
**PROTOTYPE KIPAS ANGIN OTOMATIS
BERBASIS FUZZY INFERENCE SYSTEM MAMDANI**

Saichul Huda Romadlon¹⁾, Agung Nilogiri, S. T., M. Kom²⁾

¹⁾²⁾ Prodi Teknik Informatika, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Jember
Jl. Karimata No. 49 Jember, Jember Jawa Timur

¹⁾ saichulhuda1995@gmail.com

²⁾ agungnilogiri@unmuhjember.ac.id

ABSTRAK

Sirkulasi udara sangatlah berpengaruh pada kenyamanan ruangan. Apabila sirkulasi udara dalam ruangan lancar, maka keadaan ruangan menjadi sejuk. Salah satu alat yang dapat membantu sirkulasi udara adalah kipas angin. Saat ini banyak produsen yang membuat kipas angin berbagai model. Akan tetapi kebanyakan kipas angin masih dikendalikan secara manual. Dimana operator harus mengendalikan kecepatan kipas angin. Maka dari itu dibutuhkan kipas angin yang dapat bekerja secara otomatis menyesuaikan suhu ruangan dan banyak orang di dalam ruangan. Dalam pembuatan *prototype* ini menggunakan metode *fuzzy logic mamdani*. Setelah *prototype* dibuat selanjutnya dilakukan pengujian tingkat akurasi sistem yang dibandingkan dengan hasil pengujian dari sistem MATLAB. Hasil dari pengujian perbandingan *output fuzzy arduino* dengan MATLAB mendapatkan rata - rata *error* sebesar 1.03% dengan tingkat akurasi sebesar 98,97% dari 15 kali pengujian. Sedangkan hasil pengujian sensor suhu ruangan DS18B20 yang dibandingkan dengan alat ukur HTC-2 mendapatkan rata – rata *error* sebesar 9.58% dengan tingkat akurasi sebesar 90,42% dari 15 kali pengujian yang dicek pada 10 menit sekali. Dari hasil pengujian yang didapat menunjukkan bahwa *prototype* ini berjalan dengan baik.

Katakunci: *kipas angin, suhu ruangan, logika fuzzy*

ABSTRACT

Air circulation is very influential on the comfort of the room. If the air circulation in the room smoothly, then the state of the room becomes cool. One of the tools that can help air circulation is a fan. Currently, many manufacturers make fans of various models. However, most fans are still controlled manually. Where the operator must control the fan speed. Therefore a fan is needed that can work automatically adjusting the temperature of the room and many people in the room. In making this prototype using the Mamdani fuzzy logic method. After the prototype is made, then the level of accuracy of the system is tested compared to the results of the test from the MATLAB system. The results of testing the comparison of Arduino fuzzy output with MATLAB get an average error of 1.03% with an accuracy rate of 98.97% from 15 times the test. While the test results of the DS18B20 room temperature sensor compared to the HTC-2 measuring instrument get an average error of 9.58% with an accuracy rate of 90.42% from 15 tests that are checked in 10 minutes. From the test results obtained indicate that this prototype is going well.

Keywords: fan, room temperature, fuzzy logic

1. Pendahuluan

Perusahaan dalam melakukan kegiatan rapat membutuhkan tempat dan suasana yang nyaman. Bentuk aktifitas yang dilakukan berupa diskusi dengan karyawan perusahaan, kolega perusahaan, dan mengerjakan kegiatan lainnya yang menunjang kegiatan yang berhubungan dengan perusahaan. Salah satu kenyamanan ruangan dapat dilihat dari sirkulasi udara ruangan tersebut. Dibutuhkanlah sebuah kipas angin yang berfungsi mensirkulasikan udara di dalam ruangan sehingga udara menjadi sejuk. Dengan adanya kipas angin dapat membantu sirkulasi udara di dalam ruangan tersebut menjadi lebih baik.

Saat ini sudah banyak produsen yang menjual kipas angin berbagai model. Akan tetapi kipas angin pada umumnya dikendalikan secara manual, dimana operator harus memilih kecepatan kipas yang diinginkan.

Berdasarkan permasalahan di atas, maka memilih untuk membuat prototype alat yang dapat mengendalikan kipas secara otomatis berdasarkan suhu ruangan dan banyak orang di dalam ruangan. Rancangan ini akan menggunakan mikrokontroler sebagai pengendali kipas tersebut. Selain itu dibantu dengan beberapa sensor yaitu sensor DS18B20 dan sensor ultrasonic untuk menunjang alat tersebut. Alasan menggunakan kedua sensor tersebut dikarenakan sudah pernah mencoba sebelumnya. Kipas yang akan digunakan adalah kipas DC dikarenakan kipas DC mudah diatur kecepatan menggunakan PWM. Kecepatan kipas angin dipengaruhi oleh suhu ruangan dan banyaknya orang di dalam ruangan. Semakin panas suhu ruangan dan semakin banyak orang di dalam ruangan, maka semakin cepat pula kipas angin berputar.

