



Design and Development of a Blood Sugar Level Measurement Device Based on Exhaled Breath Gases using MQ-138 Sensor with Telegram Notification

Rancang Bangun Alat Pengukur Kadar Gula Darah Berdasarkan Gas Buang Pernapasan menggunakan Sensor MQ-138 dengan Notifikasi via Telegram

Nini Firmawati^{1*}, Salsabila Eka Putri², Muharmen Suari³

^{1,2}Departemen Fisika, Universitas Andalas, Indonesia, ³Universitas Islam Negeri Imam Bonjol Padang, Indonesia

*ninifirmawati@sci.unand.ac.id

Article History	Received : 14 02 2023	Revised : 09 04 2023	Accepted : 25 09 2023
-----------------	-----------------------	----------------------	-----------------------

Abstract: *The measurement of blood sugar levels currently commonly uses invasive glucometers (painful) and is not suitable for all individuals. Therefore, an optimal method for monitoring diabetes mellitus is needed. One interesting opportunity is the development of a non-invasive blood sugar level measurement device using exhaled breath gases. This research aims to develop a blood sugar level measurement system using an IoT-based MQ-138 sensor. The MQ-138 sensor is used to detect an increase in the concentration of acetone gas exhaled by diabetes mellitus patients. The results of blood sugar level measurements are displayed on an I2C LCD screen in mg/dl units and are also sent to a Telegram application. This device is also equipped with a scroll blower to accelerate the removal of residual breath sample gases. Based on the research, the concentration of acetone gas in diabetes mellitus patients ranges from (5,03 to 28,78) ppm, with a designed device error percentage of 17.22 %.*

Keywords: *Acetone; Diabetes Mellitus; Sensor MQ-138; Telegram.*

Abstrak: Pengukuran kadar gula darah saat ini umumnya menggunakan glucometer yang bersifat *invasive* dan tidak cocok untuk semua individu. Oleh karena itu, diperlukan metode pemantauan *diabetes mellitus* yang lebih optimal. Salah satu peluang menarik adalah pengembangan alat pengukur kadar gula darah secara *non-invasive* dengan memanfaatkan gas buang pernapasan. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan sistem pengukur kadar gula darah menggunakan sensor MQ-138 berbasis IoT. Sensor MQ-138 digunakan untuk mendeteksi peningkatan kadar gas *acetone* yang dihembuskan oleh penderita *diabetes mellitus*. Hasil pengukuran kadar gula darah ditampilkan pada layar LCD I2C dalam satuan mg/dl serta dikirimkan ke aplikasi Telegram dan alat ini juga dilengkapi dengan *scroll blower* sebagai mempercepat pembuangan gas bekas sampel pernapasan. Berdasarkan penelitian, konsentrasi gas *acetone* pada penderita *diabetes mellitus* berkisar dari (5,03 hingga 28,78) ppm dengan persentase kesalahan alat yang telah dirancang adalah sebesar 17,22 %.

Kata Kunci: *Acetone; Diabetes Mellitus; Sensor MQ-138; Telegram.*

How to cite : Firmawati, N., Putri, S.E., Suari, M. 2023. Rancang Bangun Alat Pengukur Kadar Gula Darah Berdasarkan Gas Buang Pernapasan menggunakan Sensor MQ-138 dengan Notifikasi via Telegram. *Natural Science: Jurnal Penelitian Bidang IPA dan Pendidikan IPA*, 9 (2): 207 - 218



Licenses may copy, distribute, display and perform the work and make derivative and remixes based on it only if they give the author or licensor the credits (attribution) in the manner specified by these. Licensees may copy, distribute, display, and perform the work and make derivative works and remixes based on it only for non-commercial purposes

A. Pendahuluan

Diabetes mellitus (DM) merupakan suatu kondisi penyakit atau gangguan metabolik jangka panjang yang ditandai oleh peningkatan kadar gula darah karena gangguan dalam produksi insulin atau ketidakresponsifan sel-sel tubuh terhadap insulin. Association (2019) menyimpulkan bahwa DM merupakan suatu kondisi yang dapat diatur, dimana tingkat kadar gula darah dapat dipantau setiap hari, setidaknya dua kali sehari untuk mengelola dan memantau kadar gula darah. Biasanya, diagnosis dan pemantauan kadar gula darah dilakukan dengan mengambil sampel darah pasien melalui penggunaan *glucometer*. Namun, pendekatan ini bersifat *invasive* (menyakitkan) dan tidak cocok untuk semua individu (Saasa et al., 2018).

Metode *invasive* ini juga memiliki risiko yang signifikan, seperti potensi untuk menyebabkan memar pada kulit, pembengkakan dan juga bisa menimbulkan rasa tidak nyaman. Faktor-faktor ini menjadi alasan beberapa pasien enggan untuk melakukan pemeriksaan kadar gula darah. Karenanya, diperlukan metode pemantauan DM yang lebih optimal. Salah satu metode yang menjanjikan sebagai alternatif adalah metode *non-invasive* untuk mendapatkan sampel darah (Djunaidi et al., 2021).

