

Rancang Bangun Sistem Pengendali Temperatur dan Cahaya Ruangan Otomatis Menggunakan Fuzzy Logic Controller pada Microcontroller Arduino

Reinardus Redo Haryono

Abstrak— Indonesia merupakan negara tropis dimana energi matahari sangat berlimpah. Oleh sebab itu, energi matahari ini dapat dimanfaatkan. Sebagai contoh yaitu untuk penerangan ruangan dan sumber panas alami. Penerangan ruangan dengan menggunakan cahaya matahari ini dapat dilakukan dengan menggunakan diafragma seperti pada kamera. Namun, hal ini membutuhkan gerakan yang adaptif agar dapat selalu menyesuaikan dengan posisi matahari dan intensitas cahaya di dalam ruangan. Untuk mengendalikan suhu ruangan, digunakan kipas yang dapat dikendalikan kecepatannya. Untuk mengendalikan keseluruhan sistem ini, digunakan Microcontroller Arduino. Arduino ini diprogram dengan algoritma fuzzy sehingga dapat menyesuaikan temperatur dan cahaya ruangan sesuai dengan keinginan pengguna. Hasil dari penelitian ini yaitu terciptanya sebuah sistem yang mampu menyesuaikan temperatur dan cahaya ruangan secara otomatis sesuai dengan keinginan pengguna.

Kata Kunci: Arduino, Algoritma Fuzzy, Microcontroller.

Abstract— Indonesia is a tropical country where its solar energy is very abundant. Therefore, this solar energy can be utilized. For examples are for natural room lighting and heat source. Lighting the room with sunlight can be done by using the camera-like diaphragm. However, it requires an adaptive movement in order to adapt to the position of the sun and the intensity of light in the room. To control room temperature, a speed-controlled fan is used. To control the whole system, the Arduino Microcontroller will be used. This Arduino will be programmed with fuzzy algorithm so it can adjust the temperature and light of the room in accordance with the wishes of the user. The result of this research is the creation of a system that is able to adjust the temperature and light of the room automatically in accordance with the wishes of the user.

Keywords: Arduino, Fuzzy Algorithm, Microcontroller.

I. PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara tropis, dimana Indonesia hanya memiliki 2 musim, yaitu musim hujan dan musim kemarau. Karena hal itu juga, Indonesia juga mampu mendapatkan cahaya matahari selama 12 jam setiap harinya. Hal ini merupakan sebuah keuntungan yang dapat dimanfaatkan dan dimaksimalkan sebagai sumber cahaya dan panas alami.

Dalam penggunaan cahaya matahari sebagai pengganti lampu, maka diperlukan pengaturan pada jalan masuk cahaya ke ruangan agar cahaya tersebut dapat diatur dengan tepat. Pada penelitian ini, peneliti mencoba menggunakan diafragma seperti pada kamera sebagai jalan masuk cahaya ke ruangan. Sistem ini juga diimplementasikan pada Arab World Institute oleh Jean Nouvel secara elektrik [1]. Metode ini diimplementasikan secara otomatis dengan menggunakan *microcontroller* Arduino sehingga lebih adaptif. Dalam mengatur panas dari matahari, peneliti mencoba menggunakan fan atau kipas.

Arduino merupakan sebuah perangkat yang dikembangkan secara open source dan berfungsi sebagai pengendali mikro single-board. Perangkat ini dirancang untuk memudahkan penggunaan elektronik dalam berbagai bidang. Selain harganya terjangkau dan cukup terkenal, Arduino juga memiliki dukungan komunitas sehingga lebih mudah untuk mencari tutorial penggunaan Arduino [2].

Agar sistem dapat berjalan pada Arduino secara, diperlukan sebuah algoritma. Peneliti memilih menggunakan algoritma Fuzzy, karena terbukti berdasarkan penelitian sebelumnya, algoritma Fuzzy dapat memenuhi kebutuhan peneliti seperti telah dilaksanakan pada berbagai penelitian sebelumnya, misalnya pada pembuatan sistem pengontrol temperatur [3], sistem pengontrol temperatur dan kelembapan ruang [4], dan juga sistem pengontrol kecepatan kipas [5].

Dalam menerapkan sistem kontrol, terdapat beberapa pilihan algoritma, seperti menggunakan PID dan Fuzzy Logic Controller. Pada penelitian terdahulu, telah dibuktikan bahwa algoritma Fuzzy memiliki performa yang lebih baik, namun memiliki prosentase eror yang sedikit di atas PID, namun sangat kecil sehingga dapat diabaikan [6]. Untuk mengembangkan algoritma Fuzzy agar lebih akurat, ditemukan bahwa ada beberapa cara seperti mengatur parameternya karena parameter-parameter pada algoritma Fuzzy saling terkait satu sama lain.

Pada penelitian ini, akan dilakukan proses rancang bangun sistem pengendali temperatur dan cahaya ruangan melalui diafragma dan fan secara otomatis. Microcontroller Arduino akan digunakan agar sistem dapat berjalan dengan otomatis dan dapat menyesuaikan temperatur dan cahaya. Algoritma Fuzzy akan digunakan untuk mengendalikan gerakan *servo* yang digunakan untuk menggerakkan diafragma kamera dan algoritma ini juga digunakan untuk mengatur kecepatan fan atau kipas. Penelitian ini bertujuan merancang dan membangun sistem pengendali temperatur

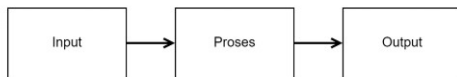
¹ Mahasiswa, Jurusan Teknik Informatika Fakultas Industri Kreatif Universitas Ciputra, Jln. UC Town, Citraland, Surabaya 60219 INDONESIA (telp: 031-7451699; fax: 031-7451698; e-mail: rredo@student.ciputra.ac.id)

dan cahaya ruangan otomatis menggunakan Fuzzy logic controller pada microcontroller Arduino.

