

DESAIN DAN IMPLEMENTASI PROTOTYPE PENDETEKSI DINI KEBAKARAN GEDUNG MENGGUNAKAN ALGORITMA FUZZY LOGIC BERBASIS INTERNET OF THINGS (IOT)

DESIGN AND IMPLEMENTATION PROTOTYPE OF EARLY FIRE BUILDING DETECTION USING FUZZY LOGIC ALGORITHM BASED ON INTERNET OF THINGS (IOT)

Christian Giovani Simbolon¹, Ir. Ahmad Tri Hanuranto, M.T.², Atik Novianti, S.ST., M.T.³

^{1,2,3}Prodi S1 Teknik Telekomunikasi, Fakultas Teknik, Universitas Telkom

¹christiangiovani@student.telkomuniversity.ac.id, ²athanuranto@telkomuniversity.ac.id,

³atiknovianti@tass.telkomuniversity.ac.id

Abstrak

Menurut data yang diambil dari Badan Penanggulangan Bencana Daerah DKI Jakarta, kebakaran terjadi setiap tahunnya. Pada tahun 2019 terdapat kebakaran yang mengakibatkan banyak kerugian mulai dari materi yang mencapai ±65 milyar Rupiah dan korban ±13.211 jiwa yang terdampak seperti luka ringan, luka berat maupun meninggal. Pada penelitian ini dibuat prototipe pendeteksi kebakaran gedung menggunakan Arduino mega 2560 dengan sensor DHT11, MQ-2, *flame* sensor dan *buzzer* sebagai *alarm*. *Fuzzy logic* digunakan untuk menentukan suatu kondisi yang tepat di dalam suatu gedung apakah berbahaya atau tidak yang nantinya *buzzer* akan berbunyi sesuai hasil keluaran *fuzzy*. Dari hasil pengujian sistem, diketahui bahwa alat dapat terhubung dengan *database thingspeak* dan pembacaan pada *database* berjalan dengan baik. Pada sensor DHT-11 didapatkan rata-rata *error* sebesar 1,18 % untuk suhu dan 2,04 % untuk kelembaban. Sedangkan pada *flame sensor*, jarak terhadap objek api dapat mempengaruhi besar panjang gelombang yang ditangkap. Pada pengujian prototipe juga diketahui bahwa masukan sensor yang semakin besar akan menghasilkan hasil keluaran nilai *fuzzy* yang semakin tinggi dan berbahaya. Pada algoritma *fuzzy logic* didapatkan akurasi sebesar 99,995 %. Untuk nilai rata-rata *delay* alat menuju *database thingspeak* sebesar 41,249 ms dan untuk nilai rata-rata *throughput* diperoleh sebesar 14,732 Kbps.

Kata kunci : Kebakaran, IoT, Arduino Mega 2560, DHT-11, MQ-2, *Flame* sensor, *Fuzzy Logic*.

Abstract

According to data taken from DKI Jakarta Regional Disaster Management Agency, fires occurred every year. In 2019 there were fires which caused many losses ranging from materials which reached ± 65 billion Rupiah and victims of ± 13,211 people who were affected such as minor injuries, serious injuries or death. In this research, a prototype of building fire detection was made using Arduino mega 2560 with DHT-11, MQ-2 sensors, *flame* sensor and *buzzer* as alarms. *Fuzzy logic* is used to determine the right conditions in a building whether it is dangerous or not, which later the *buzzer* will sound according to the results of *fuzzy* output. From the results of system testing, it is known that the tool can be connected to the *thingspeak* database and the reading on the database is going well. The DHT-11 sensor found an average error of 1.18% for temperature and 2.04% for humidity. While the *flame* sensor, the distance to the object of fire can affect the wavelength captured. In the prototype test it is also known that the greater the input of the sensor will produce the higher and more dangerous *fuzzy* value output. In the *fuzzy logic* algorithm, the accuracy is 99.995%. For the average value of the tool delay to the *thingspeak* database was 41,249 ms and for the average throughput value was 14,732 Kbps.

Keywords: Fire, IoT, Arduino Mega 2560, DHT-11, MQ-2, *Flame* sensor, *Fuzzy Logic*

1. Pendahuluan

Peristiwa kebakaran dapat terjadi dimana saja dan kapan saja, apalagi dengan pertumbuhan penduduk saat ini yang semakin pesat akan menyebabkan terjadinya peningkatan pada pembangunan terutama untuk tempat tinggal ataupun bangunan [1]. Menurut data yang diambil dari

badan penanggulangan bencana daerah DKI Jakarta kebakaran mengakibatkan banyak kerugian mulai dari materi yang mencapai ± 65 milyar Rupiah dan korban ± 13.211 jiwa yang terdampak seperti luka ringan, luka berat maupun meninggal. Sehingga hal tersebut tentu saja menyebabkan kerugian besar baik dari korban jiwa maupun material [2]. Pada umumnya kebakaran diketahui setelah api sudah membesar sehingga pemadaman menjadi sulit dan memakan waktu lama. Apalagi jika lokasi kebakaran sulit dijangkau oleh mobil pemadam kebakaran [3].

