

Terbit online pada laman web jurnal: <http://jurnal.iaii.or.id>

JURNAL RESTI

(Rekayasa Sistem dan Teknologi Informasi)

Vol. 4 No. 1 (2020) 1 - 9

ISSN Media Elektronik: 2580-0760

Sistem Pemantau dan Pengendali Suhu Ruang Server Menggunakan Fuzzy Berbasis Mikrokontroler RobotDyn

Budi Indra Gunawan¹, Unan Yusmaniar Oktiawati²^{1,2}Teknologi Rekayasa Internet, Sekolah Vokasi, Universitas Gadjah Mada¹budiindra.g@gmail.com, ²unan_yusmaniar@ugm.ac.id

Abstract

Server role becomes very important to provide service to clients. Therefore the performance of the server needs to be maintained. The performance of the server is not only influenced by the technology of the hardware but also influenced by server room ideal temperature and humidity condition. Monitoring and adjusting temperature condition is not possible to be done continuously manually because of limited human resources. One of the solutions is using a system based on the Internet of Things (IoT). This research proposed a prototype of server room temperature and humidity real-time monitoring system using RobotDyn ATmega+ESP8266 microcontroller and the Blynk IoT platform. The prototype also can maintain the temperature of server room on ideal condition by controlling Air Conditioner using Fuzzy logic Mamdani Method and infrared communication. The result of this research a prototype that can read temperature and humidity of server room accurately relative error for temperature is 0,81% and relative error for humidity is 4,52%. Quality of Service for data transmission from prototype to Blynk Platform is very good, with average delay 127.54ms, average packet loss ratio 0.54%, average packet delivery ratio 99.46%, and average throughput 10.5 kbps. Control System that built using fuzzy logic Mamdani Method can automatically control the value of Air Conditioner temperature output that adjust the condition of server room with maximum range for control Air Conditioner is 4 meters and 45° from Air Conditioner's transmitter.

Keywords: Internet of Things, Temperature Monitoring, Blynk, Temperature Control, Fuzzy Logic

Abstrak

Peran server menjadi sangat penting sebagai penyedia layanan bagi pengguna sehingga kehandalannya perlu dijaga. Kehandalan server tidak hanya dipengaruhi oleh teknologi perangkat yang digunakan, namun dipengaruhi juga oleh kondisi suhu dan kelembaban udara ruang server yang ideal. Pemantauan dan penyesuaian kondisi suhu tentu tidak mungkin dilakukan terus-menerus secara manual dikarenakan faktor sumber daya manusia yang terbatas. Salah satu solusinya adalah dengan menggunakan sistem berbasis *Internet of Things*, oleh karena itu penelitian ini membuat sebuah prototipe sistem yang dapat memantau suhu dan kelembaban di dalam rak server dan ruangan server secara *real-time* melalui internet dengan menggunakan mikrokontroler RobotDyn ATmega+ESP8266 dan platform IoT Blynk. Purwarupa sistem yang dibuat juga dapat mengendalikan suhu agar tetap pada keadaan ideal dengan menggunakan sistem Fuzzy metode Mamdani dan komunikasi inframerah untuk mengendalikan suhu keluaran perangkat *Air Conditioner*. Hasil dari penelitian ini adalah purwarupa sistem yang dapat membaca suhu dan kelembaban ruang server secara akurat dengan nilai relative error pembacaan suhu 0,81% dan relative error pembacaan kelembaban 4,52%. *Quality of Service* pengiriman data dari purwarupa sistem ke platform Blynk termasuk dalam kategori sangat bagus dengan nilai rata-rata *delay* 127,54 ms, rata-rata *packet loss ratio* 0,54%, rata-rata *packet delivery ratio* 99,46%, dan rata-rata *throughput* sebesar 10,5 kbps. Sistem pengendali yang dibangun dengan logika fuzzy metode mamdani berhasil mengendalikan output AC yang nilainya secara otomatis mengikuti keadaan suhu ruang server dengan jarak maksimal efektif pengendalian 4 meter dan maksimal sudut 45° dari perangkat Air Conditioner.

Kata kunci: Internet of Things, Pemantauan Suhu, Blynk, Pengendalian Suhu, Logika Fuzzy

© 2020 Jurnal RESTI

1. Pendahuluan

Pada era digital seperti saat ini, peran server sebagai penyedia layanan bagi klien sangat penting sehingga

kehandalan performanya perlu dijaga. Kehandalan performa server tidak hanya dipengaruhi oleh teknologi perangkat yang digunakan, namun dipengaruhi juga

Diterima Redaksi : 25-08-2019 | Selesai Revisi : 01-12-2019 | Diterbitkan Online : 01-02-2020

oleh kondisi suhu dan kelembaban udara yang ideal pada ruang server. Menurut TIA-569-C, rentang suhu yang direkomendasikan untuk ruang server adalah 18°C-27°C dengan kelembaban relatif 40%-60% [1]. Suhu yang terlalu tinggi dapat menyebabkan kerusakan harddisk, di sisi lain suhu yang terlalu rendah dapat menyebabkan mekanisme kerja menjadi lambat dan meningkatkan konsumsi listrik. Kelembaban yang terlalu tinggi dapat menyebabkan hubungan arus pendek dan kelembaban yang terlalu rendah dapat menyebabkan listrik statis [2].

Pemantauan dan penyesuaian kondisi suhu dan kelembaban tentu tidak mungkin dilakukan terus menerus secara manual dikarenakan keterbatasan tenaga sumber daya manusia. Salah satu solusinya adalah dengan membuat sistem pemantau suhu ruang server yang berbasis *Internet of Things* (IoT). IoT adalah sebuah konsep yang bertujuan memaksimalkan manfaat konektivitas Internet untuk memantau kondisi fisis, berbagi data, *remote control*, dan sebagainya melalui sensor yang tertanam dan dalam keadaan selalu aktif [3]. Sedangkan solusi untuk sistem pengendalian suhu ruang server dapat menggunakan logika fuzzy. Logika fuzzy adalah perkembangan dari logika tradisional Boolean dan menggunakan variabel linguistik yang dapat menggambarkan nilai logika diantara salah (0) dan benar (1) sehingga lebih efisien terhadap prinsip ketidakpastian di dunia nyata [4]. Logika fuzzy yang diterapkan pada sistem pengendalian disebut dengan sistem fuzzy berfungsi untuk mentranslasikan variabel linguistik yang hanya dimengerti manusia ke dalam nilai yang dapat dimengerti oleh komputer [5].

