

# Sistem Telemonitoring Gula Darah Menggunakan *Non – Invasive* Sensor Berbasis IoT

Rizqi Addini Nur Idmar'a<sup>1</sup>, Leonardo Kamajaya<sup>2</sup>, Fitri<sup>3</sup>

e-mail: [addinirizqi01@gmail.com](mailto:addinirizqi01@gmail.com), [leonardo42@polinema.ac.id](mailto:leonardo42@polinema.ac.id), [fitri@polinema.ac.id](mailto:fitri@polinema.ac.id)

<sup>1,2,3</sup>Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Malang, Jalan Soekarno Hatta No.9 Malang, Indonesia

## Informasi Artikel

### Riwayat Artikel

Diterima 25 Juli 2023

Direvisi 15 November 2023

Diterbitkan 31 Mei 2024

### Kata kunci:

*Non-invasive*

*Glucose meter*

*Regresi Linear*

*Kecerdasan buatan*

*IoT*

## ABSTRAK

Kesehatan merupakan hal krusial dalam kehidupan. Dengan mengonsumsi makanan dengan gizi seimbang, melakukan olahraga rutin dan memonitor parameter-parameter tertentu dalam tubuh dapat menjaga tubuh dalam kondisi sehat. Mengingat akan ancaman penyakit diabetes yang tiap hari kian bertambah maka memonitor kadar gula darah perlu dilakukan. Telemonitoring merupakan metode pemantauan secara jarak jauh menggunakan IoT. Sistem telemonitoring gula darah menggunakan sensor MAX30100 dan tidak melukai bagian tubuh dengan jarum suntik atau disebut dengan non-Invasive. Sistem ini menggunakan mikrokontroler ESP32 sebagai pemroses data serta metode fuzzy sebagai kecerdasan buatan. Kalibrasi pada perangkat dilakukan menggunakan metode regresi linear. Dari hasil pengujian didapatkan tingkat akurasi sensor MAX30100 untuk pengukuran glukosa sebesar 93,758% dengan nilai error 6,248% , detak jantung sebesar 92,916% dengan nilai error 7,084% dan saturasi oksigen sebesar 98,58% dengan nilai error 1,42%.

## ABSTRACT

*Health is crucial in life. By consuming food with balanced nutrition, doing regular exercise and monitoring certain parameters in the body can keep the body in a healthy condition. Given the threat of diabetes, which is increasing every day, it is necessary to monitor glucose levels. Telemonitoring is a remote monitoring method using IOT. The glucose telemonitoring system uses the MAX30100 sensor and does not injure any part of the body with a syringe or it can be referred to as non-invasive. This system uses the ESP32 micro controller as a data processor and the fuzzy method as artificial intelligence. Calibration of the device is carried out using the linear regression method. From the test results, it was found that the accuracy of the MAX30100 sensor for glucose measurements was 93,758% with an error value of 6.248%, heart rate was 92,916% with an error value of 7.084% and oxygen saturation was 98,58 with an error value of 1.42%.*

### Keywords:

*Non-Invasive*

*Glucose meter*

*Linear Regression*

*Artificial Intelligent*

*IoT*

### Penulis Korespondensi:

Fitri

Jurusan Teknik Elektro

Politeknik Negeri Malang

Jl. Soekarno Hatta No. 9, Malang, Jawa Timur, Indonesia, 65141.

Email: [fitri@polinema.ac.id](mailto:fitri@polinema.ac.id)

Nomor HP/WA aktif: +62 812-3365-230

p-ISSN: 2356-0533; e-ISSN: 2355-9195



9 772356 053009

## 1. PENDAHULUAN

Kesehatan merupakan hal krusial dalam kehidupan. Dengan mengonsumsi makanan dengan gizi seimbang, melakukan olahraga rutin dan memonitor parameter-parameter tertentu dalam tubuh dapat menjaga tubuh dalam kondisi sehat. Dikutip dari Persatuan Diabetes Internasional (International Diabetes Federation) ada kurang lebih 537 juta orang mulai dari umur 20 - 79 tahun mengidap diabetes. Diabetes dapat dicegah dengan mengontrol kadar gula dalam tubuh. Pengontrolan gula darah dapat dengan cara *Invasive* atau menggunakan jarum suntik dan *non-Invasive* atau tidak melukai jaringan tubuh. Metode pemantauan pasien jarak jauh menggunakan teknologi informasi disebut dengan telemonitoring[1]. Dengan adanya telemonitoring pasien dapat melakukan pemeriksaan awal terhadap tingkat glukosa darah dan membantu mencegah risiko terkena penyakit diabetes[2]. Glukosa merupakan zat yang berada dalam darah. Volume darah sekitar 7 – 10% berat manusia namun dapat pula berbeda dan dipengaruhi oleh faktor usia, keadaan jantung dan pembuluh darah[3]. Hormon insulin, kortisol dan glukagon mengatur tingkat konsentrasi glukosa dalam darah[4]. Menurut Kementerian Kesehatan Republik Indonesia, Kadar glukosa normal memiliki rentang sebesar:

