

Rancang Bangun Alat Ukur Kadar Gula Darah, Kolestrol, dan Asam Urat Non-Invasif Berbasis *Internet of Things* (IoT)**Agrippina Waya Rahmaning Gusti¹, Kemalasari¹, Mochammad Rochmad¹, Fatimah Az Zahro¹**agrippina@pens.ac.id, kemala@pens.ac.id, rochmad@pens.ac.id, fatimahazzahro20@gmail.com¹Teknik Elektronika, Departemen Teknik Elektro, Politeknik Elektronika Negeri Surabaya, Surabaya, Indonesia**Informasi Artikel**

Diterima : 17 Nov 2023

Direview : 20 Nov 2023

Disetujui : 27 Des 2023

Kata Kunci

MAX30105, Gula darah, Kolesterol, Asam urat, non-invasif

Abstrak

Diabetes dan penyakit kardiovaskular merupakan contoh dari penyakit tidak menular dengan prevalensi kejadian tertinggi. Salah satu cara mencegah penyakit mematikan tersebut yaitu dengan melakukan pengecekan kesehatan rutin. Alat deteksi kadar gula darah, kolesterol, dan asam urat yang beredar di pasaran bersifat invasif sehingga menimbulkan ketidaknyamanan terhadap jarum suntik saat pengambilan darah. Tujuan dari penelitian ini adalah merancang alat pengukur kadar gula darah, kolesterol, dan asam urat secara non-invasif dengan menggunakan sensor MAX30105. Sensor MAX30105 akan membaca nilai Infrared pada ujung jari yang kemudian dikonversikan ke dalam perhitungan nilai gula darah, kolesterol dan asam urat dengan metode regresi linier. Metode ini akan membandingkan nilai IR dari keluaran sensor dengan hasil pembacaan kadar gula darah, kolesterol, dan asam urat secara invasif sehingga membentuk persamaan regresi. Data hasil pengukuran kemudian akan dikirimkan melalui wifi ke aplikasi agar mudah dibaca. Berdasarkan hasil percobaan, didapatkan nilai akurasi pembacaan gula darah sebesar 91,44%, kolesterol 84,94% dan asam urat 84,91%. Diperlukan variasi sampel lebih banyak untuk memetakan variabel-variabel yang dapat mengakibatkan error dalam pembacaan nilai. Selain itu jumlah cahaya dan prosedur peletakan jari juga perlu diperhatikan untuk mendapatkan akurasi yang lebih baik.

Keywords

MAX30105, Glucose, Cholesterol, Uric acid, non-invasive

Abstract

Diabetes and cardiovascular disease are examples of non-communicable diseases with the highest prevalence. One way to prevent this deadly disease is by carrying out regular health checks. Blood sugar, cholesterol and uric acid level detection devices on the market are invasive, causing discomfort with needles when drawing blood. The aim of this research is to design a tool to measure blood sugar, cholesterol and uric acid levels non-invasively using the MAX30105 sensor. The MAX30105 sensor will read the infrared value on the fingertip which is then converted into a calculation of blood sugar, cholesterol and uric acid values using the linear regression method. This method will compare the IR value from the sensor output with the results of invasive readings of glucose, cholesterol and uric acid levels to form a regression equation. The measurement data will then be sent via WiFi to the application for easy reading. Based on the experimental results, the accuracy value for glucose reading was 91.44%, cholesterol 84.94% and uric acid 84.91%. More sample variations are needed to map variables that can cause errors in reading values. Apart from that, the amount of light and finger placement procedures also need to be considered to get better accuracy.

A. Pendahuluan

Penyakit Tidak Menular merupakan penyebab kematian tertinggi di dunia. Data dari World Health Organization pada 2022 menyebutkan Penyakit tidak menular (PTM) membunuh 41 juta orang setiap tahun, setara dengan 74% dari semua kematian secara global. Penyakit kardiovaskular merupakan penyebab kematian PTM terbanyak, atau 17,9 juta orang setiap tahun, diikuti oleh kanker (9,3 juta), penyakit pernapasan kronis (4,1 juta), dan diabetes (2,0 juta termasuk kematian akibat penyakit ginjal yang disebabkan oleh diabetes). Keempat kelompok penyakit ini menyumbang lebih dari 80% dari semua kematian dini PTM [1]. Lebih lanjut, pada laporan International Diabetes Federation (IDF), jumlah penderita diabetes tipe 1 di Indonesia mencapai 41.817 orang pada 2022. Jumlah itu menempatkan Indonesia peringkat teratas di ASEAN [2].

