

Prototipe Sistem Deteksi Kebakaran Menggunakan Multisensor Berbasis Logika Fuzzy untuk Sistem Pendukung Keputusan

Prototype of a Fire Detection System Using Multisensor Based on Fuzzy Logic for Decision Support Systems

Fathur Zaini Rachman

Jurusan Rekayasa Elektro, Teknik Elektronika, Politeknik Negeri Balikpapan
fathur.zaini@poltekba.ac.id

Abstract

An early detection system for potential fires can reduce negative impacts on the environment. Currently, the limitations of fire detection systems are the area coverage and location of device installation so that the sensitivity of sensors in the room is reduced. In this research, it is proposed to detect indoor phenomena by utilizing several sensors. The fuzzy logic method is used to make decisions in multisensor data processing and in a cluster head (CH), the result of the data process is the condition level of an end device (ED). Test results using fuzzy logic create a distributed detection system on each ED and CH device, so that it can save data storage and computing processes at the fusion center (FC).

Keywords: fires, sensors, fuzzy logic, fusion center.

Abstrak

Sistem deteksi dini akan potensi kebakaran dapat mengurangi dampak buruk dari lingkungan. Pada saat ini, keterbatasan sistem deteksi kebakaran adalah pada cakupan area dan letak pemasangan perangkat sehingga sensitivitas sensor di dalam ruangan menjadi berkurang. Pada penelitian ini, diajukan untuk mendeteksi fenomena dalam ruangan dengan memanfaatkan beberapa sensor. Metode logika fuzzy digunakan untuk pengabilan keputusan dalam proses data multisensor dan pada sebuah *cluster head* (CH), hasil dari proses data adalah level kondisi pada sebuah perangkat end device (ED) . Hasil pengujian menggunakan logika fuzzy menjadikan sistem deteksi terdistribusi pada setiap perangkat ED dan CH, sehingga dapat menghemat penyimpanan dan proses komputasi data pada *fusion center* (FC).

Kata kunci: kebakaran, sensor, logika fuzzy, *fusion center*.

Pendahuluan

Kebakaran merupakan bencana yang dapat terjadi dimana saja. Faktor yang dapat menimbulkan kebakaran diantaranya musim yang ekstrim [1]–[3], hubungan singkat listrik, suhu yang tinggi pada lingkungan dan mesin, ada bahan yang mudah terbakar disekitar lingkungan hingga pembukaan lahan induatri [4]. Penanganan kebakaran pada ruangan terbuka seperti hutan, kebun dan rawa dapat diketahui segera, sedangkan pada ruangan tertutup diperlukan penanganan yang lebih dikarenakan banyak aktifitas yang dilakukan secara terus menerus seperti mesin industri yang aktif, perangkat elektronik hingga perangkat dapur yang setiap saat dapat menimbulkan bahaya kebakaran. Sehingga sangat diperlukan suatu sistem yang dapat mendeteksi dini akan potensi kebakaran pada ruangan tertutup.

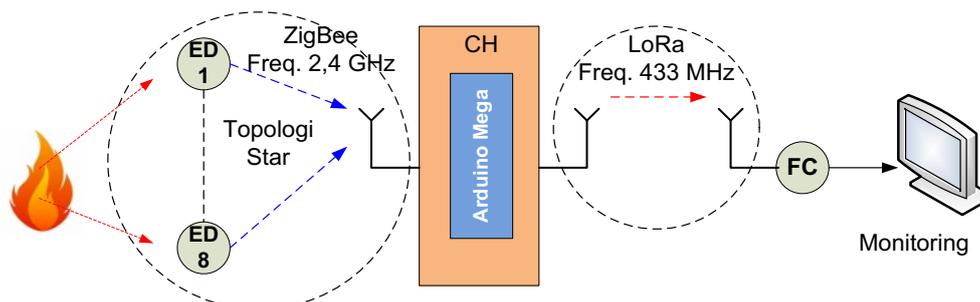
Teknologi sensor dan aktuator memiliki peran sangat penting dalam sistem deteksi dini. Teknik deteksi kebakaran tergantung pada lokasi dan sifat api. Deteksi dengan sensor tunggal banyak diimplementasikan di beberapa aplikasi seperti deteksi kebakaran, dimana sensor terfokus pada panas [5], [6], gas [7] , asap [8]–[10], api [11], [12] dan beberapa sumber fenomena lainnya [13], [14]. Perkembangan sistem deteksi terus berkembang menjadi multisensor, hal ini terjadi karena ada unsur segi tiga api yang dapat menimbulkan kebakaran [15]. Pada sistem multisensor menggabungkan beberapa sumber informasi dari sensor yang terhubung ke sistem tertanam [16]–[18]. Data multisensor diproses pada Fusion Center (FC) untuk mengetahui hasilnya. Untuk menghindari alarm palsu maka proses data sensor menggunakan pendekatan model algoritma seperti logika fuzzy dan jaringan saraf tiruan [18]–[21]. Akan tetapi, pada implementasi

multisensor masih terbatas pada cakupan area deteksi seperti sensor api yang hanya dapat mencakup 60 derajat, sensor suhu dan asap yang tergantung pada titik letak pemasangan dan arah angin, sehingga parameter dalam menentukan tingkat bahaya masih terbatas oleh luas area deteksi. Sehingga untuk meningkatkan area cakupan sensor maka diperlukan sistem yang dapat mendeteksi fenomena dalam ruangan secara luas.

