

RANCANG BANGUN ROBOT SAR SEBAGAI PENDETEKSI GAS BERACUN PRA EVAKUASI

Bima Renaldi, Suryo Adi Wibowo, Karina Auliasari.

Program Studi Teknik Informatika S1, Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Nasional Malang, Jalan Raya Karanglo km 2 Malang, Indonesia
1618058@scholar.itn.ac.id

ABSTRAK

Penelitian ini dilakukan untuk membuat dan merancang sebuah robot SAR sebagai pendeteksi gas beracun pra evakuasi untuk memeriksa keadaan pada tempat yang akan dilaksanakan evakuasi untuk keamanan dari tim penyelamat dan memperoleh informasi terbaru dari tempat kejadian. Hal ini juga bertujuan untuk meminimalisir jatuhnya korban pra evakuasi seperti pada Tim SAR ataupun tim penyelamat lainnya khususnya di wilayah urban atau perkotaan. Robot pendeteksi gas ini dapat melakukan atau menampilkan hasil monitoring dari kadar kandungan gas disekitarnya lewat website. Disamping itu dengan kontrol yang bisa dilakukan lewat website akan membuat sistem robot menjadi lebih efisien dan efektif. Dari Hasil pengujian menunjukkan bahwa sensor diketahui memiliki rata-rata persentase error pada sensor MQ-7 sebesar 6,54%, Sensor MQ-135 sebesar 19,08% untuk deteksi gas Amonia dan 3,16% untuk Karbon Dioksida, serta 9,83% untuk sensor ultrasonic. . Jarak terjauh flame sensor untuk mendeteksi api secara optimal yaitu pada jarak 80cm dengan nilai *voltage* 1.74v dan tidak dapat lagi pendeteksi api pada jarak 84cm dengan nilai *voltage* 2.03v Robot SAR dapat beroperasi optimal selama 40 Menit. Website berjalan dengan baik pada beberapa web browser yang diujikan yaitu Mozilla Firefox (47.0.2), Google Chrome (78.0.3) dan Microsoft Edge (44.1.0) karena aplikasi merupakan website responsive yang dibuat menggunakan pemrograman PHP. Metode Fuzzy Tsukamoto dapat berjalan dengan baik dan akurat pada sistem dengan rata – rata persentase error 0%.

Kata kunci : *Embedded system, Robot Pendeteksi Gas, Metode Fuzzy Tsukamoto, Arduino Uno, NodeMCU.*

1. PENDAHULUAN

Dalam perkembangan teknologi robot saat ini, banyak dikembangkan robot pendeteksi gas. Hal ini tentunya sangat membantu berbagai pihak mulai perorangan ataupun perusahaan besar untuk mendeteksi gas – gas berbahaya di tempat – tempat yang tidak bisa dijangkau oleh manusia. Hal ini juga bertujuan untuk meminimalisir jatuhnya korban pra evakuasi seperti pada Tim SAR ataupun tim penyelamat lainnya khususnya di wilayah urban atau perkotaan. Terdapat beberapa resiko bagi regu sar saat melakukan evakuasi seperti struktur bangunan yang rumit dan sulit diakses, adanya resiko gedung yang akan runtuh, serta tersebarnya kandungan gas beracun akibat sistem ventilasi udara pada gedung yang bermasalah.

Banyak robot telah dilengkapi oleh berbagai jenis sensor untuk mendeteksi gas seperti MQ-2 untuk mendeteksi gas LPG yang bocor, Sensor MQ-4 untuk mendeteksi gas metana dan CNG, sensor MQ-7 untuk mendeteksi gaskarbon monoksida (CO), dan seterusnya. Namun pada pengembangan robot beberapa komponen tidak digunakan secara maksimal. Contoh penggunaan modul ESP8266 yang hanya dijadikan sebagai pembantu kontrol jarak jauh padahal bisa digunakan pula untuk melakukan monitoring lewat website. Media monitoring data pada robot juga terbatas hanya menggunakan led dan buzzer bila gas berbahaya terdeteksi ataupun LCD untuk menampilkan kadar

kandungan gas dari sekitar robot yang dirasa kurang efektif dan fleksible.

Untuk itulah dikembangkan robot pendeteksi gas yang dapat melakukan atau menampilkan hasil monitoring dari kadar kandungan gas disekitarnya lewat website. Disamping itu dengan kontrol yang bisa dilakukan lewat website akan membuat sistem robot menjadi lebih efisien dan efektif. Dengan adanya fitur tersebut user atau pengendali akan memudahkan dalam mengendalikan mobilisasi robot serta dapat dengan mudah memonitoring kadar kandungan gas tanpa perlu repot-repot melihat langsung pada LCD Robot.

2. TINJAUAN PUSTAKA

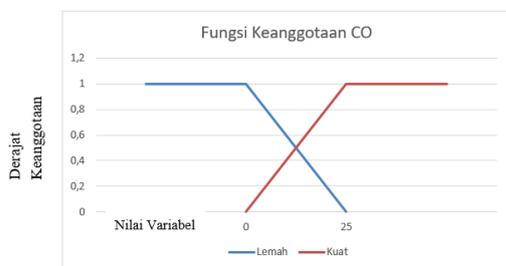
Ditahun 2019 Wibowo dkk mengembangkan ruang kuliah pintar pemantau tingkat efektifitas pembelajaran yang dapat mendeteksi mahasiswa bosan dan mengantuk. Alat ini dapat mendeteksi kebosanan atau rasa kantuk pada mahasiswa melalui ekspresi wajah yang diambil oleh kamera lalu diolah dengan proses pengolahan citra digital. Selain mendeteksi kebosanan mahasiswa, alat ini juga dilengkapi dengan sistem presensi menggunakan RFID. Mahasiswa yang melakukan presensi dengan RFID datanya di kirimkan pada mikrokontroler lalu dengan bantuan modul ethernet EG-SR-7150MJ sebagai penghubung antara mikro kontroler dan jaringan internet sehingga data dapat disimpan pada server dan ditampilkan lewat website yang dapat diakses oleh pengajar, mahasiswa dan orangtua.[1]

