. Mulyadidengan judul “Produksi Bahan Pakan Ternak Dari Ampas Tahu Dengan Fermentasi Menggunakan Em4 (Kajian Ph Awal Dan Lama Waktu Fermentasi)”. Dari penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa pH awal dan lama waktu fermentasi mempengaruhi kadar serat, protein, air, dan rendemen bahan pakan ternak. Kombinasi perlakuan terbaik adalah pH awal 6 dan lama waktu fermentasi 12 jam. Perlakuan untuk kadar serat kasar dan kadar air telah memenuhi standar SNI, namun perlakuan untuk kadar protein belum memenuhi standar yang ditetapkan oleh SNI [2].

Penelitian ketiga dilakukan oleh Nurul Isnainin, Miftachul, dan Koko Joni dengan judul “Rancang Bangun Indikator Berat, Temperatur, dan Kadar Alkohol pada Proses Fermentasi Singkong (Tape) dengan Metode Fuzzy berbasis Microcontroller Atmega 16”. Hasil penelitian menunjukkan jumlah ragi optimal pada singkong fermentasi adalah 4 gram per kilogram. Sistem yang dirancang dalam penelitian ini memiliki efisiensi 58.29% lebih tinggi dibandingkan metode fermentasi manual [3].

Penelitian keempat dilakukan oleh M. A. Nugroho dan M. Rivai dengan judul “Sistem Kontrol dan Monitoring Kadar Amonia untuk Budidaya Ikan yang Diimplementasi pada Raspberry Pi 3B”. Hasil pengujian sistem ini menunjukkan bahwa sistem berfungsi dengan baik baik dalam mode otomatis maupun manual. Pengukuran data sensor pH menunjukkan rata-rata kesalahan sebesar 1,88%. Kontrol manual aplikasi terhadap status aerator dan filter air mengalami delay sekitar 10 detik. Monitoring sistem, yang juga memiliki delay sekitar 10 detik, dapat dilakukan melalui aplikasi smartphone, memungkinkan pengguna untuk mendapatkan informasi jika terjadi peningkatan kadar pH dan amonia yang dapat membahayakan ikan. [4].

Penelitian kelima dilakukan oleh Candra Skad dan Reza Nandika dengan judul “Perancangan Alat Pakan Ikan Berbasis *Internet of Things* (IoT)”. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa Alat Pakan Ikan Berbasis *Internet of Things* (IoT) dapat dikendalikan dan dipantau dari jarak jauh serta beroperasi secara otomatis dengan menggunakan metode penjadwalan pada aplikasi Blynk [5].

2.2 Dasar Teori

2.2.1 Fermentasi

Fermentasi pakan adalah metode pengolahan bahan pakan secara biologis yang melibatkan aktivitas mikroorganisme untuk meningkatkan nilai nutrisi dari bahan pakan berkualitas rendah menjadi bahan pakan dengan kualitas nutrisi yang lebih tinggi. Proses fermentasi menyebabkan perubahan kimia pada senyawa organik seperti karbohidrat, lemak, protein, serat kasar, dan bahan organik lainnya, baik dalam kondisi aerob maupun anaerob, melalui aksi enzim yang dihasilkan selama fermentasi [6].

2.2.2 *Internet of Things*

IoT (*Internet of Things*) adalah konsep yang bertujuan untuk memaksimalkan manfaat dari konektivitas internet yang terus menerus. Cara kerja IoT melibatkan interaksi otomatis antara mesin-mesin yang terhubung tanpa memerlukan intervensi pengguna, meskipun mesin-mesin tersebut berada pada jarak yang berbeda [5].

2.2.3 Wemos D1 R32

Wemos D1 R32 adalah mikrokontroler dari ESP32 yang dilengkapi dengan WiFi. Papan ini menggunakan inti ESP32 dengan dual core 32-bit Xtensa LX6, masing-masing beroperasi pada kecepatan hingga 240 MHz. Selain itu, Wemos D1 R32 mendukung WiFi dual-band 802.11n / 802.11ac dan Bluetooth 4.2/5.0 BLE. Ukurannya sama dengan Arduino Uno R3, yaitu 6,8x5,3 cm, dan dapat menerima tegangan input dari 5V hingga 12V [7].

2.2.4 Modul Relay

Relay adalah saklar yang dioperasikan secara elektrik dan merupakan komponen elektromekanis yang terdiri dari dua bagian utama yaitu elektromagnet dan mekanis. Relay bekerja berdasarkan prinsip elektromagnetik untuk menggerakkan kontak saklar, memungkinkan arus listrik dengan daya rendah untuk mengendalikan listrik dengan tegangan lebih tinggi. Sebagai contoh, relay 5V dan 50 mA dapat menggerakkan armature relay untuk mengendalikan listrik 220V 2A. Modul relay 2 channel 5V, dengan dua output channel, dapat digunakan sebagai saklar elektronik untuk mengendalikan perangkat listrik yang memerlukan tegangan dan arus tinggi. [8]. Pada penelitian ini, relay *dual channel* dihubungkan ke *waterpump* dan Motor DC (mixer).

