

Sistem Pemantauan dan Pendeteksi Kebakaran berbasis Logika *Fuzzy* dan *Real-time Database*

EVA AISAH HW, ROHMAT TULLOH, SUGONDO HADIYOSO,
DADAN NUR RAMADAN

Fakultas Ilmu Terapan, Universitas Telkom, Bandung
Email: evaaisahhw@gmail.com

Received 21 Januari 2021 | *Revised* 2 Februari 2021 | *Accepted* 27 Maret 2021

ABSTRAK

Kebakaran rumah seringkali disebabkan oleh kelalaian manusia. Oleh karena itu diperlukan sebuah sistem yang dapat mendeteksi kebakaran secara online real-time. Pada studi ini, dirancang dan diimplementasikan sebuah sistem pendeteksi kebakaran dengan sejumlah sensor untuk mengukur beberapa parameter lingkungan. Sistem ini dilengkapi dengan pengambil keputusan menggunakan metode fuzzy logic. Parameter lingkungan yang diukur mencakup suhu ruangan, asap dan api yang kemudian dapat dimonitor secara real-time melalui web interface menggunakan Internet of Things platform. Pengujian menunjukkan bahwa detektor dapat mendeteksi api dengan jarak hingga 100 cm dengan akurasi mencapai 100%. Pengujian sensor suhu menunjukkan akurasi 98.79%, sementara itu detektor asap memperoleh akurasi 77.81%. Sistem ini mampu mengirimkan data dengan rata-rata delay transmisi 0.62 detik. Sistem usulan ini diharapkan dapat menyediakan pemantauan kondisi suatu ruangan secara real-time.

Kata kunci: Kebakaran, Real-Time, Deteksi, Fuzzy, Internet Of Things

ABSTRACT

House fires are often caused by human error. Therefore, we need a system that can detect fires online real-time. In this study, a fire detection system with a number of sensors is designed and implemented to measure several environmental parameters. This system is equipped with a decision maker using the fuzzy logic method. The environmental parameters measured include room temperature, smoke and fire which can then be monitored in real time via a web interface using the Internet of Things platform. Tests show that the detector can detect fires with a distance of up to 100 cm with an accuracy of up to 100%. The temperature sensor test shows an accuracy of 98.79%, while the smoke detector generates an accuracy of 77.81%. This system is capable of sending data with an average transmission delay of 0.62 seconds. This proposed system is expected to provide realtime monitoring of the condition of a room.

Keywords: Fire, Real-time, detection, Fuzzy, internet of things

1. PENDAHULUAN

Keselamatan dalam sebuah rumah merupakan hal utama yang wajib menjadi perhatian, ancaman bahaya yang mungkin terjadi harus dapat dideteksi sedini mungkin, sehingga tidak membahayakan para penghuni rumah, salah satunya yaitu kebakaran yang terkadang disebabkan oleh kelalaian manusia **(Addawiyah & Windraswara, 2016)**. Adanya kerugian yang diakibatkan oleh bencana kebakaran, seperti harta benda, bahkan korban jiwa **(Farokhi, 2019)**. Berdasarkan data dari Dinas Pemadam Kebakaran dan Penanggulangan Bencana (DPKPB) Kota Bandung mencatat ada sebanyak 200 peristiwa kebakaran telah terjadi di Kota Bandung dalam kurun waktu Januari hingga Juli 2018 **(Dinas Kebakaran, 2017)**.

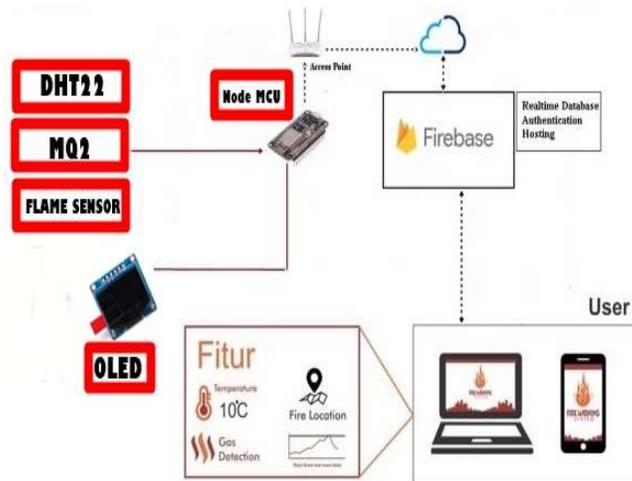
Berdasarkan uraian permasalahan diatas, maka diperlukan sistem yang dapat mendeteksi dan memberikan peringatan dini mengenai kondisi sebuah rumah secara *realtime* **(Hidayat, dkk, 2018)(Juanita & Windarto, 2017)**. Sistem ini dapat menggunakan mikrokontroler yang terintegrasi dengan sebuah *website* dan input berupa sensor yang dapat mengukur suhu, kualitas udara, dan situasi adanya api atau tidak sebagai langkah antisipasi adanya kebakaran. Sistem ini harus menggunakan konsep *realtime* agar bisa mengetahui kondisinya setiap saat **(Damanik, dkk, 2020)(Hartawan & Sudiarsa, 2019)(Nusa, dkk, 2015)**. Implementasi sistem serupa yaitu sistem *monitoring* dan otomatisasi perangkat rumah telah dilaporkan pada beberapa studi **(Prihatmoko, 2018)(Rizal & Karyana, 2019)**. Sistem ini mampu memonitor dan mengendalikan sejumlah perangkat kelistrikan pada rumah. Beberapa studi lainnya merealisasikan sistem *monitoring* dan deteksi kebakaran seperti yang dilaporkan pada **(Imamuddin, 2019)(Putra, dkk, 2018)**. Namun demikian, pengambilan keputusan belum mempertimbangkan sejumlah parameter dari sejumlah sensor.