Salah satu faktor penyebab penyakit berbahaya seperti diabetes adalah tingginya kadar gula darah, asam urat, dan kolesterol. Menurut Kementerian Kesehatan, penyakit tersebut bisa dicegah dengan sejumlah cara. Di antaranya dengan menjaga berat badan ideal, menerapkan pola makan sehat dengan menghindari makanan tinggi lemak dan gula, menjaga porsi makan, rutin berolahraga, berhenti merokok, banyak minum air putih, mengelola stres, dan melakukan pengecekan gula darah secara rutin [3]. Beberapa parameter untuk mengecek status kesehatan dasar seperti kadar gula darah, kolesterol, asam urat dan nilai tekanan darah dapat digunakan sebagai deteksi awal terhadap penyakit mematikan [4]. Menurut Kementerian Kesehatan RI, kadar gula darah sewaktu (GDS) yaitu <200 mg/dL dan kadar gula darah puasa (GDP) yaitu <126 mg/dL [5]. Kadar kolesterol normal yaitu < 200 mg/dL [6], kemudian kadar asam urat dalam darah manusia berkisar antara 3,4 – 7,0 mg/dL pada laki laki, pada perempuan antara 2,4 – 6,0 mg/dL dan 2,0 – 5,5 mg/dL pada kelompok anak-anak [7].

Alat deteksi kadar gula darah, kolesterol, dan asam urat yang beredar di pasaran bersifat invasif. Metode pengecekan gula darah, kolesterol, dan asam urat dilakukan dengan menusukkan jarum kecil pada ujung jari untuk mendapatkan tetesan darah lalu dioleskan pada sensor alat tersebut. Selain itu metode deteksi juga dapat dilakukan melalui uji laboratorium. Namun ketidaknyamanan pasien terhadap jarum suntik, hasil uji lab yang membutuhkan waktu lama, dan biaya yang tinggi menjadi faktor penyebab masyarakat enggan untuk memeriksa kesehatannya secara berkala [8].

Berbagai alat deteksi kadar gula darah non invasif, dapat diletakkan di berbagai organ tubuh pasien diantaranya di mata pasien sebagai kontak lensa, jari, pergelangan tangan, lengan bawah, perut, dan membran timpani. Dari seluruh alat deteksi gula darah non invasif, alat yang diletakkan di jari dan pergelangan tangan pasien adalah titik deteksi terbaik karena pembuluh darahnya yang dangkal, nyaman, dan tingkat iritasi yang ditimbulkan juga lebih rendah [9].

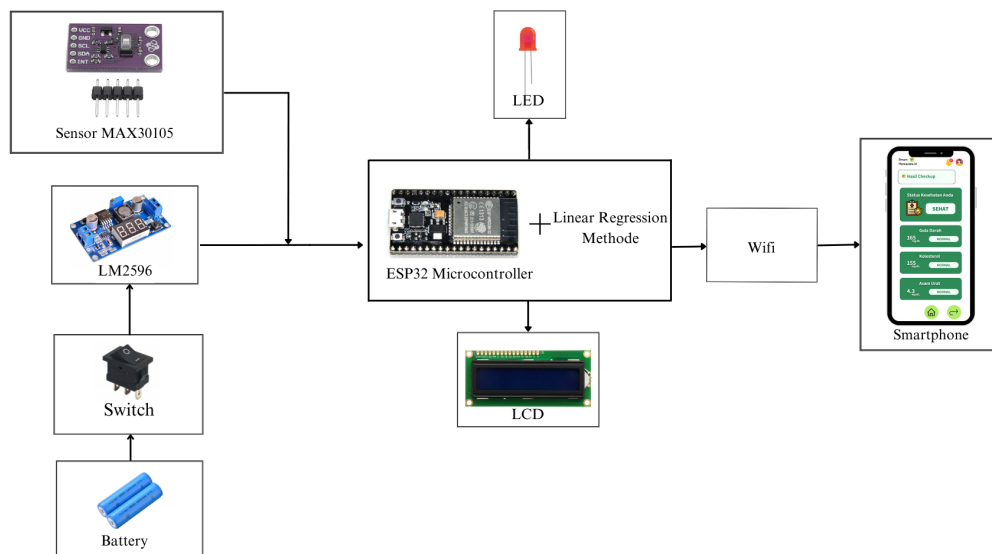
Berdasarkan dari permasalahan tersebut maka diperlukan alat pengukur kadar gula darah, kolesterol, dan asam urat non-invasif menggunakan sensor sebagai deteksi awal untuk pencegahan penyakit mematikan. Sensor MAX30105

merupakan sensor yang dapat membaca nilai pulse detak jantung. Nilai pulse detak jantung ini kemudian dikonversikan ke dalam perhitungan nilai gula darah, kolesterol dan asam urat menggunakan metode regresi linier. Metode ini akan membandingkan nilai IR dari keluaran sensor dengan uji kolesterol, asam urat, dan gula darah secara invasif sehingga membentuk persamaan regresi. Persamaan inilah yang akan menjadi dasar perhitungan nilai kolesterol, asam urat, dan gula darah pada alat ini. Data hasil pengukuran kemudian akan dikirimkan ke aplikasi agar mudah diakses.