Penelitian sebelumnya dilakukan oleh Afraghassani et al. (2019) telah digunakan metode *non-invasive* untuk mengukur kandungan glukosa dalam *urine* dengan menggunakan sensor serat optik sebagai alat untuk mendiagnosis DM. Akan tetapi, metode ini memiliki kelemahan yakni kebutuhan untuk melakukan perlakuan pada sampel *urine* pasien DM dengan jumlah yang lebih besar.

Selain itu masih ada suatu kesempatan yang muncul dalam pengembangan alat ukur kadar gula darah secara *non-invasive* adalah dengan pemanfaatan gas buang pernapasan. Laporan kesehatan dari Martina et al. (2019) menunjukkan bahwa kadar gula darah yang tinggi mendorong pembentukan *acetone*. *Acetone* merupakan salah satu keluaran yang dihasilkan penderita DM melalui pernapasan memiliki konsentrasi lebih tinggi dibandingkan orang sehat.

Pengembangan dari metode *non-invasive* ini dilakukan oleh Rizqita (2018) dimana merancang perangkat deteksi DM melalui analisis gas pernapasan menggunakan sensor MQ-135 dan Arduino Uno. *Output* pada penelitian ini hanya berupa grafik yang ditampilkan pada *Visual Basic* serta disarankan pada penelitian selanjutnya menambahkan *fan* yang memungkinkan untuk mempercepat pembuangan gas bekas sampel udara pernapasan pada kotak alat pengujian.

Selanjutnya Ajibola et al. (2022) telah mengembangkan *glucometer non-invasive* menggunakan sensor gas *acetone* dimana pasien diminta bernapas selama 15 detik pada corong yang terhubung dengan sensor. Sensor yang digunakan pada penelitian ini adalah sensor MQ-138 dan Aduino Uno Atmega 328. *Output* dari penelitian ini ditampilkan pada *Liquid Crystal Display* (LCD) dalam satuan ppm. Karena *output* yang ditampilkan pada penelitian ini masih dalam ppm dan tidak sama dengan keluaran *glucometer*.

Berdasarkan latar belakang dan sejumlah penelitian sebelumnya, dilakukan pengembangan alat ukur kadar gula darah *non-invasive* yang memanfaatkan sensor

MQ-138. Menurut teori dari penelitian yang telah dilakukan Blaikie et al. (2016) pernafasan yang khas biasanya tidak dapat dipertahankan lebih dari 40 detik, maka prinsip kerja dari alat ini adalah pengguna menghembuskan napas melalui lubang yang terhubung ke sensor MQ-138 selama 5 detik. Setelah itu, NodeMCU ESP8266 akan mengolah data dari sensor MQ-138 dan nilai kadar gula darah akan ditampilkan pada layar LCD I2C.

Selanjutnya, nilai tingkat kadar gula darah juga akan diteruskan kepada pengguna melalui aplikasi *Telegram* melalui pemanfaatan NodeMCU ESP8266 sebagai perangkat *Internet of Things* (IoT) yang terhubung ke jaringan Wi-Fi dimana diharapkan dengan hasil pengukuran yang terkirim ke *Telegram*, pengguna dapat menyimpan hasil riwayat nilai kadar gula darah dan dapat dikontrol untuk kedepannya. Jika ada kebutuhan untuk melakukan pengukuran kadar gula darah lebih dari satu kali, alat ini juga dilengkapi sebuah *scroll blower* yang dirancang untuk mempercepat proses pembuangan gas bekas sampel, dengan harapan bahwa data yang diperoleh selanjutnya lebih tepat dan akurat.

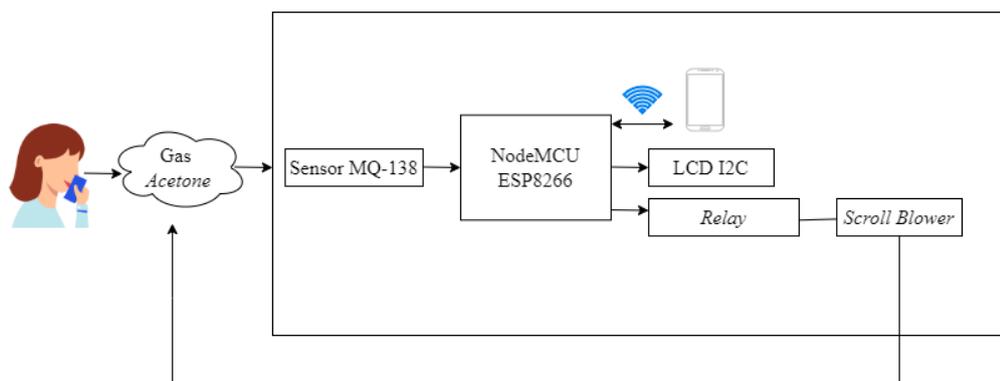
B. Metode Penelitian

Perancangan Perangkat Keras Alat Ukur Kadar Gula Darah

Gambaran visual mengenai perancangan perangkat keras untuk alat ukur kadar gula darah tertera dalam diagram blok pada Gambar 1. Cara kerja dari perangkat keras ini dimulai saat gas *acetone* dalam napas pengguna diidentifikasi oleh sensor MQ-138, menghasilkan perubahan potensial yang diubah menjadi *input*. Setelahnya, sinyal *input* yang berbentuk *analog* diubah menjadi *digital* oleh NodeMCU ESP8266 untuk diolah dan dihitung. Hasil akhir dari pemrosesan dan perhitungan NodeMCU ESP8266 akan ditampilkan pada layar LCD I2C. Hasil *output* yang akan ditampilkan pada layar LCD I2C meliputi informasi mengenai kadar gula darah dan status kondisi kadar gula darah.