Pada studi ini, diusulkan sebuah sistem pendeteksi kebakaran yang dapat memberikan peringatan dini sebelum terjadinya kebakaran secara *realtime*. Sistem ini dapat digunakan oleh pemilik rumah sebagai langkah antisipasi terjadinya sebuah kebakaran yang mungkin saja terjadi karena lupa mematikan sebuah kompor, adanya gas berbahaya, dan suhu tinggi. Berdasarkan pada penelitian sebelumnya oleh Firman Al Rahmat dkk, dimana merealisasikan prototipe robot kapal pengukur tingkat keasaman dan turbiditas air berbasis metode *modified fuzzy* **(Rahmat, dkk, 2018)**. Maka pada studi ini dikembangkan sebuah sistem *monitoring* dengan menggunakan pendekatan *fuzzy logic* sebagai penentu kondisi ruang dalam rumah. Sistem ini merupakan sebuah prototipe pendeteksi kebakaran rumah dengan pembacaan sensor api, asap, dan suhu yang kemudian akan diolah untuk penentuan kondisi menggunakan *fuzzy logic*. Kemudian data ditampilkan pada sebuah *website monitoring* yang akan menampilkan data secara *realtime*. Perbedaannya yaitu pada pembacaan sensor, sistem pengiriman data dan *website* yang digunakan untuk menampilkan data dan kondisi secara *realtime*.

Sistem yang diusulkan ini merupakan sistem *embedded* yang terdiri dari *hardware* dan *software*. *Hardware* pada sistem pendeteksi kebakaran menggunakan *NodeMCU ESP8266* yang terintegrasi dengan *flame sensor*, DHT-22, MQ-2, *Buzzer* dan *OLED Display*. *Software* dalam sistem pendeteksi kebakaran berupa media *website*. Data yang diperoleh bersifat *realtime* dengan fitur *firebase realtime database* sehingga pemantauan kebakaran yang diterima oleh *user* melalui media *website* selalu *update*. Dengan adanya Sistem Pemantauan dan Pendeteksi Kebakaran, maka proses terjadinya kebakaran dapat diketahui sedini mungkin dan dapat dicegah, berdasarkan informasi yang diberikan oleh sensor, yaitu dengan adanya api, timbulnya asap atau perubahan suhu dan kelembapan yang dratis didalam ruangan yang terpasang perangkat dengan sistem ini.

2. PERANCANGAN DAN IMPLEMENTASI SISTEM

Sistem yang dibuat terdiri dari *hardware* dan *software* yang digunakan untuk melakukan pemantauan pada Dapur secara *realtime*. Hardware pada sistem pendeteksi kebakaran menggunakan metode *fuzzy logic* berbasis *Internet of Things* dengan media informasi berupa *website*. Adapun blok diagram dari Sistem Pendeteksi Kebakaran seperti pada Gambar 1 berikut ini:

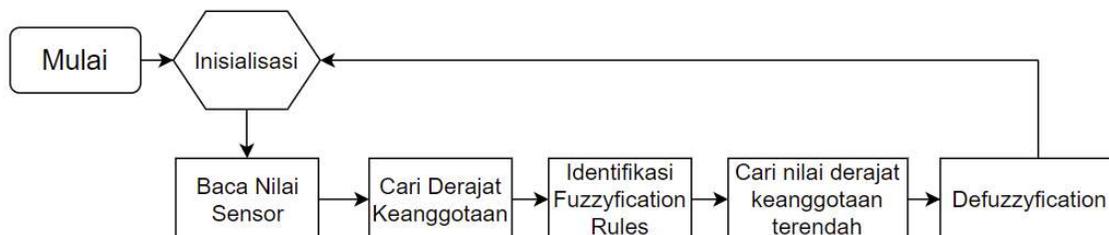


Gambar 1. Blok Diagram sistem

Berdasarkan Gambar 1, data pemantauan kondisi keamanan kebakaran dapur yang diperoleh meliputi pendeteksian api, suhu, dan kelembapan. Nilai keluaran yang didapatkan oleh hardware akan dikirim ke *Firestore Realtime Database* dan ditampilkan dengan media *website* serta indikator OLED Display pada sisi *hardware*. Apabila suatu ruangan memiliki kondisi potensi kebakaran yang terdeteksi melalui *hardware* pada Sistem Pendeteksi Kebakaran maka sistem secara otomatis mengirimkan data lokasi pada *website*.

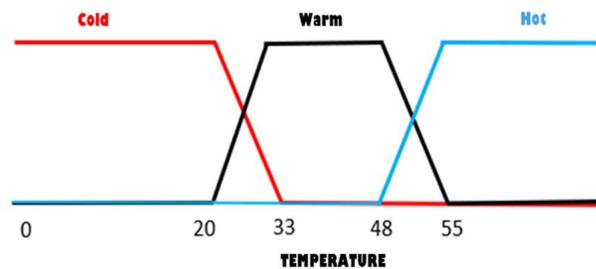
2.1 Perancangan *Fuzzy Logic*

Metode *Fuzzy Logic* yang digunakan pada Sistem Pendeteksi Kebakaran yaitu metode Sugeno. *Fuzzy Logic* ini digunakan untuk memproses data hasil pengukuran dari sensor DHT22 berupa suhu, MQ-2 berupa asap, *Flame* berupa api. Hasil defuzzifikasi pada suhu, asap, dan api merupakan parameter untuk kondisi keamanan kebakaran pada Sistem Pendeteksi Kebakaran di Dapur. Tahapan proses metode *fuzzy logic* pada Sistem Pendeteksi Kebakaran seperti pada Gambar 2 berikut ini:



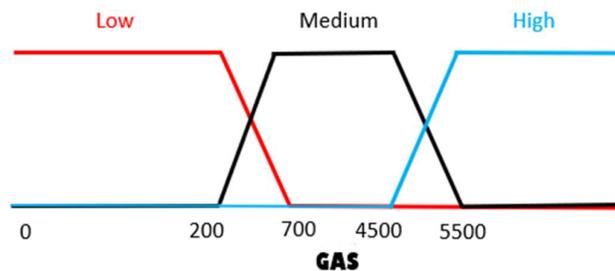
Gambar 2. Proses Metode *Fuzzy Logic*

Fuzzifikasi merupakan proses perubahan nilai data dari setiap sensor menjadi bentuk himpunan *fuzzy* berdasarkan fungsi keanggotaannya, proses ini berfungsi untuk menempatkan setiap nilai sesuai dengan derajat keanggotaannya, yaitu 0 dan 1. Apabila nilai yang berada di antara 0 dan 1, maka disebut samar (*fuzzy*) (Cahyadi, dkk, 2020; Satriatama, dkk, 2020). Hardware kemudian mendapatkan nilai suhu, kelembapan, dan api sebagai *crisp input* pada *fuzzy logic*. Selanjutnya, Fuzzifikasi akan membuat fungsi keanggotaan dan menentukan banyaknya *linguistic variable*. Berdasarkan fungsi keanggotaan tersebut akan dapat diketahui nilai derajat keanggotaan setiap *variable* dalam himpunan *fuzzy* yang telah dibuat berdasarkan fungsi keanggotaannya. Hasil dalam bentuk grafik dari fungsi keanggotaan suhu yang digunakan memiliki 3 variabel *linguistic* yaitu Dingin, Hangat dan Panas. Dengan *range* nilai dingin dari 0° C sampai 20°C, *range* nilai hangat diantara 20°C sampai dengan 55°C dan *range* nilai panas diatas 48°C. Seperti pada gambar 3 dibawah ini.



