

PENERAPAN ARSITEKTUR IOT PADA INKUBATOR TELUR PUYUH MENGGUNAKAN ALGORITMA FUZZY

Arief Prasetyo¹, M. Hasyim Ratsanjani², Satria Putra Sabana³

^{1,2,3}Teknik Informatika, Teknologi Informasi, Politeknik Negeri Malang

¹Arief.prasetyo@polinema.ac.id, ²hsy@polinema.ac.id, ³satriaputrasabana@gmail.com

Abstrak

Daging dan telur puyuh banyak dimanfaatkan untuk kebutuhan konsumsi masyarakat sehingga banyak peternak yang membudidayakan burung puyuh. Kemampuan induk puyuh dalam mengerami telurnya terbatas bahkan biasanya induk puyuh tidak mengerami telur yang dihasilkan. Penggunaan mesin penetas telur dinilai mampu meningkatkan produktivitas peternak burung puyuh. Namun mesin tetas yang banyak digunakan peternak masih terdapat kelemahan, antara lain menggunakan kontrol on – off untuk sumber panas, pembalikan telur manual, dan monitoring kontrol masih dilakukan secara langsung. Penggunaan sistem kontrol on – off masih cukup beresiko dengan ketidakstabilan suhu dan kelembapan yang berakibat pada daya tetas telur. Maka dari itu pada penelitian ini, dibuat sistem untuk mesin penetas telur, yang mampu menstabilkan suhu kelembapan, memutar telur secara otomatis, dan monitoring kontrol dapat dilakukan melalui *website*. Pada sistem ini menggunakan 2 sensor yaitu DHT11 dan PIR untuk mengukur suhu, kelembapan dan mendeteksi telur yang telah menetas. Metode *fuzzy sugeno* digunakan untuk mengontrol intensitas cahaya lampu dan kecepatan kipas dengan parameter utama suhu dan kelembapan yang diambil dari data sensor DHT11. Pada pengujian yang telah dilakukan, sistem dapat menghasilkan respon yang sesuai dengan metode *fuzzy sugeno* yang disimulasikan pada matlab. Suhu pada inkubator yang dihasilkan dari penggunaan sistem ini, dapat stabil dengan rata – rata suhu 37.7°C dan kelembapan 39.7%.

Kata kunci : *Smart Device, Internet of Things, Telur Puyuh, Fuzzy Sugeno, Smart Inkubator*

1. Pendahuluan

Di habitatnya burung puyuh berkembang biak di lokasi padang rumput, lereng gunung dan persawahan, suhu lingkungan burung puyuh di alamnya berkisar 24°C sampai 30°C dengan kelembapan kurang lebih 85% namun tidak menutup kemungkinan jika habitatnya dapat bervariasi sesuai dengan spesiesnya. Dalam sekali bertelur burung puyuh dapat menghasilkan 10 – 20 dalam sekali bertelur(Suryatini et al., 2019). Kemampuan induk puyuh dalam mengerami telurnya terbatas yaitu maksimal 5 butir telur setiap induk puyuh bahkan biasanya burung puyuh tidak mengerami telur yang dihasilkan. Proses pengambilan telur dari induk puyuh dapat meningkatkan produktivitas telur dan merangsang induk puyuh untuk kembali bertelur(Rizki et al., 2018).

Mesin penetas telur merupakan salah satu contoh inovasi di bidang teknologi yang dinilai mampu meningkatkan produktivitas peternak dalam budidaya unggas(Rodhi et al., 2018). Namun mesin penetas telur yang banyak digunakan oleh peternak masih terdapat kelemahan yaitu penggunaan sistem kontrol on – off untuk sumber panas dengan cara memutus aliran listrik sumber panas jika suhu telah melampaui batas atas dan menyambungkan aliran listrik sumber panas jika suhu mencapai batas bawah. Penggunaan sistem dengan cara diatas masih cukup beresiko

dengan ketidak stabilan suhu pada ruang inkubator yang berakibat pada daya tetas telur. Selain itu pembalikan telur tergolong manual dengan dibalik sendiri oleh peternak serta proses monitoring kontrol dilakukan dengan melihat mesin tetas secara langsung sehingga proses penetasan telur tidak effesien(Hartono et al., 2017).

Pada penelitian ini akan dibuat sebuah sistem dengan memanfaatkan teknologi *internet of things* yaitu mesin penetas telur yang dapat menstabilkan suhu dan kelembapan ruang inkubator, membalik telur secara otomatis tanpa campur tangan manusia dan mendeteksi telur yang telah menetas, sehingga proses penetasan dapat dilakukan secara optimal dan modern yang mana proses monitoring kontrol dapat dilakukan melalui *web browser* tanpa berinteraksi dengan mesin secara langsung. Berdasarkan jurnal rujukan suhu ruang penetasan telur puyuh berkisar antara 36°C sampai 39°C dengan kelembapan 55%(Nasional Fortei Regional et al., 2019). Sedangkan hasil wawancara dengan peternak burung puyuh suhu ruang inkubator penetasan telur puyuh berkisar antara 37°C sampai 38°C dengan kelembapan 75% dan lama proses fertilisasi sampai penetasan adalah 17 hari.