2.2.5 Blynk

Blynk adalah layanan server yang mendukung proyek *Internet of Things* (IoT) dengan menyediakan dashboard digital berbasis antarmuka grafis. Dalam Blynk, penambahan komponen dilakukan dengan cara Drag and Drop, sehingga memudahkan penambahan komponen input/output tanpa memerlukan keterampilan pemrograman Android atau iOS. Blynk dirancang untuk kontrol dan pemantauan perangkat keras secara jarak jauh melalui internet. Kemampuan Blynk untuk menyimpan dan menampilkan data secara visual, baik melalui angka, warna, maupun grafik, membuat pembuatan proyek IoT menjadi lebih mudah [5].

2.2.6 Sensor DHT11

Sensor DHT11 adalah modul yang digunakan untuk mendeteksi suhu dan kelembapan. Sensor ini menghasilkan output digital yang dapat diproses lebih lanjut oleh mikrokontroler [3].

2.2.7 Sensor MQ-135

Sensor MQ-135 berfungsi untuk mendeteksi keberadaan gas amonia. Sensor ini terdiri dari tabung aluminium yang dikelilingi oleh silikon, dengan elektroda berbahan aurum di tengahnya yang mengandung elemen pemanas. Selama proses pemanasan, kumparan memanaskan keramik SnO₂ hingga menjadi semikonduktor, yang kemudian melepaskan elektron. Ketika amonia terdeteksi dan mencapai elektroda aurum, sensor MQ-135 akan menghasilkan output tegangan analog [4].

2.2.8 Motor DC

Motor DC adalah salah satu jenis motor yang masih banyak digunakan saat ini dan sangat membantu dalam berbagai aplikasi industri [9]. Motor DC juga dapat disebut sebagai mesin yang mengubah energi listrik menjadi energi mekanik [10]. Pada penelitian ini, Motor DC digunakan untuk mengaduk pakan fermentasi yang sedang diproses.

2.2.9 *Waterpump*

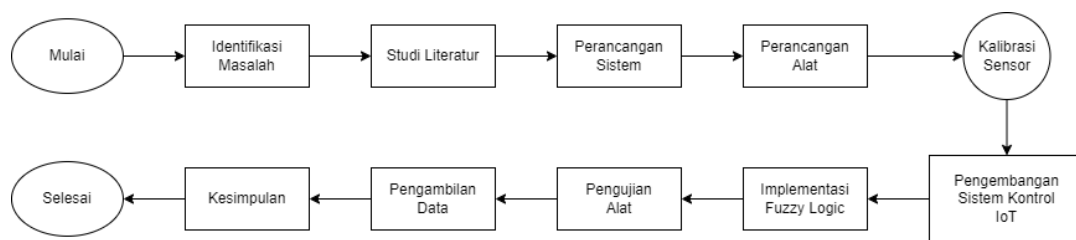
Waterpump atau pompa air adalah perangkat yang memindahkan air dari area bertekanan rendah ke area bertekanan lebih tinggi. Secara prinsip, *waterpump* serupa dengan motor DC biasa, namun telah dirancang khusus sehingga dapat beroperasi di dalam air [8]. Dalam penelitian ini, *waterpump* dipakai untuk menambahkan cairan fermentasi ke pakan fermentasi yang sedang diproses.

2.2.10 *Fuzzy Logic*

Logika fuzzy adalah cabang matematika yang relatif baru dan memiliki konsep yang sederhana. Dasar dari logika fuzzy adalah teori himpunan fuzzy, di mana derajat keanggotaan memainkan peran penting dalam menentukan keberadaan elemen dalam suatu himpunan. Nilai atau derajat keanggotaan (*membership function*) adalah ciri utama dalam penalaran menggunakan logika fuzzy [11]. Metode Fuzzy Mamdani merupakan salah satu teknik dalam logika fuzzy yang digunakan untuk pengambilan keputusan atau pembuatan sistem pendukung keputusan dengan berdasarkan pada data atau informasi yang tidak pasti atau tidak akurat [12].

3. Sistem yang Dibangun

3.1 Prosedur Penelitian



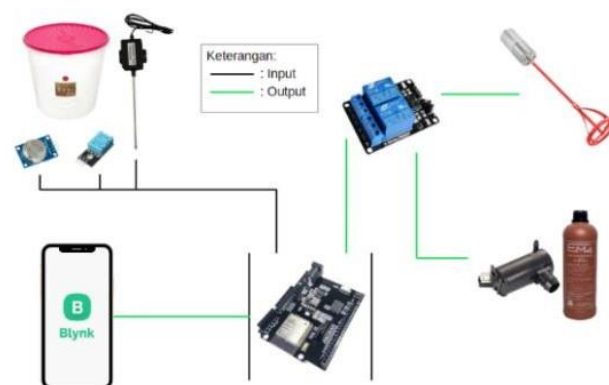
Gambar 3. 1 Prosedur Penelitian

Pada Gambar 3.1 dapat dilihat bahwa penelitian ini melewati beberapa tahapan prosedur yang mencakup identifikasi masalah, studi literatur, perancangan sistem, perancangan alat, pengembangan sistem IoT beserta implementasi *fuzzy logic*. Lalu dilanjutkan dengan pengujian alat dan pengambilan data.