Pada penelitian ini menggunakan beberapa multisensor yang bertujuan untuk meningkatkan cakupan area deteksi dan sensitivitas sensor dalam ruangan. Implementasi dilakukan dengan meletakkan 8 titik yang berfungsi sebagai end device (ED) pada miniatur ruangan. ED melakukan proses fuzzifikasi multisensor sehingga menghasilkan output berupa level kondisi. Data ED dikirim ke CH yang memiliki fungsi sebagai fuzzifikasi dari level ED sekaligus router jaringan untuk mengirim data ke FC. Pada jaringan sensor nirkabel, FC memiliki fungsi untuk menerima data dari CH dan ditampilkan pada aplikasi monitoring. Prototipe ruangan yang digunakan berbentuk persegi panjang dengan ukuran 60x50x50cm.

Metode Penelitian

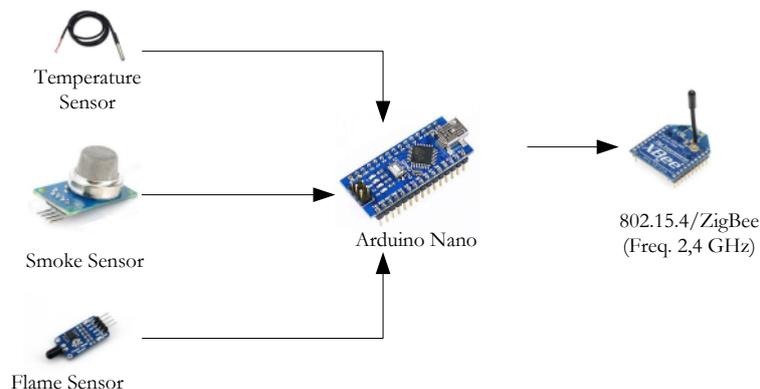
Perancangan model sistem seperti pada Gambar 1 terdiri dari End Device (ED) sebagai perangkat deteksi dari fenomena lingkungan. Cluster Head (CH) sebagai router pada jaringan nirkabel. Fusion Center (FC) sebagai tempat semua data terkumpul dari jaringan. Dan hasil dari pengolahan data ditampilkan pada aplikasi pemantau. Jaringan komunikasi dimodelkan secara statis pada frekuensi 2,4 GHz untuk komunikasi jarak pendek dari ED ke CH dengan menggunakan topologi star dan frekuensi 433 MHz untuk komunikasi dari CH ke FC secara point to point.



Gambar 1 Arsitektur Jaringan dari Sistem Deteksi Kebakaran

Multisensor Pada End Device (ED)

Pada Gambar 2 menampilkan semua hubungan perangkat di ED. Fenomena lingkungan dideteksi menggunakan multisensor, diantaranya sensor api, sensor asap dan sensor temperatur. Semua sensor menjadi inputan bagi mikrokontroler arduino nano, data sensor terhubung pada pin analog dari mikrokontroler. Hasil Pengolahan data multisensor adalah tingkatan kondisi bahaya disekitar ED yang didapat dari deteksi fenomena lingkungan.



Gambar 2 Sub Sistem Deteksi Kebakaran dengan Multisensor

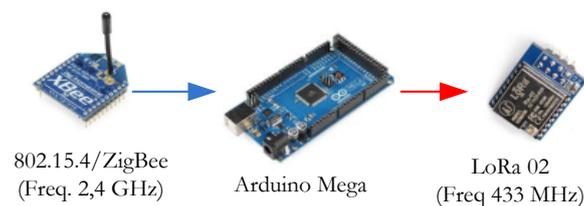
Pengolahan data dilakukan dengan menerapkan logika fuzzy yang dimodelkan dan diatur pada MAT-LAB dengan menggunakan toolbox logika fuzzy. Hasil tingkat bahaya dikirim melalui pin serial mikrokontroler untuk dikirimkan ke CH dengan komunikasi nirkabel. Pengalamatan pada setiap ED dan CH dilakukan secara manual, konfigurasi jaringan seperti seperti Tabel 1. Komunikasi CH dan FC tidak menggunakan pengalamatan, hanya menggunakan kode data dalam melakukan komunikasi.