Beberapa penelitian sudah dilakukan seperti “*Design and Implementation of Smart Home Fire Detector Using Module sim900a Based on Voice Call*” yang membahas tentang pendeteksian indikasi kebakaran dengan memanfaatkan *voice call* melalui SIM900A sebagai pemberi notifikasi kepada *user* [5]. Pada penelitian lain seperti “Sistem Deteksi Kebakaran Pada Gedung Berbasis Programmable Logic Controller (PLC)” membahas tentang pengaturan *timer* pada PLC untuk mengontrol pompa dan *sprinkler* jika terdeteksi kebakaran. Metode yang digunakan ialah *programmable logic controller* yang merupakan suatu sistem pengontrol berbasis mikroprosesor [3].

Namun pada penelitian sebelumnya masukan dari *input* sensor dan parameter yang digunakan masih sedikit meskipun ada beberapa penelitian yang sudah menggunakan *fuzzy logic*. Sehingga penulis mendapatkan ide untuk membuat sebuah prototipe pendeteksi dini kebakaran menggunakan algoritma *fuzzy logic* berbasis *Internet Of Things* dengan 3 sensor dan 4 *input* parameter yang nantinya dapat memantau kondisi di suatu ruangan berdasarkan setiap parameter yang ada dan akan diproses oleh mikrokontroler menggunakan *fuzzy logic* sehingga akan didapatkan hasil dari kondisi tersebut.

2. Dasar Teori

2.1 Kebakaran

Kebakaran merupakan timbulnya nyala api yang disebabkan oleh proses oksidasi eksotermis yang berlangsung dengan cepat. Faktor terjadinya kebakaran yakni bahan bakar atau material yang bisa menyulut besarnya kobaran api. Selain itu, kebakaran juga membawa dampak yang sangat besar seperti kehilangan harta benda ataupun hilangnya nyawa seseorang [6].

2.2 Internet of Things

Internet of things adalah suatu konsep dimana objek tertentu punya kemampuan untuk mentransfer data lewat jaringan tanpa memerlukan adanya interaksi dari manusia ke manusia ataupun dari manusia ke perangkat komputer. Pada sistem pengiriman data *internet of things* umumnya digunakan sebuah *cloud* sebagai penyimpanan data. *Internet of Things* juga merupakan sebuah teknologi yang dapat memungkinkan terjadinya pengendalian, komunikasi dan kerjasama dengan perangkat keras atau *hardware* melalui suatu jaringan internet [7] Adapun arsitektur dalam *Internet of things* yang terdiri dari beberapa bagian yaitu *application layer*, *service support and application support layer*, *network layer* dan *device layer* [8].

2.3 Arduino Mega 2560

Arduino Mega 2560 merupakan papan mikrokontroler berdasarkan ATmega2560 (*datasheet*). Ini mempunyai 54 pin *input / output* digital (dimana 14 bisa digunakan sebagai *output* PWM), 16 input analog, 4 UART (port serial perangkat keras), osilator kristal 16 MHz, koneksi USB, colokan listrik, *header* ICSP, dan tombol reset [9].

2.4 Sensor Api

Sensor api ataupun *flame* sensor merupakan sensor yang bermanfaat buat mengetahui api maupun sumber cahaya. Sumber cahaya yang bisa dideteksi ialah yang memiliki panjang gelombang antara 0 nm sampai 1100 nm. Sensor tersebut dapat mendeteksi cahaya pada jarak antara 20 cm hingga 100 cm [4].

2.5 Sensor DHT-11

DHT- 11 merupakan sensor suhu dan kelembaban, sensor ini mempunyai keluaran sinyal digital yang dikalibrasi dengan sensor suhu serta kelembaban yang kompleks. Teknologi ini menetapkan keandalan besar serta sangat baik stabilitasnya dalam jangka panjang. Mikrokontroler tersambung pada kinerja tinggi sebesar 8 bit. Sensor ini termasuk elemen resistif serta fitur pengukur temperatur NTC. DHT-11 mempunyai kualitas yang sangat baik, respon cepat, keahlian anti kendala serta keuntungan bayaran besar kinerja [10].