B. Metode Penelitian

Diagram blok sistem

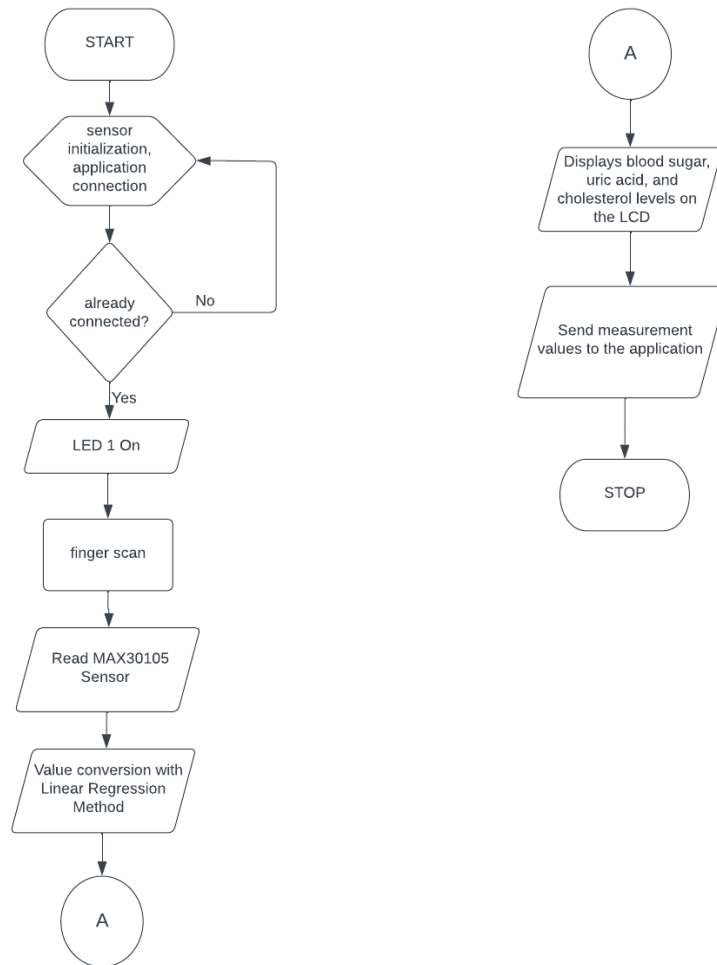
Pada blok diagram sistem (Gambar 1) menunjukkan *input* tegangan pada baterai akan diturunkan menjadi 5V dengan LM2596. Ketika *switch* ditekan maka alat akan menyala. Pada penggunaannya, *user* akan menempelkan jarinya pada sensor MAX30105 yang akan memancarkan sinar infrared untuk mendeteksi nilai IR [10]. Data tersebut kemudian akan dikirimkan ke ESP32 untuk dikonversi perhitungan nilai gula darah, kolesterol dan asam urat menggunakan Metode Regresi Linier. Data perhitungan nilai gula darah, kolesterol, dan asam urat tersebut kemudian akan ditampilkan pada LCD dengan indikator LED menyala. Selanjutnya data pengukuran hasil pemeriksaan kemudian dikirimkan melalui Wifi ke *server* dan dapat diakses melalui aplikasi pada *smartphone*.



Gambar 1. Blok diagram sistem

Diagram alir (*flowchart*) keseluruhan sistem

Berikut ini adalah *flowchart* dari keseluruhan sistem yang mempresentasikan alur kerja dari software, sehingga secara tidak langsung sudah menjelaskan perancangan sistem (Gambar 2).



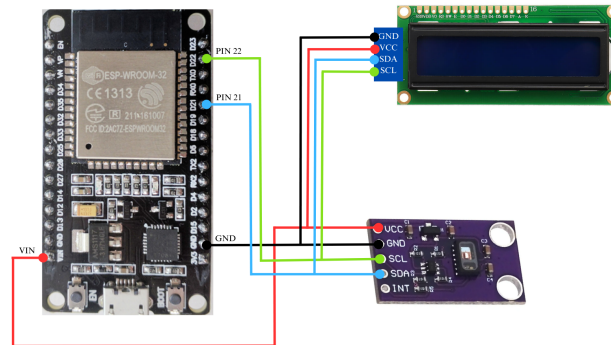
Gambar 2. Flowchart keseluruhan sistem

Berdasarkan *flowchart* sistem pada Gambar 2, tahap awal kerja sistem yaitu alat pengukuran dipastikan telah terkoneksi dengan aplikasi terlebih dahulu. Setelah terhubung, maka LED indikator pada alat akan menyala. Selanjutnya *user* dapat melakukan *scan* jari yang kemudian akan dilakukan pembacaan nilai IR oleh sistem dan akan dilakukan konversi nilai dengan metode regresi linier. Setelah nilai kadar gula darah, kolesterol, dan asam urat terbaca maka lampu indikator 2 akan menyala dan hasilnya ditampilkan pada LCD. Selanjutnya nilai pengukuran gula darah, kolesterol, dan asam urat hasil pemeriksaan akan dikirimkan ke aplikasi melalui wifi.

