

Kontrol Prototipe Ruang Monitoring Kesehatan Berbasis *Node-RED*

Millenia Zwi Sabatina Sirait, Elta Sonalitha, Wahyu Dirgantara

Universitas Merdeka Malang,

Malang, Indonesia

E-mail: zwis91hl@gmail.com, elta.sonalitha@unmer.ac.id, wahyu.dirgantara@unmer.ac.id

Abstrak— Perkembangan teknologi membantu berbagai bidang salah satunya bidang kesehatan pada divisi informasi. Teknologi informasi kesehatan mencakup berbagai teknologi mulai dari grafik sederhana untuk dukungan keputusan yang lebih maju dan integrasi dengan teknologi medis. Penelitian ini dilakukan dengan tujuan untuk membuat prototipe ruang monitoring kesehatan yang terkontrol otomatis berbasis *Node-Red*. Penelitian ini memiliki dua bagian data yaitu data monitoring kesehatan dan data pengontrolan kondisi ruangan. Data monitoring kesehatan terdiri dari data suhu tubuh, saturasi oksigen, dan denyut jantung. Sedangkan data pengontrolan kondisi ruangan terdiri dari data suhu dan kelembaban ruangan yang telah dikontrol. Prototipe ruang monitoring kesehatan terdiri dari sistem monitoring kesehatan terhadap denyut jantung, suhu tubuh, dan saturasi oksigen, dimana kondisi suhu dan kelembaban dari ruang monitoring kesehatan tersebut terkontrol juga. Komponen yang digunakan pada penelitian ini terdiri dari rangkaian controller Arduino Mega 2560, Sensor MAX30102, LM35, AM2301, driver MOSFET D4184, SSR, serta komponen pendukung lainnya. Seluruh hasil data yang diperoleh dari sistem penelitian tersebut tersinkron otomatis di dalam *cloud Node-RED* agar mempermudah proses pemantauan serta pendistribusian data penelitian. Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan persentase keberhasilan pemantauan kesehatan dan dalam pengontrolan suhu dan kelembaban ruang monitoring kesehatan adalah 97,918%.

Kata Kunci—*Arduino, MAX30102, Monitoring, Node-RED*

I. PENDAHULUAN

Kewajiban rumah sakit dalam hal penyelenggaraan rekam medis dan memiliki ruang rawat inap yang memenuhi standar kelas rawat inap Dewan Jaminan Sosial Nasional (DJSN) membutuhkan suatu sistem yang dapat mempermudah pemenuhan standar ruang rawat inap serta pendistribusian rekam medis [2]. Sistem monitoring adalah metode mengamati dan memantau peristiwa dan/atau keluaran terukur dari suatu sistem dari waktu ke waktu. Sistem pemantauan memungkinkan respons proaktif, keamanan data, dan pengumpulan data secara umum. Sistem ini dapat menghasilkan referensi untuk solusi masalah. Sistem monitoring ini akan berjalan lebih efektif saat dilandasi secara otomatis atau berbasis IoT (*Internet of Things*). *Internet of Things* (IoT) merupakan suatu konsep sistem perangkat teknologi yang saling berinteraksi dan mampu mentransfer data satu sama lain melalui jaringan tanpa memerlukan interaksi antar manusia atau manusia terhadap komputer (mesin). *Node-RED* merupakan aplikasi dengan platform Nodejs yang berjalan di server dan melayani perangkat yang terhubung ke server tersebut. Penelitian ini memiliki dua bagian data yaitu data monitoring kesehatan dan data pengontrolan kondisi ruangan. Data monitoring kesehatan terdiri dari data suhu tubuh, saturasi oksigen, dan denyut jantung, dimana data ini diperoleh dari

koordinasi Arduino Mega 2560, Raspberry Pi 3B dengan sensor MAX30102 dan LM35. Sedangkan data pengontrolan kondisi ruangan terdiri dari data suhu dan kelembaban ruangan yang telah dikontrol diperoleh dari koordinasi controller Arduino, Raspberry Pi dengan sensor AM2301, dan driver MOSFET D4184. Hasil informasi yang berisikan data penelitian dikirim dan dipantau langsung melalui LCD TFT, dan *cloud Node-RED*. Selain itu data informasi tersebut juga tersimpan secara otomatis pada memori controller yang dapat diakses sepanjang waktu. Penelitian ini juga dilakukan dengan tujuan pada pengembangannya dapat membantu divisi kesehatan dalam memenuhi kewajiban penyelenggaraan rekam medis, pemenuhan standar ruang rawat di rumah sakit, dan berbagai teknologi informasi kesehatan lainnya.

