



Design of Temperature and Humidity Control Systems in Quail Puppies Cages Using Fuzzy Logic Method

Perancangan Sistem Kendali Suhu dan Kelembaban pada Kandang Anakan Burung Puyuh Menggunakan Metode Logika Fuzzy

Mochtar Yahya¹⁾, Danang Erwanto²⁾

^{1,2)} Electrical Engineering Study Program Faculty of Engineering, Kadiri Islamic University Kediri, Kediri, Indonesia

¹⁾ mochtaryahya@uniska-kediri.ac.id

²⁾ danangerwanto@uniska-kediri.ac.id

Abstract. After the quail eggs hatch, quail chicks ask for a warm place as a foothold to save temperature. The temperature needed by quail puppies is approximately 37 ° C in the first week and every subsequent week the temperature is obtained until it reaches a room temperature of 28 ° C. This research uses temperature and humidity control of quail cages based on fuzzy logic Tsukamoto method. As a detector of temperature and humidity on the sensor used DHT11. The system of temperature and space regulation is made in order to reduce mortality in quail puppies. The average temperature and humidity readings of quails using the DHT 11 sensor are 1% of temperature readings and 2% of humidity readings. The results of the implementation of the fuzzy permit are able to control temperature and humidity in quails at 32 ° C - 38 ° C with humidity between 40% RH - 70% RH.

Keywords: Temperature; Humidity; Fuzzy logic; DHT11.

Abstrak. Setelah telur burung puyuh menetas, anakan burung puyuh memerlukan tempat yang hangat sebagai pengganti induknya untuk menjaga suhu tubuhnya. Suhu yang dibutuhkan oleh anakan burung puyuh kurang lebih 37°C pada minggu pertama dan setiap minggu berikutnya suhu diturunkan sampai mencapai suhu ruang yaitu 28°C. Penelitian ini menerapkan kendali suhu dan kelembaban kandang anakan burung puyuh berbasis logika fuzzy metode Tsukamoto. Sebagai pendeteksi suhu dan kelembaban pada kandang digunakan sensor DHT11. Sistem kendali suhu dan ruangan ini dibuat agar dapat mengurangi angka kematian pada anakan burung puyuh. Rata-rata kesalahan pembacaan suhu dan kelembaban kandang anakan burung puyuh dengan menggunakan sensor DHT 11 adalah 1% dari pembacaan suhu dan 2% dari pembacaan kelembaban. Hasil implementasi kendali logika fuzzy mampu menjaga kestabilan suhu dan kelembaban pada kandang anakan burung puyuh pada suhu 32°C – 38°C dengan kelembaban diantara 40%RH.– 70%RH.

Kata Kunci: Suhu; Kelembaban; Logika fuzzy; DHT11.

PENDAHULUAN

Burung puyuh adalah salah satu jenis burung yang memiliki ukuran relatif kecil, memiliki kaki pendek dan tidak bisa terbang. Ternak puyuh dikembangkan untuk menghasilkan telur dan daging, walaupun demikian kontribusinya relatif masih sangat kecil dibanding kontribusi dari komoditi unggas yang lainnya [1]. Setelah telur burung puyuh menetas, anakan burung puyuh memerlukan tempat yang hangat sebagai pengganti induknya untuk menjaga suhu tubuhnya. Suhu yang dibutuhkan anakan burung puyuh adalah sesuai perkembangan tumbuh burung puyuh, yaitu semakin bertambah umurnya suhu pada kandang akan semakin tinggi, karena kepadatan burung puyuh pada kandang akan mempengaruhi suhu di dalam kandang. Pada proses ini anakan puyuh memerlukan waktu kurang lebih 10 hari untuk bisa menyesuaikan suhu lingkungannya. Pada minggu pertama, temperatur yang dibutuhkan kurang lebih 37°C dan setiap minggu berikutnya temperatur diturunkan sampai mencapai temperatur ruang 28°C [2]. Setelah umur 10 hari bulu pada burung puyuh sudah tumbuh hampir merata.

Dalam budidaya burung puyuh sudah banyak peternak yang menggunakan alat untuk menghangatkan anakan burung puyuh setelah proses penetasan dengan cara manual. Proses tersebut adalah dengan memanfaatkan efek panas dari lampu pijar, dengan menggunakan termometer sebagai penunjuk suhunya dan harus dipantau secara berkala. Dengan cara manual seperti ini, tidak jarang peternak mengalami kerugian karena banyaknya bibit puyuh yang mati diakibatkan berdesak-desakan ketika suhu dalam kandang tidak sesuai, yaitu terlalu panas atau kurang panas.

Untuk mengatasi permasalahan tersebut dirancang suatu sistem pengendali suhu dan kelembaban kandang anakan burung puyuh berbasis logika *fuzzy* dengan menggunakan Arduino UNO. Pengendali berbasis logika *fuzzy* lebih sesuai diterapkan pada sistem yang tidak linier dan dipengaruhi oleh lingkungan sistem [3]. Sistem ini digunakan untuk menjaga kestabilan suhu dan kelembaban pada kandang anakan burung puyuh dengan suhu dan kelembaban yang ideal sesuai yang dibutuhkan oleh anakan burung puyuh. Suhu dan kelembaban kandang yang ideal bisa dilihat pada perilaku anakan burung puyuh di dalam kandang. Ketika anakan burung puyuh berkerumun di sekitar pemanas maka suhu dalam kandang tersebut kurang panas. Dan ketika anakan burung puyuh berkumpul di dekat dinding atau menjauhi pemanas maka suhu dalam kandang tersebut terlalu panas. Dan pada saat suhu dalam kandang sesuai, maka anakan burung puyuh cenderung menyebar pada seluruh

ruang kandang.

