

SISTEM IDENTIFIKASI KESEHATAN BERDASARKAN DETAK JANTUNG, KADAR OKSIGEN DAN SUHU TUBUH MENGGUNAKAN METODE FUZZY MAMDANI

Arsal Wildan Naviaddin¹, Barlian Henryranu Prasetyo^{*2}, Rakhmadhany Primananda³

^{1,2,3}Universitas Brawijaya, Malang

Email: ¹arsalwildan@student.ub.ac.id, ²barlian@ub.ac.id, ³rakhmadhany@ub.ac.id

^{*}Penulis Korespondensi

(Naskah masuk: 13 Januari 2023, diterima untuk diterbitkan: 27 September 2023)

Abstrak

Kesehatan merupakan faktor penting dalam kehidupan manusia. Oleh karena itu, dalam paper ini kami menawarkan pendekatan efektif dan efisien dalam mendeteksi dini kesehatan. Deteksi dini dapat menghindari berbagai faktor risiko penyakit dan dapat terhindar dari komplikasi, serta menghemat biaya pengobatan. Sebagian besar alat deteksi kesehatan menggunakan metode invasif, sementara sistem kami menggunakan pendekatan contactless. Sensor pulse Oximeter MAX30100 dan sensor suhu MLX90614 digunakan untuk mengukur tingkat saturasi oksigen, detak jantung dan suhu tubuh. Kemudian, kedua data sensor tersebut dikirim ke Google Firebase dengan memanfaatkan fitur layanan realtime database sehingga data dapat ditampilkan secara langsung di aplikasi android. Kedua sensor dihubungkan pada mikrokontroler NodeMCU ESP8266, lalu data hasil pengukuran sensor beserta perhitungan fuzzy dikirim ke *database* Firebase agar dapat ditampilkan pada *smartphone*. Hasil dari penelitian ini adalah akurasi pembacaan sensor suhu MLX90614 dan *pulse oximeter* MAX30100 dibandingkan alat yang sudah ada didapatkan pengukuran suhu mendapatkan nilai MAPE sebesar 0.964 %, pengukuran saturasi mendapatkan nilai MAPE 0 %, dan pengukuran detak jantung didapatkan MAPE 1.581 %. Dari ketiga pengukuran didapatkan nilai MAPE dibawah 10% sehingga dapat dikategorikan pengukuran akurat dan kinerja metode fuzzy mamdani dalam mengklasifikasikan kondisi kesehatan sangat baik dan akurat.

Kata kunci: sistem identifikasi kesehatan, detak jantung, saturasi oksigen, suhu tubuh, logika fuzzy mamdani

HEALTH IDENTIFICATION SYSTEM BASED ON HEART RATE, OXYGEN LEVELS AND BODY TEMPERATURE USING THE FUZZY MAMDANI METHOD

Abstract

Health is an important factor in human life. Therefore, in this paper we offer an effective and efficient approach in early detection of health. Early detection can avoid various risk factors for disease and can avoid complications, as well as save on medical costs. Most medical detection systems use invasive methods, while our system uses a contactless approach. The MAX30100 Oximeter pulse sensor and MLX90614 temperature sensor are used to measure oxygen saturation level, heart rate and body temperature. Then, the two-sensor data are sent to Google Firebase by utilizing the real-time database service feature so that the data can be displayed directly in the Android application. The two sensors are connected to the NodeMCU ESP8266 microcontroller, then the sensor measurement results data along with the fuzzy calculations are sent to the Firebase database so that they can be displayed on a smartphone. The results of this study are the accuracy of the readings of the MLX90614 temperature sensor and the MAX30100 pulse oximeter compared to existing devices, the temperature measurement gets a MAPE value of 0.964 %, the saturation measurement gets a MAPE value of 0 %, and the heart rate measurement gets a MAPE of 1.581 %. From the three measurements, the MAPE value was below 10% so that it could be categorized as an accurate measurement and the performance of the Mamdani fuzzy method in classifying health conditions was very good and accurate.

Keywords: health identification system, heart rate, oxygen saturation, body temperature, fuzzy logic mamdani

1. PENDAHULUAN

Kesehatan merupakan aspek terpenting dalam kehidupan manusia, tanpa adanya kesehatan

manusia tidak bisa melaksanakan kegiatan atau aktivitas sehari-hari dengan lancar. Oleh karena itu kita perlu memantau kondisi tubuh dari luar maupun

dalam seperti tanda vital atau organ dalam tubuh, serta menjaga kondisi tubuh tetap baik agar dapat mencegah penurunan kondisi tubuh. Salah satu yang harus di jaga agar kondisi tubuh tetap sehat adalah tanda vital. Manusia memiliki tanda vital yang mempresentasikan kondisi kesehatannya dan untuk memprediksi suatu penyakit. Tanda vital pada manusia salah satunya adalah kadar oksigen, suhu tubuh, dan detak jantung.

Tanda vital biasanya memiliki ambang batas normal sebagai indikasi untuk menentukan tubuh seseorang sehat atau tidak. Menurut Astuti, H. W., & Anggraeni, F. (2022) kadar oksigen pada manusia umumnya memiliki saturasi 95%-100%. Jika saturasi oksigen dalam tubuh manusia menurun dari batas normal maka fungsi dan sistem kerja organ tubuh juga akan menurun. Yang kedua adalah detak jantung, detak jantung yang sehat dan normal dapat memberi banyak oksigen dan nutrisi bagi tubuh. Detak jantung pada orang normal adalah 60-100 bpm bpm (Regina, I., & Brianorman, Y., 2016). Menurut Agustin (2021) detak jantung tidak normal biasa disebut aritmia dapat disebabkan oleh banyak faktor seperti merokok, konsumsi minuman beralkohol secara terus-menerus, pola makan tidak sehat, atau komplikasi penyakit lainnya. Gangguan detak jantung digolongkan menjadi dua yaitu Bradikardia dan Takikardia.

Sedangkan yang terakhir adalah suhu tubuh. Suhu normal pada manusia dibagi menjadi tiga, diantaranya suhu normal pada bayi (36,3–37,7 °C), suhu normal pada anak (36,1–37,7 °C), dan suhu normal pada orang dewasa (36,5–37,5 °C) (Fadli, 2021). Jika seseorang memiliki saturasi oksigen, suhu, dan detak jantung yang terpaut jauh dari batas normal, maka perlu dilakukan pemeriksaan lebih lanjut agar tidak mempengaruhi kesehatan tubuh.

