

Perancangan Prototipe Sistem Pintu Darurat Otomatis dengan Metode *Fuzzy Logic*

Hela Irmawati¹, Vera Suryani², Andrian Rakhmatsyah³

^{1,2,3}Fakultas Informatika, Universitas Telkom, Bandung

¹hellairmawati@students.telkomuniversity.ac.id, ²verasuryani@telkomuniversity.ac.id,

³kangandrian@telkomuniversity.ac.id

Abstrak

Pintu darurat pada sebuah bangunan sangatlah penting sebagai jalur evakuasi. Beberapa pintu darurat diketahui menggunakan kunci manual untuk membuka pintu. Sehingga dirancanglah pintu darurat yang dapat terbuka secara otomatis ketika mendeteksi adanya gempa atau asap kebakaran. Sistem ini menggunakan empat sensor yaitu, sensor getar, sensor *accelerometer*, sensor asap dan sensor suhu. *Fuzzy Logic* digunakan untuk melakukan klasifikasi. Algoritma *Fuzzy Logic* memiliki karakter dapat mengolah informasi dengan cepat dan dapat meningkatkan keakuratan sistem. Selanjutnya didapatkan nilai percepatan getaran gempa yang diubah menjadi satuan Skala Richter, jumlah kadar asap dalam satuan PPM dan suhu dalam satuan derajat celcius. Perbandingan nilai tersebut kemudian diproses dengan aturan *fuzzy logic*. Uji coba dilakukan dengan membuat prototipe sebuah bangunan. *Output* sistem akan menentukan aksi pada aktuator (pintu darurat) sesuai dengan aturan algoritma *fuzzy logic*. Jika terdeteksi keadaan berbahaya maka pintu darurat akan terbuka namun jika sistem menunjukkan keadaan normal maka pintu darurat tidak akan terbuka. Hasil pengujian dari 10 kali percobaan, rata-rata *response time* yang dibutuhkan oleh sistem adalah selama $\pm 2,23$ detik dengan tingkat akurasi sebesar 100%.

Kata kunci: *accelerometer*, *fuzzy logic*, pintu darurat, sensor asap, sensor gempa

Abstract

The emergency exit door is the most important thing in the building, the role is to create an evacuation route when bad things happen. Some emergency exit door is using a manual key to open the door. The writer designing a system for an emergency exit door that can open automatically when detecting smoke fire or earthquake. The system is using four sensors such as vibration sensor, accelerometer sensor, smoke detection sensor, and temperature sensor. The classification is using Fuzzy Logic. The fuzzy Logic algorithm has a character that can cultivate information quickly also increasing the accuracy of the system. After that, the earthquake vibration acceleration values are converted into units of the Richter Scale, the amount of smoke content in PPM units and the temperature in units of Celsius degrees. The comparison of values is then processed with fuzzy logic rules. To test the system, the writer creates a building prototype. The system output will determine the action on the actuator (emergency exit) according to the rules of the fuzzy logic algorithm. If a dangerous situation is detected, the emergency exit will open but if the system shows a normal condition then the emergency exit will not open. The test results from 10 trials, the average response time needed by the system for ± 2.23 seconds with an accuracy rate of 100%.

Keywords : *accelerometer*, earthquake detector , emergency door, *fuzzy logic*, smooke detector

1. Pendahuluan

Latar Belakang

Setiap bangunan harus memiliki pintu darurat sebagai jalur evakuasi ketika terjadi bencana atau kecelakaan di dalam gedung. Pada tahun 2017 lalu terjadi gempa yang berpusat di Tasikmalaya berkekuatan 7,3 SR. Akibatnya sebanyak lebih dari 46 unit sekolah/madrasah, 38 unit tempat ibadah, 9 kantor dan 4 rumah sakit serta puskesmas yang merupakan bangunan umum dan bertingkat mengalami kerusakan [1]. Guncangan gempa ini juga dapat dirasakan sampai asrama Telkom University. Kala itu mahasiswa tidak dapat menggunakan pintu dan tangga darurat untuk melakukan evakuasi karena pintu darurat masih menggunakan kunci manual. Kunci yang digunakan untuk membuka pintu tidak berada di tempatnya. Berdasarkan penjelasan *senior residence* asrama mengatakan bahwa pintu darurat di gedung asrama belum berfungsi dengan sempurna, sebab semua kunci untuk

tiap gedung asrama termasuk kunci pintu darurat dipegang oleh satpam yang berjaga [2].

Peraturan Pemerintahan RI Nomor 36 Tahun 2005, Pasal 59 menyebutkan jika setiap gedung harus menyediakan sarana evakuasi. Selain sebagai jalur evakuasi saat terjadi gempa, pintu darurat juga digunakan untuk evakuasi ketika terjadi kecelakaan di dalam sebuah gedung, salah satunya adalah ketika terjadi kebakaran. Gedung bertingkat memiliki risiko yang lebih besar terhadap bahaya kebakaran karena semakin tinggi gedung atau semakin banyak jumlah lantai maka semakin banyak pula aktivitas di dalamnya dan semakin banyak pula peralatan atau properti yang memungkinkan terjadinya kebakaran [3].

Berdasarkan masalah tersebut maka dirancanglah alternatif sistem untuk membuka pintu darurat secara otomatis. Datangnya getaran gempa akan terdeteksi dengan sensor getar dan percepatan getaran dihitung dengan sensor *Accelerometer*. Sedangkan untuk mendeteksi adanya asap kebakaran digunakan sensor asap dan sensor suhu. Untuk melakukan klasifikasi gempa bumi dan kebakaran, sistem ini akan menggunakan algoritma *fuzzy logic*. Berdasarkan penelitian serupa [4], penggunaan algoritma *fuzzy logic* memiliki karakteristik yang dapat mengolah informasi dengan cepat dan memiliki kompleksitas rendah dengan hasil pengujian kecepatan proses sistem tersebut hanya membutuhkan waktu 11-12 detik dengan nilai akurasi sebesar 81,8%. Selain itu, hasil dari penelitian [5] mengatakan bahwa *fuzzy logic* pada mikrokontroler dianggap tepat dan presisi berjalan sesuai aturan.

Topik dan Batasannya

Berdasarkan latar belakang masalah, penelitian ini akan membahas bagaimana merancang sistem pintu darurat agar dapat terbuka secara otomatis ketika mendeteksi adanya getaran gempa atau kebakaran dalam sebuah gedung. Batasan masalah penelitian tugas akhir ini adalah :

1. Sistem diimplementasikan dalam bentuk prototipe.
2. Parameter yang diuji dalam melakukan analisis adalah *response time*.
3. Sistem yang dibangun untuk melakukan klasifikasi gempa dan kebakaran hanya menggunakan *fuzzy logic*.

Tujuan

Penelitian ini bertujuan untuk dapat merancang dan membangun prototipe sistem yang mampu mendeteksi gempa bumi dan kebakaran sehingga pintu darurat dapat terbuka secara otomatis dengan metode *fuzzy logic* untuk klasifikasi gempa bumi dan kebakaran. Melakukan analisis hasil performansi berdasarkan *response time*.

Organisasi Tulisan

Penelitian ini terbagi dalam beberapa bagian yang pertama mencari studi terkait (*related works*) penelitian terdahulu yang dapat dijadikan acuan pendukung landasan teori, kedua perancangan sistem yang akan dibangun, ketiga evaluasi hasil pengujian, dan pada bagian terakhir adalah penarikan kesimpulan dari seluruh rangkaian penelitian.

2. Studi Terkait

Dalam mendeteksi kebakaran, penelitian [3] menggunakan dua sensor yaitu sensor suhu LM35 dan sensor asap MQ2. Hasil pengujian secara keseluruhan untuk simulasi kebakaran dengan membakar kertas menunjukkan bahwa sistem bekerja dengan baik. Berdasarkan penelitian [6], algoritma *Fuzzy Logic* digunakan untuk mengatasi permasalahan dengan memberikan tindakan awal ketika sensor mendeteksi adanya kebakaran dengan monitoring secara *realtime*. Selain itu pada penelitian [7], metode fuzzy juga diterapkan pada sistem untuk mengetahui tingkat kadar kebocoran gas di udara dan suhu sekitar dengan memanfaatkan dua sensor yaitu sensor gas dan sensor suhu. Penelitian [8] merancang pintu yang dapat terbuka secara otomatis ketika mendeteksi gas-gas berbahaya. Kemudian pintu tersebut akan tertutup kembali saat sensor tidak lagi mendeteksi adanya gas berbahaya, artinya pada saat nilai tegangan turun.

