



Alat Pendeteksi Kadar Gula Darah Menggunakan Teknik Non-Invasive Berbasis NodeMCU ESP8266

Nina Mulana, Budi Darmawan, I Made Budi Suksmadana*

Fakultas Teknik, Program Studi Teknik Elektro, Universitas Mataram, Mataram, Indonesia

Email: ¹ninamulana1999@gmail.com, ²budidarmawan@unram.ac.id, ^{3,*}mbudisuks@unram.ac.id

INFORMASI ARTIKEL

Histori Artikel:

Submitted : Nov 11, 2024

Accepted : Nov 30, 2024

Published : Nov 30, 2024

KORESPONDENSI

Email: mbudisuks@unram.ac.id

A B S T R A K

Proyek ini berfokus pada pengembangan alat non-invasive untuk mendeteksi kadar gula darah menggunakan sistem berbasis IoT menggunakan NodeMCU ESP8266 sebagai mikroprosesornya. Masalah kesehatan terkait diabetes semakin meningkat, sehingga diperlukan pemantauan kadar gula darah secara rutin. Metode invasive sering membuat individu enggan karena ketidaknyamanan pengambilan sampel darah. Studi ini memanfaatkan teknik spektroskopi reflektansi difus dimana cahaya tersebar saat berinteraksi dengan jaringan manusia, memungkinkan pengukuran non-invasive. Dengan mengintegrasikan foto dioda dan LED super terang dengan mikrokontroler NodeMCU ESP8266, alat ini membaca kadar gula darah melalui menempatkan jari. Hasil pengukuran ditampilkan pada layar LCD dan dikirimkan ke Bot Telegram. Sistem ini bertujuan untuk menyediakan alternatif yang nyaman dan tanpa rasa sakit bagi pemantau gula darah secara rutin, terutama bagi individu dengan diabetes. Setelah dilakukan perancangan dan pembuatan alat deteksi kadar gula darah secara non-invasive selanjutnya dilakukan pengujian sehingga didapat persentase error dari alat yang telah dibuat sebesar 2.38% dan tingkat akurasi pengukuran alat sebesar 97.62% dengan pengambilan data sebanyak sepuluh kali pada orang yang berbeda.

Kata Kunci: Kadar Gula Darah; Non-Invasive; Arduino; IoT; NodeMCU ESP8266

A B S T R A C T

This project focuses on the development of a non-invasive blood glucose detection device using an IoT based system with NodeMCU ESP8266 as its microprocessor. The rising health issues related to diabetes call for regular blood sampling. This study utilizes diffuse reflectance spectroscopy, where light is scattered when interacting with human tissue, enabling non-invasive measurement. By integrating a photodiode and high-brightness LEDs with the NodeMCU ESP8266 microcontroller, the device measures blood glucose levels through finger placement. The results are displayed on an LCD screen and sent to a Telegram Bot. This system aims to provide a convenient and painless alternative for routine blood glucose monitoring, especially for individuals with diabetes. After the design and construction of the non-invasive blood glucose detection device, testing was conducted, yielding an error percentage of 2.38% and a measurement accuracy rate of 97.62% based on ten data collection from different individuals.

Keywords: Blood Glucose Levels; Non-Invasive; Arduino; IoT; NodeMCU ESP8266

1. PENDAHULUAN

Gula darah atau glukosa adalah sekelompok senyawa karbohidrat sederhana atau monosakarida yang berfungsi sebagai sumber energi untuk sel-sel tubuh. Glukosa sering terdapat pada buah-buahan. Kadar glukosa normal dalam darah adalah 70 mg/dl sampai 130 mg/dl. Kadar ini akan bertambah jika mengonsumsi makanan yang mengandung karbohidrat tinggi. Jika kadar glukosa dalam darah manusia dibawah 70 mg/dl akan mengalami hipoglikemia, sedangkan jika diatas 200 mg/dl akan mengalami hiperglikemia atau sering dikenal dengan diabetes[1]. Diabetes adalah penyakit kronis yang ditandai dengan ciri-ciri berupa tingginya kadar gula darah (glukosa) dalam darah. Penderita diabetes secara umum dibagi menjadi dua jenis yaitu diabetes tipe 1 terjadi karena sistem kekebalan tubuh penderita menyerang dan menghancurkan sel pankreas yang memproduksi insulin[2]. Diabetes tipe 2 disebabkan oleh sel-sel tubuh yang menjadi kurang sensitive terhadap insulin, sehingga insulin yang dihasilkan tidak dapat dipergunakan dengan baik (resistensi sel tubuh terhadap insulin). Penyakit ini adalah salah satu jenis Penyakit Tidak Menular (PTM) pada manusia yang saat ini menjadi ancaman serius bagi keselamatan manusia khususnya di Negara Indonesia. Berdasarkan data yang dikeluarkan oleh International Diabetes Federation (IDF) atlas 2017, Negara

