



**SOFTWARE INTERFACE PADA SENSOR
PENDETEKSI DIABETES TIPE 1 DARI HEMBUSAN
NAFAS**

Tugas Akhir

Oleh:

Aldy Franendy Nababan (3232211014)

**TEKNIK INSTRUMENTASI
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
POLITEKNIK NEGERI BATAM**

2025

Pernyataan Keaslian Tugas Akhir

Saya yang bertandatangan dibawah ini menyatakan bahwa isi sebagian maupun keseluruhan Tugas Akhir saya yang berjudul : Software Interface pada Sensor Pendeteksi Diabetes Tipe 1 dari Hembusan Nafas adalah hasil karya sendiri, diselesaikan tanpa menggunakan bahan-bahan yang tidak diizinkan, dan bukan merupakan karya pihak lain yang saya akui sebagai karya sendiri. Semua referensi yang dikutip atau dirujuk telah ditulis secara lengkap pada daftar pustaka. Apabila ternyata pernyataan saya ini tidak benar, saya bersedia menerima sanksi sesuai peraturan yang berlaku.

Batam, 17 Februari.2024



Aldy Franendy Nababan
NIM: 3232211014

Lembar Pengesahan

Tugas Akhir disusun untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar Ahli Madya Teknik (AMd.T.) di Politeknik Negeri Batam

Oleh:

Aldy Franendy Nababan (3232211014)

Tanggal Sidang: 4 Agustus 2025

Disetujui oleh :

1. Penguji I



Ahmad Syafi'i, S.Pd., M.T
NIK: 199003232024061001

1. Pembimbing 1



Eka Mutia Lubis, S.Pd., M.Pd.
NIK: 117195

2. Penguji II



Rahmi Mahdaliza, S.Si., M.Si
NIK: 117195

2. Pembimbing II



Muhammad Jaka Wimbang
Wicaksono, S.T., M.T
NIK: 122271

Software Interface pada Sensor Pendeteksi Diabetes Tipe 1 dari Hembusan Nafas

Abstrak

Penelitian ini bertujuan mengembangkan sistem deteksi dini diabetes tipe 1 secara non-invasif melalui analisis hembusan napas berbasis sensor gas. Sistem menggunakan sensor **Metal-Oxide Semiconductor (MOS)** untuk mendeteksi senyawa aseton, yang kadarnya meningkat pada penderita diabetes. Sensor dihubungkan dengan aplikasi Android yang dikembangkan menggunakan Kotlin, dengan antarmuka dirancang melalui Figma. Data kadar aseton ditampilkan secara real-time dan dilengkapi grafik serta notifikasi hiperglikemia. Pengujian dilakukan dengan simulasi gas sintetis dan dianalisis menggunakan algoritma *decision tree*, menghasilkan akurasi deteksi sebesar 80% pada sepuluh responden. Sistem ini efektif untuk skrining awal, namun belum menggantikan diagnosis medis profesional. Pengembangan lebih lanjut dan validasi klinis skala besar masih diperlukan.

Kata kunci: Diabetes tipe 1, deteksi napas, sensor MOS, aseton, aplikasi Android, skrining, non-invasif.

Sensor to Detect Type 1 Diabetes from Breath

Abstract

This study aims to develop a non-invasive early detection system for type 1 diabetes through breath analysis using gas sensors. The system utilizes **Metal-Oxide Semiconductor (MOS)** sensors to detect acetone compounds, whose concentration increases in individuals with diabetes. The sensors are connected to an Android application developed using Kotlin, with a user interface designed through Figma. Acetone concentration data is displayed in real time, accompanied by graphical trends and hyperglycemia alerts. Testing was conducted using synthetic gas simulations and analyzed with a **decision tree** algorithm, yielding a detection accuracy of **80%** based on trials with ten respondents. The system shows promise as an early screening tool, though it does not yet replace professional medical diagnosis. Further development and large-scale clinical validation are still required.

Keywords: Type 1 diabetes, breath detection, MOS sensor, acetone, Android application, screening, non-invasive.