Sistem kendali ini terdiri dari Arduino UNO sebagai papan pengendali sistemnya serta sensor DHT11 yang digunakan sebagai pendeteksi suhu dan kelembaban kandang. Sumber panas di dalam kandang menggunakan pemanas (*heater*) yang dilengkapi dengan kipas untuk menyebarkan panas dari *heater*, sinyal dari sensor digunakan sebagai parameter pengendali suhu dan kelembaban kandang dengan mengatur PWM untuk mengendalikan *heater* dan kipas ketika suhu pada kandang terlalu panas atau kurang panas dan kelembaban terlalu lembab. Untuk menampilkan informasi suhu dan kelembaban di dalam kandang digunakan display LCD 16x2. Suhu yang dipakai untuk kandang pembibitan burung puyuh pada umur 0 – 10 hari pada kendali suhu secara manual kurang lebih 34°C - 38°C , dengan kelembaban antara 40%RH – 70%RH. Diharapkan dengan menerapkan sistem kendali suhu dan kelembaban ini, dapat mengurangi angka kematian pada anakan burung puyuh dibandingkan dengan menggunakan penghangatan cara manual.

LANDASAN TEORI

Anakan Burung Puyuh

Anakan burung Puyuh atau di sebut dengan DOQ (*Day Old Quail*) merupakan bibit burung puyuh pada umur 0 - 20 hari setelah menetas. Anak burung puyuh yang sehat berbulu kuning mengembang, gerakannya lincah, besarnya seragam dan aktif mencari makan atau minum [4]. Pada fase ini anakan burung puyuh membutuhkan perlakuan khusus, yaitu dalam segi pemberian pakan, vitamin, serta suhu dan kelembaban kandang yang ideal. Suhu yang sesuai dalam kandang sangat penting untuk menjaga suhu tubuh burung puyuh agar burung puyuh tersebut tidak berdesak-desakan. Anakan burung puyuh dapat dilihat pada Figure 1

[Figure 1 about here.]

Arduino UNO

Arduino UNO adalah papan rangkaian kendali berbasis mikrokontroler ATmega 328 dan bersifat terbuka (*open source*). Arduino Uno R3 memiliki 14 *digital input/output* (6 diantaranya dapat digunakan untuk *PWM output*), 6 *analog input*, 16 MHz osilator kristal, *USB connection*, *power jack*, *ICSP header* dan tombol *reset* [5]. Port USB pada papan Arduino UNO digunakan sebagai komunikasi ke komputer atau peranti lain dengan menggunakan komunikasi standar *serial RS-232*.

[Figure 2 about here.]

Figure 2 Papan Arduino UNO dapat diprogram dengan

mu- dah menggunakan aplikasi Arduino IDE (*Integrated Development Environment*). kode pemrograman yang digunakan digu- nakan adalah bahasa C/C++ dan diberi istilah Arduino “*sketch*” atau disebut juga *source code Arduino* dengan ekstensi file *source code .ino*.

Sensor DHT11

DHT-11 adalah jenis sensor yang dapat mendeteksi suhu dan kelembaban atmosfer di sekitarnya serta tersedia hampir di semua tempat di dunia [6]. Sensor DHT11 memiliki tingkat stabilitas yang sangat baik serta fitur kalibrasi yang sangat akurat. Koefisien kalibrasi disimpan dalam OTP program memory. Koofisien tersebut akan di gunakan untuk mengkalibrasi keluaran dari sensor selama proses pengukuran. Ukurannya yang kecil dan konsumsi daya yang rendah membuat sensor ini adalah pilihan yang tepat untuk pengendalian suhu dan kelembaban. Sensor DHT11 dapat beroperasi dengan tegangan low power, yaitu sebesar 3 – 5,5 volt. Lihat pada Figure 3.

[Figure 3 about here.]

Heater

Heater atau pemanas merupakan suatu devais yang merubah besaran energi listrik menjadi besaran energi panas. Dalam segi suplai tegangan, *heater* di bedakan menjadi dua jenis yaitu *heater DC* dan *heater AC*. Bentuk dan tipe dari Electrical Heating Element (elemen pemanas listrik) bermacam macam disesuaikan dengan fungsi, tempat pemasangan dan media yang akan dipanaskan. Material yang digunakan sebagai elemen pemanas umumnya berupa konduktor listrik yang baik, namun untuk mencapai tingkat disipasi panas yang lebih tinggi, ada kalanya konduktor listrik dicampur dengan material lain yang dapat meningkatkan kemampuan (kapasitas) panas yang dihasilkan oleh konduktor listrik seperti lapisan isolator atau keramik yang membungkus bagian konduktor [7]. Ada 2 macam elemen pemanas listrik dari segi pelapisnya yaitu :

- Elemen Pemanas Listrik bentuk dasar adalah elemen pemanas dimana Resistance Wire hanya dilapisi oleh isolator listrik, contoh-contoh elemen pemanas bentuk ini adalah Keramik Heater, Bank Channel heater, Silica dan Quartz Heater, Black Body Keramik Heater.
- Elemen Pemanas Listrik bentuk lanjut merupakan elemen pemanas listrik dari bentuk dasar yang dilapisi oleh pipa atau lembaran plat logam yang bertujuan sebagai penyesuaian terhadap penggunaan dari elemen pemanas tersebut. Bahan logam yang biasa digunakan

adalah: tembaga, kuningan, stainless stell dan mild stell. Contoh heater yang termasuk dalam jenis ini adalah Tubular Heater, Catridge Heater, Band, Nozzle dan Stripe Heater.

Logika Fuzzy

Fuzzy logic/logika fuzzy termasuk dalam golongan kontrol cerdas, kontrol berbasis pengetahuan, atau kontrol ahli [8]. Logika *fuzzy* memiliki kemampuan dalam menyelesaikan masalah perilaku sistem yang kompleks, yang tidak dimiliki oleh sistem kendali konvensional. Ada beberapa hal yang perlu diketahui dalam memahami sistem *fuzzy*, yaitu: Variabel *fuzzy*, Himpunan *fuzzy*, Semesta Pembicaraan, Domain, Fuzzifikasi, Penentuan *Rule Base*, Fungsi Keanggotaan.