Indonesia menduduki peringkat keenam didunia setelah Tiongkok, India, Amerika Serikat, Brazil dan Meksiko. Selain itu berdasarkan Riset Kesehatan Dasar (RiKesDas) menunjukkan peningkatan angka prevelensi diabetes yang cukup signifikan yaitu 6.9% ditahun 2013 menjadi 8.5% ditahun 2018[3].

Salah satu alasan masyarakat enggan mengukur kadar darah dalam tubuhnya adalah dikarenakan perlunya sampel darah (invasive) untuk menganalisa kadar tersebut[4]. Oleh karena itu dikembangkan metode analisa tanpa membutuhkan sampel darah atau melukai pasien yang disebut metode non-invasive secara akurat, presisi serta mudah digunakan[5]. Pengukuran ini menggunakan teknik Diffuse Reflectance Spectroscopy dengan memanfaatkan teknik hamburan (scattering) ketika cahaya memasuki jaringan kulit sebagai reflektansi diffuse bergantung pada koefisien penyerapan (absorption coefficient) dan koefisien hamburan tereduksi (reduced scattering coefficient)[6]. Koefisien tersebut dapat digunakan pada pengukuran kulit manusia untuk mendapatkan beberapa informasi kandungan kromofor dalam jaringan seperti kadar kolesterol, gula darah, melanin, oxyhemoglobin dan lain-lain. Alat ukur kadar glukosa darah menggunakan teknik non-invasive memanfaatkan NodeMCU ESP8266 sebagai mikrokontroler pada prototype yang dimana menggunakan jari yang ditempatkan antara Light Emitting Dioda (LED) super bright dan sensor fotodioda sebagai penerimanya[7].

NodeMCU ESP8266 adalah platform IoT (Internet Of Things) yang berbasis pada modul ESP8266 yang dikembangkan oleh Espressif Systems[8]. Modul ini menjadi populer karena menggabungkan fungsionalitas mikrokontroler dan konektivitas Wi-Fi dalam satu perangkat dengan biaya yang relatif murah dan mudah digunakan. NodeMCU adalah firmware open-source yang berjalan pada modul ESP8266, dan dilengkapi dengan interpreter bahasa Lua, meskipun pengguna juga dapat memprogram modul ini menggunakan bahasa pemrograman lain seperti C++ dengan menggunakan lingkungan pengembangan Arduino IDE[9].

Fotodioda adalah salah satu jenis dioda semikonduktor yang dirancang untuk mendeteksi cahaya. Perangkat ini bekerja dengan memanfaatkan sifat semikonduktor yang berubah ketika terkena cahaya. Fotodioda biasanya digunakan dalam aplikasi yang memerlukan pengukuran intensitas cahaya atau deteksi cahaya, seperti sensor cahaya, perangkat optoelektronik, dan komunikasi berbasis cahaya (fiber optic communication)[10].

LED adalah komponen semikonduktor yang memancarkan cahaya ketika dialiri oleh arus listrik dalam arah maju (forward bias). LED merupakan salah satu komponen yang sangat penting dalam teknologi modern karena penggunaannya yang luas dalam berbagai aplikasi, mulai dari pencahayaan, indikator pada perangkat elektronik, hingga layar tampilan[11]. Teknologi LED terus berkembang dan menjadi pilihan utama karena efisiensi energi yang tinggi, umur panjang, serta kemampuannya untuk menghasilkan cahaya dalam berbagai warna[12].