Penelitian ini akan menggunakan metode fuzzy logic mamdani. Fuzzy Mamdani sering dikenal dengan metode min – max yang diperkenalkan oleh Ebrahim Mamdani pada tahun 1975 (Kusumadewi dan Hari, 2010). Dasar logika fuzzy adalah teori himpunan fuzzy. Pada teori himpunan fuzzy, peranan derajat keanggotaan sebagai penentu keberadaan elemen dalam suatu himpunan sangatlah penting. Dengan inferensi fuzzy dapat ditentukan kecepatan optimal yang akan dikeluarkan oleh kipas angin pada ruangan berdasarkan jumlah orang dan suhu ruangan. Pada penelitian ini fuzzy digunakan untuk menentukan output yang dikeluarkan sesuai suhu dan banyak orang di dalam ruangan.

Metode fuzzy akan diterapkan pada mikrokontroler –menggunakan software Arduino Ide. Dimana derajat keanggotaan suhu dan banyak orang ditentukan terlebih dahulu. Kemudian akan dibuat Rule Base sebagai aturan untuk penentuan kecepatan kipas angin yang akan dihasilkan.

2. Landasan Teori

2.1 Suhu dan Kepadatan Ruangan

Suhu adalah ukuran yang menunjukkan derajat panas dingin suatu benda. Alat untuk mengukur suhu dinamakan *thermometer* yang ditemukan pertama kali oleh Galileo Galilei pada tahun 1597. *Thermometer* pertama kali dirancang pada tahun 1641 menggunakan *alcohol* dan memiliki tanda derajat. Satuan yang dapat digunakan untuk mengukur suhu, yaitu *Fahrenheit*, *Celcius*, *Kelvin* dan *Reamur*. Pada skala *Celcius*, 0°C adalah titik dimana air membeku dan 100°C adalah titik didih air. Skala ini yang paling sering digunakan di dunia.

Kepadatan adalah sejumlah manusia dalam setiap unit ruangan. Atau sejumlah *individu* yang berada disuatu ruang atau wilayah tertentu dan lebih bersifat fisik. Suatu keadaan akan dikatakan semakin padat apabila jumlah manusia semakin banyak dibandingkan luas ruangan tersebut.

2.2 Logika Fuzzy

Pada himpunan tegas (*crisp*), nilai keanggotaan suatu item x dalam suatu himpunan A , yang sering ditulis dengan $\mu_A[x]$, memiliki 2 kemungkinan, yaitu (Kusumadewi, 2003):

- a. Satu (1) yang berarti bahwa suatu item menjadi anggota dalam suatu himpunan.
- b. Nol (0) yang berarti bahwa suatu item tidak menjadi anggota dalam suatu himpunan.

Pada himpunan *crisp*, nilai keanggotaan ada 2 kemungkinan, yaitu 0 atau 1. Sedangkan pada himpunan *fuzzy* nilai keanggotaan terletak pada rentang 0 sampai 1.

Semesta pembicaraan adalah keseluruhan nilai yang diperbolehkan untuk dioperasikan dalam suatu *variabel fuzzy*. Semesta pembicaraan adalah himpunan bilangan *real* yang senantiasa naik (bertambah) secara monoton dari kiri ke kanan. Nilai semesta pembicaraan dapat berupa bilangan positif maupun negatif (Kusumadewi, 2003).

Domain himpunan fuzzy yaitu keseluruhan nilai yang diijinkan dalam semesta pembicaraan dan boleh dioperasikan dalam suatu himpunan *fuzzy* (Kusumadewi, 2010).

2.3 Konsep Logika Fuzzy

Konsep logika *fuzzy* diperkenalkan ketika tahun 1965 oleh Lotfi Zadeh, dimana Zadeh memperkenalkan teori yang memiliki objek-objek dari himpunan *fuzzy* yang memiliki batasan yang tidak presisi dan keanggotaan dalam himpunan fuzzy, dan bukan dalam bentuk logika benar (*true*) dan salah (*false*), tetapi dinyatakan dalam derajat keanggotaan (*degree*). Maksudnya yaitu suatu keadaan biasa memiliki dua nilai yaitu “Ya” dan “Tidak”, “Benar” dan “Salah” secara bersamaan akan tetapi nilainya tergantung pada bobot keanggotaan yang dimilikinya. Hal – hal yang diperhatikan dalam memahami logika fuzzy antara lain:

- a. Variabel Fuzzy

Variabel fuzzy yaitu *variabel* yang digunakan dalam suatu sistem *fuzzy*, contohnya suhu dan kepadatan ruang

- b. Himpunan Fuzzy

Himpunan *fuzzy* merupakan suatu grup yang mewakili suatu keadaan tertentu dalam sebuah *variabel fuzzy*, contohnya *variabel* suhu terbagi menjadi 3 himpunan yaitu himpunan suhu dingin, himpunan suhu sedang, himpunan suhu panas.