II. BAHAN DAN METODE

Penelitian Kontrol Prototipe Ruang Monitoring Kesehatan Berbasis *Node-RED* ini menggunakan berbagai komponen elektronik yang terdiri dari controller Arduino Mega 2560, ESP-12F, Raspberry Pi 3-B, RS232, LCD, MAX30102, LM35, AM2301, Mosfet d4184, *Solid State Relay*, Motor DC, *Heater*, *Mist-Maker*, dan hal pendukung lainnya seperti *Node-Red*. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode *fuzzy inference system* Mamdani yang digunakan sebagai sistem pendukung keputusan yang digunakan controller dalam mengontrol suhu dan kelembaban ruang monitoring kesehatan tersebut.

A. Arduino Mega 2560

Arduino Mega 2560 adalah papan elektronik pengembangan berbasis mikrokontroler Atmega2560, memiliki 16 pin analog dan 54 pin I/O digital dimana 15 pin digunakan untuk *output* PWM, dapat beroperasi pada Vin dari 6V hingga 20V. Komponen ini juga telah menyediakan fitur *interface* USB di mana kabel USB digunakan untuk menghubungkan papan dengan PC, serta fitur untuk *header* ICSP yang digunakan untuk memprogram papan tanpa memutuskannya dari sirkuit utama. Arduino Mega 2560 diprogram menggunakan software Arduino IDE (*Integrated Development Environment*) yang merupakan software resmi yang diperkenalkan oleh Arduino.cc. [1]

B. ESP-12F8266

ESP-12F merupakan perangkat pengembangan dari seri ESP8266 yang menyediakan konektivitas internet untuk suatu proyek elektronika. ESP-12F dapat berfungsi baik sebagai *access point* (dapat membuat *hotspot*) dan sebagai stasiun (dapat terhubung ke Wi-Fi), sehingga dapat mengambil data dan mengunggahnya ke internet. ESP-12F berdimensi 24mm*16mm*3mm. ESP-12F memiliki catu daya 3.0v – 3.6v dan mengonsumsi daya lebih besar dari 0.1mW. ESP-12F memiliki antarmuka HSPI, UART, I²C, I²S, PWM, dan GPIO. Mode keamanan jaringan yang

digunakan ESP-12F adalah WPA/WPA2. Modul WiFi ESP-12F dikembangkan oleh Ai-Thinker Technology. Prosesor inti ESP8266 mengintegrasikan Tensilica L 106 *ultra-low-power* 32-bit micro MCU dalam sebuah paket kecil dengan mode *Lite* 16 bit yang mendukung 80 MHz dan 160 MHz. Modul WiFi ESP-12F mendukung protokol IEEE 802.11 b/g/n standar, mendukung RTOS, mengintegrasikan WI-Fi MAC/ BB/RF/PA/LNA, serta dilengkapi ADC 10-bit dan protokol jaringan TCP / IP [2].

C. MAX30102

MAX30102 adalah modul sensor terintegrasi antara oksimetri nadi dan detak jantung. Di dalam sensor ini terdapat LED internal, fotodetektor, elemen optik, dan elektronik dengan *noise* yang rendah terhadap penolakan *ambient light* (cahaya yang tersedia disekitarnya). MAX30102 beroperasi pada catu daya 1.8V tunggal dan catu daya 3.3V terpisah untuk LED internal. Sensor ini juga dilengkapi dengan komunikasi *interface* (antarmuka) yang kompatibel dengan komunikasi I2C dan dapat beroperasi pada rentang suhu -40°C hingga +85°C. [2]

D. LM35

LM35 adalah sensor suhu analog, linier yang tegangan keluarannya bervariasi secara linier dengan perubahan suhu. LM35 dapat mengukur dari -55 derajat celcius hingga 150 derajat celcius. Tingkat akurasi LM35 sangat tinggi jika dioperasikan pada suhu dan tingkat kelembapan yang optimal. Konversi tegangan *output* ke celcius juga mudah dan lurus ke depan. *Output* tegangan LM35 meningkat 10mV per derajat Celcius. Kenaikan suhu tegangan *input* ke LM35 bisa dari +4 volt hingga 30 volt dan mengkonsumsi sekitar 60 mikroampere. [4]

E. AM2301

AM2301 adalah sensor yang digunakan untuk mengukur suhu dan kelembapan. AM2301 dapat mengukur suhu dari -40 °C hingga 80°C dan kelembapan dari 0% hingga 100% dengan akurasi $\pm 1^\circ\text{C}$ dan $\pm 1\%$. Sensor AM2301 menggunakan teknik pengumpulan sinyal digital dan teknologi penginderaan kelembapan. Sensor AM2301 dilengkapi dengan NTC khusus untuk mengukur suhu dan mikrokontroler 8 bit untuk menampilkan nilai suhu dan kelembapan sebagai data serial. Setiap sensor model ini diberi kompensasi suhu dan dikalibrasi dalam ruang kalibrasi yang akurat dan koefisien kalibrasi disimpan dalam jenis program dalam memori OTP untuk memastikan keandalan dan stabilitas dari sensor ini, dan ketika sensor mendeteksi, sensor akan mengutip koefisien dari memori. Sensor AM2301 ini juga telah dikalibrasi sinyal digital dari pabrik sehingga mempermudah koneksi dengan mikrokontroler lain [3].