Variabel *fuzzy* merupakan variabel yang hendak dibahas dalam suatu sistem *fuzzy*. Contoh: umur, temperatur, permintaan, dsb. Himpunan *fuzzy* merupakan suatu grup yang mewakili suatu keadaan atau kondisi tertentu dalam suatu variabel *fuzzy*. Semesta pembicaraan adalah keseluruhan nilai yang diperbolehkan untuk dioperasikan dalam suatu variabel *fuzzy*. Semesta pembicaraan merupakan himpunan bilangan real yang senantiasa naik (bertambah) secara monoton dari kiri kekanan. Domain himpunan *fuzzy* adalah keseluruhan nilai yang diijinkan dalam semesta pembicaraan dan boleh dioperasikan dalam suatu himpunan *fuzzy*. Proses fuzzifikasi merupakan proses untuk mengubah variabel *non-fuzzy* (variabel numerik) menjadi variabel *fuzzy* (variabel linguistik). Nilai masukan-masukan yang masih dalam bentuk variabel numerik yang telah dikuantisasi sebelum diolah oleh pengendali *fuzzy* harus diubah terlebih dahulu kedalam variabel *fuzzy*. Melalui fungsi keanggotaan yang telah disusun maka nilai-nilai masukan tersebut menjadi informasi *fuzzy* yang berguna nantinya untuk proses pengolahan secara *fuzzy* pula. *Rule base* adalah sekelompok aturan *fuzzy* dalam berhubungan dengan keadaan sinyal masukan dan sinyal keluaran. *Rule base* merupakan dasar dari pengambilan keputusan atau *inference* proses untuk mendapatkan aksi keluaran sinyal kontrol dari suatu kondisi masukan yaitu *error* dan delta *error* dengan berdasarkan aturan-aturan yang telah ditetapkan. Proses *rule base* berfungsi untuk mencari suatu nilai *fuzzy output* dari *fuzzy input*. Fungsi Keanggotaan (*membership function*) adalah suatu kurva yang menunjukkan pemetaan titik-titik *input* data kedalam nilai keanggotaannya (sering juga disebut dengan derajat keanggotaan) yang memiliki interval antara 0 sampai 1. Salah satu cara yang dapat digunakan untuk mendapatkan nilai keanggotaan adalah dengan melalui pendekatan fungsi. Ada beberapa fungsi yang bisa digunakan.

PWM

Secara umum *Pulse Width Modulation (PWM)* adalah sebuah cara untuk merekayasa lebar sinyal yang dinyatakan dengan pulsa dalam suatu perioda, sehingga diperoleh tegangan rata-rata yang berbeda.

Pada metode digital setiap adanya perubahan nilai PWM selalu dipengaruhi oleh resolusi dari PWM itu sendiri. Misalkan PWM digital 8 bit berarti PWM tersebut memiliki resolusi 28 = 256, maksudnya nilai keluaran PWM ini memiliki 256 variasi, variasinya mulai dari 0 – 255 yang mewakili *duty cycle* 0 – 100% dari keluaran PWM tersebut [9]. Frekuensi gelombang dari sinyal PWM adalah tetap, tetapi memiliki *duty cycle* yang bervariasi antara 0 – 100% yang dicari dengan menggunakan persamaan 1 [10].

$$D \frac{T_{on}}{T_{off}} \quad (1)$$

dengan D adalah *duty cycle*, T_{ON} adalah waktu nyala dan T_{OFF} adalah waktu mati dan maka waktu total (T_{Tot}) adalah:

$$T_{Tot} = T_{ON} + T_{OFF} \quad (2)$$

Sehingga besar tegangan keluaran (V_{Out}) PWM adalah perkalian *duty cycle* dengan tegangan masukan (V_{in}).

$$V_{Out} = D \times V_{In} \quad (3)$$

Bentuk sinyal PWM ditunjukkan oleh Figure 4 sebagai berikut [11].

[Figure 4 about here.]

METODE

Tahap perancangan alat kendali suhu dan kelembaban budi- daya anakan burung puyuh meliputi perancangan awal, imple- mentasi, dan pengujian. Perancangan awal dalam penelitian ini meliputi desain perancangan perangkat keras (*hardware*) maupun perangkat lunak (*software*). Implementasi meliputi penerapan desain kedalam sistem dan kemudian dilakukan pen- gujian terhadap sistem.

Desain perangkat keras diantaranya adalah desain *box* kan- dang anakan burung puyuh. *Box* kandang anakan burung puyuh dibuat dengan ukuran anjang 60 cm, lebar 30 dan tinggi 30 cm yang digunakan untuk menampung 10 ekor anakan puyuh. De- sain *box* untuk kandang anakan burung puyuh ditunjukkan oleh Figure 5 sebagai berikut.

[Figure 5 about here.]

Pada perancangan kandang anakan burung puyuh, penem- patan *heater* diletakkan tepat di tengah-tengah kandang, bertu- juan agar suhu dapat menyebar merata di samping

kanan dan kiri *heater*. Penempatan sensor DHT11 diletakkan pada jarak 20 cm dari penempatan *heater*, bertujuan untuk mengetahui penyebaran suhu serta kelembaban pada ruang kandang. Penempatan kipas pada kandang anakan burung puyuh diletakkan pada bagian samping kandang, yaitu tepat pada tengah kandang (30 cm dari kanan dan kiri, 17 cm dari atas kandang). Penempatan kipas juga lurus dengan penempatan *heater*, agar ketika panas terlalu tinggi kipas bisa membantu mendinginkan *heater*.

[Figure 6 about here.]