- a. Kadar glukosa tanpa puasa dan minimal pengukuran 2 jam setelah makan (PP) = 80 - 140 mg/dl
- b. Kadar glukosa puasa (8 jam tidak makan) = 70 - 126 mg/dl

Pada metode *non-Invasive* terdapat beberapa teknik pengukuran diantaranya yaitu *Photoplethysmography* (PPG), *MIRS (Mid Infrared Spectroscopy)*, *fluorescence*, *NIRS (Near Infrared Spectroscopy)*, *time of flight*, *Scattering Changes Technique*, *Photoacoustic Technique*, dan *Raman Spectroscopy* [5]. Penggunaan metode *non-invasive* telah banyak digunakan pada penelitian-penelitian terdahulu dan tertera pada Tabel 1.1. Terdapat perbedaan pada penelitian – penelitian terdahulu dengan penelitian berikut diantaranya penggunaan metode *fuzzy* sebagai kecerdasan buatan dan penambahan teknologi IoT untuk memonitor hasil kadar gula darah.

TABEL I : Tabel Penelitian Terdahulu Menggunakan Beberapa metode dari non-Invasive sensor

Referensi	Sensor	Metode Kalibrasi	Metode	Akurasi (%)
[6]	LED T-1 dan Photodiode	Regresi Linear	Spektroskopi	95,29%
[7]	LED Inframerah 1450 nm	Regresi Linear	PPG	98,07%
[8]	MAX 30100	Regresi Linear	PPG	90%
[9]	MAX 30100	Regresi Linear	PPG	88,05%
[10]	MAX 30105	Regresi Linear	PPG	91%

*Photoplethysmograph* (PPG) adalah suatu metode yang digunakan untuk menghitung perubahan volume darah di permukaan kulit. Metode tersebut memanfaatkan sensor optik yang berfungsi sebagai pendeteksi sinyal elektrik yang muncul karena pantulan cahaya pada permukaan kulit[11]. Metode *fuzzy* merupakan ilmu perkembangan logika klasik dan teori himpunan dimana nilai benar dan salah ditentukan melalui *range* antara 0 berarti salah dan 1 berarti benar, Sedangkan pada logika klasik nilai 0 berarti salah dan 1 berarti benar[12]. Tahapan – tahapan *fuzzy* diantaranya adalah[13]:

1. Fuzzifikasi dimana input *fuzzy* diubah menjadi variabel *fuzzy* dengan menerapkan fungsi keanggotaan. Fungsi keanggotaan dapat disebut sebagai derajat keanggotaan, *membership function*, atau nilai keanggotaan[14].
2. Inferensi merupakan perubahan input menggunakan *rule base* atau aturan IF – THEN yang telah ditetapkan.
3. Komposisi yaitu penggabungan dari output yang telah diatur menjadi himpunan *fuzzy* yang baru baru.
4. Defuzzifikasi yaitu perubahan kembali variabel output dari himpunan *fuzzy* menjadi suatu bilangan dengan menggunakan fungsi keanggotaan. Pada metode sugeno proses defuzzifikasi menggunakan rumus :

IoT (*Internet of Things*) adalah teknologi pemantauan serta pengendalian suatu kondisi secara tidak langsung (jarak jauh) menggunakan jaringan. Cara kerja IoT sendiri yaitu dengan menggunakan perintah pemrograman yang dapat terhubung ke suatu perangkat secara otomatis bahkan dalam jangkauan yang jauh sekalipun. Data yang



diperoleh dari alat dapat disimpan pada *database*. *Firebase* merupakan *platform* yang memungkinkan pembuatan *database* aplikasi *online*, sehingga pengguna dapat melakukan pembaruan data secara *realtime* melalui internet[15].

Regresi merupakan metode statistika yang berguna untuk memetakan hubungan dari satu atau lebih variabel bebas atau variabel independen terhadap variabel terikat atau bisa disebut variabel dependen[16]. Uji Asumsi klasik perlu dipenuhi agar suatu regresi dapat dikatakan baik[17]. Uji asumsi klasik tersebut meliputi Uji normalitas, multikolinearitas, Uji Heteroskedastisitas ( Glejser), Uji Autokorelasi dan Uji linearitas. Uji multikolinearitas hanya digunakan saat variabel independen berjumlah lebih dari 1. Dengan adanya regresi linear, persamaan linear yang diperoleh merupakan persamaan terbaik dengan jumlah *error* yang paling minimal diantara data *input* dan *output* yang berpasangan.