Gempa

Gempa bumi merupakan sebuah guncangan hebat yang memiliki percepatan rambat gelombang yang menjalar hingga ke permukaan bumi. Getaran gempa menimbulkan gelombang yang merambat ke seluruh lapisan bumi yang disebut gelombang seismik. Gelombang seismik yang merambat melalui bagian dalam bumi adalah *body waves*. *Body waves* mempunyai dua macam gelombang, yakni gelombang P (primary/longitudinal) dan S (secondary/transversal) [9]. Gelombang P bergerak lebih cepat namun guncangan yang dihasilkan pada permukaan bumi lemah (tidak bersifat merusak) dengan pergerakan gelombang sejajar dengan arah propagasi gelombang seismik. Sedangkan gelombang S atau gelombang sekunder merupakan gelombang paling kuat dan memberikan getaran yang lebih besar pada permukaan bumi (bersifat merusak infrastruktur) dengan pergerakan gelombang tegak lurus terhadap arah rambat gelombang seismik namun bergerak lebih lambat [10]. Magnitudo adalah ukuran kekuatan gempa bumi hasil dari pengamatan seismograf yang menggambarkan besarnya energi seismik yang terpancar dari sumber gempa [11]. Hubungan percepatan magnitudo, skala richter dan kategori gempa dapat dilihat pada Tabel 2.1 sebagai berikut [12]:

Tabel 2.1 Kategori Gempa Bumi

No.	Rentang Percepatan	Skala Richter	Kategori Gempa
1.	≤ 0.017	≤ 1.99	Tidak Terasa
2.	0.017 – 0.14	2 – 3	Minor
3.	0.14 – 0.39	4	Gempa Ringan
4.	0.39 – 0.92	5	Gempa Sedang
5.	0.92 – 1.8	6	Gempa Kuat
6.	1.8 – 3.4	7	Gempa Mayor
7.	≥ 3.4	≥ 8	Gempa Besar

Aditya Trisnadinata [4] membuat sistem peringatan dini gempa bumi, digunakan algoritma *Fuzzy Logic* dalam melakukan klasifikasi kekuatan dan kategori gempa bumi. Karya tulis ini menghitung percepatan getaran yang terjadi secara horizontal dalam Gelombang P untuk menghitung kekuatan gempa sehingga sistem dapat melakukan validasi dan klasifikasi dengan memanfaatkan perubahan percepatan getaran tersebut.

Kebakaran dan Asap

Kebakaran adalah suatu fenomena yang terjadi ketika suatu bahan mencapai temperatur kritis dan bereaksi secara kimia dengan oksigen (sebagai contoh) yang menghasilkan panas, nyala api, cahaya, asap, uap air, karbon monoksida, karbon dioksida, atau produk dan efek lainnya [13]. Api didefinisikan sebagai suatu peristiwa/reaksi kimia yang diikuti oleh pengeluaran asap, panas, nyala dan gas-gas lainnya [14].

Seperti yang dijelaskan sebelumnya, adanya api menimbulkan asap. Menurut Kamus Besar Bahasa Indonesia (KBBI) asap adalah uap yang dapat terlihat yang dihasilkan dari pembakaran.

Sensor

a) Sensor getar SW-420

Sensor ini mengukur gaya percepatan dan gaya rotasi pada tiga sumbu. Sumbu x, y dan z. Kategori ini meliputi kecepatan, sensor gravitasi, giroskop, dan sensor vektor rotasi [15]. Sensor getar SW-420 memiliki tegangan sebesar 3,3Vdc-5Vdc dengan jarak deteksi 760nm-1100nm dan jarak deteksi sudut sebesar 60°.

b) Sensor *accelerometer* MPU6050

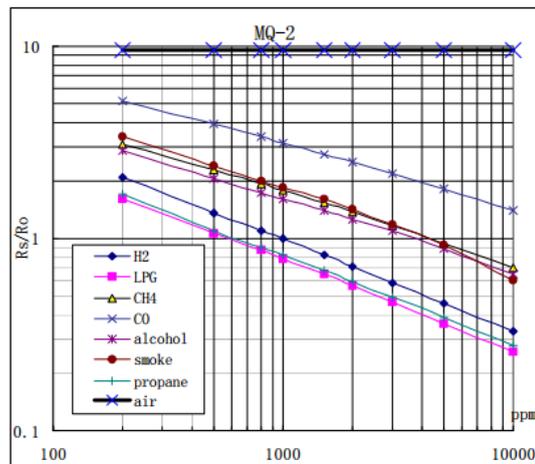
Accelerometer digunakan untuk mengukur percepatan, percepatan gerakan dan juga percepatan gravitasi [16]. Pada [15] menunjukkan sensor *accelerometer* dapat dijadikan referensi pencatat gempa bumi dengan menghimpun data secara *realtime*. Untuk mengetahui tingkat kekuatan getaran maka digunakan metode magnitudo dari 3 sumbu utama yaitu, sumbu x, sumbu y dan sumbu z. Penelitian ini mendapatkan hasil dengan menggunakan sensor *accelerometer* sebagai pegukur getaran gempa bekerja dengan optimal. Rumus 1 untuk mengetahui percepatan getaran dengan *accelerometer*,

$$M = \sqrt{x^2 + y^2 + Z^2} \quad (1)$$

dengan M adalah besar resultan magnitudo getaran, x = getaran yang terbaca pada sumbu X (m/s²), y = getaran yang terbaca pada sumbu Y (m/s²), dan z = getaran yang terbaca pada sumbu Z (m/s²) [15]. Dalam tugas akhir ini menggunakan sensor *accelerometer* tipe MPU6050. Sensor ini memiliki tegangan *input* berkisar 3-5V.

c) Sensor asap MQ-2

Sensor asap adalah sensor yang mendeteksi adanya asap yang berada diudara beserta gas-gas yang berada di dalamnya. Sensor asap MQ-2 dapat mendeteksi LPG, i-butane, metana, alkohol, Hidrogen, asap dan sebagainya. Keluaran sensor ini berupa data analog yang dapat dibaca oleh pin-pin analog Arduino. Sensor MQ-2 memerlukan tegangan sebesar 5V DC dengan rentan konsentrasi 300-10000 ppm. Adapun karakteristik dan tingkat kesensitifitas MQ-2 terhadap gas ditunjukkan pada Gambar 1 [17] :



Gambar 1 Karakteristik Sensitivitas MQ-2

Berdasarkan Gambar 1, gas CO berada pada rentan nilai 1.02 – 1.90 ppm, CH4 antara 1.05 – 1.35 ppm, sedangkan untuk asap berada pada rentan nilai 1.24 – 1.68 ppm [18].

d) Sensor suhu LM35

Sensor suhu LM35 mengubah besaran suhu menjadi tegangan. Sensor ini memiliki output yang linier. Satuan kalibrasi dalam bentuk derajat celcius dan range suhu berkisar antara -55°C – 150°C . Kenaikan 10 mV untuk tiap derajat Celcius yang berarti bahwa setiap kenaikan suhu ($^{\circ}\text{C}$) maka akan terjadi kenaikan tegangan sebesar 10 mV, dimana output dari LM35 ini yang menyatakan kondisi perubahan dari suhu lingkungan [19].

Evakuasi

Setiap bangunan gedung, kecuali rumah tinggal tunggal dan rumah deret sederhana, harus menyediakan sarana evakuasi yang meliputi sistem peringatan bahaya bagi pengguna, pintu keluar darurat dan jalur evakuasi yang dapat menjamin kemudahan pengguna bangunan gedung untuk melakukan evakuasi dari dalam bangunan gedung secara aman apabila terjadi bencana atau keadaan darurat [20]. Setiap bangunan umum memiliki jalur evakuasi masing-masing sesuai dengan denah konstruksi bangunan. Denah ini bertujuan untuk menunjukkan rute evakuasi saat keadaan darurat menuju kearah pintu darurat untuk dapat keluar melalui tangga darurat menuju tempat yang lebih aman begitu juga dengan Telkom University. Tiap gedung asrama Telkom University [21] terbukti sudah dipasang sensor asap pada tiap ruangan, pintu darurat dan tangga darurat sebagai sarana evakuasi untuk menyelamatkan diri ketika keadaan darurat. Menurut panduan latihan kesiapsiagaan bencana oleh BNPB disarankan untuk menggunakan tangga darurat untuk menyelamatkan diri [22].

Pintu Darurat

Pintu darurat adalah pintu yang dapat digunakan bila terjadi keadaan darurat [23]. Pintu darurat dibuat dengan maksud untuk memberikan akses bagi penghuni atau pengguna bangunan yang terkena musibah/bencana supaya dapat menuju tempat yang aman dengan selamat. Pintu darurat harus terbuka ke arah luar namun tidak bisa dibuka dari luar karna menghindari adanya pencuri. Menurut Kepmen, No. 10/KPTS/2000 standar minimal ukuran pintu darurat adalah lebar 80 cm dan tinggi 210 cm. Ukuran standar ruangan yang digunakan sebagai acuan adalah bangunan berjenis asrama. Menurut buku de Chiara berjudul *Time Saver Standards for Building Types* yang dikutip oleh [24] menyebutkan luas ruangan minimum untuk suatu ruangan yang dihuni oleh empat orang adalah 120 kaki persegi atau $\pm 11 \text{ m}^2$. Dalam penelitian ini untuk merancang prototipe sistem, luas ruangan dibulatkan menjadi 12 m^2 .