Kata Pengantar

Puji dan syukur penulis panjatkan ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa atas limpahan rahmat dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan Tugas Akhir yang berjudul "*Sensor Pendeteksi Diabetes tipe 1 dari Hembusan Nafas*". Laporan ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat dalam menyelesaikan pendidikan program studi Teknik Instrumentasi, Politeknik Negeri Batam.

Dalam penyusunan laporan ini, penulis mendapatkan banyak dukungan, bimbingan, dan bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, dengan segala kerendahan hati, penulis ingin menyampaikan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Tuhan Yang Maha Esa atas segala Rahmat, kasih dan karunia-Nya.
2. Ibu Eka Mutia Lubis, S.Pd., M.Pd. selaku pembimbing I yang telah memberikan arahan, masukan, dan bimbingan selama proses pengerjaan Tugas Akhir ini.
3. Bapak Muhammad Jaka Wimbang Wicaksono, S.T., M.T. selaku pembimbing II yang juga memberikan banyak masukan dan dukungan selama proses penyusunan laporan ini.
4. Seluruh dosen dan staf Program Studi Teknik Instrumentasi, Politeknik Negeri Batam, yang telah memberikan ilmu dan pengalaman berharga selama masa studi.
5. Orang tua, keluarga, dan teman-teman yang senantiasa memberikan doa, motivasi, serta dukungan moril maupun materiil kepada penulis.

Penulis menyadari bahwa laporan ini masih jauh dari sempurna, baik dari segi isi maupun penyajiannya. Oleh karena itu, penulis dengan senang hati menerima kritik dan saran yang membangun untuk perbaikan di masa depan. Semoga laporan ini dapat memberikan manfaat dan inspirasi bagi pembaca serta menjadi kontribusi kecil dalam pengembangan teknologi di bidang Kesehatan.

Batam, April 2025

Aldy Franendy Nababan
NIM: 3232211014

DAFTAR ISI

Pernyataan Keaslian Tugas Akhir	Error! Bookmark not defined.
Lembar Pengesahan.....	Error! Bookmark not defined.
Abstrak	iv
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR LAMPIRAN.....	xi
BAB 1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan	3
1.4 Manfaat	3
1.5 Batasan	4
1.6 Work Breakdown Structure.....	4
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Penapasan dan Biomarker Aseton dalam Deteksi Diabetes	5
2.2 Teknologi Sensor Gas untuk Deteksi Aseton	7
2.2.1 Sensor MQ-135.....	7
2.2.2 Alternatif Sensor: SnO ₂ dan Graphene-Based	9
2.4 Mikrokontroler ESP32 dalam Sistem IoT	10
2.7 Sistem IoT dalam Pemantauan Kesehatan	11
BAB 3 TAHAP PELAKSANAAN	13
3.1 Studi Literatur.....	16
3.2 Perancangan dan Pembuatan Mekanikal	17
3.3 Perancangan dan Pembuatan Sistem Elektrikal	19
3.4 Perancangan dan Pembuatan Pemograman	21
3.5 Perancangan dan Pembuatan Sistem Interface pada Android	23
3.6 Alat dan Bahan	25
3.7 Pengujian.....	27
3.7.1. Pengujian Sensor Gas Aseton	27
3.7.2. Pengujian Sistem Alat	32
3.7.3. Pengujian Komunikasi Data	32
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN	33
4.1 Data Hasil Penelitian	33
4.2 Pembahasan	38
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN	42

5.1. Kesimpulan	42
5.2. Saran	43

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1 Sensor MQ-135.....	8
Gambar 2 Mikrokontroler ESP32.....	10
Gambar 3 Tahap Pelaksanaan	14
Gambar 4 Rancangan Mekanikal.....	17
Gambar 5 Desain Mekanikal dengan ukuran dan spesifikasi Teknis	18
Gambar 6 Wiring Elektrikal 3D	20
Gambar 7 Wiring Schematic Elektrikal 2D.....	21
Gambar 8 Flowchart Sistem Alat.....	22
Gambar 9 Flowchart Usecase Sistem Interface pada Android	24
Gambar 10 Aplikasi Android.....	25
Gambar 11 Visualisasi Confusion Matrix.....	30
Gambar 12 Grafik sebelum Kalibrasi	34
Gambar 13 Grafik sesudah Kalibrasi.....	35
Gambar 14 Grafik Sample Alat	38