2.6 Sensor MQ-2

MQ- 2 merupakan komponen elektronika buat mendeteksi kandungan gas hidrokarbon seperti iso butane(C₄H₁₀/ isobutene), propane(C₃H₈/ propane), metana(CH₄/ methane), etanol(ethanol alcohol, CH₃CH₂OH), hydrogen(H₂/ hydrogen), asap(smoke), serta LPG(Liquid Potrelum Gas) [11].

2.7 Passive Buzzer

Passive Buzzer ialah suatu alat yang bisa menghasilkan bunyi sebagai penanda suatu alat. *Buzzer* ini membutuhkan sinyal osilator untuk membagikan bunyi serta mempunyai frekuensi dan tingkatan kenyaringan yang bisa diubah. Pada *buzzer* ini ada 3 Pin yakni gnd, vcc serta I/ O [13].

2.8 Fuzzy Logic

Konsep logika fuzzy untuk awal kalinya diperkenalkan oleh Lofi Zadeh, seseorang professor dari University of California pada tahun 1965. Tetapi pelopor awal kali aplikasi dalam pemakaian *fuzzy set* merupakan Profesor Ebrahim Mamdani serta kawan- kawannya yang berasal dari Queen Mary College London. Kata *fuzzy* itu sendiri mempunyai sebagian definisi ialah, kabur, remang-remang, serta samar. Sehingga logika fuzzy ialah sesuatu tata cara perhitungan yang memakai bahasa (*linguistic*) sebagai pengganti perhitungan memakai bilangan ataupun angka. Sebagai contohnya ialah suatu dimensi temperatur ruangan bisa diekspresikan dalam teori logika *fuzzy* dengan perkataan dingin, normal, maupun panas. Bentuk bahasa ataupun perkata dalam logika *fuzzy* memanglah tidak serinci memakai bilangan, tetapi pemakaian teori logika *fuzzy* hendak lebih mendekati dengan intuisi manusia. Sebab pada teori logika *fuzzy* mempunyai derajat keanggotaan lebih dari 2 nilai, ialah nilainya antara 0 serta 1, sebaliknya dalam logika digital, cuma mempunyai 2 buah nilai, ialah nilai 0 ataupun 1 [14].

2.9 Quality of Service (QoS)

Quality of Service merupakan sebuah metode perhitungan yang digunakan untuk mendapatkan nilai baik atau buruknya kualitas jaringan tersebut. Untuk mengetahui nilai dari QoS sendiri diperlukan beberapa parameter pengujian .

2.9.1 Delay

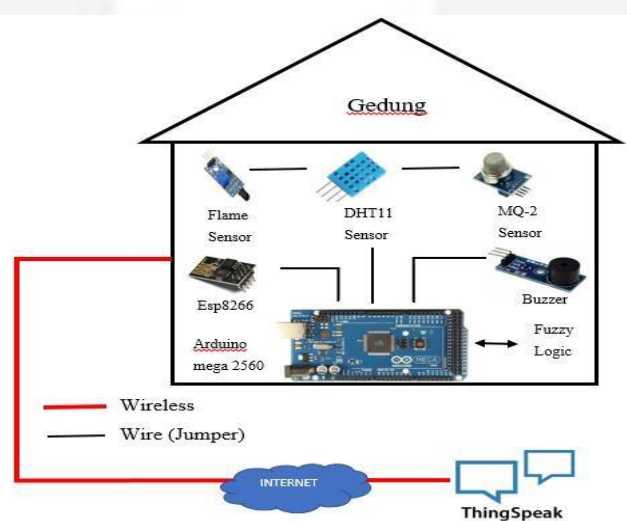
Delay adalah waktu yang dibutuhkan pada pengiriman data dari pengirim sampai kepada tujuan. Pada penelitian kali ini *delay* dihitung dari mulai sensor membaca data hingga ketika data ditampilkan pada *database* [18].

2.9.1 Throughput

Throughput merupakan jumlah informasi yang bisa dikirimkan melewati suatu jaringan/ kanal komunikasi. *Throughput* juga bisa dimaksud sebagai jumlah total kedatangan paket yang sukses diamati [18].

3. Perancangan Sistem

3.1. Desain Sistem



Gambar 3.1 Desain sistem.