Sebelumnya di tahun 2017 Liandy mengembangkan pemantau gas berbahaya dan suhu pada ruangan melalui website berbasis arduino. Alat ini menggunakan sensor MQ-2 untuk mendeteksi adanya kadar gas LPG, sensor MQ-7 untuk mendeteksi kadar karbon monoksida (CO) serta sensor DHT11 untuk mengukur suhu diruangan serta sensor flame detector untuk mendeteksi kebakaran. Data dari sensor -sensor tersebut secara berkala ditampilkan lewat website dengan bantuan arduino dan modul wifi esp8266. Jika pada ruangan tersebut terdeteksi api maka water pump akan menyala dan memadamkan api kemudian mengirim email pemberitahuan pada pengguna jika terjadi kebakaran agar pengguna dapat memantau keadaan ruangan lewat ipcam yang terhubung dengan website [2]

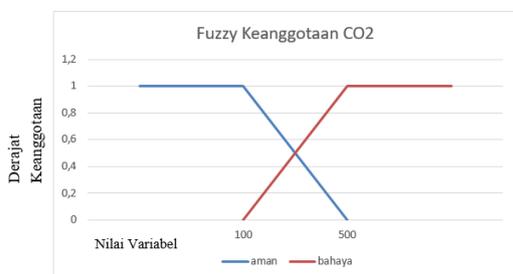
2.1 Fuzzy Tsukamoto

Menurut Kusumadewi pada tahun 2010 metode Tsukamoto merupakan perluasan dari penalaran monoton. Pada metode Tsukamoto, setiap konsekuensi pada aturan yang berbentuk IF-Then harus dipresentasikan dengan suatu himpunan fuzzy dengan fungsi keanggotaan yang monoton. Sebagai hasilnya, output hasil inferensi dari tiap-tiap aturan diberikan secara tegas (*crisp*) berdasarkan α -predikat (*fire strength*). Hasil akhirnya diperoleh dengan menggunakan rata-rata terbobot.[3] Fungsi keanggotannya antara lain :

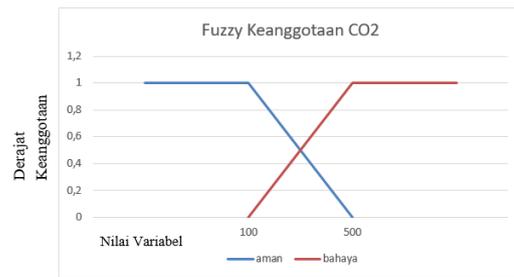
NH3 {rendah=0; Tinggi = 25}



Gambar 1 Fungsi keanggotaan Gas Amonia (NH3) CO {lemah=0; kuat=25}



Gambar 2 Fungsi keanggotaan Gas Karbon Monoksida (CO) CO2 {aman=100; bahaya=500}



Gambar 3 Fungsi keanggotaan Gas Karbon Dioksida (CO2)

Langkah -langkah Metode

- Arduino menerima inputan data dari sensor MQ-7 dan MQ-135 untuk kandungan gas disekitar robot
- MQ-7 mendeteksi kadar karbon monoksida dan MQ-135 mendeteksi kadar amonia.
- Kedua data dari MQ-7 dan MQ-135 di fuzzifikasi sehingga menghasilkan nilai keanggotaan. Untuk MQ-7 {lemah, kuat} dan untuk MQ-135{rendah, tinggi}. Kemudian ditemukan juga untuk klasifikasi {bahaya, aman}
- Setelah mendapat hasil dari fuzzifikasi lalu dilakukan operasi interfensi tsukamoto dengan rule
 - [R1] Jika MQ-7 lemah dan MQ-135 rendah maka klasifikasi Aman
 - [R2] Jika MQ-7 lemah dan MQ-135 tinggi maka klasifikasi Bahaya
 - [R3] Jika MQ-7 kuat dan MQ-135 rendah maka klasifikasi Bahaya
 - [R4] Jika MQ-7 kuat dan MQ-135 tinggi maka klasifikasi Bahaya
- Untuk tahap interfensi tsukamoto pertama dilakukan pencarian nilai $a_{predikat}$ dengan nilai minimal. Kemudian dilakukan perhitungan untuk mencari z dengan perhitungan $z = a_{predikat} * (aman - bahaya) + aman$
- Setelah hasil [R1] – [R4] ditemukan, maka dilakukan proses defuzzifikasi

2.2 IoT (Internet Of Think)

IoT merupakan Sebuah konsep dimana suatu objek yang memiliki kemampuan untuk mentransfer data melalui jaringan tanpa memerlukan interaksi manusia ke manusia atau manusia ke komputer Penggunaan IoT dapat diimplementasikan pada berbagai hal salah satunya adalah perkuliahan., pelanggan, dan sebagainya yang dapat diakses dari basis data perusahaan.[4]

2.3 Arduino Uno

Arduino Uno adalah board mikrokontroler yang di dalamnya terdapat mikrokontroler, penggunaan jenis mikrokontroler-nya berbeda – beda tergantung spesifikasinya. Pada Arduino Uno digunakan mikrokontroler berbasis ATmega328. Memiliki 14 pin input dari output digital dimana 6 pin input

tersebut dapat digunakan sebagai output PWM dan 6 pin input analog, 16 MHz osilator kristal, koneksi USB, jack power, ICSP header, dan tombol reset.[2]