- c. Semesta Pembicaraan

Semesta pembicaraan merupakan keseluruhan nilai yang diperbolehkan untuk dioperasikan dalam suatu *variabel fuzzy* dan merupakan himpunan bilangan *real*. Contoh semesta pembicaraan untuk *variabel* suhu: [0-100].

- d. Domain

Domain dalam himpunan *fuzzy* adalah keseluruhan nilai yang diijinkan dalam semesta pembicaraan yang dioperasikan dalam semesta pembicaraan yang dioperasikan dalam suatu himpunan *fuzzy*. Contoh domain himpunan suhu: dingin [≤ 15], sedang [7-22], panas [≥ 30]

2.4 Komponen – Komponen Pembentuk Fuzzy

1. Himpunan *Fuzzy*

Himpunan *fuzzy* berguna untuk mengantisipasi perbedaan kategori yang signifikan karena perbedaan nilai yang kecil pada suatu *variabel*. Dalam himpunan tegas, nilai keanggotaan hanya memiliki 2 kemungkinan nilai yaitu satu (1) yang berarti nilai tersebut menjadi anggota dalam suatu himpunan dan nol (0) yang berarti nilai tersebut tidak menjadi anggota suatu himpunan. Pemakaian himpunan tegas tidak tepat dalam menyatakan suhu ruangan,

karena perbedaan yang kecil menjadikan perbedaan kategori suatu himpunan. Himpunan *fuzzy* memiliki dua atribut (Sutojo, dkk, 2011), yaitu:

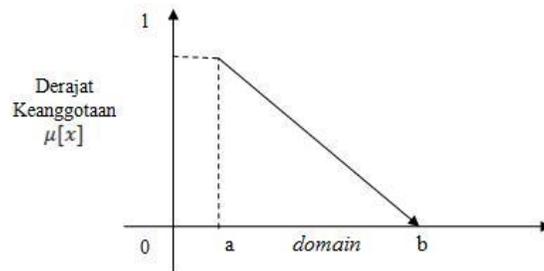
- a. *Linguistik* merupakan nama himpunan kelompok yang mewakili suatu keadaan tertentu menggunakan bahasa alami. Seperti dingin, sedang, panas untuk variabel suhu.
- b. *Numeris* merupakan suatu nilai yang menunjukkan ukuran dari suatu *variabel*. Contohnya *variabel* suhu dingin memiliki nilai *numeris* $\leq 15^{\circ}\text{C}$.

2. Fungsi Keanggotaan

Fungsi keanggotaan adalah grafik yang mempresentasikan besar dari derajat keanggotaan masing-masing *variabelinput* dan berada dalam *interval* antara nol dan satu. Hasil dari perhitungan fungsi keanggotaan mempengaruhi untuk penarikan kesimpulan pada saat melakukan inferensi. Beberapa fungsi keanggotaan yang sering digunakan adalah:

a. *RepresentasiKurvaLinier*

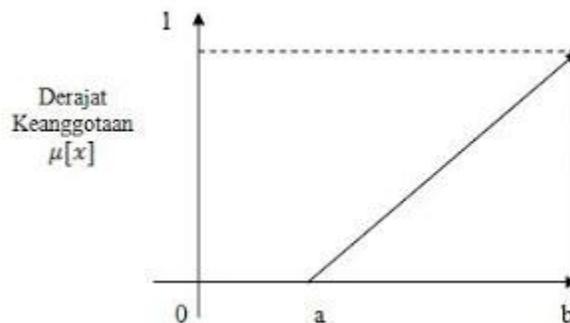
Kurvalinier memetakan derajat keanggotaan dari *variabelinput* dengan sebuah garis lurus. Terdapat dua grafik dari keanggotaan *kurvalinier* yaitu *kurvalinier* turun dan naik.



Gambar 2.1 Repretansi Kurva Linier Turun

Pada *kurvalinier* turun dimulai dari nilai *domain* dengan derajat keanggotaan tertinggi pada sisi kiri, kemudian bergerak menurun ke kanan menuju nilai *domain* yang memiliki nilai derajat keanggotaan rendah (gambar 2.1).