Diagram blok rangkaian kendali seperti ditunjukkan pada Figure 6. Pengendali utama dari sistem pengendalian suhu bu- didaya anakan burung puyuh ini adalah Arduino UNO. LCD berfungsi sebagai penampil data suhu dan kelembaban didalam kandang. Sensor DHT11 berfungsi untuk memberikan *input* pembacaan suhu dan kelembaban didalam kandang kepada mikrokontroler Arduino. DHT11 dipilih karena sensor ini mampu bekerja pada range suhu antara 0° - 50°C ±2%, dan bekerja pada range kelembaban antara 20% - 90% RH ±5%. Selain itu, sensor DHT11 ini sudah cukup memenuhi syarat range pembacaan terhadap perubahan suhu dan kelembaban di dalam kandang puyuh pada periode *starter* yaitu pada rentang suhu antara antara 32 - 38°C dan range kelembaban antara 40%

- 70%RH. *Heater* dan kipas ebagai keluaran yang berfugsi un- tuk mengatur suhu dan *kelembaban* dalam kandang sesuai nilai masukan yang telah di tentukan oleh perangkat lunak. Kerja *heater* dan kipas akan diatur dengan PWM melalui *driver* motor.

Desain perangkat lunak dalam penelitian ini meliputi pro- gram untuk pengambilan data dari sensor DHT 11, pengolahan data menggunakan *fuzzy logic* sampai di dapatkannya suatu data keluaran yaitu berupa data nilai *duty cycle* PWM yang selanjut- nya akan digunakan sebagai data masukan dari *driver* motor.

[Figure 7 about here.]

Pada Figure 7 penelitian ini, Logika fuzzy yang digunakan adalah dengan menggunakan metode *Tsukamoto*. Pada metode *Fuzzy Tsukamoto*, setiap konsekuen pada *rule* yang berbentuk *IF-Then* harus direpresentasikan dengan suatu himpunan *fuzzy* dengan fungsi keanggotaan yang monoton sebagai hasilnya (proses fuzzifikasi) [12].

Variabel masukan *fuzzy* terdiri dari 2 varabel yaitu variabel suhu kandang dan variabel kelembaban kandang. Proses fuzzi- fikasi fungsi keanggotaan berupa variabel suhu memiliki 3 nilai linguistik yaitu hangat, cukup panas, dan panas.

[Figure 8 about here.]

Nilai keanggotaan untuk himpunan hangat pada variabel suhu seperti terlihat pada Figure 8 ditunjukkan oleh persamaan 4 sebagai berikut.

$$\mu [x] = \frac{b - x}{b - a} = \frac{35 - 34}{35 - 32} = \frac{1}{3} = 0,33 \quad (4)$$

Nilai keanggotaan untuk himpunan sangat hangat pada variabel suhu seperti terlihat pada Figure 8 ditunjukkan oleh persamaan 5 sebagai berikut.

$$\mu [x] = \frac{x - a}{b - a} = \frac{34 - 32}{35 - 32} = \frac{2}{3} = 0,6 \quad (5)$$

Sedangkan proses fuzzifikasi pada fungsi keanggotaan yang berupa kelembaban juga memiliki 3 nilai linguistik yaitu kering, agak kering, dan normal.

[Figure 9 about here.]

Nilai keanggotaan untuk himpunan normal pada variabel kelembaban seperti terlihat pada Figure 9 ditunjukkan oleh persamaan 6 sebagai berikut.

$$\mu [x] = \frac{b - x}{b - a} = \frac{50 - 43}{50 - 40} = \frac{3}{10} = 0,3 \quad (6)$$

Nilai keanggotaan untuk himpunan agak kering pada variabel kelembaban seperti terlihat pada Figure 9 ditunjukkan oleh persamaan 7 sebagai berikut.

$$\mu [x] = \frac{x - a}{b - a} = \frac{34 - 40}{50 - 40} = \frac{7}{10} = 0,7 \quad (7)$$

Keluaran yang dihasilkan pada perancangan kendali logika fuzzy pada sistem ini memiliki 2 buah output, yaitu berupa nilai duty cycle PWM untuk mengatur besarnya temperatur pemanas dan kecepatan putar kipas.

Untuk keluaran berupa kontrol suhu dan kelembaban memiliki 2 nilai linguistik, yaitu PWM naik dan turun. Inference ada tahap ini terjadi proses pengolahan data masukan yang berasal dari proses fuzzifikasi terhadap keluaran yang akan dikehendaki sesuai dengan aturan-aturan tertentu.

Dalam proses pembentukan Rule IF-Then pada penelitian ini, ada 8 aturan fuzzy/rule base yang ditetapkan sebagai dasar pengambilan keputusan/inference proses dalam mengendalikan suhu dan kelembaban kandang anakan burung puyuh. aturan fuzzy/rule base yang ditetapkan tersebut dibagi menjadi 2 kelompok yaitu rule base 1 dan rule base 2 dengan menggunakan operator AND (minimum)

antara lain:

Kelompok rule base 1

- a) IF suhu hangat AND kelembaban agak kering THEN PWM_(K) ditambah AND PWM_(H) dikurang.
- b) IF suhu hangat AND kelembaban normal THEN PWM_(K) ditambah AND PWM_(H) ditambah.
- c) IF suhu sangat hangat AND kelembaban agak kering THEN PWM_(K) dikurang AND PWM_(H) dikurang.
- d) IF suhu sangat hangat AND kelembaban normal THEN PWM_(K) dikurang AND PWM_(H) ditambah.

Kelompok rule base 2.

- a) IF kelembaban agak kering AND suhu hangat THEN PWM_(H) dikurangi AND PWM_(K) ditambah .
- b) IF kelembaban agak kering AND suhu sangat hangat THEN PWM_(H) dikurang AND PWM_(K) dikurang
- c) IF kelembaban normal AND suhu hangat THEN PWM_(H) dikurang AND PWM_(K) ditambah
- d) IF kelembaban normal AND suhu sangat hangat THEN PWM_(H) dikurang AND PWM_(K) dikurang.