2.4 Model ESP8266

ESP8266 adalah chip terintegrasi yang di rancang untuk kebutuhan terhubungnya dunia. Ia menawarkan solusi jaringan wifi yang lengkap dan mandiri, yang memungkinkan untuk menjadi host atau mentranfer semua fungsi jaringan wifi dan prosesor aplikasi lain dengan *ATcommand* sebagai perintah dasarnya. ESP8266 memiliki kemampuan pengolahan dan penyimpanan on-board yang kuat, yang memungkinkan untuk diintegrasikan dengan sensor dan aplikasi perangkat khusus lain melalui GPIOs dengan pengembangan yang mudah loading waktu yang minimal. [5]

2.5 Sensor MQ-7

MQ 7 merupakan sensor gas yang digunakan dalam peralatan untuk mendeteksi gas karbon monoksida (CO) dalam kehidupan sehari-hari, industri, atau mobil. Fitur dari sensor gas MQ7 ini adalah mempunyai sensitivitas yang tinggi terhadap karbon monoksida (CO), stabil, dan berumur panjang. Sensor ini menggunakan catu daya heater : 5V AC/DC dan menggunakan catu daya rangkaian : 5VDC, jarak pengukuran : 20 - 2000ppm untuk ampu mengukur gas karbon monoksida.[6]

2.6 Sensor MQ-135

MQ-135 Air Quality Sensor adalah sensor yang memonitor kualitas udara untuk mendeteksi gas amonia (NH3), natrium-(di)oksida (NOx), alkohol / ethanol (C2H5OH), benzena (C6H6), karbondioksida (CO2), gas belerang / sulfur-hidroksida (H2S) dan asap / gas-gas lainnya di udara. Sensor ini melaporkan hasil deteksi kualitas udara berupa perubahannilai resistensi analog di pin keluarannya. Pin keluaran ini bisa disambungkan dengan pin 6ADC (*analog-to-digital converter*) di mikrokontroler / pin analog input Arduino denganmenambahkan satu buah resistor saja (berfungsi sebagai pembagi tegangan / *voltage divider*).[7]

2.7 Sensor Ultrasonic

SRF (Sensor Ultrasonik) adalah sebuah sensor yang berfungsi untuk mengubah besaran fisis (bunyi) menjadi besaran listrik dan sebaliknya. Cara kerja sensor ini didasarkan pada prinsip dari pantulan suatu gelombang suara sehingga dapat dipakai untuk menafsirkan eksistensi (jarak) suatu benda dengan frekuensi tertentu. Disebut sebagai sensor ultrasonik karena sensor ini menggunakan gelombang ultrasonik (bunyi ultrasonik).[8]

2.8 NodeMCU

NodeMCU merupakan salah satu bagian dari keluarga ESP8266 yang sudah dibekali komponen pendukung yang lengkap. Berbeda dengan modul sebelumnya ESP-01 yang hanya chip saja tanpa dilengkapi usb uart, modul ini sudah dilengkapi dengan minimum sistem serta usb uart yang memudahkan kita untuk menggunakan dan memasukan program pada modul tersebut.Dengan beragam kelebihan tersebut membuat modul ini sangat cocok sebagai mikrokontroler system IoT (*Internet of Thing*). Perangkat NodeMCU generasi ketiga ini sebenarnya bukan official dari ESP8266, ini hanya versi modifikasi yang di kembangkan oleh produsen LoLin dengan beberapa perbaikan yang membuat perangkat ini di claim lebih cepat dari versi sebelumnya. [9]

2.9 Flame Detector

Flame Detector atau Flame sensor merupakan sensor yang mempunyai fungsi sebagai pendeteksi nyala api yang memiliki panjang gelombang antara 760nm – 1100nm. Sensor ini menggunakan infrared sebagai tranduser dalam mensensing kondisi nyala api. Cara kerja sensor ini yaitu dengan mendeteksi nyala api dengan menggunakan metode optik. Pada sensor ini menggunakan tranduser yang berupa infrared (IR) sebagai sensing sensor. Tranduser ini digunakan untuk mendeteksi akan penyerapan cahaya pada panjang gelombang tertentu.[2]

3. METODE PENELITIAN

Penelitian ini akan membahas mengenai perancangan dan pembuatan robot SAR sebagai pendeteksi gas beracun pra evakuasi

3.1 Analisa Kebutuhan Fungsional

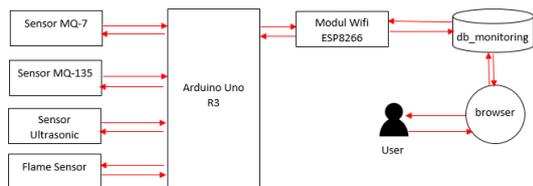
Adapun beberapa kebutuhan fungsional dalam rancang bangun robot SAR sebagai pendeteksi gas beracun pra evakuasi dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1.Kebutuhan Fungsional

No.	Hardware	Software
1	Arduino Uno R3	Arduino IDE 6.11
2	Modul ESP8266	Notepad ++
3	NodeMCU v3	XAMPP
4	Sensor Gas MQ-7 (Pendeteksi Karbon Monoksida)	Web browser
5	Sensor Gas MQ-135 (Pendeteksi Amonia dan Carbon Monoksida)	-
6	Sensor Ultrasonic	-
7	Motor DC 12v	-
8	Driver Motor L298N	-
9	Motor Servo	-
10	Limit Switch	-