Fuzzy Logic

Fitriani [6] menggunakan algoritma *Fuzzy Logic* untuk mengatasi permasalahan dengan memberikan tindakan awal ketika sensor mendeteksi adanya kebakaran dengan monitoring secara *realtime*. *Fuzzy logic* (logika samar) merupakan logika yang menyatakan konsep kebenaran, dimana logika klasik mengatakan bahwa segala hal di dunia ini dapat di ekspresikan dalam nilai biner 0 atau 1 [25]. Nilai 0 menyatakan salah sedangkan nilai 1 menyatakan benar. *Fuzzy logic* dibagi menjadi tiga tahap, yaitu *fuzzification*, *inference* dan *defuzzification* dengan penjelasan tiap prosesnya sebagai berikut [26] :

a) *Fuzzification*

Mengubah nilai *crisp* (*crisp input*) menjadi bentuk fuzzy *input* berupa variabel linguistik dengan menggunakan fungsi keanggotaan. Derajat keanggotaan (semantik) menggunakan fungsi keanggotaan trapesium sesuai dengan Rumus 2 sebagai berikut :

$$\text{Trapesium}(a, a, b, c, d) = \begin{cases} 0, & x \leq a, x \geq d \\ (x - a)/(b - a), & a < x < b \\ 1, & b \leq x \leq c \\ -(x - d)/(d - c), & c < x \leq d \end{cases} \quad (2)$$

b) *Inference*

Melakukan *reasoning* berdasarkan nilai fuzzy *input* dan *fuzzy rule* yang menghasilkan *fuzzy output*.

c) *Defuzzification*

Mengubah *fuzzy output* ke dalam nilai *crisp* sesuai dengan fungsi keanggotaan sebagai *output*. Salah satu metode yang terdapat pada proses ini adalah *centroid method* dengan rumus sebagai berikut :

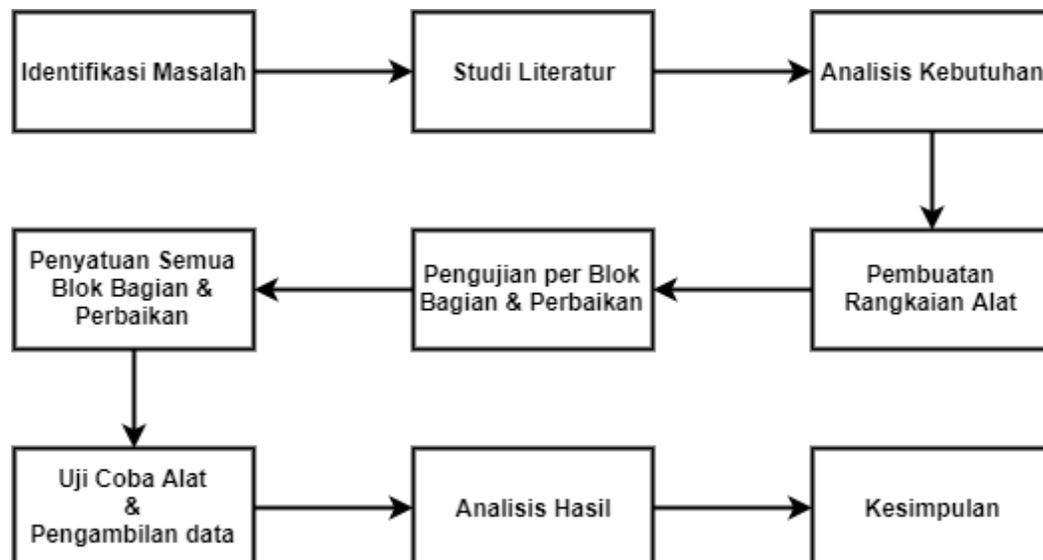
$$y = \frac{\sum y\mu R(y)}{\sum \mu R(y)} \quad (2)$$

MQTT

MQTT (*Message Queuing Telemetry Transport*) protokol merupakan sebuah protokol yang berjalan diatas stack TCP/IP dan dirancang khusus untuk *machine to machine* yang tidak memiliki alamat khusus seperti halnya sebuah arduino, raspi atau device lain [27]. Protokol komunikasi MQTT menggunakan pola *publish/subscribe* untuk perangkat berdaya rendah yang dibuat ringan dan mudah untuk diimplementasikan. Pola ini tidak berkomunikasi secara langsung baik dari sisi *sender* maupun *receiver*.

3. Sistem yang Dibangun**3.1 Spesifikasi Kebutuhan Sistem**

Metodologi penelitian yang dapat dilihat pada Gambar 2 yaitu gambaran umum kegiatan yang akan dilakukan dalam perancangan prototipe sistem pintu darurat otomatis dengan metode *fuzzy logic*.



Gambar 2 Diagram Blok Metodologi Penelitian

3.2 Spesifikasi Perangkat

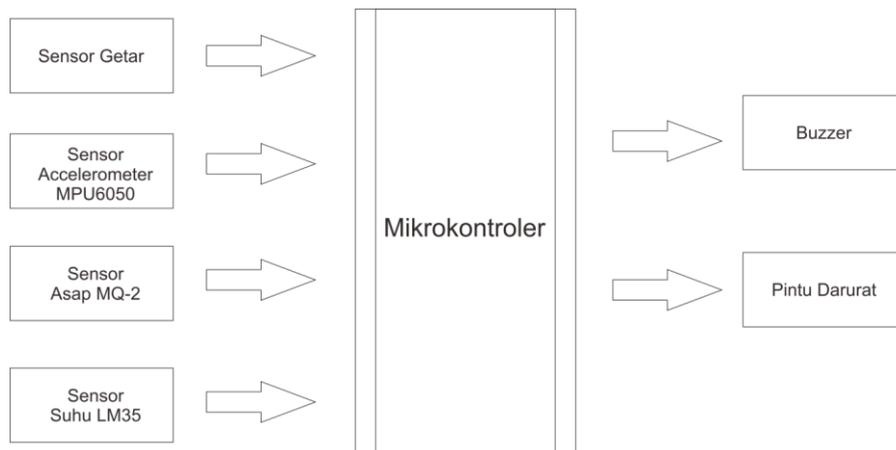
Perancangan sistem ini meliputi perancangan perangkat keras dan perancangan perangkat lunak. Tabel 3.1 adalah spesifikasi kebutuhan sistem.

Tabel 3. 1 Spesifikasi Kebutuhan Sistem

No.	Nama	Jumlah	Spesifikasi	Kegunaan
1.	Sensor getar SW420	1	Tegangan 3,3Vdc-5Vdc, jarak deteksi 760nm-1100nm, deteksi sudut 60°	Mendeteksi getaran
2.	Sensor accelerometer MPU6050	1	Tegangan 3-5V, terdiri accelerometer 3 axis dan gyroscope 3 axis	Menghitung percepatan getaran sumbu x, y dan z.
3.	Sensor asap MQ-2	2	Tegangan 5V, konsentrasi 300-10000 ppm	Mendeteksi gas yang mengandung metana, butana, LPG dan asap di udara dalam satuan ppm.
4.	Sensor suhu LM35	3	Satuan kalibrasi tegangan 4-30 Vdc, range suhu -55	Mendeteksi suhu dalam satuan kalibrasi °C.
5.	Arduino Uno	1	Tegangan 5V, analog pin A0-A5, digital pin 0 – 13, kecepatan clock 16 MHz	Pengendali input dan output, tempat penyimpanan program
6.	Servo SG90	1	Tegangan 5V, rotasi 0°-180°	Mengendalikan posisi pintu darurat

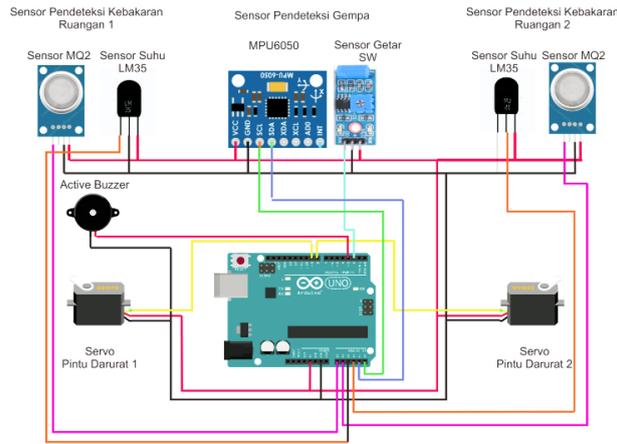
3.3 Perancangan Perangkat Keras

Skematik perancangan sistem dibuat agar mempermudah pemahaman penelitian tugas akhir. Diagram blok perancangan ditunjukkan pada gambar 3 berikut.



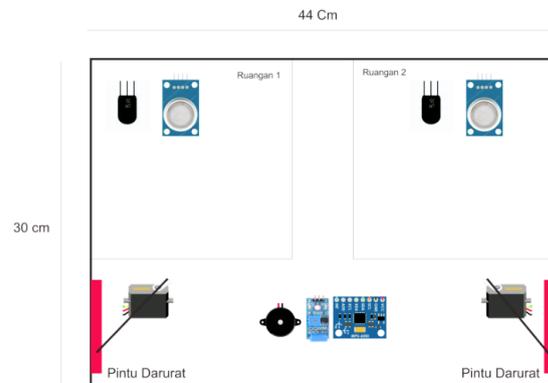
Gambar 3 Diagram Blok Perancangan Sistem

Pada Gambar 4 menunjukkan seluruh rangkaian komponen sistem. Sensor getar SW-420 dihubungkan ke arduino uno melalui pin digital. Sensor accelerometer MPU6050, sensor asap MQ-2 dan sensor asap LM35 dihubungkan ke arduino uno melalui pin analog. Arduino uno dihubungkan ke PC melalui pin USB PC 5V. Kaki positif buzzer dihubungkan ke pin digital arduino uno sedangkan kaki negatif dihubungkan ke pin GND. Servo SG90 mengendalikan pintu darurat (aktuator) yang dihubungkan pada arduino uno melalui pin digital.