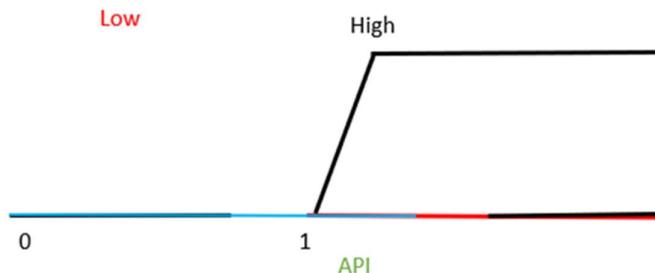
Gambar 3. Fuzzifikasi suhu

Bentuk grafik dari fungsi keanggotaan asap yang digunakan memiliki 3 variabel *linguistic* yaitu *Low*, *Medium* dan *High*. Dengan *range Low* dari 0 ppm sampai 200 ppm, *range medium* diantara 200 ppm sampai dengan 5500 ppm dan *range* nilai panas diatas 4500 ppm.



Gambar 4. Fuzzifikasi asap

Hasil dalam bentuk grafik dari fungsi keanggotaan api yang digunakan memiliki 2 variabel *linguistic* yaitu *Low* dan *High*. Dengan *range Low* sebesar 0 dan *range* nilai *High* sebesar 1.



Gambar 5. Fuzzifikasi api

Fuzzy Rules dibuat berdasarkan logika, intuisi serta percobaan *try and error* setelah melakukan tes manual terhadap perubahan suhu, adanya asap dan api di Dapur yang akan digunakan. *Fuzzy rules* bersifat subjektif. *Fuzzy rules* digunakan untuk menghubungkan antara setiap variabel-variabel masukan kepada sistem dengan variabel-variabel keluaran dari sistem, aturan ini berbentuk *if-then rules*. Tabel *Fuzzy Rules* pada sistem pendeteksi kebakaran seperti pada Tabel 1 berikut ini:

Tabel 1. Fuzzy Rules

No.	Temperature	Asap	Output
1.	Cold	Low	Safe
2.	Cold	Medium	Safe
3.	Cold	High	Warning
4.	Warm	Low	Safe
5.	Warm	Medium	Warning
6.	Warm	High	Warning
7.	Hot	Low	Warning
8.	Hot	Medium	Warning
9.	Hot	High	Warning
10.	Cold	Low	Safe
11.	Cold	Medium	Warning
12.	Cold	High	Warning
13.	Warm	Low	Safe
14.	Warm	Medium	Danger
15.	Warm	High	Danger
16.	Hot	Low	Danger
17.	Hot	Medium	Danger
18.	Hot	High	Danger

Berdasarkan Tabel 1 diatas menunjukkan bahwa terdapat 18 kondisi pada sistem pendeteksi kebakaran yang dibuat untuk menentukan status keamanan kebakaran pada dapur. Penentuan kondisi pada *fuzzy rules* seperti pada Tabel 2 berikut ini:

Tabel 2. Threshold Fuzzy Rules

THRESHOLD			
	LOW	MEDIUM	HIGH
TEMP	< 20 °C	33-48°C	> 55°C
FIRE	0		1
Smoke	< 200 ppm	200 - 5000 ppm	> 5000 ppm

Proses defuzzifikasi menggunakan metode *weighted average*. Metode *weighted average* merupakan metode pengambilan rata-rata menggunakan pembobotan dari *fuzzy set* berupa derajat keanggotaan, persamaan Defuzzifikasi seperti berikut ini:

$$y^* = \frac{\sum y \mu_R(y)}{\sum \mu_R(y)} \quad (1)$$

Dimana y adalah nilai *crisp* dan $\mu(y)$ adalah derajat keanggotaan dari nilai *crisp* y . Tahap terakhir dari *fuzzy logic* yaitu defuzzifikasi. Setelah dibuat *rules* tersebut maka akan muncul grafik yang menyatakan hasil yang diharapkan berdasarkan *fuzzy rules* dan nilai masukan yang difuzzifikasi sebelumnya. Pengelompokan kondisi status keamanan kebakaran terdiri dari *Safe* dengan defuzzifikasi sebesar 1, *Warning* dengan defuzzifikasi sebesar 0.5, dan *Danger* dengan defuzzifikasi sebesar 0, persamaan Fuzzifikasi ditampilkan pada *script* pemrograman berikut:

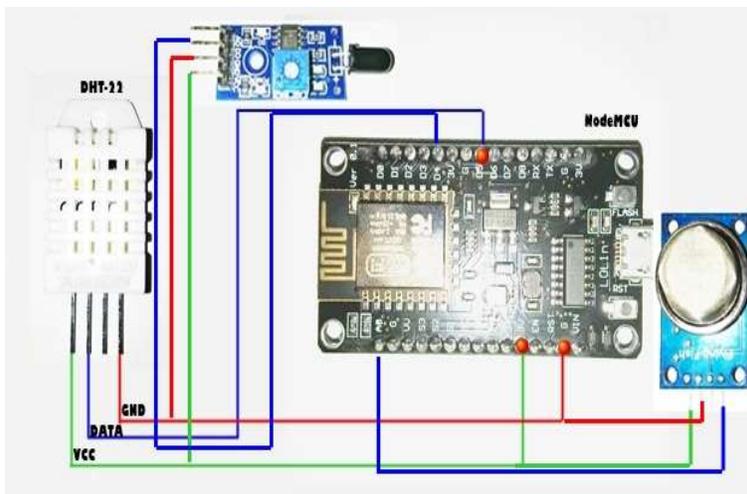
```
void fuzzyfikasi()
{
  if (temp <= T_temp_1)
    { miu_temp [0] = 1;}
  else if (temp > T_temp_1 && temp <= T_temp_2)
    {miu_temp [0] = (T_temp_2 - temp) / (T_temp_2 - T_temp_1);}
  else
    {miu_temp [0] = 0;}
  if (temp <= T_temp_1)
    {miu_temp [1] = 0;}
  else if (temp > T_temp_1 && temp < T_temp_2)
    {miu_temp [1] = (temp - T_temp_1) / (T_temp_2 - T_temp_1);}
  else if (temp >= T_temp_2 && temp <= T_temp_3)
    {miu_temp [1] = 1;}
  else if (temp > T_temp_3 && temp <= T_temp_4)
    {miu_temp [1] = (T_temp_4 - temp) / (T_temp_4 - T_temp_3);}
  else
    {miu_temp [1] = 0;}
  if (temp <= T_temp_3)
    {miu_temp [2] = 0;}
  else if (temp > T_temp_3 && temp <= T_temp_4)
    {miu_temp [2] = (temp - T_temp_3) / (T_temp_4 - T_temp_3);}
  else
    {miu_temp [2] = 1;}
}
```