Tabel 1 Konfigurasi Jaringan Nirkabel ED dan CH

Perangkat	Alamat Jaringan ZigBee		
	MY	DL	ID
CH	011	000	1234
ED 1	021	011	1234
ED 2	022	011	1234
ED 3	023	011	1234
ED 4	024	011	1234
ED 5	025	011	1234
ED 6	026	011	1234
ED 7	027	011	1234
ED 8	028	011	1234

Fungsi Router Pada Cluster Head (CH)

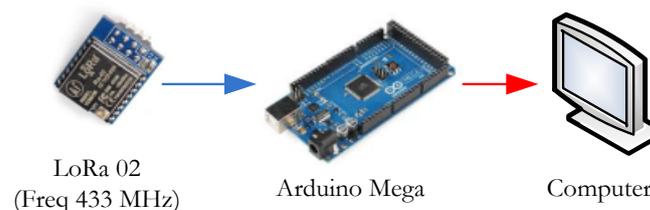
Cluster Head berfungsi sebagai router jaringan, dimana memiliki fungsi untuk menerima data multisensor dari ED dan meneruskannya ke FC. Pada gambar 3, CH menggunakan 2 jenis perangkat komunikasi nirkabel yaitu pada frekuensi 2,4 GHz untuk menerima data dan frekuensi 433 MHz untuk mengirim data ke FC.



Gambar 3 Konfigurasi pada CH

Data Multisensor pada Fusion Center (FC)

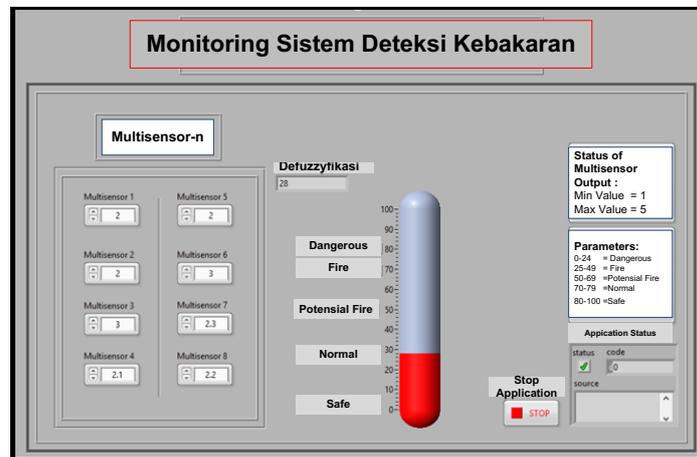
Fungsi utama dari FC adalah menerima data dari CH. Hal ini menjadikan FC tempat menyimpan, proses dan menampilkan informasi data pada komputer. Pada gambar 4, Frekuensi yang digunakan oleh perangkat FC adalah 433 MHz untuk komunikasi data dari CH ke FC. Terlebih dahulu kode data diseleksi dan diterjemahkan oleh sistem dengan menggunakan mikrokontroler. Selanjutnya, hasil proses data yang diteruskan komputer untuk ditampilkan pada layar monitor. Tampilan pada layar monitor digunakan untuk menentukan tingkat bahaya yang ditimbulkan sehingga diharapkan pencegahan dini kebakaran dapat dilakukan segera.



Gambar 4 Aliran data pada FC

Program Aplikasi

Pada Gambar 5 terdapat fitur input data untuk setiap titik sudut ruangan yang sebenarnya merupakan hasil pembacaan data multisensor. Aplikasi deteksi kebakaran berfungsi sebagai pembanding antara hasil fuzzy yang didapat oleh pembacaan 8 multisensor secara otomatis dan dengan hasil fuzzy dari multisensor.



Gambar 5 Tampilan Sistem Monitoring

Metode Fuzzy Logic

Pengelolaan data multisensor diproses menggunakan metode fuzzy sugeno pada ED dan FC. Input nilai dari hasil baca data multisensor akan diproses untuk menjadi output berupa parameter kondisi lokasi kejadian pada bagian ED. Pada FC, data dikumpul dan dikelola untuk mendapatkan parameter keadaan dari seluruh ED yang terhubung pada CH. Fungsi keanggotaan fuzzifikasi menggunakan persamaan 1 untuk fungsi keanggotaan variabel api kurva bahu, persamaan 2 untuk fungsi keanggotaan variabel suhu dan asap kurva segitiga. Persamaan 3 adalah defuzzifikasi menggunakan metode rata-rata (average) untuk range nilai status yang ditampilkan pada aplikasi.

$$\mu[x] = \begin{cases} 0; & x \leq a \\ \frac{b-x}{b-a}; & a \leq x \leq b \\ 1; & x \geq a \end{cases} \quad (1)$$

$$\mu[x] = \begin{cases} 0; & x \leq a \text{ atau } x \geq c \\ \frac{x-a}{b-a}; & a \leq x \leq b \\ \frac{c-x}{c-b}; & b \leq x \leq c \end{cases} \quad (2)$$

$$Z = \frac{\sum \alpha_i z_i}{\alpha_i} \quad (3)$$

Keterangan :

a : Nilai domain yang mempunyai derajat keanggotaan nol.

b: Nilai domain yang mempunyai derajat keanggotaan satu.

x: Nilai input yang akan diubah ke dalam bilangan fuzzy.