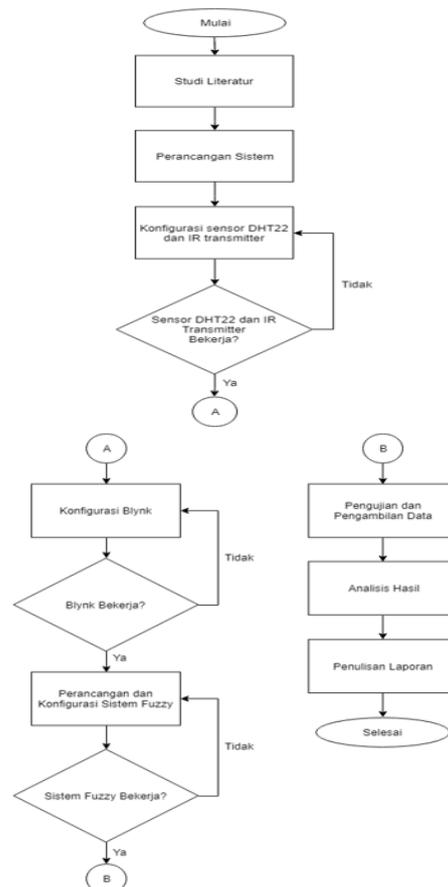
Penelitian mengenai sistem pemantau dan pengendali suhu ruang server sudah pernah dilakukan sebelumnya, seperti membuat sistem yang dapat memantau suhu ruang server melalui web server menggunakan Arduino dan ethernet shield dengan fitur aktuator berupa peringatan SMS dan menyalakan kipas ketika suhu lebih dari 27 °C [6]. Penelitian lainnya membuat sistem yang dapat dipantau melalui website dan dapat mengatur suhu *Air Conditioner* menggunakan inframerah, namun harus menggunakan dua buah mikrokontroler yaitu Wemos D1 untuk mengirimkan data ke Internet dan Arduino Uno untuk mengendalikan AC melalui modul inframerah [7, 8]. Terdapat juga penelitian yang menerapkan logika fuzzy pada pengendalian nya untuk meningkatkan atau menurunkan kecepatan kipas tergantung pada suhu ruangan, sedangkan penelitian lain membuktikan bahwa logika fuzzy dapat menghemat energi hingga 59% dalam waktu nyala perangkat *Air Conditioner* dan 57,57% dalam lumenansi lampu [9, 10].

Penelitian ini mengangkat rumusan masalah berupa bagaimana membuat sebuah prototipe sistem pemantauan suhu dan kelembaban ruang yang akurat menggunakan mikrokontroler Robotdyn dan platfor IoT

Blynk. Bagaimana nilai dan kategori *Quality of Service* pengiriman data dari mikrokontroler ke server Blynk. Bagaimana kinerja sistem pengendali suhu ruang menggunakan logika fuzzy metode mamdani dengan komunikasi inframerah ketika diterapkan.

2. Metode Penelitian

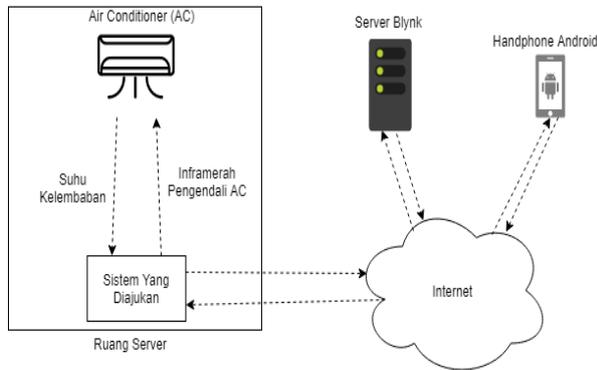
Diagram alir penelitian ditunjukkan pada Gambar 1, dimulai dari studi literatur untuk mencari referensi penelitian-penelitian serupa yang telah dilakukan dan konsep teori yang akan diterapkan. Tahap selanjutnya yaitu perancangan sistem untuk memberikan gambaran umum bagaimana sistem pemantau dan pengendali suhu ruang server bekerja. Dilanjutkan dengan pembuatan sistem yang terdiri dari konfigurasi sensor DHT22, konfigurasi modul Infrared, konfigurasi platform Blynk dan pembuatan sistem pengendali fuzzy. Setelah membangun sistem pemantau dan pengendali suhu, selanjutnya dilakukan pengujian kinerja sensor DHT22 dan Infrared Transmitter, pengujian quality of service pengiriman data suhu dan kelembaban dari mikrokontroler ke platform Blynk, dan pengujian sistem pengendali fuzzy ketika diterapkan pada lingkungan sebenarnya. Hasil pengujian ini akan dianalisis dan dilakukan penulisan laporan yang menghasilkan kesimpulan mengenai purwarupa sistem pemantau dan pengendali suhu ruang server.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

2.1. Perancangan Sistem

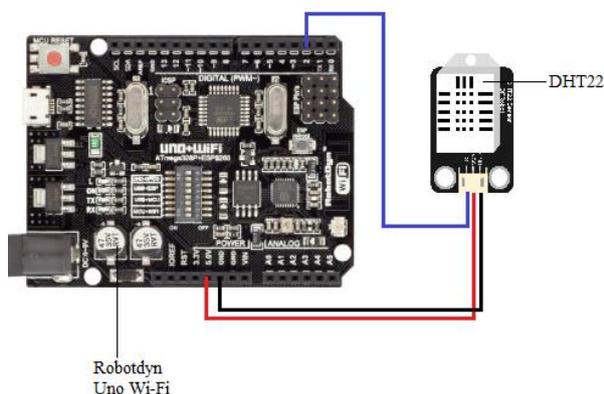
Gambar 2 menunjukkan topologi dari purwarupa sistem. Data suhu dan kelembaban dari sensor DHT22 mikrokontroler akan diolah dengan logika fuzzy sehingga dihasilkan keputusan pengendalian suhu *output AC*, selanjutnya data suhu dan kelembaban akan dikirimkan ke server Blynk sehingga pengguna dapat memantaunya secara *real-time* melalui ponsel Android.