Perancangan sistem elektrik

Komponen dari rangkaian elektrik secara keseluruhan dibuat dan dirangkai menjadi satu kesatuan sistem dengan mikrokontroler ESP32 sebagai pemroses utama sistem elektrik. Rangkaian terdiri dari sistem input, proses, dan output. Rangkaian sistem elektrik ini menggunakan sensor MAX30105. LCD merupakan bagian *output* sistem. Pada bagian catu daya digunakan baterai 3,7V sebanyak 2 buah yang kemudian diturunkan tegangannya menggunakan LM2596 untuk memberikan input tegangan 5V pada sistem [11]. Baterai yang digunakan

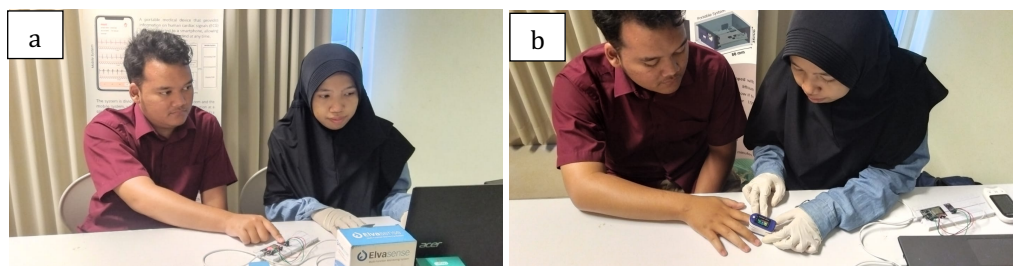
merupakan jenis baterai *rechargeable* dan terhubung dengan modul *charge* sehingga dapat daya dapat diisi ketika diperlukan.



Gambar 3. Konfigurasi sensor

Gambar 3 merupakan konfigurasi sensor MAX30105 yang terhubung dengan mikrokontroller ESP32 dan LCD Display. VCC terhubung pada pin VIN, GND dengan pin GND, SCL dengan pin 22, dan SDA terhubung dengan pin 21 pada ESP32.

Pengujian kinerja sensor MAX30105



Gambar 4. (a) Pengambilan data IR dari sensor dan (b) Pengambilan data detak jantung dan SpO₂ dari oksimeter

Pada tahap ini dilakukan pengujian terhadap keluaran sensor MAX30105 berupa nilai IR, detak jantung, dan SpO₂ yang kemudian dibandingkan dengan nilai detak jantung dan SpO₂ dari oksimeter (Gambar 4). Sensor MAX30105 sebagaimana yang digunakan pada penelitian ini, dapat digunakan juga mengukur nilai detak jantung dan kadar SpO₂ seperti pada penelitian yang dilakukan oleh Mishra *et al* pada tahun 2019 [13]. Pengujian ini dilakukan kepada 21 orang pada kondisi 2 jam setelah makan. Dari hasil pengujian diperoleh presentase akurasi BPM dari sensor adalah 98,24% dan SpO₂ dari sensor adalah 98,59%. Hal ini menunjukkan bahwa sensor dalam kondisi baik dan dapat digunakan pada penelitian ini.

Tabel 1. Hasil Pengujian Sensor MAX30105

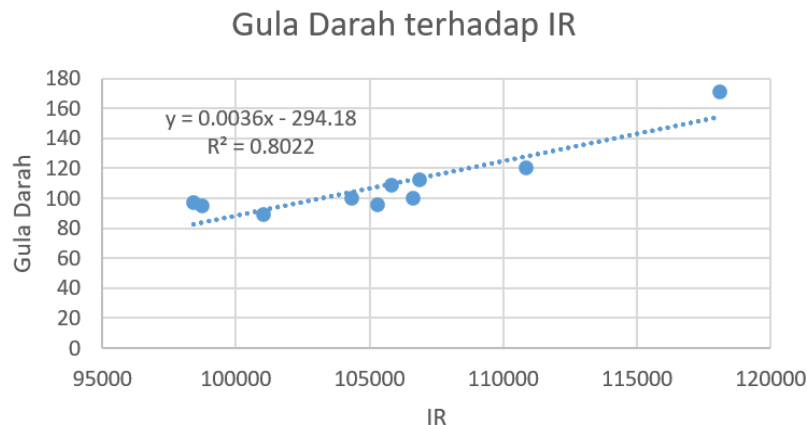
Usia	Oksimeter		Sensor MAX30105			Error (%)	
	Detak Jantung	SpO ₂	Detak Jantung	IR	SpO ₂	Detak Jantung	SpO ₂
21	86	95	86	112593	94	0.00	1.05
28	83	99	80	98413	98	3.61	1.01
21	81	98	81	98738	96	0.00	2.04
21	78	98	80	102107	97	2.56	1.02
22	71	97	69	94232	99	2.82	2.06
21	90	98	90	103525	97	0.00	1.02
22	74	99	74	104323	99	0.00	0.00
21	80	99	81	118892	96	1.25	3.03
20	73	98	74	86765	99	1.37	1.02
20	103	98	108	106871	98	4.85	0.00
24	80	98	78	115929	97	2.50	1.02
28	80	98	79	112923	96	1.25	2.04
27	83	99	83	106909	99	0.00	0.00
29	83	97	86	107411	99	3.61	2.06
52	106	96	108	102197	98	1.89	2.08
41	111	99	112	106335	98	0.90	1.01
44	101	99	103	105286	96	1.98	3.03
48	95	97	95	111006	96	0.00	1.03
47	101	99	100	118090	98	0.99	1.01
50	67	97	66	107756	99	1.49	2.06
46	86	99	81	113330	97	5.81	2.02
Rata-rata presentase error (%)						1,76	1,41
Rata-rata akurasi (%)						98,24	98,59