II. LANDASAN TEORI

A. Sistem Kontrol Closed Loop

Sistem kontrol adalah hubungan antar komponen yang membentuk suatu sistem konfigurasi yang akan memberikan respon sistem yang diinginkan. Dasar dari analisa sebuah sistem yaitu sistem linier, yang berarti hubungan sebab-akibat pada komponen dalam sistem. Gambar sistem linier dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Sistem Linier

Terdapat 2 jenis sistem kontrol, yaitu *open loop* dan *closed loop*. Pada sistem *open loop* terdapat controller untuk mendapatkan hasil yang diinginkan. Controller atau *actuator device* ini juga digunakan untuk mengontrol proses secara langsung tanpa menggunakan alat [7]. Sistem open loop ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Sistem Open Loop

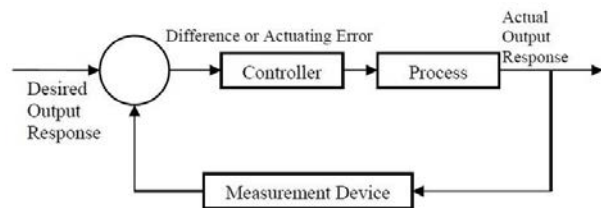
Sistem kontrol *closed loop* dapat didefinisikan sebagai sistem dimana output selalu dibandingkan dengan perintah, dan hasilnya akan digunakan agar luaran sesuai dengan perintah [8]. Sistem *closed loop* menggunakan pengukuran tambahan dari output aktual untuk membandingkan output sebenarnya dengan respon luaran yang diinginkan. Pengukuran luaran ini dinamakan *feedback signal* [7]. Sistem *closed loop* ditunjukkan pada Gambar 3.

B. Microcontroller

Microcontroller sebenarnya merupakan campuran antara microcomputer dengan microprocessor. Microprocessor atau biasa disebut CPU (Central Processing Unit) merupakan pusat dari komputer. Biasanya microprocessor ini terdiri dari arithmetic logic unit, sebuah instruction decoder, beberapa registers, dan baris digital input/output. Sedangkan microcomputer merupakan rangkaian alat yang mengandung seluruh komponen dari sebuah komputer dalam circuit kecil (tidak selalu dalam 1 chip).

Microcomputer terdiri dari CPU, media penyimpanan, dan perangkat IO. Seperti microprocessor, microcontroller merupakan 1 alat, namun itu mengandung microcomputer dalam 1 chip. Maka dari itu, microcontroller akan memiliki processor, *on-board* memory, dan juga beberapa IO

devices. Microcontroller memiliki kelebihan lebih sederhana dibandingkan microcomputer, namun ini mengorbankan fleksibilitas. Sebuah microcomputer dapat diatur jumlah memorinya secara spesifik atau perangkat yang terhubung.



Gambar 3. Sistem Closed-loop

Microcontroller secara umum ukuran memori dan peripheral-nya ditentukan oleh pembuat. Microcontroller didesain hanya untuk dapat mengumpulkan data secara mandiri dan mengontrol perangkat, bukan untuk interaksi manusia atau tugas jaringan, perangkat IO-nya pun berbeda dengan microcomputer. Sebagai contoh pada microcontroller menggunakan perangkat IO seperti analog-digital converters, timers, dan juga external interrupts. Kemudian pada microcomputer dapat menggunakan perangkat IO seperti monitor dan keyboard [9].

C. Arduino

Arduino adalah platform komputasi fisik yang open source untuk membuat obyek interaktif yang dapat berdiri sendiri atau berkolaborasi dengan software pada komputer. Software dan hardware Arduino bersifat open source yang memiliki filosofi untuk mendorong komunitas untuk saling berbagi. Ini sangat bagus untuk pemula karena bantuan-bantuan biasanya dapat ditemui dengan mudah, antara lain menggunakan Internet, dalam bermacam-macam tingkat kesulitan, dan berbagai macam topik. Contoh proyek juga ditampilkan tidak hanya dalam bentuk gambar proyek yang telah selesai, namun terdapat instruksi pembuatan juga.

Arduino memiliki software Integrated Development Environment (IDE) yang gratis. Dapat diunduh di website resmi Arduino yaitu www.arduino.cc. IDE ini dapat berjalan di Windows, Macintosh, dan juga Linux.

Salah satu kelebihan dari Arduino yaitu harganya cukup murah (sekitar \$30). Selain itu, Arduino juga memiliki cukup toleransi terhadap kesalahan pemula. Jika komponen utama Arduino rusak, dapat diganti hanya dengan \$4.

Arduino terdiri dari 2 bagian, yaitu *board* Arduino, yang adalah *hardware* yang digunakan untuk membangun obyek, dan Arduino IDE, *software* yang dijalankan di komputer. IDE tersebut digunakan untuk memprogram Arduino.

Salah satu jenis Arduino yaitu Arduino Uno, dengan seri terbaru Arduino Uno Rev. 3. Arduino Uno merupakan Arduino yang paling sederhana digunakan dan paling baik untuk belajar. Arduino Uno ini berbasis Atmega328. Arduino Uno memiliki 14 pin I/O digital, 6 pin *input* analog, dan 6 pin *output* analog. Arduino Uno dapat

dinyalakan dengan energi dari *port* USB komputer, sebagian besar USB *charger*, atau *adapter* AC (direkomendasikan 9V). Untuk kemampuan Arduino Uno itu sendiri, seperti pada penelitian yang telah dilakukan, Arduino Uno mampu menjalankan algoritma *fuzzy* dengan 7 *membership function* [10]. Pada penelitian lain juga dibuktikan Arduino Uno mampu menjalankan *neural network* dengan 4 *input*, 1 *hidden layer* yang terdiri dari 2 *neuron* dengan fungsi aktivasi tan sigmoid, dan output layer dengan 1 *neuron* dengan fungsi aktivasi linier murni [11].