## 2. METODE PENELITIAN

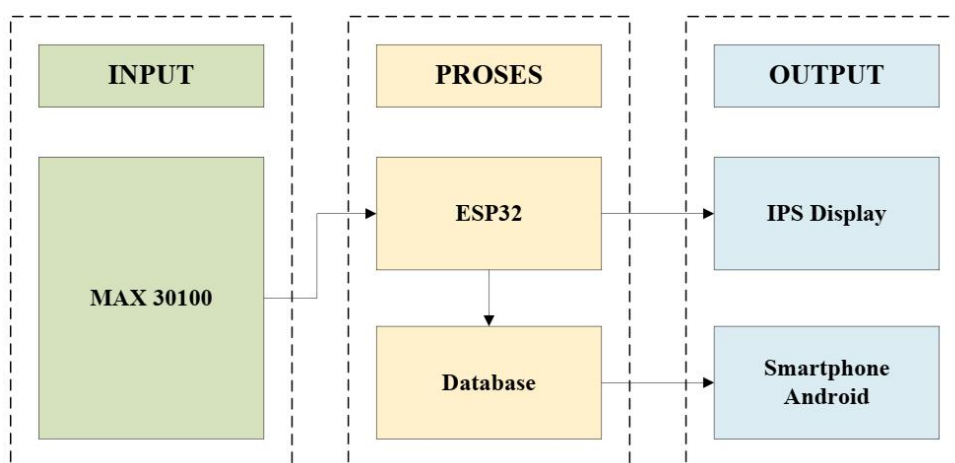
Bab berikut memaparkan tentang metodologi perancangan alat, dalam perancangan suatu alat hal yang harus dilakukan yaitu merancang *hardware* dan *software* alat tersebut. Ketepatan perancangan suatu alat menentukan keberhasilan alat tersebut.

### 2.1 Perencanaan Sistem

Perencanaan sistem merupakan serangkaian alur pengerjaan yang meliputi pengerjaan *hardware* yang terbagi menjadi perancangan mekanik dan elektrik, pengerjaan *software* atau program jalannya alat dan aplikasi.

### 2.2 Diagram Blok Sistem

Dibawah ini merupakan diagram blok sistem terdiri dari *input* atau masukan, proses dan *output* atau keluaran yang tertera pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram Blok Sistem

a. *Input* : Perangkat masukan merupakan sebuah sistem yang bertujuan untuk memasukkan suatu informasi yang berasal dari luar sistem menuju ke sistem. Pada sistem ini perangkat masukan berupa sensor MAX30100. Data yang diterima MAX 30100 akan menuju ESP32 untuk diproses.

b. *Proses* : Perangkat proses berfungsi sebagai pengontrol jalannya suatu sistem. Dengan adanya proses data yang berasal dari masukan dapat diteruskan ke perangkat keluaran. Perangkat proses pada sistem ini merupakan ESP32 yang mempunyai koneksi Wi-Fi. Koneksi Wi-Fi dapat menghubungkan alat dengan aplikasi.

c. *Output* : Perangkat keluaran atau bisa disebut dengan *output device* merupakan sebuah alat yang berfungsi untuk menyampaikan hasil dari proses berupa sebuah data kepada pengguna. Pada sistem ini perangkat keluaran terdiri dari LCD yang menggunakan tipe *IPS display* serta aplikasi pada *smartphone* berbasis android.



### 2.3 Perancangan Mekanik

Perancangan Mekanik Sistem Telemonitoring Gula Darah harus dapat seminimalis mungkin sehingga memudahkan pengguna untuk membawa kemana saja. Mekanik memiliki panjang 5 cm, lebar 4 cm, tinggi 4 cm dan berat ± 150 gram. Gambar 2 merupakan perancangan mekanik dari sistem telemonitoring gula darah.