Dari permasalahan diatas dapat diketahui salah satu hal terpenting yang dapat mempengaruhi kesehatan tubuh adalah tanda vital. Untuk memantau tanda vital seseorang sulit dilakukan tanpa suatu alat atau teknologi yang dapat membantu memantau angka dari tanda vital tersebut. Salah satu penelitian terdahulu yang menciptakan alat untuk memantau salah satu tanda vital dan menjadi sumber rujukan penulis diantaranya milik Nugroho (2019) yang berjudul “Alat Pengukur Saturasi Oksigen dalam Darah Menggunakan Metode PPG Reflectance pada Sensor MAX30100”. Pada penelitian ini penulis membandingkan antara sensor saturasi oksigen dalam darah menggunakan metode remittance dengan sensor saturasi oksigen dalam darah yang menggunakan metode PPG Reflectance. Penelitian ini mendapatkan hasil pengukuran saturasi oksigen menggunakan oximeter sensor berbasis metode PPG Reflectance memiliki keakuratan sebesar 96 % dibandingkan dengan oximeter yang memiliki keakuratan sebesar 95.2%. Kekurangan dalam penelitian ini adalah hanya mengukur dua tanda vital yaitu saturasi oksigen dan detak jantung.

Dari permasalahan diatas dapat diketahui salah satu hal terpenting yang dapat mempengaruhi kesehatan tubuh adalah tanda vital. Untuk memantau tanda vital seseorang sulit dilakukan tanpa suatu alat atau teknologi yang dapat membantu memantau angka dari tanda vital tersebut. Oleh karena itu penulis tertarik untuk merancang Sistem Identifikasi Kesehatan Berdasarkan Detak Jantung, Kadar Oksigen an Suhu Tubuh Menggunakan Metode Fuzzy Mamdani. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk merancang sistem identifikasi kesehatan berdasarkan detak jantung, kadar oksigen, dan suhu tubuh menggunakan metode fuzzy mamdani, yang kedua untuk menguji tingkat akurasi pengukuran dibandingkan alat yang sudah ada, dan yang terakhir untuk menganalisis kinerja metode fuzzy mamdani dalam mengklasifikasikan kondisi kesehatan berdasarkan berdasarkan detak jantung, kadar oksigen, dan suhu tubuh.

Sistem ini dirancang dengan menggunakan dua sensor untuk mengukur suhu tubuh dan sensor MAX30100 sebagai sensor pengukur saturasi oksigen dan detak jantung. Kedua sensor tersebut dihubungkan pada mikrokontroler NodeMCU ESP8266, lalu data hasil pengukuran sensor beserta perhitungan fuzzy dikirim ke database Google Firebase agar data dapat ditampilkan pada smartphone android. Sistem yang dirancang dapat mengukur suhu, saturasi oksigen, dan detak jantung manusia dalam satu alat terintegrasi dengan smartphone dengan cara mengukur saturasi, detak jantung, dan suhu tubuh manusia secara bersamaan sehingga menjadikan sistem ini suatu sistem yang kompak dan efisien dapat mengukur ketiga parameter dalam satu alat dan satu waktu yang bersamaan.

Sistem ini menawarkan pendekatan deteksi dini Kesehatan bagi masyarakat. Deteksi dini dapat menghindari berbagai faktor risiko penyakit atau melakukan pengobatan lebih awal. Dengan demikian, penderita dapat terhindar dari komplikasi, bisa hidup lebih produktif, serta menghemat biaya pengobatan, lebih efektif dan efisien.

2. METODE PENELITIAN



Gambar 1. Diagram Blok Sistem

Pada Gambar 1 ditunjukkan diagram blok sistem pada penelitian ini. Pada penelitian ini mempunyai beberapa tahapan diantaranya masukan atau *input*, proses, keluaran atau *output*. Pada bagian *input* terdiri dari dua sensor yaitu *Pulse Oximeter* MAX30100 yang berfungsi untuk mengukur saturasi oksigen dalam darah (Kemalasar, 2022) dan mengukur detak jantung (Mushoffa, 2021), lalu

untuk sensor kedua adalah sensor suhu MLX90614 yang bisa melakukan pengukuran suhu (Sudanty, 2021) tanpa menyentuh atau *contactless*. Setelah mendapatkan data-data hasil sensor akan dikirim ke Google Firebase. Pada Firebase terdapat fitur layanan *realtime database* (Sanadi, 2018) sehingga data yang didapatkan dari sensor dapat ditampilkan secara langsung di aplikasi android (Aryasa, 2019). Selain menampilkan data detak jantung, saturasi oksigen, dan suhu tubuh secara *realtime*, pada bagian *output* akan menampilkan presentase kesehatan dan kategori kesehatan yang diolah menggunakan metode fuzzy mamdani (Plowerita, 2021).

3. STUDI LITERATUR

Logika Fuzzy merupakan suatu metode yang mempunyai nilai kesamaran atau kekaburan antara benar atau salah (Syafnidawaty, 2020). Logika fuzzy menjembatani nilai ketidakpastian diantara 0 sampai 1 diantara benar sampai salah. Tujuannya untuk menjembatani bahasa mesin yang presisi dengan bahasa manusia yang menekankan pada makna atau arti (*significance*). Logika fuzzy biasanya diaplikasikan pada masalah-masalah yang mengandung unsur ketidakpastian (*uncertainty*), ketidaktepatan (*imprecise*). Logika fuzzy memiliki beberapa metode yaitu metode fuzzy tsukamoto, metode fuzzy mamdani, dan yang terakhir adalah metode fuzzy sugeno. Pada masing-masing metode memiliki langkah-langkah perhitungan yang sama yaitu fuzzifikasi, inferensi, dan defuzzifikasi.

Fuzzy mamdani pada saat proses fuzzifikasi terjadi proses penentuan nilai *input*, *output* kedalam suatu himpunan fuzzy dan menentukan sistem keanggotaannya. Data *input* merupakan variabel nilai tegas atau *crisp* lalu akan diproses menjadi variabel linguistik atau variabel fuzzy. Lalu langkah yang kedua adalah inferensi, inferensi merupakan proses mengubah *input* variabel fuzzy menjadi *output* variabel fuzzy berdasarkan aturan-aturan (*if-else-then*) yang sudah ditentukan. Pada fuzzy mamdani proses inferensi yang pertama adalah implikasi dengan cara menggunakan fungsi MIN untuk setiap derajat *rules* atau aturan. Setelah mendapatkan hasilnya perhitungan implikasi untuk masing-masing aturan, maka inferensi langkah selanjutnya adalah komposisi aturan yaitu menggabungkan atau mengkomposisikan semua grafik keanggotaan hasil perhitungan implikasi. Untuk mengkomposisikan fuzzy mamdani menggunakan fungsi MAX.