Desain sistem tersebut dirancang untuk mendeteksi kebakaran sejak dini pada suatu gedung berbasis algoritma *fuzzy logic* yang akan menentukan sebuah keputusan yang akurat berdasarkan parameter yang ada dari setiap sensor. Lalu *output* pada sistem ini yaitu mengirimkan sebuah

peringatan melalui *buzzer* dimana pada *buzzer* ini terdapat 3 keluaran bunyi yang berbeda berdasarkan keputusan *fuzzy* yaitu normal, waspada, berbahaya. Jika terdeteksi normal *buzzer* tidak akan mengeluarkan suara, jika terdeteksi waspada *buzzer* akan mengeluarkan suara dengan durasi waktu 5 detik sedangkan jika terdeteksi berbahaya maka akan mengeluarkan suara yang lebih keras dari waspada dengan durasi 10 detik. Kemudian pada *output* juga akan memberikan informasi berupa data sensor dan juga kesimpulan nilai *fuzzy* agar mengetahui seberapa bahaya kondisi kebakaran ke sisi *software* yaitu *thingspeak*.

3.2 Perancangan Fuzzy Logic

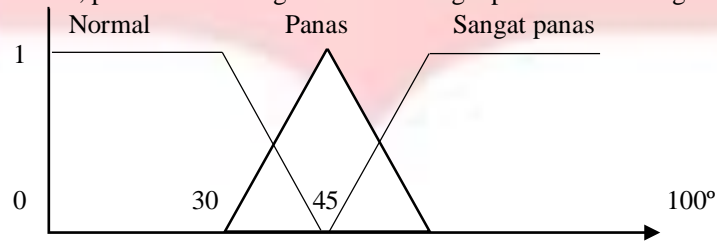
Pada perancangan *fuzzy logic* ini terdapat 5 parameter masukan yang akan diproses oleh mikrokontroler yaitu suhu, dan kelembaban udara, asap, gas dan api. Pada *fuzzy logic* ini terbagi menjadi beberapa tahapan yaitu :

1. Fuzzification

Pada proses ini nilai masukan diubah menjadi variabel linguistik dalam bentuk himpunan *fuzzy* dan menjadi fungsi keanggotaan *fuzzy*.

a. Fungsi keanggotaan suhu

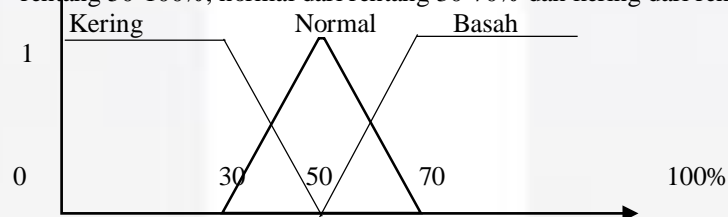
Dalam fungsi keanggotaan suhu ada 3 variabel linguistik yaitu normal dari rentang 0-45°, panas dari rentang 30-60° dan sangat panas dari rentang 60-100°.



Gambar 3.2 Fungsi keanggotaan suhu.

b. Fungsi keanggotaan kelembaban

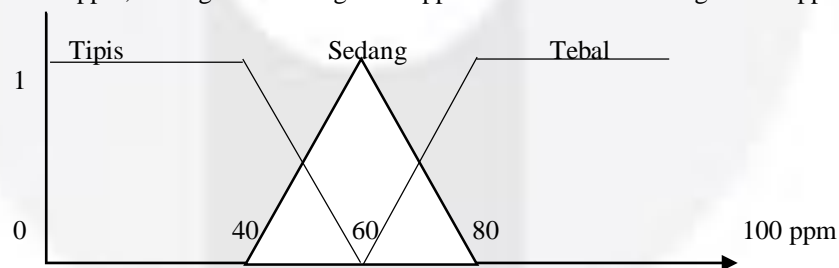
Dalam fungsi keanggotaan suhu ada 3 variabel linguistik yaitu basah dari rentang 50-100%, normal dari rentang 30-70% dan kering dari rentang 0-50%.



Gambar 3.3 Fungsi keanggotaan kelembaban.

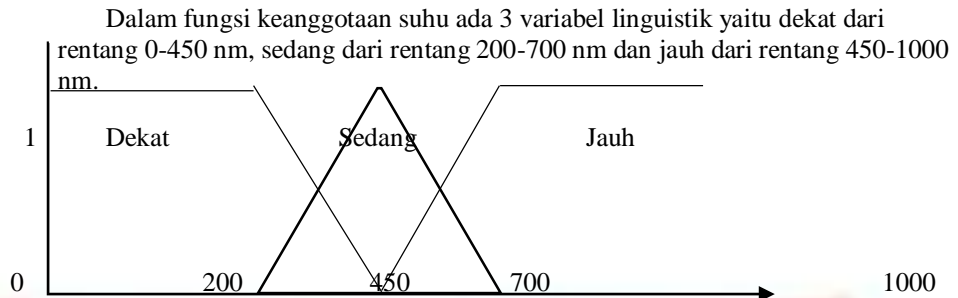
c. Fungsi keanggotaan asap

Dalam fungsi keanggotaan suhu ada 3 variabel linguistik yaitu tipis dari rentang 0-60 ppm, sedang dari rentang 40-80 ppm dan tebal dari rentang 80-100 ppm.