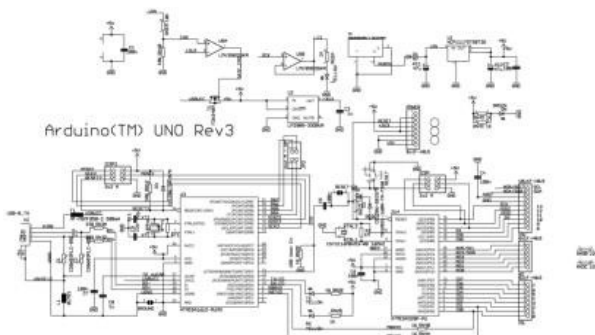
Untuk memprogram Arduino, dapat dilakukan langkah-langkah berikut:

1. Menyambungkan Arduino Uno ke port USB pada komputer dengan kabel USB.
2. Menuliskan kode program dengan menggunakan IDE untuk memberi perintah pada Arduino yang telah terhubung.
3. *Upload* kode dan menunggu Arduino dalam proses restart.
4. Arduino Uno mengeksekusi program yang telah diupload [2].

Bentuk fisik Arduino dapat dilihat pada Gambar 4, sedangkan Gambar skematik Arduino dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 4 Arduino Uno Rev.3



Gambar 5. Skematik Arduino Uno

D. Fuzzy Logic

Secara umum fuzzy model TSK tipe 1 dapat dideskripsikan sebagai fuzzy dengan aturan jika-maka atau IF-THEN, yang merepresentasikan hubungan input- output pada sistem [12]. Output ini nantinya tidak berupa himpunan fuzzy, melainkan berupa konstanta atau persamaan linier. Secara umum, bentuk model inferensi fuzzy metode TSK tipe 1 terlihat pada Rumus (1).

$$\begin{aligned} &\text{IF } (x_1 \text{ is } A_1) \text{ o } (x_2 \text{ is } A_2) \text{ o } \dots \text{ o } (x_N \text{ is } A_N) \\ &\text{THEN } z = p_1 * x_1 + \dots + p_N * x_N + q \end{aligned} \quad (1)$$

Dimana himpunan fuzzy ke-*i* pada variabel x_j , p_j merupakan sebuah konstanta yang bersifat crisp. Himpunan tersebut merupakan koefisien pada variabel x_j dimana q adalah sebuah konstanta untuk persamaan linier. Apabila fire strength (α_r) dan nilai z_r untuk setiap aturan ke- r telah diperoleh ($r = 1, \dots, R$), selanjutnya akan dilakukan proses komposisi aturan. Proses komposisi dilakukan dengan penjumlahan hasil perkalian fire strength dengan z . Proses defuzzification dilakukan dengan menggunakan weighted average, mempergunakan persamaan (2).

$$z = \frac{\sum_{r=1}^R (\alpha_r z_r)}{\sum_{r=1}^R \alpha_r} \quad (2)$$

Fuzzy memiliki beberapa fungsi keanggotaan, diantaranya yaitu fungsi linier naik, fungsi linier turun, dan fungsi segitiga [13].

E. Sensor Temperatur

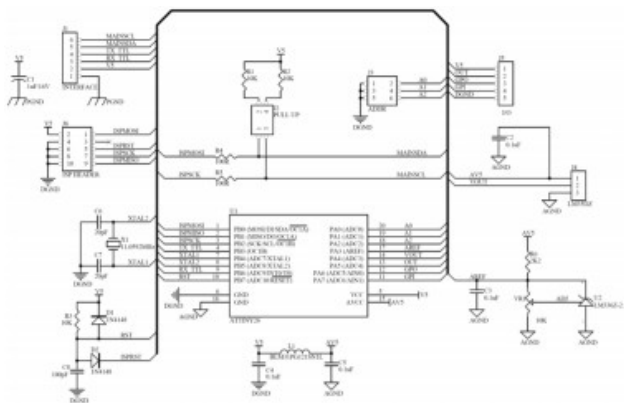
Salah satu jenis sensor temperatur yang berbahan silikon memanfaatkan sifat resistansi semikonduktor, terutama di temperatur rendah, sensor silikon memberikan peningkatan resistensi yang mendekati linier atau *positive temperature coefficient* (PTC). Versi sensor silikon dalam bentuk IC dapat memberikan nilai temperatur secara digital, sehingga tidak membutuhkan konverter A/D. Kelebihan sensor tipe ini yaitu lebih murah, memiliki sensitifitas yang tinggi, dan juga kurva resistansinya mendekati linier. Kelebihan lainnya yaitu sensor jenis ini dapat didesain agar memiliki toleransi kurang dari $\pm 1.7^\circ\text{C}$. Namun jangkauan temperaturnya terbatas, yaitu mulai dari 0 K hingga 200°C , dan juga pembacaan temperaturnya agak lambat.

Sensor dengan bahan silikon ini memiliki berbagai jenis, salah satunya yang berjenis IC. Pada yang berjenis IC biasanya terdapat pengatur sinyal on-chip untuk tegangan langsung atau arus keluaran ke kontroler. Pada jenis IC ini juga biasanya terdapat *memory*, sehingga dapat dikalibrasi dengan lebih akurat. Namun kelemahannya dalam bentuk IC ini yaitu harus berhati-hati dalam mendesain sirkuit, karena panas pada sistem dapat mengurangi keakuratan pengukuran temperatur [14]. Bentuk fisik sensor ini dapat dilihat seperti pada Gambar 6.