Gambar 4 Rangkaian Sistem

Ruangan pada prototipe dibuat dengan ukuran 20cm x 20cm x 20cm. Ukuran ini berdasarkan pada perhitungan skala 1:20 dari luas ruangan sebenarnya yang telah dijelaskan pada bab 2. Sensor asap MQ-2 dan sensor suhu LM35 diletakkan pada tiap ruangan agar sensor dapat mendeteksi kebakaran pada tiap ruangan. Sensor getar SW420, sensor *accelerometer* MPU6050 dan buzzer diletakkan pada lorong. Sedangkan untuk peletakan posisi pintu darurat berada pada ujung ke dua sisi lorong. Desain prototipe sistem ditunjukkan pada Gambar 5 berikut :



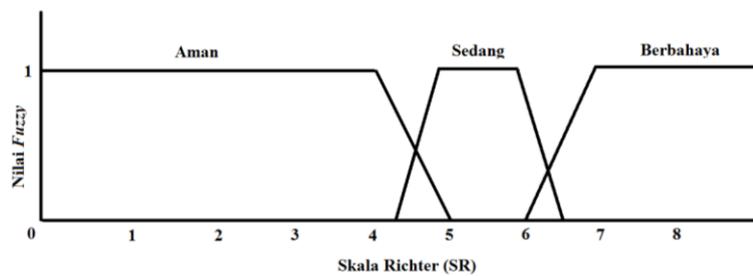
Gambar 5 Desain Prototipe

3.4 Perancangan Perangkat Lunak

Perangkat lunak digunakan untuk melakukan pemrograman sistem, aplikasi perangkat lunak yang digunakan adalah Arduino IDE. Tahapan penerapan *fuzzy logic* yang dibuat didalam Arduino IDE meliputi :

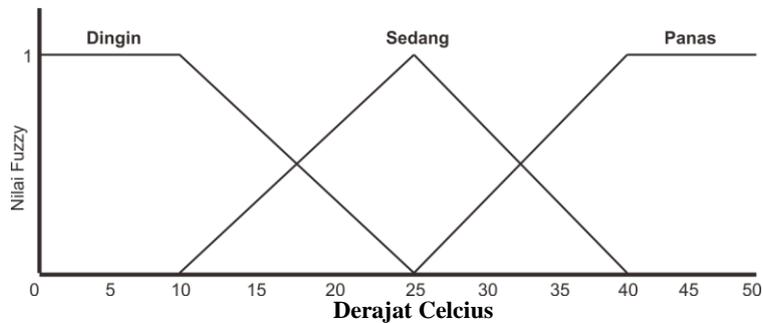
a) *Fuzzification*

Variabel yang digunakan untuk menentukan fungsi keanggotaan gempa diambil dari besar kekuatan gempa dalam satuan skala richter. Berdasarkan penelitian [4] fungsi keanggotaan gempa dibagi menjadi tiga variabel linguistik: Aman [0 4 5], Sedang [4 5 6 7] dan Berbahaya [6 7 8]. Nilai ini diambil berdasarkan nilai percepatan gelombang yang dikonversikan kedalam satuan skala richter pada Tabel 2.2. Gambar 6 adalah fungsi keanggotaan gempa.



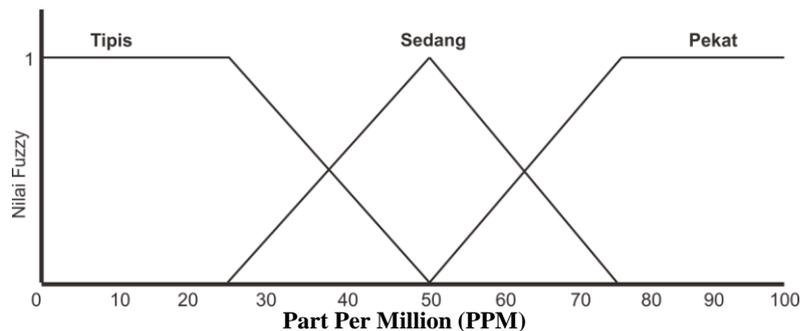
Gambar 6 Fungsi Keanggotaan Gempa

Derajat keanggotaan untuk setiap variabel dihitung menggunakan Rumus 2, untuk suhu dan asap masing-masing dibagi menjadi tiga kategori [28]. Variabel yang digunakan untuk fungsi keanggotaan suhu adalah : Dingin [0 0 10 25], Sedang [10 25 40] dan Panas [25 40 50]. Fungsi keanggotaan suhu dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7 Fungsi Keanggotaan Suhu

Sedangkan untuk fungsi keanggotaan asap sebagai input dibagi dalam tiga kategori yaitu : Tipis [0 0 25 50], Sedang [25 50 75] dan Pekat [50 75 100]. Gambar 8 adalah fungsi keanggotaan asap.



Gambar 8 Fungsi Keanggotaan Asap

b) Inference

Aturan Fuzzy (Fuzzy Rule) dilakukan menggunakan operasi logika AND pada aturan IF-THEN [29]. Untuk gempa, suhu dan asap pembentukan aturan fuzzy ada 27 aturan (Rule) dapat dilihat pada Tabel 3.2 berikut :

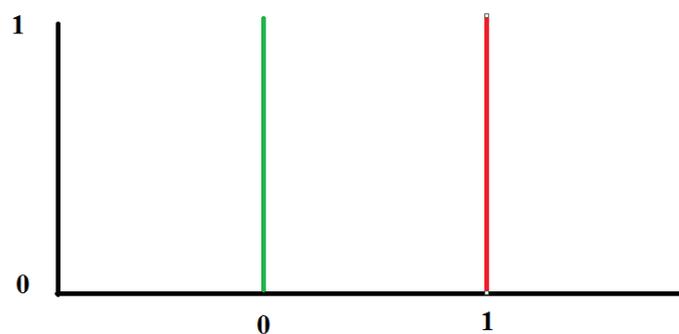
Tabel 3. 2 Aturan fuzzy untuk gempa, suhu dan asap

No.	RULE
R1	IF SR = "AMAN" AND SUHU = "DINGIN" AND ASAP = "TIPIS" THEN PINTU = "TERTUTUP"
R2	IF SR = "AMAN" AND SUHU = "DINGIN" AND ASAP = "SEDANG" THEN PINTU = "TERBUKA"
R3	IF SR = "AMAN" AND SUHU = "DINGIN" AND ASAP = "PEKAT" THEN PINTU = "TERBUKA"
R4	IF SR = "AMAN" AND SUHU = "SEDANG" AND ASAP = "TIPIS" THEN PINTU = "TERTUTUP"
R5	IF SR = "AMAN" AND SUHU = "SEDANG" AND ASAP = "SEDANG" THEN PINTU = "TERBUKA"
R6	IF SR = "AMAN" AND SUHU = "SEDANG" AND ASAP = "PEKAT" THEN PINTU = "TERBUKA"
R7	IF SR = "AMAN" AND SUHU = "PANAS" AND ASAP = "TIPIS" THEN PINTU = "TERTUTUP"
R8	IF SR = "AMAN" AND SUHU = "PANAS" AND ASAP = "SEDANG" THEN PINTU = "TERBUKA"
R9	IF SR = "AMAN" AND SUHU = "PANAS" AND ASAP = "PEKAT" THEN PINTU = "TERBUKA"
R10	IF SR = "SEDANG" AND SUHU = "DINGIN" AND ASAP = "TIPIS" THEN PINTU = "TERBUKA"

No.	RULE
R11	IF SR = "SEDANG" AND SUHU = "DINGIN" AND ASAP = "SEDANG" THEN PINTU = "TERBUKA"
R12	IF SR = "SEDANG" AND SUHU = "DINGIN" AND ASAP = "PEKAT" THEN PINTU = "TERBUKA"
R13	IF SR = "SEDANG" AND SUHU = "SEDANG" AND ASAP = "TIPIS" THEN PINTU = "TERBUKA"
R14	IF SR = "SEDANG" AND SUHU = "SEDANG" AND ASAP = "SEDANG" THEN PINTU = "TERBUKA"
R15	IF SR = "SEDANG" AND SUHU = "SEDANG" AND ASAP = "PEKAT" THEN PINTU = "TERBUKA"
R16	IF SR = "SEDANG" AND SUHU = "PANAS" AND ASAP = "TIPIS" THEN PINTU = "TERBUKA"
R17	IF SR = "SEDANG" AND SUHU = "PANAS" AND ASAP = "SEDANG" THEN PINTU = "TERBUKA"
R18	IF SR = "SEDANG" AND SUHU = "PANAS" AND ASAP = "PEKAT" THEN PINTU = "TERBUKA"
R19	IF SR = "BERBAHAYA" AND SUHU = "DINGIN" AND ASAP = "TIPIS" THEN PINTU = "TERBUKA"
R20	IF SR = "BERBAHAYA" AND SUHU = "DINGIN" AND ASAP = "SEDANG" THEN PINTU = "TERBUKA"
R21	IF SR = "BERBAHAYA" AND SUHU = "DINGIN" AND ASAP = "PEKAT" THEN PINTU = "TERBUKA"
R22	IF SR = "BERBAHAYA" AND SUHU = "SEDANG" AND ASAP = "TIPIS" THEN PINTU = "TERBUKA"
R23	IF SR = "BERBAHAYA" AND SUHU = "SEDANG" AND ASAP = "SEDANG" THEN PINTU = "TERBUKA"
R24	IF SR = "BERBAHAYA" AND SUHU = "SEDANG" AND ASAP = "PEKAT" THEN PINTU = "TERBUKA"
R25	IF SR = "BERBAHAYA" AND SUHU = "PANAS" AND ASAP = "TIPIS" THEN PINTU = "TERBUKA"
R26	IF SR = "BERBAHAYA" AND SUHU = "PANAS" AND ASAP = "SEDANG" THEN PINTU = "TERBUKA"
R27	IF SR = "BERBAHAYA" AND SUHU = "PANAS" AND ASAP = "PEKAT" THEN PINTU = "TERBUKA"