2.2 Realisasi Hardware

Gambar 6 menunjukkan blok diagram bagian *hardware* dari usulan sistem. Sistem ini memiliki komunikasi satu arah yaitu nilai masukan dari sensor berupa pendeteksian api, suhu, dan kelembapan. *Hardware* pada sistem pendeteksi kebakaran menggunakan microcontroller NodeMCU ESP8266 sebagai pemrosesan data.

Selanjutnya akan diproses pada mikrokontroler NodeMCU ESP8266 menggunakan *fuzzy logic* sebagai parameter algoritma pemrograman pada sistem pendeteksi kebakaran. NodeMCU ESP8266 terhubung dengan jaringan Internet yang telah disediakan dengan operator. Data pemantauan pendeteksian api, suhu, dan kelembapan yang diperoleh oleh *Hardware* akan ditampilkan pada OLED *Display* dan dikirimkan ke Firebase *Realtime Database*.

Perancangan komponen elektronika pada sensor DHT-22 yang digunakan untuk mengukur suhu dan kelembapan pada sistem pendeteksi kebakaran mendapatkan catu daya DC 3V, *Ground*, dan D5 (Digital) dari NodeMCU ESP8266. *Pin* DAT pada sensor DHT-22 dihubungkan dengan *pin* D5 untuk memberikan nilai masukan digital pada sistem pendeteksi kebakaran, nilai masukan sensor DHT-22 dalam pengukuran suhu dan kelembapan menggunakan tipe data *float*. Tipe data *float* merupakan tipe data numerik dengan angka desimal. Nilai suhu dan kelembapan didapatkan dengan pembacaan *pin* D5 pada NodeMCU ESP8266.



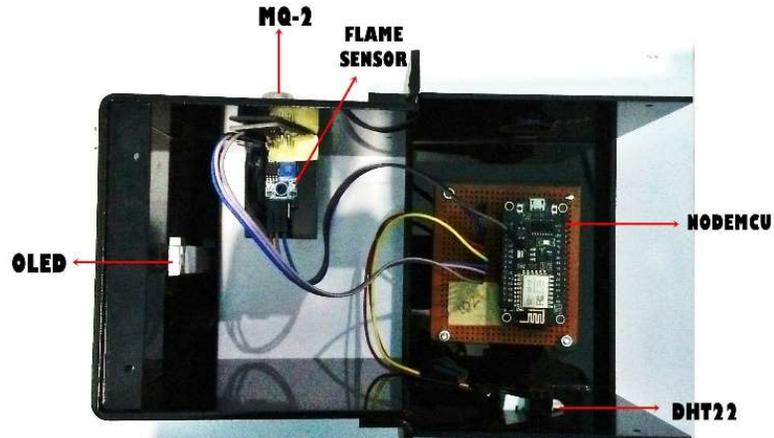
Gambar 6. Schematic hardware pada sistem pendeteksi kebakaran

Flame sensor dalam deteksi Api pada sistem ini dimulai dari inisialisasi *variable*. Nilai deteksi api pada *Flame* sensor akan dikelompokkan fuzzifikasi dengan kondisi nilai api sebesar 1 dan nilai kondisi tidak terdapat api yaitu 0. Setelah proses fuzzifikasi maka sistem akan mencari nilai rata-rata minimum berdasarkan *rules fuzzy logic* yang digunakan untuk pendeteksian api. Setelah proses mencari nilai minimum dan rata-rata maka akan dilakukan defuzzifikasi untuk mencari nilai akhir kondisi api yang disebut sebagai status. Status pada kondisi Api digunakan untuk menentukan parameter keamanan kebakaran. Perancangan komponen elektronika pada Flame Sensor yang digunakan untuk pendeteksian api pada sistem pendeteksi kebakaran mendapatkan catu daya DC 3V, Ground, dan D6 (Digital) dari NodeMCU ESP8266. Pin D0 pada *Flame* Sensor dihubungkan dengan pin D6 untuk memberikan nilai masukan digital pendeteksian Api.

Hasil pengukuran asap oleh MQ-2 dilakukan fuzzifikasi dengan nilai asap sebesar 0 sampai 1. Setelah proses fuzzifikasi maka sistem akan mencari nilai minimum dan nilai rata-rata asap berdasarkan *rules fuzzy logic*. Setelah proses mencari nilai minimum dan rata-rata pada asap maka akan dilakukan defuzzifikasi untuk mencari nilai akhir kondisi asap yang disebut sebagai status. Status pada kondisi asap digunakan untuk menentukan parameter keamanan kebakaran. Perancangan komponen elektronika pada Sensor MQ-2 yang digunakan untuk pengukuran asap pada Sistem Pendeteksi Kebakaran mendapatkan catu daya DC 3V, Ground, dan A0 (Analog) dari NodeMCU ESP8266. Pin A0 pada Sensor MQ-2 dihubungkan dengan pin A0 di NodeMCU ESP8266 untuk memberikan nilai masukan analog 0 - 10000 di pengukuran asap pada sistem pendeteksi kebakaran.