Berdasarkan hasil yang diperoleh pada Tabel 1 di atas, kemudian data dipetakan untuk didapatkan nilai regresi linier gula darah, kolesterol, dan asam urat.

Perhitungan regresi linier

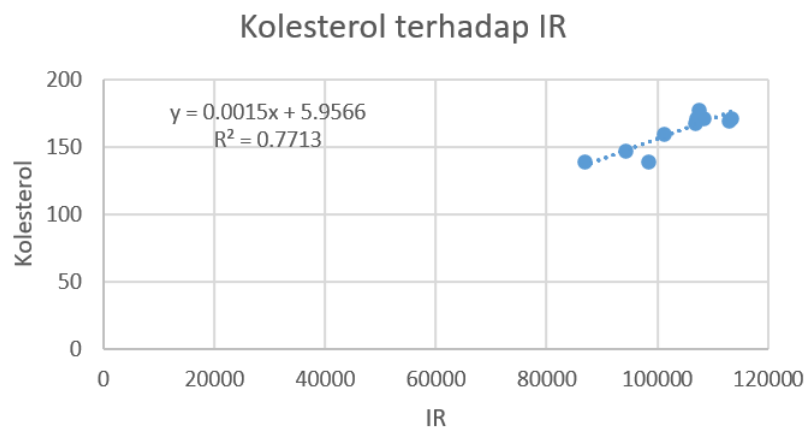
Regresi linier gula darah terhadap IR didapatkan berdasarkan dataset yang diambil dari beberapa sampel data. Data yang diambil diantaranya data usia, detak jantung, IR, dan SpO₂ menggunakan sensor MAX30105. Data IR yang diambil merupakan rata-rata dari 300 data IR dalam waktu 10 detik. Kemudian, data detak jantung dan SpO₂ juga diambil menggunakan oksimeter sebagai pembanding. Selain itu, data kadar gula darah, kolesterol, dan asam urat dari sampel juga diambil menggunakan alat ukur invasif merk Elvasense yang telah terstandar Kementerian Kesehatan Republik Indonesia. Pengambilan data diambil pada kondisi 2 jam setelah makan. Setelah seluruh data tersebut didapatkan, selanjutnya dibuat grafik antara nilai IR dan gula darah dan dicari persamaan regresi liniernya serta nilai korelasi (R^2) antara IR dengan kadar gula darah. Apabila nilai R^2 berkisar antara 0,6-0,8 maka hubungan/korelasi antara IR dan kadar gula darah dinyatakan kuat. Jika nilai R^2 berkisar antara 0,8-1 maka dikatakan korelasi antara kedua variabel sangat

kuat. Cara perhitungan regresi linier kolesterol dan asam urat juga sama seperti cara mendapatkan persamaan regresi linier dan R^2 pada gula darah di atas.



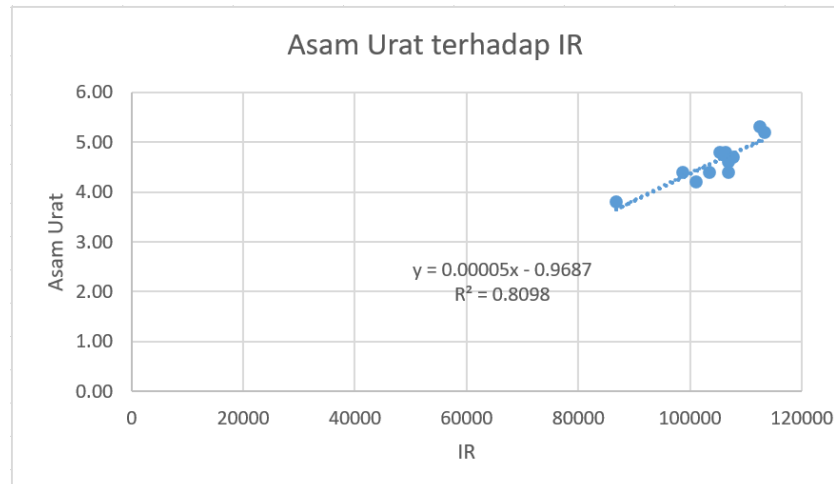
Gambar 5. Grafik regresi linier gula darah terhadap nilai IR