Gambar 3.4 Fungsi keanggotaan asap.

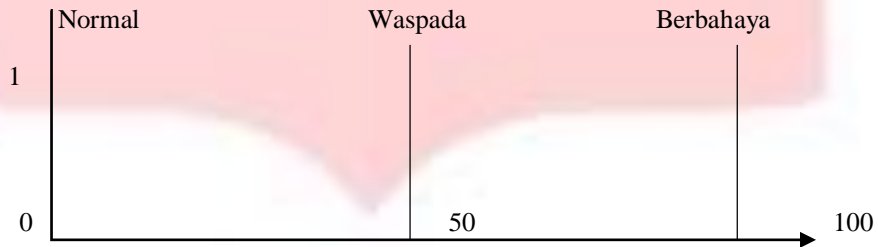
d. Fungsi keanggotaan api



Gambar 3.5 Fungsi keanggotaan api.

e. Fungsi keanggotaan keputusan

Dalam fungsi keanggotaan keputusan ada 3 variabel linguistik yaitu normal bernilai 0-49, waspada bernilai 50-99 dan berbahaya bernilai 100.



Gambar 3.6 Fungsi keanggotaan probabilitas kebakaran.

2. Inference

Pada proses ini data yang berasal dari *fuzzification* akan diatur dalam bentuk *rules* sehingga keluaran akan berpatokan pada *inference*. Terdapat 81 *rules* pada sistem ini.

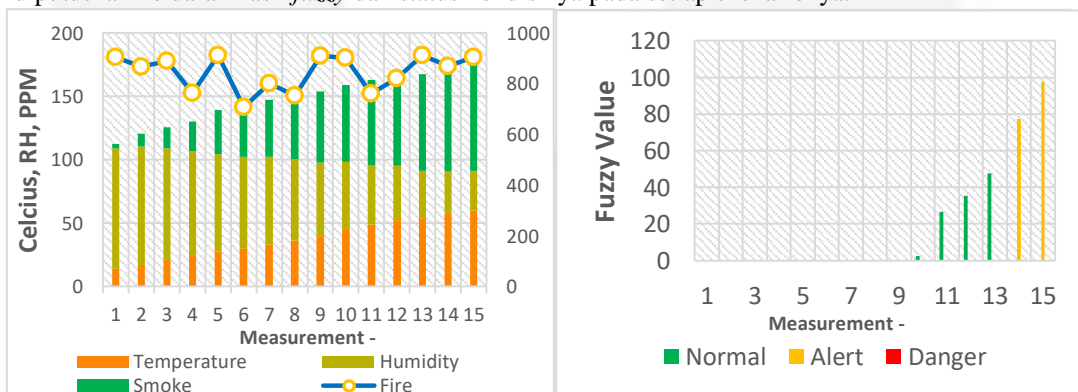
3. Defuzzification

Pada tahap *defuzzification* nilai linguistik akan diolah lagi menjadi nilai *crisp* sebagai keluaran. Data dari keempat sensor tersebut akan menghasilkan nilai *output* probabilitas kebakaran.