3.2 Perancangan Sistem

3.2.1 Desain Sistem

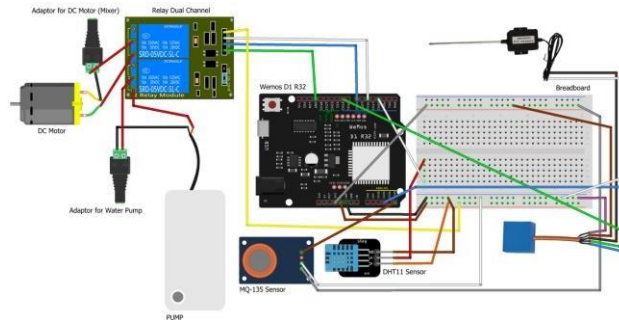
Sistem yang dirancang adalah sebuah sistem penyiram dan pengaduk pakan fermentasi otomatis berbasis IoT dengan menggunakan logika fuzzy yang ditampilkan melalui aplikasi Blynk pada *smartphone*. Sistem ini bertujuan untuk membuat proses fermentasi pakan ayam menjadi lebih efektif. Desain sistem lebih lengkapnya bisa dilihat pada Gambar 3. 2.



Gambar 3. 2 Desain Sistem

3.3 Perancangan Prototype

Setelah membuat rancangan desain sistem, selanjutnya dilakukan perancangan *prototype*. Perancangan *prototype* dilakukan untuk menghindari kesalahan yang tidak diperlukan saat merakit *prototype*. Untuk lebih lengkapnya bisa dilihat pada Gambar 3. 3.



Gambar 3. 3 Perancangan Prototype

3.3.1 Kalibrasi Sensor Gas

Untuk mengonversi nilai yang dibaca oleh sensor menjadi nilai dalam ppm (satuan gas amonia), kita perlu merujuk pada grafik R_s/R_o terhadap ppm yang terdapat dalam *datasheet* MQ-135 untuk sensor gas amonia. Untuk menentukan nilai R_s/R_o , kita harus mengetahui nilai R_s dan R_o . R_s merupakan resistansi sensor saat mendeteksi konsentrasi gas dan R_o merupakan resistansi sensor di udara bersih. Nilai V_c adalah tegangan input untuk sensor MQ-135, dan nilai tahanan R_L ditetapkan sebesar 1K. Nilai R_s/R_o , juga dikenal sebagai rasio, adalah 7,0 di udara bersih. Nilai V_{RL} merupakan nilai tegangan pada tahanan R_L . Nilai rasio dapat dihitung menggunakan rumus berikut:

$$Rasio = \frac{R_s}{7,0}$$

Untuk menghitung R_s , kita memerlukan rumus berikut:

$$R_s = \left(\frac{V_c}{V_{RL}} - 1 \right) \times R_L$$

Dapat dilihat pada rumus bahwa R_s adalah tahanan sensor, V_c adalah tegangan yang masuk ke sensor, dan R_L adalah tahanan beban pada rangkaian, V_{RL} merupakan tegangan output dari rangkaian [13].

3.4 Antarmuka Blynk

Data suhu dan gas amonia pada proses fermentasi yang sedang berjalan ditampilkan pada aplikasi Blynk dan ditampilkan secara *real time*. Desain tampilan Blynk bisa dilihat pada Gambar 3. 4.



Gambar 3. 4 Antarmuka Blynk

3.5 Implementasi Fuzzy

Metode Fuzzy Mamdani dipakai untuk mendeteksi perubahan pada suhu pada proses fermentasi yang sedang berlangsung dan merespons sesuai dengan *rule* fuzzy yang telah ditentukan. *Rule* fuzzy ditentukan berdasarkan data awal yang telah diambil sebelumnya. *Rule* fuzzy yang telah ditentukan bisa dilihat pada tabel 3. 1. Untuk gambar variabel *input* dan *output* fuzzy bisa dilihat pada lampiran 1.

Tabel 3. 1 Rule Base Fuzzy

INPUT		OUTPUT	
Suhu	Gas	Pompa	Mixer
Rendah	Rendah	Banyak Sekali	High
Rendah	Normal	Banyak	Low
Rendah	Tinggi	Banyak	High
Sedang	Rendah	Sedang	Low
Sedang	Normal	Sedikit	Low
Sedang	Tinggi	Sedikit	High
Tinggi	Rendah	Sedikit	Low
Tinggi	Normal	Sedikit	Low
Tinggi	Tinggi	Sedikit	Low

3.5.1 Fungsi Keanggotaan untuk Input Suhu dan Gas

Tabel 3. 2 Fungsi Keanggotaan Suhu dan Gas

SUHU		GAS	
Rendah	<27 °C	Rendah	<300 PPM
Normal	27-33 °C	Normal	300-600 PPM
Tinggi	>33 °C	Tinggi	>600 PPM

3.5.2 Fungsi Keanggotaan untuk Output Pompa dan Mixer

Tabel 3. 3 Fungsi Keanggotaan Pompa dan Mixer

POMPA			MIXER	
Sedikit	3 detik	30ml	Low	30 detik
Sedang	6 detik	60ml	High	60 detik
Banyak	9 detik	90ml		
Banyak Sekali	12 detik	120ml		

4. Hasil dan Pembahasan

4.1 Pengambilan Data Awal

Sebelum dilakukan pengujian, dilakukan pengambilan data untuk membuat rules pada fuzzy yang digunakan. Data yang diambil yaitu berupa data Suhu dan Gas Amonia menggunakan sensor DHT11 dan MQ-135. Hasil pengambilan data awal dari sensor dapat dilihat pada lampiran 2.