Setelah melewati tahap fuzzifikasi dan inferensi langkah selanjutnya adalah defuzzifikasi yaitu mengubah hasil dari perhitungan inferensi yang merupakan *output* variabel fuzzy menjadi kembali kebentuk variabel nilai tegas atau *crisp*. Metode defuzzifikasi yang digunakan adalah Metode centroid (*center of area*). Dalam metode centroid diambil titik pusat dari daerah fuzzy untuk

mendapatkan kebentuk variabel nilai tegas atau *crisp*.

4. REKAYASA KEBUTUHAN

4.1 Analisis Kebutuhan Perangkat Keras

Pada subbab metodologi dijelaskan spesifikasi sistem, bahwa kebutuhan perangkat keras pada penelitian ini menggunakan mikrokontroler NodeMCU ESP8266 dan dua sensor untuk melakukan pengukuran tanda vital tubuh. Sensor pertama adalah MLX90614 untuk mengukur suhu tubuh, lalu yang kedua adalah *pulse oximeter* MAX90100 untuk mengukur saturasi oksigen dan detak jantung. Mikrokontroler NodeMCU ESP8266 dipilih oleh penulis karena sistem membutuhkan fitur untuk mengirimkan data-data hasil pengukuran dan hasil presentase kesehatan ke *smartphone* melalui perantara Google Firebase *realtime database*, NodeMCU ESP8266 memiliki modul *wifi* sehingga bisa mengirimkan data dengan membuat koneksi ke *wifi* melalui protokol TCP/IP (Samsugi, 2017). Sensor suhu MLX90614 dipilih karena menawarkan fleksibilitas dimana sensor suhu MLX90614 memiliki teknologi gelombang *infrared* untuk mendeteksi suhu di depannya sehingga benda atau objek yang akan diukur tidak perlu bersentuhan alias *contactless* (Sokku, & Harun, 2019). Sensor MLX90614 dikalibrasi oleh pabrik dalam rentang suhu yang cukup luas, yaitu -40 °C hingga 125 °C untuk suhu sensor dan -70 °C hingga 380 °C untuk suhu objek (Datasheet, 2007). *Pulse Oximeter* MAX30100 dipilih karena bisa mencakup dua pengukuran sekaligus dalam satu modul sensor sehingga sistem bisa menjadi lebih kompak dan ringkas.

4.2 Analisis Kebutuhan Perangkat Lunak

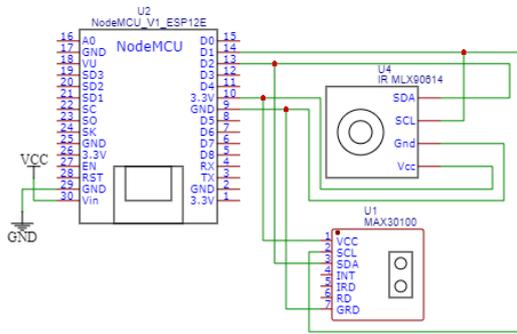
Kebutuhan perangkat lunak pada penelitian ini menggunakan Google Firebase untuk *database* dan metode fuzzy mamdani sebagai metode klasifikasi. Untuk *database* dipilih Google Firebase *realtime database* karena selain mampu menampilkan data secara *realtime* Firebase juga gratis, responsif, cepat, dan mudah diintegrasikan dengan Android dan iOS (Gunadi, 2020). Pemilihan metode fuzzy karena metode fuzzy menjembatani bahasa mesin yang presisi dengan bahasa manusia yang menekankan pada makna dan pemilihan fuzzy mamdani karena mudah dalam pengaplikasiannya, selain itu sistem pada metode ini tidak begitu banyak memberikan informasi di awal pada saat deklarasi *rules* atau aturan (Widaningsih, 2017).

5. PERANCANGAN DAN IMPLEMENTASI

5.1 Perancangan Sistem

Perancangan perangkat keras pada sistem ini menggunakan empat komponen. Komponen pertama adalah sensor suhu MLX90614 yang berfungsi untuk mengambil data suhu tubuh pengguna dengan

satuan celsius. Komponen kedua adalah pulse oximeter MAX30100 yang berfungsi untuk mengambil data detak jantung dan saturasi oksigen.

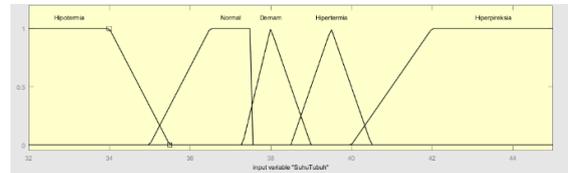


Gambar 2. Skematik Sistem

Komponen keempat adalah NodeMCU ESP8266. NodeMCU ESP 8266 merupakan sebuah perangkat elektronika yang dapat terhubung dengan koneksi *Wi-Fi* membuat koneksi TCP/IP (Widiyaman, 2021). Node MCU ESP8266 berfungsi sebagai master untuk memproses data yang didapatkan dan mengirimnya melalui modul WiFi ke Google Firebase. Konfigurasi antara sensor suhu, pulse oximeter, dan NodeMCU ESP8266 dapat dilihat pada Gambar 2. Sistem memiliki sumber daya dari baterai kotak 9V yang dibutuhkan oleh NodeMCU ESP8266 sebagai master. Sensor-sensor akan terhubung ke NodeMCU melalui port D1 dan D2. SCL (Serial Clock Line) yang berfungsi untuk mengantarkan sinyal clock yang akan dihubungkan ke pin D1 NodeMCU. Pin SDA (Serial Data) mentransfer data dari sensor yang akan dihubungkan ke pin D2 NodeMCU. Pada sistem ini, sensor suhu MLX90614 memiliki alamat default 0x5A dan pulse oximeter MAX30100 memiliki alamat default 0x57. Merujuk pada kedua alamat sensor tersebut, karena kedua sensor memiliki alamat yang berbeda, maka kedua sensor dapat langsung disambungkan ke NodeMCU ESP8266 tanpa perlu melalui perantara I2C Multiplexer. Sistem pengalamatan bisa diinisialisasikan dalam program.