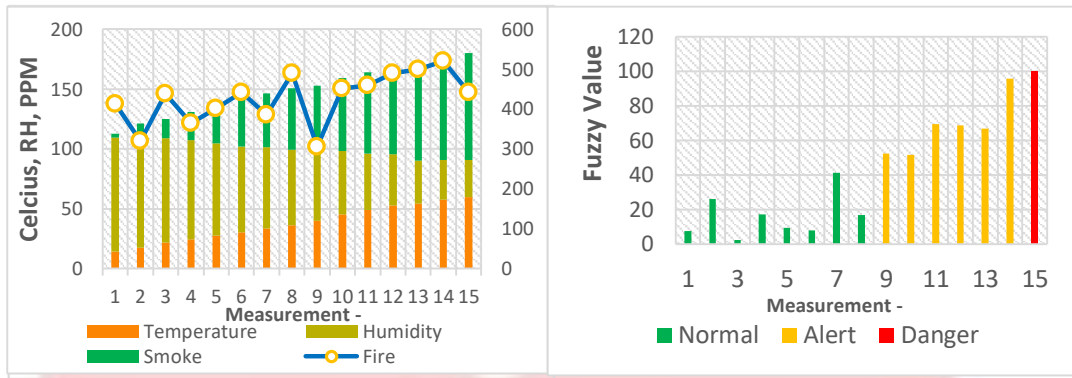
4. Hasil dan Analisis

4.1. Pengujian Prototipe

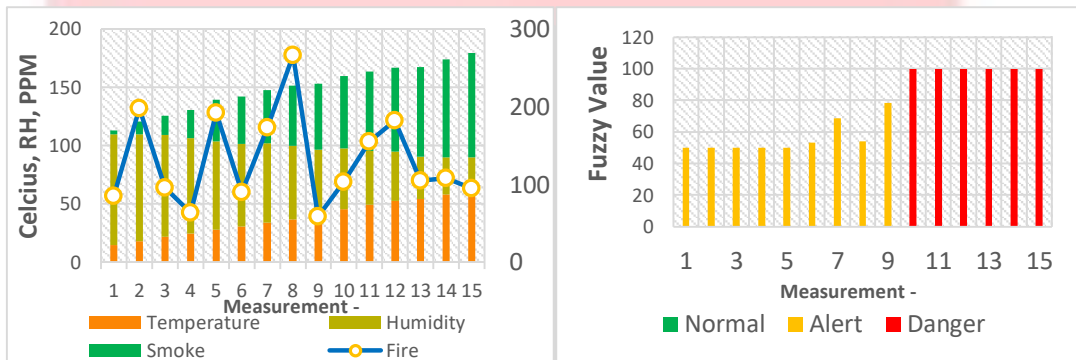
Pengujian *prototype* dilakukan berdasarkan 3 skenario menurut kondisi api jauh, sedang dan dekat. Pada setiap skenario terdapat 15 percobaan dengan masukan suhu dari dingin ke panas, kelembaban dari lembab ke kering dan asap dari tipis ke tebal. Berdasarkan 3 skenario tersebut dapat diputuskan keluaran hasil *fuzzy* dan status kondisinya pada setiap skenarionya.



Gambar 4.1 Data Sensor dan Hasil Fuzzy Skenario 1



Gambar 4.2 Data Sensor dan Hasil Fuzzy Skenario 2



Gambar 4.3 Data Sensor dan Hasil Fuzzy Skenario 3

4.2. Pengujian Fuzzy Logic

Pengujian *fuzzy logic* membandingkan perhitungan manual dengan algoritma *fuzzy logic* yang ada di sistem untuk mencari nilai akurasi. Pengujian dibuat 10 sampel kondisi yang berbeda dari setiap nilai masukan sensor yang bervariasi.

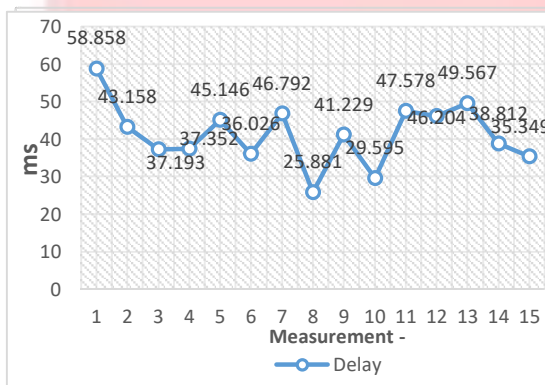
Tabel 4.1 Hasil Pengujian Fuzzy Logic.

No	Suhu (C)	Kelembaban (%)	Asap (ppm)	Api (nm)	Kondisi	Nilai Fuzzy	Nilai Manual	Akurasi (%)
1.	38.30 ^o	40.20	50.80	600.40	Normal	11.56	11.558	99,983
2.	37.10 ^o	65.30	55.90	400.75	Normal	45.04	45.038	99,996
3.	41.60 ^o	45.70	78.90	350.20	Waspada	73.08	73,079	99,998
4.	50.30 ^o	35.60	63.10	100.30	Berbahaya	100	100	100
5.	51.40 ^o	55.60	65.10	300.90	Waspada	87.99	87.985	99,994
6.	58.70 ^o	60.50	60.40	580.90	Waspada	65.84	65.836	99,994
7.	33.60 ^o	34.10	70.70	470.20	Normal	33.10	33.10	100
8.	65.20 ^o	38.70	68.90	280.80	Berbahaya	100	100	100