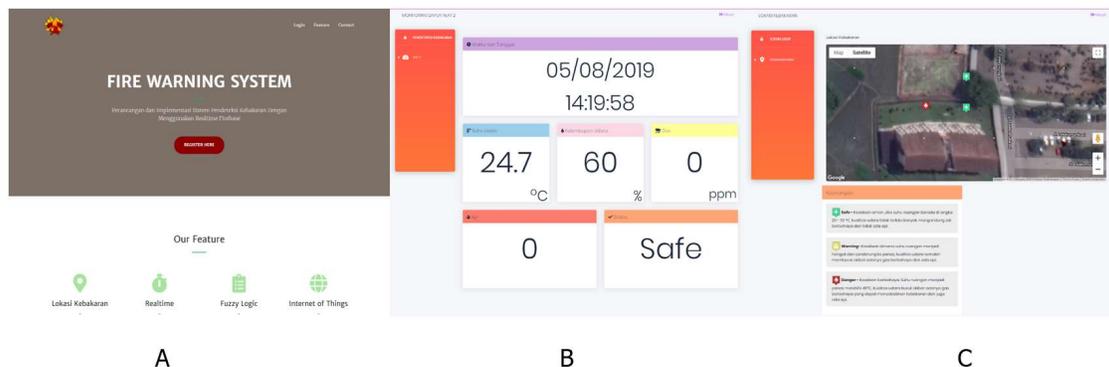
2.3 Desain Wadah Perangkat Keras dan Rancangan Aplikasi

Perangkat keras pendeteksi kebakaran yang telah direalisasikan kemudian ditempatkan pada box berbahan akrilik dengan dimensi 10 x 10 x 20 cm. Gambar 9 menunjukkan tata letak perangkat keras pada kotak akrilik.



Gambar 9. Mekanik komponen elektronika

Perancangan program aplikasi pada usulan system ini dirancang menggunakan *framework realtime database* berupa media *website*. Tampilan *website* aplikasi disajikan pada Gambar 10, dimana Gambar 10. (a) tampilan *dashboard website*, sementara itu Gambar 10. (b) adalah tampilan setelah login berhasil dan Gambar 10. (c) adalah tampilan setelah login admin.



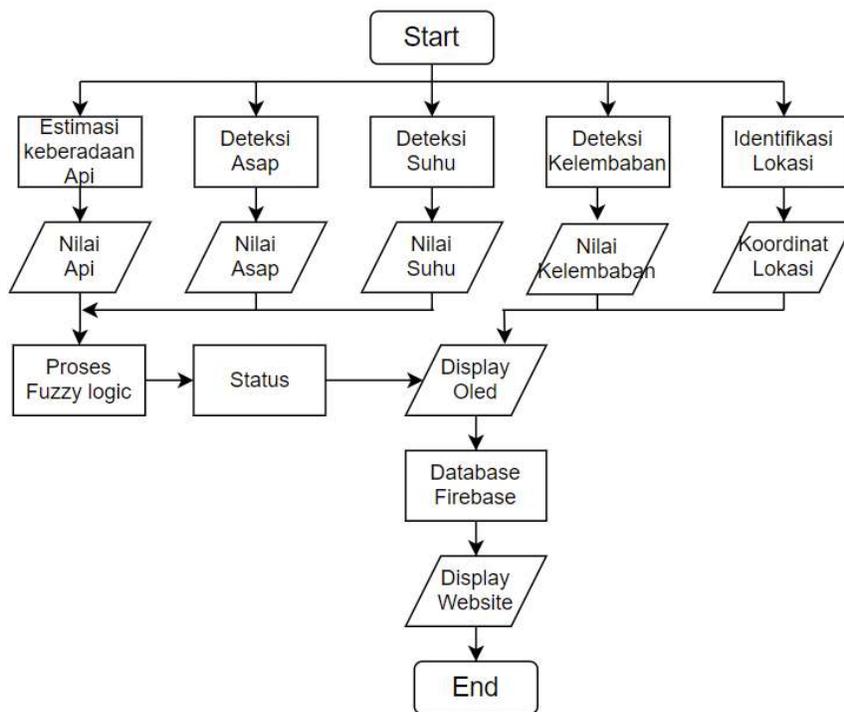
Gambar 10. (a) Tampilan *dashboard website*, (b) tampilan setelah *login user*, (c) tampilan setelah *login admin*

Dalam menjalankan aplikasi ini, terdapat dua hak akses atau kewenangan meliputi admin dan user. Admin adalah pengelola layanan dan mempunyai hak penuh atas data dan pengaturan aplikasi. Sementara itu *user* adalah pengguna pasif yang hanya dapat melihat data sensor. Berikut adalah penjelasan detail berkaitan dengan hak akses untuk dua kategori tersebut.

1. *Admin* dapat melihat data sensor, serta mengetahui indikator keamanan kebakaran dari ruangan yang telah terpasang perangkat. Pengelolaan data keamanan kebakaran dan *Hardware* sebagai admin tersebut dapat dilakukan setelah *login* sebagai *admin*.
2. *User* dapat melihat data-data sensor yang berada di seluruh ruangan, hal ini dapat dilakukan setelah melakukan login pada halaman *website* khusus *user*.

3. HASIL DAN DISKUSI

Sistem ini telah diimplementasikan dan diujikan di dua tempat berbeda dengan luas dapur sebesar 2.6 m² dan 6 m². Dimensi *hardware* ini sebesar 10 cm x 10 cm x 10 cm, dengan cara kerja sistem ini ditunjukkan pada Gambar 11.



Gambar 11. *Flowchart* Penggunaan Sistem Pendeteksi Kebakaran

3.1 Pengujian Nilai Kesalahan Pada Flame Sensor

Pada pengujian ini, setiap *flame* sensor dilakukan pengujian sebanyak 5 kali untuk melihat kesalahan ketepatan data *flame* sensor yang dikirim ke *Firestore Realtime Database* dengan data yang didapat oleh *Hardware* yang ditampilkan melalui *Serial Monitor* dalam mendeteksi Api. Pengujian kesalahan ketepatan data *flame sensor* seperti Tabel 3 berikut:

Tabel 3. Pengujian Kesalahan Ketepatan Data *Flame Sensor*

Flame Sensor	Condition	Firestore Realtime	Serial Monitor	Result
1	Yes	1	1	Sesuai
	No	0	0	Sesuai
2	Yes	1	1	Sesuai
	No	0	0	Sesuai
3	Yes	1	1	Sesuai
	No	0	0	Sesuai

Hasil pengujian kesalahan ketepatan data *flame* sensor sesuai dengan Tabel 3 maka nilai kesalahan ketepatan data sebesar 0 %.