F. NODE-RED

Node-Red merupakan perangkat pemrograman (*programming tools*) yang mampu menghubungkan atau mengintegrasikan perangkat keras (*hardware*), API (*Application Programming Interface*), atau sederhananya Node-RED merupakan aplikasi dengan platform Node.js yang berjalan di server dan melayani perangkat yang terhubung ke server tersebut. Untuk menjadikan Raspberry Pi sebagai server ada beberapa protokol komunikasi yang dapat digunakan, salah satunya adalah protokol komunikasi MQTT. Protokol adalah aturan atau metode untuk mengirim data pada perangkat elektronik. Dalam sistem komputer, setiap komputer menggunakan protokol untuk

berkomunikasi dengan komputer lain. Protokol yang sering digunakan untuk komunikasi IoT seperti UDP, FTP, TCP, dan ICMP, serta protokol seperti MQTT, protokol MQTT (*Message Queuing Telemetry Transport*) merupakan sebuah protokol yang berjalan di atas stack TCP/IP dan dirancang khusus untuk machine to machine yang tidak memiliki alamat khusus yaitu seperti halnya sebuah arduino, raspi atau *device* lain yang tidak memiliki alamat khusus.

G. Fuzzy Inference System Mamdani

Fuzzy inference system adalah sistem berlogika *fuzzy* dengan tujuan untuk mengambil keputusan atau kesimpulan dari pemetaan ruang input menuju ruang output berdasarkan aturan yang ditetapkan. Metode FIS Mamdani diperkenalkan oleh Ebrahim Mamdani pada tahun 1975. Terdapat empat tahapan yang digunakan dalam metode ini yaitu:

1. Penyusunan himpunan fuzzy

Himpunan fuzzy adalah himpunan yang memetakan nilai variabel ruang *input/output* ke dalam dua kategori, yaitu anggota dan bukan anggota, dengan nilai keanggotaannya berada pada rentang '0 hingga 1' Beberapa representasi pendekatan fungsi yang ada seperti representasi linear, kurva segitiga, trapesium, kurva bentuk bahu, kurva sigmoid, dan kurva bentuk lonceng.

2. Aplikasi fungsi implikasi

Terdapat dua fungsi implikasi yaitu Min dan Probor (*probabilistic OR*). Sistem yang terdiri atas sejumlah aturan dapat menggunakan inferensi (konklusi) dari kelompok (himpunan) serta hubungan dari aturan ke aturan yang lainnya, inferensi ini disebut fungsi agregasi. Contoh metode yang dapat digunakan yaitu metode *Max*.

3. Komposisi aturan

Model umum aturan dalam fungsi implikasi yaitu *IF p is X THEN q is Y*, dengan p dan q adalah skalar, X dan Y adalah himpunan *fuzzy*. Proporsisi (aturan) yang mengikuti *IF* adalah 'anteseden' (acuan), dan yang mengikuti *THEN* adalah 'konsekuen' (akibat). Contoh aturan yang diperluas dengan menggunakan operator *fuzzy*:

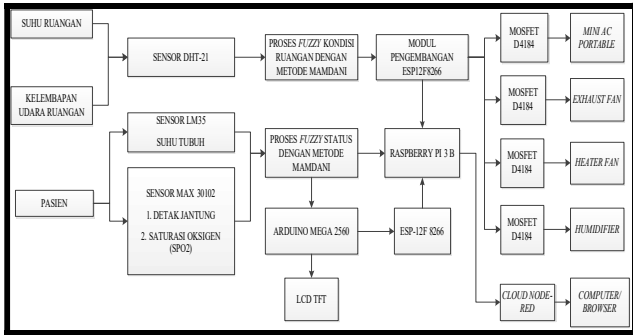
4. Defuzzifikasi

Defuzzifikasi menghasilkan keluaran berbentuk nilai tegas yang berada masih berada pada domain himpunan *fuzzy* itu sendiri, nilai ini diperoleh dari pengolahan komposisi aturan – aturan *fuzzy*. Beberapa metode defuzzifikasi yang umum digunakan yaitu *centroid* (*centroid of area*), *bisector* (*bisector of area*), *mom* (*mean value of maximum*), *som* (*smallest (absolute) value of maximum*), *lom* (*largest (absolute) value of maximum*) [8].