Apabila nilai kadar gula darah yang terbaca berada di bawah 99 mg/dl, status kadar gula darah akan diindikasikan sebagai "Normal". Jika nilai berada di rentang 100 mg/dl hingga 125 mg/dl, status kadar gula darah akan ditampilkan sebagai "Prediabetes". Sedangkan, jika nilai kadar gula darah melebihi 126 mg/dl, status kadar gula darah akan ditampilkan sebagai "Diabetes".

Selain ditampilkan pada layar LCD I2C, informasi mengenai kadar gula darah dan statusnya akan terkirim ke aplikasi *Telegram* dengan memanfaatkan NodeMCU ESP8266 sebagai perangkat IoT. Setelah proses pengiriman data ke *Telegram* selesai, *scroll blower* akan aktif selama 60 detik secara otomatis untuk mempercepat pembuangan kadar gas *acetone* untuk keluar dari kotak, sehingga apabila ingin melakukan pengukuran kadar gula darah dengan pengulangan lebih dari satu kali, kondisi kotak akan kembali bersih dari gas *acetone*.



Gambar 1. Diagram blok sistem alat ukur kadar gula darah

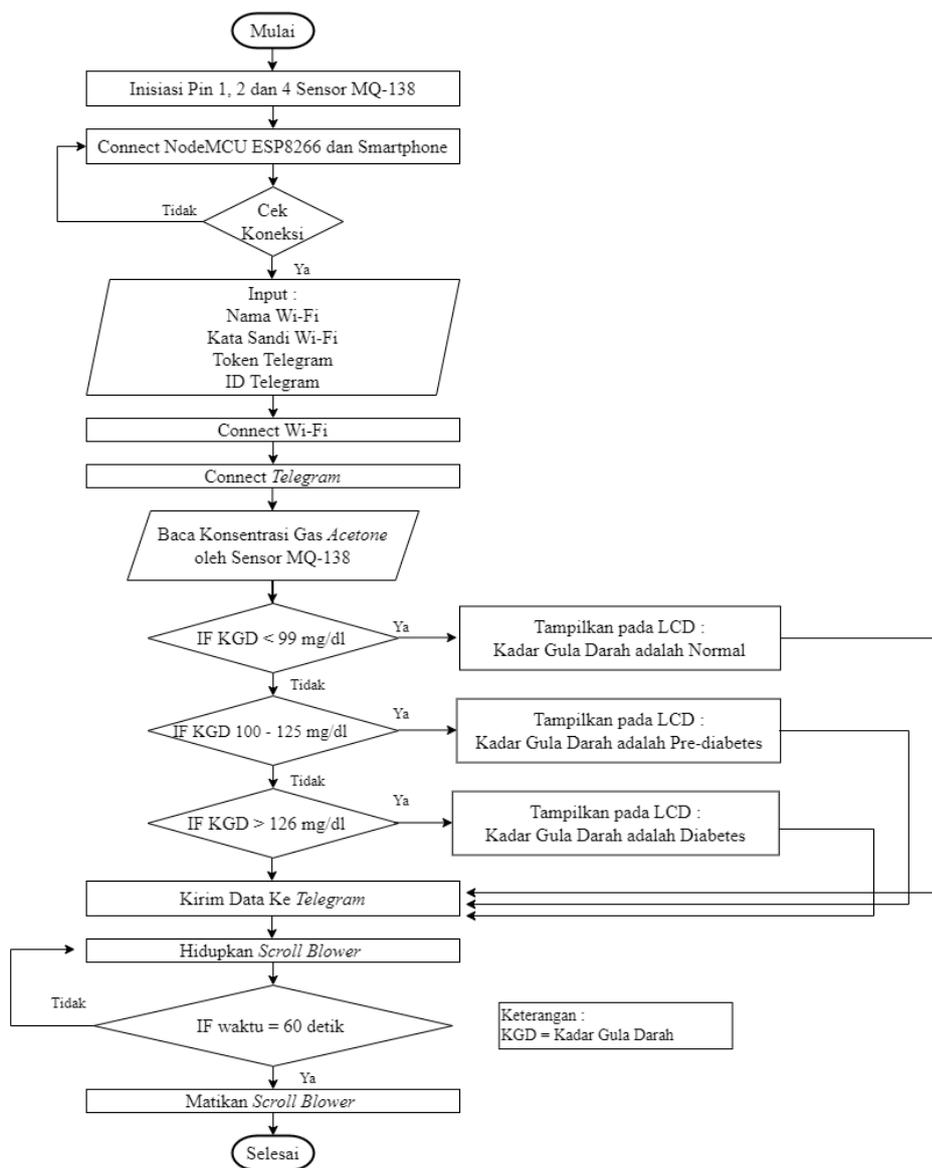
Karakterisasi Sensor MQ-138

Karakterisasi sensor MQ-138 dilakukan untuk mendapatkan hasil yang ingin ditentukan yaitu pengujian dilakukan dengan memberikan beberapa sampel gas *acetone* dengan beberapa variasi pada sensor MQ-138 untuk melihat bagaimana respon sensor terhadap gas *acetone* yang diberikan. Melalui gas *acetone* akan dideteksi kadar gas *acetone* yang terkandung di dalamnya.