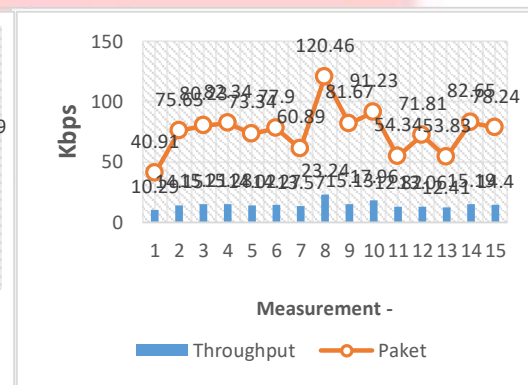
9.	45.50 ^o	50.30	48.60	650.80	Normal	20.20	20.197	99,985
10.	55.80 ^o	31.91	75.10	250.40	Waspada	93.59	93.586	99,996
Rata – Rata								99,995

Pada Tabel 4.1 didapatkan rata-rata akurasi *fuzzy* sebesar 99,995 % dari total 10 sampel data, kemudian pada tabel 4.1 kondisi dikatakan berbahaya jika nilai *fuzzy* hanya bernilai 100 dikarenakan nilai maksimal yang dibuat ialah 100 dan tidak dapat ditolerir lagi. Sedangkan pada kondisi waspada dapat diperkirakan tingkat kewaspadaannya karena memiliki *range* yang beragam yaitu dari 50-99 dan pada kondisi normal juga memiliki *range* beragam dari 0-49. Sehingga dapat dilihat nilai mana yang mendekati berbahaya atau tidak.

4.3. Pengujian Quality of Service



Gambar 4.4 Pengujian Delay.



Gambar 4.5 Pengujian Throughput.

Pada Gambar 4.4 rata-rata *delay* terbesar terdapat pada sesi 1 yaitu 58,858 ms sedangkan untuk rata-rata *delay* terkecil terdapat pada sesi ke-8 yaitu 25,881 ms. Berdasarkan pengukuran *delay* yang dilakukan sebanyak 15 sesi didapatkan rata-rata *delay* keseluruhan yaitu 41,249 ms dan terhitung dari pembacaan sensor dikirim melalui modul *wifi esp8266* menuju *database thingspeak*.

Sedangkan pada Gambar 4.5 rata-rata *throughput* terbesar terdapat pada sesi ke-8 yaitu 23,24 Kbps sedangkan untuk rata-rata *throughput* terkecil terdapat pada sesi 1 yaitu 10,20 Kbps. Berdasarkan pengukuran *throughput* yang dilakukan sebanyak 15 sesi didapatkan rata-rata *throughput* keseluruhan yaitu 14,732 Kbps dan terhitung dari pembacaan sensor dikirim melalui modul *wifi esp8266* menuju *database thingspeak*. Pada pengukuran ini juga dapat disimpulkan bahwa semakin besar ukuran paket yang diterima maka semakin tinggi pula *throughput* yang dihasilkan.

5. Kesimpulan

Berdasarkan pengujian dan analisis yang telah dilakukan pada prototipe pendeteksi dini kebakaran pada gedung menggunakan algoritma *fuzzy logic* berbasis *Internet of Things (IOT)* sistem pada prototipe pendeteksi dini kebakaran pada gedung menggunakan algoritma *fuzzy logic* berbasis *Internet of Things (IOT)* secara keseluruhan berjalan dengan baik. Pada pengujian prototipe bahwa kondisi api yang semakin dekat pada sensor, suhu yang semakin meningkat, kelembaban yang semakin kering dan asap yang semakin tebal akan menghasilkan hasil keluaran nilai *fuzzy* yang semakin besar dan berbahaya. Pada pengolahan algoritma *fuzzy logic* menghasilkan akurasi sebesar 99,995 %.. Sedangkan pada pengujian QoS didapatkan rata-rata *delay* sebesar 41,249 ms dan *throughput* 14,73 Kbps.

Daftar Pustaka:

- [1] Sudimanto, “Perancangan Deteksi Kebakaran pada Gedung,” *Media Inform.*, vol. 5, pp. 62–66, 2017.
- [2] Khoirun Nisa, “JUMLAH KEJADIAN KEBAKARAN DAN BANGUNAN YANG TERDAMPAK DI DKI JAKARTA,” *Badan Penanggulangan Bencana Daerah DKI Jakarta*.
- [3] R. S. Rizki, I. D. Sara, and M. Gapy, “Sistem Deteksi Kebakaran Pada Gedung Berbasis