Gambar 6 Sensor Temperatur DT-Sense Temperature Sensor

Skematik sensor temperatur DT-Sense dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7. Skematik Sensor Temperatur DT-Sense

F. Sensor Cahaya

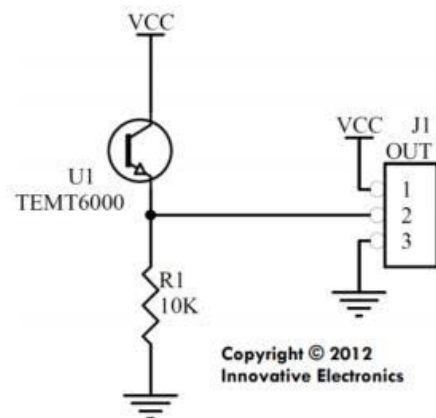
Merupakan lapisan semikonduktor tebal yang elektroresistansinya menurun seiring dengan meningkatnya intensitas cahaya yang mengenai. Sensor yang diproduksi dengan bahan kadmium sulfida memiliki kurva sensitifitas setara dengan sensitifitas mata manusia. Maka dari itu, sangat berguna pada hal-hal yang berkaitan dengan persepsi cahaya pada manusia seperti peredup lampu mobil, dan pengatur intensitas cahaya pada information display. Sensor jenis ini juga dapat didesain untuk mengukur cahaya dengan daya microwatt hingga miliwatt sehingga dapat juga digunakan pada pengontrol lampu jalan.

Photoconductive sensor memiliki keterbatasan, diantaranya yaitu hanya sensitif terhadap cahaya dengan spektrum tertentu ($0,4-0,7 \mu\text{m}$ dengan bahan kadmium sulfida, $2-15 \mu\text{m}$ dengan bahan tellurida dan merkuri kadmium tellurida), memiliki toleransi resistansi yang besar, dan memori jangka panjang, maksudnya adalah nilai sensor yang sekarang ini dapat dipengaruhi oleh nilai sensor yang dibaca beberapa hari yang lalu [8]. Bentuk fisik sensor ini dapat dilihat seperti pada Gambar 8.



Gambar 8. Sensor Cahaya DT-Sense Light Sensor

Skematik sensor ini dapat dilihat seperti pada Gambar 9.



Gambar 9. Skematik Sensor Cahaya DT-Sense

G. Servo Motor

Arti sesungguhnya kata *servo* yaitu sulit dijabarkan. Namun ketika terdapat nama *servo*, biasanya digunakan secara spesifik untuk sistem yang *closed-loop*. *Servo motor* diproduksi karena motor DC konvensional tidak memungkinkan diaplikasikan pada sistem yang berfokus pada torsi.

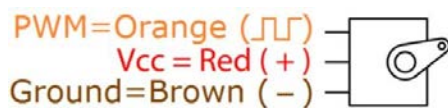
Servo motor biasanya digunakan pada sistem yang membutuhkan akselerasi dan deselerasi dengan cepat. Design dari servo motor akan menyesuaikan hal ini dengan cara menerima arus intermiten (torsi) yang dihitung secara terus menerus dan berkali-kali. Karena kebanyakan *servo motor* berukuran kecil, resistansi *armature*-nya relatif lebih tinggi. hal ini dikarenakan arus kontakannya pada tegangan *armature* penuh mungkin hanya

5 arus kontinyunya, dan pada umumnya *drive amplifier* akan digunakan sehingga dapat menyesuaikan dengan kondisi ini tanpa masalah dan memberikan akselerasi yang sangat cepat. Kondisi yang lebih ekstrim lagi adalah cukup normal ketika pada tegangan *armature* penuh tiba-tiba putaran *servo motor* terbalik dengan motor yang melaju dengan kecepatan penuh juga [15]. *Servo motor* dapat dilihat pada Gambar 10.



Gambar 10. Servo Motor Tower Pro MG90S

Pin koneksi servo motor dapat dilihat pada Gambar 11.



Gambar 11. Pin Koneksi Servo Motor Tower Pro MG90S

H. Kipas

Kipas memiliki motor terpusat di dalam hub, sedangkan rotor berada di luar stator dengan bilah kipas. Rasio diameter/panjang rotor lebih tinggi dari kebanyakan motor konvensional untuk memberikan bentuk *slimline* pada perakitan kipas, yang sangat sesuai untuk dipasang di ujung pembuang panas terekstrusi. Inersia rotor relatif tinggi, namun tidak penting karena total inersia didominasi oleh *impeller*, dan tidak membutuhkan akselerasi yang tinggi.

Kipas dengan frekuensi 50-60 Hz memiliki kecepatan konstan sekitar 2700 rev/min, dan memiliki daya input 10-50 W. Kipas dengan tegangan dc rendah 5 V, 12 V, atau 24 V memiliki *brushless* motor dengan pendeteksi posisi efek Hall pada rotor. Kipas jenis ini biasanya memiliki daya yang lebih kecil yaitu 1-10 W dan kecepatan 3000-5000 rev/min. Biasanya kipas jenis ini digunakan untuk mendinginkan papan sirkuit secara langsung, dan juga memiliki kelebihan yaitu kecepatannya dapat dikontrol melalui tegangannya [15].