3.2 Diagram Blok Sistem Monitoring Robot

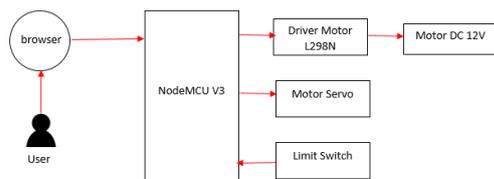
Sistem monitoring pada robot menggunakan mikrokontroler arduino uno r3 sebagai pusat kontrol dan pengelola data. Data kadar Karbon monoksida (CO) dari sensor MQ-7, data kadar amonia (NH3) serta data jarak dari sensor ultrasonic dikirim lalu diolah oleh arduino uno. Lalu diteruskan lewat modul ESP8266 data disimpan ke database dan dapat ditampilkan lewat website sehingga dapat dilihat oleh user. Blok diagram sistem monitoring dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4 Diagram blok sistem monitoring pada robot

3.3 Diagram Blok Sistem Kontroling Robot

Sistem kontrol pada robot menggunakan NodeMCU sebagai pusat kontrol dan pemroses data. User dapat menekan keyboard saat mengakses website pada browser untuk bisa mengirim perintah spesifik pada NodeMCU yang nantinya akan menggerakkan Motor Dc dengan bantuan driver motor L298N dan motor servo untuk mengendalikan mobiltas robot. Kemudian Limit switch berfungsi untuk menghentikan dan memundurkan robot untuk bergerak saat robot menabrak sesuatu di didepannya disaat terjadi kegagalan sistem atau terputusnya koneksi sehingga motor tidak terus bergerak dan terbakar. Blok diagram sistem kontroling dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5 Diagram blok sistem monitoring pada robot

3.4 Alokasi Pin

Alokasi pin untuk sistem kontroling robot bisa dilihat pada Tabel 2

Tabel 2. Alokasi pin sistem kontroling robot

NodeMCU	Driver Motor L298N	Motor Servo 1	Limit Switch 1	Limit Switch 1
Vin 5V	VCC	VCC	VCC	VCC
GND	GND	GND	GND	GND
D2 / GPIO5	IN A.1	-	-	-
D3 / GPIO4	IN A.2	-	-	-
D4 / GPIO0	IN A.3	-	-	-
D5 / GPIO2	IN A.4	-	-	-
D6 / GPIO14	-	DATA	-	-
D7 / GPIO12	-	-	DATA	-
D8 / GPIO11	-	-	-	DATA

Semua komponen menggunakan vcc 5v dan ground. Driver motor menggunakan pin 5 dan 4 untuk kendali motor A dan pin 0 dan 2 untuk kendali motor B. Kemudian Motor servo menggunakan pin 14 untuk kendali motor. Kemudian limit switch 1 menggunakan pin 12 dan limit switch 2 menggunakan pin 11 sebagai pin data.

Kemudian untuk Alokasi pin sistem monitoring dapat dilihat pada Tabel 3.

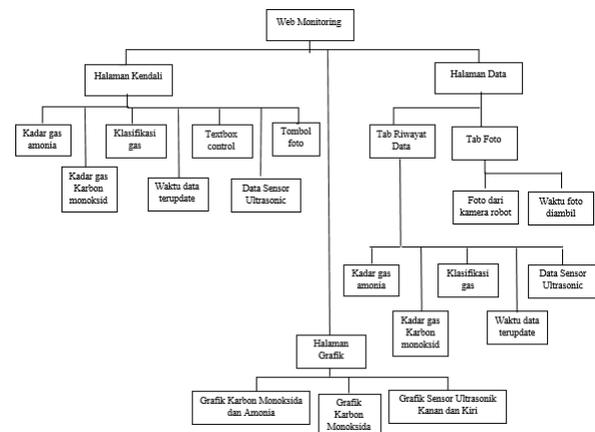
Tabel 3. Alokasi pin sistem monitoring robot

Arduin o Uno	ESP826 6	MQ- 7	MQ- 135	Ultrasonic 1	Ultrasonic 2	Flame Detecto r
VCC	VCC	VCC	VCC	VCC	VCC	VCC
GND	GND	GN D	GN D	GND	GND	GND
Pin 3	Rx	-	-	-	-	-
Pin 4	Tx	-	-	-	-	-
Pin 6	-	-	-	Trig	-	-
Pin 7	-	-	-	Echo	-	-
Pin 8	-	-	-	-	Trig	-
Pin 9	-	-	-	-	Echo	-
Pin A0	-	-	Data	-	-	-
Pin A1	-	Data	-	-	-	-
Pin A2	-	-	-	-	-	Data

Semua komponen menggunakan vcc 5v dan ground. Esp8266 menggunakan pin 3 dan 4 untuk pin penerima dan pengirim data ke website. Mq-7 menggunakan pin A1 sebagai pin data, Mq-135 menggunakan A0 sebagai pin data, flame sensor menggunakan pin A2, sebagai pin data. Sensor Ultrasonic menggunakan pin 6 untuk mengirim gelombang dan pin 7 untuk menerimanya. Begitu pula pada Ultrasonic 2 menggunakan pin 8 untuk mengirim gelombang dna pin 9 untuk menerimanya

3.4 Struktur Menu Website

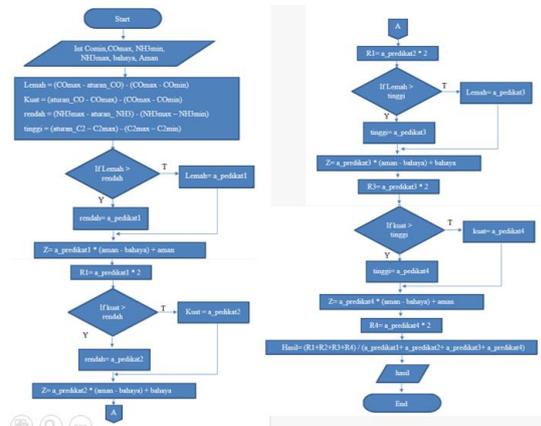
Website monitoring pada robot terdiri dari tiga halaman utama yaitu halaman kendali, data, dan grafik. Berikut stuktur menu pada website dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Struktur menu website

3.4 Desain Arsitektur Metode

Desain arsitektur metode menjelaskan alur dari perhitungan fuzzy tsukamoto yang digunakan untuk proses klasifikasi gas pada robot. Flowchart metode bisa dilihat pada Gambar 7.