Z : output group

Nilai fungsi keanggotaan terdapat pada Tabel 2 untuk parameter api, Tabel 3 untuk parameter suhu dan Tabel 4 untuk parameter temperatur. Output fuzzy setiap multisensor (ED) menjadi input data untuk proses fuzzy kedua yang ditanamkan pada Arduino Mega (CH). Output dari kedelapan multisensor tersebut masih berupa nilai numerik dalam format string dan bukan berupa sebuah nilai linguistik. Pada pemrosesan fuzzy kedua (CH) ini memberikan klasifikasi parameter mutlak untuk kondisi ruangan. Metode fuzzy yang digunakan adalah metode Sugeno Single Output. Tabel 5 merupakan hasil fungsi keanggotaan untuk output multisensor.

Tabel 2 Fungsi Keanggotaan Untuk Nilai Sensor Api

Fungsi Keanggotaan	Nilai (ADC)
Dekat	≤ 100
Agak dekat	≥ 60 dan ≤ 350
Jauh	≥ 300 dan ≤ 800
Tidak terdeteksi	≥ 600

Tabel 3 Fungsi Keanggotaan Untuk Nilai Sensor Suhu

Fungsi Keanggotaan	Nilai ($^{\circ}\text{C}$)
Dingin	≤ 21
Sejuk	$\geq 20,5$ dan $\leq 22,8$
Nyaman	≥ 21 dan $\leq 25,8$
Hangat	$\geq 22,8$ dan $\leq 27,1$
Panas	≥ 25

Tabel 4 Fungsi Keanggotaan Untuk Nilai Sensor Asap

Fungsi Keanggotaan	Nilai (PPM)
Tidak ada asap	≥ 0 dan ≤ 50
Renggang	≥ 25 dan ≤ 100
Sedang	≥ 51 dan ≤ 199
Pekat	≥ 101 dan ≤ 300
Sangat pekat	≥ 300

Tabel 5 Fungsi Keanggotaan Untuk Output Multisensor

Fungsi Keanggotaan	Nilai
Level 1	≥ 0 dan ≤ 2
Level 2	≥ 1 dan ≤ 3
Level 3	≥ 2 dan ≤ 4
Level 4	≥ 3 dan ≤ 5
Level 5	≥ 4 dan ≤ 10

Pada setiap Level memiliki sebuah bentuk grafik dan batasan-batasan nilai. Grafik trapesium digunakan untuk level 1 pada rentang nilai [0 1 2], nilai pertama [0] adalah nilai domain terkecil yang mempunyai derajat keanggotaan dari satu, nilai kedua [1] adalah nilai domain terbesar yang mempunyai derajat keanggotaan dari nol, nilai ketiga [2] adalah nilai domain terbesar yang mempunyai derajat keanggotaan dari nol. Grafik segitiga digunakan pada level 2,3, dan 4. Pada level 2 memiliki rentang nilai [1 2 3], level 3 memiliki rentang nilai [2 3 4], level 4 memiliki rentang nilai [3 4 5], nilai pertama adalah nilai domain terkecil yang mempunyai derajat keanggotaan dari nol, nilai kedua adalah nilai domain yang mempunyai derajat keanggotaan dari satu, nilai ketiga adalah nilai domain terbesar yang mempunyai derajat keanggotaan dari nol. Grafik trapesium digunakan pada level 5 memiliki rentang dari [4 5 10], nilai pertama adalah nilai domain terkecil yang mempunyai derajat keanggotaan dari nol, nilai kedua adalah nilai domain terkecil yang mempunyai derajat keanggotaan dari satu dan nilai ketiga adalah nilai domain terbesar yang mempunyai derajat keanggotaan dari nol.

Algoritma pada ED

Algoritma 1 menampilkan bagaimana algoritma pada ED mendapatkan output level dan mengirimkannya ke CH. Data-data sensor diolah menggunakan metode logika fuzzy untuk mendapatkan output level pada node multi-sensor.

Algoritma 1: ED

```

Inisialisasi
Void loop()
{
  Fuzzy_Suhu();
  Fuzzy_Api();
  Fuzzy_Asap();
  Rule_Eva();
  Defuzzy();
  Serial.print("Z = ");
  Serial.println(Z);
  Serial.println(); delay(1000);
}

```

Algoritma CH

Algoritma 2 menampilkan bagaimana CH menerima dan memproses semua output level dari ED. itu diproses kembali pada CH menggunakan metode logika fuzzy untuk dikirimkan ke FC.