4.2 Implementasi Hardware

Implementasi *hardware* meliputi penggabungan seluruh komponen perangkat keras yang digunakan pada penelitian, kemudian seluruh komponen disatukan kedalam sebuah box. Komponen perangkat keras pada box antara lain Wemos D1 R23 ESP32, Relay 5V Dual Channel, Breadboard, dan Data Measurement System (DMS). Adapun perangkat keras yang terdapat di luar box terdiri dari sensor DHT11, MQ-135, Pompa, dan Motor DC yang dilengkapi dengan Mixer. Implementasinya bisa dilihat pada lampiran 3.

4.4 Analisis Hasil Pengujian

4.4.1 Nilai Sensor Suhu

Tabel 4. 1 Data sensor suhu DHT11 selama percobaan

Percobaan ke-	Suhu (°C)	Rata-rata
Percobaan ke-1	28,20	30,62
Percobaan ke-2	29,20	
Percobaan ke-3	29,20	
...	...	
Percobaan ke-49	31,80	
Percobaan ke-50	32,30	
Percobaan ke-51	32,80	

Pada Tabel 4. 1 dapat dilihat pengambilan data menggunakan sensor suhu dilakukan sebanyak 51 kali selama 3 hari, tercatat bahwa rata-rata nilai sensor suhu berada pada angka 30,62. Nilai suhu terendah tercatat di angka 27,60 dan tertinggi tercatat di angka 34,20.

4.4.2 Nilai Sensor Gas (PPM)

Tabel 4. 2 Data sensor gas amonia MQ-135 selama percobaan

Percobaan ke-	Gas (PPM)	Rata-rata
Percobaan ke-1	192,62	561,97
Percobaan ke-2	204,56	
Percobaan ke-3	374,78	
...	...	
Percobaan ke-49	657,82	
Percobaan ke-50	682,43	
Percobaan ke-51	671,93	

Dapat dilihat pada Tabel 4. 2, pengambilan data dengan sensor gas MQ-135 dilakukan sebanyak 51 kali selama 3 hari, tercatat bahwa rata-rata nilai sensor gas berada pada angka 561,97. Nilai gas amonia terendah tercatat di angka 192,62 dan tertinggi tercatat di angka 734,88.

4.4.3 Perbandingan Kondisi Pompa dan Mixer dengan MATLAB

Pada pengujian sistem dengan MATLAB, penguji menetapkan set fuzzy, parameter, dan derajat keanggotaan menggunakan MATLAB. Kemudian, *rule-base* fuzzy digunakan sebagai acuan untuk output pompa dan mixer. Selanjutnya, dilakukan pengujian untuk menilai kesesuaian output sistem dengan aturan *rule-base* dari MATLAB. Pengujian logika fuzzy ini dilakukan dengan membandingkan nilai akurasi output dari Wemos D1 R23 dengan output dari MATLAB menggunakan 51 sampel data. Hasil perbandingan bisa dilihat pada tabel 4. 3 dan 4. 4 dan selengkapnya di lampiran 4.

Tabel 4. 3 Perbandingan kondisi pompa dengan MATLAB

Percobaan ke-	Suhu (°C)	Gas (PPM)	Durasi Pompa (MATLAB)	Durasi Pompa	Galat Error (Nilai Manual - MATLAB)
Percobaan ke-1	28.20	192.62	4.50	4.50	0.00
Percobaan ke-2	29.20	204.56	4.40	4.40	0.00
Percobaan ke-3	29.20	374.78	1.52	1.50	0.02
...
Percobaan ke-49	31.80	657.82	1.69	1.69	0.00
Percobaan ke-50	32.30	682.43	1.59	1.58	0.01
Percobaan ke-51	32.80	671.93	1.63	1.63	0.00
Akurasi					99.43%

Tabel 4. 4 Perbandingan kondisi mixer dan MATLAB

Percobaan ke-	Suhu (°C)	Gas (PPM NH3)	Durasi Mixer (MATLAB)	Durasi Mixer	Galat Error (Nilai Manual - Matlab)
Percobaan ke-1	28.20	192.62	15,4	15,56	1.039
Percobaan ke-2	29.20	204.56	15,6	15,56	0.256
Percobaan ke-3	29.20	374.78	15,4	15,4	0.000
...
Percobaan ke-49	31.80	657.82	32,2	32,1	0.312
Percobaan ke-50	32.30	682.43	40	39,6	1.010
Percobaan ke-51	32.80	671.93	36,4	36,3	0.275
Akurasi					99.48%

Dari hasil data yang telah diambil dapat dilihat perbandingan kondisi pompa dengan MATLAB didapatkan akurasi sebesar 99.43% dengan rata-rata galat *error* sebesar 0.57% dan pada *mixer* didapatkan akurasi sebesar 99.48% dengan rata-rata galat *error* sebesar 0.52%. Ini menunjukkan bahwa hasil yang diperoleh dari sistem sangat akurat dan hampir sama dengan hasil yang diperoleh dari MATLAB.