- Programmable Logic Controller (PLC),” *Karya Ilm. Tek. Elektro*, vol. 2, no. 3, pp. 99–104, 2017.
- [4] N. Ketut, H. Dharmi, and A. Pratika, “Rancang Bangun Prototipe Pendeteksi Kebakaran Menggunakan Konsep,” *Media Pengemb. Ilmu dan Apl. Tek.*, vol. 18, no. 01, pp. 17–26, 2019.
- [5] N. Amiranti, D. Zahra, and N. Bogi, “Desain Dan Implementasi Pendeteksi Kebakaran Pada Rumah Pintar Menggunakan Module Sim900a Berbasis Voice Call Design and Implementation of Smart Home Fire Detector Using Module Sim900a Based on Voice Call,” *Telkom Univ.*, vol. 7, p. 2, 2019.
- [6] A. Agung, P. Bunga, S. Devi, and N. Karna, “Desain Dan Implementasi Sistem Pendeteksi Kebakaran Menggunakan Raspberry Pi 3 Berbasis Algoritma Fuzzy Logic,” *Telkom Univ.*, vol. 7, pp. 1–7, 2019.
- [7] F. Trihatmoko, E. Kurniawan, and C. Ekaputri, “Desain Dan Implementasi Lampu LED Berbasis Internet Of Thing (IoT) Dan Berstandar EMC Menggunakan Single Tuned Filter,” *eProceedings Eng.*, vol. 8, p. 3, 2019.
- [8] M. Gunturi, H. D. Kotha, and M. Srinivasa Reddy, “An overview of internet of things,” *J. Adv. Res. Dyn. Control Syst.*, vol. 10, no. 9, pp. 659–665, 2018, doi: 10.12928/telkomnika.v18i5.15911.
- [9] A. R. Surya, E. Ariyanto, and S. Prabowo, “Smart Alarm Pada Sepeda Motor Menggunakan GPS dan Arduino Mega Smart Alarm for Motorcycle Using GPS and Arduino Mega 2560 R3,” *Telkom Univ.*, vol. 8, p. 2, 2017.
- [10] R. N. Yanuar, M. Hannats, H. Ichsan, and G. E. Setyawan, “Implementasi Sistem Pemadam Kebakaran Pada Ruang Tertutup Berbasis Arduino Menggunakan Logika Fuzzy,” *Telkom Univ.*, vol. 3, no. 4, pp. 3964–3970, 2019.
- [11] R. Faisol Nur Rochim, Agung Nilogiri, “Simulasi Alat Pendeteksi Kebakaran Menggunakan Sensor Asap Mq2, Sensor Suhu Lm35, Dan Modul Wifi Esp8266 Berbasis Mikrokontroler Arduino,” *Fak. Tek. Univ. Muhammadiyah Jember*, vol. 2, 2018, [Online]. Available: <http://repository.unmuhjember.ac.id/id/eprint/416>.
- [12] E. A. Hw, R. Tulloh, and D. N. Ramadan, “Design and Implementation of Fire Detection System using Realtime Database,” *eProceedings Appl. Sci.*, vol. 15, 2019.
- [13] T. Nursetiyo, “Sistem Pendeteksi Dan Penanganan Dini Pada Kebakaran Dengan Alarm, penyemprot Air Otomatis Dan SMS Gateway Berbasis Mikrokontroler,” *Telkom Univ.*, pp. 1–9, 2014.
- [14] A. M. Marsukan, P. Pangaribuan, and W. Priharti, “Implementasi Sistem Kontrol Penerangan Pada Taman Berbasis Fuzzy Logic Implementation of Lighting Control System in Park,” *eProceedings Eng.*, vol. 6, no. 2, pp. 2724–2731, 2019.
- [15] M. U. Harun Al Rasyid, D. Enda, and F. A. Saputra, “Smart Home System for Fire Detection Monitoring Based on Wireless Sensor Network,” *IES 2019 - Int. Electron. Symp. Role Techno-Intelligence Creat. an Open Energy Syst. Towar. Energy Democr. Proc.*, pp. 189–194, 2019, doi: 10.1109/ELECSYM.2019.8901528.
- [16] R. Syahputra, M. Abdurrohman, and S. P. S. T, “Pendeteksi Kelelahan Untuk Aktivitas Jogging Menggunakan Fuzzy Logic,” *Telkom Univ.*, vol. 16, p. 3, 2019.
- [17] K. Waleed A. S, P. Daru Kusuma, and C. Setiamingsih, “Sistem Pemantauan Dan Klasifikasi Kondisi Pencemaran Air Sungai Dengan Metode Fuzzy Logic,” *2019 IEEE Int. Conf. Ind. 4.0, Artif. Intell. Commun. Technol.*, vol. 8, p. 4, 2018.
- [18] M. F. Aqil, B. Rahmat, and R. Mayasari, “Purwarupa Pengawasan Dan Pengendalian Miniatur Irigasi Sawah Dengan Internet Of Things (IoT),” *Telkom Univ.*, vol. 12, p. 2, 2018.