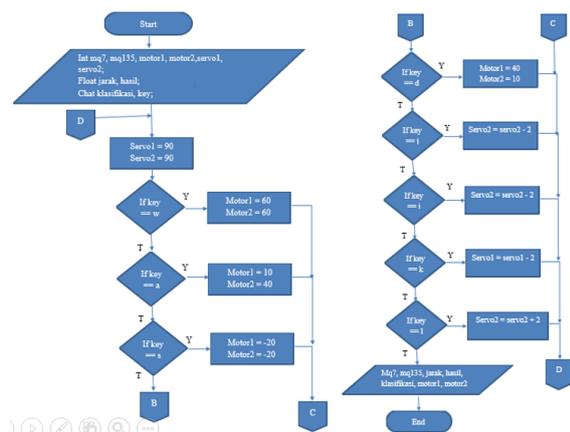


Gambar 7. Flowchart Metode

Alur flowchart pada gambar 7 dilakukan proses perhitungan fuzzy tsukamoto. Pertama dilakukan deklarasi variabel untuk kandungan NH3 dan CO, kemudian mengambil nilai input dari sensor mq-7 (CO) dan mq-135. Kemudian dilakukan proses perhitungan himpunan fuzzy. Setelah didapatkan a predikat maka selanjutnya dilakukan inferensi tsukamoto untuk mencari nilai z dari setiap variabel dengan rule yang telah ditentukan. Setelah proses inferensi selesai maka dilakukan proses defuzzifikasi yang hasilnya akan dikirim ke website dan disimpan di database.

3.4 Desain Arsitektur Sistem

Desain arsitektur sistem menjelaskan alur dari berjalannya sistem monitoring dan kontroling pada robot. Flowchart sistem bisa dilihat pada Gambar 8.



Gambar 8. Flowchart Sistem

Pada Gambar 8 dapat dilihat bahwa alur pertama yaitu mendeklarasikan berbagai variabel yang diperlukan seperti nilai sensor mq-7, mq-135, jarak dan hasil dalam bentuk float. Flame sensor, motor motor1, motor2, dan servo1 sebagai integer dan klasifikasi dan key sebagai

char. Servo pada awalnya servo1 bernilai 90 agar kamera menghadap kedepan. Jika key yang yang diinputkan w, maka motor 1 dan 2 akan berjalan maju. Jika diinputkan a, maka motor1 akan berjalan dan motor2 berhenti sehingga robot akan berbelok ke kiri. Jika s diinputkan maka robot akan berhenti. Dan jika diinputkan d maka motor1 akan berhenti dan motor2 akan berjalan sehingga akan berbelok ke kanan. Jika diinputkan j maka servo akan bernilai 0 sehingga menghadap ke kiri. Jika i diinputkan maka servo akan bernilai 90 sehingga menghadap ke depan. Jika l diinputkan maka servo akan bernilai 180 sehingga menghadap ke kanan. Kemudian semua data dari sensor akan ditampilkan pada website sehingga dapat dilihat dan diamati oleh user.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini akan ditunjukkan hasil dan pembahasan terhadap proses yang telah dilakukan.

4.1 Pengujian Metode Fuzzy Tsukamoto

Hasil pengujian dilakukan dengan membandingkan hasil perhitungan manual metode Fuzzy Tsukamoto dengan hasil perhitungan pada sistem klasifikasi. Pengujian ditunjukkan pada Tabel 4.

Tabel 4. Pengujian metode fuzzy tsukamoto

No.	Nilai NH3	Nilai CO	Hasil Perhitungan Manual	Hasil Perhitungan pada sistem	Persentase error
1.	25	10	308	308	0%
2.	0.2	2.35	137.05	137.05	0%
3.	0.1	1.68	128.67	128.67	0%
4.	12	25	300.32	300.32	0%
5.	5	5	180	180	0%
Rata-Rata Persentase Error					0%

Hasil pengujian menunjukkan bahwa hasil perhitungan manual Fuzzy Tsukamoto dengan hasil perhitungan pada sistem sudah sesuai dengan persentase error 0%.

4.2 Pengujian Sensor MQ-7

Pengujian Sensor Gas MQ-7 dilakukan dengan cara membandingkan hasil output kadar gas karbon monoksida dari sensor MQ-7 dengan alat ukur Gas detector UYIGAO UA506 yang hasilnya dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Pengujian Sensor MQ-7

No.	Sensor MQ-135	UYIGAO UA506	Selisih	Persentase Error
1.	0.01 ppm	0.014 ppm	0.004 ppm	28.57 %
2.	0.02 ppm	0.026 ppm	0.006 ppm	23.07%
3.	0.03 ppm	0.033 ppm	0.003 ppm	9.09%
4.	0.02 ppm	0.024 ppm	0.004 ppm	16.66%
5.	0.05 ppm	0.061 ppm	0.011 ppm	18.03%
Rata-rata persentase error				19.08%

Dari hasil pengujian pada tabel 5 yang dilakukan pada ruangan tertutup pada malam hari bisa diamati bahwa selisih terbesar pada pengujian yaitu sebesar 0.08 ppm dan selisih terkecil yaitu

0.04 ppm dengan rata-rata persentase error sebesar 6.54%.