4.4.4 Pengujian Delay

Saat melakukan pengujian pada sistem, penguji juga melakukan pengujian untuk menghitung *delay* atau *latency* ketika proses pengiriman data dari sensor menuju antarmuka Blynk begitu juga pada saat pompa dan *mixer* hidup. *Delay* atau *latency* dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti koneksi jaringan, kinerja perangkat, maupunkondisi lingkungan. Hasil uji coba bisa dilihat pada tabel 4. 5 dan 4. 6.

Tabel 4. 5 Percobaan *delay* pada proses pengiriman data sensor

Percobaan ke-	Delay
Percobaan - 1	3 detik
Percobaan - 2	2 detik
Percobaan - 3	3 detik
Percobaan - 4	3 detik
Percobaan - 5	3 detik

Tabel 4. 6 Percobaan *delay* pada pompa dan mixer

Percobaan ke-	Delay
Percobaan - 1	2 detik
Percobaan - 2	4 detik
Percobaan - 3	2 detik
Percobaan - 4	7 detik
Percobaan - 5	5 detik

4.4.5 Diseminasi Hasil Penelitian

Setelah pengujian selesai dilakukan, selanjutnya peneliti melakukan diseminasi pada hasil penelitian dengan berkunjung ke peternakan Jago Karah Farm Jambangan. Diseminasi dilakukan untuk meminta beberapa pendapat dari peternak ayam mengenai alat dan sistem yang telah dibuat [14]. Setelah melakukan penjelasan alat, selanjutnya dilakukan presentasi alat dan ditutup dengan menanyakan beberapa pertanyaan kepada para peternak sesuai dengan kebutuhan dari penelitian. Dokumentasi dan tabel pertanyaan dapat dilihat pada lampiran 5.

5. Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian, sistem fermentasi berbasis IoT yang diimplementasikan berhasil merancang dan mengembangkan alat monitoring fermentasi pakan ayam berbasis *Internet of Things* (IoT) menggunakan logika fuzzy untuk meningkatkan efisiensi produksi pakan ayam dan mengurangi kesalahan yang disebabkan oleh human error. Alat ini dilengkapi dengan sensor DHT11 untuk deteksi suhu dan MQ-135 untuk deteksi gas amonia, serta pompa dan motor DC yang dilengkapi mixer untuk mengaduk pakan fermentasi. Data sensor diproses secara *real-time*, memungkinkan kontrol otomatis dan pemantauan jarak jauh melalui aplikasi Blynk. Hasil utama dari pengujian sistem ini menunjukkan bahwa alat ini dapat melakukan pemantauan melalui aplikasi Blynk pada *smartphone* dan kontrol otomatis pada proses fermentasi sedang berlangsung. Hasil pengujian dengan menggunakan metode fuzzy Mamdani sebanyak 51 kali menunjukkan akurasi yang cukup tinggi yaitu 99,43% untuk pompa dan 99,48% untuk mixer. Hasil penelitian menunjukkan bahwa proses fermentasi dapat dilaksanakan dengan baik tanpa membuka penutup wadah untuk menambahkan cairan, sehingga dapat meningkatkan efisiensi produksi pakan ayam dan mengurangi kesalahan yang disebabkan oleh *human error*. Dengan demikian, alat monitoring fermentasi pakan ayam berbasis IoT ini berhasil menanggulangi kesulitan yang dihadapi oleh peternak dalam membuat pakan ayam yang berkualitas.