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

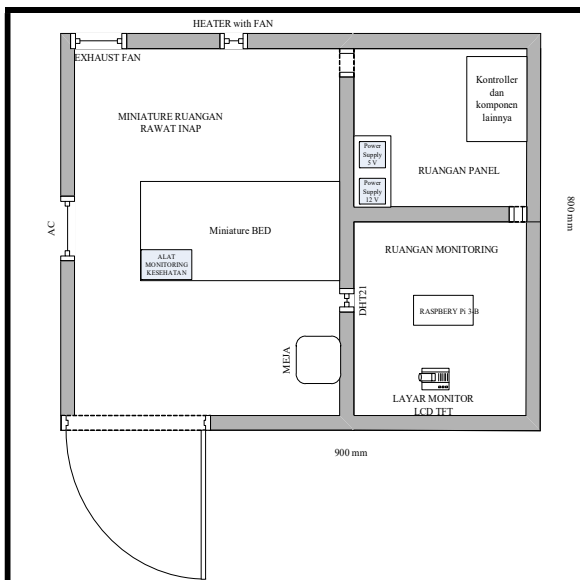
Sebelum memperoleh hasil dari penelitian yang dilakukan, perancangan sistem yang terdiri dari perancangan hardware dan perancangan software terlebih dahulu dilakukan. Perancangan sistem dijelaskan pada bagian A. Setelah melakukan perancangan, hasil penelitian yang telah dilakukan dikemukakan pada bagian B, dimana analisis dari hasil juga terdapat di dalamnya.

A. Perancangan Sistem



Gambar 1. Blok diagram

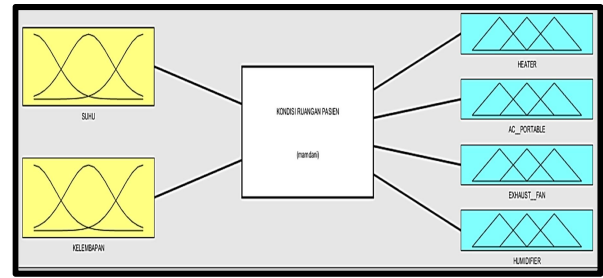
Gambar 1. menunjukkan blok diagram dari sistem secara keseluruhan dimulai dari data monitoring kesehatan yang diperoleh dari *participants* melalui sensor MAX30102 dan LM35 diolah secara *fuzzy inference* di dalam Arduino Mega 2560. Data pengontrolan kondisi suhu dan kelembapan ruang monitoring kesehatan diperoleh melalui sensor AM2301 juga diolah secara *fuzzy inference* pada modul pengembangan ESP 12-F8266. Hasil keluaran *output fuzzy inference* dari data kesehatan yang diperoleh oleh Arduino membuat Arduino mengaktifkan LCD TFT yang menampilkan informasi data penelitian. Selanjutnya modul pengembangan ESP 12-F memberikan nilai PWM yang membuat *driver* Mosfet d4184 untuk mengatur PWM dari motor dc *mist-maker, ex-fan, heater*, dan pendingin sesuai dengan nilai *output proses fuzzy inference* yang telah diolah. Arduino Mega 2560 juga mengirimkan data – data sensor yang diterima ke Raspberry Pi 3-B melalui ESP 12-F. Raspberry Pi 3-B menyimpan seluruh data sensor tersebut selama waktu yang ditentukan, dan juga disimpan dalam *cloud Node-Red* serta dapat dilihat secara terus menerus atau berkala melalui *browser/ komputer*.



Gambar 2. Desain prototipe ruang monitoring kesehatan

Gambar 2. menunjukkan desain dari prototipe ruang monitoring kesehatan yang dibuat dalam bentuk maket dengan ukuran panjang total maket adalah ±80 cm, lebar total maket adalah ±90 cm, dan tinggi total maket adalah ±40 cm. Prototipe ruang monitoring kesehatan ini dilengkapi alat monitoring kesehatan, sensor AM2301, pendingin ruangan

portable, Ex-fan, Heater with Fan, mist-maker dan semua komponen elektronik yang terkait dalam penelitian ini.



Gambar 3. Pemetaan ruang input terhadap output sistem inferensi *fuzzy*

Gambar 3. menunjukkan terdapat dua input yang diproyeksikan terhadap ruang output yaitu suhu ruangan dan kelembapan ruangan, dan ruang output nya yaitu *heater, pendingin portable, ex-fan*, dan *mist-maker* (penambah kelembapan udara). Pemetaan ruang input terhadap ruang output ini lah yang disebut dengan inferensi *fuzzy* dimana di dalam proses *fuzzy* tersebut terdapat domain himpunan *fuzzy* yang diperlukan untuk mendapatkan nilai output. Domain himpunan sistem inferensi *fuzzy* yang digunakan pada penelitian ini dijelaskan pada Table I.