Perancangan perangkat lunak pada sistem ini dijabarkan pada Gambar 3. Pada tahap pertama inialisasi sensor suhu MLX90614 dan pulse oximeter MAX30100. Inialisasi sensor akan dikerjakan oleh library yang diperlukan untuk mengambil data suhu tubuh, saturasi oksigen, dan detak jantung. Pada saat inialisasi sensor berhasil dilakukan, maka langkah selanjutnya adalah membuat koneksi ke WiFi. Koneksi ke WiFi disesuaikan dengan nama WiFi dan kata sandi WiFi yang terkoneksi dengan perangkat kita. Setelah koneksi WiFi berhasil dilakukan, maka akan dibuat koneksi ke Firebase.

Data keanggotaan variabel suhu tubuh dapat dilihat pada Gambar 4 dan Tabel 1. Suhu tubuh dikategorikan menjadi 5 penyakit yaitu hipotermia, normal, demam, hipertermia, dan hiperpireksia.

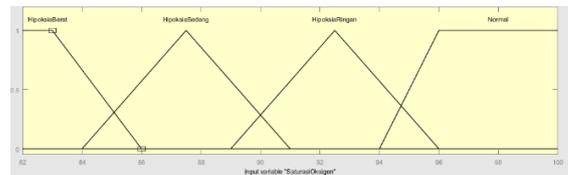


Gambar 4. Keanggotaan Suhu Tubuh

Tabel 1. Keanggotaan Suhu Tubuh

Kategori	Suhu
Hipotermia	< 35 °C
Normal	36,5 °C – 37,5 °C
Demam	37,5 °C – 38,5 °C
Hipertermia	38,5 °C – 40 °C
Hiperpireksia	> 40 °C

Sementara itu, untuk data keanggotaan variabel saturasi oksigen dapat dilihat pada Gambar 5 dan Tabel 2. Tingkat saturasi oksigen dikategorikan menjadi 4 kategori yaitu hipoksia berat, sedang, ringan dan normal.

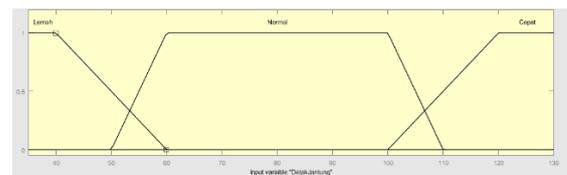


Gambar 5. Keanggotaan Saturasi Oksigen

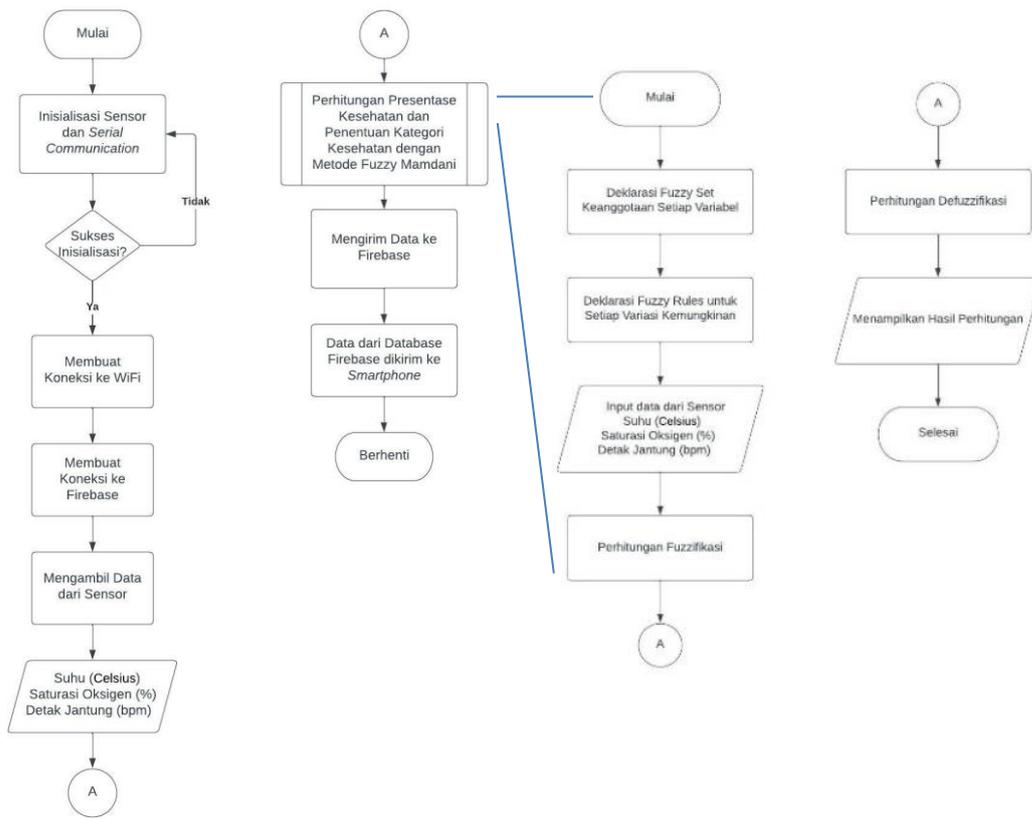
Tabel 2. Keanggotaan Saturasi Oksigen

Kategori	Saturasi Oksigen
Hipoksia Berat	< 85 %
Hipoksia Sedang	85 % – 90 %
Hipoksia Ringan	90 % – 95 %
Normal	95 % – 100 %

Keanggotaan detak jantung disajikan pada Gambar 6 dan Tabel 3. Jumlah detak jantung per menit dikategorikan menjadi 3 kategori yaitu lemah, normal dan cepat.



Gambar 6. Keanggotaan Detak Jantung

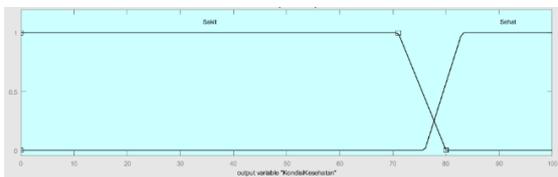


3. Flowchart Program Gambar

Tabel 3. Keanggotaan Detak Jantung

Kategori	Detak Jantung
Detak Jantung Lemah	< 60 bpm
Detak Jantung Normal	60 bpm - 100 bpm
Detak Jantung Cepat	> 100 bpm

Dan Data keanggotaan variabel kategori kesehatan dapat dilihat pada Gambar 7 dan Tabel 4. Pada hasil deteksi kesehatan dikategorikan menjadi 2 kategori yaitu sehat dan sakit.