Metode *fuzzy sugeno* digunakan sebagai kontrol suhu dan kelembapan dalam ruang inkubator agar tetap stabil. Hasil perhitungan dari *fuzzy sugeno*

digunakan untuk mengontrol intensitas cahaya lampu dan kecepatan kipas, fungsi lain dari kipas yaitu agar panas yang dihasilkan dapat merata. Penggunaan logika *fuzzy* sugeno cocok diterapkan pada sistem kendali kontrol dan bersifat *flexible* (Purnomo et al., 2019). Protokol MQTT didesain untuk pengiriman data secara akurat dibawah penundaan jaringan yang lama dan kondisi jaringan yang memiliki *bandwith* rendah (Soni & Makwana, 2017). Penerapan teknologi *internet of things* dan protokol MQTT sebagai transmisi data digunakan dalam penelitian ini sebagai upaya pemanfaatan teknologi di bidang peternakan.

2. Landasan Teori

2.1 Node MCU

Node MCU merupakan platform elektronik *open source* terdiri dari perangkat keras ESP 8266 dari seri ESP besutan Espressif System, juga firmware yang digunakan merupakan bahasa pemrograman *scripting* Lua. Selain menggunakan *scripting* Lua Node MCU juga *support* dengan *software* Arduino IDE dengan melakukan sedikit perubahan pada board manager (Efendi & Chandra, 2019). Papan Node MCU mampu membaca input pada sensor, memproses data, mengirim atau menerima data dan mengubahnya menjadi output yang akan mengaktifkan aktuator seperti motor dan menyalakan lampu.

Pada konsep IoT (*Internet of Things*) NodeMCU bertindak sebagai perangkat pintar, umumnya berkaitan dengan pengambilan data yang bersumber dari lingkungan luar secara realtime (Suprianto et al., 2021).

2.2 AC Light Dimmer

AC *Light Dimmer* merupakan rangkaian elektronik yang fungsinya untuk mengendalikan intensitas cahaya yang dihasilkan oleh lampu AC 220 Volt. Modul *driver dimmer* ini menggunakan PWM (*pulse width modulation*) sebagai driver yang dapat bekerja menggunakan kendali PWM digital. Digunakan untuk mengontrol naik atau turunnya tegangan AC.

PWM (*pulse width modulation*) merupakan sebuah cara untuk memanipulasi lebar sinyal yang dinyatakan dengan pulsa pada suatu perioda, untuk mendapatkan tegangan rata – rata yang berbeda (Masalah & Teori, 2019). Pada penelitian ini AC *light dimmer* digunakan sebagai pengendali dari terang dan redupnya lampu pemanas pada ruang inkubator.

2.3 Modul L298N

Modul L298N merupakan jenis IC driver motor yang digunakan untuk mengendalikan arah putaran dan kecepatan motor DC. L298N dimana chip utama memiliki kinerja yang tinggi dan mampu mengeluarkan output tegangan untuk motor DC sebesar 50 volt, arus mencapai 3A max dan power

mencapai 25W. Modul L298N terdiri dari transistor – transistor logik dengan gerbang nand. Dalam penelitian ini modul L298N digunakan untuk mengatur kecepatan kipas agar kelembapan udara dalam ruang inkubator dapat terkontrol dan sumber panas yang dihasilkan dapat merata.

2.4 MQTT

MQTT (*Message Queue Telemetry Transport*) merupakan sebuah protokol untuk komunikasi data yang bersifat *machine to machine* dan bekerja pada layer ke tujuh. Protokol MQTT menggunakan komunikasi *publish / subscribe* sebagai metode pengiriman data. Pesan pada protokol MQTT akan dikirim ke *broker* yang mana isi pesan berisi topik kemudian pesan tersebut dikirim oleh *publisher*, setelah dikirim pesan tersebut akan diolah sebelum kemudian diteruskan ke *subscriber*. Dalam protokol MQTT resource yang dibutuhkan lebih kecil, dibandingkan dengan ukuran paket data yang dimiliki protokol UDP. Sistem yang menggunakan protokol MQTT pada *platform* IoT memiliki *delay* yang kecil yaitu 0,008634 *sec* sehingga sistem yang dibuat dapat berjalan pada *bandwith* yang rendah (Abilovani et al., 2018).

2.5 Logika Fuzzy

Logika *fuzzy* merupakan suatu metode yang tepat untuk memetakan ruang masukan kedalam ruang keluaran. Konsep logika *fuzzy* pertama kali diperkenalkan pada tahun 1962 oleh Prof. Lotfi Astor Zadeh (Purnomo et al., 2019). Pemecahan masalah dalam logika *fuzzy* bukan melalui angka – angka, tetapi secara linguistic, atau variabel – variabel yang mengandung ketidakpastian atau ketidaktegasan sehingga logika *fuzzy* dapat disebut dengan logika samar/ kabur/ tidak jelas. Dalam logika *fuzzy* terdapat 3 metode yang umum digunakan yaitu sugeno, tsukamoto dan mamdani. Pada masing – masing jenis metode diatas memiliki inferensi sistem dan defuzzifikasi yang berbeda – beda (Nasron et al., 2019).