Suryono dan Hambali (2020), melakukan penelitian yang berjudul “Perancangan Alat Pengukur Kadar Gula Dalam Darah Menggunakan Teknik Non-invasive Berbasis Mikrokontroler Arduino Uno”. Di dalam penelitian ini memanfaatkan fenomena optik berupa terjadinya penyerapan panjang gelombang gula darah yaitu antara 720-2500 nm. Di dalam penelitian ini digunakan rangkaian power supply, rangkaian sensor infrared, photodiode, push button dan LCD. Pengumpulan data dilakukan dengan melakukan survey di Poliklinik Negeri Padang. Alat ukur kadar gula darah non-invasive dibuat dengan cara membaca daya yang diterima oleh photodiode yang dipancarkan oleh sensor infrared. Hasil pembacaan sensor akan ditampilkan pada LCD[13].

Zhang dan Li (2023) melakukan penelitian berjudul 'Pemantauan Kadar Gula Darah Non-Invasif Real-Time Melalui Spektroskopi Inframerah Dekat.' Studi ini meneliti sebuah perangkat yang menggunakan cahaya inframerah dekat (NIR) untuk mengukur kadar glukosa dalam darah secara non-invasif. Perangkat ini memanfaatkan panjang gelombang spesifik yang diserap oleh molekul glukosa, memungkinkan pemantauan secara real-time tanpa perlu sampel darah. Pengujian dilakukan pada subjek manusia dengan interval waktu 30 detik, dan hasilnya menunjukkan tingkat akurasi sebesar 89% dibandingkan dengan metode invasif tradisional. Uji statistik, termasuk uji t-berpasangan, menunjukkan korelasi yang kuat ($p < 0,05$) antara hasil pengukuran perangkat dan hasil laboratorium, menunjukkan potensi teknologi non-invasif ini untuk aplikasi klinis[14].

Pionis dkk. (2024) telah melakukan penelitian dengan judul “Rancang Bangun Alat Pengukur Kadar Glukosa Darah Non-Invasif Berbasis ESP 8266 Terintegrasi Thingspeak dan Apsensi Biometrik”. Tujuannya adalah untuk memantau kadar glukosa darah serta data pasien secara efektif. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pengukuran kadar glukosa darah dapat dipantau melalui ThingSpeak dan data pasien dapat diinput ke aplikasi absensi biometrik. Dalam perbandingan dengan alat glukometer Easy Touch GCU, alat glukometer non-invasif yang dikembangkan memiliki persentase error tertinggi sebesar 3.23% dan terendah sebesar 1.55%[15].

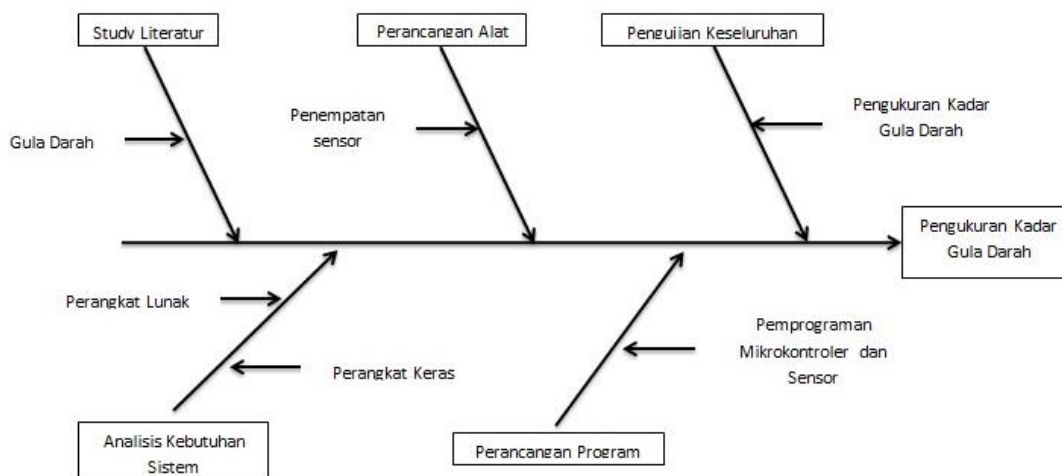
Dede Sutarya (2021) melakukan penelitian dengan judul “Sistem Monitoring Kadar Gula Darah, Kolesterol dan Asam Urat secara Non Invasive menggunakan Sensor GY-MAX 30100”. Hasil penelitian pada pengukuran kadar gula darah mendapatkan nilai kesalahan pengukuran sebesar 2,86%. Pengujian standar deviasi rata-rata 2,72 % serta ketelitian pengukuran 97,13 %. 2. Pada pengukuran kadar kolesterol mendapatkan nilai kesalahan pengukuran sebesar 2,86%. Pengujian standar deviasi rata-rata 4,43 % serta ketelitian pengukuran 97,13 %[16].