3.2 Pengujian Jarak Deteksi Flame Sensor

Pengujian jarak flame sensor terhadap objek api bertujuan untuk mengetahui jarak maksimal yang dapat dideteksi flame sensor terhadap objek api. Flame sensor telah tersambung ke NodeMCU ESP8266 dan hasil dari pengujian jarak flame sensor terhadap objek api di tampilkan pada serial monitor dan dikirim ke firebase realtime database. Pengujian dilakukan menggunakan alat bantu lilin dengan kelipatan jarak sebesar 10 cm hingga flame sensor tidak mendeteksi api yang terdapat pada lilin tersebut. Lilin diletakkan lurus sejajar terhadap flame sensor. Adapun hasil dari pengujian jarak flame sensor dengan api seperti pada Tabel 4 berikut:

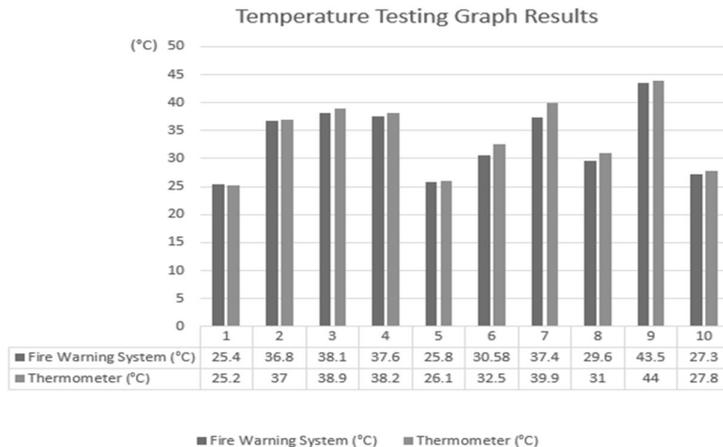
Tabel 4. Pengujian Jarak Maksimal *Flame* Sensor ke Objek Api

Jarak (cm)	Status	Jarak (cm)	Status
10	1	70	1
20	1	80	1
30	1	90	1
40	1	100	1
50	1	110	0
60	1	120	0

Status "1" menandakan *flame* sensor mendeteksi adanya objek api. Status "0" menandakan *flame* sensor tidak mendeteksi adanya objek api. Berdasarkan Tabel 4 Pengujian jarak maksimal pada *Flame* Sensor dalam mendeteksi objek api sebesar 100 cm.

3.3 Pengujian Nilai Kesalahan Pada DHT-22

Pengujian dilakukan dengan mengukur suhu dan kelembapan pada Dapur dengan alat pembanding *Thermometer*. Pengujian nilai kesalahan pada sensor DHT-22 bertujuan untuk mengetahui nilai kesalahan pembacaan suhu dan kelembapan pada sensor DHT-22 Nilai kesalahan didapatkan dengan mencari selisih kesalahan pengukuran suhu dan kelembapan pada Sensor DHT-22 dan *Thermometer*. Hasil pengukuran suhu dan kelembapan akan ditampilkan pada *OLED Display* di *Hardware*. Hasil pengujian kesalahan pembacaan sensor DHT-22 sesuai dengan Gambar dibawah ini:

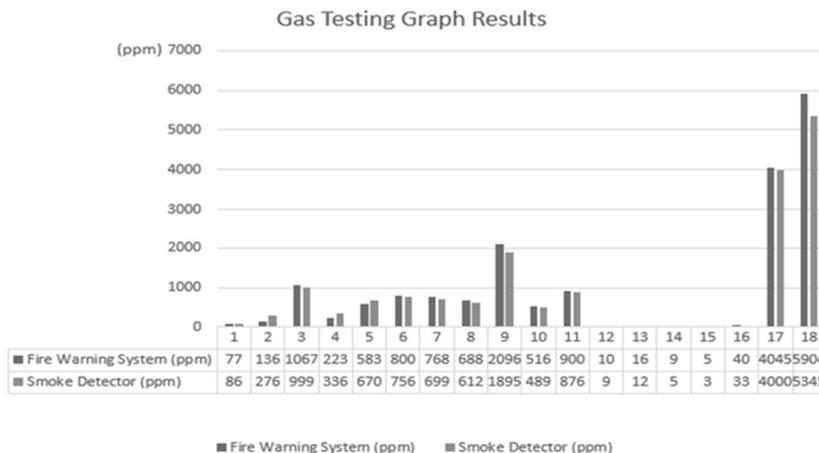


Gambar 15. Pengujian nilai kesalahan suhu pada sensor DHT-22

Berdasarkan Gambar 15, nilai kesalahan pembacaan suhu sebesar 1.21 % pada Sensor DHT-22.

3.4 Pengujian Sensor MQ-2

Pengujian dilakukan dengan mengukur kadar asap pada ruang, kemudian dibandingkan dengan alat Smoke Detector. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui nilai kesalahan pembacaan asap pada sensor MQ-2. Nilai kesalahan didapatkan dengan mencari selisih kesalahan pengukuran asap pada Sensor MQ-2 dan Smoke Detector. Hasil pengukuran asap akan ditampilkan pada OLED Display di Hardware. Hasil pengujian kesalahan pembacaan sensor MQ-2 sesuai dengan Gambar 16 dibawah ini:



Gambar 16. Hasil pengujian pada MQ-2

Hasil yang didapatkan berdasarkan Gambar terkait Pengujian kesalahan pembacaan asap pada Sensor MQ-2 sebesar 22.19 %.

3.5 Pengujian Kondisi *Fuzzy*

Pengujian dilakukan dengan mengukur mendapatkan kondisi akhir dari defuzzifikasi pada Dapur. Pengujian nilai akhir kondisi fuzzy bertujuan untuk mengetahui status keamanan kebakaran. Pengujian dilakukan didalam ruangan dengan ukuran lebar 2.5 Meter, panjang 2.5 Meter dan tinggi 3 Meter, Perangkat pendeteksi kebakaran ditempelkan pada dinding ruangan, dengan posisi berada ditengah dengan ketinggian 1 Meter. Kondisi pada ruangan tersebut dibuat seolah-olah mewakili keadaan yang akan diuji, berdasarkan *Fuzzy Rules* Sistem Pendeteksi Kebakaran, maka pengujian dilakukan sebanyak 18 kemungkinan keadaan yang dapat terjadi, dengan menggunakan semua sensor secara bersamaan, dimana untuk setiap kemungkinan dilakukan pengujian sebanyak 10 kali. Hasil pengujian kondisi fuzzy seperti pada Tabel 8.