Gambar 2. Topologi Sistem

Purwarupa sistem pemantau dan pengendali suhu ruang server terdiri dari dua buah *node*. *Node* pertama (*node rack*) berfungsi untuk membaca suhu dan kelembaban di dalam rak server dan *node* kedua (*node controller*) selain berfungsi sebagai pembaca suhu dan kelembaban ruang server, juga sebagai pengendali perangkat *Air Conditioner*. Alasan penggunaan lebih dari satu *node* dikarenakan suhu ruangan dengan suhu di dalam rak server bisa saja berbeda.

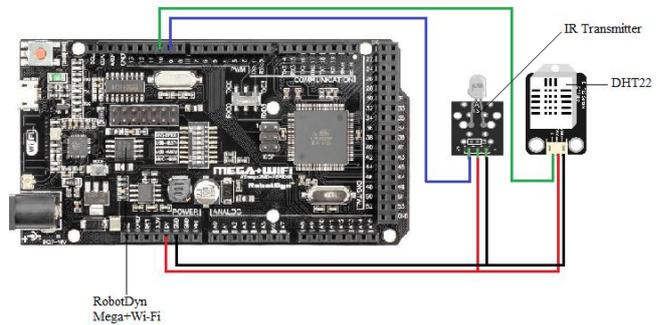
Node rack menggunakan mikrokontroler RobotDyn ATmega+ESP8266 tipe Uno Wi-Fi. Sensor suhu dan kelembaban DHT22 terhubung ke pin digital 2 pada mikrokontroler. Rangkaian pada node ini dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Rangkaian *node rack*

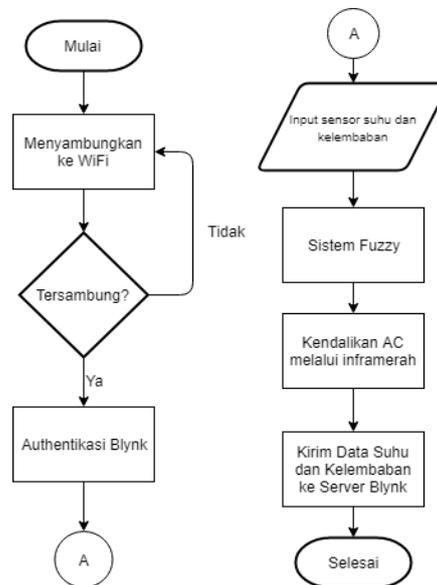
Node controller menggunakan mikrokontroler Robotdyn ATmega+ESP8266 tipe Mega Wi-Fi. Alasan pemilihan tipe ini dikarenakan memiliki memori yang lebih besar untuk menyimpan raw data inframerah perintah pengendalian *Air Conditioner*. Sensor DHT22

terhubung ke pin digital 10 pada mikrokontroler dan IR *Transmitter* terhubung ke pin digital 9. Rangkaian *node controller* dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Rangkaian *node controller*

Diagram alir kinerja sistem dapat dilihat pada Gambar 5. Sistem akan melakukan sambungan wifi kemudian dilanjutkan dengan autentikasi ke platform Blynk. Sensor DHT22 akan membaca data suhu dan kelembaban ruangan yang selanjutnya data tersebut akan diolah mikrokontroler menggunakan proses logika fuzzy untuk menghasilkan sebuah keputusan pengendalian suhu keluaran dan mode pada perangkat *Air Conditioner* dengan cara mengirimkan sinyal inframerah melalui modul infrared transmitter. Proses terakhir adalah data suhu dan kelembaban ruangan dikirim ke server Blynk sehingga pengguna dapat memantau data tersebut secara real time melalui aplikasi Blynk pada ponsel Android.

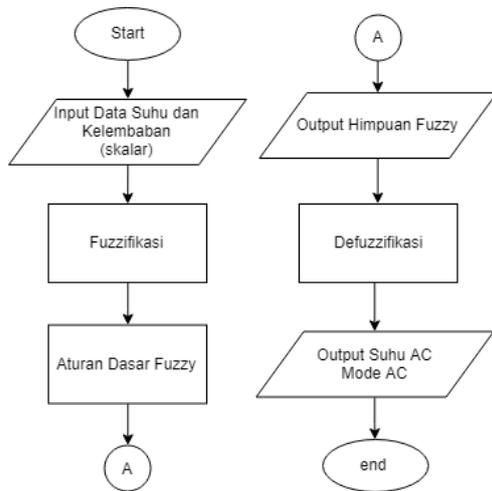


Gambar 5. Diagram Alir Kinerja Sistem

2.2. Sistem Fuzzy

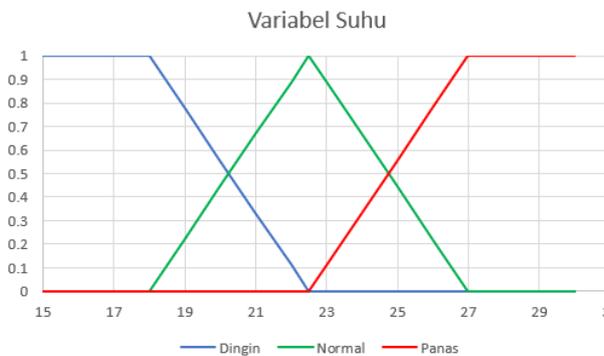
Sistem fuzzy dibangun dengan menggunakan metode mamdani sebagai sistem pengambil keputusan pengendalian suhu keluaran *Air Conditioner*. Metode mamdani adalah metode yang paling banyak digunakan

dan lebih mudah dibandingkn dengan metode lain. Gambar 6 menunjukkan proses-proses pada sistem fuzzy yang terdiri dari fuzzifikasi, aturan dasar, dan defuzzifikasi.