Penelitian yang dilakukan penulis memiliki perbedaan dengan penelitian-penelitian sebelumnya pada beberapa aspek yang pertama penambahan fitur IoT dengan integrasi Bot Telegram untuk menerima hasil pengukuran kadar gula darah dan kedua penggunaan NodeMCU sebagai mikrokontroler agar dapat mendukung WiFi agar alat dapat mengirim pesan secara real time ke Bot Telegram.

2. METODOLOGI PENELITIAN

2.1 Tahapan Penelitian

Dalam pelaksanaan penelitian ini peneliti menggunakan metode pendekatan diagram fishbone. Tahapan – tahapan yang akan dilakukan dapat dilihat pada gambar 1.

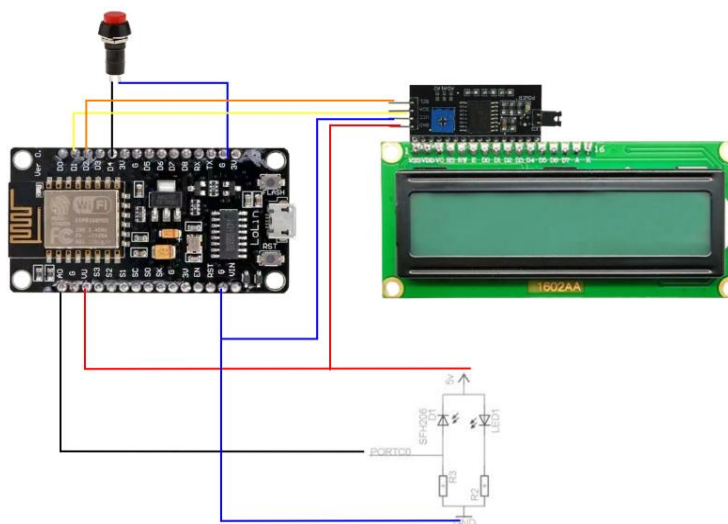


Gambar 1. Diagram Fishbone metode penelitian

Dari diagram fishbone pada Gambar 1 dapat dilihat bahwa pembahasan bagian pangkal dimulai dari studi literatur agar mengetahui tentang fotodiode, dan LED. Selanjutnya, pembahasan mengenai analisis kebutuhan sistem, perancangan mekanik yang meliputi penempatan sensor, perancangan program, pengujian data, dan pengujian sistem secara keseluruhan sehingga akan mempermudah peneliti dalam meneliti dan mengevaluasi program. Penelitian ini dilakukan di laboratorium Elektronika dan Digital, Fakultas Teknik Universitas Mataram dan di rumah peneliti.

2.2 Perancangan Perangkat Keras (Hardware)

Rancangan perangkat keras untuk alat pendeteksi kadar gula darah non invasif dapat dilihat pada Gambar 2 berikut ini.



Gambar 2. Rancangan perangkat keras alat pendeteksi kadar gula darah dan kolesterol non-invasif

Pada Gambar 2 dapat dilihat rancangan perangkat keras alat yang dibuat. Berdasarkan gambar tersebut dapat diketahui sensor fotodiode di rangkai dengan LED dan 2 buah resistor dimana outputnya dihubungkan ke pin A0 NodeMCU, sisanya ke VCC dan GND. Push button dihubungkan ke pin D4 NodeMCU dan kaki lainnya ke GND, selanjutnya untuk LCD dirangkai menggunakan IC I2C untuk menghemat penggunaan pin NodeMCU sehingga hanya menggunakan 4 konektor, kaki pertama dihubungkan ke VCC, kaki kedua ke GND dan sisanya secara berturut-turut dihubungkan ke pin D1 dan D2 NodeMCU.

2.3 Perancangan Perangkat Lunak (Software)

Perancangan perangkat lunak untuk mikrokontroller dilakukan dengan membuat program pada aplikasi Arduino IDE yang menggunakan bahasa pemrograman sendiri yang menyerupai bahasa C[17]. Program yang dibuat akan berdasarkan dari skema perangkat keras yang telah dirancang untuk menjalankan perintah-perintah yang ditentukan.