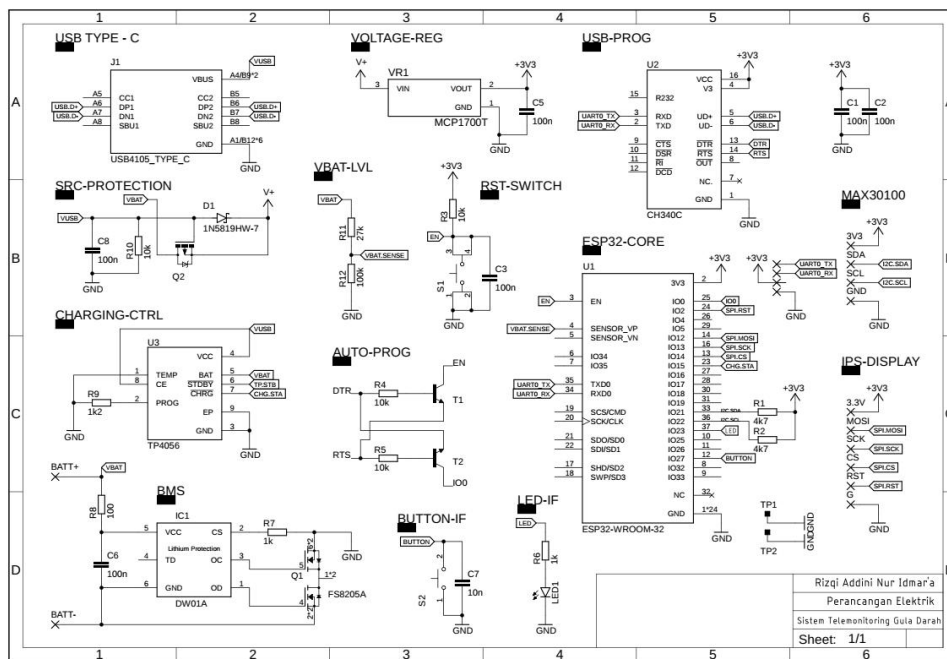


Gambar 2. Perancangan Mekanik Sistem Telemonitoring Gula Darah

### 2.4 Perancangan Elektrik

Gambar 3 merupakan perancangan mekanik dari sistem telemonitoring gula darah. Berikut spesifikasi rangkaian elektrik dari sistem telemonitoring gula darah

1. Catu daya : *Power Supply 5V 1A*
2. Mikrokontroler : *ESP32*
3. Jenis LCD : *IPS Display 0.96 in*
4. Jenis sensor : *MAX30100*



Gambar 3 Perancangan Elektrik Sistem Telemonitoring Gula Darah

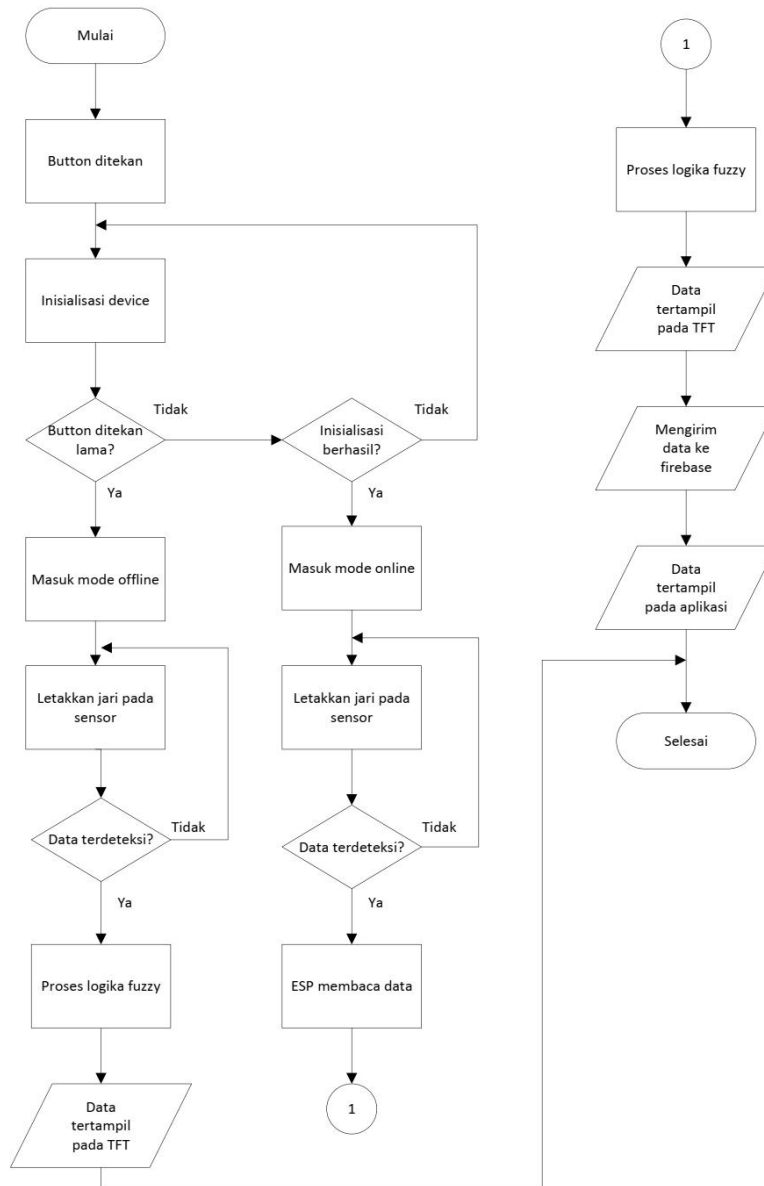
Pada alat tersebut tegangan catu daya berasal dari metode charging menggunakan *USB type C*. Tegangan masukan yang diperoleh sebesar 5V 1A. Perancangan sensor terdiri dari sensor *MAX30100*. Komponen tersebut