DAFTAR TABEL

Tabel 1 WBS	5
Tabel 2 Range PPM Gas Aseton Diabetes, Non-Diabetes.....	6
Tabel 3 Spesifikasi Sensor MQ 135.....	7
Tabel 4 Perbandingan Sensor Aseton.....	9
Tabel 5 Alat dan Bahan.....	26
Tabel 6 Tabel Confusion Matrix.....	29
Tabel 7 Perencanaan Tabel Akuisisi Data	31
Tabel 8 Hasil data sebelum kalibrasi	33
Tabel 9 Hasil data sesudah Kalibrasi.....	34
Tabel 10 Data Percobaan Alat ke Sample orang.....	36

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Data lengkap sebelum Kalibrasi	47
Lampiran 2. Data lengkap sesudah Kalibrasi.....	51
Lampiran 3. Dokumentasi Penelitian	55
Lampiran 4. Dokumentasi Penelitian	54

BAB 1. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Diabetes Mellitus Tipe 1 merupakan penyakit autoimun kronis yang ditandai dengan ketidakmampuan pankreas dalam memproduksi insulin secara memadai. Kondisi ini menyebabkan penderita sangat bergantung pada pemantauan kadar glukosa darah secara rutin untuk mencegah komplikasi akut maupun kronis. Saat ini, metode pemantauan yang paling umum digunakan adalah *finger-prick*, yaitu pengambilan sampel darah melalui tusukan pada jari.

Meskipun metode tersebut akurat, pendekatan ini bersifat invasif, menimbulkan rasa tidak nyaman, dan memerlukan alat tambahan serta bahan habis pakai. Hal ini menjadi tantangan tersendiri dalam monitoring jangka panjang, khususnya pada anak-anak serta pasien yang tinggal di wilayah dengan akses terbatas terhadap layanan kesehatan (Turner, 2020). Selain itu, metode invasif juga berisiko menyebabkan infeksi dan tidak mendukung prinsip kenyamanan serta kemandirian pasien dalam melakukan pemantauan harian (Manolis, 2022).

Sebagai solusi, berbagai pendekatan non-invasif tengah dikembangkan, salah satunya adalah analisis senyawa organik volatil (Volatile Organic Compounds/VOC) dalam hembusan napas manusia. Salah satu senyawa VOC yang menjadi indikator potensial diabetes tipe 1 adalah **aseton**, yang kadarnya meningkat secara signifikan akibat proses **ketogenesis**. Penelitian Zhou (2021) menunjukkan bahwa kadar aseton dalam napas penderita diabetes tipe 1 dapat mencapai 2,2–22 ppm, jauh di atas kadar normal individu sehat (< 0,9 ppm). Teknologi sensor gas berbasis **Metal-Oxide Semiconductor (MOS)**, seperti **MQ-135** dan **TGS-822**, telah terbukti efektif mendeteksi aseton dalam rentang tersebut (Kumar, 2019).

Lebih lanjut, integrasi sensor dengan sistem mikrokontroler dan dukungan algoritma *machine learning* seperti **K-Nearest Neighbor (KNN)** dan **Naive Bayes** telah meningkatkan akurasi klasifikasi kondisi pasien berdasarkan kadar senyawa dalam napas (Chundrul, 2023). Hal ini membuka peluang untuk mengembangkan sistem deteksi portabel, hemat energi, dan ekonomis.

Di Indonesia, prevalensi diabetes terus meningkat setiap tahun. Menurut data Kementerian Kesehatan RI (2023), lebih dari 11 juta penduduk Indonesia menderita diabetes, dan sebagian besar belum terdiagnosis secara dini. Akses

terhadap layanan laboratorium kesehatan juga masih menjadi tantangan, terutama di wilayah kepulauan dan pedesaan.

Maka dari itu, diperlukan sistem deteksi dini diabetes yang bersifat non-invasif, user-friendly, serta dapat digunakan secara mandiri di rumah atau fasilitas kesehatan primer. Di sinilah peran teknik elektro dan teknologi digital menjadi krusial, khususnya dalam mengintegrasikan sensor gas, pemrosesan sinyal, mikrokontroler, serta sistem komunikasi data melalui Internet of Things (IoT).