Dari aturan fuzzy/rule base yang telah ditetapkan, maka nilai α – predikat (fire strength) dari setiap aturan tersebut ditentukan dengan menggunakan fungsi MIN pada aplikasi fungsi implikasinya sebagai berikut.

Rule base 1

$$\alpha - \text{predikat}_a = \text{MIN}(\mu \text{ hangat}; \mu \text{ normal}) = 0,33; 0,3 = 0,3$$

$$\alpha - \text{predikat}_b = \text{MIN}(\mu \text{ hangat}; \mu \text{ agak kering}) = 0,33; 0,7 = 0,33$$

$$\alpha - \text{predikat}_c = \text{MIN}(\mu \text{ cukup panas}; \mu \text{ normal}) = 0,6; 0,3 = 0,3$$

$$\alpha - \text{predikat}_d = \text{MIN}(\mu \text{ cukup panas}; \mu \text{ agak kering}) = 0,6; 0,7 = 0,6$$

Rule base 2

$$\alpha - \text{predikat}_a = \text{MIN}(\mu \text{ normal}; \mu \text{ hangat}) = 0,3; 0,33 = 0,3$$

$$\alpha - \text{predikat}_b = \text{MIN}(\mu \text{ normal}; \mu \text{ cukup panas}) = 0,3; 0,6 = 0,3$$

$$\alpha - \text{predikat}_c = \text{MIN}(\mu \text{ agak kering}; \mu \text{ hangat}) = 0,7; 0,33 = 0,33$$

$$\alpha - \text{predikat}_d = \text{MIN}(\mu \text{ agak kering}; \mu \text{ cukup panas}) = 0,7; 0,6 = 0,6$$

Pada tahap terakhir proses logika fuzzy dari penelitian ini

adalah mengubah himpunan *fuzzy* ke dalam bilangan real dengan menggunakan cara defuzzifikasi/penegasan. Defuzzifikasi pada perancangan kandang anakan burung puyuh ini berupa modulasi sinyal PWM yang digunakan mengontrol panas yang dikeluarkan *heater* dan mengatur kecepatan putar kipas pada sistem kontrol suhu dan kelembaban. Fungsi keanggotaan keluaran untuk duty cycle PWM yaitu rendah, normal dan tinggi. Dilihat pada Figure 10.

[Figure 10 about here.]

Nilai *z* dari setiap kebenaran pada *rule base* suhu adalah sebagai berikut.

$$\begin{aligned} z_1 &= c - (\alpha \text{ predikat}_a x A) = 255 - 25,5 = 229,5 \\ z_2 &= c - (\alpha \text{ predikat}_b x A) = 255 - 28,5 = 226,9 \\ z_3 &= (\alpha \text{ predikat}_c x A) + B = 25,5 + 170 = 195,5 \\ z_4 &= (\alpha \text{ predikat}_d x A) + B = 51 + 170 = 221 \end{aligned}$$

Sehingga nilai *Z* sebagai penegasan dari setiap fungsi kebenaran pada *rule base* suhu adalah sebagai berikut.

$$\begin{aligned} Z_{total} &= \frac{(\alpha \text{ pred}_a * Z_1 + \alpha \text{ pred}_b * Z_2 + \alpha \text{ pred}_c * Z_3 + \alpha \text{ pred}_d * Z_4)}{\alpha \text{ pred}_a + \alpha \text{ pred}_b + \alpha \text{ pred}_c + \alpha \text{ pred}_d} \\ &= \frac{0,3 * 229,5 + 0,33 * 226,9 + 0,3 * 195,5 + 0,6 * 221}{0,3 + 0,33 + 0,3 + 0,6} \\ &= \frac{334,97}{1,53} = 218,93 \end{aligned}$$

Nilai *z* dari setiap kebenaran pada *rule base* kelembaban adalah sebagai berikut.

$$\begin{aligned} z_1 &= c - (\alpha \text{ predikat}_a x A) = 255 - 25,5 = 229,5 \\ z_2 &= c - (\alpha \text{ predikat}_b x A) = 255 - 25,5 = 229,5 \\ z_3 &= (\alpha \text{ predikat}_c x A) + B = 26,9 + 170 = 196,9 \\ z_4 &= (\alpha \text{ predikat}_d x A) + B = 51 + 170 = 221 \end{aligned}$$

Sehingga nilai *Z* sebagai penegasan dari setiap fungsi kebenaran pada *rule base* kelembaban adalah sebagai berikut.

$$\begin{aligned} Z_{total} &= \frac{(\alpha \text{ pred}_a * Z_1 + \alpha \text{ pred}_b * Z_2 + \alpha \text{ pred}_c * Z_3 + \alpha \text{ pred}_d * Z_4)}{\alpha \text{ pred}_a + \alpha \text{ pred}_b + \alpha \text{ pred}_c + \alpha \text{ pred}_d} \\ &= \frac{0,3 * 229,5 + 0,3 * 229,5 + 0,33 * 196,9 + 0,6 * 221}{0,3 + 0,3 + 0,33 + 0,6} \\ &= \frac{335,27}{1,53} = 289,34 \end{aligned}$$

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Pengukuran Sensor DHT11

Pengujian pengukuran suhu dan kelembaban kandang anakan burung puyuh menggunakan sensor DHT11 di lakukan agar mengetahui selisih *error* pembacaan sensor

DHT11. Pen- gujian pengukuran DHT11 dilakukan dengan membandingkan skala suhu yang dihasilkan oleh sensor DHT11 dengan pem- bacaan termometer analog pada waktu dan tempat yang sama. Sedangkan pengukuran kelembaban sensor DHT11 dilakukan dengan membandingkan skala kelembaban yang dihasilkan oleh sensor DHT11 dengan skala yang dihasilkan hygrometer pada waktu dan tempat yang sama. Hasil dari perbandingan pengukuran sensor tersebut diperoleh selisih nilai dan di- lakukan perhitungan sehingga didapatkan nilai *error* dari sensor DHT11. Rentang suhu yang digunakan dalam pengukuran ini adalah 25 – 40°C yang diukur menggunakan termometer analog.