Logika *fuzzy* sugeno merupakan metode inferensi *fuzzy* untuk aturan yang direpresentasikan dalam bentuk *IF – THEN*, dimana beberapa nilai dalam pernyataan tersebut ditentukan oleh fungsi keanggotaan. *Inferensi fuzzy* sugeno hampir sama dengan mamdani, hanya saja *fuzzy* sugeno mempunyai output (konsekuen) bukan berupa himpunan *fuzzy*, melainkan berupa konstanta. Metode *fuzzy* sugeno terdiri dari 2 jenis yaitu orde nol dan orde satu. Pada penelitian ini menggunakan metode *fuzzy* sugeno orde nol sebagai berikut :

$$IF (X_1 \text{ is } A_1). (X_2 \text{ is } A_2) \dots (X_n \text{ is } A_n) THEN z = k$$

Dengan A_n merupakan himpunan *fuzzy* ke-n sebagai anteseden, dan k merupakan suatu konstanta (tegas) sebagai konsekuen.

3. Analisis dan Perancangan

3.1 Deskripsi Sistem

Sistem aplikasi otomatisasi inkubator telur puyuh bertujuan untuk menerapkan inovasi terbaru mengikuti perkembangan teknologi dan juga mengubah sistem kontrol lampu on dan off menjadi sistem kontrol pintar dimana cahaya lampu dan kecepatan kipas dapat disesuaikan berdasarkan suhu dan kelembapan pada ruang inkubator menggunakan logika *fuzzy*.

Tahap awal yang dilakukan dalam sistem ini adalah pembacaan data suhu dan kelembapan oleh sensor DHT11 kemudian pembacaan gerakan dan sinar inframerah oleh sensor PIR. Tahap selanjutnya data suhu dan kelembapan hasil pembacaan sensor diolah oleh mikrokontroler NodeMCU menggunakan logika *fuzzy* sugeno, hasil perhitungan akan digunakan oleh ac *light dimmer* dan modul L298N untuk mengontrol intensitas cahaya dan kecepatan kipas agar suhu dan kelembapan pada ruang inkubator tetap stabil. Selain itu hasil pembacaan sensor PIR akan di-*publish* oleh NodeMCU menggunakan protokol MQTT sesuai dengan status telur sudah menetas atau belum. Pemutaran telur otomatis menggunakan sistem rak geser dimana *relay* akan menyalakan dan mematikan *dynamo* untuk menarik rak telur sesuai dengan jadwal yang telah ditentukan. Data – data diatas akan di-*publish* oleh NodeMCU menggunakan protokol MQTT dan disubscribe oleh *website* untuk ditampilkan pada *dashboard*.

Monitoring kontrol kondisi *real time* ruang inkubator dilakukan melalui platform *website*, monitoring meliputi suhu, kelembapan, kekuatan lampu, kecepatan kipas dan status telur menetas pada ruang inkubator secara *real time*. Adapun fitur lainnya yaitu visualisasi suhu dan kelembapan dalam bentuk chart *real time*, prediksi tanggal telur akan menetas, perhitungan hari ke – n dan *history* data telur yang telah masuk dalam inkubator.

3.2 Analisa Kebutuhan

Analisa kebutuhan adalah langkah – langkah untuk merencanakan komponen – komponen penyusun dari sebuah sistem. Kebutuhan pada penelitian ini meliputi kebutuhan perangkat keras (*hardware*) dan kebutuhan perangkat lunak (*software*).

Kebutuhan perangkat lunak (*software*) sebagai berikut :

- Arduino IDE
- Teks Editor VSCode
- XAMPP
- Web Browser
- Broker Emqx

Kebutuhan perangkat keras (*hardware*) sebagai berikut :

- NodeMCU ESP8266
- Sensor DHT11

- Sensor PIR
- AC Light Dimmer
- Modul L298N
- Relay 1 Channel
- Lampu Pijar
- Kipas DC 12V
- Dynamo Synchronous
- LCD I2C 16x2
- Modul Step-down
- Kabel Engkel