4.3 Pengujian MQ-135

Pengujian Sensor Gas MQ-135 dilakukan dengan cara membandingkan hasil output kadar gas Amonia dari sensor MQ-135 dengan alat ukur Gas detector UYIGAO UA506 yang hasilnya bisa dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Pengujian Sensor MQ-135 Amonia

No.	Sensor MQ-135	UYIGAO UA506	Selisih	Persentase Error
1.	0.01 ppm	0.014 ppm	0.004 ppm	28.57 %
2.	0.02 ppm	0.026 ppm	0.006 ppm	23.07%
3.	0.03 ppm	0.033 ppm	0.003 ppm	9.09%
4.	0.02 ppm	0.024 ppm	0.004 ppm	16.66%
5.	0.05 ppm	0.061 ppm	0.011 ppm	18.03%
Rata-rata persentase error				19.08%

Lalu dilanjutkan Pengujian Sensor Gas MQ-135 dilakukan dengan cara membandingkan hasil output kadar gas Karbon dioksida dari sensor MQ-135 dengan alat ukur CO2 Meter yang hasilnya bisa dilihat pada Tabel 7.

Tabel 7. Pengujian Sensor MQ-135 CO2

No.	Sensor MQ-135	CO2 Meter	Selisih	Persentase Error
1.	125 ppm	131 ppm	6 ppm	4.5%
2.	118 ppm	125 ppm	7 ppm	5.6%
3.	216 ppm	223 ppm	7 ppm	3.13%
4.	304 ppm	312 ppm	8 ppm	2.5%
5.	334 ppm	342 ppm	8 ppm	2.33%
Rata – rata persentase error				3.16%

Hasilnya rata-rata error pada deteksi amonia yaitu sebesar 19.08% dan pada deteksi karbon dioksida sebesar 3.16%

4.4 Pengujian Sensor Ultrasonic

Pengujian Sensor Ultrasonic dilakukan dengan cara membandingkan hasil output dari sensor Ultrasonic dengan alat ukur penggaris yang bisa dilihat pada Tabel 8.

Tabel 8. Pengujian Sensor Ultrasonic

No.	Penggaris	Sensor Ultrasonic	Selisih	Persentase Error
1.	5cm	5,57cm	0,57 cm	11,4%
2.	10cm	11, 24cm	1,04 cm	10,4%
3.	15cm	16,95cm	1,95 cm	13%
4.	24cm	25,79cm	1,79cm	7,45%
5.	33cm	35,28cm	2,28cm	6,9%
Rata – rata persentase error				9,83%

Hasilnya yaitu selisih terbesar yaitu 2,28cm dan selisih terkecil yaitu 0,57cm dengan rata – rata persentase error 9,83%.

4.5 Pengujian Flame Sensor

Pengujian Flame Sensor dilakukan dengan cara melihat reaksi dan sensitifitas dari Flame Sensor jika mendeteksi api pada jarak tertentu. Pengujian dilakukan dengan cara mendeteksi api pada korek api pada jarak tertentu yang diukur dengan penggaris yang hasilnya dapat dilihat pada Tabel 9.

Tabel 9. Pengujian flame sensor

No.	Jarak Api dengan Sensor	Analog Value	Nilai Voltage	Status Api
1.	5cm	78	0.38v	Terdeteksi
2.	20cm	92	0.44v	Terdeteksi
3.	40cm	148	0.77v	Terdeteksi
4.	60cm	206	1.00v	Terdeteksi
5.	80cm	357	1.74v	Terdeteksi
6.	84cm	382	2.03v	Tidak Terdeteksi

Dari tabel diatas dapat diamati bahwa jarak optimal terjauh flame sensor untuk mendeteksi api dari korek api dalam ruangan yang terang yaitu sejauh 80 cm dengan nilai voltage 1.74v dan pada jarak 84cm api sudah tidak terdeteksi lagi.

4.6 Pengujian Limit Switch

Pengujian Limit Switch dilakukan dengan cara melihat sensitifitas dan kesesuaian output dari Limit Switch jika trigger tertekan dan tidak. Output yang dihasilkan telah sesuai yang hasilnya bisa dilihat pada Tabel 10.

Tabel 10. Pengujian limit switch

No.	Kondisi Trigger Limit Swith	Value	Output	Kondisi Sesuai
1.	Tidak Tertekan	HIGH	-	✓
2.	Setengah Tertekan / Tertekan sebagian	HIGH	-	✓
3.	Tertekan	LOW	Diam Selama 2 detik lalu membuat motor mundur selama 2 detik	✓

4.7 Pengujian Motor Servo

Pengujian Motor Servo dilakukan dengan cara membandingkan hasil output dari pergerakan motor servo dengan alat ukur penggaris busur guna mengetahui satuan derajat sudut. Hasilnya bisa dilihat pada Tabel 11.

Tabel 11. Pengujian motor servo

No.	Sudut pada Servo	Sudut Pada Busur	Persentase Error
1.	0°	0°	0%
2.	90°	89°	1.12%
3.	180°	178°	1.12%

4.8 Pengujian Modul ESP8266

Pengujian pada modul ESP8266 atau disebut juga modul wifi ini menggunakan pengujian

pengiriman data dari sensor Ke web server. Hasilnya bisa dilihat pada Tabel 12.