menggunakan protokol komunikasi I2C agar dapat terhubung dengan mikrokontroler. Pin SCL pada MAX30100 dihubungkan dengan GPIO22 pada ESP32 serta pin SDA pada MAX30100 dihubungkan dengan GPIO21 pada ESP32. Perancangan interface menggunakan komponen IPS Display 0.96 in. IPS Display menggunakan protokol komunikasi SPI (Serial Peripheral Interface). Pada rangkaian ini digunakan pin koneksi Master Output Slave Input (MOSI), dengan pin tersebut ESP32 yang berperan sebagai master mengirim data hasil pembacaan sensor MAX30100 yang berupa detak jantung, saturasi oksigen dan gula darah.

### 2.5 Perancangan Software

Perancangan software terbagi menjadi 3 bagian yaitu perancangan alat, perancangan *fuzzy* dan perancangan aplikasi. Gambar 4 merupakan *flowchart* jalannya alat.



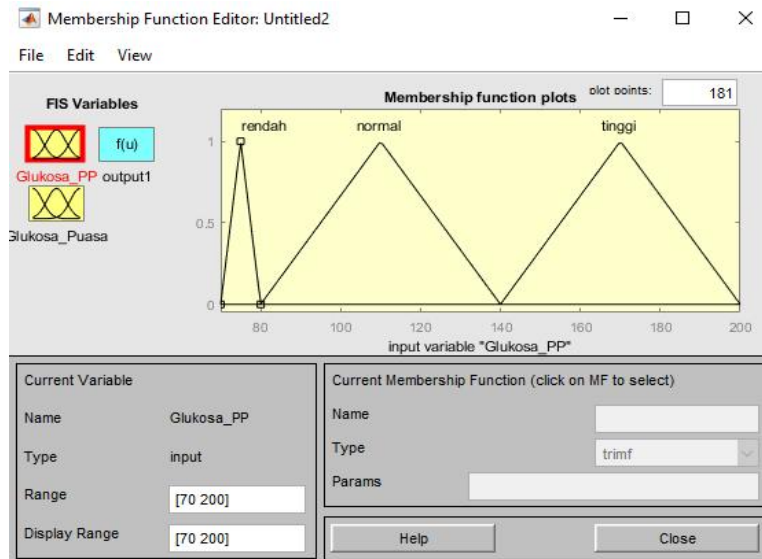
Gambar 4 *Flowchart* jalannya alat

Berdasarkan Gambar 4 sistem tersebut akan aktif apabila *button* ditekan dan memasuki proses inisialisasi *device* berupa detak jantung, saturasi oksigen dan kadar gula darah. Apabila *button* ditekan selama kurang lebih 2 detik sistem tersebut akan memasuki mode pembacaan secara *offline*. Apabila *button* tidak ditekan sistem tersebut



akan memasuki mode *online*. Peletakkan jari pada sensor pada kedua mode tersebut sama. Setelah data detak jantung, saturasi oksigen, dan kadar gula darah terdeteksi, pada metode *offline* ditandai dengan memproses logika fuzzy dan menampilkannya pada TFT Sedangkan pada metode *online*, ketika data telah terdeteksi mikrokontroler ESP32 akan membaca data tersebut, memroses logika fuzzy, hasil tertampil pada TFT dan mengirimkannya pada *database firebase*. Hasil pembacaan akan tertampil pada aplikasi dan dapat disimpan. Penggunaan metode *offline* tidak dapat digunakan untuk menyimpan data pada aplikasi karena tidak adanya sambungan *hotspot*.

Perancangan *fuzzy* diawali dengan mendefinisikan fungsi keanggotaan atau bisa disebut dengan *membership function* atau derajat keanggotaan. Pada sistem ini menggunakan metode sugeno orde nol. Perancangan *fuzzy* yaitu menggunakan 2 input pada fungsi keanggotaan yaitu kadar glukosa setelah makan (Glukosa\_PP) dan kadar glukosa puasa (Glukosa\_Puasa). *Membership function* perancangan logika fuzzy dari Glukosa PP dapat ditunjukkan pada Gambar 5



Gambar 5 Input fungsi keanggotaan kadar glukosa PP

Kadar glukosa dinyatakan rendah apabila berada pada rentang 0 – 80 mg/dl. Kadar glukosa bernilai normal apabila berada pada rentang 80 – 140 mg/dl dan dikatakan tinggi apabila berada pada rentang 140 – 200 mg/dl.