Gambar 7. Keanggotaan Kategori Kesehatan

Tabel 4. Keanggotaan Kategori Kesehatan

Kategori	Presentase Kesehatan
Sakit	< 75 %
Sehat	> 75 %

Langkah kedua setelah mendefinisikan fuzzy set keanggotaan masing-masing variabel adalah deklarasi fuzzy atau membuat aturan-aturan dari semua kemungkinan kombinasi pengukuran yang bisa terjadi. Pada variabel suhu tubuh terdapat lima

keanggotaan, saturasi oksigen terdapat empat keanggotaan, dan detak jantung terdapat tiga keanggotaan sehingga memiliki aturan-aturan (*if-else-then*) sebanyak 60 aturan. Daftar aturan-aturan atau fuzzy rules dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Fuzzy Rules

No	Suhu Tubuh	Saturasi Oksigen	Detak Jantung	Kategori Kesehatan
1	Hipotermia	Hipoksia Berat	Detak Jantung Lemah	Sakit
2	Hipotermia	Hipoksia Berat	Detak Jantung Normal	Sakit
3	Hipotermia	Hipoksia Berat	Detak Jantung Cepat	Sakit
4	Hipotermia	Hipoksia Sedang	Detak Jantung Lemah	Sakit
5	Hipotermia	Hipoksia Sedang	Detak Jantung Normal	Sakit
6	Hipotermia	Hipoksia Sedang	Detak Jantung Cepat	Sakit
7	Hipotermia	Hipoksia Ringan	Detak Jantung Lemah	Sakit
8	Hipotermia	Hipoksia Ringan	Detak Jantung Normal	Sakit
9	Hipotermia	Hipoksia Ringan	Detak Jantung Cepat	Sakit
10	Hipotermia	Normal	Detak Jantung	Sakit

No	Suhu Tubuh	Saturasi Oksigen	Detak Jantung	Kategori Kesehatan	No	Suhu Tubuh	Saturasi Oksigen	Detak Jantung	Kategori Kesehatan
			Lemah					Detak	
11	Hipotermia	Normal	Detak Jantung Normal	Sakit	35	Demam	Normal	Jantung Normal	Sakit
12	Hipotermia	Normal	Detak Jantung Cepat	Sakit	36	Demam	Normal	Detak Jantung	Sakit
13	Normal	Hipoksia Berat	Detak Jantung Lemah	Sakit	37	Hipertermia	Hipoksia Berat	Cepat Detak Jantung Lemah	Sakit
14	Normal	Hipoksia Berat	Detak Jantung Normal	Sakit	38	Hipertermia	Hipoksia Berat	Detak Jantung Normal	Sakit
15	Normal	Hipoksia Berat	Detak Jantung Cepat	Sakit	39	Hipertermia	Hipoksia Berat	Detak Jantung	Sakit
16	Normal	Hipoksia Sedang	Detak Jantung Lemah	Sakit	40	Hipertermia	Hipoksia Sedang	Detak Jantung Lemah	Sakit
17	Normal	Hipoksia Sedang	Detak Jantung Normal	Sakit	41	Hipertermia	Hipoksia Sedang	Detak Jantung Normal	Sakit
18	Normal	Hipoksia Sedang	Detak Jantung Cepat	Sakit	42	Hipertermia	Hipoksia Sedang	Detak Jantung Cepat	Sakit
19	Normal	Hipoksia Ringan	Detak Jantung Lemah	Sakit	43	Hipertermia	Hipoksia Ringan	Detak Jantung Lemah	Sakit
20	Normal	Hipoksia Ringan	Detak Jantung Normal	Sakit	44	Hipertermia	Hipoksia Ringan	Detak Jantung Normal	Sakit
21	Normal	Hipoksia Ringan	Detak Jantung Cepat	Sakit	45	Hipertermia	Hipoksia Ringan	Detak Jantung Cepat	Sakit
22	Normal	Normal	Detak Jantung Lemah	Sakit	46	Hipertermia	Normal	Detak Jantung Lemah	Sakit
23	Normal	Normal	Detak Jantung Normal	Sehat	47	Hipertermia	Normal	Detak Jantung Normal	Sakit
24	Normal	Normal	Detak Jantung Cepat	Sakit	48	Hipertermia	Normal	Detak Jantung Cepat	Sakit
25	Demam	Hipoksia Berat	Detak Jantung Lemah	Sakit	49	Hiperpireksia	Hipoksia Berat	Detak Jantung Lemah	Sakit
26	Demam	Hipoksia Berat	Detak Jantung Normal	Sakit	50	Hiperpireksia	Hipoksia Berat	Detak Jantung Normal	Sakit
27	Demam	Hipoksia Berat	Detak Jantung Cepat	Sakit	51	Hiperpireksia	Hipoksia Berat	Detak Jantung Cepat	Sakit
28	Demam	Hipoksia Sedang	Detak Jantung Lemah	Sakit	52	Hiperpireksia	Hipoksia Sedang	Detak Jantung Lemah	Sakit
29	Demam	Hipoksia Sedang	Detak Jantung Normal	Sakit	53	Hiperpireksia	Hipoksia Sedang	Detak Jantung Normal	Sakit
30	Demam	Hipoksia Sedang	Detak Jantung Cepat	Sakit	54	Hiperpireksia	Hipoksia Sedang	Detak Jantung Cepat	Sakit
31	Demam	Hipoksia Ringan	Detak Jantung Lemah	Sakit	55	Hiperpireksia	Hipoksia Ringan	Detak Jantung Lemah	Sakit
32	Demam	Hipoksia Ringan	Detak Jantung Normal	Sakit	56	Hiperpireksia	Hipoksia Ringan	Detak Jantung Normal	Sakit
33	Demam	Hipoksia Ringan	Detak Jantung Cepat	Sakit	57	Hiperpireksia	Hipoksia Ringan	Detak Jantung Cepat	Sakit
34	Demam	Normal	Detak Jantung Lemah	Sakit	58	Hiperpireksia	Normal	Detak Jantung Lemah	Sakit
					59	Hiperpireksia	Normal	Detak	Sakit

No	Suhu Tubuh	Saturasi Oksigen	Detak Jantung	Kategori Kesehatan
			Jantung Normal	
60	Hiperpireksia	Normal	Detak Jantung Cepat	Sakit

Pada *fuzzy rules* yang ditetapkan diatas, ditentukan bahwa apabila terdapat tanda vital baik suhu tubuh, saturasi oksigen, dan/atau detak jantung yang nilainya tidak normal baik diatas atau dibawah ambang batas normal maka pengguna dinyatakan sakit. Meskipun terkadang pada beberapa kasus ada beberapa orang yang merasa sehat tetapi sebenarnya terdapat paramater yang abnormal pengguna tetap dinyatakan sakit, karena tingkat resistensi setiap orang terhadap rasa sakit berbeda (Setiyono, 2022). Contohnya adalah ada orang yang suhu tubuhnya sudah mencapai 38 °C tapi belum merasa menggigil, demam, dan lemas padahal suhu tubuhnya sudah diatas ambang batas normal. Tetapi ada juga orang yang suhu tubuhnya baru 37.5 °C dan sudah merasa menggigil, demam, dan lemas.