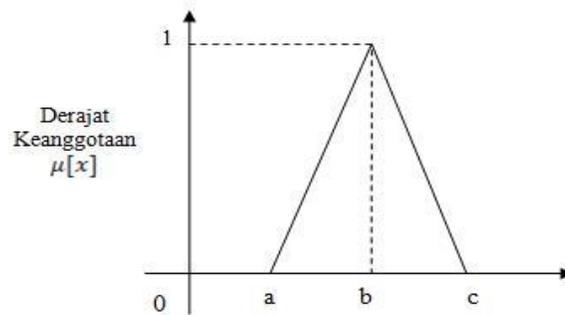
Sedangkan *kurvalinier* naik dimulai dari nilai *domain* yang memiliki derajat keanggotaan terendah (nol) bergerak ke kanan atas menuju kenilai *domain* yang memiliki derajat keanggotaan tinggi, seperti yang terlihat pada (gambar2.2)



Gambar 2.2 Repretansi Kurva Linier Naik

b. *RepretansiKurva Segitiga*

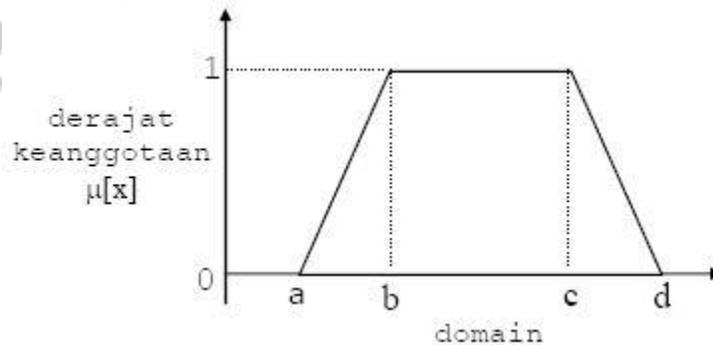
Kurva segitiga merupakan gabungan dari *kurvalinier* naik dan turun.



Gambar 2.3 Repretansi Kurva Segitiga

c. *Repretansi Kurva* Trapesium

Kurva trapesium memiliki bentuk seperti segitga tetapi memiliki beberapa titik derajat keanggotaan 1 (Sutojo, dkk, 2011).



Gambar 2.4 Repretansi Kurva Trapesium

2.5 Sistem Inferensi Fuzzy

Sistem inferensi *fuzzy* adalah sebuah sistem untuk memetakan input yang diberikan menjadi *output* atau dalam hal ini adalah kesimpulan dengan menggunakan serangkaian teori dari fuzzy set (Negnevitsky, 2005). Salah satu metode yang digunakan untuk inferensi *fuzzy* adalah metode *mamdani*.

Sistem inferensi *fuzzy* adalah sebuah sistem untuk memetakan *input* yang diberikan menjadi *output* atau dalam hal ini adalah kesimpulan dengan menggunakan serangkaian teori dari *fuzzysset* (Negnevitsky, 2005). Salah satu metode yang digunakan untuk inferensi *fuzzy* adalah metode *mamdani*.

2.6 Fuzzy Mamdani

Menurut Kusumadewi dan Hari, Metode *mamdani* adalah metode yang sering dikenal dengan metode *min – max* yang diperkenalkan oleh Ebrahim Mamdani pada tahun 1975 (Kusumadewi dan Hari, 2010), sedangkan untuk mendapatkan nilai suatu *output*, memerlukan 4 tahapan yaitu:

A. Pembentukan Himpunan Fuzzy (*Fuzzyfikasi*)

Pada metode *mamdani*, baik *variabelinput* maupun *variabeloutput* yang digunakan dibagi menjadi satu atau lebih himpunan *fuzzy*.

B. Aplikasi Fungsi Implikasi

Pada metode *mamdani*, fungsi implikasi yang akan digunakan adalah *Min*.

C. Komposisi Aturan

Ada 3 metode yang dapat digunakan dalam melakukan inferensi sistem *fuzzy*, yaitu *max*, *addictive*, dan *probabilisticOR*.

1) Metode *Max* (*Maximum*)

Pada metode ini, solusi himpunan *fuzzy* diperoleh dengan cara mengambil nilai maksimum aturan, selanjutnya menggunakannya untuk memodifikasi daerah *fuzzy*, dan mengaplikasikannya ke *output* dengan menggunakan operator *OR*. Jika semua proposisi sudah dievaluasi, maka *output* akan berisi suatu himpunan *fuzzy* yang merefleksikan kontribusi dari tiap – tiap proposisi. Secara umum dapat dituliskan:

$$\mu_{sf}(x_i) = \max(\mu_{sf}(x_i), \mu_{kf}(x_i))$$

dengan:

$\mu_{sf}(x_i)$ = nilai keanggotaan solusi fuzzy sampai aturan ke - i.