Gambar 3. Flowchart program Arduino sebelum dilakukan kalibrasi data ADC dan data sampel kadar gula darah.

Pada Gambar 3 dapat kita ketahui bahwa program dibuat untuk menghasilkan data ADC yang dihasilkan dari pancaran cahaya LED yang melalui jari tangan lalu diterima Foto Dioda lalu ditampilkan pada LCD dan Bot Telegram.

Regresi linier adalah metode statistika yang digunakan untuk memodelkan hubungan antara satu variabel independen (prediktor) dan satu variabel dependen (respon)[18]. Tujuannya adalah untuk menemukan hubungan linier di antara variabel-variabel tersebut sehingga nilai variabel dependen dapat diprediksi berdasarkan nilai variabel independen. Model regresi linier biasanya digunakan dalam berbagai bidang seperti ekonomi, ilmu sosial, ilmu alam, dan teknik[19]. Secara matematis, regresi linier dapat dinyatakan dengan rumus:

$$y = \alpha + bx + \epsilon \quad (1)$$

Di mana:

y adalah variabel dependen yang akan diprediksi,

x adalah variabel independen yang digunakan untuk prediksi,

a adalah intercept, yaitu nilai y saat $x = 0$,

$$\alpha = \bar{y} - b\bar{x} \quad (2)$$

b adalah slope (gradien) yang menunjukkan perubahan rata-rata y untuk setiap perubahan satu unit x

$$b = \frac{\sum(x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sum(x_i - \bar{x})^2} \quad (3)$$

ϵ adalah error atau residu, yang mencerminkan perbedaan antara nilai yang diprediksi dan nilai aktual[20].

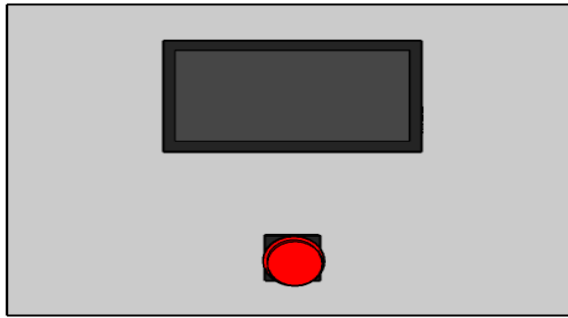


Gambar 4. Flowchart program Arduino sebelum dilakukan kalibrasi data ADC dan data sampel kadar gula darah.

Pada Gambar 4 melakukan hal yang sama akan tetapi ada proses tambahan yaitu konversi nilai ADC menjadi nilai kadar gula darah non invasif yang menggunakan persamaan yang dihasilkan dari penyelesaian interpolasi linier antara data ADC dan data kadar gula darah non invasif yang dihasilkan dari alat ukur yang digunakan sebagai kalibrator.

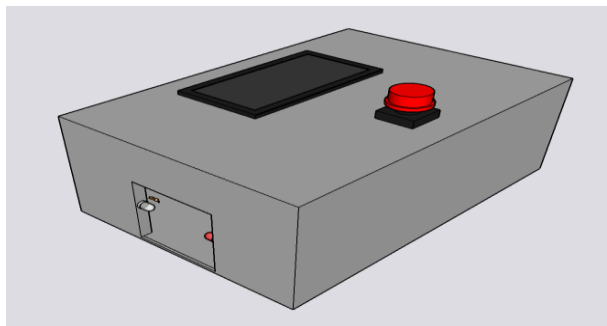
2.4 Perancangan Mekanik

Perancangan ini berfokus pada rancangan dan pembuatan alat pengukur kadar gula darah non invasif yang dimulai dengan desain menggunakan software sampai rakitan menggunakan bahan triplek.



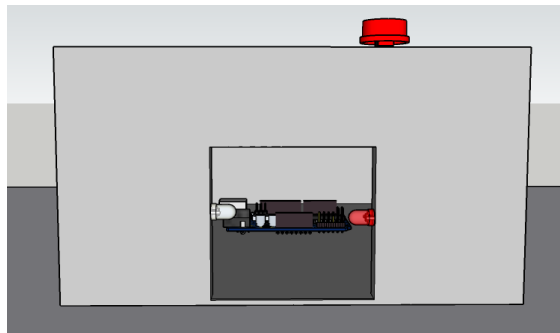
Gambar 5. Alat pengukur kadar gula darah non invasif tampak atas.