Gambar 6. Diagram Alir Sistem Fuzzy

Fuzzifikasi adalah langkah awal dalam logika fuzzy. Langkah ini berfungsi untuk menerjemahkan input data dari sensor ke dalam himpunan fuzzy dengan menentukan nilai derajat keanggotaan. Proyek akhir ini menggunakan sebuah variabel suhu yang memiliki tiga himpunan fuzzy yaitu Dingin, Normal dan Panas. Derajat keanggotaan variabel suhu dapat dilihat pada Gambar 7. Nilai keanggotaan pada himpunan Dingin didapatkan dari persamaan 1, himpunan Normal didapatkan dari persamaan 2, dan himpunan Panas dari persamaan 3.



Gambar 7. Derajat Keanggotaan Suhu

$$DINGIN(x) = \begin{cases} 0; & x > 22 \\ \frac{22-x}{22-18}; & 18 \leq x \leq 22 \\ 1; & 0 \leq x < 18 \end{cases} \quad (1)$$

$$NORMAL(x) = \begin{cases} 0; & x < 18 \text{ atau } x > 27 \\ \frac{x-18}{22-18}; & 18 \leq x \leq 22 \\ \frac{27-x}{27-22}; & 22 < x \leq 27 \end{cases} \quad (2)$$

$$PANAS(x) = \begin{cases} 0; & x < 22 \\ \frac{x-22}{27-22}; & 22 \leq x \leq 27 \\ 1; & x > 27 \end{cases} \quad (3)$$

Dimana x (°C) adalah suhu inputan yang diperoleh dari perhitungan rata-rata suhu rak server (*node rack*) dengan suhu ruang server (*node controller*).

Program Fuzzifikasi

```
float tinput = (t1+t2)/2;
if (tinput <= 18)
{
    dingin = 1;
    normal = 0;
    panas = 0;
}
else if (tinput > 18 && tinput <= 22)
{
    dingin = (22 - tinput)/4;
    normal = (tinput-18)/4;
    panas = 0;
}
else if (tinput > 22 && tinput <= 27)
{
    dingin = 0;
    normal = (27-tinput)/5;
    panas = (tinput-22)/5;
}
else if (tinput > 27)
{
    dingin = 0;
    normal = 0;
    panas = 1;
}
```

2.2.2. Aturan Dasar

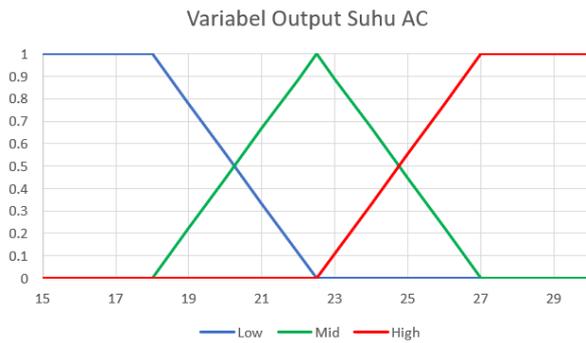
Langkah ini berisi aturan-aturan yang digunakan untuk menjaga suhu dan kelembaban ruang server dengan cara mengendalikan AC. Aturan Dasar dibuat dengan menggunakan pola IF-THEN. Ada tiga aturan yang akan digunakan pada sistem ini yaitu:

- IF Suhu DINGIN THEN Output AC HIGH
- IF Suhu NORMAL THEN Output AC MID
- IF Suhu PANAS Then Output AC LOW

2.2.3. Defuzzifikasi

Proses defuzzifikasi adalah kebalikan dari fuzzifikasi yang berfungsi memetakan besaran dari himpunan fuzzy ke dalam bentuk skalar pada variabel output suhu AC agar dapat dimengerti oleh komputer/mesin. Derajat keanggotaan variabel output suhu AC dapat dilihat pada Gambar 8 yang terdiri dari himpunan *Low*, *Mid*, dan *High*.

Aturan-aturan dasar fuzzy pada proses sebelumnya dihitung dengan rumus yang memiliki hubungan dengan derajat keanggotaan output suhu AC. Aturan pertama menggunakan persamaan 4, aturan kedua menggunakan persamaan 5 dan persamaan 6, sedangkan aturan ketiga menggunakan persamaan 7. Aturan kedua memiliki dua persamaan karena himpunan MID memiliki representasi kurva segitiga.



Gambar 8. Derajat Keanggotaan Output AC

$$rule1 = 22 + (dingin * 4) \quad (4)$$

$$rule2a = 18 + (normal * 4) \quad (5)$$

$$rule2b = 26 - (normal * 4) \quad (6)$$

$$rule3 = 22 - (panas * 4) \quad (7)$$

Setelah masing-masing aturan memiliki nilai, langkah selanjutnya adalah menggunakan perhitungan metode *center of area*. Metode ini mencari nilai skalar dengan menghitung pusat gravitasi (titik berat) pada daerah derajat keanggotaan output AC menggunakan persamaan 8.

$$z^* = \frac{\sum_{j=1}^n z_j \cdot \mu_c(z_j)}{\sum_{j=1}^n \mu_c(z_j)} \quad (8)$$

Dengan z^* adalah suhu output AC yang dicari, dalam program ditulis pada variabel out kemudian dibulatkan menjadi integer dikarenakan suhu output AC bernilai bilangan bulat.