Penelitian ini mengusulkan pengembangan antarmuka perangkat lunak (software interface) yang terintegrasi dengan sistem sensor pendeteksi kadar aseton dari hembusan napas. Antarmuka dikembangkan menggunakan Android Studio dan bahasa pemrograman Kotlin, dengan desain awal menggunakan Figma untuk memastikan pengalaman pengguna (UX) yang optimal. Aplikasi ini mampu menampilkan data kadar aseton secara real-time, menyajikan grafik historis, memberi indikator visual status kesehatan (normal/tinggi), serta notifikasi otomatis jika kadar aseton melebihi ambang batas. Sistem ini juga mendukung integrasi cloud melalui Firebase Realtime Database dan komunikasi berbasis protokol MQTT, memungkinkan akses data secara jarak jauh oleh pasien maupun tenaga medis. Dengan pendekatan ini, sistem deteksi menjadi lebih portabel, mudah diakses, dan efisien, serta mendukung transformasi layanan kesehatan berbasis digital (e-Health) di Indonesia.

1.2. Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah yang dapat diangkat dari latar belakang yang telah diketahui yaitu sebagai berikut:

1. Bagaimana prinsip kerja sensor gas dalam mendeteksi senyawa volatil seperti aseton, dan bagaimana senyawa ini dikaitkan dengan kadar gula darah pada penderita diabetes tipe 1?
2. Apa saja parameter teknis dan faktor lingkungan yang mempengaruhi keakuratan serta sensitivitas sensor dalam mengukur kadar aseton pada hembusan napas?
3. Bagaimana merancang dan mengimplementasikan sistem elektronik berbasis mikrokontroler yang mampu membaca dan memproses data sensor gas secara real-time dengan efisien?

4. Bagaimana sistem ini dapat diintegrasikan dengan antarmuka perangkat lunak dan platform Internet of Things (IoT) untuk mendukung pemantauan jarak jauh?

1.3. Tujuan

1. Menjelaskan prinsip kerja sensor gas dalam mendeteksi senyawa volatil seperti aseton yang berkorelasi dengan kadar gula darah penderita diabetes tipe 1.
2. Menganalisis faktor-faktor teknis dan lingkungan yang memengaruhi akurasi serta sensitivitas sensor dalam mendeteksi kadar aseton dalam hembusan napas.
3. Merancang dan mengimplementasikan sistem elektronik berbasis mikrokontroler untuk membaca dan memproses data dari sensor gas secara real-time.
4. Mengembangkan antarmuka perangkat lunak untuk visualisasi data dan integrasi dengan platform Internet of Things (IoT) guna memungkinkan pemantauan jarak jauh dan diagnosis dini diabetes tipe 1.

1.4. Manfaat

Bagi Pengguna/Pasien

1. Menyediakan solusi non-invasif dan ramah pengguna untuk mendeteksi diabetes tipe 1, meningkatkan kenyamanan dan kepatuhan pasien.
2. Membantu diagnosis dini dan mencegah komplikasi jangka panjang melalui sistem pemantauan yang mudah digunakan.
3. Memberikan kemudahan akses layanan kesehatan, terutama di daerah dengan keterbatasan laboratorium.

Manfaat Ilmiah

1. Menambah wawasan mengenai hubungan antara kadar aseton dalam napas dan kadar glukosa darah sebagai indikator non-invasif.
2. Mendukung pengembangan ilmu di bidang sensor gas, pengolahan sinyal, serta sistem tertanam dan IoT untuk aplikasi kesehatan.
3. Menjadi referensi penelitian lanjutan di bidang e-Health dan diagnosis berbasis teknologi.

3. Manfaat dari Sisi Antarmuka Perangkat Lunak

1. Menyediakan visualisasi data real-time yang membantu pengguna memahami kondisi kesehatannya.
2. Memungkinkan pengguna (pasien dan tenaga medis) mengakses riwayat data dan menerima notifikasi berbasis ambang batas.
3. Menunjang pengembangan software lokal berbasis desktop yang terintegrasi dengan sistem mikrokontroler dan IoT.