$\mu_{kf}(x_i)$ = nilai keanggotaan konsekuen fuzzy aturan ke - i.

2) Metode *Additive* (*Sum*)

Pada metode ini, solusi himpunan *fuzzy* diperoleh dengan cara *bounded - sum* terhadap semua *output* daerah *fuzzy*. Secara umum dapat dituliskan:

$$\mu_{sf}(x_i) = \min(1, \mu_{sf}(x_i) + \mu_{kf}(x_i))$$

dengan:

$\mu_{sf}(x_i)$ = nilai keanggotaan solusi fuzzy sampai aturan ke - i.

$\mu_{kf}(x_i)$ = nilai keanggotaan konsekuen fuzzy aturan ke - i.

3) Metode *Probabilistik OR* (*Probor*)

Pada metode ini, solusi himpunan *fuzzy* dapat diperoleh dengan cara melakukan *product* terhadap semua *output* daerah *fuzzy*. Secara umum dituliskan:

$$\mu_{sf}(x_i) = (\mu_{sf}(x_i) + \mu_{kf}(x_i)) - (\mu_{sf}(x_i) * \mu_{kf}(x_i))$$

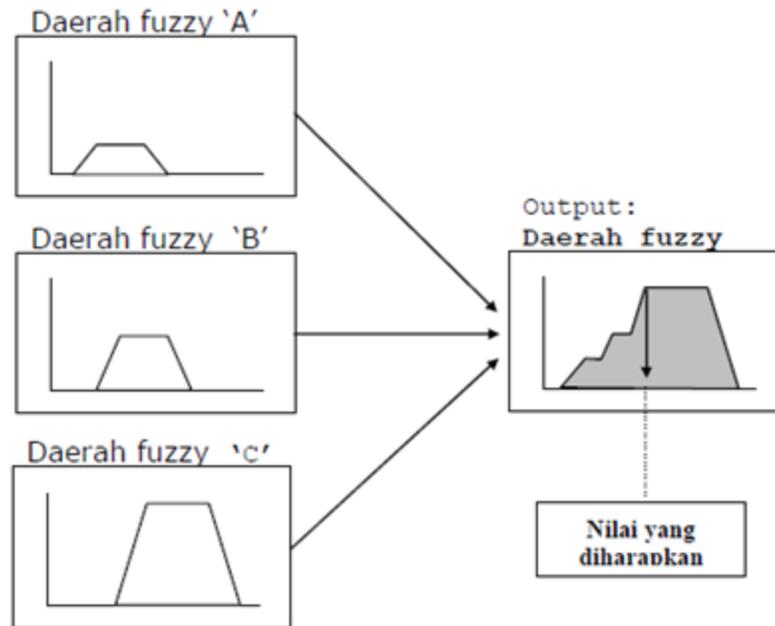
dengan:

$\mu_{sf}(x_i)$ = nilai keanggotaan solusi fuzzy sampai aturan ke - i.

$\mu_{kf}(x_i)$ = nilai keanggotaan konsekuen fuzzy aturan ke - i.

D. Penegasan (*Defuzzyfikasi*)

Input dari proses *defuzzyfikasi* adalah suatu himpunan *fuzzy* yang didapat dari komposisi aturan - aturan *fuzzy*, sedangkan *output* yang dihasilkan yaitu suatu bilangan pada domain himpunan *fuzzy* tersebut. Sehingga apabila diberikan suatu himpunan *fuzzy* dalam *range* tertentu, maka dapat diambil suatu nilai *crisp* tertentu sebagai *output* seperti terlihat pada gambar 2.5



Gambar 2.5 Proses Defuzzyfikasi

Pada metode *mamdani* ada beberapa metode *defuzzyfikasi*, antara lain:

1) Metode Centroid (Composite Moment)

Metode *Centroid* adalah solusi *crisp* diperoleh dengan cara mengambil titik pusat (*z) pada daerah fuzzy. Secara umum dapat dirumuskan:

a) Variabel kontinyu

$$z^* = \frac{\int_z z \mu(z) dz}{\int_z \mu(z) dz}$$

b) Variabel diskret

$$z^* = \frac{\sum_{j=1}^n z_j \mu(z_j)}{\sum_{j=1}^n \mu(z_j)}$$

2) Metode *Bisektor*

Pada Metode *Bisektor* solusi nilai *crisp* dapat diperoleh dengan cara mengambil nilai pada domain *fuzzy* yang memiliki nilai keanggotaan pada daerah *fuzzy*. Secara umum dituliskan:

z_p sedemikian hingga $\int_{\mathbb{R}^1} \mu(z) dz = \int_p^{\mathbb{R}^n} \mu(z) dz$

3) Metode Mean of Maximum (MOM)

Pada metode *MeanofMaximum* (MOM) solusi *crisp* dapat diperoleh dengan cara mengambil nilai rata - rata domain yang memiliki nilai keanggotaan maksimum.