Langkah selanjutnya adalah menerima data dari sensor suhu dan *pulse oximeter*, setelah itu datanya akan dilakukan perhitungan fuzzifikasi dan defuzzifikasi yang akan diolah menggunakan *library eFLL (Embedded Fuzzy Logic Library)*.

5.2 Implementasi Sistem



Gambar 8. Implementasi *Prototype* Sistem

Implementasi sistem berupa implementasi perangkat keras yang diperlukan oleh sistem akan disusun sedemikian rupa supaya agar sistem yang dirancang dapat berjalan sesuai keinginan. Komponen yang akan disusun diantaranya adalah NodeMCU ESP8266, sensor suhu MLX90614, *pulse oximeter* MAX30100 baterai kotak 9V dan adaptor charger 5V 1A. Komponen - Komponen tersebut akan dihubungkan pada PCB seperti pada Gambar 8.

6. PENGUJIAN

6.1. Pengujian Sensor

Pada pengujian pembacaan suhu tubuh memiliki tujuan untuk membandingkan pengukuran suhu tubuh menggunakan sistem melalui perantara sensor suhu MLX90614 dan dibandingkan dengan

pengukuran suhu tubuh melalui *Infrared Forehead Thermometer (M. Feingersh)*. Apabila sudah didapatkan data dari kedua alat, maka akan dibandingkan untuk menghitung selisih dan presentase kesalahannya. Suhu tubuh hasil pembacaan sensor yang tertera akan dilakukan pengurangan dengan hasil pengukuran dari thermomater sehingga didapatkan selisih pembacaan. Untuk menghitung selisih menggunakan Persamaan 1 dibawah ini.

$$Selisih = \text{Nilai Sebearnya} - \text{Nilai Pengukuran Sensor} \quad (1)$$

Setelah mendapatkan nilai Selisih, maka selanjutnya akan dihitung nilai akurasi dengan cara mencari rata-rata presentase kesalahan absolut atau MAPE (*Mean Absolute Percentage Error*).

$$MAPE = \frac{\sum \left(\frac{Selisih}{\text{Nilai Sebearnya}} \right) \times 100 \%}{n} \quad (2)$$

Keterangan nilai MAPE dapat dilihat dibawah ini:

Tabel 6. Nilai MAPE

Nilai MAPE	Keterangan
≤ 10	Akurat
10 - 20	Baik
20 - 50	Cukup Baik
> 50	Tidak Akurat

Tabel 7. Pengujian Pembacaan Suhu Tubuh

No	Hasil Pembacaan Suhu Tubuh	Suhu Tubuh Sebenarnya	Selisih	Presentase Kesalahan
1	36.11	36.5 °C	0.39	1.068 %
2	35.89	36.5 °C	0.61	1.671 %
3	36.13	36.5 °C	0.37	1.013 %
4	36.25	36.5 °C	0.25	0.684 %
5	36.41	36.5 °C	0.09	0.246 %
6	36.69	36.5 °C	-0.19	0.520 %
7	36.63	36.5 °C	-0.13	0.356 %
8	36.87	36.5 °C	-0.37	1.013 %
9	36.71	36.5 °C	0.79	2.164 %
10	36.17	36.5 °C	0.33	0.904 %
Rata-Rata Presentase Kesalahan (MAPE)				0.964 %

Dari hasil pengujian pembacaan suhu tubuh didapatkan bahwa sistem berhasil membaca suhu tubuh dengan cukup baik. Dari sepuluh kali percobaan terdapat selisih pengukuran antara suhu dari sensor dan suhu dari thermomater. Selisih terbesar adalah 0.79 °C. Rata-rata presentase kesalahan (MAPE) didapatkan 0.964 % yang bearti hasil pengukuran sensor akurat berdasarkan Tabel 6.

Pada pengujian pembacaan saturasi oksigen, kemampuan alat akan diuji untuk membaca saturasi oksigen melalui perantara *pulse oximeter* MAX30100. Pengujian saturasi oksigen membutuhkan *pulse oximeter* MAX30100 dan *pulse oximeter* konvensional yang beredar dipasaran. Hasil

pengujian pembacaan saturasi oksigen yang menguji *pulse oximeter* MAX30100 dalam mengambil data lalu dilakukan perbandingan pengukuran dengan *pulse oximeter* konvensional sebagai saturasi oksigen sebenarnya dapat dilihat pada Tabel 8.

Tabel 8. Pengujian Pembacaan Saturasi Oksigen

No	Hasil Pembacaan Saturasi Oksigen	Saturasi Oksigen Sebenarnya	Selisih	Presentase Kesalahan
1	96 %	96 %	0	0 %
2	96 %	96 %	0	0 %
3	96 %	96 %	0	0 %
4	96 %	96 %	0	0 %
5	96 %	96 %	0	0 %
6	96 %	96 %	0	0 %
7	96 %	96 %	0	0 %
8	96 %	96 %	0	0 %
9	96 %	96 %	0	0 %
10	96 %	96 %	0	0 %
Rata-Rata Presentase Kesalahan (MAPE)				0 %

Dari hasil pengujian pembacaan saturasi oksigen didapatkan bahwa sistem berhasil membaca saturasi oksigen dengan sangat baik. Dari sepuluh kali percobaan sistem dapat mengukur saturasi oksigen dengan akurat. Pengukuran menggunakan MAX30100 dan *pulse oximeter* konvensional menghasilkan nilai yang sama yaitu 96 %. Sehingga rata-rata presentase kesalahan (MAPE) didapatkan 0 % yang berarti hasil pengukuran sensor sangat akurat.

Pada pengujian pembacaan detak jantung, kemampuan alat akan diuji untuk membaca detak jantung melalui perantara *pulse oximeter* MAX30100. Pengujian detak jantung membutuhkan *pulse oximeter* MAX30100 dan *pulse oximeter* konvensional yang beredar dipasaran. Hasil pengujian pembacaan detak jantung yang menguji *pulse oximeter* MAX30100 dalam mengambil data lalu dilakukan perbandingan pengukuran dengan *pulse oximeter* konvensional sebagai detak jantung sebenarnya dapat dilihat pada Tabel 9.