[Table 1 about here.]

Hasil perbandingan pada pengukuran suhu dan kelembaban kandang anakan burung puyuh menggunakan sensor DHT11 dengan termometer analog seperti yang disajikan pada Table I diperoleh rata-rata *error* suhu sebesar 1%. Sedangkan rata-rata *error* pengukuran kelembaban menggunakan sensor DHT11 dengan hygrometer sebesar 2%. Rentang *error* pembacaan suhu dan kelembaban tersebut masih sangat kecil dan termasuk dalam batas toleransi.

B. Keluaran PWM menggunakan Fuzzy Logic

Data nilai *duty cycle* PWM *heater* dan PWM kipas yang disajikan pada Table II diperoleh dari hasil proses defuzzifikasi berdasarkan perubahan suhu dan kelembaban kandang anakan burung puyuh.

[Table 2 about here.]

Keluaran nilai *duty cycle* PWM yang ditunjukkan oleh Table II adalah nilai *duty cycle* PWM untuk mengendalikan panas dari *heater* dan kecepatan putar kipas dengan menggunakan kendali logika *fuzzy*. Dari data yang ditunjukkan oleh Table II diperoleh data bahwa kemampuan kendali logika *fuzzy* mampu mengendalikan nilai *duty cycle* PWM berdasarkan perubahan nilai suhu dan kelembaban. Sehingga dapat menjaga kestabilan suhu dan kelembaban dalam kandang anakan burung puyuh.

KESIMPULAN

Rentang *error* pembacaan suhu dan kelembaban oleh sensor DHT11 pada kandang anakan burung puyuh adalah 1% dan 2%. Rentang *error* pembacaan suhu dan kelembaban tersebut masih sangat kecil dan termasuk dalam batas toleransi. Kendali suhu dan kelembaban pada kandang anakan burung puyuh menggunakan logika *fuzzy* metode *Tsukamoto* mampu mengendalikan nilai *duty cycle* PWM *heater* maupun PWM kipas berdasarkan perubahan nilai suhu dan kelembaban. Sehingga sistem kendali menggunakan logika *fuzzy* dapat

menjaga kestabilan suhu dan kelembaban dalam kandang anakan burung puyuh.

REFERENSI

- [1] K. Ismawati, A. Nurhidayat, & “kajian Ekonomi Alih Teknologi Melalui Rekayasa Mesin Penetas Otomatis Ternak Puyuh, “KAJIAN EKONOMI ALIH TEKNOLOGI MELALUI REKAYASA MESIN PENETAS OTOMATIS TERNAK PUYUH,” pp. 289–294, 2019.
- [2] R. K. Listiyowati, E, & B. Puyuh, “Beternak Puyuh.” Yogyakarta: Citra Aji Pratama, 2004.
- [3] N. E. Maidah, A. E. Putra, & R. Pulungan, “Perancangan Perangkat Keras Pengendali Fuzzy Berbasis Mikrokontroler ATmega32 sebagai Pengendali Suhu dan Kelembaban,” 2012.
- [4] I. Faktaria & “produktivitas Burung Puyuh Umur. Minggu Yang Dipelihara Pada Tingkat Kepadatan Kandang Yang Berbeda, 2014.
- [5] A. Rahmadiansyah, E. Orlanda, M. Wijaya, H. W.Nugroho, & R. Firmansyah, “Perancangan Sistem Telemetry Untuk Mengukur Intensitas Cahaya Berbasis Sensor Light Dependent Resistor Dan Arduino Uno,” *Journal of Electrical and Electronic Engineering-UMSIDA*, vol. 1, no. 1, pp. 15–15, 2017. [Online]. Available: [10.21070/jeeeu.v1i1.760](https://dx.doi.org/10.21070/jeeeu.v1i1.760); <https://dx.doi.org/10.21070/jeeeu.v1i1.760A>.
Mallik, S. A. Hossain, A. B. Karim, & S. M. Hasan, “Development of LOCAL-IP based Environmental Condition Monitoring using Wireless Sensor Network,” *International Journal of Sensors, Wireless Communications and Control*, vol. 9, no. 4, pp. 454–461, 2019. [Online]. Available: [10.2174/2210327909666190208161832](https://doi.org/10.2174/2210327909666190208161832); <https://doi.org/10.2174/2210327909666190208161832>
- [6] M. Meriadi, S. Meliala, & M. Muhammad, “PERENCANAAN DAN PEMBUATAN ALAT PENERING BIJI COKLAT DENGAN WADAH PUTAR MENGGUNAKAN PEMANAS LISTRIK,” *Jurnal Energi Elektrik*, vol. 7, no. 2, pp. 47–47, 2018. [Online]. Available: [10.29103/jee.v7i2.1061](https://doi.org/10.29103/jee.v7i2.1061); <https://dx.doi.org/10.29103/jee.v7i2.1061>
- [7] C. W. Silva, “Intelligent control: fuzzy logic applications. CRC press,” 2018.
- [8] G. Turesna, Z. Zulkarnain, & H. Hermawan, “Pengendali Intensitas Lampu Ruangan Berbasis Arduino UNO Menggunakan Metode Fuzzy Logic,” *Jurnal Otomasi Kontrol dan Instrumentasi*, vol. 7, no. 2, pp. 73–73, 2017. [Online]. Available: [10.5614/joki.2015.7.2.2](https://doi.org/10.5614/joki.2015.7.2.2); <https://dx.doi.org/10.5614/joki.2015.7.2.2>
- [9] R. Dewi, “Efek Duty Cycle Pwm pada Pengendalian Kecepatan Motor BLDC 3 Phasa,” *J. Electr. Power Control Autom*, vol. 1, no. 1, pp. 14–19, 2018.
- [10] A. Budijanto, . . Pengaturan, Motor, Pada, L. Follower, Pulse, & Modulation, pp. 1162–1169, 2018.
- [11] Y. Ferdiansyah & N. Hidayat, “Implementasi Metode Fuzzy-Tsukamoto Untuk Diagnosis Penyakit Pada Kelamin Laki Laki,” *J. Pengemb. Teknol. Inf. dan Ilmu Komputer*, ISSN, vol. 2548, pp. 964–964, 2018.