Karakterisasi Sensor MQ-138 dilakukan menggunakan cairan *nail polish remover*, dimana pengujian dilakukan pada rentang volume *acetone* (5 - 10) ml dengan menerapkan teknik pengenceran. Tahap karakterisasi sensor MQ-138 melibatkan integrasi antara NodeMCU ESP8266 dan *power supply* MB-102, yang dihubungkan dengan sensor MQ-138 yang terdiri dari 4 pin, yakni A0, D0, GND, dan VCC. Pin A0 pada sensor MQ-138 dihubungkan ke pin A0 pada NodeMCU ESP8266, sementara pin GND pada sensor MQ-138 terhubung ke pin GND pada *power supply* MB-102. Selanjutnya, pin VCC pada sensor MQ-138 dihubungkan ke tegangan 5 V pada *power supply* MB-102.

Perancangan dan Pengujian Sistem Perangkat Lunak

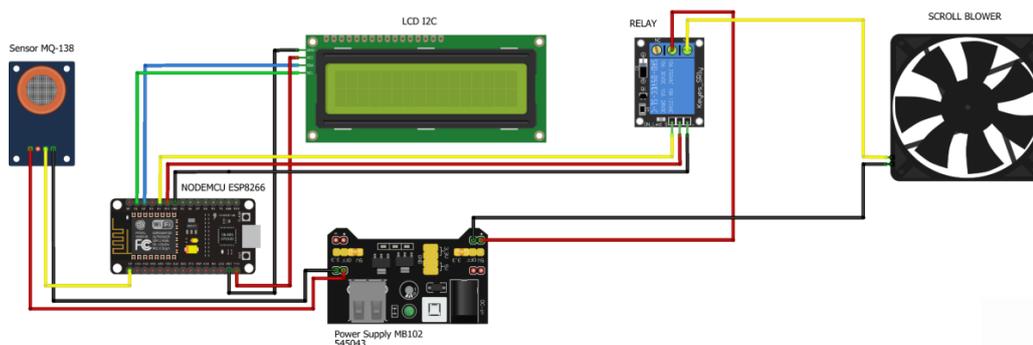
Rancangan perangkat lunak sistem diprogram menggunakan Arduino IDE, dengan tujuan memungkinkan perangkat keras yang telah dirancang untuk mendeteksi gas *acetone*. Penyusunan perangkat lunak ini disesuaikan dengan prinsip operasi sistem yang telah dibangun. Program ini menerima input berupa gas *acetone* yang berasal dari hembusan napas responden, yang kemudian dideteksi oleh sensor MQ-138. Konstruksi program didasarkan pada prinsip kerja masing-masing komponen yang digunakan dalam sistem. Sesuai dengan prinsip kerja dari sistem yang telah direncanakan, diagram alir program dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Diagram alir perangkat lunak sistem

Perancangan dan Pengujian Sistem Perangkat Lunak

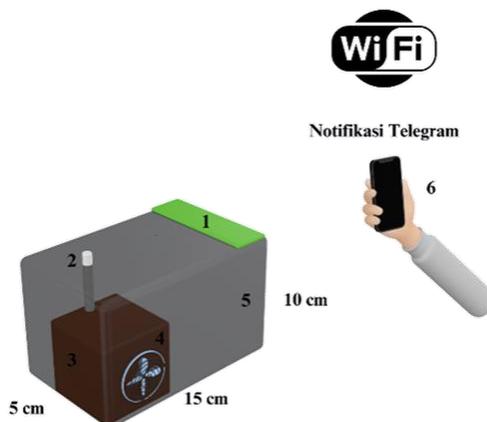
Sistem yang telah dibuat merupakan sistem yang memiliki kemampuan untuk beroperasi secara otomatis. Alat ini dapat berfungsi secara otomatis melalui kendali NodeMCU ESP8266 yang terhubung dengan berbagai komponen, termasuk sensor MQ-138, LCD I2C, relay, power supply MB-102, dan scroll blower. Rangkaian sistem keseluruhan dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Rangkaian sistem keseluruhan

Perancangan Bentuk Fisik Alat

Rancangan fisik alat dirancang menggunakan bahan *acrilic* dengan dimensi 15 cm x 5 cm x 10 cm. Bentuk kotak ini akan mengintegrasikan lubang di bagian depan untuk gas buang pernapasan. Bagian dalam kotak akan menampung komponen seperti NodeMCU ESP8266, sensor MQ-138, *power supply* MB-102, *relay*, dan LCD I2C yang berfungsi menampilkan nilai kadar gula darah serta kondisinya. Di luar kotak, tersedia *scroll blower* pada bagian samping untuk mempercepat pembuangan gas didalam kotak. Bentuk fisik alat ukur kadar gula darah dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Rancangan bentuk fisik alat ukur kadar gula darah