Berdasarkan Gambar 5, diperoleh regresi linier dari 10 data yang dikumpulkan saat mencari kecocokan antara IR dan gula darah, sumbu Y menunjukkan nilai gula darah dan sumbu X menunjukkan nilai rata - rata IR pada 300 perhitungan pertama dari sensor MAX30105 dengan $R^2 = 0,8$.



Gambar 6. Grafik regresi linier kolesterol terhadap nilai IR

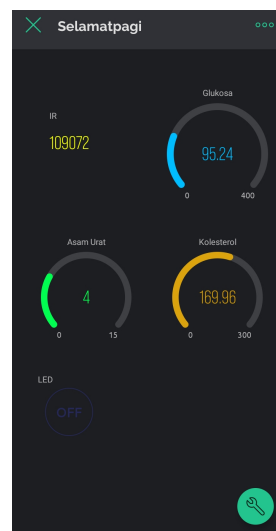
Dari Gambar 6 di atas, diperoleh regresi linier dari 10 data yang dikumpulkan saat mencari kecocokan antara IR dan kolesterol, sumbu Y menunjukkan nilai kolesterol dan sumbu X menunjukkan nilai rata - rata IR pada 300 perhitungan pertama dari sensor MAX30105 dengan $R^2 = 0,77$.



Gambar 7. Grafik regresi linier asam urat terhadap nilai IR

Dari Gambar 7 di atas, diperoleh regresi linier dari 11 data yang dikumpulkan saat mencari kecocokan antara IR dan asam urat, sumbu Y menunjukkan nilai kolesterol dan sumbu X menunjukkan nilai rata - rata IR pada 300 perhitungan pertama dari sensor MAX30105 dengan $R^2 = 0,8$.

Perancangan *software*



Gambar 8. Tampilan pada aplikasi

Dalam perancangan *software* menggunakan aplikasi Blynk. Aplikasi ini dapat mengirimkan data dari ESP32 melalui wifi. Aplikasi ini juga terhubung secara *realtime* sehingga hasil pengukuran dapat dipantau langsung oleh *user* [12]. Data dari ESP32 akan ditampilkan pada aplikasi setelah jangka waktu perhitungan selesai yaitu sekitar 10 detik. Waktu ini diperlukan untuk mendapatkan hasil yang stabil. Tampilan hasil pembacaan kadar gula darah, kolesterol dan asam urat pada aplikasi dapat dilihat pada Gambar 8.

C. Hasil dan Pembahasan

Pengujian alat secara keseluruhan

Tabel 2 di bawah ini berisi hasil pengujian keseluruhan alat ukur gula darah, kolesterol dan asam urat terhadap 25 orang coba yang dibandingkan dengan alat ukur standar serupa bermerk Elvasense. Gambar pengujian alat dapat dilihat pada Gambar 9 berikut.



Gambar 9. Pegujian alat

Tabel 2. Hasil Pengujian Alat Ukur Gula Darah, Kolesterol, Asam Urat

No	Usia	IR	Elvasense			Sensor		
			Gula Darah	Kolesterol	Asam Urat	Gula Darah	Kolesterol	Asam Urat
1	21	106637	100	186	4.4	110.98	166	4
2	21	110854	120	158	5.5	127.57	174.77	4
3	21	105829	109	188	4	109.24	165.19	4
4	22	108386	136	209	6.1	118	170.23	4
5	26	106724	85	138	4.5	87.81	166.84	4
6	27	105323	90	136	4.2	90.3	167	4
7	21	113432	87	202	5.1	110.4	176	4
8	25	106178	81	190	5	89.83	167.75	4
9	29	105324	99	258	4.7	99.99	171.94	4
10	21	110887	100	172	4.9	103.42	173.3	4
11	21	113374	104	151	3.9	113	177	4
12	21	113740	99	197	5.5	111.2	176	4
13	21	110923	107	156	3.7	100	171	4
14	20	105665	89	151	3.8	85.5	165	4
15	21	105211	115	193	3.6	97	162	4
16	21	115058	94	157	5.4	116	179	4
17	21	105665	92	179	3.5	86	165	4
18	23	110783	101	195	5.1	100	172	4
19	21	108784	93	143	4.6	96	170	4
20	24	110967	103	153	4.3	102	173	4
21	21	113373	103	136	5.4	112	162	4
22	23	114070	84	203	4.6	89	178	4
23	21	115974	85	219	4.4	111	181	4
24	21	109072	94	144	4.7	95	169	4
25	21	108878	91	134	4.8	99	171	4
Rata-rata			98,44 ± 12,25	173,92 ± 30,92	4,63 ± 0,66	102,41 ± 10,98	170,81 ± 5,16	4,00 ± 0
Rata-rata persentase error						8,56%	15,06%	15,09%
Rata-rata akurasi						91,44%	84,94%	84,91%