3.3 Arsitektur Sistem

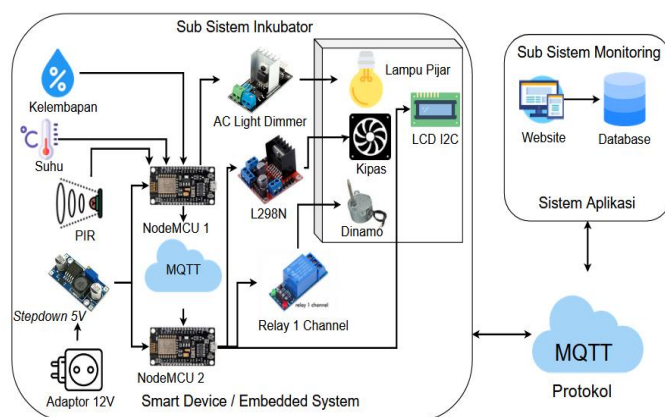
Pada arsitektur sistem terdiri dari 2 sub sistem, yaitu sebagai berikut :

1. Sub Sistem Inkubator

Pada sub sistem inkubator 2 inputan data yang digunakan untuk pengolahan *fuzzy* sugeno yaitu suhu dan kelembapan. Selain itu terdapat data inframerah dan gerakan dari sensor PIR digunakan untuk mendeteksi telur yang telah menetas. *Stepdown* digunakan untuk menurunkan tegangan dari adaptor 12V menjadi tegangan 5V untuk menyalakan kedua mikrokontroler. Semua data inputan diolah oleh NodeMCU1 dan di-*publish* menggunakan protokol MQTT menuju NodeMCU2. Hasil perhitungan *fuzzy* pada NodeMCU1 digunakan sebagai input dari ac *light dimmer* untuk menyalakan lampu dan modul L298N untuk menyalakan kipas. *Relay* digunakan untuk menyalakan dan mematikan *dynamo*. Terdapat lcd *i2c* untuk menampilkan suhu, kelembapan, kekuatan lampu, dan kecepatan kipas.

2. Sub Sistem Monitoring

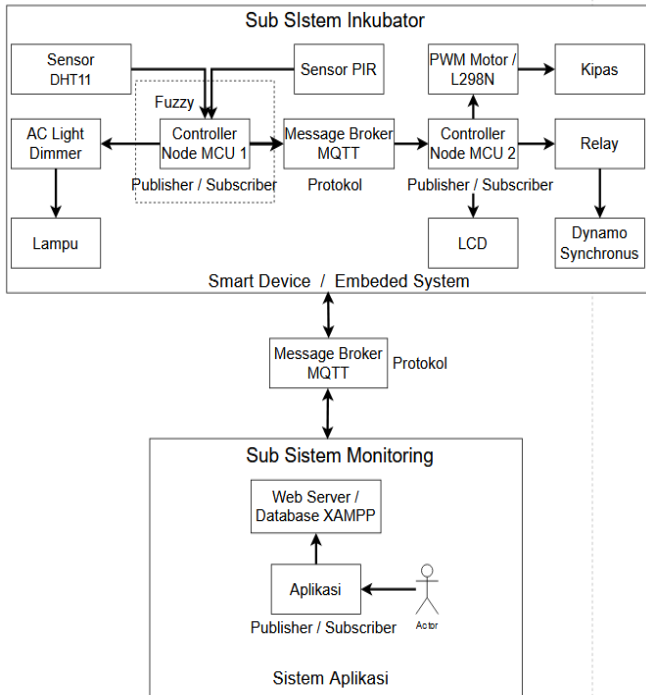
Pada sub sistem monitoring, *website* akan mensubscribe topik yang sama dengan topik yang di-*publish* oleh NodeMCU 1 dan 2 dimana *website* akan menampilkan data suhu, kelembapan, status telur menetas, kekuatan lampu, dan kecepatan kipas secara *realtime*. Komunikasi antara sub sistem monitoring dan sub sistem inkubator menggunakan protokol MQTT. Data yang telah diterima akan disimpan dalam database. Arsitektur sistem mesin penetas ditunjukkan pada gambar 1.



Gambar 1. Arsitektur Sistem

3.4 Diagram Blok Sistem

Block diagram adalah sebuah alur pada diagram yang memetakan proses kerja dalam sistem dengan tujuan untuk memudahkan dalam mengenali komponen – komponen dan alur kerja yang ada di dalam sebuah sistem. Block diagram dari sistem ditunjukkan pada gambar 2.



Gambar 2. Block Diagram Sistem

4. Implementasi dan Pengujian

4.1 Implementasi Metode Fuzzy Sugeno

Proses perhitungan menggunakan metode fuzzy sugeno dijalankan di NodeMCU yang hasilnya akan digunakan sebagai kontrol aktuatur. Adapun langkah – langkah perhitungan fuzzy sugeno untuk menentukan intensitas cahaya dan kecepatan kipas sebagai berikut :

- 1) Menentukan variabel fuzzy

Berikut adalah variabel fuzzy yang digunakan pada penelitian ini ditunjukkan pada tabel 1.

Table 1. Variabel Fuzzy

Jenis Variabel	Nama Variabel
Input	Suhu
	Kelembapan
Output	Intensitas Cahaya
	Kecepatan Kipas

- 2) Menentukan nilai linguistik

Berikut merupakan fungsi keanggotaan nilai linguistik yang digunakan pada penelitian ini ditunjukkan pada tabel 2.