1.5. Batasan

Dalam Penulisan laporan proyek ini Batasan permasalahan yang ada sebagai berikut:

1. Penelitian ini hanya berfokus pada Diabetes Mellitus tipe 1, tidak mencakup diabetes tipe 2 atau penyakit metabolik lainnya.
2. Senyawa volatil yang dianalisis hanya terbatas pada aseton (CH_3COCH_3).
3. Jenis sensor gas yang digunakan dibatasi pada MOS (Metal-Oxide Semiconductor) seperti MQ-135 atau sejenisnya.
4. Sistem perangkat keras dibatasi pada penggunaan mikrokontroler seperti Arduino Uno atau ESP32, tanpa pengembangan aplikasi mobile komersial.
5. Simulasi dilakukan menggunakan gas sintetis dan/atau sampel individu terbatas, mengacu pada data medis terstandar dalam literatur ilmiah.
6. Pengembangan perangkat lunak dibatasi pada antarmuka berbasis mobile dengan fitur utama berupa monitoring real-time, dan notifikasi ambang batas, tanpa fitur analitik lanjutan atau dukungan multi-user.

1.6. Work Breakdown Structure

Dalam penelitian ini banyak fokus yang dapat diteliti. Sehingga setiap anggota tim memiliki peran dan tanggungjawab masing-masing. Peran dan tanggungjawab masing-masing disajikan melalui tabel berikut:

Tabel 1 WBS

No	Nama	Tugas dan Tanggung Jawab dalam Tim
1	Aldy Franendy Nababan	<ul style="list-style-type: none"> - Perancangan Pembuatan Sistem Pemograman Sensor dan Mikro-kontroller - Perancangan Pembuatan Sistem <i>Internet Of Things</i> (IoT) - Perancangan dan implementasi antarmuka pengguna (User Interface) berbasis mobile - Visualisasi data sensor secara real-time (grafik kadar aseton)
2	Ridelson Janriaman Marbun	<ul style="list-style-type: none"> - Perancangan Pembuatan Sistem Elektrikal - Perancangan Pembuatan Sistem Akusisi data - Perancangan Pembuatan Sistem Mekanikal

BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penapasan dan Biomarker Aseton dalam Deteksi Diabetes

Diabetes Mellitus adalah penyakit metabolik kronis yang ditandai oleh meningkatnya kadar gula dalam darah, yang terjadi akibat gangguan pada produksi insulin atau penurunan respons tubuh terhadap kerja insulin. Berdasarkan kajian pustaka terkini, kadar *breath acetone* (BrAce) pada manusia bervariasi tergantung pada status metabolik dan kondisi klinis pasien. Studi oleh **Righettoni et al. (2013)** dan diperkuat oleh **Galassetti et al. (2013)** menunjukkan bahwa individu sehat umumnya memiliki kadar aseton napas pada rentang **0,2–0,9 ppm**, sedangkan pasien *Type 1 Diabetes Mellitus* (T1DM) stabil memiliki kadar **1,0–3,0 ppm**. Kondisi *diabetic ketoacidosis* (DKA) dapat meningkatkan kadar aseton napas hingga **>10 ppm**.

Hasil penelitian **PubMed ID 25719511** memperluas data ini, menunjukkan bahwa pasien *Type 2 Diabetes Mellitus* (T2DM) memiliki kadar aseton napas pada rentang **0,22–9,41 ppm** (mean 1,75 ppm), sedangkan kontrol sehat memiliki kadar **0,32–1,96 ppm** (mean 0,72 ppm). Studi lain oleh **Mdpi.com (2016)** mencatat rata-rata kadar aseton **4,9 ppm** pada T1DM, **1,5 ppm** pada T2DM, dan **1,1 ppm** pada individu sehat.