Tabel I. DOMAIN HIMPUNAN FIS KONDISI RUANG PROTOTIPE

Domain	Dry; Cold (X2); Slow	Normal (Y2); Medium	Moist; Hot (Z2); Fast
Room-Humidity	< 50%	50% - 60%	> 60%
Room-Temperature	< 22°C	22°C - 26°C	> 26 °C
PWM	0-60	80-140	160-255

Keterangan :

- X2 dibagi menjadi 2 yaitu X21 untuk kelembapan kategori kering dan X22 untuk suhu kategori dingin
- Y2 dibagi menjadi 2 yaitu Y21 untuk kelembapan kategori normal dan Y22 untuk suhu kategori Normal
- Z2 dibagi menjadi 2 yaitu Z21 untuk kelembapan kategori lembap dan Z22 untuk suhu kategori Panas

Tabel II. ATURAN FIS KONDISI RUANG PROTOTIPE

No Rule	IF A2 is	AND B2 is	Then PWM H is	PWM AC is	PWM EF is	PWM Humi is
1	X21	X21	M	S	S	M
2	X22	X22	F	S	S	F
3	X21	X22	M	S	S	F
4	X22	X21	F	S	S	M
5	X21	Y2	M	S	S	S
6	X22	Y2	F	S	S	S
7	X21	Z21	M	S	M	S
8	X21	Z22	M	S	F	S
9	X22	Z21	F	S	M	S
10	X22	Z22	F	S	F	S
...
25	Z22	Z22	S	F	F	S

Keterangan :

- A2 = Kelembapan ruangan
- B2 = Suhu ruangan

PWM = nilai PWM untuk *heater* (H), pendingin *portable* (AC), *ex-fan* (EF), dan *mist-maker* (pelembap udara/Humi)

Persamaan defuzzifikasi bisector :

$$Output = \int \frac{Moment(M)}{Area(A)} \quad (1)$$

Keterangan :

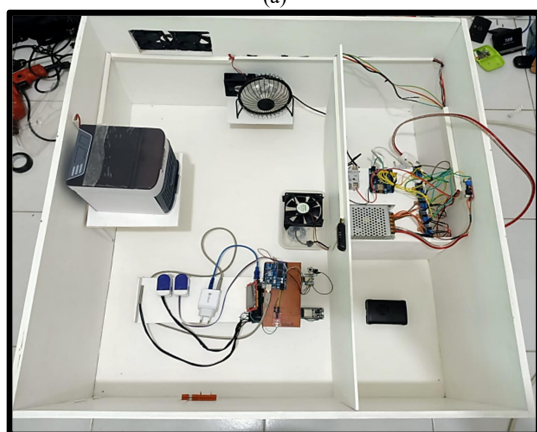
- Output = nilai (hasil) akhir defuzzifikasi
- Moment = pemetaan titik z terhadap kurva
- Area = luas daerah z terhadap kurva

B. Hasil Penelitian

Hasil penelitian yang telah dilakukan ditunjukkan pada Gambar 4, Gambar 5, dan Tabel I, II, III, IV, dan V.



(a)



(b)

Gambar 4. Keseluruhan Prototipe Ruang Monitoring Kesehatan

Monitoring kesehatan pada orang yang diuji dimulai dengan pengambilan nilai data kesehatan dari orang yang diuji dengan alat yang telah dibuat yang ditunjukkan pada Gambar 4 (a). , yang berbentuk seperti oksimeter diletakkan dua jari tangan dan pada alat yang berbentuk silinder kecil diletakkan di dalam lempitan lengan.

MONITORING	
HEARTBEAT (BPM)	91
OXYGEN SATURATION-SPO2 (%)	98
BODY TEMPERATURE (°C)	36.66
TEMPORARY HEALTH STATUS DIAGNOSIS	NORMAL
ROOM TEMPERATURE (°C)	25.4
ROOM HUMIDITY (%)	60

Gambar 5. Hasil monitoring di Node-Red

Tabel III. DATA PENGATURAN HEATER DAN PENDINGIN

No	T	H	Heater			Pendingin		
			PWM-P	PWM-M	Error	PWM-P	PWM-M	Error
1	31,3	88	37,44	36,80	1,74	110,01	110	0,01
2	29,3	68,8	35,23	34,60	1,82	110,01	110	0,01
3	28,3	67,8	37,07	36,50	1,56	110,01	110	0,01
4	27,9	66,6	37,07	36,50	1,56	105,8	106	0,19
5	27,6	64,8	37,07	36,50	1,56	94,99	94,6	0,41
6	27,4	64	38,01	37,40	1,63	83,38	82,8	0,70
7	27,2	62,7	38,01	37,40	1,63	65,60	64,9	1,08
8	26,8	61,8	38,20	37,60	1,60	38,20	37,6	1,60
9	26,5	60,8	36,51	35,90	1,70	37,44	36,8	1,74
10	25,9	58,8	0	0	0	0	0	0