Nilai persentase *error*, didapatkan dengan menggunakan rumus:

$$\% \text{ Error} = \frac{(\text{Hasil pengukuran sensor MAX30105} - \text{Hasil pengukuran Elvasense})}{\text{Hasil pengukuran sensor MAX30105}} \times 100\% \quad (1)$$

Nilai akurasi dihitung menggunakan rumus:

$$\% \text{ Akurasi} = 100 - \% \text{ Error} \quad (2)$$

Penelitian serupa pernah dilakukan oleh Dede (2021) tentang sistem monitoring kadar gula darah, kolesterol, dan asam urat secara non-invasif menggunakan sensor GY-MAX 30100 [14]. Pada penelitian tersebut, sensor yang digunakan adalah sensor optik MAX 30100, berbeda pada penelitian ini yang menggunakan sensor MAX 301005. Pada penelitian yang dilakukan oleh Dede tersebut, nilai detak jantung yang terbaca oleh sensor, selanjutnya dikonversikan ke dalam rumus sehingga didapatkan nilai gula darah, kolesterol dan asam urat. Akurasi pembacaan gula darah sebesar 97,13%; kolesterol 97,13%; dan asam urat 89%.

Selain itu, penelitian sebelumnya juga pernah dilakukan oleh Rahmat *et al* (2022) tentang sistem pendeteksi gula darah, kolesterol, asam urat dan suhu tubuh non invasif yang menggunakan sensor MAX30105 dan MLX90614 [15]. Pada penelitian tersebut, sensor yang digunakan ada 2 jenis yaitu sensor optik MAX30105 dan sensor suhu MLX90614. Akurasi sistem yang dibuat oleh Rahmat *et al* sebesar 86% untuk pembacaan kadar gula darah; 92,5% untuk pembacaan kolesterol; dan 86,7% untuk pembacaan asam urat. Penelitian tersebut juga menggunakan nilai pembacaan IR sebagai acuan untuk dikonversi menggunakan regresi linier menjadi nilai gula darah, kolesterol, dan asam urat. Bedanya, hasil pembacaan sistem tersebut tidak ditampilkan di aplikasi *smartphone* seperti pada penelitian ini.

Pada penelitian ini, secara keseluruhan akurasi alat ukur kadar gula darah sebesar 91,44%, akurasi nilai kolesterol 84,94%; dan akurasi nilai asam urat 84,91%. Sehingga, presentase *error* pada gula darah sebesar 8,56%; kolesterol 15,6%; dan asam urat 15,09%. Nilai *error* tersebut dikarenakan faktor cahaya ruangan yang tidak stabil dalam pengambilan data, peletakan jari pasien yang tidak tepat pada sensor, serta variabel-variabel lain yang tidak dipetakan pada data awal seperti berat badan dan genetik. Nilai *error* pada hasil pengukuran kadar asam urat paling besar dibandingkan penelitian sebelumnya. Hal ini dikarenakan pada penelitian yang dilakukan oleh Dede, output kadar asam urat dihitung menggunakan rumus nilai detak jantung (BPM) dibagi 120 lalu dikalikan 10mg/dl untuk pria dan dikalikan 8mg/dl untuk wanita [14]. Selain itu, ada cara lain untuk mendapatkan persamaan garis selain menggunakan metode regresi linier misalnya dengan menggunakan regresi logaritmik, regresi polinomial, dan *neural network*. Oleh sebab itu, pada penelitian selanjutnya diharapkan dapat menggunakan metode-metode tersebut agar nilai akurasi dari *output* dapat ditingkatkan.

D. Simpulan

Pembacaan nilai gula darah oleh sensor MAX3015 memiliki tingkat akurasi sebesar 91,44%; akurasi nilai kolesterol sebesar 84,94%; dan akurasi asam urat sebesar 84,91%. Pada penelitian mendatang, diharapkan nilai *error* dapat diminimalisir dengan beberapa cara yaitu menggunakan metode yang lebih tepat untuk memperoleh persamaan garis hasil pembacaan IR terhadap gula darah, kolesterol dan asam urat dari alat terstandar, seperti regresi logaritmik, regresi polinomial, dan *neural network* karena dapat mencakup populasi sampel lebih besar. Selain itu juga dapat diperhatikan kondisi ruang saat pengukuran serta

prosedur peletakan jari pada sensor yang tepat untuk menghindari kesalahan pembacaan.