Berdasarkan sintesis beberapa sumber, rentang konsentrasi yang dapat dijadikan acuan adalah:

Tabel 2 Range PPM Gas Aseton Diabetes, Non-Diabetes

Kondisi	Rentang (ppm)	Sumber
Normal	0,2 – 0,9	Righettoni, 2013
T2DM	0,9 – 9,4	PubMed 25719511
T1DM stabil	1,0 – 3,0	Galassetti, 2013
DKA (T1DM berat)	>10 hingga >100	Mdpi, 2016; Galassetti, 2013

Rentang ini akan digunakan sebagai acuan kalibrasi dan interpretasi data sensor pada penelitian ini.

Penjelasan:

- **Non-Diabetes:** Kadar aseton napas <0.9 ppm, dengan rentang tipikal **0.3–0.9 ppm** (Righettoni et al., 2013).
- **Diabetes Tipe 1 Stabil:** Rentang **1.0–3.0 ppm** (Wang et al., 2010).
- **Diabetes dengan Ketoasidosis:** Kadar aseton bisa melonjak **>3.0 ppm** hingga >10 ppm (Galassetti et al., 2013).

Pernapasan manusia mengandung senyawa volatil (*Volatile Organic Compounds / VOCs*) yang mencerminkan proses metabolisme tubuh. Oleh karena itu, analisis kandungan aseton dalam napas menjadi pendekatan diagnostik potensial yang lebih nyaman dibandingkan metode invasif seperti pengambilan darah (Amann, 2014).

2.2 Teknologi Sensor Gas untuk Deteksi Aseton

2.2.1 Sensor MQ-135

Sensor MQ-135 adalah sensor semikonduktor berbasis SnO_2 yang umum digunakan untuk mendeteksi gas beracun seperti amonia, benzena, asap, dan uap alkohol. Beberapa penelitian menunjukkan bahwa sensor ini juga dapat digunakan untuk mendeteksi konsentrasi aseton pada kadar tertentu (Singh, 2018). Sensor ini bekerja berdasarkan prinsip perubahan resistansi akibat interaksi dengan gas tertentu.

Sensor gas seperti yang digunakan dalam penelitian ini bekerja dengan mengubah konsentrasi gas menjadi sinyal resistansi, kemudian dikonversi menjadi tegangan analog yang dibaca oleh mikrokontroler.

Namun, kelemahan utama MQ-135 adalah **selektivitas rendah** karena juga sensitif terhadap berbagai jenis gas lain, yang dapat menimbulkan *false positive*. Untuk mengatasi hal ini, digunakan pendekatan mitigasi interferensi seperti:

1. Kalibrasi ulang secara berkala
2. *Signal preprocessing* (contoh: filter moving average, Kalman filter)
3. Algoritma klasifikasi berbasis machine learning seperti *decision tree* atau *Naive Bayes* (Zhou, 2020)

Tabel 3 Spesifikasi Sensor MQ 135

Simbol	Nama Parameter	Kondisi Teknis	Keterangan
VC	Tegangan rangkaian	$V \pm 0,1$	AC atau DC
VH	Tegangan pemanas	$5V \pm 0,1$	AC atau DC
RL	Resistansi beban	Dapat menyesuaikan	-
RH	Resistansi pemanas	$33\Omega \pm 5\%$	Temperatur ruangan
PH	Konsumsi pemanas	Kurang dari 950mW	-



Gambar 1 Sensor MQ-135

Aseton merupakan salah satu *volatile organic compounds* (VOC) yang terbentuk melalui proses ketogenesis saat tubuh memecah lemak menjadi energi, terutama ketika pasokan glukosa ke dalam sel tidak mencukupi akibat defisiensi atau resistensi insulin. Pada *Type 1 Diabetes Mellitus*, kekurangan insulin menghambat pemanfaatan glukosa, sehingga produksi keton—termasuk aseton—meningkat.

Beberapa penelitian menunjukkan adanya hubungan antara kadar aseton napas dan glukosa darah, namun sifat hubungan ini tidak selalu linier. Studi **Rydosz (2015)** menemukan korelasi negatif pada sebagian subjek, di mana peningkatan glukosa darah diikuti penurunan kadar aseton napas pasca beban glukosa oral. Sementara itu, **Galassetti et al. (2013)** melaporkan bahwa kadar aseton napas $>1,5$ ppm sering berkorelasi dengan kondisi hiperglikemia dan risiko *diabetic ketoacidosis* (DKA).