Tabel IV. DATA PENGATURAN EX-FAN DAN MIST-MAKER

No	T	H	Ex-Fan			Mist-Maker		
			PWM-P	PWM-M	Error	PWM-P	PWM-M	Error
1	31,3	88	181,09	182,00	0,50	37,07	36,50	1,56
2	29,3	68,8	101,89	102,00	0,11	36,32	35,70	1,74
3	28,3	67,8	92,99	92,60	0,42	37,25	36,70	1,50
4	27,9	66,6	77,22	76,60	0,81	38,30	37,70	1,59
5	27,6	64,8	38,01	37,40	1,63	37,44	36,80	1,74
6	27,4	64	37,07	36,50	1,56	37,07	36,50	1,56
7	27,2	62,7	36,60	36,00	1,67	36,60	36,00	1,67
8	26,8	61,8	36,04	35,40	1,81	36,04	35,40	1,81
9	26,5	60,8	38,01	37,40	1,63	38,10	37,40	1,87
10	25,9	58,8	0	0	0	0	0	0

Keterangan :

- T = Suhu ruangan (°C)
- H = Kelembapan ruangan (%)
- PWM-P = Nilai PWM dari alat penelitian
- PWM-M = Nilai PWM dari Matlab
- Error = persentase selisih antara hasil penelitian dengan Matlab (%)

Tabel V. PERBANDINGAN DATA MONITORING KESEHATAN

No	DJ-P	DJ-S	Error	Sp O ₂ -P	Sp O ₂ -S	Error	ST-P	ST-S	Error
1	94	101	6,93	97	97	0,00	35,68	35,9	0,61
2	99	97	2,06	95	96	1,04	36,17	36,2	0,08
3	95	98	3,06	98	95	3,16	35,68	35,7	0,06
4	91	99	8,08	99	98	1,02	36,62	36,6	0,05
5	94	97	3,09	95	97	2,06	36,51	36,5	0,03
6	89	98	9,18	96	93	3,23	36,12	36,1	0,06
7	96	102	5,88	99	95	4,21	36,2	36,2	0,00
8	97	101	3,96	99	96	3,13	36,31	36,3	0,03
9	99	98	1,02	99	99	0,00	35,98	36,1	0,33
10	95	99	4,04	97	98	1,02	36,15	36,2	0,14
11	80	85	5,88	98	96	2,08	35,49	35,5	0,01
12	71	77	7,79	96	96	0,00	35,1	35,1	0,03
13	72	79	8,86	98	96	2,08	35,18	35,2	0,02
14	66	71	7,04	98	95	3,16	35,29	35,3	0,01
15	82	85	3,53	97	98	1,02	34,96	35,1	0,36
16	69	70	1,43	97	99	2,02	35,13	35,2	0,16
17	60	65	7,69	98	93	5,38	35,15	35,2	0,11
18	77	80	3,75	98	99	1,01	35,3	35,3	0,03
19	68	70	2,86	96	98	2,04	35,18	35,2	0,02
20	70	65	7,69	95	100	5,00	35,38	35,5	0,30
21	68	70	2,86	88	95	7,37	35,56	35,6	0,08
22	79	84	5,95	94	97	3,09	36,40	36,0	1,13
23	78	83	6,02	95	96	1,04	36,10	35,8	0,86
24	84	89	5,62	98	99	1,01	36,52	35,9	1,75
25	75	80	6,25	97	98	1,02	36,40	36,0	1,13
26	74	79	6,33	94	95	1,05	36,38	36,0	1,08
27	90	95	5,26	96	97	1,03	35,99	35,6	1,12

Keterangan :

- DJ-P = Nilai detak jantung dari alat penelitian (bpm)
- DJ-S = Nilai detak jantung dari alat standar (bpm)
- SpO₂-P = Nilai saturasi oksigen dari alat penelitian (%)
- SpO₂-S = Nilai saturasi oksigen dari alat standar (%)
- ST-P = Nilai suhu tubuh dari alat penelitian (°C)
- ST-S = Nilai suhu tubuh dari alat standar (°C)

C. Analisis Penelitian

Persamaan nilai rata-rata :

$$\text{Rata - rata} = \frac{\sum \text{nilai keseluruhan data}}{\sum \text{jumlah data}} \quad (2)$$