III. ANALISIS DAN DESAIN

A. Pokok Permasalahan

Saat ini di Indonesia diperlukan penghematan energi. Salah satunya melalui penggunaan cahaya matahari sebagai pengganti lampu. Untuk lebih memahami permasalahan yang ada, telah dilakukan survei terhadap penggunaan lampu dan air conditioner di kawasan Surabaya Barat dengan kriteria responden yang sering beraktifitas di dalam ruangan. Survei ini menggunakan kuesioner dengan *open question*, *semi open question*, dan skala Likert. Pada survei tersebut terdapat 48 responden. Hasil survei dapat disimpulkan sebagai berikut:

- Responden lebih sering menggunakan AC dibanding

dengan membuka jendela pada siang hari. Ini karena temperatur udara luar yang cenderung panas dan juga kotor. Selain itu beberapa kamar kost bahkan tidak dilengkapi dengan jendela.

- Responden lebih sering menggunakan lampu dibanding membuka jendela pada siang hari. Ini karena penggunaan AC agar tetap optimal.

B. Solusi yang ditawarkan

Berdasarkan permasalahan yang ada tersebut, peneliti menawarkan solusi. Solusi tersebut yaitu sebuah sistem, dimana sistem ini dapat menyesuaikan temperatur dan cahaya ruang secara otomatis tanpa menggunakan lampu dan *air conditioner*.

C. Analisis Kebutuhan Sistem

Berdasarkan solusi yang ditawarkan oleh peneliti, maka diperlukan berbagai komponen. Diantaranya adalah sebagai berikut:

- Alat yang dapat mengenali temperatur baik untuk di dalam maupun luar ruangan.
- Alat yang dapat mengenali cahaya baik untuk di dalam maupun luar ruangan.
- Alat untuk mengubah temperatur ruangan.
- Alat untuk mengubah cahaya ruangan.
- Alat sebagai pusat pengontrol perubahan temperatur dan cahaya ruangan.
- Algoritma untuk mengontrol temperatur dan cahaya ruangan.
- Sistem untuk mengontrol temperatur dan cahaya ruangan.

D. Pemilihan Sistem Kontrol

Peneliti telah membandingkan 2 opsi sistem kontrol. Perbandingan tersebut dapat dilihat pada Tabel I.

Tabel I
Perbandingan Sistem Kontrol Open Loop dengan Closed Loop

Perbandingan	Open Loop	Closed Loop
Feedback	Tidak ada feedback	Ada feedback
Pengolahan Output	Tidak ada pengolahan hasil / output	Output diolah dan dibandingkan dengan input

Berdasarkan tabel tersebut diputuskan untuk memilih sistem kontrol yang *closed loop*, karena diperlukan untuk memeriksa output dari sistem secara terus-menerus agar kondisi ruangan sesuai dengan yang diinginkan.

E. Perbandingan Opsi Algoritma

Peneliti telah membandingkan 2 opsi algoritma yang memungkinkan untuk digunakan pada penelitian ini. Perbandingan tersebut dapat dilihat pada Tabel II berdasarkan penelitian yang sudah pernah dilakukan sebelumnya [6].

Algoritma Fuzzy dapat menggunakan berbagai macam cara untuk mengeksekusi *controller* Fuzzy. Pada Tabel II dapat dilihat bahwa algoritma Fuzzy jauh lebih baik dibandingkan dengan PID. Maka dari itu, diputuskan untuk memilih menggunakan algoritma Fuzzy.

Tabel II
Perbandingan Fuzzy dengan PID pada Sistem Pengontrol Motor [6]

Perbandingan	Fuzzy 1	Fuzzy 2	PID
<i>The Integral of Squared Error</i>	0.035	0.017	0.031
<i>The Integral of Absolute Error</i>	0.059	0.028	0.092
<i>The Integral of Time Multiply Squared Error</i>	0.00089	0.00020	0.00176
<i>The Integral of Time multiply Absolute Error</i>	0.0066	0.0016	0.024

F. Pemilihan Alat untuk Pusat Pengontrol

Peneliti telah membandingkan 2 opsi alat sebagai pusat pengontrol yang memungkinkan untuk digunakan pada penelitian kali ini. Perbandingan tersebut dapat dilihat pada tabel Tabel III.

Tabel III
Perbandingan Arduino Uno dengan Raspberry Pi

Perbandingan	Arduino Uno	Raspberry Pi
Harga (Digiware Surabaya)	Rp. 250.800	Rp. 530.000
Ukuran (mm)	75 x 53 x 15	85,6 x 53,98 x 17
Berat (g)	30	45
Processor	ATmega328P	ARM BCM2835
RAM	16-32 KB	256-512 MB
Analog Inputs	6	0
Digital I/O Pins	14	14

USB Ports	1	1-2
LAN	-	10/100 Mb
Sistem Operasi	-	Berbagai varian distro Linux yang kompatibel
Bahasa Pemrograman	Arduino	C, C++, Java, Python

Dengan melihat dari perbandingan yang ada, diputuskan untuk memilih Arduino Uno, karena memiliki harga yang lebih murah, memiliki *port* analog sehingga tidak perlu konverter AD, dan juga sudah cukup untuk memenuhi kebutuhan peneliti yaitu menjalankan algoritma *fuzzy*. Hal ini juga dibuktikan pada penelitian sebelumnya [10]. Sedangkan peneliti tidak membutuhkan fitur seperti LAN pada Raspberry Pi.

G. Pemilihan Alat untuk Mengenal Temperatur

Peneliti telah membandingkan 2 opsi alat yang dapat digunakan untuk mengenali temperatur. Perbandingan tersebut dapat dilihat pada Tabel IV.