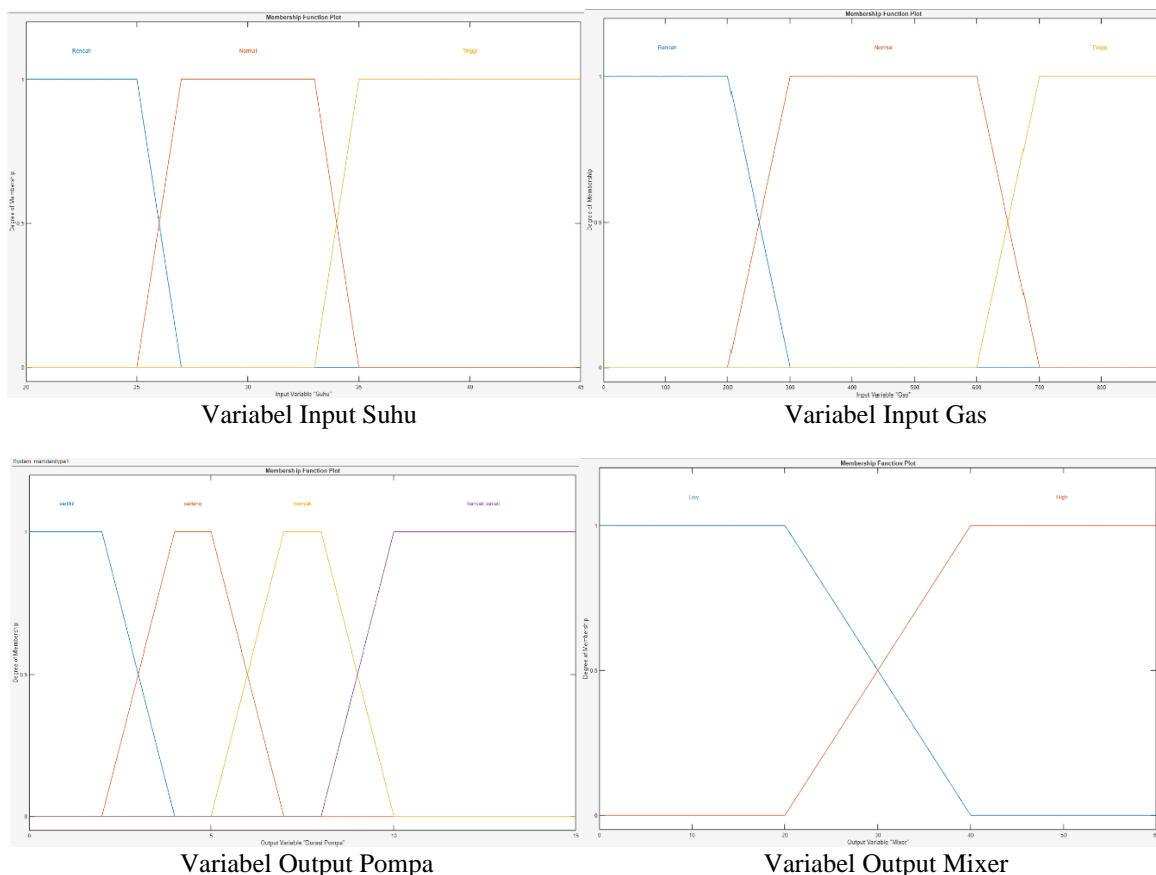
Menurut hasil penelitian, pada penelitian selanjutnya disarankan untuk mencoba menambahkan parameter kelembapan kedalam penelitian. Dikarenakan pada saat penelitian ditemukan bahwa faktor kelembapan juga berpengaruh dan dapat berfluktuasi secara signifikan mengikuti suhu pada proses fermentasi.

Daftar Pustaka

- [1] A. Kuswoyo, M. Zein, S. Pengajar, P. Negeri, and T. Laut, "Rancang Bangun Mesin Pembuat Pakan Kambing Fermentasi (I-Gita) | 125 Jurnal Elemen," vol. 4, 2017.
- [2] M. Anjang Tifani, S. Kumalaningsih, and A. F. Mulyadi, "Feed Materials Production of Soybean curd Waste With Fermented Using EM4 (pH Initial and Fermentation Time Study)."
- [3] N. Isnainin, M. Ulum, and K. Joni, "Rancang Bangun Indikator Berat, Temperatur Dan Kadar Alkohol Pada Proses Fermentasi Singkong (Tape) Dengan Metode Fuzzy Berbasis Microcontroller Atmega 16," *Jeecom*, vol. 2, no. 1, 2020.
- [4] M. A. Nugroho and M. Rivai, "Sistem Kontrol dan Monitoring Kadar Amonia untuk Budidaya Ikan yang Diimplementasi pada Raspberry Pi 3B," *Jurnal Teknik ITS*, vol. 7, no. 2, 2019, doi: 10.12962/j23373539.v7i2.30920.
- [5] C. Skad and R. Nandika, "Perancangan Alat Pakan Ikan Berbasis Internet Of Thing (Iot)," *Sigma Teknika*, vol. 3, no. 2, 2020, doi: 10.33373/sigma.v3i2.2744.
- [6] Emy Saelan, Sri Utami, and Sulasmi, "Pelatihan Fermentasi Dedak Padi Menggunakan Em4 Untuk Pakan Ayam Kampung," *J-Abdi: Jurnal Pengabdian kepada Masyarakat*, vol. 2, no. 2, 2022, doi: 10.53625/jabdi.v2i2.2661.
- [7] F. H. Mustianto, Asni Tafrikhatin, and Ajeng Tiara Wulandari, "Rancang Bangun Pengatur Suhu Kandang Ayam Otomatis Menggunakan Sensor DHT22 Berbasis Wemos D1 R32 Dengan Keluaran Berupa LCD dan Notifikasi Telegram," *Jasatec : Journal of Students of Automotive, Electronic and Computer*, vol. 2, no. 1, 2023, doi: 10.37339/jasatec.v2i1.1237.
- [8] A. Saputra, Y. Hasan, N. Alfarizal, T. Mekatronika, J. Teknik, and E.-P. N. Sriwijaya, "Sistem Kontrol Fuzzy Logic Alat Penyiraman Otomatis Pada Tanaman Tomat Dan Kaktus", doi: 10.5281/zenodo.8183234.
- [9] D. T. Arif and A. Aswardi, "Kendali Kecepatan Motor DC Penguat Terpisah Berbeban Berbasis Arduino," *Jtev (Jurnal Teknik Elektro dan Vokasional)*, vol. 6, no. 2, 2020, doi: 10.24036/jtev.v6i2.108395.
- [10] S. Saprianto, A. Atmam, and H. Yuwendius, "Analisis Arus Start Dan Torka Motor DC Shunt Saat Berbeban," *Jurnal Teknik*, vol. 16, no. 1, 2022, doi: 10.31849/teknik.v16i1.6229.
- [11] D. Putri and P. Astuti, "Penerapan Metode Fuzzy Tsukamoto Dan Fuzzy Sugeno Dalam Penentuan Harga Jual Sepeda Motor," *Unnes Journal of Mathematics*, vol. 9, no. 2, 2020, [Online]. Available: <http://journal.unnes.ac.id/sju/index.php/ujm>
- [12] M. A. Triwinanto, B. I. Nugroho, and G. Gunawan, "Penerapan Fuzzy Mamdani Untuk Sistem Pendukung Keputusan Pemilihan Telepon Seluler," *E-Link: Jurnal Teknik Elektro dan Informatika*, vol. 18, no. 2, 2023, doi: 10.30587/e-link.v18i2.5893.
- [13] D. Kurnianto, K. N. Testy, and P. Yuliantoro, "Sistem Monitoring Kualitas Udara Berbasis Komunikasi LoRa di IT Telkom Purwokerto," *Dinamika Rekayasa*, vol. 18, no. 1, 2022, doi: 10.20884/1.dr.2022.18.1.520.
- [14] Susan C. Labatar, Dicky Ervandy Pata, Nani Zurahmah, and Bangkit Lutfiaji Syaefullah, "Analisis Pendapatan Usaha Peternakan Ayam Broiler di Distrik Prafi Kabupaten Manokwari Provinsi Papua Barat," *Journal of Sustainable Agriculture Extension*, vol. 1, no. 1, 2023, doi: 10.47687/josae.v1i1.459.