Tabel 9. Pengujian Pembacaan Detak Jantung

No	Hasil Pembacaan Detak Jantung	Detak Jantung Sebenarnya	Selisih	Presentase Kesalahan
1	88bpm	90	2	2.222 %
2	92bpm	91	-1	1.098 %
3	86bpm	87	1	1.149 %
4	86bpm	88	2	2.272 %
5	83bpm	85	2	2.235 %
6	88bpm	89	1	1.123 %
7	87bpm	88	1	1.136 %
8	88bpm	89	1	1.123 %
9	91bpm	90	-1	1.111 %
10	92bpm	90	-2	2.222 %
Rata-Rata Presentase Kesalahan (MAPE)				1.581 %

Dari hasil pengujian pembacaan detak jantung didapatkan bahwa sistem berhasil membaca detak jantung dengan cukup baik. Dari sepuluh kali percobaan sistem dapat mengukur detak jantung

dengan cukup akurat. Pengukuran menggunakan MAX30100 dan *pulse oximeter* konvensional menghasilkan nilai dalam rentang 80-91 bpm. Didapatkan rata-rata presentase kesalahan (MAPE) adalah 1.581 % yang berarti hasil pengukuran sensor akurat.

6.2. Pengujian Presentase Kesehatan

Pada pengujian presentase kesehatan, kemampuan sistem akan diuji untuk menghitung presentase kesehatan berdasarkan data-data suhu, saturasi oksigen, detak jantung yang didapatkan dari pembacaan sensor. Menghitung presentase kesehatan menggunakan metode Fuzzy Mamdani. Pada pengujian presentase kesehatan memiliki tujuan membandingkan perhitungan presentase kesehatan menggunakan sistem dibandingkan dengan parameter suhu tubuh, saturasi oksigen, dan detak jantung normal yang diklasifikasikan kedalam kategori sehat dan sakit. Setelah didapatkan hasil perhitungan presentase kesehatan dan kategorinya, maka akan dibandingkan apakah sesuai kondisi aslinya atau tidak. Hasil pengujian presentase kesehatan yang menguji sistem dalam menghitung presentase kesehatan lalu dilakukan dengan kondisi aslinya berdasarkan kategori yang telah ditentukan. Hasil pengujian dilihat pada Tabel 10.

Tabel 10. Pengujian Presentase Kesehatan

No	Hasil Perhitungan Presentase Kesehatan	Kesesuaian Dengan Kondisi Asli
1		Sesuai
2		Sesuai
3		Sesuai

No	Hasil Perhitungan Presentase Kesehatan	Kesesuaian Dengan Kondisi Asli
4		Sesuai
5		Sesuai
6		Sesuai
7		Sesuai
8		Sesuai
9		Sesuai
10		Sesuai

Dari hasil pengujian presentase kesehatan didapatkan bahwa sistem berhasil menghitung presentase kesehatan dan mengkategorikan kesehatan dengan baik. Dari sepuluh kali percobaan sistem dapat menghitung dan mengklasifikasikan

kondisi kesehatan dengan akurat sesuai kondisi asli. Pada percobaan diatas apabila terdapat satu saja dari suhu tubuh, detak jantung, dan saturasi oksigen yang mendapatkan pengukuran abnormal, maka presentase kesehatan akan jatuh dibawah angka 75 % sehingga kategori kesehatan akan diklasifikasikan dalam kondisi sakit. Presentase kesehatan akan diatas 80% apabila semua hasil pengukuran masuk dalam kategori normal sehingga kategori kesehatan akan diklasifikasikan dalam kondisi sehat. Dari sepuluh pengujian yang dilakukan tidak ditemukan ketidaksesuaian dalam perhitungan presentase kesehatan. Berikut perhitungan presentasi akurasi kesuksesan:

$$\begin{aligned}
 \text{Akurasi (\%)} &= \frac{\text{Jumlah Data Benar}}{\text{Total Data}} \times 100\% \\
 &= \frac{10}{10} \times 100\% \\
 &= 100\%
 \end{aligned}$$

Sehingga pada pengujian presentase kesehatan didapatkan presentase akurasi kesuksesan sebesar 100%.

7. KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan yang dapat diambil berdasarkan pengujian sistem yang telah dilakukan pada sistem ini adalah implementasi logika fuzzy mamdani pada penelitian ini dilakukan dengan mengklasifikasikan keanggotaan suhu tubuh menjadi lima yaitu hipotermia, suhu tubuh normal, demam, hipertermia, hiperpireksia. Keanggotaan saturasi oksigen menjadi empat yaitu hipoksia berat, hipoksia sedang, hipoksia ringan, saturasi normal. Keanggotaan detak jantung menjadi tiga yaitu detak jantung lemah, detak jantung normal, detak jantung cepat. Keanggotaan *output* kategori kesehatan menjadi dua yaitu sakit dan sehat. Dari tiga *input* dibuat *fuzzy rules (if-else-then)* sebanyak 60 *rules*. Setelah itu sensor akan mengambil data pengukuran lalu data tersebut dihitung fuzzifikasi dan defuzzifikasi oleh *library* eFLL. Selanjutnya hasil perhitungan akan ditampilkan pada aplikasi sistem identifikasi kesehatan pada *smartphone* android kedalam variabel presentase kesehatan. Apabila terdapat hasil pengukuran dari suhu tubuh, saturasi oksigen, dan/atau detak jantung yang abnormal, maka kategori kesehatan akan digolongkan menjadi sakit. Akurasi pembacaan sensor suhu MLX90614 dan *pulse oximeter* MAX30100 dibandingkan alat yang sudah ada didapatkan pengukuran suhu mendapatkan nilai MAPE sebesar 0.964 %, pengukuran saturasi mendapatkan nilai MAPE 0 %, dan pengukuran detak jantung didapatkan MAPE 1,581 %. Dari ketiga pengukuran didapatkan nilai MAPE dibawah 10 sehingga dapat dikategorikan pengukuran akurat. Kinerja metode fuzzy mamdani dalam mengklasifikasikan kondisi kesehatan sangat baik dan akurat. Dimana apabila terdapat satu saja hasil pengukuran dari suhu tubuh, saturasi oksigen, dan/atau detak jantung yang abnormal, maka

presentase kesehatan akan dibawah 75% dan kategori kesehatan akan digolongkan menjadi sakit.