Tabel 8. Pengujian Kondisi Fuzzy

No.	Temperature (°C)	Asap (ppm)	Fuzzy Score	Status
1.	23.5	0	1	Safe
2.	23.6	0	1	Safe
3.	23.8	0	1	Safe
4.	24	1	1	Safe
5.	25.7	10	1	Safe
6.	25.8	100	1	Safe
7.	27.8	10	1	Safe
8.	26.5	0	1	Safe
9.	26.7	5	1	Safe
10.	28.9	8	1	Safe
11.	31.8	100	1	Safe
12.	45.8	600	0.2	Danger
13.	52.1	803	0	Danger
14.	52.4	0	0.69	Warning
15.	54.8	0	0.51	Warning
16.	55	1047	0.5	Warning
17.	56	1008	0	Danger
18.	56.2	900	0	Danger

Berdasarkan Tabel 8 didapatkan kondisi status sesuai dengan nilai akhir yang didapatkan berasal dari proses defuzzifikasi dari suhu, asap dan api. Sesuai dengan kemungkinan keadaan yang dapat terjadi sebanyak 18 keadaan.

Tabel 9. Pengujian fungsionalitas aplikasi

No	Pengujian	Perlakuan	Hasil yang Diharapkan	Hasil Pengujian	Keterangan
1	Sign Up <i>User</i>	Masukkan email dan kata sandi baru	Berhasil menambahkan akun	Berhasil menambahkan akun	Sukses
2	<i>Login User</i>	Masuk dengan email dan password yang benar	Masuk ke halaman <i>dashboard User</i>	Masuk ke halaman <i>dashboard user</i>	Sukses
		Masuk dengan email dan password yang salah	Tidak dapat masuk ke halaman <i>dashboard User</i> dan Menampilkan informasi email yang tidak valid	Tidak dapat masuk ke halaman <i>dashboard User</i> dan Menampilkan informasi email yang tidak valid	Sukses
3	<i>User</i> melihat perangkat yang terpasang di rumahnya	Login dengan user email dan password	Masuk ke halaman <i>user</i> dan menampilkan data sensor dalam bentuk numerik	Masuk ke halaman <i>user</i> dan menampilkan data sensor dalam bentuk numerik	Sukses
4	<i>Login Admin</i>	Masuk dengan email dan password yang benar	Masuk ke halaman <i>dashboard Admin</i>	Masuk ke halaman <i>dashboard Admin</i>	Sukses
		Masuk dengan email dan password yang salah	Tidak dapat masuk ke halaman <i>dashboard Admin</i> dan Menampilkan informasi email yang tidak valid	Tidak dapat masuk ke halaman <i>dashboard Admin</i> dan Menampilkan informasi email yang tidak valid	Sukses
5	<i>Admin</i> melihat seluruh lokasi perangkat	Masuk ke halaman <i>dashboard user</i>	Menampilkan seluruh perangkat yang terpasang dari seluruh <i>user</i>	Menampilkan seluruh perangkat yang terpasang dari seluruh <i>user</i>	Sukses

3.6 Pengujian Fungsionalitas *Software*

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui semua fitur yang terdapat pada web interface apakah berjalan dengan baik sesuai dengan fungsinya. Tahap pengujian ini dilakukan dengan cara menjalankan semua fitur yang ada di sistem tersebut. Tabel 9 menunjukkan hasil pengujian fungsionalitas software.

Dari seluruh skenario pengujian dapat diketahui bahwa aplikasi *website* yang dikembangkan dapat menjalankan seluruh fungsi antar muka pengguna. Fungsi ini meliputi *sign up* pengguna baru, *login* aplikasi, dan mengakses data sensor. Pada fungsi *login*, aplikasi mampu melakukan proses otentikasi pengguna. Jika pengguna memasukkan email dan *password* dengan benar maka pengguna mendapatkan akses dan sebaliknya jika salah maka aplikasi tidak mengizinkan pengguna untuk mengakses data. Pada fungsi identifikasi pengguna, aplikasi mampu membedakan hak akses baik user umum atau admin. Ini ditunjukkan pada saat keduanya telah berhasil *login*, terlihat pada laman *dashboard* dimana admin mempunyai akses penuh terhadap data.

3.7 Pengujian *Delay Monitoring Data*

Pengujian ini dilakukan agar dapat mengetahui *delay* ketika terjadi perubahan data pada saat dilakukan monitoring data. Pengujian ini dilakukan dengan cara menghitung rentang waktu antara perubahan data pada display perangkat dengan perubahan data pada aplikasi website. Pada pengujian ini digunakan koneksi Wi-Fi dengan *bandwidth* 20 Mbps. Hasil pengujian ditunjukkan pada Tabel 10 berikut.

Tabel 10. Pengujian Delay Monitoring Perangkat

Pengujian	Data	Nilai Awal	Perubahan Data	Nilai Akhir	Delay (Detik)
1	Temperature	20	Iya	22	0.9
	Humidity	50		50	
	Smoke	5		5	
	Fire	0		0	
2	Temperature	25	Iya	27	0.8
	Humidity	55		57	
	Smoke	200		220	
	Fire	0		0	
3	Temperature	27	Iya	28	0.6
	Humidity	57		58	
	Smoke	220		230	
	Fire	0		1	
4	Temperature	28	Iya	33	0.5
	Humidity	58		60	
	Smoke	230		270	
	Fire	1		0	
5	Temperature	33	Iya	34	0.3
	Humidity	60		60	
	Smoke	270		255	
	Fire	0		0	
Rata-Rata Delay					0.62

Dari skenario pengujian sebagaimana disajikan pada Tabel 10, dapat diketahui bahwa sistem ini dapat bekerja secara *real-time* dalam menjalankan fungsi perubahan data. Dengan kecepatan internet 20 Mbps, delay yang dihasilkan dalam proses pengiriman data adalah kurang dari 1 detik dengan rata-rata 0.62 detik untuk seluruh pengujian. Dalam pengiriman

dan penerimaan data pada sistem monitoring ini dapat kita ketahui masih terdapat delay, namun demikian delay yang dihasilkan relatif rendah (< 1 detik) sehingga proses monitoring atau perubahan data tetap dapat dilakukan secara *real-time*.