Algoritma 2: CH

```

Inisialisasi
voidloop()
{
  Packet_Size=Serial.read(); // Baca data input 8 Multisensor
  Serial.print("Konversi: "); // Tampil string di Serial Monitor
  Serial.println(packetSize); // Tampil data nilai 8 Multisensor
  Fuzzy();
  Rule_Eva();
  Defuzzy();
  change=(float)packetSize; // Rubah format intke float
  Serial.print("Z: ");
  Serial.println(Z);
  delay(250); // send packet
  LoRa.beginPacket();
  LoRa.print(packetSize); // data yang dikirim
  LoRa.print(","); // data yang dikirim
  LoRa.println(Z); // data yang dikirim
  LoRa.endPacket();
  delay(50);
}

```

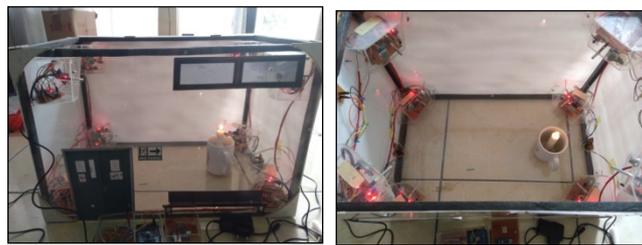
Pada Tabel 6 merupakan fungsi keanggotaan berdasarkan range nilai yang masuk dari Multisensor dan outputnya ditampilkan pada aplikasi monitoring.

Tabel 6 Fungsi Keanggotaan Input dan Output Berdasarkan Range Nilai

No	Jenis Data	Klasifikasi					
1.	Input	0 – 18	13 - 23	18 - 28	23 - 33	28 - 40	
2.	Output	0	25	50	75	100	

Hasil dan Pembahasan

Gambar 6 merupakan salah satu pengujian yang dilakukan terhadap pembacaan multisensor. Pengujian yang dilakukan merupakan hasil pembacaan dari kedelapan multisensor terhadap posisi titik api yang akan diletakkan di 6 posisi yang berbeda. Diketahui ukuran ruangan adalah 60 cm (P) x 50cm (L) x 50 cm (T)



Gambar 6 Miniatur Ruangan Uji Coba Prototipe Sistem Deteksi Kebakaran

Pengaruh posisi api terhadap nodes multi-sensor (kanan-bawah)

Tabel 7 adalah hasil pengujian dari nodes multi-sensor tersebut. Hasil output bernilai 2.71 sampai 4.45. Ada beberapa faktor yang mempengaruhi hasil deteksi dari nodes multisensor diantaranya posisi api, intensitas cahaya, asap, panas, dan sebagainya. Output fuzzy pada posisi G (4.00) dan H (4.45) adalah nilai tertinggi dari semua output multi-sensor, posisi keduanya adalah tedekat dari sumber api, sehingga hasil sensor api dan suhu mempengaruhi hasil output fuzzy.

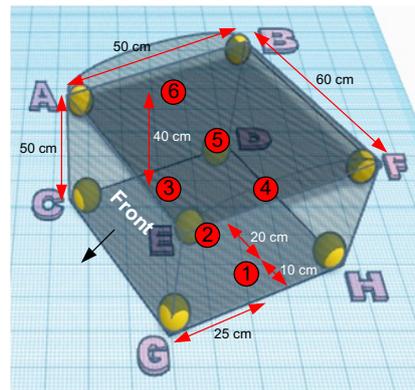
Tabel 7 Pengujian Multisensor pada posisi kanan bawah

Multi-sensor	Pembacaan Sensor			Output Fuzzy
	Flame (ADC)	Temp. (°C)	Smoke (ppm)	
A	51	27.37	0.36	3.00
B	52	29.06	1.75	3.00
C	36	27.06	1.75	2.71
D	56	29.50	3.22	3.00
E	37	29.31	0.05	3.00
F	43	29.06	1.75	3.00
G	34	30.37	53.30	4.00
H	35	31.56	134.28	4.45

Pengujian Pada Posisi 2 (Tengah – Bawah)

Pengujian dilakukan dengan meletakkan sumber api dari lilin di posisi kanan bawah seperti pada gambar 7 pada titik 2. Tabel 8 adalah Hasil pengujian yang didapat setelah dilakukan pengujian untuk seluruh multisensor.

Hasil pada pengujian multisensor seperti yang ditunjukkan pada Tabel VII menunjukkan hasil output bernilai 2.26 sampai 3.00. Berdasarkan rule fuzzy yang sudah dibuat, maka apabila sistem mendeteksi adanya api, maka output fuzzy akan menghasilkan nilai. Meskipun letak titik api berada di tengah bawah, akan tetapi multisensor yang berada di bagian lain tetap mendeteksi jarak api yang dekat, hal ini dikarenakan adanya faktor cahaya matahari dan lampu yang mengganggu pembacaan dari sensor api.