Lampiran

Lampiran 1. Variabel Input dan Output Fuzzy Mamdani



Lampiran 2. Hasil Pengambilan Data Awal

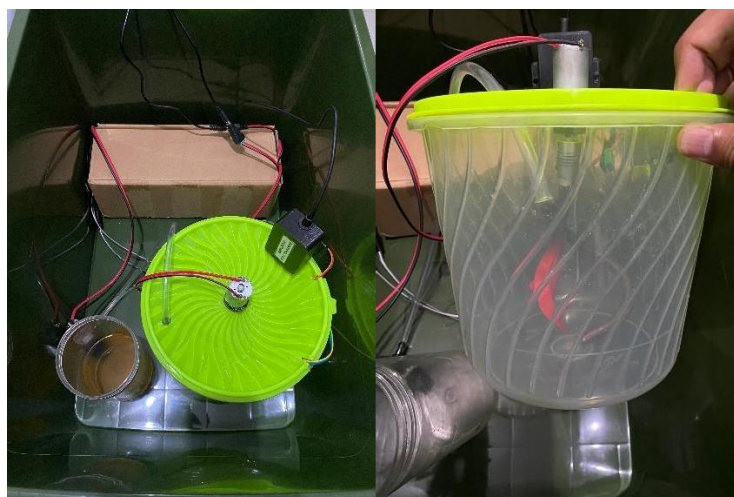
Percobaan ke-	Suhu	Gas (PPM NH3)
Percobaan ke-1	28.40	422.97
Percobaan ke-2	27.60	595.68
Percobaan ke-3	30.80	518.67
Percobaan ke-4	30.80	402.97
Percobaan ke-5	30.20	264.57
Percobaan ke-6	30.20	407.86
Percobaan ke-7	30.20	418.33
Percobaan ke-8	30.20	371.88
Percobaan ke-9	28.50	340.49
Percobaan ke-10	31.80	805.32
Percobaan ke-11	30.20	582.29
Percobaan ke-12	30.20	564.85
Percobaan ke-13	28.90	661.15
Percobaan ke-14	28.90	718.15
Percobaan ke-15	28.00	799.67
Percobaan ke-16	30.80	819.71
Percobaan ke-17	29.80	815.48
Percobaan ke-18	30.80	832.59

Percobaan ke-19	32.30	557.37
Percobaan ke-20	33.00	167.78
Percobaan ke-21	34.20	128.66
Percobaan ke-22	33.30	94.46
Percobaan ke-23	32.80	86.63
Percobaan ke-24	32.30	80.11

Lampiran 3. Implementasi Hardware



Implementasi Hardware didalam Box



Implementasi Seluruh Hardware

Lampiran 4. Hasil perbandingan sistem dengan MATLAB

Percobaan ke-	Suhu	Gas (PPM NH3)	Durasi Pompa (MATLAB)	Durasi Pompa	Galat Error (Nilai Manual - MATLAB)	Durasi Mixer	Durasi Mixer (MATLAB)	Galat Error (Nilai Manual - MATLAB)
Percobaan ke-1	28.20	192.62	4.50	4.50	0.00	15,56	15,4	1.039
Percobaan ke-2	29.20	204.56	4.40	4.40	0.00	15,56	15,6	-0.256
Percobaan ke-3	29.20	374.78	1.52	1.50	0.02	15,4	15,4	0.000
Percobaan ke-4	30.50	442.27	1.52	1.50	0.02	15,4	15,4	0.000
Percobaan ke-5	31.40	574.12	1.52	1.52	0.00	15,4	15,4	0.000
Percobaan ke-6	33.20	592.97	1.56	1.56	0.00	15,8	15,8	0.000