Pengujian Alat Secara Keseluruhan dan Pengumpulan Data serta Analisa Data

Proses pengujian keseluruhan alat bertujuan untuk memverifikasi kinerja seluruh komponen. Uji kemampuan alat dimulai dengan penerapan alat pengukur kadar gula darah pada responden. Proses analisa data dilaksanakan guna menghitung nilai persentase kesalahan yang mungkin timbul dari alat ukur yang telah dikembangkan. Data hasil pengukuran yang diperoleh dibandingkan dengan nilai yang akurat pada alat pembanding. Formula yang digunakan untuk menghitung persentase kesalahan dapat dijabarkan pada Persamaan (1).

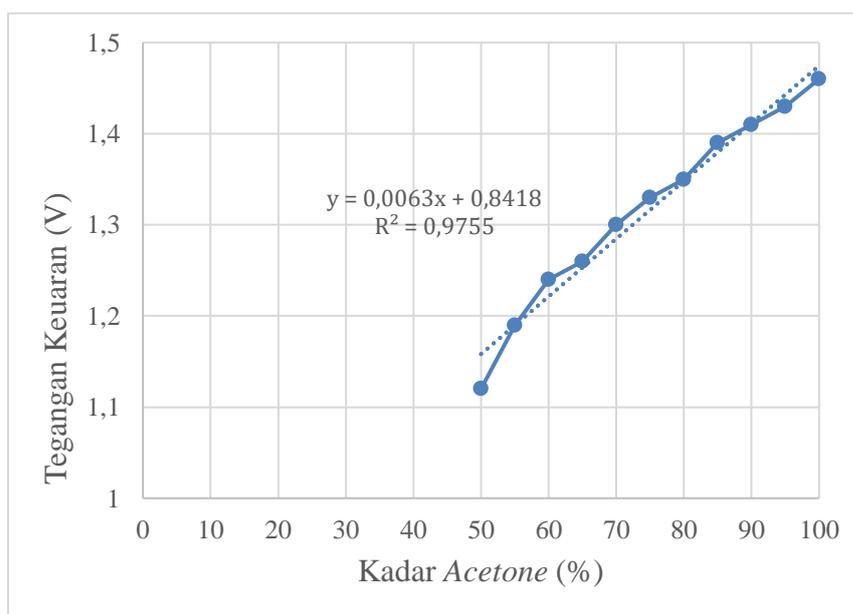
$$\% Error = \frac{1}{n} \sum \left| \frac{Y_n - Y_0}{Y_0} \right| \times 100\% \tag{1}$$

Dimana, % Error adalah persentase kesalahan, n adalah jumlah data yang diambil, Y_n adalah nilai yang terbaca pada alat ukur dan Y_0 adalah nilai sebenarnya.

C. Hasil dan Pembahasan

Data Hasil Karakterisasi Sensor MQ-138

Proses karakterisasi sensor MQ-138 dilakukan untuk mengetahui kemampuan yang dimiliki oleh sensor MQ-138, dimana mengetahui pengaruh variasi kadar *acetone* terhadap tegangan keluaran dari sensor MQ-138. Data hasil karakterisasi sensor MQ-138 dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Grafik hasil karakterisasi sensor MQ-138

Berdasarkan data grafik karakterisasi sensor MQ-138, didapatkan nilai persamaan regresi linear $y = 0,0063x + 0,8418$ dengan koefisien korelasinya adalah $R^2 = 0,9755$. Nilai rata-rata koefisien korelasi mendekati 1 yang artinya hubungan antara tegangan keluaran sensor MQ-138 terhadap perubahan kadar *acetone* adalah linear. Adanya linearitas dari penelitian ini menunjukkan bahwa sensor MQ-138 yang digunakan dapat menghasilkan tegangan keluaran yang berubah secara kontinu sebagai tanggapan terhadap kadar *acetone* sebagai masukan yang juga berubah secara kontinu. Semakin linear data hubungan antara tegangan keluaran terhadap perubahan kadar *acetone*, maka semakin baik sensor yang digunakan.

Pengujian Sensor MQ-138 Sebagai Pendeteksi Gas *Acetone*

Pengujian sensor MQ-138 dilakukan untuk melihat akurasi perangkat alat yang telah dirancang dan dengan membandingkan konsentrasi gas *acetone* yang terdeteksi oleh GC-FID dengan konsentrasi gas *acetone* yang diukur oleh sensor MQ-138. Hasil dari pengujian sensor MQ-138 dengan alat pembanding berupa GC-FID didapatkan persentase kesalahan rata-rata sebesar 2,94 %. Dimana, artinya sensor MQ-138 yang digunakan untuk mendeteksi gas *acetone* dapat berfungsi dengan baik. Data hasil

pembacaan konsentrasi gas *acetone* dari sensor MQ-138 dan GC-FID dapat dilihat pada Tabel 1.