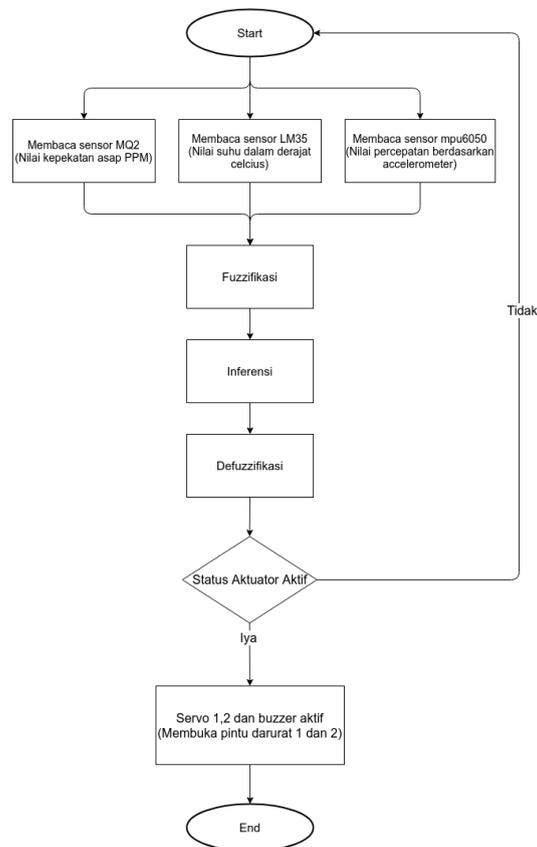
c) Defuzzification

Pada proses ini untuk mendapatkan nilai *crisp* menggunakan rumus *centroid method* yang terdapat pada bab 2 untuk mendapatkan nilai pasti untuk aktuator dalam hal ini pintu darurat. Fungsi keanggotaan yang memiliki derajat keanggotaan 1 menunjukkan "TERBUKA" sedangkan 0 menunjukkan "TERTUTUP". Berikut derajat keanggotaan *defuzzification* yang ditunjukkan pada Gambar 9 :



Gambar 9 Derajat Keanggotaan defuzzification

3.5 Diagram Alur Sistem Deteksi Gempa dan Kebakaran



Gambar 10 Diagram Alur Sistem Deteksi Kebakaran dan Gempa

Berdasarkan diagram alur sistem deteksi kebakaran dan gempa pada Gambar 10, proses pendeteksian kebakaran dan gempa hingga memberikan aksi pada aktuator terbagi menjadi 5 proses yaitu :

a) Proses pembacaan data sensor

Sistem membaca nilai dari setiap sensor untuk mendeteksi kebakaran dan gempa. Terdapat 3 sensor yang digunakan yaitu sensor asap MQ2, sensor suhu LM35, dan sensor *accelerometer* MPU6050. Adapun hasil pembacaan dari masing - masing sensor sebagai berikut :

- Sensor Asap MQ2 : membaca nilai ADC (analog to digital) dan dirubah menjadi nilai PPM (*Part Per Million*) untuk menentukan kepekatan asap.
- Sensor LM35 : membaca nilai ADC (analog to digital) dan dirubah menjadi nilai suhu dengan satuan derajat celcius [30].
- Sensor MPU6050 : membaca nilai sumbu x, y, dan z yang dipicu dengan adanya pergeseran atau perubahan posisi awal pada sensor MPU6050. Nilai sumbu x, y, dan z dirubah menjadi nilai percepatan berdasarkan Rumus 1 pada bab 2.

b) Proses *fuzzification*

Hasil pembacaan sensor MQ2, LM35, dan MPU6050 menjadi nilai *crisp* sebagai input proses *fuzzification*. *Fuzzification* adalah proses untuk memetakan nilai *crisp* atau variabel numerik yang didapat dari sensor ke dalam himpunan fuzzy dan menentukan derajat keanggotaan di dalam himpunan fuzzy berdasarkan derajat keanggotaan parameter asap, suhu, dan gempa. Variabel untuk menentukan fungsi keanggotaan asap, suhu dan gempa dapat dilihat pada sub bab 3.4 tahap pertama yaitu proses *fuzzification*. Nilai Fuzzy yang didapat akan digunakan sebagai input proses inferensi dalam menentukan *rule* fuzzy yang sesuai.

c) Proses *inference*

Pada tahap proses inferensi, sistem menggunakan metode *min-max inferencing*, dimana input himpunan fuzzy akan disesuaikan berdasarkan *IF-THEN rule* yang telah didefinisikan. Hasil keluaran dari *IF-THEN rule* akan dilakukan kombinasi dengan menggunakan fungsi *max* sebagai fungsi mencari nilai terbesar. Sehingga keluaran dari *fuzzy rule* berupa sebuah fuzzy set tunggal.

d) Proses *defuzzification*

Pada tahap *defuzzification*, sistem akan memetakan besaran dari himpunan fuzzy ke dalam bentuk nilai *crisp* untuk memberikan sinyal aksi terhadap aktuator. Metode *defuzzification* yang digunakan adalah metode *centroid*, dikarenakan aksi yang dilakukan aktuator atau pintu darurat yaitu hanya tertutup dan terbuka. Sistem akan memberikan sinyal aktuator aktif jika nilai *crisp* diatas 50 dan sebaliknya jika nilai *crisp* dibawah 50 sinyal yang dikirim ke aktuator adalah tidak aktif.

e) Aksi pada aktuator

Proses terakhir adalah menentukan aksi pada aktuator yaitu pintu darurat dan buzzer. Jika sinyal yang diterima berdasarkan hasil *defuzzification* adalah aktif atau nilai 1, maka servo 1 (pintu darurat 1), servo 2 (pintu darurat 2) akan terbuka dan buzzer menyala, sebaliknya jika sinyal yang diterima adalah tidak aktif atau 0, maka servo 1 (pintu darurat 1), servo 2 (pintu darurat 2) tertutup dan buzzer mati

3.6 Skenario Pengujian

a) Pengujian Sensor Suhu LM35

Pengujian sensor suhu LM35 dilakukan dengan cara akuisisi data pada sensor suhu LM35. Tujuan dari pengujian ini adalah mengetahui tingkat akurasi *sensing* dari sensor suhu LM35 dengan membandingkan nilai yang didapat pada sensor terhadap nilai suhu pada alat termometer air raksa. Akuisisi data suhu dapat dilakukan dengan cara memdekatkan sensor dan termometer dengan sumber api. Output dari pembacaan sensor ditampilkan dalam serial monitor pada Arduino IDE.

b) Pengujian Sensor Asap MQ-2

Pengujian akuisisi data dari sensor asap MQ-2 bertujuan untuk mengetahui kemampuan sensor dalam melakukan *sensing* kadar asap. Pengujian dilakukan dengan membakar beberapa jenis bahan berbeda seperti hasil pembakaran rokok, kertas, kain dan kayu untuk melihat perbedaan nilai PPM.

c) Pengujian Algoritma *Fuzzy Logic*

Pengujian Algoritma *Fuzzy Logic* bertujuan untuk mengetahui tingkat keberhasilan sistem dalam memberikan aksi terhadap pintu darurat dan melihat tingkat akurasi program algoritma *fuzzy* yang dibuat. Pengujian ini dilakukan pada prototipe yang terdiri dari dua ruangan masing-masing dengan luas 12 m² dengan menggunakan skala 1:20, sehingga didapat ukuran 20 x 20 x 20 cm

- Pengujian untuk mendeteksi gempa dengan algoritma *fuzzy logic*

Sensor getar dan sensor *accelerometer* mendeteksi getaran gempa berupa analog yang diubah menjadi nilai digital. Pengujian dengan cara menggoyangkan maket bangunan untuk mendapatkan nilai percepatan sumbu x, y dan z. Nilai percepatan getaran gempa kemudian dikonversi menjadi satuan Skala Richter (SR) sebagai satuan gempa menggunakan Rumus 1. Untuk perbandingan antara nilai percepatan dengan SR ditunjukkan pada Tabel 2.1, tabel inilah yang digunakan sebagai acuan klasifikasi gempa. Skala richter digunakan untuk menyatakan besar nilai magnitudo gempa [15]. Nilai tegangan akan terus naik sampai berada pada nilai tertinggi hingga nilai tegangan menurun dan hilang. Nilai tertinggi inilah yang akan dicatat dan diklasifikasikan untuk mengetahui fungsi keanggotaan gempa.

- Pengujian deteksi kebakaran dengan algoritma *fuzzy logic*

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui *response time* atau waktu yang dibutuhkan sistem mulai dari proses *sensing* oleh sensor asap, sensor suhu, sensor getar dan sensor *accelerometer* kemudian didapatkan perubahan nilai yang akan diproses oleh *algoritma fuzzy logic* dengan melalui proses *fuzzification*, *inference* dan *defuzzification* hingga dapat menentukan keputusan aksi pada aktuator. Pengujian dilakukan dengan cara membuat keadaan awal setiap ruangan pada prototipe dalam kondisi normal, kemudian memasukan sebuah bahan untuk selanjutnya dibakar. Dari kegiatan ini didapatkan nilai suhu dalam satuan derajat celcius dan nilai PPM untuk asap sesuai dengan karakteristik sensitivitas sensor MQ2 pada bab dua dan Gambar 1. Selanjutnya dilakukan perbandingan hasil perhitungan manual dengan hasil yang didapatkan dari program *fuzzy logic* yang telah diterapkan pada mikrokontroler.