TABEL II : *Rule base* Glukosa PP

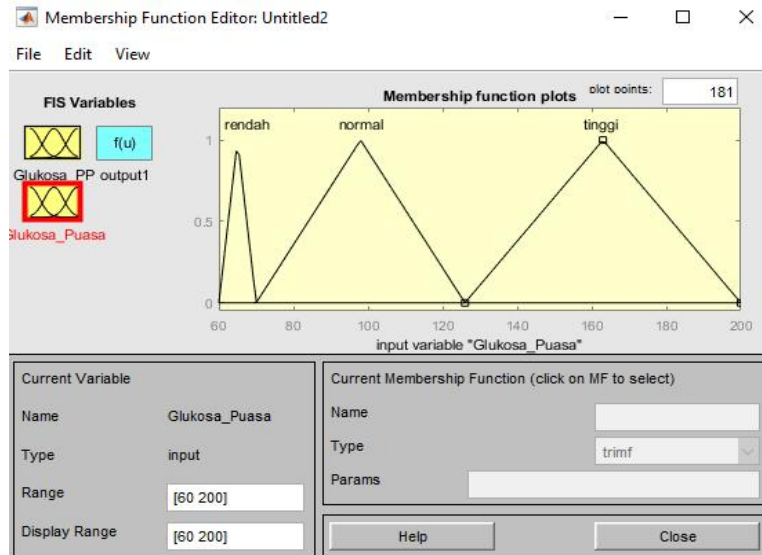
**Kadar Glukosa Setelah Makan**

	Rendah	Normal	Tinggi
Rendah	Rendah	Normal	Tinggi

Tabel *rule base* pada kadar glukosa setelah makan dapat dijabarkan sebagai berikut :

1. *If* Glukosa\_PP *is* rendah *then* glukosa setelah makan *is* rendah
2. *If* Glukosa\_PP *is* normal *then* glukosa setelah makan *is* normal
3. *If* Glukosa\_PP *is* tinggi *then* glukosa setelah makan *is* tinggi





Gambar 6 Input fungsi keanggotaan kadar glukosa PP

Membership function perancangan logika fuzzy dari kadar gula saat puasa dapat ditunjukkan pada Gambar 6. Kadar glukosa dinyatakan rendah apabila berada pada rentang 60 – 70 mg/dl. Kadar glukosa bernilai normal apabila berada pada rentang 80 – 126 mg/dl dan dikatakan tinggi apabila berada pada rentang 126 – 200 mg/dl.

TABEL III : Rule base Glukosa Puasa

**Kadar Glukosa Setelah Makan**

Rendah	Normal	Tinggi
Rendah	Normal	Tinggi

Tabel rule base pada kadar glukosa setelah makan dapat dijabarkan sebagai berikut :

1. If Glukosa\_Puasa is rendah then glukosa setelah makan is rendah
2. If Glukosa\_Puasa is normal then glukosa setelah makan is normal
3. If Glukosa\_Puasa is tinggi then glukosa setelah makan is tinggi

**3. HASIL DAN PEMBAHASAN**

Tujuan pengujian dan analisa dilaksanakan yaitu untuk menampilkan data yang diperoleh, menguji hipotesis, dan menunjukkan kinerja alat. Data hasil pengujian akan dibandingkan dengan alat ukur yang telah ada. Kemudian, perhitungan kesalahan (error) alat juga dilakukan untuk mengetahui kekurangan dan letak kesalahan alat tersebut. Proses pengujian dibagi menjadi beberapa bagian diantaranya :

**3.1 Pengujian Sensor MAX30100**

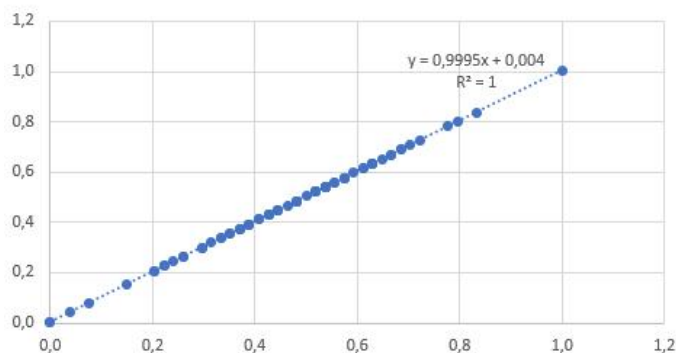
Pengujian sensor bertujuan untuk mengetahui beberapa persentase error pada alat. Persentase error dapat dinyatakan menggunakan rumus :

$$\% \text{ Error} = \frac{(\text{Nilai alat pembanding} - \text{Nilai alat yang dibuat})}{\text{Nilai alat pembanding}} \times 100\% \quad (1)$$

Kalibrasi menggunakan metode regresi linear pada microsoft excel. Gambar 7 merupakan grafik persamaan linear.