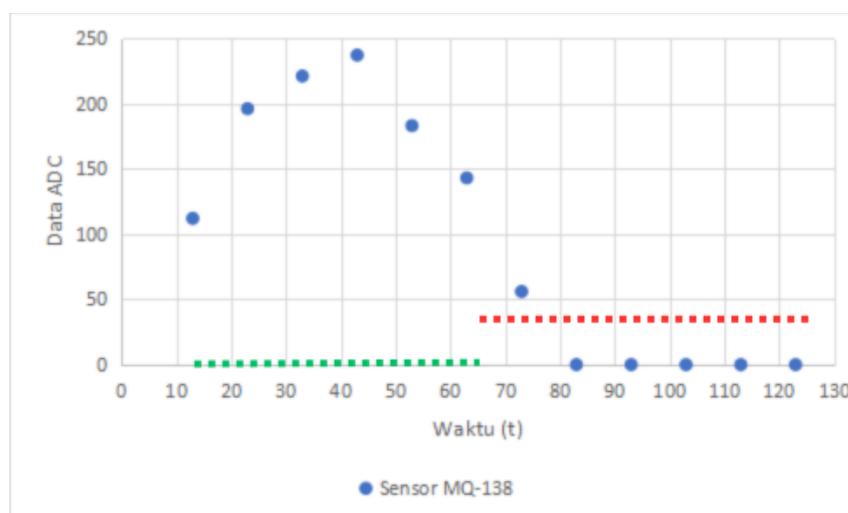
Tabel 1. Hasil variasi kadar *acetone* dari sensor MQ-138 dan GC-FID

No	Kadar <i>Acetone</i> (ml)	Konsentrasi <i>Acetone</i> dari CG-FID (ppm)	Konsentrasi <i>Acetone</i> dari Sensor MQ-138 (ppm)	Error (%)
1.	10	80.55	81.73	1.47
2.	7.5	61.86	59.98	3.04
3.	5	34.24	35.72	4.321
<i>Error Rata-Rata</i>				2.94

Pengujian *Scroll Blower*

Pada pengujian *scroll blower* dilakukan untuk melihat waktu efektif bagi *scroll blower* untuk mempercepat pembersihan ruangan. Pada proses *sensing* sampel gas *acetone* akan dideteksi oleh sensor MQ-138 dan pada proses *flushing* sampel di ruang sensor MQ-138 akan dibersihkan oleh *scroll blower*. Pada proses *sensing* dilakukan selama 1 menit dan berdasarkan penelitian yang telah dilakukan Firmawati (2013) respon luaran sensor pada sampel diperoleh Ketika kipas penghisap sampel dan penghisap udara menyala selama 60 detik, sehingga *scroll blower* dihidupkan selama 60 detik.

Dari Gambar 6 tersebut dapat dilihat bahwa sensor MQ-138 memberikan respon. Garis hijau menggambarkan proses *sensing* gas *acetone* yang dideteksi oleh sensor MQ-138. Untuk setiap 1 titik data yang dihasilkan membutuhkan waktu 10 detik, sehingga 1 menit untuk proses *sensing* menghasilkan 6 titik data dan 1 menit untuk proses *flushing* menghasilkan 6 titik data. Pada garis merah yang merupakan proses *flushing* dimana dimulai dari detik ke 83 sampai 123 tidak ada lagi gas *acetone* yang terdeteksi oleh sensor MQ-138. Hasil pengujian waktu efektif dapat dilihat pada Gambar 6.



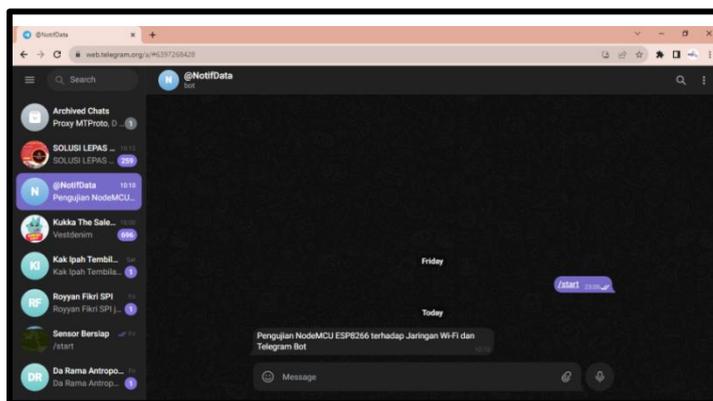
Gambar 6. Grafik hasil pengujian *scroll blower*

Pengujian NodeMCU ESP8266

Pengujian NodeMCU ESP8266 dilakukan untuk melihat NodeMCU ESP8266 dapat terkoneksi dengan jaringan Wi-Fi serta dapat terkoneksi dengan *Telegram bot*. Hasil pengujian NodeMCU ESP8266 dapat dilihat pada Tabel 2. Berdasarkan Tabel 2 hubungan keduanya antara NodeMCU ESP8266 dan *Telegram bot* yang telah dibuat pada Arduino IDE dapat difungsikan secara bersamaan.