Pada Gambar 5 ditunjukkan alat yang dibuat tampak atas, dapat dilihat pada bagian atas alat terdapat LCD dan tombol. Dimana LCD berfungsi untuk menampilkan informasi cara menggunakan alat, dan nilai kadar gula darah setelah melakukan pengukuran dengan alat ini.



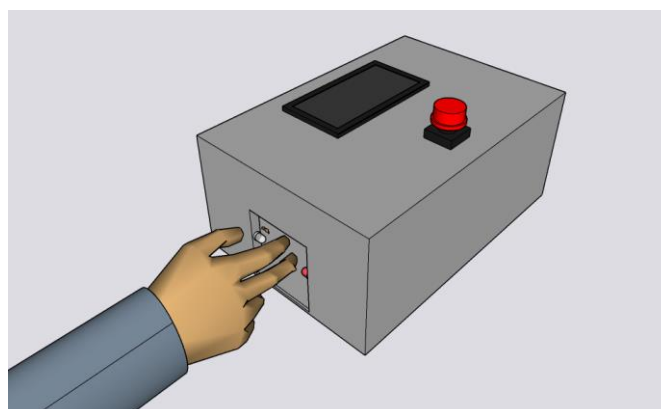
Gambar 6. Alat pengukur kadar gula darah non invasif tampak samping.

Pada Gambar 6 dapat dilihat bahwa bagian samping alat tidak terdapat apapun hanya casing pelindung saja.



Gambar 7. Alat pengukur kadar gula darah non invasif tampak depan.

Pada Gambar 7 dapat dilihat tampak depan alat yang menunjukkan sebuah lubang yang merupakan tempat jari pengguna dimasukkan ketika akan mengukur kadar gula darah menggunakan alat ini.



Gambar 8. Alat pengukur kadar gula darah non invasif saat digunakan.

Pada Gambar 8 ditunjukkan cara memasukkan jari ke dalam alat melalui bagian depannya ketika pengguna melakukan pengukuran kadar gula darah secara non invasif.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Alat pendeteksi kadar gula darah dan kolesterol yang dibuat selanjutnya akan digunakan terlebih dahulu untuk mengambil data ADC seperti yang dijelaskan pada **Gambar 3** yang nantinya data tersebut akan digunakan untuk membuat rumus konversi data ADC menjadi data kadar gula darah non invasif sesuai dengan flowchart pada Gambar 4 yang merupakan pengembangan alat.

3.1 Pengambilan Data ADC dan Kadar Gula Darah

Cara pengambilan data ADC akan dilakukan menggunakan alat dengan cara seperti ditampilkan pada **Gambar 8** sehingga didapatkan data ADC seperti pada tabel berikut ini.

Tabel 1. Data ADC dan data kadar gula darah yang diukur secara 74nvasive

No	Data ADC	Hasil Ukur Alat Invasif Gula Darah
1	12	80
2	17	85
3	24	90
4	29	96
5	32	100
6	37	105
7	43	111
8	48	117
9	54	122
10	59	127

Pada Tabel 1 terdapat dua data yaitu data ADC dan data hasil ukur alat invasive gula darah. Data ADC didapatkan dengan melakukan pengukuran pada pengguna menggunakan alat yang sudah dibuat namun belum dikalibrasi, dan data gula darah pengguna dihasilkan dari pengukuran yang dilakukan menggunakan alat ukur kadar gula darah invasive. Kedua data pada Tabel 1 akan digunakan sebagai data untuk membuat persamaan konversi data ADC ke data kadar gula darah sesungguhnya.

3.2 Pemrosesan Data ADC dan Data Kadar Gula Darah

Dalam pemrosesan data ADC dan kadar gula darah yang diambil menggunakan alat ukur kadar gula darah sebagai acuan kalibrasi modul yang akan dibuat, penulis menggunakan metode regresi linier dimana persamaannya dapat dilihat pada persamaan (1), (2) dan (3). Untuk menghasilkan persamaan regresi seperti bentuk persamaan (1) maka akan dilakukan pemrosesan terhadap data yang sudah didapat pada Tabel 1 dimana data ADC kita jadikan nilai y dan data kadar gula darah menjadi nilai x melalui Langkah-langkah berikut ini.