Pada penelitian kali ini, peneliti memilih menggunakan sensor LM35. Untuk menunjang penelitian ini diadakan 1 paket sensor temperatur DT-Sense Temperature Sensor yang berbasis pada sensor LM35. Sebagai pertimbangan adalah komponen ini kompatibel dengan Arduino, dan juga mudah untuk digunakan dengan Arduino secara plug and play melalui antarmuka I2C.

Tabel IV
Perbandingan Termistor dengan Sensor LM35

Perbandingan	Termistor	LM35
Harga	Lebih murah	Lebih mahal
Perubahan nilai terhadap temperatur	Perubahan resistansi terhadap temperatur non-linier	Perubahan tegangan terhadap temperatur linier
Ketepatan	$\pm 0,02$ °C pada 25 °C	$\pm 0,5$ °C pada 25 °C
Jangkauan temperatur	-90 °C sampai 130 °C	-55 °C sampai +150 °C

H. Pemilihan Alat untuk Mengenal Cahaya

Untuk pemilihan untuk mengenali cahaya, telah dibandingkan 2 opsi alat yang dapat digunakan untuk mengenali cahaya. Perbandingan tersebut dapat dilihat pada Tabel V.

Sensor yang dipilih adalah TMT6000 karena selain memiliki performa yang lebih baik, telah tersedia juga modul yang kompatibel dengan Arduino sehingga lebih mudah untuk mengimplementasikan.

Tabel V
Perbandingan LDR dengan Sensor TMT6000

Perbandingan	LDR	TEMT6000
Kecepatan	Lebih lambat	Lebih cepat
Harga	Lebih murah	Lebih mahal
Penggunaan	Membutuhkan rangkaian tambahan	<i>plug and play</i>
Spektrum cahaya	Maks. 540 nm	440 - 800 nm

I. Pemilihan Alat untuk Mengubah Temperatur

Ruangan

Untuk mengubah temperatur ruangan telah dipilih alat berupa *cooler fan* yang dapat bekerja pada tegangan 5V, sehingga *fan* jenis ini kompatibel dengan Arduino dan dapat langsung menggunakan power yang dihasilkan oleh Arduino dan tanpa menggunakan baterai tambahan. Untuk mengendalikan kecepatan *cooler fan* ini digunakan komponen tambahan yaitu transistor 1RF530N.

J. Pemilihan Alat untuk Mengubah Cahaya Ruangan

Untuk mengubah cahaya ruangan digunakan *opening* yang menggunakan desain parametrik. *Opening* ini akan didesain seperti shutter pada kamera. Shutter kamera ini nantinya akan digerakkan menggunakan motor servo. Motor servo ini memiliki kelebihan dimana dapat langsung diprogram untuk bergerak pada 2 arah yang berbeda.

K. Desain Opening

Desain opening seperti yang dapat dilihat pada Gambar 12. Beberapa alasan pemilihan desain seperti ini adalah sebagai berikut:

- Lebih hemat energi, karena antar komponen memiliki keterkaitan satu sama lain sehingga hanya membutuhkan sedikit sumber gerakan yang akan menggerakkan seluruhnya.
- Unik karena tidak banyak yang menggunakan desain seperti ini. Desain ini terinspirasi dari proses diafragma kamera yang terinspirasi dari cara kerja pupil mata manusia. Desain seperti ini terbukti hanya memakan ruang yang sedikit dan juga dapat mengatur intensitas cahaya dengan baik.
- Modular, dimana dengan menggunakan desain seperti ini, mudah sekali membuat setiap komponennya sehingga akan mudah jika nantinya akan diproduksi massal.

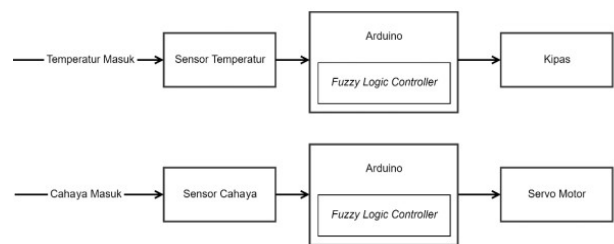
Opening ini nantinya akan dibuat dengan metode laser cutting dengan bahan akrilik.



Gambar 12. Gambar Rencana Bentuk Opening dengan Prinsip Diafragma Kamera

L. Desain Arsitektur Sistem

Desain arsitektur sistem secara keseluruhan dapat dilihat pada Gambar 13.

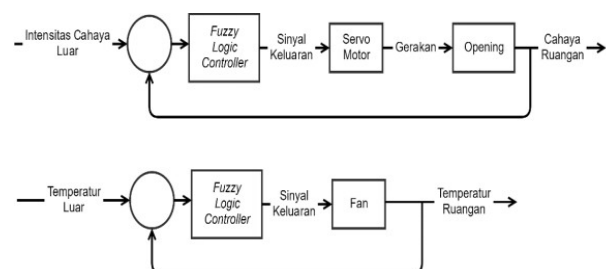


Gambar 13 Desain Arsitektur Sistem Keseluruhan

Sistem terdiri dari 2 bagian, yaitu sistem pengontrol temperatur dan sistem pengontrol cahaya. Pada bagian sistem pengontrol temperatur, prosesnya yaitu sistem mendapatkan nilai temperatur oleh sensor temperatur, kemudian jika temperatur yang didapatkan lebih tinggi dari yang diinginkan, Arduino akan memberikan sinyal output pada kipas. Pada bagian sistem pengontrol cahaya, prosesnya yaitu sistem mendapatkan nilai cahaya oleh sensor cahaya, kemudian input ini akan diproses oleh *Fuzzy logic controller* yang telah diprogram di Arduino, kemudian akan menghasilkan sinyal output yang diberikan ke servo motor.