Tabel 2. Hasil variasi kadar *acetone* dari sensor MQ-138 dan GC-FID

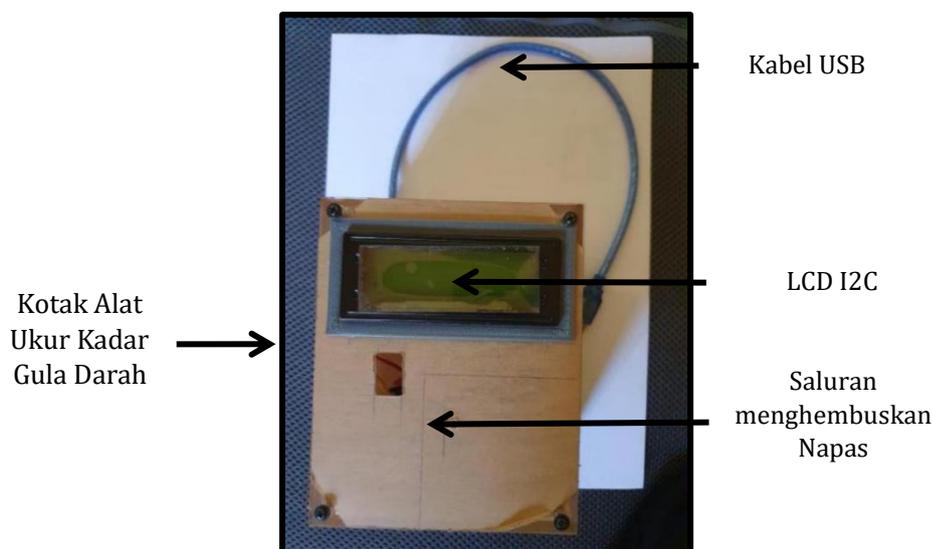
No	Nama Wi-Fi	Jaringan Wi-Fi (Terkoneksi / Tidak Terkoneksi)	Notifikasi Telegram Bot (Ter kirim / Tidak Ter kirim)
1.	gsalsa4	Terkoneksi	Ter kirim
2.	A3D Family	Terkoneksi	Ter kirim
3.	Yolaa	Terkoneksi	Ter kirim



Gambar 7. Keluaran alat kadar gula darah dengan notifikasi *Telegram*

Pengujian Alat Secara Keseluruhan

Pengujian rancangan sistem ini dilakukan secara keseluruhan untuk mengetahui kemampuan komponen alat yang digunakan saat difungsikan secara bersamaan. Rangkaian keseluruhan alat dapat dilihat pada Gambar 8.



Gambar 8. Rangkaian alat keseluruhan pengujian

Rangkaian keseluruhan alat terdiri dari NodeMCU ESP8266, sensor MQ 138, LCD I2C, *scroll blower* dan *handphone* dengan aplikasi *Telegram*. Semua komponen alat dikemas di dalam kotak dengan ukuran 15×5×10 cm. Data hasil pengujian alat secara keseluruhan dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Data Hasil pengujian keseluruhan alat

No	Jenis Kelamin (Wanita/ Pria)	KGD Sensor MQ-138 (ppm)	KGD <i>Glucometer</i> (mg/dl)	KGD Sensor MQ-138 (mg/dl)	Notifikasi <i>Telegram</i> (Terkirim/ Tidak Terkirim)	Status	<i>Scroll Blower</i> (Hidup/ Tidak)	Error (%)
1.	Wanita	8,53	142	132	Terkirim	Diabetes	Hidup	7,04
2.	Wanita	7,51	134	127	Terkirim	Diabetes	Hidup	5,22
3.	Wanita	7,79	137	132	Terkirim	Diabetes	Hidup	3,65
4.	Wanita	7,96	138	134	Terkirim	Diabetes	Hidup	2,89
5.	Wanita	28,78	212	201	Terkirim	Diabetes	Hidup	5,18
6.	Pria	9,38	144	141	Terkirim	Diabetes	Hidup	2,08
7.	Wanita	5,15	113	109	Terkirim	Prediabetes	Hidup	3,54
8.	Wanita	5,87	119	124	Terkirim	Prediabetes	Hidup	4,20
9.	Wanita	5,32	83	47	Terkirim	Normal	Hidup	43,37
10.	Wanita	5,16	77	35	Terkirim	Normal	Hidup	54,54
11.	Wanita	5,03	71	30	Terkirim	Normal	Hidup	57,75
<i>Error Rata-Rata</i>								17,22

Responden yang di uji diminta menghembuskan napas selama 5 detik pada alat dan sensor MQ-138 akan mendeteksi gas acetone. Keluaran dari sensor MQ-138 berupa tampilan pada LDC I2C dengan nilai kadar gula darah yang sudah dalam satuan mg/dl serta notifikasi yang terkirim juga ke aplikasi *Telegram*. Setelah data terkirim, *scroll blower* hidup selama 60 detik dan alat pengukur kadar gula darah yang telah

dirancang telah terlaksana dengan dengan persentase kesalahan rata-rata sebesar 17,22 %.