Gambar 7 Ilustrasi tata letak api untuk pengujian

Tabel 8 Pengujian Multisensor pada posisi Tengah bawah

Multi-sensor	Pembacaan Sensor			Output Fuzzy
	Flame (ADC)	Temp. (°C)	Smoke (ppm)	
A	63	26.94	2.10	2.26
B	64	27.87	1.61	3.00
C	45	28.00	0.22	3.00
D	44	27.81	4.34	3.00
E	56	27.00	2.03	2.51
F	40	27.81	7.01	3.00
G	35	28.00	5.39	3.00
H	48	27.31	0.07	3.00

Pengujian Pada Posisi 3 (Kiri – Bawah)

Pengujian dilakukan dengan meletakkan sumber api dari lilin di posisi kanan bawah seperti pada Gambar 7 pada titik 3. Tabel 9 adalah Hasil pengujian yang didapat setelah dilakukan pengujian untuk seluruh multisensor. Hasil dari pengujian menghasilkan nilai dari 3.00 hingga 4.00, Berdasarkan rule fuzzy yang sudah dibuat, maka apabila sistem mendeteksi adanya api dan adanya kadar gas berupa asap, maka output fuzzy akan menghasilkan nilai lebih dari 3.00. Meskipun letak titik api berada di kiri bawah, akan tetapi multisensor yang berada di bagian lain tetap mendeteksi jarak api yang dekat, hal ini dikarenakan adanya faktor cahaya matahari dan lampu yang mengganggu pembacaan sensor api.

Tabel 9 Pengujian Multisensor pada posisi Kiri bawah

Multi-sensor	Pembacaan Sensor			Output Fuzzy
	Flame (ADC)	Temp. (°C)	Smoke (ppm)	
A	41	27.87	0.36	3.00
B	45	28.44	0.90	3.00
C	39	30.25	44.05	3.53
D	40	31.62	57.77	4.00
E	41	28.28	4.75	3.00
F	46	28.62	6.41	3.00
G	50	28.37	1.30	3.00
H	41	28.25	4.85	3.00

Pengujian Pada Posisi 4 (Kanan – Atas)

Pengujian dilakukan dengan meletakkan sumber api dari lilin di posisi kanan bawah seperti pada gambar 7 pada titik 4. Tabel 10 adalah Hasil pengujian yang didapat setelah dilakukan pengujian untuk seluruh multisensor. Hasil pada pengujian multisensor seperti yang ditunjukkan pada Tabel 10 menunjukkan hasil output bernilai 2.50 sampai 3.56. Berdasarkan rule fuzzy yang sudah dibuat, maka apabila sistem mendeteksi adanya api dan adanya kadar gas berupa asap, maka output fuzzy biasanya akan menghasilkan nilai lebih dari 3.00. Meskipun letak titik api berada di kanan atas, akan tetapi multisensor yang berada di bagian lain tetap mendeteksi jarak api yang dekat, hal ini dikarenakan adanya faktor cahaya matahari dan lampu.

Tabel 10 Pengujian Multisensor pada posisi kanan Atas

Multi-sensor	Pembacaan Sensor			Output Fuzzy
	Flame (ADC)	Temp. (°C)	Smoke (ppm)	
A	37	27.06	1.75	2.50
B	54	29.62	3.22	3.00
C	51	27.37	0.36	3.00
D	46	27.62	0.80	2.50
E	34	30.44	45.81	3.51
F	36	29.62	41.68	3.56
G	47	27.56	2.25	3.00
H	47	29.12	2.10	3.00

Pengujian Pada Posisi 5 (Tengah – Atas)

Pengujian dilakukan dengan meletakkan sumber api dari lilin di posisi kanan bawah seperti pada gambar 7 pada titik 5. Tabel 11 adalah Hasil pengujian yang didapat setelah dilakukan pengujian untuk seluruh multisensor. Hasil pada pengujian multisensor tanpa gas seperti yang ditunjukkan pada Tabel 11 menunjukkan hasil output bernilai 2.25 sampai 3.00. Berdasarkan rule fuzzy yang sudah dibuat, maka apabila sistem mendeteksi adanya api dan adanya kadar gas berupa asap, maka output fuzzy biasanya akan menghasilkan nilai lebih dari 3.00. Meskipun letak titik api berada di tengah atas, akan tetapi multisensor yang berada di bagian lain tetap mendeteksi jarak api yang dekat, hal ini dikarenakan adanya faktor cahaya matahari dan lampu yang mengganggu pembacaan dari sensor api.