4) Metode Largest of Maximum (LOM)

Pada Metode *LargestofMaximum* (LOM) solusi *crisp* dapat diperoleh dengan cara megambil nilai terbesar dari domain yang memiliki nilai keanggotaan maksimum.

5) Metode Smallest of Maximum (SOM)

Pada Metode *SmallestofMaximum* (SOM) solusi *crisp* dapat diperoleh dengan cara mengambil nilai terkecil dari domain yang memiliki nilai keanggotaan maksimum.

2.7 Mikrokontroler

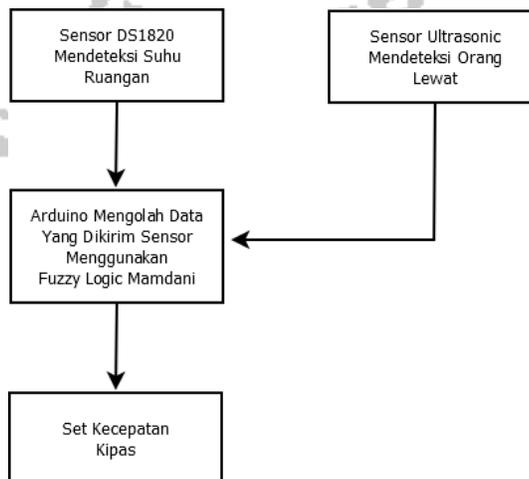
Mikrokontroler sebagai sebuah “*one chip solution*” pada dasarnya adalah rangkaian terintegrasi (Integrated Circuit-IC) yang telah mengandung secara lengkap berbagai komponen pembentuk sebuah komputer. Berbeda dengan penggunaan mikroprosesor yang masih memerlukan komponen luar tambahan seperti RAM, ROM, timer, dan sebagainya untuk sistem mikrokontroler, tambahan komponen diatas secara praktis hampir tidak dibutuhkan lagi. Hal ini disebabkan semua komponen penting tersebut telah ditanam bersama sistem prosesor ke dalam IC tunggal mikrokontroler bersangkutan. Dengan alasan itu sistem mikrokontroler dikenal juga dengan istilah populer *the real Computer On a Chip* atau komputer utuh dalam keping tunggal, sedangkan sistem mikroprosesor dikenal dengan istilah yang lebih terbatas yaitu *Computer On a Chip* atau komputer dalam keping tunggal (Wardhana,2006).

2.8 Arduino Uno

Arduinouno adalah *board* mikrokontroler yang didasarkan pada ATmega328. *Arduinouno* mempunyai 14 pin digital *input/output* (6 diantaranya dapat digunakan sebagai luaran PWM), 6 masukan *analog*, sebuah *osilator* 16 MHz, sebuah koneksi *usb*, sebuah *powerjack*, sebuah *ICSPheader*, dan sebuah tombol *reset*. *Arduinouno* mampu mendukung *mikrokontroler*, dan dapat dikoneksikan dengan komputer menggunakan kabel *usb* (Kadir, 2013).

Arduino memiliki kelebihan tersendiri dibanding *board* mikrokontroler yang lainnya selain bersifat *opensource*, *arduino* juga mempunyai bahasa pemrogramannya sendiri berupa bahasa C. Sedangkan pada kebanyakan *board* mikrokontroler lainnya masih membutuhkan rangkaian *loader* terpisah untuk memasukkan program ketika kita memprogram mikrokontroler.

3. Metode Penelitian



Gambar 3.1 Diagram Blok Sistem Prototype Kipas Angin

4. Hasil Dan Pembahasan

4.1 Pengujian Sensor Suhu DS18B20

Pengujian sensor DS18B20 dilakukan untuk mengetahui akurasi dari sensor dalam mendeteksi suhu ruangan. Nilai input dari DS18B20 berupa derajat celcius ($^{\circ}\text{C}$) yang akan dibandingkan dengan alat ukur HTC-2 Digital Hygrometer Thermometer berupa derajat celcius ($^{\circ}\text{C}$). Berikut Tabel 4.1 akan menunjukkan hasil perhitungan akurasi perbandingan nilai sensor dengan alat ukur..