M. Desain Sistem Kontrol Closed Loop

Untuk pengontrol cahaya digunakan sistem kontrol closed loop seperti yang dapat dilihat pada Gambar 14.



Gambar 14. Gambar Desain Sistem Kontrol Closed Loop

Pada bagian sistem pengontrol cahaya ini menggunakan sistem kontrol closed loop. Cara kerjanya

yaitu fuzzy logic controller menerima input referensi berupa perhitungan dari intensitas cahaya yang diinginkan dengan cahaya ruangan saat ini, kemudian setelah diproses, sinyal keluaran yang dihasilkan akan diterima dan dijalankan oleh servo motor, kemudian servo motor ini akan menggerakkan opening, kemudian opening ini akan mengubah intensitas cahaya ruangan yang ada. Intensitas cahaya ruangan terkini ini nantinya akan diproses kembali dengan intensitas cahaya yang diinginkan dan menjadi input referensi.

N. Desain Fuzzy Logic Controller

Fuzzy yang akan digunakan pada penelitian kali ini yaitu fuzzy dengan model Mamdani. Pada bagian pengendalian cahaya, dapat dilihat rancangan untuk membership function dan rules seperti pada Tabel VI.

Pada Tabel VI output yang dihasilkan berupa sudut servo, dimana semakin besar sudut servo, semakin kecil bukaan shutter kamera yang dihasilkan. Pengaturan ini bertujuan untuk menjaga cahaya di dalam tetap cukup. Namun terdapat kondisi tertentu yaitu pada kondisi matahari mulai terbenam / cahaya di luar ruangan mulai kurang, maka shutter kamera akan menutup. Hal ini karena menurut pertimbangan akan lebih optimal ketika pengguna akan menggunakan sumber cahaya lain di dalam ruangan.

Pada pengendalian temperatur, rancangan membership function dan rules dapat dilihat pada Tabel VII. Output yang dihasilkan berupa kecepatan kipas. Pengaturan ini bertujuan untuk menjaga temperatur di dalam tetap cukup.

Tabel VI
Rules Sistem Pengendali Cahaya

IN DOOR	Outdoor					
	Member-ship Function	Sangat Gelap	Gelap	Cukup	Terang	Sangat Terang
	Sangat Gelap	1	1	0	0	0,5
	Gelap	1	1	0	0,5	1
	Cukup	1	1	0,5	1	1
	Terang	1	1	1	1	1
	Sangat Terang	1	1	1	1	1

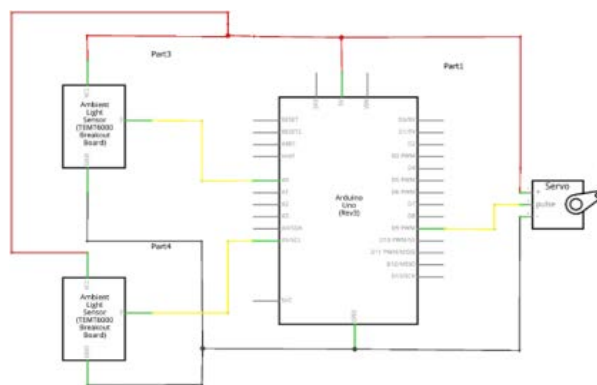
Tabel VII
Tabel Rules Sistem Pengendali Temperatur

IN DOOR	Outdoor					
	Membership Function	Sangat Panas	Panas	Cukup	Dingin	Sangat Dingin
	Sangat Panas	1	1	1	0,5	0,5
	Panas	1	0,5	0,5	0,5	0
	Cukup	0,5	0,5	0	0	0
	Dingin	0	0	0	0	0
	Sangat Dingin	0	0	0	0	0

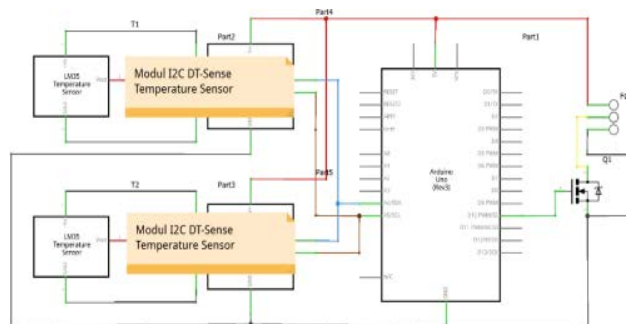
IV. IMPLEMENTASI

A. Rangkaian Sistem Pengendali Cahaya dan Temperatur

Peneliti menyusun rangkaian sesuai dengan skematik diagram berikut. Skema rangkaian sistem pengendali cahaya dapat dilihat pada Gambar 15. Sedangkan skema rangkaian sistem pengendali temperatur dapat dilihat pada Gambar 16.



Gambar 15. Schematic Diagram Sistem Pengendali Cahaya



Gambar 16. Schematic Diagram Sistem Pengendali Temperatur

B. Pembuatan Program

Algoritma Fuzzy kemudian dirancang dengan menggunakan Matlab Fuzzy Logic Toolbox. Hasil dari Fuzzy Logic Toolbox ini berupa file berformat fis. Kemudian menggunakan bantuan tools yang tersedia yaitu http://makeproto.com/projects/fuzzy/matlab_arduino_FIS_T/index.php, file .fis ini dapat diubah menjadi file .ino sehingga dapat digunakan langsung oleh Arduino. Kemudian file program.ino ini disesuaikan agar dapat menerima input dan menghasilkan output melalui pin-pin yang sesuai dengan rangkaian.

C. Prototype

Pembuatan prototype dilakukan dengan memaksimalkan bahan bekas. Pada bagian box dari prototype terbuat dari triplek yang berasal dari bekas parcel dan papan informasi. Kemudian box ini dicat dengan menggunakan cat poster dan juga dilubangi untuk tempat berbagai komponen yang dibutuhkan.