Program Defuzzifikasi

```
//rule
rule1 = 22 + (dingin*4);
rule2a = 18 + (normal*4);
rule2b = 26 - (normal*4);
rule3 = 22 - (panas*4);

//defuzzifikasi
out = ((rule1*dingin) + (rule2a*normal) + (rule2b*normal) + (rule3*panas)) / (dingin+normal+normal+panas);
int outac = round(out);
```

2.3. Pengujian dan Pengambilan Data

2.3.1. Pengujian Hardware

a. Pengujian Sensor DHT22

Pengujian sensor DHT22 dilakukan untuk mengetahui tingkat keakuratan sensor dibandingkan dengan perangkat hygrometer yang dijual di pasaran. Metode pengujiannya dengan cara mengambil sepuluh data suhu dan kelembaban yang akan dihitung tingkat *error* dengan menggunakan persamaan 9 dan persamaan 10.

$$Error T = \frac{T_{Aktual} - T_{DHT22}}{T_{Aktual}} \times 100\% \quad (9)$$

$$Error H = \frac{H_{Aktual} - H_{DHT22}}{H_{Aktual}} \times 100\% \quad (10)$$

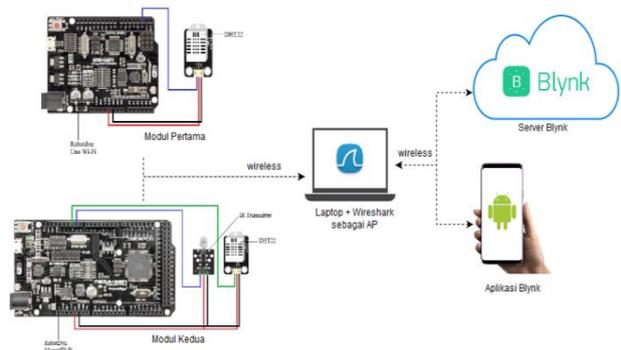
Dimana T adalah suhu dan H adalah kelembaban.

b. Pengujian IR Transmitter

IR Transmitter diuji untuk mengetahui efek jarak terhadap kesalahan data yang ditransmisikan dan respon Air Conditioner, sehingga dapat disimpulkan jarak efektif untuk peletakkan purwarupa sistem terhadap perangkat AC. Pengujian dilakukan dengan cara mengarahkan purwarupa sistem ke IR Receiver dan AC yang jaraknya divariasikan dimulai dari 1 meter dan ditambah 1 meter hingga maksimal 6 meter. Dilakukan juga pengujian sudut maksimal pengiriman inframerah terhadap AC.

2.3.2. Pengujian QoS Sistem

Pengujian Quality of Service (QoS) dilakukan untuk menilai kualitas pengiriman data dari mikrokontroler ke aplikasi Blynk pada ponsel Android pengguna untuk membuktikan fitur pemantauan bersifat real-time. Parameter-parameter yang diuji adalah Delay, Packet Loss Ratio (PLR), Packet Delivery Ratio (PDR), dan throughput. Topologi pengujian QoS sistem dapat dilihat pada Gambar 9.



Gambar 9. Topologi Pengujian QoS Sistem

Purwarupa sistem yang terdiri dari modul pertama (*node rack*) dan modul kedua (*node controller*) akan terhubung ke Internet melalui Wi-Fi yang dipancarkan laptop sebagai Access Point. Data suhu dan kelembaban ruang server akan dikirimkan ke Server Blynk yang kemudian diteruskan ke aplikasi Blynk pada ponsel Android. Laptop yang berperan sebagai Access Point juga dilengkapi dengan software Wireshark untuk menangkap paket data dan menganalisisnya sehingga nilai parameter-parameter pengujian QoS berupa *delay*, *packet loss ratio*, *packet delivery ratio*, dan *throughput* dapat diketahui.

a. Pengambilan Nilai Delay

Delay yang diambil pada pengujian ini merupakan perhitungan waktu paket data yang diterima oleh aplikasi Blynk pada ponsel Android pengguna

dikurangi dengan waktu paket data yang dikirimkan mikrokontroler ke server Blynk.

b. Pengambilan Nilai *Packet Loss Ratio*

Packet Loss yang diambil pada pengujian ini merupakan paket data yang hilang ketika pengiriman data dari mikrokontroler ke server Blynk. Pengiriman data melalui koneksi TCP akan diurutkan dengan sebuah nomor urut paket (acknowledge number) dan akan menunggu balasan berupa *positive acknowledgement* dari penerima. Jika tidak ada respon dari penerima, maka segmen TCP akan ditransmisikan ulang. Ada tidaknya paket *positive acknowledgement* inilah yang menentukan ada tidaknya *packet loss*.

c. Pengambilan Nilai *Packet Delivery Ratio*

Packet Delivery yang diambil pada pengujian ini adalah paket data yang dikirimkan oleh mikrokontroler dan berhasil sampai ke server Blynk dalam satu kali pengiriman tanpa adanya *retransmission*.

d. Pengambilan Nilai Throughput

Throughput merupakan kecepatan transfer data efektif yang terukur pada suatu ukuran waktu tertentu dengan satuan bit per sekon (bps). Dalam *throughput* hanya paket yang berhasil dikirimkan yang menjadi acuan perhitungan

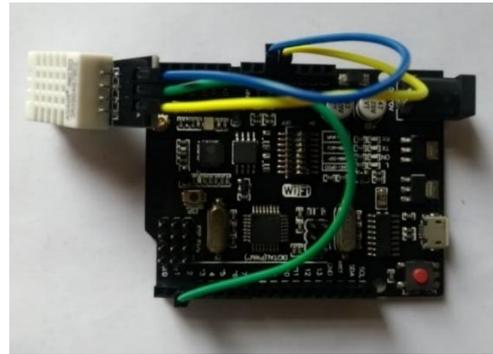
2.3.4 Pengujian Sistem Pengendali Fuzzy

Tujuan dari pengujian ini adalah untuk mengetahui kinerja sistem fuzzy ketika diterapkan pada lingkungan sebenarnya. Pengujian dilakukan dengan cara memvariasikan dua puluh data suhu ruangan dari kategori panas, normal, dan dingin, sehingga diketahui nilai suhu keluaran Air Conditioner dari hasil perhitungan sistem fuzzy. Dilakukan juga pengujian keefektifan sistem fuzzy dalam menurunkan suhu ruangan selama 60 menit.