Tabel 4.1 Hasil Pengujian Sensor DS1820

No.	Tanggal	Waktu	Nilai Input Sensor ($^{\circ}\text{C}$)	Nilai Input Alat Ukur ($^{\circ}\text{C}$)	Error (%)
1	27 Januari 2019	19.40	25	22.7	10.13
2	27 Januari 2019	19.50	25	22.7	10.13
3	27 Januari 2019	20.00	25	22.6	10.61
4	27 Januari 2019	20.10	25	22.6	10.61
5	27 Januari 2019	20.20	25	22.5	11.11
6	27 Januari 2019	20.30	25	22.5	11.11
7	27 Januari 2019	20.40	25	22.5	11.11
8	27 Januari 2019	20.50	25	22.5	11.11
9	27 Januari 2019	21.00	25	22.6	10.61
10	27 Januari 2019	21.10	25	22.7	10.13
11	27 Januari 2019	21.20	25	22.8	9.64
12	27 Januari 2019	21.30	25	22.8	9.64
13	27 Januari 2019	21.40	25	22.9	9.17
14	27 Januari 2019	21.50	25	22.9	9.17
15	27 Januari 2019	22.00	25	22.9	9.17

Rata –Rata	9.58
-------------------	------

Pengujian dilakukan 10 menit sekali sebanyak 15 kali. Dilanjutkan dengan rumus untuk mencari perhitungan *%error* yaitu:

$$\%error = \left| \frac{\text{Nilai Sensor Arduino} - \text{Nilai HTC} - 1}{\text{Nilai HTC} - 1} \right| \times 100\%$$

Salah satu contoh perhitungan tingkat *error* pada sensor suhu DS18B20 adalah:

$$\%error = \left| \frac{25 - 22,7}{22,7} \right| \times 100\%$$

$$\%error = 10,13 \%$$

Dari hasil pengujian yang telah dilakukan pada tabel 4.1 didapatkan tingkat kesalahan rata - rata sebesar 9.58%. Dapat disimpulkan bahwa pembacaan sensor berjalan dengan cukup baik dalam mendeteksi suhu ruangan.

4.2 Pengujian Rule Base

Tahap uji coba *rule* adalah bertujuan memastikan *rule – rule* yang telah dibuat bisa sesuai yang diharapkan. Pengujian ini yang nantinya perubahan suhu dilakukan dengan korek api dan air dingin. Sedangkan pergerakan orang menggunakan kotak kecil seolah olah orang masuk dan keluar ruangan. Berikut tabel 4.2 akan menunjukkan hasil pengujian kesesuaian *output* kipas dari alat *prototype*.

Tabel 4.2 Hasil Pengujian Rule Base

No.	Nilai Input Sensor		Nilai Output Pada Arduino	Nilai Output Fuzzy Arduino	Kesesuaian Rule
	Suhu	Orang			
1	15	2	Pelan	79.5	Sesuai
2	15	10	Pelan	77.53	Sesuai
3	15	20	Pelan	77.53	Sesuai
4	15	30	Sedang	168.94	Sesuai
5	15	39	Sedang	169.88	Sesuai
6	25	2	Pelan	79.5	Sesuai
7	25	10	Pelan	77.53	Sesuai
8	25	20	Sedang	168.94	Sesuai
9	25	30	Cepat	218.62	Sesuai
10	25	39	Cepat	215.37	Sesuai
11	35	2	Sedang	169.76	Sesuai
12	35	10	Sedang	168.94	Sesuai
13	35	20	Cepat	218.62	Sesuai
14	35	30	Cepat	218.62	Sesuai
15	35	39	Cepat	215.37	Sesuai

Dari pengujian yang telah dilakukan pada Tabel 4.2 bahwa semua *output* yang dilakukan dalam 15 kali pengujian semua sesuai dengan *rule base* yang telah dibuat. Ini menunjukkan bahwa sistem dapat berjalan dengan baik dalam mendeteksi *input* dan menghasilkan *output* yang sesuai dengan *rule* yang telah dibuat.

4.3 Pengujian Logika Fuzzy dengan MATLAB

Pengujian logika fuzzy dilakukan dengan membandingkan nilai output sistem dengan output yang didapat dari MATLAB dan selanjutnya akan dilakukan perhitungan akurasi. Nilai output arduino didapat dari data Pengujian rule base pada Tabel 4.2. Berikut pada Tabel 4.3 akan menunjukkan hasil pengujian perbandingan nilai output arduino dengan MATLAB.