Conflict of Interest Statement: The author declares that the research was conducted in the absence of any commercial or financial relationships that could be construed as a potential conflict of interest.

Copyright © 2020 Author [s]. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (CC BY). The use, distribution or reproduction in other forums is permitted, provided the original author(s) and the copyright owner(s) are credited and that the original publication in this journal is cited, in accordance with accepted academic practice. No use, distribution or reproduction is permitted which does not comply with these terms.

Received: 2020-03-11

Accepted: 2020-03-28

Published: 2020-04-26

DAFTAR TABEL

I	Hasil perbandingan pengukuran suhu dan kelembaban oleh sensor DHT11 dengan termometer analog dan hygrometer	50
II	Hasil keluaran PWM.....	51

TABLE I. HASIL PERBANDINGAN PENGUKURAN SUHU DAN KELEMBABAN OLEH SENSOR DHT11 DENGAN TERMOMETER ANALOG DAN HYGROMETER

Termometer analog (°C)	DHT11		Hygrometer	Error (%)	
	Suhu (°C)	Kelembaban (%RH)	Kelembaban (%RH)	suhu	Kelembaban
25	25,0	40	45	0	12
26	26,0	41	42	0	2
27	26,0	43	41	3	4
28	27,0	45	45	3	0
29	28,0	47	46	3	2
30	29,0	49	47	3	4
31	31,0	50	49	0	2
32	32,0	52	52	0	0
33	32,0	55	53	3	3
34	33,0	58	58	2	0
35	34,0	60	60	2	0
36	36,0	63	62	0	1
37	37,0	65	62	0	4
38	38,0	68	64	0	5
39	38,0	70	70	2	0
40	39,0	72	70	2	2
Rata-rata Error				1	2

TABLE II. HASIL KELUARAN PWM

Pukul	Suhu (°C)	Pwm Heater	Kelembaban (%RH)	PWM Kipas
07.00	32	217,22	60	178,33
	32	212,69	54	201,33
	33	214,35	51	299,00
	34	209,00	50	209,00
	32	215,52	51	212,83
	33	214,35	51	209,00
	33	226,25	45	226,25
	31	255,00	53	209,00
	33	212,65	53	203,25
12.00	32	235,36	44	239,67
	34	206,28	56	195,20
	33	217,18	49	214,75
	34	206,17	55	197,50
	34	209,48	49	210,58
	33	212,65	56	203,25
	34	206,28	56	195,20
	37	182,77	56	194,63
	35	197,50	50	206,17
17.00	32	214,20	58	186,00
	34	226,25	35	0,00
	32	217,22	60	178,33
	33	212,23	54	200,38
	33	213,36	58	188,88
	32	213,26	57	189,83
	33	213,36	58	188,88
	33	219,03	48	217,63
	36	188,38	57	192,90
	34	209,00	50	209,00
	32	235,36	44	239,67
	33	255,00	35	0,00

DAFTAR GAMBAR

1	Anakan burung buyuh usia 10 hari.....	53
2	Arduino UNO.....	53
3	Sensor DHT11.....	53
4	Bentuk sinyal PWM.....	54
5	Desain kandang anakan burung puyuh.....	54
6	Diagram blok perangkat keras.....	54
7	Diagram alir program.....	55
8	Kurva fungsi keanggotaan suhu.....	56
9	Kurva fungsi keanggotaan kelembaban.....	56
10	Fungsi keanggotaan keluaran.....	56