Gambar 7. Grafik Kalibrasi Alat

Persamaan linear dari grafik diatas yaitu

$$y = 0,9995x + 0,004 \text{ dengan } R^2 = 1 \quad (2)$$

Tabel IV merupakan tabel pengujian antara alat pembanding dengan alat yang dibuat. Menggunakan persamaan (1) ditemukan nilai *error* pada setiap pengujian yang tertera pada Tabel V.

TABEL IV : Tabel pengujian

Alat Pembanding		Alat Buatan			
Saturasi O <sub>2</sub>	Detak Jantung (bpm)	Saturasi O <sub>2</sub>	Detak Jantung (bpm)	Saturasi O <sub>2</sub>	Detak Jantung (bpm)
98	87	98	87	98	87
99	76	99	76	99	76
98	76	98	76	98	76
98	86	98	86	98	86
98	97	98	97	98	97

TABEL V : Perhitungan *Error*

Persentase Nilai *Error* (%)

Saturasi O <sub>2</sub>	Detak Jantung	Glukosa
2,04%	5,75%	13,21%
2,02%	14,47%	7,50%
1,02%	11,84%	7,04%
1,02%	2,33%	2,47%
1,02%	1,03%	1,02%





Dari kelima data diatas diperoleh rata – rata nilai error pada saturasi oksigen sebesar 1,42% , detak jantung sebesar 7,084% dan pada glukosa sebesar 6,248% .

### 3.2 Pengujian *Interface* dan IoT

Pengujian *interface* dan IoT bertujuan untuk memeriksa nilai output sensor dan nilai output fuzzy apakah telah sesuai atau tidak. Nilai output yang diperiksa berasal dari alat dan aplikasi yang dibuat. Gambar 8 merupakan hasil *interface* dari aplikasi dan Gambar 9 merupakan *database* aplikasi



Gambar 8 Hasil *interface* aplikasi



Gambar 9 Hasil *database* aplikasi

Kedua gambar diatas menunjukkan bahwa nilai output sensor dan nilai output fuzzy dari alat yang terkirim ke database telah sesuai dengan yang tertampil pada aplikasi.

### 3.3 Pengujian Keseluruhan

Tujuan dari pengujian keseluruhan sistem adalah untuk mengevaluasi kinerja sistem telah sesuai dengan perancangan yang telah ditetapkan atau tidak. Hasil pengujian dari seluruh sistem tertera pada Tabel VI

TABEL VI : Pengujian Keseluruhan Sistem

Pengujian Keseluruhan Sistem				
Sensor	Tampilan	Parsing	Hasil	Aplikasi
MAX30100	TFT	Data ke Firebase	Metode Fuzzy	
✓	✓	✓	✓	✓



Berdasarkan tabel diatas pembacaan sensor, tampilan TFT, parsing data ke firebase, hasil metode fuzzy dan aplikasi dapat bekerja dengan baik dan sesuai perancangan.