Table 2. Nilai Linguistik

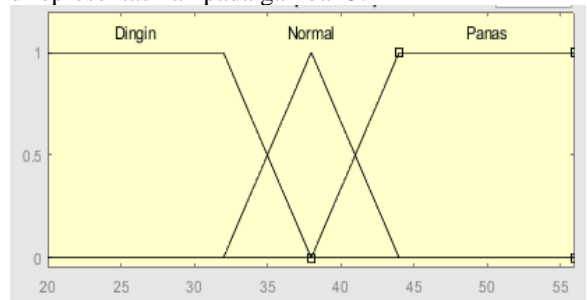
Nama Variabel	Nilai Linguistik
Suhu	Dingin, Normal, Panas

Nama Variabel	Nilai Linguistik
Kelembapan	Kering, Normal, Basah
Intensitas Cahaya	Redup, Normal, Terang
Kecepatan Kipas	Pelan, Normal, Cepat

- 3) Fuzzifikasi

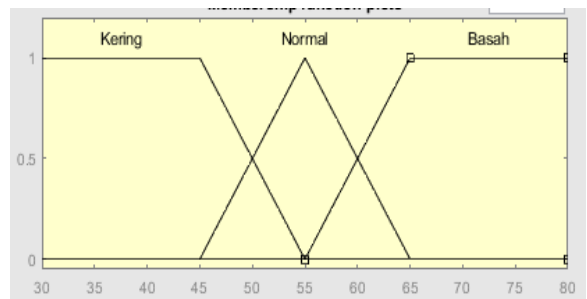
Proses fuzzifikasi digunakan untuk mengubah informasi dari inputan data sensor ke data himpunan fuzzy linguistic, yaitu :

- a) Variabel suhu pada ruang inkubator terdiri dari tiga bagian himpunan fuzzy yaitu dingin(20°C – 38°C), normal(32°C – 44°C), dan panas(38°C – 56°C). Fungsi keanggotaan direpresentasikan pada gambar 3.



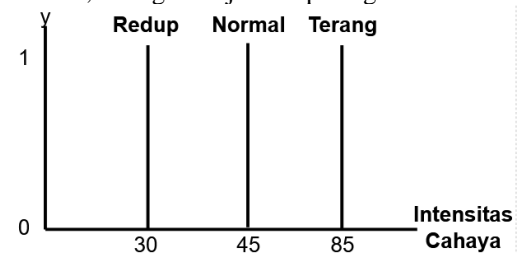
Gambar 3. Fungsi Keanggotaan Variabel Suhu

- b) Variabel kelembapan pada ruang inkubator terdiri dari tiga bagian himpunan fuzzy yaitu kering(30% – 55%), normal(45% – 65%), basah(55% - 80%). Fungsi keanggotaan direpresentasikan pada gambar 4.



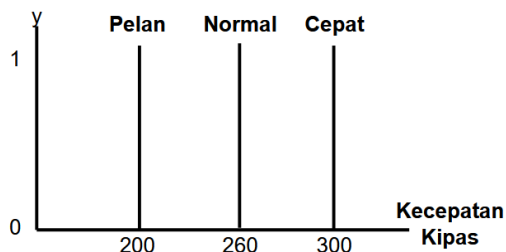
Gambar 4. Fungsi Keanggotaan Variabel Kelembapan

- c) Variabel output intensitas cahaya mempunyai tiga himpunan yaitu redup, normal, terang ditunjukkan pada gambar 5.



Gambar 5. Fungsi Keanggotaan Output Intensitas Cahaya

- d) Variabel output kecepatan kipas mempunyai tiga himpunan yaitu pelan, normal, cepat ditunjukkan pada gambar 6.



Gambar 6. Fungsi Keanggotaan Output Kecepatan Kipas

4) Aturan Rule Based

Rule base merupakan aturan yang berisi sejumlah aturan *fuzzy* yang memetakan nilai masukan *fuzzy* ke nilai keluaran *fuzzy*. Aturan ini sering dinyatakan dengan format IF – THEN. Aturan *fuzzy* yang digunakan pada penelitian ini ditunjukkan pada tabel 3.

Tabel 3. Tabel Aturan *Fuzzy*

IF	Input		Output	
	Suhu	Kelembapan	Lampu	Kipas
R1	Dingin	Kering	Terang	Pelan
R2	Normal	Normal	Normal	Normal
R3	Panas	Basah	Redup	Cepat
R4	Dingin	Normal	Terang	Normal
R5	Normal	Kering	Normal	Pelan
R6	Panas	Kering	Redup	Pelan
R7	Dingin	Basah	Terang	Cepat
R8	Normal	Basah	Normal	Cepat
R9	Panas	Normal	Redup	Normal