4. KESIMPULAN

Pada studi ini telah dirancang sebuah sistem pendeteksi dan monitoring kebakaran pada ruangan dengan aplikasi online. Sistem yang diusulkan menggunakan sejumlah sensor mencakup sensor asap MQ-2, sensor suhu dan kelembapan DHT-22 dan flame sensor dengan NodeMCU sebagai pusat kontrol. Informasi suhu, kelembapan, asap dan keberadaan api dikirimkan ke *cloud database*. Informasi tersebut kemudian dapat diakses secara *online* melalui aplikasi web yang dikembangkan. Dari scenario pengujian yang telah diperform, sistem ini dapat mendeteksi api dengan jarak hingga 100 cm dengan akurasi mencapai 100%. Pengujian sensor suhu menunjukkan akurasi 98,79%, sementara itu *detector* asap mengenerate akurasi 77,81%. Sistem ini mampu mengirimkan data dengan rata-rata *delay* transmisi 0.62 detik. Parameter-parameter tersebut kemudian menjadi masukan *fuzzy logic* untuk pengambilan keputusan apakah aman, warning atau bahaya. Sistem yang diusulkan ini diharapkan dapat memberikan keamanan dan kemudahan pemantauan pada lingkungan rumah.

DAFTAR RUJUKAN

- Addawiyah, A. S., & Windraswara, R. (2016). Pengembangan Risk Assessment Dalam Evaluasi Manajemen Penanggulangan Kebakaran Melalui Fault Tree Analysis. *Unnes Journal of Public Health*, 5(1), 36. <https://doi.org/10.15294/ujph.v5i1.9702>
- Cahyadi, W., Sa'id, M. F., & Chaidir, A. R. (2020). Optimasi Racing Line pada ECU (Electronic Control Unit) Mobil Listrik Berbasis Fuzzy Logic Control. *ELKOMIKA: Jurnal Teknik Energi Elektrik, Teknik Telekomunikasi, & Teknik Elektronika*, 8(2), 454. <https://doi.org/10.26760/elkomika.v8i2.454>
- Damanik, I. A. verry, Suratmadji, S., & K, A. J. (2020). Monitoring Energi Secara Real-Time pada Mesin Berbasis IoT. *Jurnal Teknologi Bahan Dan Barang Teknik*, 10(1), 1–8. <https://doi.org/10.37209/jtbtt.v10i1.160>
- Farokhi, M. R. (2019). Sistem Deteksi Dan Pemadam Kebakaran Menggunakan Multi Sensor Berbasis Sim 800l. In *Universitas Teknologi Yogyakarta*. <https://doi.org/10.22201/fq.18708404e.2004.3.66178>
- Hartawan, I. N. B., & Sudiarsa, I. W. (2019). Analisis Kinerja Internet of Things Berbasis Firebase Real-Time Database. *Jurnal RESISTOR (Rekayasa Sistem Komputer)*, 2(1), 6–17. <https://doi.org/10.31598/jurnalresistor.v2i1.371>
- Hidayat, M. R., Christiono, C., & Sapudin, B. S. (2018). Perancangan Sistem Keamanan Rumah Berbasis Iot Dengan Nodemcu Esp8266 Menggunakan Sensor Pir Hc-Sr501 Dan Sensor Smoke Detector. *Kilat*, 7(2), 139–148. <https://doi.org/10.33322/kilat.v7i2.357>
- Juanita, S., & Windarto. (2017). Rancangan sistem informasi peringatan dini bencana banjir.

- Prosiding Seminar Nasional Multi Disiplin Ilmu & Call For Paper UNISBANK Ke-3, 3*, 123–129.
- Dinas Kebakaran. (2017). *Data Kebakaran Kota Bandung*. Dinas Pencegahan Dan Penanggulangan Kebakaran Kota Bandung.
- Muhammad Imamuddin, Z. (2019). Sistem Alarm Dan Monitoring Kebakaran Rumah Berbasis Nodemcu Dengan Komunikasi Android. *Voteknika*, 7(2), 40–45.
- Nusa, T., Sompie, S. R. U. A., & Rumbayan, E. M. (2015). Sistem Monitoring Konsumsi Energi Listrik Secara Real Time Berbasis Mikrokontroler. *E-Jurnal Teknik Elektro Dan Komputer*, 4(5), 19–26.
- Pande Agustiana Putra, I. W., Piarsa, I. N., & Suar Wibawa, K. (2018). Sistem Pendeteksi Kebakaran Menggunakan Raspberry Pi Berbasis Android. *Jurnal Ilmiah Merpati (Menara Penelitian Akademika Teknologi Informasi)*, 6(3), 167. <https://doi.org/10.24843/jim.2018.v06.i03.p03>
- Prihatmoko, D. (2018). Perancangan Sistem Monitoring Perangkat Elektronik Rumah Menggunakan Internet. *Simetris: Jurnal Teknik Mesin, Elektro Dan Ilmu Komputer*, 9(1), 279–286. <https://doi.org/10.24176/simet.v9i1.2041>
- Rahmat, F. Al, Sunarya, U., & Tulloh, R. (2018). Prototipe Robot Kapal Pengukur Tingkat PH dan Turbiditas Air Berbasis Metode Modified Fuzzy. *Jurnal Rekayasa Elektrika*, 14(1), 43–50. <https://doi.org/10.17529/jre.v14i1.9771>
- Rizal, R., & Karyana, I. (2019). *Innovation in Research of Informatics (INNOVATICS) Sistem Kendali dan Monitoring pada Smart Home Berbasis Internet of Things (IoT)*. 2, 43–50.
- Satriatama, R., Darlis, D., & Pangaribuan, P. (2020). Sistem Kontrol Troli Rotari sebagai Tempat Penitipan Barang Otomatis menggunakan Fuzzy Logic. *ELKOMIKA: Jurnal Teknik Energi Elektrik, Teknik Telekomunikasi, & Teknik Elektronika*, 8(3), 575. <https://doi.org/10.26760/elkomika.v8i3.575>