Langkah 1: hitung rata-rata dari x dan y dimana $\bar{x} = 35,5$ dan $\bar{y} = 103.3$

Langkah 2: hitung slope (b) menggunakan persamaan (3) $b = 0.98$

Langkah 3: hitung intercept (α) menggunakan persamaan (2) $\alpha = -65.64$

Dari perhitungan, rumus regresi liniernya adalah $y = -65.64 + 0.98x$

$$y = -65.64 + 0.98x \quad (4)$$

Karena yang ingin kita gunakan pada alat yang kita buat adalah untuk memprediksi nilai x (kadar gula darah), maka kita bisa merubah bentuk persamaan (4) menjadi persamaan berikut.

$$x = \frac{y+65.64}{0.98} \quad (5)$$

Persamaan (5) akan kita masukkan ke dalam program arduino yang sudah kita buat sebelumnya, sehingga program kita akan berjalan seperti flowchart pada Gambar 3. (b).

3.3 Pengujian Alat Deteksi Kadar Gula Darah Non Invasif

Pengujian modul dilakukan untuk mengetahui tingkat akurasi alat yang dibuat dibandingkan dengan alat ukur kadar gula darah konvensional (invasive). Pengujian dilakukan dengan mengambil ulang kadar gula darah menggunakan alat invasif dan alat non invasif yang dibuat penulis dalam waktu yang hampir bersamaan. Berikut dapat dilihat hasil pengukuran masing-masing alat ukur dan presentase error pada setiap pengukuran yang dilakukan disajikan dalam Tabel 2.

Tabel 2. Hasil pengukuran kadar gula darah invasif dan non invasif

No	Alat Ukur Invasif	Alat Ukur Non Invasif	Persentase Error (%)
1	85	89	4.7059
2	85	85	0.0000
3	95	97	2.1053

No	Alat Ukur Invasif	Alat Ukur Non Invasif	Persentase Error (%)
4	96	96	0.0000
5	100	104	4.0000
6	110	112	1.8182
7	110	114	3.6364
8	115	120	4.3478
9	120	120	0.0000
10	130	126	3.1746

Pada Tabel 2 terdapat hasil pengukuran kadar gula darah menggunakan alat ukur yang dibuat (non-invasif) dan alat ukur invasif. Data pada Tabel 2 merupakan hasil pengujian alat ukur non invasif yang dibuat. Pengambilan data kadar gula darah pengguna dilakukan dalam waktu hampir bersamaan agar tidak ada perubahan drastis pada kadar gula darah orang yang diukur kadar gula darahnya. Berdasarkan Tabel 2 dapat kita ketahui dari sepuluh data didapatkan nilai rata-rata presentase error sebesar 2.38% dan tingkat akurasi pengukuran alat sebesar 97.62%.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan rancangan dan pembuatan alat deteksi kadar gula darah non invasif yang dilakukan oleh penulis yang dimulai dari studi literatur, rancangan sistem, pembuatan program sampai penyelesaian pembuatannya akhirnya sampai pada Kesimpulan penelitian. Pada pengembangan alat non-invasif untuk mendeteksi kadar gula darah menggunakan sistem berbasis IoT menggunakan nodeMCU ESP8266 sebagai mikroprosesornya. Masalah kesehatan terkait diabetes semakin meningkat, sehingga diperlukan pemantauan kadar gula darah secara rutin. Metode invasif tradisional sering membuat individu enggan karena ketidaknyamanan pengambilan sampel darah. Studi ini memanfaatkan teknik spektroskopi reflektansi difus, di mana cahaya tersebar saat berinteraksi dengan jaringan manusia, memungkinkan pengukuran non-invasif. Dengan mengintegrasikan foto dioda dan LED super terang dengan mikrokontroler NodeMCU ESP8266, alat ini membaca kadar gula darah melalui penempatan jari. Hasil pengukuran ditampilkan pada layar LCD dan dikirimkan ke Bot Telegram. Sistem ini bertujuan untuk menyediakan alternatif yang nyaman dan tanpa rasa sakit bagi pemantauan kadar gula darah secara rutin, terutama bagi individu dengan diabetes. Setelah dilakukan perancangan dan pembuatan alat deteksi kadar gula darah non invasif selanjutnya dilakukan pengujian sehingga didapat persentase error dari alat yang telah dibuat sebesar 2.38% dan tingkat akurasi pengukuran alat sebesar 97.62% dengan pengambilan data sebanyak sepuluh kali pada orang yang berbeda masing-masing sekali menggunakan alat invasif dan non invasif.