5) Defuzzifikasi

Tahap terakhir adalah defuzzifikasi yaitu mengambil input berupa nilai α predikat dan z dari masing – masing rule. Defuzzifikasi dilakukan dengan *center of singleton* yaitu jumlah dari perkalian antara nilai keanggotaan dengan nilai singleton, kemudian dibagi dengan jumlah nilai keanggotaannya. Agar dapat menghasilkan nilai tegas digunakan rumus *weight average* sebagai berikut

$$WA = \frac{a_1z_1 + a_2z_2 + a_3z_3 + \dots + a_iz_i}{a_1 + a_2 + a_3 + \dots + a_i}$$

4.2 Implementasi Prototipe

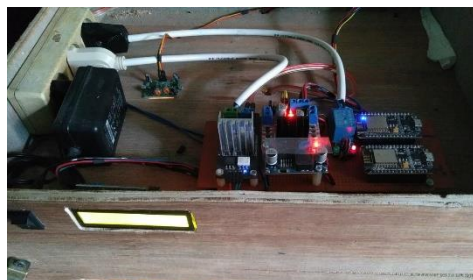
Prototipe inkubator dibuat berbentuk kubus menggunakan bahan dasar kayu triplek dengan ukuran 40cm x 30cm x 50cm. Pada bagian pintu diberi lubang dan dipasang akrilik berukuran 33cm x 20cm. Rangkaian Sensor DHT11 ditempatkan didekat telur, sensor PIR ditempatkan diatas atap menghadap kebawah, kipas ditempatkan pada dinding belakang, dan *dynamo* ditempatkan menempel pada dinding samping ditunjukkan pada gambar 7.



Gambar 7. Implementasi Prototipe

4.3 Implementasi *Embedded* Sistem

Implementasi *embedded* sistem merupakan pembuatan dari beberapa rangkaian yang digabung menjadi satu kesatuan. *Embedded* sistem terdiri dari mikrokontroller, sensor DHT11 dan PIR, *relay*, *ac light dimmer*, modul *l298n*, modul *stepdown*, *lcd i2c*, *dynamo synchronous*, kipas dc, lampu pijar dan adaptor 12v. Implementasi *embedded* sistem ditunjukkan pada gambar 8.



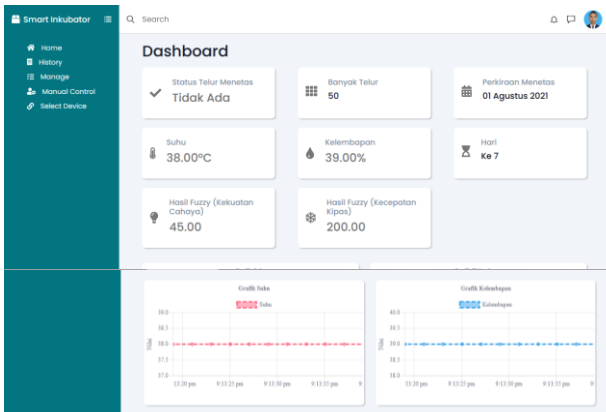
Gambar 8. Implementasi *Embedded* Sistem

4.4 Implementasi Antarmuka Pengguna

Tampilan antarmuka pengguna atau *userinterface* dibuat menggunakan bahasa pemrograman PHP dan dikombinasikan dengan HTML, CSS, dan JavaScript untuk mendukung tampilan *website* agar dapat diakses dengan nyaman melalui *web browser*. Pada *website* monitoring kontrol pengguna dapat memonitoring kondisi *realtime* inkubator telur, melihat *history* data suhu dan kelembapan, memmanagement telur yang masuk pada mesin tetas, dan melakukan kontrol pada mesin tetas secara manual.

1. Halaman *Dashboard*

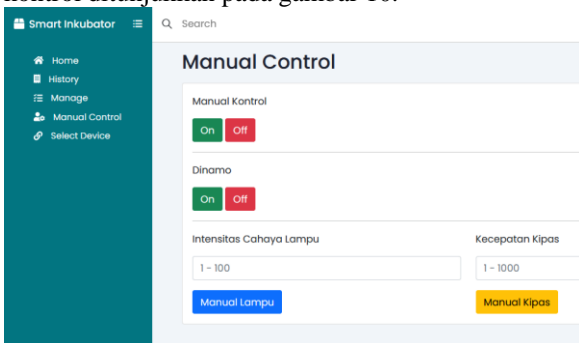
Pada halaman *dashboard* menampilkan beberapa informasi antara lain status telur menetas, suhu, kelembapan, intensitas cahaya lampu, dan kecepatan kipas pada inkubator secara *realtime* juga terdapat informasi tambahan seperti banyak telur, tanggal perkiraan menetas, hari ke- i , yang diambil dari database dan terdapat 2 buah chart dari data suhu dan kelembapan *realtime*. Halaman *dashboard* ditunjukkan pada gambar 9.



Gambar 9. Implementasi Antarmuka Pengguna

2. Halaman Manual Kontrol

Pada halaman manual kontrol terdapat tombol untuk mengaktifkan dan mematikan kontrol manual terhadap alat. Jika kontrol manual aktif maka kontrol otomatis akan mati begitu juga sebaliknya. Kontrol manual meliputi kontrol on/off dinamo, intensitas cahaya lampu dan kecepatan kipas. Halaman manual kontrol ditunjukkan pada gambar 10.