E. Ucapan Terima Kasih

Terima kasih kepada Politeknik Elektronika Negeri Surabaya yang telah memberikan dana penelitian ini sesuai SK Keputusan Direktur PENS No 2365/PL14/PG/2023.

F. Referensi

- [1] Organisasi Kesehatan Dunia, "Penyakit tidak menular," Organisasi Kesehatan Dunia, 2021. <https://www.who.int/news-room/factsheets/detail/noncommunicable-diseases>, retrieved June 25, 2023.
- [2] Widi S, "Penderita Diabetes Tipe 1 Indonesia Terbanyak di Asean pada 2022. <https://dataindonesia.id/ragam/detail/penderita-diabetes-tipe-1-indonesia-terbanyak-di-asean-pada-2022>, retrieved June 25, 2023.
- [3] Kementerian Kesehatan Republik Indonesia, "Berat Badan Ideal Bantu Cegah Ti, bulunya Diabetes". <https://kemkes.go.id/article/view/21042000001/berat-badan-ideal-bantu-cegah-timbulnya-diabetes.html>, retrieved June 27, 2023.
- [4] A. Simbolon G., L. Simbolon J, & Sitompul, E, "Deteksi Dini PTM, Pemeriksaan Gula Darah, Kolesterol dan Asam Urat," *Jurnal Mitra Prima*, 2(2), pp. 10-15, 2020.
- [5] Kementerian Kesehatan RI, "Yuk, mengenal apa itu penyakit Diabetes Melitus (DM)", 2020. <https://p2ptm.kemkes.go.id/infographic-p2ptm/penyakit-diabetes-melitus/page/5/yuk-mengenal-apa-itu-penyakit-diabetes-melitus-dm>, retrieved November 2, 2023.
- [6] Kementerian Kesehatan RI, "Apa Bedanya Kolesterol dan Trigliserida", 2022. https://yankes.kemkes.go.id/view_artikel/371/apa-bedanya-kolesterol-dan-trigliserida, retrieved November 2, 2023.
- [7] Kementerian Kesehatan RI, "Asam Urat, Bisa Menyerang Ginjal", 2018. https://yankes.kemkes.go.id/view_artikel/237/asam-urat-bisa-menyerang-ginjal, retrieved November 2, 2023.
- [8] Sumartiningtyas H.K.N, "Jutaan Orang Fobia Jarum Suntik, Akankah Jadi Kendala Vaksinasi Covid-19?", 2021. <https://www.kompas.com/sains/read/2021/01/14/100200823/jutaan-orang-fobia-jarum-suntik-akankah-jadi-kendala-vaksinasi-covid-19?page=all>, retrieved November 2, 2023.
- [9] L. N. Bachache, J. A. Hasan, A. Q. Al-Neam, "A Review: Non Invasive Sensing System for Detection Glucose Level", *Journal of Physics: Conference Series*. IOP Publishing Ltd; 2021.

-
- [10] M. Muthmainnah, D. B. Tabriawan, I. Tazi, "Karakterisasi Sensor MAX30102 Sebagai Alat Ukur Detak Jantung dan Suhu Tubuh Berbasis Photoplethysmograph", *Jurnal Pendidikan Mipa*, 12(3), pp 726-731, 2022.
 - [11] SparkFun, "MAX30105 Particle and Pulse Ox Sensor Hookup Guide". <https://learn.sparkfun.com/tutorials/max30105-particle-and-pulse-ox-sensor-hookup-guide/all>, retrieved November 4, 2023.
 - [12] A. B. Lasera & I. H. Wahyudi, "Pengembangan Prototipe Sistem Pengontrolan Daya Listrik berbasis IoT ESP32 pada Smart Home System" *Elinvo (Electronics, Informatics, and Vocational Education)*, 5(2), pp 112-120, 2020.
 - [13] S. Mishra, S. Shukla, S. Ravula, S. Chaudhary, P. Ranjan, Low-cost IoT based remote health monitoring system. *International Research Journal of Engineering and Technology*, 6(5), pp. 7984-7988, 2019.
 - [14] D. Sutarya, Sistem Monitoring Kadar Gula Darah, Kolesterol, dan Asam Urat secara Non Invasive Menggunakan Sensor GY-MAX 30100, *Jurnal Ilmiah Teknologi Energi, Teknologi Media Komunikasi dan Instrumentasi Kendali*, pp. 25-34, 2021.
 - [15] R. N. Fauzi, N. Ristiani, N. Saida et al, "Non-Invasive Detection System for Blood Sugar, Cholesterol, Uric Acid, and Body Temperature Using MAX30105 and MLX90614 Sensors", *International Conference on Computer Engineering, Network, and Intelligent Multimedia*, pp. 60-66, 2022.