Tabel 4.3 Hasil Perbandingan Fuzzy Arduino Dengan Matlab

No.	Nilai Output Fuzzy Arduino	Nilai Output Fuzzy MATLAB	Error(%)
1	79.5	77.4	2.71
2	77.53	76.9	0.81
3	77.53	76.9	0.81
4	168.94	169	0.03
5	169.88	170	0.07
6	79.5	77.4	2.71
7	77.53	76.9	0.81
8	168.94	169	0.03
9	218.62	221	1.07
10	215.37	220	2.10
11	169.76	170	0.14
12	168.94	169	0.03
13	218.62	221	1.07
14	218.62	221	1.07
15	215.37	220	2.10
Rata – Rata			1.03

Pengujian dilakukan sebanyak 15 kali. Dilanjutkan dengan rumus untuk mencari perhitungan %error yaitu:

$$\%error = \left| \frac{\text{Nilai Output Arduino} - \text{Nilai MATLAB}}{\text{Nilai MATLAB}} \right| \times 100\%$$

Salah satu contoh perhitungan tingkat error pada sensor suhu DS18B20 adalah:

$$\%error = \left| \frac{79,5 - 77,4}{77,4} \right| \times 100\%$$

$$\%error = 2,71 \%$$

Dari hasil pengujian perbandingan *output fuzzy arduino* dengan *output fuzzy MATLAB* menghasilkan tingkat kesalahan rata – rata sebesar 1.03% dari 15 kali pengujian. Disimpulkan tingkat akurasi sistem tinggi dengan perbandingan error 1.03%.

5. Kesimpulan

Tingkat keberhasilan sistem yang dibuat pada penelitian ini mendapatkan tingkat error sebagai berikut:

1. Tingkat Kesalahan output fuzzy arduino menghasilkan rata – rata sebanyak 1.03% yang dibandingkan dengan aplikasi MATLAB. Sehingga mendapatkan akurasi sebesar 98,97%.

-
2. Tingkat kesalahan dari sensor suhu DS18B20 menghasilkan rata – rata 9.58% yang dibandingkan dengan alat ukur HTC-2 Digital Hygrometer Thermometer. Sehingga mendapatkan akurasi sebesar 90,42%

Dengan ini menunjukkan bahwa kinerja sistem berjalan dengan baik.

6. Daftar Pustaka

Kadir, A. (2013). “Panduan Praktis Mempelajari Aplikasi Mikrokontroler dan Pemrogramannya menggunakan Arduino”, Penerbit Andi, Yogyakarta.

Kusumadewi, S. (2003). “*Artificial Intelligence Teknik dan Aplikasinya*”, Graha Ilmu, Yogyakarta.

Kusumadewi, S, Hartati, S. (2010). “*Neuro-Fuzzy Integrasi Sistem Fuzzy dan Jaringan Syaraf*”, Graha Ilmu, Yogyakarta.

Kusumadewi, S, Purnomo, H. (2010). “Aplikasi Logika *Fuzzy* Untuk Pendukung Keputusan”, Graha Ilmu, Yogyakarta.

Maulana, R, Ichsan, M, Setyawan, G. (2018)“Implementasi Pengkondisian Kipas dan Lampu Otomatis Menggunakan Logika *Fuzzy*”. Vol.2, No.11. Hlm.5301-5309. Malang: Universitas Brawijaya.

Negnevitsky, M. (2005). “*Artificial Intelligence: A guide to Intelligent System Second Edition*”, Addison-Wesley.

Purnomo, R, Syaury, D, Hanafi, M. (2018)“Implementasi Metode *Fuzzy Sugeno* Pada *Embedded System* Untuk Mendeteksi Kondisi Kebakaran Dalam Ruangan”. Vol.2, No. 4, Hlm. 1428-1435. Malang. Universitas Brawijaya.

Sutojo, T, Mulyanto, E, Suhartono, V. (2011). “Kecerdasan Buatan”, Penerbit ANDI, Yogyakarta.

Suyanto. (2011). “*Artificial Intelligence: Searching-Reasoning-Planning-Learning*”, Penerbit Informatika, Bandung.

Wahab, F, Sumardiono, A, Tahtawi, A, Mulayari, A. (2017). “Desain dan Purwarupa *Fuzzy Logic Control* Untuk Pengendalian Suhu Ruangan”. Vol.2, No.1. Hal.1-8. Cirebon: Universitas Parahyangan.

Wardhana, L. (2006). “*Microcontroller AVR Seri ATMEGA8535 Simulasi, Hardware, dan Aplikasi*”, Andi, Yogyakarta.