Gambar 10. Halaman Manual Kontrol

4.5 Pengujian Sensor

Pengujian sensor bertujuan untuk mengetahui apakah sensor dapat berjalan sesuai dengan yang diharapkan. Pengujian sensor DHT11 dan PIR sebagai berikut.

1. Pengujian sensor DHT11

Pengujian sensor DHT11 dibandingkan dengan hasil pengukuran menggunakan alat ukur hygrometer. Pengujian dilakukan pada kondisi dingin, hangat, dan panas. Berikut perbandingan hasil sensor dengan alat pembanding ditunjukkan pada tabel 4.

Table 4. Pengujian sensor DHT11

No.	DHT11		Hygrometer		Kondisi	Perhitungan MAPE (%)
	Suhu	Kelembapan	Suhu	Kelembapan		
1.	20	30	20.7	33	Dingin	0.4
2.	22	31	22.3	34	Dingin	2.7

No.	DHT11		Hygrometer		Kondisi	Perhitungan MAPE (%)
	Suhu	Kelembapan	Suhu	Kelembapan		
3.	38	50	38.6	52	Normal	0.4
4.	39	52	39.8	53	Normal	0.2
5.	42	43	42.5	44	Panas	0.5
Rata - rata						0.8

Diperoleh nilai rata – rata error dari hasil perbandingan pengukuran sensor DHT11 dan hygrometer adalah 0.8% dari 5 kali percobaan.

2. Pengujian sensor PIR

Pengujian sensor PIR dilakukan dengan menyalakan sensor dalam ruang inkubator dan mengetahui respon status pada kondisi sebagai berikut ditunjukkan pada tabel 5.

Table 5. Pengujian Sensor PIR

No.	Parameter	PIR Status
1.	Tidak ada telur	LOW
2.	Telur belum menetas	LOW
3.	Telur menetas	HIGH
4.	Tangan memasukkan telur	HIGH

4.6 Pengujian Metode Fuzzy Sugeno

Pengujian metode fuzzy sugeno dibandingkan dengan hasil perhitungan pada simulasi menggunakan matlab. Pengujian dilakukan pada kondisi dingin, normal, dan panas. Perbandingan hasil perhitungan fuzzy pada sistem ditunjukkan pada tabel 6.

Table 6. Pengujian Metode Fuzzy Sugeno

No	Input Sensor		Defuzzifikasi Sistem		Defuzzifikasi Matlab	
	Suhu	Kelembapan	Lampu	Kipas	Lampu	Kipas
1.	23	35	85	200	85	200
2.	25	46	85	206	85	206
3.	36	52	60.8	237.5	60.8	238
4.	38	60	45	280	45	280
5.	39	62	41.3	286	41.2	286
6.	41	50	37.5	230	37.5	230
7.	42	60	36	280	36	280

4.7 Pengujian Alat

Pada pengujian alat didapat rata – rata data input meliputi suhu dan kelembapan sedangkan output meliputi defuzzifikasi lampu dan kipas. Pengujian dilakukan selama 8 hari dan menghasilkan nilai rata – rata sebagai berikut ditunjukkan pada tabel 7.

Table 7. Rata – rata Input dan Output

No.	Hari Ke - n	Rata – rata Input		Rata – rata Output	
		Suhu	Kel	Lampu	Kipas
1.	1	37.6	45	49.1	218.9
2.	2	37.8	42	45	212
3.	3	37.7	39.5	45	200
4.	4	37.7	40	45	200
5.	5	38	36	45	200
6.	6	38.4	37	45	200
7.	7	37.2	40	43	207.1
8.	8	37.3	38	48	200
Rata - rata		37.7	39.7	45.6	204.7

Dengan memasukkan 50 telur puyuh kedalam inkubator menggunakan rata – rata suhu 37,7°C dan kelembapan 39.7%, 35 telur dapat menetas dengan baik, 5 telur tidak fertile, 3 telur tidak dapat keluar dari cangkang dan 7 telur tidak dapat menetas. Hasil pengujian objek ditunjukkan pada gambar 11.



Gambar 11. Hasil Pengujian Objek

5. Kesimpulan dan Saran

5.1 Kesimpulan

Dari keseluruhan hasil penelitian yang telah dilakukan, maka dapat ditarik kesimpulan bahwa metode *fuzzy sugeno* berhasil diterapkan pada *smart* inkubator, suhu dapat stabil dan memenuhi suhu target yang dibutuhkan telur untuk menetas yaitu rata – rata suhu yang diperoleh 37,7°C, sedangkan rata – rata kelembapan masih terbilang kurang yaitu 39.7%. Monitoring dan pengendalian *smart* inkubator dapat dilakukan secara *online* menggunakan platform *website*. Telur dalam *smart* inkubator dapat diputar secara otomatis berdasarkan waktu yang telah ditentukan menggunakan sistem rak geser dan telur yang telah menetas dapat terbaca oleh sensor dan menampilkan status pada *dashboard*.