4. Evaluasi

4.1 Pengujian Fungsionalitas Sensor Suhu LM35

Pada pengujian ini bertujuan untuk menguji fungsionalitas dan tingkat sensitifitas dari sensor suhu yang digunakan yaitu LM35. Pengujian dilakukan dengan cara akuisisi data dari sensor LM35 dan dibandingkan dengan termometer suhu ruangan. Proses akuisisi data dilakukan dengan cara mendekatkan sensor suhu lm35 dan termometer suhu ruangan dengan sumber panas yaitu api. Pengujian dilakukan dengan jumlah percobaan sebanyak lima kali, dimana setiap percobaan memiliki perbedaan jarak antara sumber panas dengan sensor suhu

LM35 dan termometer ruangan dalam rentang jarak lima hingga satu cm. Hasil yang didapat pada setiap percobaan merupakan nilai rata-rata dari pengambilan data yang berjumlah 50 iterasi. Berdasarkan pengujian yang dilakukan, maka didapatkan hasil akuisisi sensor suhu LM35 sebagai berikut:

Tabel 4.1 Hasil Pengujian Sensor Suhu LM35

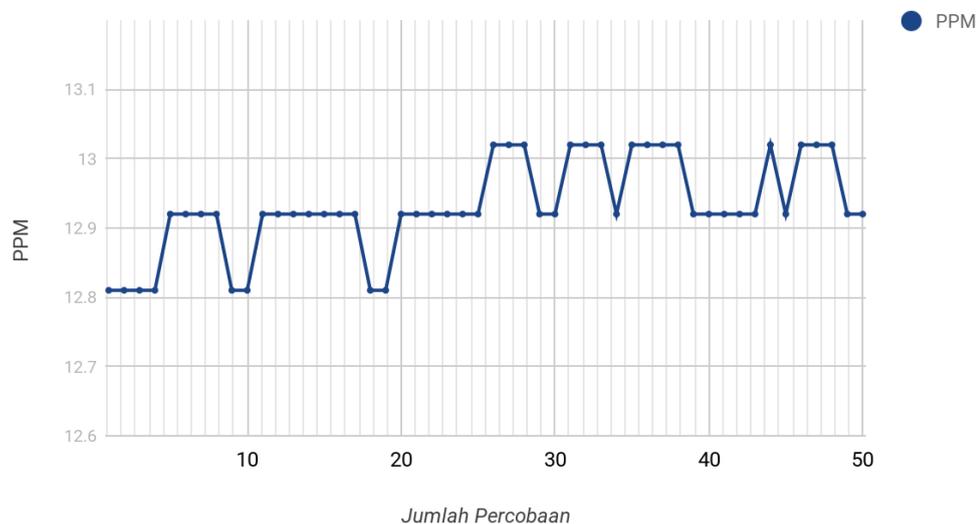
No.	Data sensor suhu LM35 (°C)	Data Termometer suhu ruangan (°C)	Selisih Data (°C)	Jarak Sumber Panas (cm)
1.	27.96	27.60	0.36	5
2.	28.86	28.48	0.38	4
3.	29.99	30.02	0.02	3
4.	32.84	32.70	0.14	2
5.	35.47	35.60	0.13	1

Berdasarkan hasil pengujian sensor suhu LM35 pada tabel 4.1, nilai selisih antara sensor suhu LM35 dan *thermometer* ruangan mendapatkan nilai dibawah 1°C, sehingga sensor suhu LM35 yang digunakan dapat berfungsi dan memiliki tingkat keakuratan yang baik.

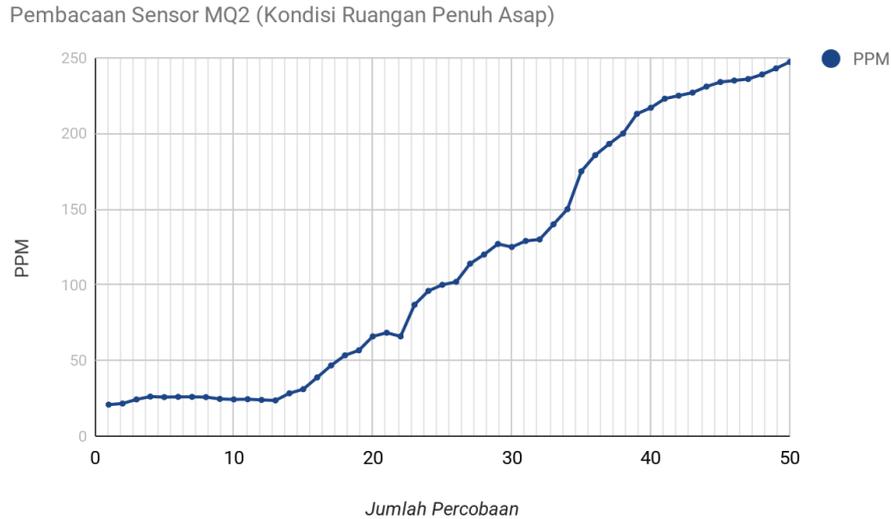
4.2 Pengujian Fungsionalitas Sensor Asap MQ2

Pengujian ini bertujuan untuk menguji fungsionalitas dari sensor asap yang digunakan yaitu MQ2. Pengujian dilakukan didalam prototipe ruangan tertutup dengan ukuran 20cm x 20cm x 20cm. Selain itu, pengujian dilakukan dengan 2 kondisi berbeda yaitu pada saat prototipe ruangan dalam keadaan tanpa asap (normal) dan dalam keadaan ruangan penuh dengan asap. Untuk mendapatkan kondisi ruangan dengan penuh asap, dilakukan dengan cara membakar kertas. Kemudian Hasil dari pengujian dua kondisi ruangan berbeda, akan diambil sampel pengujian sebanyak 50 kali percobaan. Berdasarkan pengujian yang dilakukan, maka didapatkan hasil pembacaan sensor asap MQ2 sebagai berikut:

Pembacaan Sensor MQ2 (Kondisi Normal)



Gambar 11 Pembacaan Sensor MQ2 (Kondisi Normal)



Gambar 12 Pembacaan Sensor MQ2 (Kondisi penuh asap)

Pada grafik gambar 11 diatas menunjukkan pembacaan nilai asap ketika kondisi ruangan normal dengan jumlah percobaan pengambilan sampel sebanyak 50 kali. Nilai PPM asap dalam keadaan normal berada pada rentang nilai 12.81 sampai dengan 13.02 PPM. Sedangkan untuk grafik gambar 12 menunjukkan nilai pembacaan sensor ketika kondisi ruangan penuh dengan asap akibat kertas yang dibakar. Nilai PPM asap yang didapat berada pada rentang 20.83 sampai dengan 247.3 PPM.

4.3 Pengujian Program Fuzzy Logic

Pengujian program fuzzy logic bertujuan untuk mengetahui keberhasilan dalam menentukan sebuah keputusan terhadap kondisi pintu darurat dari sistem pendeteksi kebakaran dan gempa bumi yang dibuat. Hasil dari fuzzy logic berupa 2 kondisi nilai linguistik yaitu “Iya” dan “Tidak”. Dimana nilai linguistik “Iya” menandakan adanya situasi berbahaya baik diakibatkan kebakaran maupun gempa bumi, dan kondisi pintu darurat terbuka secara otomatis. Sedangkan nilai linguistik “Tidak” menandakan situasi normal dan pintu darurat tetap dalam kondisi tertutup.

- **Kondisi Pintu Darurat Tertutup (Deteksi Kebakaran)**
 - Nilai Pembacaan Suhu Ruangan 1 = 28 Derajat Celcius
 - Nilai Pembacaan Gasi Ruangan 1 = 0 Ppm
 - Nilai Pembacaan Suhu Ruangan 2 = 27 Derajat Celcius
 - Nilai Pembacaan Gasi Ruangan 2 = 0 Ppm
- o **Proses Fuzifikasi**
- o **Ruangan 1**
 - $\mu_{\text{Suhu Dingin}}(28) = 0$
 - $\mu_{\text{Suhu Sedang}}(28) = \frac{40 - x}{40 - 25} = \frac{40 - 28}{40 - 25} = \frac{12}{15} = 0.8$
 - $\mu_{\text{Suhu Panas}}(28) = \frac{x - 25}{40 - 25} = \frac{28 - 25}{40 - 25} = \frac{3}{15} = 0.2$
 - $\mu_{\text{Asap Tipis}}(0) = 1$
 - $\mu_{\text{Asap Sedang}}(0) = 0$
 - $\mu_{\text{Asap Pekat}}(0) = 0$
- o **Ruangan 2**
 - $\mu_{\text{Suhu Dingin}}(27) = 0$
 - $\mu_{\text{Suhu Sedang}}(27) = \frac{40 - x}{40 - 25} = \frac{40 - 27}{40 - 25} = \frac{13}{15} = 0.8666$
 - $\mu_{\text{Suhu Panas}}(27) = \frac{x - 25}{40 - 25} = \frac{27 - 25}{40 - 25} = \frac{2}{15} = 0.1333$
 - $\mu_{\text{Asap Tipis}}(0) = 1$
 - $\mu_{\text{Asap Sedang}}(0) = 0$
 - $\mu_{\text{Asap Pekat}}(0) = 0$

- **Proses Inferensi (Rules yang digunakan)**
- **Ruangan 1**
 - Ketika suhu sedang (0,8) dan gas tipis (1,0) maka kondisi “Tidak” (0,8)
 - Ketika suhu panas (0,2) dan gas tipis (1,0) maka kondisi “Tidak” (0,2)
- **Ruangan 2**
 - Ketika suhu sedang (0,8666) dan gas tipis (1,0) maka kondisi “Tidak” (0,8666)
 - Ketika suhu panas (0,1333) dan gas tipis (1,0) maka kondisi “Tidak” (0,1333)

- **Proses Defuzifikasi**
- **Ruangan 1**

$$y = \frac{\sum y\mu R(y)}{\sum \mu R(y)} = \frac{0.8 * 50 + 100 * 0}{0.8 + 0} = \frac{40}{0.8} = 50$$