Percobaan ke-7	34.20	644.76	1.70	1.68	0.02	27,6	27,5	0.364
Percobaan ke-8	32.00	531.84	1.52	1.52	0.00	15,5	15,4	0.649
Percobaan ke-9	31.80	522.89	1.52	1.52	0.00	15,5	15,4	0.649
Percobaan ke-10	30.20	587.34	1.52	1.52	0.00	15,4	15,4	0.000
Percobaan ke-11	30.00	554.31	1.52	1.52	0.00	15,4	15,4	0.000
Percobaan ke-12	29.80	548.62	1.52	1.52	0.00	15,4	15,4	0.000
Percobaan ke-13	30.20	633.56	1.65	1.50	0.15	30	24,9	20.482
Percobaan ke-14	31.80	672.53	1.63	1.62	0.01	36,6	36,6	0.000
Percobaan ke-15	30.20	707.68	1.52	1.52	0.00	44,7	44,6	0.224
Percobaan ke-16	30.20	734.88	1.52	1.52	0.00	44,7	44,6	0.224
Percobaan ke-17	27.60	523.74	1.52	1.52	0.00	15,4	15,4	0.000
Percobaan ke-18	28.20	478.33	1.52	1.52	0.00	15,4	15,4	0.000
Percobaan ke-19	29.80	584.49	1.52	1.52	0.00	15,4	15,4	0.000
Percobaan ke-20	30.20	537.19	1.52	1.56	0.04	15,4	15,4	0.000
Percobaan ke-21	31.80	649.76	1.72	1.72	0.00	30	29,7	1.010
Percobaan ke-22	33.20	721.42	1.56	1.56	0.00	41,8	41,8	0.000
Percobaan ke-23	31.80	710.94	1.52	1.50	0.02	44,6	44,6	0.000
Percobaan ke-24	31.20	683.68	1.58	1.56	0.02	40	39,8	0.503
Percobaan ke-25	30.40	629.83	1.63	1.63	0.00	23,8	23,7	0.422
Percobaan ke-26	31.20	584.61	1.52	1.52	0.00	15,4	15,4	0.000
Percobaan ke-27	30.40	573.32	1.52	1.52	0.00	15,4	15,4	0.000
Percobaan ke-28	29.20	531.82	1.52	1.52	0.00	15,4	15,4	0.000
Percobaan ke-29	29.80	463.64	1.52	1.52	0.00	15,4	15,4	0.000
Percobaan ke-30	30.40	507.52	1.52	1.52	0.00	15,4	15,4	0.000
Percobaan ke-31	30.40	499.13	1.52	1.52	0.00	15,4	15,4	0.000
Percobaan ke-32	29.80	547.23	1.52	1.52	0.00	15,4	15,4	0.000
Percobaan ke-33	27.60	446.63	1.52	1.52	0.00	15,4	15,4	0.000
Percobaan ke-34	29.80	412.95	1.52	1.52	0.00	15,4	15,4	0.000
Percobaan ke-35	30.20	450.26	1.52	1.52	0.00	15,4	15,4	0.000
Percobaan ke-36	30.60	539.74	1.52	1.52	0.00	15,4	15,4	0.000
Percobaan ke-37	31.80	513.36	1.52	1.52	0.00	15,4	15,4	0.000
Percobaan ke-38	32.40	558.63	1.52	1.52	0.00	15,4	15,4	0.000
Percobaan ke-39	31.20	607.69	1.54	1.54	0.00	17,4	17,3	0.578
Percobaan ke-40	31.20	623.73	1.61	1.62	0.01	22	21,9	0.457
Percobaan ke-41	30.80	590.91	1.52	1.52	0.00	15,4	15,4	0.000
Percobaan ke-42	30.20	573.64	1.52	1.52	0.00	15,4	15,4	0.000
Percobaan ke-43	30.60	582.96	1.52	1.52	0.00	15,4	15,4	0.000
Percobaan ke-44	30.40	592.23	1.52	1.52	0.00	15,4	15,4	0.000
Percobaan ke-45	30.20	562.89	1.52	1.52	0.00	15,4	15,4	0.000
Percobaan ke-46	31.20	606.42	1.54	1.54	0.00	17,2	17	1.176
Percobaan ke-47	30.40	648.87	1.72	1.72	0.00	29,4	29,4	0.000
Percobaan ke-48	30.20	591.37	1.52	1.52	0.00	15,5	15,4	0.649
Percobaan ke-49	31.80	657.82	1.69	1.69	0.00	32,2	32,1	0.312
Percobaan ke-50	32.30	682.43	1.59	1.58	0.01	40	39,6	1.010
Percobaan ke-51	32.80	671.93	1.63	1.63	0.00	36,4	36,3	0.275

Lampiran 5. Dokumentasi dan Hasil Kuisisioner Diseminasi



WAWANCARA PETERNAK					
Biasanya di peternakan ini melakukan fermentasi menggunakan apa?					
Ampas Tahu, Dedak dan Pur, Sawi Cacah					
Berapa lama waktu yang dibutuhkan untuk memfermentasi dedak dengan cairan EM4?					
4 Hari					
Seberapa membantu alat ini dari segi pembuatan pakan ayam?					
1	2	3	4	5	
Seberapa efektif jika melakukan fermentasi menggunakan alat ini?					
1	2	3	4	5	

Lampiran 6. Hasil dedak yang telah difermentasi



Fermentasi Manual



Fermentasi dengan Sistem