5.2 Saran

Saran yang dapat diberikan untuk melakukan penelitian dan pengembangan selanjutnya untuk sistem ini antara lain :

1. Diharapkan perubahan desain prototipe *box* inkubator atau peletakan sumber panas sehingga kelembapan pada ruang inkubator dapat memenuhi target karena hasil rata - rata kelembapan ruang inkubator masih terbilang rendah.
2. Diharapkan pada pengembangan sistem selanjutnya dilakukan penambahan kamera untuk memonitoring agar kondisi ruang inkubator dapat ditampilkan secara visual.
3. Jika menggunakan modul *AC light dimmer*, *relay* dan *PWM* secara bersamaan dalam 1 mikrokontroler diharapkan menggunakan komponen *optocoupler* atau *power supply switching* agar tidak terjadi lonjakan tegangan atau *spike*.

Daftar Pustaka:

Abilovani, Z. B., Yahya, W., & Bakhtiar, F. A. (2018). Implementasi Protokol MQTT Untuk Sistem Monitoring Perangkat IoT. *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi Dan Ilmu Komputer (J-PTIHK) Universitas Brawijaya*, 2(12), 7521–7527.

Efendi, M. Y., & Chandra, J. E. (2019). Implementasi Internet of Things Pada Sistem Kendali Lampu Rumah Menggunakan Telegram Messenger Bot Dan Nodemcu ESP8266. *Global Journal Of Computer Science And Technology: A Hardware & Computation*, 19(1). <https://computerresearch.org/index.php/computer/article/download/1866/1850>

Hartono, R., Fathuddin, M., & Izzuddin, A. (2017). Perancangan dan Pembuatan Alat Penetas Telur Otomatis Berbasis Arduino. *Energy*, 7(1), 30–37.

Masalah, B., & Teori, B. D. (2019). Rancang Bangun Pemanas Suhu Kandang Anak Ayam Broiler Secara Otomatis Berbasis Mikrokontroler Atmega 2560. *Science Electro*, 10(1), 50–55.

Nasional Fortei Regional, S., Tingkat Suhu Dan Kelembaban Pada Mesin Penetas Telur Burung Puyuh, P., Adi, S., Ari Kunto, A., Suheta, T., Muharom, S., Elektro, T., & Teknologi Adhi Tama, I. (2019). SinarFe7-2 459. *Seminar Nasional Fortei Regional 7*, 459–463.

Nasron, N., Suroso, S., & Putri, A. R. (2019). Perancangan Logika Fuzzy Untuk Sistem Pengendali Kelembaban Tanah dan Suhu Tanaman. *Jurnal Media Informatika Budidarma*, 3(4), 307. <https://doi.org/10.30865/mib.v3i4.1245>

Purnomo, R., Priatna, W., & Fathurrozi, A. (2019). Perbandingan Logika Fuzzy Dan Analytic Hierarchy Process Untuk Menilai Kinerja

- Dosen. *Jurnal Teknologi Informasi ESIT*, 14(3), 48–59.
- Rizki, I., Kustanto, K., & Siswanti, S. (2018). Sistem Monitoring Pengontrol Suhu Dan Intensitas Cahaya Pada Penetas Telur Puyuh. *Jurnal Teknologi Informasi Dan Komunikasi (TIKOMSiN)*, 6(1).
<https://doi.org/10.30646/tikomsin.v6i1.349>
- Rodhi, M. Z., Syauqy, D., & Setyawan, G. E. (2018). Sistem Penentu Suhu Dan Kelembaban Incubator Telur Unggas Berdasarkan Berat Dan Warna Telur Menggunakan Metode Fuzzy. *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi Dan Ilmu Komputer (J-PTIHK) Universitas Brawijaya*, 2(12), 7302–7311.
- Soni, D., & Makwana, A. (2017). A survey on mqtt: a protocol of internet of things(IoT). *International Conference on Telecommunication, Power Analysis and Computing Techniques (Ictpact - 2017)*, April, 0–5.
https://www.researchgate.net/publication/316018571_A_SURVEY_ON_MQTT_A_PROTOCOL_OF_INTERNET_OF_THINGSIOT
- Suprianto, D., Agustina, R., & Izzuddin, T. A. (2021). “ Best Practice ” Pengembangan Aplikasi Internet of Things. May.
<https://doi.org/10.13140/RG.2.2.21493.91368>
- Suryatini, F., Maimunah, M., & Fauzandi, F. I. (2019). Implementasi Sistem Kontrol Irigasi Tetes Menggunakan Konsep IoT Berbasis Logika Fuzzy Takagi-Sugeno. *JTERA (Jurnal Teknologi Rekayasa)*, 4(1), 115.
<https://doi.org/10.31544/jtera.v4.i1.2019.115-124>