- **Ruangan 2**

$$y = \frac{\sum y\mu R(y)}{\sum \mu R(y)} = \frac{0.8666 * 50 + 100 * 0}{0.8666 + 0} = \frac{43.33}{0.8666} = 50$$

- **Kondisi Pintu Darurat Terbuka (Deteksi Kebakaran)**

Nilai Pembacaan Suhu Ruang 1 = 43 Derajat Celcius
 Nilai Pembacaan Gas Ruang 1 = 187 Ppm
 Nilai Pembacaan Suhu Ruang 2 = 34 Derajat Celcius
 Nilai Pembacaan Gas Ruang 2 = 68 Ppm

- **Proses Fuzifikasi**
- **Ruangan 1**

μ Suhu Dingin (43) = 0
 μ Suhu Sedang (43) = 0
 μ Suhu Panas (43) = 1

μ Asap Tipis (187) = 0
 μ Asap Sedang (187) = 0
 μ Asap Pekat (187) = 1

- **Ruangan 2**

μ Suhu Dingin (34) = 0
 μ Suhu Sedang 34 = $\frac{40-x}{40-25} = \frac{40-34}{40-25} = \frac{6}{15} = 0.4$
 μ Suhu Panas (34) = $\frac{x-25}{40-25} = \frac{34-25}{40-25} = \frac{9}{15} = 0.6$

μ Asap Tipis (68) = 0
 μ Asap Sedang (68) = $\frac{75-x}{75-50} = \frac{75-68}{75-50} = \frac{7}{25} = 0.28$
 μ Asap Pekat (68) = $\frac{x-50}{75-50} = \frac{68-50}{75-50} = \frac{18}{25} = 0.72$

- **Proses Inferensi (Rules yang digunakan)**

- **Ruangan 1**

- Ketika suhu panas (1) dan asap pekat (1) maka kondisi “Iya” (1)

- **Ruangan 2**

- Ketika suhu sedang (0,4) dan asap sedang (0,28) maka kondisi “Iya” (0,28)
- Ketika suhu sedang (0,4) dan asap pekat (0,72) maka kondisi “Iya” (0,4)
- Ketika suhu panas (0,6) dan asap sedang (0,28) maka kondisi “Iya” (0,28)
- Ketika suhu panas (0,6) dan asap pekat (0,72) maka kondisi “Iya” (0,6)

- **Proses Defuzifikasi**
- **Ruangan 1**

$$y = \frac{\sum y\mu R(y)}{\sum \mu R(y)} = \frac{0 * 50 + 100 * 1}{0 + 1} = \frac{100}{1} = 100$$

- **Ruangan 2**

$$y = \frac{\sum y\mu R(y)}{\sum \mu R(y)} = \frac{0 * 50 + 100 * 0.6}{0 + 0.6} = \frac{60}{0.6} = 100$$

- **Kondisi Pintu Darurat Tertutup (Deteksi Gempa Bumi)**

- Nilai Axelerometer (MPU6050) = 0.01443 (Percepatan)
Berdasarkan tabel konversi pada bab 2 nilai percepatan < 0.017 jika dirubah menjadi skala richter adalah 1.19 SR
- Nilai Sensor Getar = 0 (Sensor Digital)

- **Proses Fuzifikasi**

$$\begin{aligned}\mu \text{ skalarichter aman}(1.19) &= 1 \\ \mu \text{ skalarichter sedang}(1.19) &= 0 \\ \mu \text{ skalarichter Berbahaya}(1.19) &= 0\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\mu \text{ getar Bergetar}(0) &= 0 \\ \mu \text{ getar Diam}(0) &= 1\end{aligned}$$

- **Proses Inferensi (Rules yang digunakan)**

- **Ruangan 1**

- Ketika SR aman (1) dan getar diam (1,0) maka kondisi “Tidak” (1)
- Ketika SR aman (1) dan getar bergetar (0) maka kondisi “Iya” (0)

- **Proses Defuzifikasi**

$$y = \frac{\sum y\mu R(y)}{\sum \mu R(y)} = \frac{1 * 50 + 0 * 100}{1 + 0} = \frac{50}{1} = 50$$

- **Kondisi Pintu Darurat Terbuka (Deteksi Gempa Bumi)**

- Nilai Axelerometer (MPU6050) = 3.265 (Percepatan)
Berdasarkan tabel konversi pada bab 2 nilai percepatan diantara rentang 1.8 – 3.4 jika dirubah menjadi skala richter adalah 7 SR
- Nilai Sensor Getar = 1 (Sensor Digital)

- **Proses Fuzifikasi**

$$\begin{aligned}\mu \text{ skalarichter aman}(7) &= 0 \\ \mu \text{ skalarichter sedang}(7) &= 0 \\ \mu \text{ skalarichter Berbahaya}(7) &= 1\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\mu \text{ getar Bergetar}(0) &= 1 \\ \mu \text{ getar Diam}(0) &= 0\end{aligned}$$

- **Proses Inferensi (Rules yang digunakan)**

- **Ruangan 1**

- Ketika SR berbahaya (1,0) dan getar diam (0) maka kondisi “Tidak” (0)
- Ketika SR berbahaya (1,0) dan getar bergetar (1,0) maka kondisi “Iya” (1,0)

- **Proses Defuzifikasi**

$$y = \frac{\sum y\mu R(y)}{\sum \mu R(y)} = \frac{0 * 50 + 1 * 100}{0 + 1} = \frac{100}{1} = 100$$

4.4 Hasil pengujian sistem

Setelah di lakukan pengujian terhadap sistem kemudian didapatkan hasil seperti pada Tabel 4.2. Pada *proses fuzzy logic* dibandingkan pula hasil dari sistem dengan hasil yang dihitung dengan cara manual. Sehingga antara perhitungan manual dan perhitungan sistem menunjukkan tingkat keakuratan sistem sebesar 100%.

Tabel 4. 1 Hasil pengujian program

No	Kondisi	Suhu	Intensitas Asap	Nilai Skala Richter	Fuzifikasi		Inferensi		Defuzifikasi		Tingkat Akurasi
					Manual	Program	Manual	Program	Manual	Program	
1	Normal	28 C	0 PPM	1,19	(μ Suhu Sedang, 0.8) (μ Suhu Panas, 0.2) (μ Asap Tipis,1) (μ Gempa aman,1)	(μ Suhu Sedang, 0.8) (μ Suhu Panas, 0.2) (μ Asap Tipis,1) (μ Gempa aman,1)	(Tertutup, 0.8) (Tertutup, 0.2)	(Tertutup, 0.8) (Tertutup, 0.2)	0	0	100%
2	Tidak Normal (Terdeteksi Kebakaran)	43 C	187 PPM	1,19	(μ Suhu Panas, 1) (μ Asap Pekat,1) (μ Gempa aman,1)	(μ Suhu Panas, 1) (μ Asap Pekat,1) (μ Gempa aman,1)	(Terbuka, 1)	(Terbuka,1)	1	1	100%
3	Tidak Normal (Terdeteksi Gempa)	27 C	14 PPM	7,0	(μ Suhu Sedang, 0.8666) (μ Suhu Panas, 0.1333) (μ Asap Tipis,1) (μ Gempa Berbahaya,1)	(μ Suhu Sedang, 0.8666) (μ Suhu Panas, 0.1333) (μ Asap Tipis,1) (μ Gempa Berbahaya,1)	(Terbuka, 0.1333) (Terbuka, 0.8666)	(Terbuka, 0.1333) (Terbuka, 0.8666)	1	1	100%
4	Tidak Normal (Terdeteksi Gempa dan Kebakaran)	37 C	125 PPM	5,0	(μ Suhu Sedang, 0.2) (μ Suhu Panas, 0.8) (μ Asap Pekat,1) (μ Gempa Sedang,1)	(μ Suhu Sedang, 0.2) (μ Suhu Panas, 0.8) (μ Asap Pekat,1) (μ Gempa Sedang,1)	(Terbuka, 0.2) (Terbuka, 0.8)	(Terbuka, 0.2) (Terbuka, 0.8)	1	1	100%

Pada Tabel 4.3 menunjukkan waktu respon yang dicapai (*response time*) oleh sistem dari pembacaan semua sensor dimulai kemudian didapatkan nilai berupa satuan derajat celcius, ppm dan skala richter hingga akhirnya muncul nilai *fuzzy output*. Dari 10 kali percobaan rata – rata waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan semua proses adalah sekitar 2,23 detik.

Tabel 4. 2 *Response time*

No	Suhu (Celcius)	Intensitas Asap (PPM)	Skala Richter	Nilai Fuzzy Output	Waktu Proses
1	27.28	0	0	0.0	2.15 detik
2	28.79	0	0	0.0	2.89 detik
3	28.79	0	1.19	0.0	2.46 detik
4	30.74	14	3	0.26	2.75 detik
5	32.84	36	4	0.57	2.09 detik
6	34.64	64	4	0.57	1.41 detik
7	35.62	128	7	0.89	2.53 detik
8	34.15	110	7	0.89	1.85 detik
9	30.74	38	6	0.57	1.88 detik
10	29.28	18	7	0.89	2.32 detik
Rata - Rata					2,23 detik

5. Kesimpulan

Sistem yang dibangun sudah diimplementasikan dan diuji dengan skenario yang telah dibuat. Hasil pengujian menunjukkan bahwa aktuator (pintu darurat) dapat melakukan aksi sesuai dengan aturan algoritma *fuzzy logic*. Dari 10 kali percobaan pengujian, rata-rata *response time* yang dibutuhkan oleh sistem selama \pm 2,23 detik dengan tingkat akurasi sebesar 100%. Sehingga dapat disimpulkan bahwa sistem mampu memberikan kemampuan komputasi, klasifikasi dan validasi terhadap getaran gempa dan kebakaran secara tepat dan akurat.