#### 4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan, dapat ditarik kesimpulan mengenai tingkat akurasi pengukuran kadar gula darah menggunakan *non-Invasive* sensor berupa MAX30100 sebesar 93,752% dengan nilai *error* 6,248%. Sedangkan untuk persentase *error* pada pengukuran detak jantung sebesar 7,084% dan untuk saturasi oksigen sebesar 1,42%. Nilai error dapat diperkecil dengan menambah sampel pada variabel saturasi oksigen, detak jantung dan glukosa. Pengimplementasian IoT pada sistem ini telah terealisasi dengan menggunakan ESP32 sebagai pemroses data input dan pengirim data ke *firebase database*. Selain itu, *fuzzy* Sugeno pada sistem ini telah terealisasi dengan baik dikarenakan sistem tersebut telah berhasil menentukan apakah nilai sensor termasuk kedalam kategori rendah, normal atau tinggi.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Y. Yuliasih and S. Mulyono, "EFEKTIFITAS TELEMONITORING TERHADAP PENURUNAN HOSPITALISASI PASIEN COVID 19 ISOLASI MANDIRI DI RUMAH: STUDI LITERATUR," *J. Kesehatan. Tambusai* vol. 2, no. 4, 2021, doi: 10.31004/jkt.v2i4.2820.
- [2] P. Madona, E. Saputra, H. N. Syamsir, and P. C. Riau, "Alat Ukur Kadar Gula Darah dan Informasi Dosis Insulin Berbasis Sinyal Photoplethysmograph (PPG)," 2018.
- [3] D. Atmajaya, W. O. S. Asnaniar, and A. Haris, "PKM PENDETEKSI KADAR GULA DARAH BERBASIS MIKROKONTROLER DI PUSKESMAS SAMATA GOWA," *J. Penelit. dan Pengabd. Kpd. Masy. UNSIQ* vol. 8, no. 2, 2021, doi: 10.32699/ppkm.v8i2.1580.
- [4] D. Sutarya, "Sistem Monitoring Kadar Gula Darah, Kolesterol dan Asam Urat secara Non Invasive menggunakan Sensor GY-MAX 30100," *J. JOULE*, vol. Vol 1, no. 25–34, pp. 1907–2546, 2021, [Online]. Available: <http://journal.univpancasila.ac.id/index.php/joule/>
- [5] E. Susana, K. Ramli, H. Murfi, and N. H. Apriantoro, "Non-Invasive Classification of Blood Glucose Level for Early Detection Diabetes Based on Photoplethysmography Signal," *Inf.* vol. 13, no. 2, 2022, doi: 10.3390/info13020059.
- [6] S. Haxha and J. Jhoja, "Optical Based Noninvasive Glucose Monitoring Sensor Prototype," *IEEE Photonics J.*, vol. 8, no. 6, pp. 1–10, 2016, doi: 10.1109/JPHOT.2016.2616491.
- [7] R. Yurizal, A. Novianty, and A. Luhur, "Design and Analysis Photoplethysmograph Signal for Blood," *e-Proceeding Eng.*, vol. 4, no. 1, pp. 864–870, 2017.
- [8] G. M. R. R. and S. Baliga, "Implementation of Non-Invasive Blood Glucose Monitoring System," *Int. J. Eng. Res. Electron. Commun. Eng.*, vol. 9, no. 8, pp. 15–21, 2022, doi: 10.36647/ijerece/09.08.a004.
- [9] S. Sathishkumar, S. Balasubramanian, D. Sridhar, R. Ramesh, and M. G. Sumithra, "IR-RING: Non-invasive Continuous Blood Glucose Monitor," *6th Int. Conf. Electron. Commun. Aerosp. Technol. ICECA 2022 - Proc.*, pp. 330–334, 2022, doi: 10.1109/ICECA55336.2022.10009344.
- [10] H. Y. Darmawan *et al.*, "Non-Invasive IoT Home Medical Check-up Programming to Monitor Blood Sugar, Cholesterol, Uric Acid, and Body Temperature," *2022 5th Int. Conf. Comput. Informatics Eng. IC2IE 2022*, pp. 236–240, 2022, doi: 10.1109/IC2IE56416.2022.9970087.
- [11] T. Romadhoni, E. D. Setioningsih, and M. P. A. T. Putra, "Photoplethysmograph Portable," *J. Teknokes*, vol. 12, no. 1, pp. 21–26, 2019, doi: 10.35882/teknokes.v12i1.4.
- [12] H. Jaya *et al.*, *Kecerdasan Buatan*, vol. 53, no. 9, 2018.
- [13] S. Plowerita, A. S. Handayani, I. Hadi, and N. L. Husni, "Sistem Monitoring Kesehatan Dalam Penentuan Kondisi Tubuh Dengan Metode Fuzzy Mamdani," *PROtek J. Ilm. Tek. Elektro*, vol. 8, no. 2, p. 102, 2021, doi: 10.33387/protk.v8i2.3341.
- [14] A. Setiawan, B. Yanto, and K. Yasdomi, *Logika Fuzzy Dengan Matlab*. 2018.
- [15] I. N. B. Hartawan and I. W. Sudiarsa, "ANALISIS KINERJA INTERNET OF THINGS BERBASIS FIREBASE REAL-TIME DATABASE," *J. Resist. (Rekayasa Sist. Komputer)*, vol. 2, no. 1, 2019, doi: 10.31598/jurnalresistor.v2i1.371.
- [16] E. D. Kartiningrum, *Aplikasi Regresi dan Korelasi Dalam Analisis Data Hasil Penelitian*. 2022.
- [17] A. Asfihan, "Uji Asumsi Klasik: Jenis-jenis Uji Asumsi Klasik," *Fe Unisma*, pp. 1–11, 2021, [Online]. Available: <http://fe.unisma.ac.id/MATERI-AJAR-DOSEN/EKOMETRIK/AriRiz/MA-Uji-Normalitas.pdf%0Ahttps://adalah.co.id/uji-asmusi-klasik/>