Tabel 11 Pengujian Multisensor pada posisi Tengah Atas

Multi-sensor	Pembacaan Sensor			Output Fuzzy
	Flame (ADC)	Temp. (°C)	Smoke (ppm)	
A	44	28.89	4.34	3.00
B	35	29.61	5.17	3.00
C	67	27.94	1.55	3.00
D	56	27.00	2.03	2.51
E	40	29.81	6.65	3.00
F	45	28.12	0.22	3.00
G	74	26.94	2.32	2.25
H	73	27.31	0.09	3.00

Pengujian Pada Posisi 6 (Kiri – Atas)

Pengujian dilakukan dengan meletakkan sumber api dari lilin di posisi kanan bawah seperti pada gambar 7 pada titik 6. Tabel 12 adalah Hasil pengujian yang didapat setelah dilakukan pengujian untuk seluruh multisensor. Hasil pada pengujian multisensor seperti yang ditunjukkan pada Tabel 12 menunjukkan hasil output bernilai 2.71 sampai 3.50. Berdasarkan rule fuzzy yang sudah dibuat, maka apabila sistem mendeteksi adanya api dan adanya kadar gas berupa asap, maka output fuzzy biasanya akan menghasilkan nilai lebih dari 3.00. Meskipun letak titik api berada di kiri atas, akan tetapi multisensor yang berada di bagian lain tetap mendeteksi jarak api yang dekat, hal ini dikarenakan adanya faktor cahaya matahari dan lampu yang mengganggu pembacaan dari sensor api.

Tabel 12 Pengujian Multisensor pada posisi Kiri Atas

Multi-sensor	Pembacaan Sensor			Output Fuzzy
	Flame (ADC)	Temp. (°C)	Smoke (ppm)	
A	35	30.52	40.65	3.46
B	34	29.50	35.07	3.50
C	45	28.31	0.80	3.00
D	40	27.87	0.16	3.00
E	46	28.62	6.29	3.00
F	52	27.37	0.36	3.00
G	37	27.06	1.75	2.71
H	52	29.12	1.30	3.00

Pengujian Tampilan pada Aplikasi Monitoring

Pada pengujian multisensor dengan tampilan status keadaan dapat dilihat pada Tabel 13. Hasil uji coba dari nodes multi-sensor menggunakan algoritma logika fuzzy didapatkan bahwa output fuzzy pada setiap node mempengaruhi kondisi status pada tampilan FDA, dimana posisi dan tingkat bahaya api menjadi parameter dalam mengambil keputusan, selain itu pengolahan data yang terdistribusi pada nodes multi-sensor menghasilkan output fuzzy yang dapat mengemat penyimpanan data dan meringankan komputasi pada FC. Tidak seperti sistem multi-sensor tunggal yang ada, dimana FC menjadi pusat proses data karena data yang dikirim dari multi-sensor masih membutuhkan pemrosesan data lebih lanjut dan dalam mengambil keputusan sebatas cakupan pada multi-sensor tunggal, sehingga hal tersebut berpotensi terjadinya alarm palsu.

Tabel 13 Pengujian Multisensor Dengan Output Z

No	Nilai Baca Multisensor								Output Z	Keterangan
	1	2	3	4	5	6	7	8		
1	2	2	2	2	2	1	2	2	10	Aman
2	2	2	2	2	2	2	2	2	15	Aman
3	2	3	3	3	2	2	2	2	30	Cukup Aman
4	2	2	2	2	3	3	2	2	25	Cukup Aman
5	2	3	3	3	3	3	2	2	43.8	Cukup Aman
6	3	3	3	3	2	2	2	2	35	Cukup Aman
7	3	3	3	3	3	3	2	2	51	Siaga
8	3	3	2	3	3	3	2	2	43.8	Cukup Aman
9	3	3	3	3	3	3	3	3	59.6	Siaga
10	3	3	3	3	3	3	3	3	59.6	Siaga

Kesimpulan

Paper ini diusulkan dan diimplementasikan dalam bentuk prototipe. Data multisensor pada ED dan CH diproses menggunakan logika fuzzy, hasil fuzzifikasi diterima oleh FC dan ditampilkan pada aplikasi monitoring. Skenario jaringan menggunakan topologi star untuk komunikasi antara ED dan CH sedangkan antara CH dan FC menggunakan komunikasi point to point. Hasil percobaan didapatkan bahwa posisi api mempengaruhi hasil pembacaan pada multisensor, dimana tata letak api mempengaruhi hasil output dari fuzzy. Nilai sensor api (bit ADC) semakin kecil dan nilai sensor suhu semakin besar jika dekat dengan sumber api (cahaya).