Berdasarkan kesimpulan yang didapat dari penelitian ini, adapun beberapa saran bagi pengembang penelitian ini atau penelitian serupa sehingga dapat memaksimalkan penelitian yang dilakukan adalah pengukuran tanda vital dilengkapi dengan kekurangannya adalah pengukuran tekanan darah dan respirasi pernafasan agar sistem identifikasi kesehatan berdasarkan tanda vital menjadi lebih lengkap. Aplikasi sistem identifikasi kesehatan dapat digunakan pada sistem operasi iOS. Aplikasi sistem identifikasi kesehatan menggunakan UI yang lebih menarik terdapat grafik dan terdapat *history* hasil pengukuran.

8. UCAPAN TERIMA KASIH

Kami ucapkan banyak terima kasih pada Laboratorium Embedded system dan robotika FILKOM UB yang telah memebrikan fasilitas penuh selama penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- AGUSTIN, SIENNY., 2021. *Ciri Detak Jantung Normal dan Gangguan yang Bisa Terjadi*, [online] Tersedia di: <<https://www.alodokter.com/ciri-detak-jantung-normal-dan-gangguan-yang-bisa-terjadi>> [Diakses pada 30 Januari 2022].
- ARYASA, K., KURNIAWAN, Y.E., 2019. *Implementasi Firebase Realtime Database untuk Aplikasi Pemesanan Menu Berbasis Android*. Seminar Nasional Sistem Informasi dan Teknik Informatika (SENSITIF).
- ASTUTI, H. W., & ANGGRAENI, F., 2022. *Hubungan Pemakaian Hak Sepatu Dengan Saturasi Oksigen Ekstremitas Bawah Pada Mahasiswa AKPER RSP TNI AU*. Jurnal Keperawatan dan Kesehatan Penerbangan. 1(2), 59-64.
- DATASHEET, 2007. MLX90614 *family Single and Dual Zone Infra Red Thermometer in TO-39*. [pdf] Melexis. Tersedia di <<https://www.alldatasheet.com/datasheet-pdf/pdf/218975/ETC2/MLX90614.html>> [Diakses pada 30 Januari 2022].
- FADLI, RIZAL., 2021. *Bagaimana Cara Mengukur Suhu Tubuh Manusia yang Tepat?*, [online] Tersedia di: <<https://www.halodoc.com/artikel/bagaimana-cara-mengukur-suhu-tubuh-manusia-yang-tepat>> [Diakses pada 24 Januari 2022].
- GUNADI, R.J., TANONE, R., BEEH, Y.R. *Penerapan Firebase Cloud Storage pada Aplikasi Mobile Android untuk Melakukan Penyimpanan Image Lahan Pertanian*. Jurnal Teknologi Informasi. 4(2).
- KEMALASARI, M.R. 2022. *Deteksi Kadar Saturasi Oksigen Darah (Spo2) Dan Detak Jantung Secara Non-Invasif Dengan Sensor Chip Max30100*. Jurnal Nasional Teknologi (JNTT). 4(1).
- M. FEINGERSH & CO. LTD. *Non-Contact Forehead Infrared Thermometer, User Manual*.
- MUSHOFFA, F., SUMARTI, H., ANWAR, E.D. 2021. *Pemantau Sinyal Vital untuk Identifikasi Kondisi Tubuh Pasien Covid-19 Menggunakan Sistem Telemedika Berbasis IoT*. Prosiding Seminar Nasional Fisika dan Aplikasinya (SNFA).
- NUGROHO, C. R., 2019. *Alat pengukur saturasi oksigen dalam darah menggunakan metode PPG reflectance pada sensor MAX30100*. Bachelor's thesis, Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah Jakarta.
- PLOWERITA, S., HANDAYANI, A. S., HADI, I., HUSNI, N.L., 2021. *Sistem Monitoring Kesehatan Dalam Penentuan Kondisi Tubuh Dengan Metode Fuzzy Mamdani*. Jurnal Ilmiah Teknik Elektro (PROtek). 8(2).
- REGINA, I., & BRIANORMAN, Y., 2016. *Rancang Bangun Alat Penghitung Denyut Jantung Per Menit Berbasis Mikrokontroler Atmega16 Dengan Alarm Peringatan*. Coding Jurnal Komputer dan Aplikasi, 4(2).
- SAMSUGI, S., ARDIANSYAH., KASTUTARA, D., 2017. *Internet of Things (IOT): Sistem Kendali Jarak Jauh Berbasis Arduino dan Modul Wifi ESP8266*. Prosiding Seminar Nasional XII "Rekayasa Teknologi Industri dan Informasi". Sekolah Tinggi Teknologi Nasional Yogyakarta.
- SANADI, E. A. W., ACHMAD, A., DEWIANI., 2018. *Pemanfaatan Realtime Database di Platform Firebase Pada Aplikasi E-Tourism Kabupaten Nabire*. Jurnal JPE. 22(1).
- SETIYONO, WATI., 2022. *Wawancara Penentuan Kategori Kesehatan*. Diwawancara oleh Aرسال Wildan Naviaddin [langsung] Desa Sukodadi Kecamatan Paiton, 24 November 2022, 18:30.
- SOKKU, S,R. & HARUN, S,F., 2019. *Deteksi Sapi Sehat Berdasarkan Suhu Tubuh Berbasis Sensor MLX90614 dan Mikrokontroler*. *PROSIDING Seminar Nasional LP2M UNM – 2019*, [online] Tersedia di: <<https://ojs.unm.ac.id/semnaslemlit/article/>

- view/11690> [Diakses pada 30 Januari 2022].
- SUDANTY, U., KUNANG, S.O., 2021. *Aplikasi Sensor Suhu Tubuh (MLX90614) dan Sensor Suara Pada Kamera Pemantau Kamar Bayi Berbasis Mikrokontroler*. Bina Darma Conference on Engineering Science. 2(2).
- SYAFNIDAWATI., 2020. *Logika Fuzzy*, [online] Tersedia di: <<https://raharja.ac.id/2020/04/06/logika-fuzzy/>> [Diakses pada 30 Januari 2022].
- WIDANINGSIH, S., 2017. *Analisis Perbandingan Metode Fuzzy Tsukamoto, Mamdani dan Sugeno dalam Pengambilan Keputusan Penentuan Jumlah Distribusi Raskin di Bulog Sub. Divisi Regional (Divre) Cianjur*. Jurnal Informatika dan Manajemen STMIK. 11(1).
- WIDIYAMAN, TRESNA., 2021. *Pengertian Modul Wifi ESP8266*, [online] Tersedia di: <<https://www.warriornux.com/pengertian-modul-wifi-esp8266/>> [Diakses pada 30 Januari 2022].

Halaman ini sengaja dikosongkan