Tabel 12. Pengujian modul esp8266

No.	Delay yang diatur (detik)	Tampil di web pada pengiriman Ke-				
		1	2	3	4	5
1.	50	50 detik	51 detik	50 detik	50 detik	50 detik
2.	30	30 detik	30 detik	30 detik	31 detik	31 detik
3.	20	21 detik	20 detik	22 detik	20 detik	20 detik
4.	10	15 detik	16 detik	14 detik	30 detik	16 detik
5	5	22 detik	61 detik	58 detik	43 detik	15 detik

Dari tabel 12 diamati bahwa delay terkecil dan terstabil adalah pada pengaturan delay 20 detik dengan selisih 2 detik pada pengiriman ke 3. Sedangkan untuk delay paling tidak stabil yaitu 5 detik dengan selisih terbesar hingga 56 detik pada pengiriman data ke 2.

4.9 Pengujian NodeMCU

Pengujian pada NodeMCU dilakukan dengan cara menerima data dari website dengan metode GET lalu dieksekusi. Hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 13.

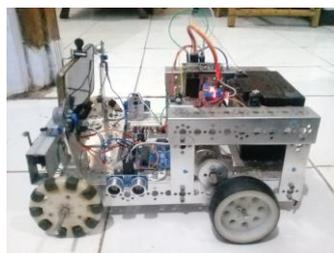
Tabel 13. Pengujian NodeMCU

No.	Delay yang diatur (millisecond)	Respon komponen pada pengiriman Ke-				
		1	2	3	4	5
1.	20	20ms	20ms	20ms	20ms	20ms
2.	10	10ms	10ms	10ms	10ms	10ms
3.	5	5ms	5ms	5ms	7ms	5ms
4.	3	6ms	6ms	13ms	6ms	5ms
5	1	10ms	9ms	9ms	15ms	11ms

Dari tabel 13. diamati bahwa respon tercepat dan stabil node mcu untuk mengeksekusi perintah yaitu sebesar 5ms. Sementara untuk delay dibawah 5 ms cenderung tidak dengan selisih terbesar 14ms dari delay yang ditetapkan.

4.10 Pengujian Robot SAR

Pengujian semua sistem pada robot sar dilakukan dengan melakukan pengujian pada semua kinerja sistem yang ada baik kinerja komponen maupun kinerja dan eksekusi program yang telah dibuat. Bentuk robot dapat dilihat pada Gambar 9.



Gambar 9. Bentuk Robot SAR

Pengujian pada fungsionalitas komponen pada robot SAR yang bisa dilihat pada Tabel 14.

Tabel 14. Pengujian Fungsionalitas Robot SAR

No.	Nama Komponen	Jumlah	Arus yang dibutuhkan	Berfungsi dengan baik	Mempunyai kendala / trouble
1.	Sensor MQ-7 (Deteksi Kadar Gas Karbon Monoksida)	1	0,015 A	✓	X
2.	Sensor MQ-135 (Deteksi Kadar Gas Amonia & Karbon Dioksida)	1	0,015 A	✓	X
3.	Sensor Ultrasonic (Deteksi Jarak)	2	0,015 A	✓	X
4.	Flame Sensor (Deteksi Api)	1	0,02 A	✓	X
5.	Arduino Uno R3	1	0,36 A	✓	X
6.	Modul ESP8266	1	0,01 A	✓	X
7.	Limit Switch	2	0,01 A	✓	X
8.	Motor Servo	1	0,02 A	✓	X
9.	Driver Motor L298N	1	2 A	✓	X
8.	Motor DC 12V	2	3,2 A	✓	X
9.	NodeMCU	1	0,17 A	✓	X
10.	Kamera HP	1	-	✓	X
Total Arus yang dibutuhkan					5,835A

Keterangan :

- ✓ : Iya
- X : Tidak.

Dari pertimbangan diatas, maka waktu pemakaian Robot SAR dapat diperoleh dari perhitungan sebagai berikut.

Jika :

Jumlah Arus = 5,835 A

Aki yang digunakan = 12V 5Ah/10HR

Maka :

$I = 5,835 A$

Waktu Pemakaian = $5Ah / 5,835 A$

= 0,85 Jam - dieffisiensi Aki sebesar 20%

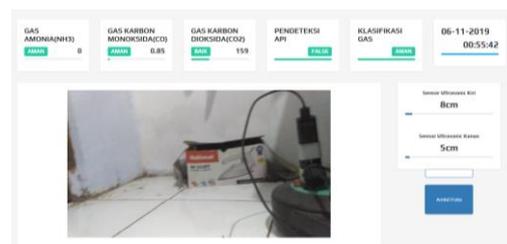
= 0,85 jam - 0.17 jam

= 0,68 jam (40 Menit)

Jadi dapat disimpulkan bahwa robot SAR dapat beroperasi optimal selama 40 Menit.

4.11 Tampilan Halaman Utama

Halaman Utama digunakan untuk memonitoring semua sensor pada robot, serta tampilan dari kamera secara realtime juga tempat untuk mengontrol robot lewat keyboard dan fungsi mengambil foto pada kamera. Tampilan halaman Utama bisa dilihat pada Gambar 10.



Gambar 10. Tampilan halaman utama

4.12 Tampilan Halaman Data

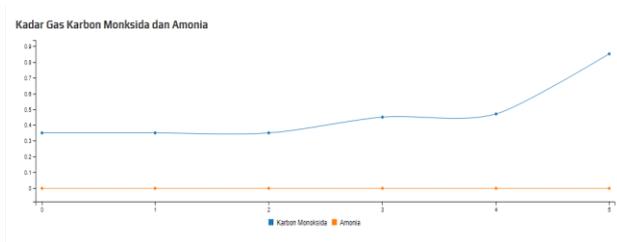
Pada halaman data ditampilkan riwayat data gas amonia, karbon monoksida, karbon dioksida, flame sensor, hasil defuzzifikasi, klasifikasi, serta waktu dan data pengambilan data. Juga terdapat *button* untuk menghapus data pada tab data. Kemudian di tab foto terdapat daftar dan tampilan foto dari kamera robot yang telah diambil sebelumnya. Tampilan Halaman data bisa dilihat pada Gambar 11.