Daftar Pustaka

- [1] K. Erdianto, "Data Sementara BNPB, 2.935 Rumah Rusak akibat Gempa Tasikmalaya," *Kompas.com*, 2017. [Online]. Available: <https://nasional.kompas.com/read/2017/12/17/18462031/data-sementara-bnpb-2935-rumah-rusak-akibat-gemp?page=all>. [Accessed: 01-Aug-2020].
- [2] K. A. Saraswati, "Pintu Darurat Asrama, Berguna atau Sekadar Pajangan Belaka?," <https://studentstelkomuniversity.com>, 2017. [Online]. Available: <https://studentstelkomuniversity.com/pintu-darurat-asrama-berguna-atau-sekadar-pajangan-belaka/>. [Accessed: 23-Oct-2019].
- [3] Y. Manurung, W. Rudy, J. Engelin, and K. Prawiroredjo, "PROTEKSI KEBAKARAN GEDUNG BERTINGKAT BERBASIS WIRELESS SENSOR NETWORK," *Pros. Semin. Nas. Pakar ke 3*, pp. 2615–2584, 2020.
- [4] K. Iot, M. A. Tisnadinata, N. A. Suwastika, and R. Yasirandi, "Sistem Peringatan Dini Gempa Bumi Multi Node Sensor Berbasis Fuzzy Dan," *Indones. J. Comput.*, vol. 4, no. August, pp. 67–80, 2019.
- [5] A. Burhanudin, "Aplikasi Sistem Peringatan Dini Pada Kebocoran Gas Dan Asap Menggunakan Sensor Gas MQ-7 Dengan Program C," *J. Inform. Upgris*, vol. 2, no. 1, pp. 1–7, 2016.
- [6] W. Fitriani *et al.*, "APLIKASI MONITORING KEBAKARAN BERBASIS IOT (INTERNET OF THINGS) MENGGUNAKAN FUZZY LOGIC DAN MICROCONTROLLER WEMOS D1 MINI , SENSOR SUHU DHT22 , SENSOR ASAP MQ-7 , DAN FLAME SENSOR DENGAN MEMBERIKAN INFORMASI MELALUI SMS (SHORT MESSAGE SERVICE) DI PT," *J. SKANIKA*, vol. 1, no. 1, pp. 159–165, 2018.
- [7] L. I. Ramadhan, D. Syauqy, and B. H. Prasetyo, "Sistem Pendeteksi Kebocoran Gas LPG Menggunakan Metode Fuzzy yang Diimplementasikan dengan Real Time Operating System (RTOS)," *J. Pengemb. Teknol. Inf. dan Ilmu Komput. Univ. Brawijaya*, vol. 1, no. 11, pp. 1206–1213, 2017.
- [8] F. Supegina, "Rancang Bangun Sistem Alarm Dan Pintu Otomatis Dengan Sensor Gas Berbasis Arduino," *J. Teknol. Elektro*, vol. 4, no. 2, pp. 44–53, 2013.
- [9] Sunarjo, M. T. Gunawan, and S. Pribadi, *Gempabumi Edisi Populer*. 2012.
- [10] R. Hoque, S. Hassan, M. A. Sadaf, A. Galib, and T. F. Karim, "Earthquake monitoring and warning system," *Proc. 2015 3rd Int. Conf. Adv. Electr. Eng. ICAEE 2015*, pp. 109–112, 2016.
- [11] S. Anggraini and N. Heryandoko, "Kajian Magnitudo Momen (Mw) Menggunakan Formulasi Empiris pada Sistem Peringatan Dini Tsunami Indonesia (InaTews)," *J. Meteorol. Klimatologi dan Geofis.*, vol. 1, no. 4, pp. 1152–1160, 2014.
- [12] Geo.Mtu.Edu, "Earthquake Magnitude Classes," <http://www.geo.mtu.edu/UPSeis/magnitude.html>, 2017. [Online]. Available: <http://www.geo.mtu.edu/UPSeis/magnitude.html>. [Accessed: 18-Jul-2020].
- [13] SNI 03-3985-2000, "Tata Cara Perencanaan, Pemasangan Dan Pengujian Sistem Deteksi Dan Alarm Kebakaran Untuk Pencegahan Bahaya Kebakaran Pada Bangunan Gedung," *Badan Standarisasi Nas.*, 2000.
- [14] R. Fatmawati, "Audit Keselamatan dan Kesehatan Kerja Proteksi Kebakaran Gedung," *J. Fak. Kesehat. Masy. Univ. Indones.*, p. 7, 2011.
- [15] R. Riantana, "Aplikasi Sensor Accelerometer pada Handphone Android sebagai Pencatat Getaran Gempabumi secara Online," *J. Fis. dan Apl.*, vol. 11, no. 3, p. 114, 2015.
- [16] B. Firman, "Implementasi Sensor IMU MPU6050 Berbasis Serial I2C pada Self-Balancing Robot," *J. Teknol. Technoscintia*, vol. 9, no. 1, pp. 18–24, 2016.
- [17] A. R. Jaladi, K. Khithani, P. Pawar, K. Malvi, and G. Sahoo, "Environmental Monitoring Using Wireless Sensor Networks (WSN) based on IOT .," *Int. Res. J. Eng. Technol.*, vol. 4, no. 1, pp. 1371–1378, 2017.
- [18] M. Mahbub, "Toxic and hazardous gas detection , measurement and monitoring system for safety assurance in home and industrial application of wireless sensor node Toxic and hazardous gas detection , measurement and monitoring system for safety assurance in home and in," *Eng. Technol. Res.*, no. August, pp. 089–098, 2019.
- [19] D. J. M. St, M. Eng, D. Bahrin, M. Kes, and N. M. Tulung, "Rancang Bangun Alat Ukur Temperatur Untuk Mengukur Selisih Dua Keadaan," *E-Journal Tek. Elektro Dan Komput.*, vol. 2, no. 1, 2013.
- [20] Peraturan Pemerintah Nomor 36 Tahun 2005, "Peraturan Pemerintah RI Nomor 35 Tahun 2005 Tentang Peraturan Pelaksanaan Undang Undang Nomor 28 tahun 2002 Tentang Banangunan Gedung," no. 1, pp. 1–5, 2005.
- [21] I. PRASETYONO, N. RIZKITA, Z. S. P. ANUGERAH, E. ASIHYANTO, and F. AZHARIE, "OBSERVASI KAMPUS K3 DI ASRAMA TELKOM UNIVERSITY BIDANG K3 KONSTRUKSI BANGUNAN, K3 INSTALASI LISTRIK DAN K3 PENANGGULANGAN KEBAKARAN," <https://zhashaputrianugerah.wordpress.com/>, 2018. [Online]. Available:

- <https://zhashaputrianugerah.wordpress.com/2018/12/03/laporan-observasi-kampus-k3-di-asrama-telkom-university-bidang-k3-konstruksi-bangunan-k3-instalasi-listrik-dan-k3-penanggulangan-kebakaran/>. [Accessed: 05-Aug-2020].
- [22] E. Supartini, N. Kumalasari, D. Andry, Susilastuti, and F. Indah, *Membangun Kesadaran, Kewaspadaan dan Kesiapsiagaan dalam Menghadapi Bencana*, Cetak II (. Jakarta: Direktorat Kesiapsiagaan Deputi Bidang Pencegahan dan Kesiapsiagaan Badan Nasional Penanggulangan Bencana, 2017.
- [23] A. Pratama, "Perancangan Sarana Penyelamat Diri Dan Kebutuhan Apar Pada Darurat Kebakaran Di Kantor Kesehatan Pelabuhan Kelas Ii Balikpapan," *Indones. J. Occup. Saf. Heal.*, vol. 5, no. 1, p. 21, 2017.
- [24] R. Diningrat Khan and R. Wulandari, "STUDI KOMPARASI FASILITAS DAN STANDAR ASRAMA DI INDONESIA: Studi Kasus 5 Universitas," *J. Idealog Ide dan Dialog Desain Indones.*, vol. 1, no. 2, p. 193, 2017.
- [25] T. J. Ross, *Fuzzy Logic with Engineering Applications*, 3rd ed. University of New Mexico, USA: A John Wiley and Sons, Ltd., Publication, 2010.
- [26] Suyanto, *Artificial Intelligence*, Revisi Ked. Bandung: Informatika Bandung, 2014.
- [27] R. & E. S. Laboratory, "MENGENAL MQTT PROTOKOL UNTUK IOT," <http://reslab.sk.fti.unand.ac.id>, 2018. [Online]. Available: http://reslab.sk.fti.unand.ac.id/index.php?option=com_k2&view=item&id=229:mengenal-mqtt-protokol-untuk-iot&Itemid=303. [Accessed: 21-Jul-2020].
- [28] M. Anwari, "Purwarupa Pendeteksi Dini Kebakaran Menggunakan Fuzzy Logic dengan SMS sebagai Media Informasi," *J. Konvergensi*, vol. 14, no. September, pp. 160–164, 2018.
- [29] M. Y. T. Irsan, M. I. Kasau, and I. P. Simbolon, "Penggunaan Fuzzy Logic & Metode Mamdani untuk Menghitung Pembelian, Penjualan dan Persediaan," *JAAF (Journal Appl. Account. Financ.*, vol. 3, no. 1, p. 37, 2019.
- [30] Semiconductor National, "LM35 Precision Centigrade Temperature Sensors," *Natl. Semicond. Corp.*, p. 13, 2000.