Bagian shutter kamera dibuat dari bahan akrilik. Pertama-tama shutter kamera ini dibuat model 3d-nya, lalu dicetak menggunakan metode laser cutting dalam bentuk komponen terpisah. Komponen-komponen ini kemudian dirangkai dan dipasang dengan menggunakan baut jenis keling.

Komponen elektronik lainnya dihubungkan menggunakan PCB dan breadboard, lalu ditaruh di dalam box dan dipasang sesuai posisi. Prototype ini dapat dilihat pada Gambar 17.



Gambar 17. Prototype

V. PENGUJIAN

Bagian ini berisi pengujian terhadap apa yang telah diimplementasikan pada bab sebelumnya. Pengujian dilakukan di ruang terbuka pada siang hari. Data dari Arduino diambil melalui serial monitor.

A. Pengujian Sistem Pengendali Cahaya

Berikut disajikan hasil pengukuran dari nilai sensor cahaya dan sudut servo pada Tabel VIII.

Tabel VIII
Pengujian Sistem Pengendali Cahaya

Indoor	Outdoor	Sudut Servo	Sensor Uji
10	1018	123	10
10	1018	123	10
11	1018	124	11
11	1018	124	11
12	1018	125	12
12	1018	125	12
12	1019	125	12

B. Pengujian Sistem Pengendali Temperatur

Berikut disajikan hasil pengukuran dari nilai sensor temperatur dan kecepatan kipas pada Tabel IX.

Tabel IX
Pengujian Sistem Pengendali Temperatur

Indoor	Outdoor	Kecepatan Kipas (RPM)	Sensor Uji
30	30	500	30
30	30	500	30
30	30	500	30
30	30	500	30
29	30	145	29
29	30	145	29
29	30	152	29
29	30	152	29

VI. KESIMPULAN

A. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

- Prototype yang dibuat berhasil mengendalikan cahaya yang masuk ke dalam.
- Prototype yang dibuat berhasil mengendalikan temperatur yang berada di dalam.

- Pada beberapa skenario, cahaya yang berada di dalam prototype berhasil mengikuti input yang berubah dari 10 ke 15.
- Pada beberapa skenario, temperatur yang berada di dalam prototype berhasil mengikuti input yang berubah dari 30 ke 27.
- Tujuan dari penelitian ini telah tercapai yaitu merancang dan membangun sistem pengendali temperatur dan cahaya ruangan otomatis menggunakan fuzzy logic controller pada microcontroller Arduino telah berhasil dicapai.

B. Saran

Saran untuk pengembangan selanjutnya adalah sebagai berikut:

- Desain prototype dapat diperbaiki agar lebih menarik dan juga dapat lebih banyak intensitas cahaya yang masuk.
- Algoritma fuzzy dapat ditingkatkan lagi agar output yang dihasilkan bisa lebih berdampak.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Mckiernan, M. (2013). Jean nouvel, arab world institute, 1987. Occupational Medicine, 63(8), 524–525. <https://doi.org/10.1093/occmed/kqt123>
- [2] Banzi, M., & Shiloh, M. (2014). Make: Getting Started with Arduino. <https://doi.org/10.1109/MCSE.2009.119>
- [3] Singhala, P., Shah, D. N., & Patel, B. (2014). Temperature Control using Fuzzy Logic. International Journal of Instrumentation and Control Systems (IJICS), 4(1), 1–10. <https://doi.org/10.5121/ijics.2014.4101>
- [4] Fetene, H. (2017). Automated Arduino Based Temperature Control and Resistance Change Reading System for Gas Sensors.
- [5] Kumar, L., Rawat, T. S., Pandey, M., & Kumar, U. (2015). Automatic Control of Fan Speed using Fuzzy Logic, 3(4), 183–187.
- [6] Zeghoudi, A., & Chermitti, A. (2014). A Comparison between a Fuzzy and PID Controller for Universal Motor, 104(6), 32–36.
- [7] Rekasius, Z. (1973). Introduction to control systems design. IEEE Transactions on Automatic Control, 18, 1–15. <https://doi.org/10.1109/TAC.1973.1100359>
- [8] Soloman, S. (2010). Sensors Handbook. Advanced Manufacturing. [9] P. Alley, "Introductory Microcontroller Programming," 2011.
- [10] Bawa, D., & Patil, C. Y. (2013). Fuzzy control based solar tracker using Arduino uno. International Journal of Engineering and Innovative Technology (IJEIT), 2(12), 179–187.
- [11] Rai, N., & Rai, B. (2013). Neural Network based Closed loop Speed Control of DC Motor using Arduino Uno. International Journal of Engineering Trends and Technology, 4(2), 137–140. Retrieved from <http://www.internationaljournalssrg.org>
- [12] Ren, Q., Balazinski, M., & Baron, L. (2011). Type2 TSK Fuzzy Logic System and its Type1 Counterpart General Terms. International Journal of Computer Applications, 20(6), 9758887. <https://doi.org/10.5120/2440-3292>.
- [13] Kusumadewi, S. (2014). Sistem Inferensi Fuzzy (Metode Tsk) Untuk Penentuan Kebutuhan Kalori Harian. Universitas Islam Indonesia Yogyakarta, (2)..
- [14] Wilson, J. (2004). Sensor Technology Handbook. Analysis. <https://doi.org/10.1016/j.patrec.2005.01.006>.
- [15] Hughes, A., & Drury, B. (2013). Electric Motors and Drives. Electric Motors and Drives. <https://doi.org/10.1016/C2011-0-07555-5>.