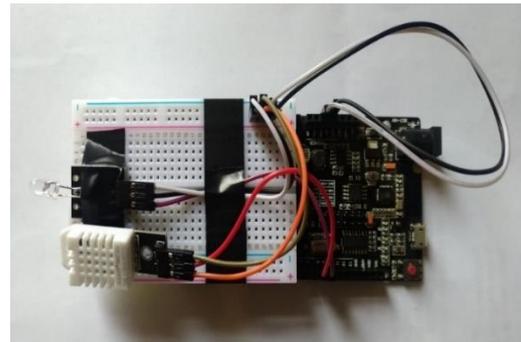
3. Hasil dan Pembahasan

Penelitian ini menghasilkan purwarupa sistem pemantau dan pengendali suhu ruang server yang terdiri dari dua buah *node* yaitu *node rack* dan *node controller*. *Node rack* berfungsi untuk membaca suhu dan kelembaban pada rak server. Gambar 10 adalah tampilan *node rack* yang komponen-komponennya sudah dirakit dan siap untuk digunakan. *Node Controller* selain berfungsi untuk membaca suhu dan kelembaban ruangan, juga berfungsi sebagai pengendali suhu keluaran perangkat Air Conditioner setelah melalui proses sistem fuzzy melalui komunikasi inframerah. Gambar 11 adalah *node controller* yang sudah dirakit dan siap untuk digunakan.

Hasil pembacaan suhu, kelembaban, dan nilai *output AC* dari sistem fuzzy ditampilkan secara *real-time* melalui aplikasi Blynk seperti ditunjukkan pada Gambar 12.



Gambar 10. Node Rack



Gambar 11. Node Controller



Gambar 12. Node Controller

Rangkaian hasil penelitian berdasarkan urutan/susunan logis untuk membentuk sebuah cerita. Isinya menunjukkan fakta/data dan jangan diskusikan hasilnya. Dapat menggunakan Tabel dan Angka tetapi tidak menguraikan secara berulang terhadap data yang sama dalam gambar, tabel dan teks. Untuk lebih memperjelas uraian, dapat menggunakan sub judul.

3.1. Hasil Pengujian *Hardware*

a. Hasil Pengujian Sensor DHT22

Penulis melakukan pengujian sensor DHT22 dengan variasi sepuluh keadaan suhu dan kelembaban. Hasil pembacaan sensor DHT22 kemudian dibandingkan

dengan perangkat *hygrometer*. Tabel 1. adalah hasil pengujian akurasi sensor DHT22.

Tabel 1. Hasil Pengujian Akurasi sensor DHT22

No	Suhu (°C)			Kelembaban (%)		
	DHT22	Hygro	Error	DHT22	Hygro	Error
1	30.9	30.5	1.31%	56.4	56	0.71%
2	29.6	30.3	2.31%	60.6	56	8.21%
3	28.6	29.1	1.71%	63	57	10.53%
4	27	27.3	1.09%	62.1	59	5.25%
5	26	26.1	0.38%	58.8	56	5%
6	25.1	25	0.4%	53.4	53	0.75%
7	24.8	24.8	0%	51.5	52	0.96%
8	23.6	23.5	0.43%	67.9	65	4.46%
9	22.9	22.9	0%	56	53	5.66%
10	22.8	22.9	0.44%	57	55	3.63%
<i>Relative error</i>			0.81%	<i>Relative error</i>		4.52%

Dari tabel 1 diketahui *relative error* pembacaan suhu bernilai 0.81% dan *relative error* pembacaan kelembaban bernilai 4.52%. Keakuratan dengan *relative error* kurang dari 10% memiliki hasil kualitatif yang baik, sehingga dapat disimpulkan purwarupa sistem memiliki keakuratan yang baik dalam pembacaan suhu dan kelembaban.

b. Hasil Pengujian IR transmitter

Pengujian perangkat keras IR transmitter ditujukan untuk mengetahui jarak efektif maksimal penempatan purwarupa sistem ketika diimplementasikan untuk mengendalikan perangkat *Air Conditioner*. Pengujian pertama yaitu untuk mengetahui respon dari dua merk *Air Conditioner* terhadap purwarupa sistem yang mengirimkan sinyal inframerah dengan jarak pengiriman yang berbeda-beda mulai dari 1 meter hingga maksimal 6 meter. Hasil yang diperoleh dapat dilihat pada Tabel 2 dimana “✓” menandakan bahwa AC berhasil merespon sinyal inframerah dari purwarupa sistem.

Tabel 2. Hasil Pengujian Respon AC

Jarak Transmisi	Respon AC
1 meter	✓
2 meter	✓
3 meter	✓
4 meter	✓
5 meter	✓
6 meter	✓

Pengujian kedua dilakukan untuk mengetahui pengaruh jarak terhadap keakuratan data yang ditransmisikan melalui inframerah. Pengujian ini dilakukan dengan cara mengirimkan data kode hexadecimal “0x880834f” melalui IR Transmitter pada purwarupa sistem ke mikrokontroler yang dipasang IR Receiver dengan variasi jarak yang berbeda-beda mulai dari 1 meter hingga 6 meter. Nilai akurasi diketahui dari kecocokan data yang dikirim dengan data yang diterima. Hasil pengujian pengaruh jarak terhadap keakuratan data yang dikirim melalui inframerah dapat dilihat pada Tabel 3.

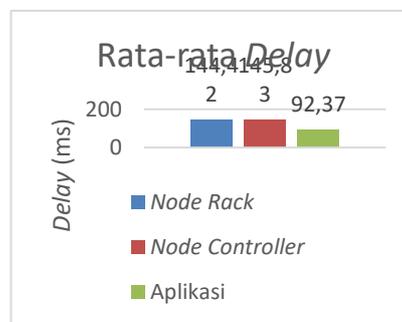
Tabel 3. Hasil Pengujian Akurasi Inframerah

Jarak Transmisi	Respon AC
1 meter	100 %
2 meter	100 %
3 meter	90 %
4 meter	90 %
5 meter	70 %
6 meter	0 %

Pengujian ketiga dilakukan untuk mengetahui respon dari *Air Conditioner* terhadap purwarupa sistem yang mengirimkan sinyal inframerah dengan sudut yang berbeda-beda mulai dari 15° hingga maksimal 90°. pengiriman sinyal inframerah dari purwarupa sistem dengan sudut 15°,30°,dan 45° masih dapat direspon oleh AC. Sedangkan sudut 75° dan 90° AC sudah tidak merespon. Maka dapat disimpulkan jarak efektif maksimal peletakan purwarupa sistem adalah 4 meter dengan sudut maksimal 45° terhadap AC.