Daftar Rujukan

- [1] C. P. Rinsland *et al.*, "Tropospheric emission spectrometer (TES) and atmospheric chemistry experiment (ACE) measurements of tropospheric chemistry in tropical southeast Asia during a moderate El Niño in 2006," *J. Quant. Spectrosc. Radiat. Transf.*, vol. 109, no. 10, pp. 1931–1942, 2008.
- [2] L. A. S. da Silva Júnior, R. C. Delgado, M. G. Pereira, P. E. Teodoro, and C. A. da Silva Junior, "Fire dynamics in extreme climatic events in western amazon," *Environ. Dev.*, no. June, pp. 1–12, 2019.
- [3] F. K. Dwomoh, M. C. Wimberly, M. A. Cochrane, and I. Numata, "Forest degradation promotes fire during drought in moist tropical forests of Ghana," *For. Ecol. Manage.*, vol. 440, no. November 2018, pp. 158–168, 2019.
- [4] S. Sloan, B. Locatelli, M. J. Wooster, and D. L. A. Gaveau, "Fire activity in Borneo driven by industrial land conversion and drought during El Niño periods, 1982–2010," *Glob. Environ. Chang.*, vol. 47, no. November 2016, pp. 95–109, 2017.
- [5] M. Jalalifar and G. S. Byun, "A Wide Range CMOS Temperature Sensor with Process Variation Compensation for On-Chip Monitoring," *IEEE Sens. J.*, vol. 16, no. 14, pp. 5536–5542, 2016.
- [6] I. Bosch, S. Gomez, R. Molina, and R. Miralles, "Object discrimination by infrared image processing," *Lect. Notes Comput. Sci. (including Subser. Lect. Notes Artif. Intell. Lect. Notes Bioinformatics)*, vol. 5602 LNCS, no. PART 2, pp. 30–40, 2009.
- [7] Z. D. Lin, S. J. Young, and S. J. Chang, "CO2 Gas Sensors Based on Carbon Nanotube Thin Films Using a

- Simple Transfer Method on Flexible Substrate,” *IEEE Sens. J.*, vol. 15, no. 12, pp. 7017–7020, 2015.
- [8] A. Costea and P. Schiopu, “New design and improved performance for smoke detector,” *Proc. 10th Int. Conf. Electron. Comput. Artif. Intell. ECAI 2018*, no. 3, pp. 1–7, 2018.
- [9] J. Y. Jeong and H. S. Ryou, “A study on smoke movement in room fires with various pool fire location,” *KSME Int. J.*, vol. 16, no. 11, pp. 1485–1496, 2002.
- [10] R. A. Aspey, K. J. Brazier, and J. W. Spencer, “Multiwavelength sensing of smoke using a polychromatic LED: Mie extinction characterization using HLS analysis,” *IEEE Sens. J.*, vol. 5, no. 5, pp. 1050–1056, 2005.
- [11] L. Xu and Y. Yan, “A new flame monitor with triple photovoltaic cells,” *Conf. Rec. - IEEE Instrum. Meas. Technol. Conf.*, vol. 3, no. 4, pp. 2253–2257, 2005.
- [12] A. De Iacovo, C. Venettacci, L. Colace, L. Scopa, and S. Foglia, “PbS colloidal quantum dot visible-blind photodetector for early indoor fire detection,” *IEEE Sens. J.*, vol. 17, no. 14, pp. 4454–4459, 2017.
- [13] A. A. L’vov, V. V. Komarov, S. A. Kuzin, and P. A. L’vov, “Fire detection and alarm sensor for avionics based on current loop circuit,” *Proc. 2018 IEEE Conf. Russ. Young Res. Electr. Electron. Eng. ElConRus 2018*, vol. 2018-Janua, pp. 1109–1112, 2018.
- [14] P. Dvorak, M. Mazanek, and S. Zvanovec, “Fire Emissivity Detection by a Microwave Radiometer,” *IEEE Geosci. Remote Sens. Lett.*, vol. 12, no. 11, pp. 2306–2310, 2015.
- [15] E. Blazquez and C. Thorn, “Fires and explosions,” *Anaesth. Intensive Care Med.*, vol. 11, no. 11, pp. 455–457, 2010.
- [16] R. A. Sowah, A. R. Ofoli, S. N. Krakani, and S. Y. Fiawoo, “Hardware design and web-based communication modules of a real-time multisensor fire detection and notification system using fuzzy logic,” *IEEE Trans. Ind. Appl.*, vol. 53, no. 1, pp. 559–566, 2017.
- [17] A. Kushnir and B. Kopchak, “Development of Intelligent Point Multi-Sensor Fire Detector with Fuzzy Correction Block,” *2019 IEEE XVth Int. Conf. Perspect. Technol. Methods MEMS Des.*, pp. 41–45, 2019.
- [18] Z. He, J. Pu, and Y. Cai, “Multi-sensor fire detection algorithm for ship fire alarm system using neural fuzzy network,” *Process Saf. Sci. Technol. Part A*, vol. 3, pp. 142–146, 2002.
- [19] A. Yoddumnern, “The WiFi Multi-Sensor Network for Fire Detection Mechanism using Fuzzy Logic with IFTTT Process Based on Cloud,” in *International Conference on Electrical Engineering*, 2017, pp. 785–789.
- [20] P. Bolourchi and S. Uysal, “Forest fire detection in wireless sensor network using fuzzy logic,” *Proc. - 5th Int. Conf. Comput. Intell. Commun. Syst. Networks, CICyN 2013*, pp. 83–87, 2013.
- [21] B. Sarwar, I. S. Bajwa, N. Jamil, S. Ramzan, and N. Sarwar, “An Intelligent Fire Warning Application Using IoT and an Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System,” *Sensors (MDPI)*, vol. 19, no. 14, p. 3150, 2019.