Persamaan nilai persentase keberhasilan :

$$\text{Keberhasilan (\%)} = 100\% - \text{error} \quad (3)$$

a) Monitoring Kesehatan

Rata – rata pembacaan detak jantung (DJ) dengan alat penelitian

$$= \frac{2212}{27} = 81,93 \text{ bpm}$$

Rata – rata pembacaan detak jantung (DJ) dengan alat standar

$$= \frac{2317}{27} = 85,81 \text{ bpm}$$

Rata – rata error pembacaan detak jantung (DJ)

$$= \frac{142,11}{27} = 5,26\%$$

Rata – rata keberhasilan pembacaan detak jantung (DJ)

$$= 100\% - 5,26\% = 94,74\%$$

Rata – rata pembacaan saturasi oksigen (SpO₂) dengan alat penelitian

$$= \frac{2607}{27} = 96,56\%$$

Rata – rata pembacaan saturasi oksigen (SpO₂) dengan alat standar

$$= \frac{2611}{27} = 96,70\%$$

Rata – rata error pembacaan saturasi oksigen (SpO₂)

$$= \frac{58,27}{27} = 2,16\%$$

Rata – rata keberhasilan pembacaan saturasi oksigen (SpO₂)

$$= 100\% - 2,16\% = 97,84\%$$

Rata – rata pembacaan suhu tubuh dengan alat penelitian

$$= \frac{966,93}{27} = 35,81\text{ }^{\circ}\text{C}$$

Rata – rata pembacaan suhu tubuh dengan alat standar

$$= \frac{965,3}{27} = 35,75\text{ }^{\circ}\text{C}$$

Rata – rata error pembacaan suhu tubuh

$$= \frac{9,59}{27} = 0,36\%$$

Rata – rata keberhasilan pembacaan suhu tubuh

$$= 100\% - 0,36\% = 99,64\%$$

b) Pengaturan suhu dan kelembapan ruangan

Rata – rata PWM heater yang diperoleh dari alat penelitian

$$= \frac{334,61}{10} = 33,461$$

Rata – rata PWM heater yang diperoleh dari MATLAB

$$= \frac{329,2}{10} = 32,92$$

Rata – rata error PWM heater

$$= \frac{14,8}{10} = 1,48\%$$

Rata – rata keberhasilan PWM heater

$$= 100\% - 1,48\% = 98,52\%$$

Rata – rata PWM pendingin portable yang diperoleh dari alat penelitian

$$= \frac{755,44}{10} = 75,44$$

Rata – rata PWM pendingin portable yang diperoleh dari MATLAB

$$= \frac{752,7}{10} = 75,27$$

Rata – rata error PWM pendingin portable

$$= \frac{5,75}{10} = 0,575\%$$

Rata – rata keberhasilan PWM pendingin portable

$$= 100\% - 0,575\% = 99,425\%$$

Rata – rata PWM ex – fan yang diperoleh dari alat penelitian

$$= \frac{638,92}{10} = 63,892$$

Rata – rata PWM ex – fan yang diperoleh dari MATLAB

$$= \frac{635,9}{10} = 63,59$$

Rata – rata error PWM ex – fan

$$= \frac{10,14}{10} = 1,014\%$$

$$\begin{aligned} \text{Rata - rata keberhasilan PWM ex - fan} \\ = 100 \% - 1,014\% = 98,986\% \end{aligned}$$

Rata - rata PWM mist - maker yang diperoleh dari alat penelitian

$$= \frac{334,19}{10} = 33,419$$

Rata - rata PWM mist - maker yang diperoleh dari MATLAB

$$= \frac{328,7}{10} = 32,87$$

Rata - rata error PWM mist - maker

$$= \frac{15,04}{10} = 1,504 \%$$

Rata - rata keberhasilan PWM mist - maker

$$= 100 \% - 1,504\% = 98,496\%$$

c) Keseluruhan data penelitian

Rata - rata keberhasilan keseluruhan pembacaan data kesehatan

$$= \frac{94,74\% + 96,56\% + 99,64\%}{3} = 96,98\%$$

Rata - rata keberhasilan keseluruhan pengaturan PWM

$$= \frac{98,52 + 99,425 + 98,986 + 98,496}{4} = 98,856\%$$

Rata - rata keberhasilan keseluruhan penelitian

$$= \frac{96,98\% + 98,856\%}{2} = 97,918\%$$

d) Sistem Inferensi Fuzzy Mamdani

- Data Ruangn : 1. Suhu ruangan = 28,5°C
2. Kelembapan ruangan= 62,3%

Heater

A. Fuzzifikasi

- Suhu ruangan
Sangat Dingin (X22)=0;
Dingin=(X21)=0;
Normal (Y2)=0;
Panas(Z21)=1;
Sangat Panas(Z22)=0;
- Kelembapan ruangan
Sangat Kering (X22)=0;
Kering (X21)=0;
Normal (Y2)=70-62,3/10=0,77;
Lembap (Z21)=0;
Sangat Lembap (Z22)=0;