Figure 1. Anakan burung buyuh usia 10 hari



Figure 2. Arduino UNO

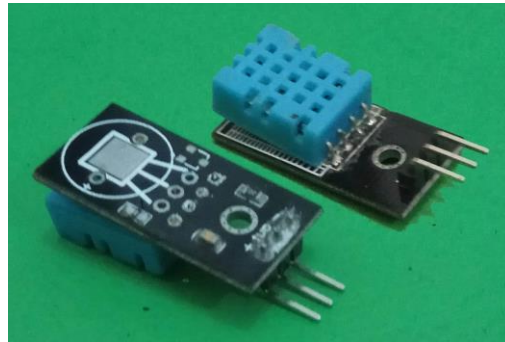


Figure 3. Sensor DHT11

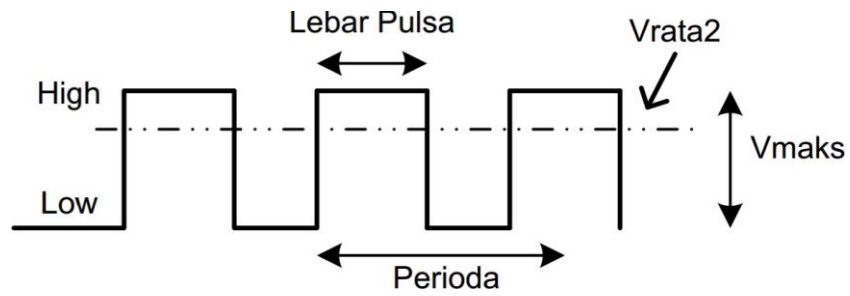


Figure 4. Bentuk sinyal PWM

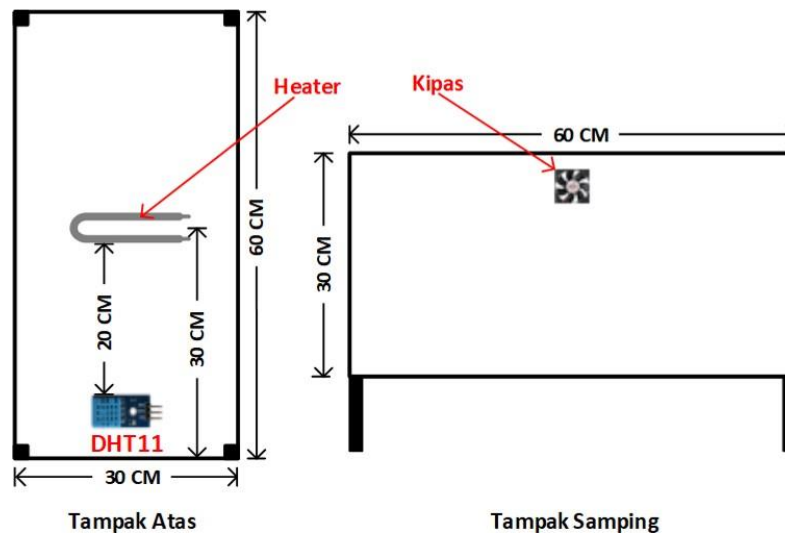


Figure 5. Desain kandang anakan burung puyuh

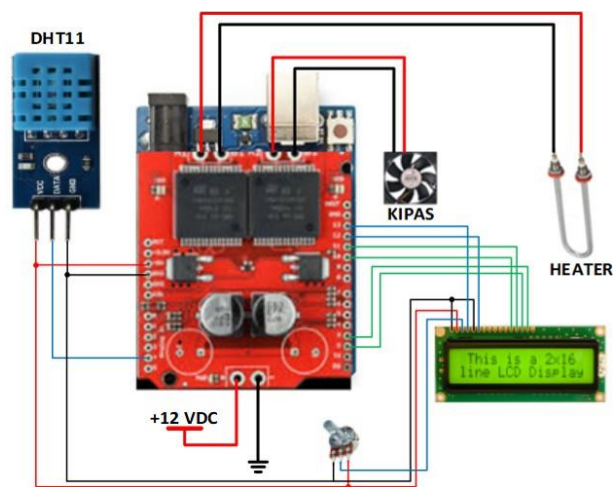


Figure 6. Diagram blok perangkat keras



Figure 7. Diagram alir program

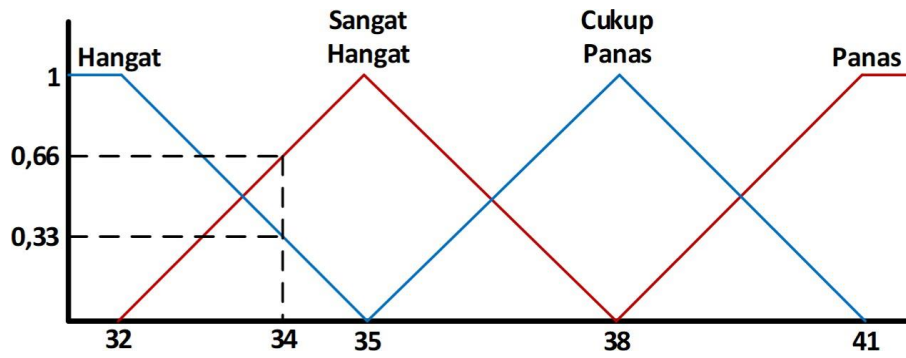


Figure 8. Kurva fungsi keanggotaan suhu

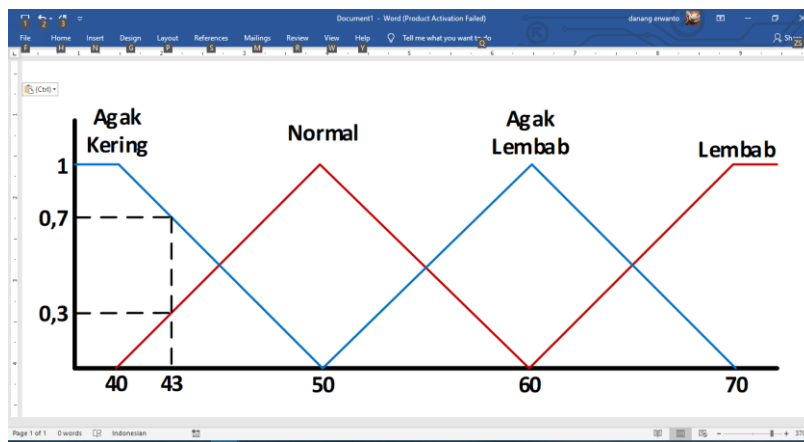


Figure 9. Kurva fungsi keanggotaan kelembaban

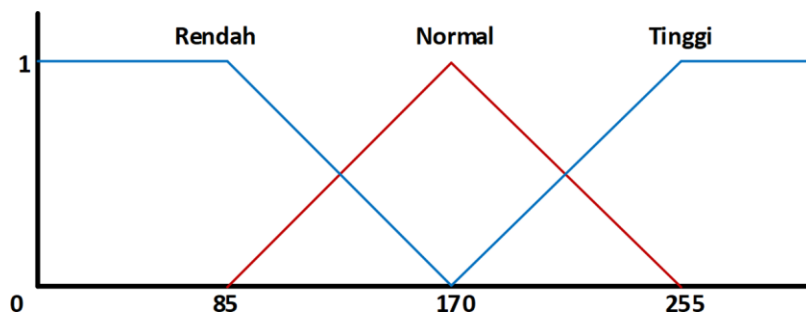


Figure 10. Fungsi keanggotaan keluaran