3.2. Hasil Pengujian QoS Sistem

3.2.1 Parameter delay

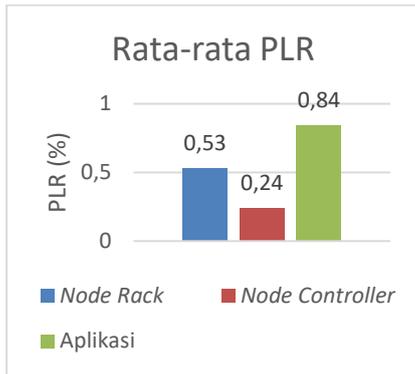


Gambar 13. Grafik Rata-rata Delay

Gambar 13 menunjukkan grafik rata-rata delay pada *node rack*, *node controller*, dan aplikasi. *Node controller* memiliki rata-rata delay terbesar yaitu 145,83 ms, sedikit lebih besar dibandingkan dengan *node rack* yang memiliki delay 144,42 ms. Sedangkan aplikasi memiliki delay yang paling rendah yaitu 92,37 ms. *Node controller* memiliki delay yang paling besar dikarenakan menunggu data yang dikirimkan oleh *node rack* melalui *Blynk bridge*, selain itu *node controller* juga melakukan komputasi yang lebih berat yaitu memproses sistem fuzzy dan mengendalikan AC melalui inframerah. Rata-rata delay milik *node rack*, *node controller*, dan aplikasi termasuk dalam kategori sangat bagus karena nilainya kurang dari 150 ms.

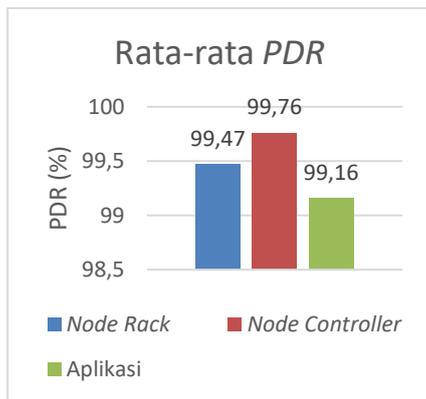
3.2.2 Parameter Packet Loss Ratio (PLR)

Gambar 14 adalah grafik rata-rata *packet loss ratio* pada *node rack*, *node controller*, dan aplikasi. Dari grafik tersebut diketahui ketiganya termasuk dalam kategori sangat bagus karena nilainya kurang dari 3%. Besar-kecilnya nilai *packet loss* dipengaruhi oleh seberapa banyak *retransmission* dilakukan. Dari grafik tersebut diketahui aplikasi yang paling sering melakukan *retransmission*, diikuti oleh *node rack*, dan *node controller*.



Gambar 14. Grafik Rata-rata Packet Loss Ratio

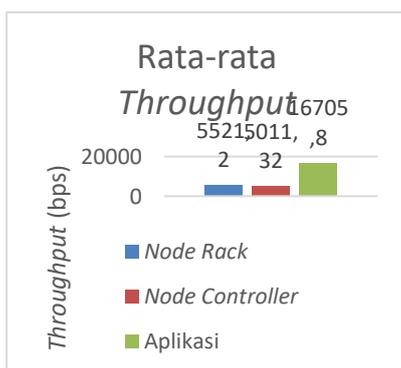
3.2.3 Parameter Packet Delivery Ratio (PDR)



Gambar 15. Grafik Rata-rata Packet Delivery Ratio

Gambar 15 menunjukkan grafik rata-rata *packet delivery ratio* (PDR) pada *node rack*, *node controller*, dan aplikasi. Dari grafik tersebut diketahui nilai PDR termasuk dalam kategori sangat baik dikarenakan lebih besar dari 97%. Nilai PDR sangat dipengaruhi oleh nilai *packet loss ratio* (PLR) yang sudah dibahas pada subbab sebelumnya.

3.2.4 Parameter Throughput



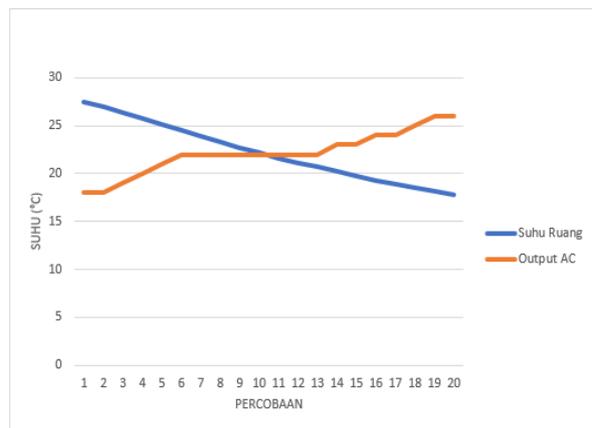
Gambar 16. Grafik Rata-rata Throughput

Gambar 16 adalah grafik rata-rata *throughput* pada *node rack*, *node controller*, dan aplikasi. Dari grafik tersebut diketahui *throughput* tertinggi dimiliki oleh aplikasi, diikuti oleh *node rack*, dan yang terakhir *node controller*. Aplikasi memiliki nilai *throughput* yang paling tinggi dikarenakan data yang dikirim ukurannya