B. Inferensi (MIN)

Tabel VI. RULE NO

1. 0	6. 0	11. 0	16. 0	21. 0
2. 0	7. 0	12. 0	17. 0	22. 0
3. 0	8. 0	13. 0	18. 0	23. 0
4. 0	9. 0	14. 0	19. 0	24. 0
5. 0	10. 0	15. 0	20. 0,77	25. 0

B. Inferensi (MAX)

- RENDAH = 0,77
- SEDANG = 0
- TINGGI = 0

C. Defuzzifikasi

$$z^* = \frac{\int \mu(z)z dz}{\int \mu(z) dz} = \frac{\text{Momen (M)}}{\text{Luas (A)}} \quad (3)$$



Gambar 6. Kurva hasil inferensi fuzzy (z)

- Momen1 =1606,6666;
- Momen 2= 413,4489333;
- Momen total =2020,114933;
- Luas 1= 49,742;
- Luas 2 =5,929 ;
- Luas total = 55,671;
- $Z^* = 2020,115/55,671=36,28$ ("SLOW")

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis penelitian dari Tabel V rata-rata error yang dilakukan sistem dalam pengukuran nilai detak jantung manusia adalah 5,26%, untuk saturasi oksigen 2,16%, dan untuk suhu tubuh 0,36% dengan keseluruhan persentasi keberhasilan alat penelitian dalam pembacaan data kesehatan adalah 96,98%. Berdasarkan hasil analisis penelitian dari Tabel III dan Tabel IV, rata-rata error yang dilakukan alat penelitian dalam pengaturan suhu ruangan yaitu untuk PWM heater 1,48 %, dan 0,575% untuk PWM pendingin portable. Dalam pengaturan kelembapan udara ruangan alat penelitian memiliki rata -rata error yaitu 1,014% untuk PWM ex-fan, dan 1,504% untuk PWM mist-maker (pelembap udara). Keseluruhan persentasi keberhasilan alat penelitian dalam pengaturan PWM adalah 98,856%. Oleh karena itu, dapat disimpulkan bahwa persentasi keberhasilan keseluruhan sistem penelitian berada di tingkat 97,918%. Di samping itu, seluruh data informasi yang diperoleh dari alat penelitian berhasil ditampilkan pada cloud Node-RED. Penelitian ini juga dapat dikembangkan dan digunakan untuk penelitian selanjutnya ataupun dalam sektor kesehatan seperti rumah sakit.

DAFTAR PUSTAKA

- Barrett, S. F. (2020). Arduino I: *Getting Started. In Synthesis Lectures on Digital Circuits and Systems* (Vol. 15, pp. 1–222). Morgan and Claypool Publishers. <https://doi.org/10.2200/S01001ED1V01Y202003DCS058>
- DIREKTORAT, P. K. (2020, September 09). "Standar Kelas Rawat Di Inap Rumah Sakit". Retrived from DEWAN JAMINAN SOSIAL NASIONAL DJSN.
- Elsamah Fahed, A. Bilgaiyan, M. Affiq, C. H.Shim, H. Ishidai, R. Hattori, *Reflectance Based Organic Pulse Meter Sensor for Wireless Monitoring of Photoplethysmogram Signal*, Biosensors (Basel). Juli 2019, doi: 10.3390/bios9030087.
- LakshmiPriya, N., & Anathamoorthy, N. P. (2020). Using FPGA real time model for novel 33-level switched-capacitor multilevel inverter for PMSM drive. *Microprocessors and Microsystems*, 76. <https://doi.org/10.1016/j.micpro.2020.103078>
- Selvachandran, G., Quek, S. G., Lan, L. T. H., Son, L. H., Giang, N. L., Ding, W., ... De Albuquerque, V. H. C. (2021). A New Design of Mamdani Complex Fuzzy Inference System for Multiattribute Decision Making Problems. *IEEE Transactions on Fuzzy Systems*, 29(4), 716–730. <https://doi.org/10.1109/TFUZZ.2019.2961350>
- S., R. (PDPI, 2022)I., & Hartono, H. (2018). *Rancang Bangun Pulse Width Modulation (PWM) Sebagai Pengatur Kecepatan Motor DC Berbasis Mikrokontroler Arduino*. *Jurnal Penelitian*, 3(1), 50–58. <https://doi.org/10.46491/jp.v3e1.31.50-58>
- Kölling, M. (2016). *Educational programming on the Raspberry Pi*. Electronics (Switzerland), 5(3). <https://doi.org/10.3390/electronics5030033>
- E. Sonalitha, B. Nurdewanto, S. Ratih, N.R. Sari, A.B. Setiawan, P.Tutuko, *Comparative Analysis of Tsukamoto and Mamdani Fuzzy Inference System on Market Matching to Determine the Number of Exports for MSMEs*, IEEE, 2018 Electrical Power, Electronics, Communications, Control, and Informatics Seminar (EECCIS)