Berdasarkan Tabel 4.4 dapat dilihat bahwasanya alat yang telah dirancang dapat digunakan untuk penderita diabetes dan prediabetes, sedangkan saat alat digunakan untuk penderita yang tidak terindikasi *diabetes mellitus* memiliki nilai persentase kesalahan rata-rata yang sangat besar. Berdasarkan penelitian Massick (2007) menyatakan bahwa konsentrasi gas acetone pada individu yang tidak terindikasi *diabetes mellitus* dimulai dari 0,5 - 2,5 ppm, sedangkan hasil pengujian dengan menggunakan sensor MQ-138 untuk pasien yang tidak terindikasi *diabetes mellitus* nilai yang didapat tidak berada pada rentang tersebut.

D. Simpulan

Sensor MQ-138 yang digunakan dalam penelitian ini dapat mendeteksi gas *acetone* dan alat yang telah dibuat berhasil digunakan untuk penderita diabetes dan prediabetes, namun untuk penderita yang tidak terindikasi *diabetes mellitus* memiliki nilai persentase kesalahan rata-rata yang sangat besar. Hal ini dikarenakan kemampuan dari sensor MQ-138 yang digunakan pada penelitian ini tidak bisa mendeteksi apabila konsentrasi gas *acetone* dibawah 5 ppm disarankan menggunakan sensor yang lebih akurat atau yang dapat mendeteksi gas *acetone* pada rentang dibawah 5 ppm. Dimana dapat menggunakan jenis sensor bahan semikonduktor selain yang terbuat dari SnO₂(timah dioksida), diantara dapat memanfaatkan ZnO (seng oksida), CuO (tembaga oksida), NiO (nikel oksida), Cr₂O₃ (kromium oksida), ZnSnO₃/Zn₂SnO₄ (seng stannat), dan heterostruktur. Alat ukur kadar gula darah yang telah dirancang juga telah berhasil mengirimkan hasil keluaran ke aplikasi *Telegram*, berupa nilai kadar gula darah dalam satuan mg/dl beserta keterangannya.

Ucapan Terimaka Kasih

Terimakasih diucapkan kepada kepala laboratorium elektronika dan instrumentasi dan ketua Departeme Fisika Universitas Andalas yang telah memfasilitasi sarana dan prasarana dalam keberlangsungan penelitian.

Daftar Pustaka

- Afraghassani, S., Sejahtera, S., & Wulan, S. R. I. A. (2019). Rancang Bangun Alat Pendeteksi Glukosa Urin Berbasis Teknologi Sensor Serat Optik untuk Diagnosis Dini Diabetes. *Jurnal PENA: Penelitian Dan Penalaran*, 6(1), 27–38.
- Ajibola, T. M., Ibitoye, M. O., Ahmed, Y. K., & Jimoh, Z. G. (2022). Non-invasive Glucometer using Acetone Gas Sensor for Low Income Earners' Diabetes Monitoring. *Journal of Electrical Engineering*, 21(1), 6–13.
- Association, A. D. (2019). Diabetes Advocacy: Standards of Medical Care in Diabetes. Retrieved from <https://doi.org/10.2337/dc20-S016> (Accessed 3 December 2022).

- Blaikie, T. P. J., Couper, J., Hancock, G., Hurst, P. L., Peverall, R., Richmond, G., Ritchie, G. A. D., Taylor, D., & Valentine, K. (2016). Portable Device for Measuring Breath Acetone Based on Sample Preconcentration and Cavity Enhanced Spectroscopy. *Analytical Chemistry*, 88(22), 11016–11021.
- Djunaidi, M. C., Afriani, M. D. R., Gunawan, & Khasanah, M. (2021). Synthesis of Graphite Paste/Molecularly Imprinted Polymer (MIP) Electrodes Based on Poly Eugenol as a Glucose Sensor with Potentiometric Method. *Indonesian Journal of Chemistry*, 21(4), 816–824.
- Firmawati, N., (2013). Diferensiasi Urin Positif dan Negatif mengandung Metadon dengan Electronic Nose berbasis Larik Sensor Oksida Logam. (Tesis). Universitas Gadjah Mada.
- Martina, S. J., Nasution, T. I., Fujiati, I. I., Asrosa, R., & Govindan, P. A. P. (2019). The Effectiveness of Acetone Breath Content Using Chitosan Based Sensor in Patients Diabetes Mellitus. *Journal of Medical Sciences*, 7(20), 3391.
- Massick, S. (2007). Portable breath acetone measurements combine chemistry and spectroscopy. *Proc. SPIE*, 28.
- Rizqita, E. U. (2018). Alat Pendeteksi Diabetes Melitus Melalui Gas Buang Pernafasan Dengan Menggunakan Sensor Mq-135 Berbasis Arduino Uno. (Skripsi). Universitas Jember.
- Saasa, V., Malwela, T., Beukes, M., Mokgotho, M., Liu, C. P., & Mwakikunga, B. (2018). Sensing Technologies for Detection of Acetone in Human Breath for Diabetes Diagnosis and Monitoring. Retrieved from <https://doi.org/10.3390/> (Accessed 2 December 2022).