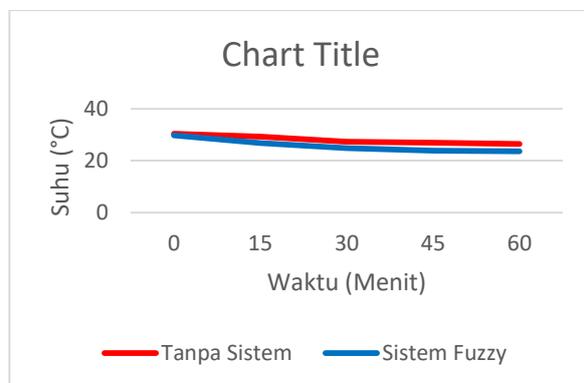
lebih besar (238 bytes) dibandingkan dengan data yang dikirimkan oleh *node rack* dan *node controller* (70 bytes). Pada parameter *throughput*, semakin banyak dan semakin besar data yang dikirimkan maka nilai *throughput* akan naik. Faktor lain yang bisa mempengaruhi nilai *throughput* adalah *delay*, semakin kecil nilai *delay* maka semakin besar nilai *throughput*. Nilai *delay* aplikasi adalah yang paling kecil diantara kedua *node*. *Node rack* memiliki *throughput* yang lebih besar dibandingkan dengan *node controller* dikarenakan *delay node rack* lebih kecil dibandingkan dengan *delay node controller*.

3.3. Hasil Pengujian Sistem Pengendali Fuzzy

Gambar 17 adalah grafik yang menunjukkan suhu *output AC* akan menyesuaikan dengan keadaan suhu ruangan saat itu. Ketika suhu server masuk dalam kategori panas, sistem pengendali akan menormalkan suhu ruangan dengan cara menurunkan suhu *output AC*, sehingga AC akan bekerja lebih keras untuk mendinginkan ruangan. Sedangkan ketika suhu ruangan telah kembali pada kondisi normal, maka sistem akan mengatur *output* suhu AC pada nilai 22° C sehingga kondisi ideal yang direkomendasikan bisa terjaga dan apabila suhu ruangan menjadi terlalu dingin sistem akan menaikkan suhu *output AC*.



Gambar 17. Grafik Hasil Pengujian Sistem Fuzzy



Gambar 18. Grafik Efektifitas Sistem Fuzzy

Gambar 18 adalah grafik hasil pengujian keefektifan sistem fuzzy dalam menurunkan suhu. AC yang dinyalakan tanpa sistem (*output AC 22°C*) mampu menurunkan suhu ruangan sebesar 4°C. Sedangkan sistem pengendali fuzzy menurunkan suhu ruangan sebesar 6,2°C. Sehingga dapat disimpulkan sistem pengendali fuzzy dengan waktu yang sama dapat menurunkan 2,2°C suhu lebih banyak atau 55% lebih efektif.

4. Kesimpulan

Berdasarkan analisis pengujian yang telah dilakukan terhadap sistem pemantau dan pengendali suhu ruang server menggunakan fuzzy berbasis mikrokontroler Robotdyn dapat diambil kesimpulan sebagai berikut.

1. Purwarupa sistem dapat membaca suhu dan kelembaban ruang server secara akurat dengan nilai *relative error* pembacaan suhu 0,81% dan *relative error* pembacaan kelembaban 4,52%
2. *Quality of Service* pengiriman data dari purwarupa sistem ke *platform Blynk* termasuk dalam kategori sangat bagus dengan nilai rata-rata *delay* 127,54 ms, rata-rata *packet loss delivery* 0,54%, rata-rata *packet delivery ratio* 99,46%, dan rata-rata *throughput* sebesar 10,5 kbps.
3. Sistem pengendali yang dibangun dengan logika fuzzy metode mamdani berhasil mengendalikan *output AC* yang nilainya secara otomatis mengikuti keadaan suhu ruang server dan 55% lebih efektif

menurunkan suhu ruangan dengan jarak maksimal efektif pengendalian 4 meter dan maksimal sudut 45° dari perangkat *Air Conditioner*

Daftar Rujukan

- [1] Telecommunications Industry Association. 2012. *TIA-569-C Telecommunications Pathways and Spaces*. Virginia, U.S.A.: TIA Standards and Engineering Publications
- [2] ASHRAE. 2016. *Data Center Power Equipment Thermal Guidelines and Best Practices*. ASHRAE Technical Committee
- [3] Susanto, F., Rifai, M. N., & Fanisa, A. 2017. Internet of Things Pada Sistem Keamanan Ruangan. Studi Kasus Ruang Server Perguruan Tinggi Raharja. *Seminar Nasional Teknologi Informasi dan Multimedia*, pp. 1-6
- [4] Naba, Agus. 2009. *Belajar Cepat Fuzzy Logic Menggunakan Matlab*. Yogyakarta: ANDI
- [5] Wang, Li-Xin. (1997). *A Course in Fuzzy System and Control*. United States of America: Prentice-Hall International
- [6] Awaj, M. F. 2014. *Sistem Pengukur Suhu dan Kelembaban Ruang Server*. Semarang: Universitas Diponegoro
- [7] Anwar, H., Santoso, H., Khameswara, T. D., Priantoro, A.U., 2017. Monitor PoP- ISP's PoP Room Temperature and Humidity Web Based Monitoring Using Microcontroller. *IEEE 8th Control and System Graduate Research Colloquium*. pp. 212-216
- [8] Islam, M. F. H. 2018. *Smart Room Control (SRC) Pada Ruang Server Berbasis Android*. Surabaya: Institut Bisnis dan Informatika STIKOM
- [9] Abdullah, R. A. & Wibowo, A. 2014. Monitoring Suhu Ruangan Server Dengan Fuzzy Logic Metode Sugeno Menggunakan Arduino dan SMS. *Jurnal SWABUMI*, Vol I, No. 1, pp.1-10
- [10] Ariyanto, R., Rahmad, C., Ananta, Y. A., Yuniyanto, D. R. 2017. *Pengembangan Sistem Otomatisasi AC dan Lampu Menggunakan Fuzzy dan Raspberry Pi*. Malang: Politeknik Negeri Malang