Gambar 11. Tampilan Halaman Data

4.13 Tampilan Halaman Grafik

Pada halaman grafik disajikan 3 data grafik dari perbandingan kadar NH3 dan CO, Sensor Ultrasonic kanan dan kiri, Serta kandungan CO. Tampilan halaman Grafik bisa dilihat pada Gambar 12.



Gambar 12. Tampilan Halaman Grafik

4.13 Pengujian Kompatibilitas Browser

Pengujian software pada penelitian ini dengan dilakukannya menguji kompatibility website terhadap web browser Hasil uji coba kompatibility website terhadap web browser seperti ditunjukkan pada Tabel 16.

Tabel 16. Pengujian kompatibilitas browser

No.	Aspek Pengujian	Web Browser		
		Mozilla (47.0.2)	Chrome (78.0.3)	Microsoft Edge (44.1.0)
1.	Panel Sensor Pada halaman Utama	✓	✓	✓
2.	Tampilan data sensor dan bar data pada halaman utama	✓	✓	✓
3.	Fungsi Kontrol pada halaman utama	✓	✓	✓
4.	Tampilan kamera pada halaman utama	✓	✓	✓
5.	Fungsi ambil foto pada halaman utama	✓	✓	✓
6.	Tampilan data dan css pada halaman data	✓	✓	✓
7.	Tampilan Foto dan fungsi hapus pada halaman data	✓	✓	✓
8.	Tampilan responsif pada halaman grafik	✓	✓	✓

Keterangan :

- ✓ : Berhasil
- x : Tidak Berhasil.

Dapat dilihat hasil uji coba pada tabel 4.1 bahwa aplikasi yang dibuat dapat berjalan dengan baik pada web browser Mozilla Firefox (47.0.2), Google Chrome (78.0.3) dan Microsoft Edge (44.1.0) yaitu semua fungsi di halaman utama seperti panel data sensor, fungsi input kontrol, tombol foto, dan tampilan kamera hingga grafik yang responsif di halaman grafik karena aplikasi merupakan website responsive yang dibuat menggunakan pemrograman PHP.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Dari beberapa tahap pengujian dan perbandingan yang telah dilakukan, menghasilkan beberapa kesimpulan diantaranya :

- 1 Dari hasil pengujian sensor diketahui memiliki rata-rata persentase error pada sensor MQ-7 sebesar 6.54%, Sensor MQ-135 sebesar 19.08% untuk deteksi gas Amonia dan 3.16% untuk Karbon Dioksida, serta 9,83% untuk sensor ultrasonic.
- 2 Jarak terjauh flame sensor untuk mendeteksi api secara optimal yaitu pada jarak 80cm dengan nilai tegangan 1.74v dan tidak dapat lagi mendeteksi api pada jarak 84 cm dengan nilai tegangan 2.03v.
- 3 Robot SAR dapat beroperasi optimal selama 40 Menit.
- 4 Website berjalan dengan baik pada beberapa web browser yang diujikan yaitu Mozilla Firefox (47.0.2), Google Chrome (78.0.3) dan Microsoft Edge (44.1.0) karena aplikasi merupakan website responsive yang dibuat menggunakan PHP.
- 5 Metode Fuzzy Tsukamoto dapat berjalan dengan baik dan akurat pada sistem.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Dedy Irawan, J., Handoko, F. and Adriantatri, E., 2019. Ruang Kuliah Pintar Pemantau Tingkat Efektivitas Pembelajaran Yang Dapat Mendeteksi Mahasiswa Bosan Dan Mengantuk. In *Seminar Nasional Inovasi dan Aplikasi Teknologi di Industri*.
- [2] Liandy, A., 2018. *RANCANG BANGUN PEMANTAUAN GAS BERBAHAYA DAN SUHU PADA RUANGAN MELALUI WEBSITE BERBASIS ARDUINO* (Doctoral dissertation, Institut Teknologi Nasional Malang).
- [3] Kusumadewi, S. and Purnomo, H., 2010. Aplikasi Logika Fuzzy untuk pendukung keputusan. *Yogyakarta: Graha Ilmu*, pp.33-34.
- [4] Luthfi, M. M. 2016, July 17. Mari Mengenal Apa itu Internet ofThing (IoT). Retrieved November 29, 2018, from <https://idcloudhost.com/mari-mengenal-apa-itu-internet-thingiot/>.

- [5] Sibagariang, K.W., 2016. Perancangan Sistem Pengukur Detak Jantung Secara Jarak Jauh Berbasis Atmega 8535 Dengan Tampilan PC.
- [6] Hidayah, A.N., Triyanto, D. and Brianorman, Y., PERANCANGAN ALAT UKUR GAS KARBON MONOKSIDA (CO) BERBASIS PESAWAT TANPA AWAK. *Coding Jurnal Komputer dan Aplikasi*, 2(1).
- [7] Sebayang, M.A., Stasiun Pemantau Kualitas Udara Berbasis Web Web Based Quality Air Monitor Station. *Telecommunication Engineering*, 1(1), pp.24-33.
- [8] Hariadi, D., 2016. Aplikasi Pengukur Tinggi Badan Digital Atmega328 Berbasis Arduino Nano dengan Sensor Ultrasonik di The Clinic Medan.
- [9] Putra, N.D., 2018. WIRELESS SMART TAG DEVICE SEBAGAI SISTEM KEAMANAN RUMAH BERBASIS IoT.