REFERENCES

- [1] A. Abbas Daoud, J. Lahia, E. Diab, and Ismaiel, "Non-invasive IR-based measurement of human blood glucose," *Eng. Proc.*, vol. 35, p. 27, 2023.
- [2] M. Al and A. F. Ali, "Smartphone-based non-invasive glucose monitoring: Optical detection technologies, progress, and future directions," *Sensors*, vol. 20, 2020.
- [3] H. Mansoor and A. Patel, "Non-invasive monitoring of glucose levels in diabetic patients using wearable sensors: Advances and trends," *IEEE Access*, vol. 11, 2023.
- [4] P. Annamalai, P. Gupta, and A. K. Dubey, "Non-invasive glucose monitoring using machine learning algorithms," *Expert Syst. Appl.*, vol. 143, 2020.
- [5] I. Prayogo, R. Alfita, and K. A. Wibisono, "Monitoring System for Heart Rate and Body Temperature as an IOT (Internet Of Thing)-Based Patient Health Level Indicator Using the Fuzzy Logic Method Using Android," *J. Electr. Comput. Eng. TRIAC*, vol. 4, no. 2, 2017.
- [6] B. Kaur, K. Mann, and S. Sharma, "A systematic review on non-invasive blood glucose monitoring methods using spectroscopy," *Biomed. Opt. Express*, vol. 11, 2020.
- [7] C. Anam, E-Book ESP8266. 2020.
- [8] A. D. Pangestu, F. Ardianto, and B. Alfaresi, "SISTEM MONITORING BEBAN LISTRIK BERBASIS ARDUINO NODEMCU ESP8266," *J. Ampere*, vol. 4, no. 1, p. 187, Jun. 2019, doi: 10.31851/ampere.v4i1.2745.
- [9] G. T. Herman, *Fundamentals of Computerized Tomography: Image Reconstruction from Projections*. 2009.
- [10] E. Jovanov, A. Milenkovic, and C. Otto, "Continuous and non-invasive blood glucose monitoring: Current and emerging technologies," *IEEE Rev. Biomed. Eng.*, vol. 14, 2021.
- [11] Mariza Wijayanti, "PROTOTYPE SMART HOME DENGAN NODEMCU ESP8266 BERBASIS IOT," *J. Ilm. Tek.*, vol. 1, no. 2, pp. 101–107, May 2022, doi: 10.56127/juit.v1i2.169.
- [12] W. Palmer and C. G. M. Shih, "Optical techniques for non-invasive glucose monitoring: A review of current technologies," *J. Sensors Actuators B Chem.*, vol. 364, 2022.
- [13] S. Hambali, "Perancangan Alat Pengukur Kadar Gula dalam Darah Menggunakan Teknik Non-Invasif Berbasis Mikrokontroler Arduino Uno," *Politek. Negeri Padang*, 2020.
- [14] L. Li and Z. W., "Real-time non-invasive blood glucose monitoring through near-infrared spectroscopy," *IEEE Trans. Biomed. Eng.*, vol. 70, 2023.
- [15] A. Pionis, R. Budi, and M. Rahman, "Rancang Bangun Alat Pengukur Kadar Glukosa Darah Non-Invasif Berbasis ESP 8266 Terintegrasi Thingspeak dan Absensi Biometrik," 2024.
- [16] S. D., "Sistem Monitoring Kadar Gula Darah, Kolesterol dan Asam Urat Secara Non-Invasif Menggunakan Sensor GY-MAX 30100," 2021.
- [17] Y. Z. Fathy, A. M. Sadek, and S. Mohamed, "Non-invasive glucose monitoring using optical methods—A review," *Opt. Laser Technol.*, vol. 126, 2020.

- [18] Z. Huang, H. Sun, and Q. Zhang, "Non-invasive blood glucose monitoring using Raman spectroscopy," *Biosens. Bioelectron.*, vol. 198, 2022.
- [19] Y. Kim, H. Lee, and J. Park, "Challenges in developing non-invasive glucose monitoring systems: A review of recent advances," *Biosens. Bioelectron.*, vol. 208, 2023.
- [20] R. S. Khandpur, *Biomedical Instrumentation: Technology and Applications*. McGraw Hill, 2004.