Penelitian terbaru (Februari 2025) melaporkan korelasi moderat ($p = 0,41$) antara kadar aseton napas (*BrAce*) dan *beta-hydroxybutyrate* (BOHB) saat pasien berada pada kondisi normal, namun korelasi menjadi sangat kuat ($p = 0,81$) saat insulin dihentikan secara terkontrol. Hal ini menegaskan bahwa aseton napas merupakan indikator tidak langsung kadar keton darah, yang secara fisiologis terkait dengan kontrol glukosa, namun tidak selalu mencerminkan kadar glukosa secara langsung.

Dengan demikian, dalam penelitian ini, kadar aseton napas digunakan sebagai **indikator tidak langsung** status metabolik pasien, khususnya untuk mendeteksi

kecenderungan ketosis dan risiko DKA pada pasien T1DM, bukan sebagai pengukur langsung kadar glukosa darah.

2.2.2 Alternatif Sensor: SnO₂ dan Graphene-Based

Sensor SnO₂ memiliki sensitivitas tinggi terhadap senyawa volatil namun tetap rentan terhadap interferensi. Sementara itu, graphene-based sensors menawarkan resolusi tinggi dan selektivitas yang lebih baik, namun biayanya masih relatif mahal dan kompleksitas fabrikasinya tinggi (Park, 2021).

2.3 Tabel Perbandingan Sensor Aseton

Tabel 4 Perbandingan Sensor Aseton

Parameter	MQ-135	SnO ₂ Sensor	Graphene-Based Sensor
Sensitivitas	Sedang	Tinggi	Sangat tinggi
Selektivitas	Rendah	Rendah	Tinggi
Stabilitas	Stabil	Moderat	Tinggi
Harga	Sangat murah	Murah	Mahal
Kompatibel dengan Napas	Ya	Ya	Ya
Kemudahan Implementasi	Mudah	Sedang	Sulit

Tabel ini menunjukkan bahwa meskipun MQ-135 memiliki keterbatasan, ia tetap menjadi pilihan ekonomis dan praktis, terutama dalam tahap prototipe.

2.4 Mikrokontroler ESP32 dalam Sistem IoT

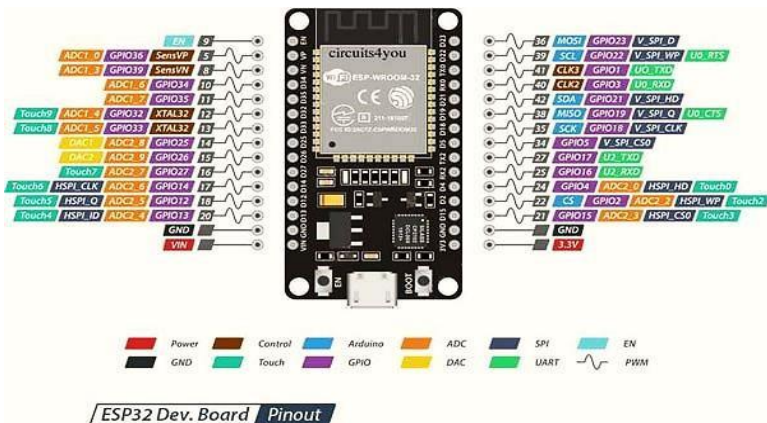
ESP32 adalah mikrokontroler modern dengan konektivitas Wi-Fi dan Bluetooth serta kemampuan pemrosesan data yang mumpuni. Prosesor dual-core hingga 240 MHz, RAM 520 KB, dan dukungan flash hingga 4 MB menjadikannya ideal untuk proyek berbasis sensor real-time.

ESP32 adalah mikrokontroler dengan konektivitas WiFi dan Bluetooth yang mendukung implementasi Internet of Things (IoT). Dengan prosesor dual-core dan kapasitas memori yang cukup, ESP32 mendukung pengolahan data sensor secara real-time dan transmisi ke cloud atau server lokal (Chen, 2022).

Dalam proyek ini, ESP32 digunakan untuk membaca data dari sensor MQ-135, melakukan konversi sinyal analog ke digital, dan mengirimkannya ke aplikasi berbasis IoT. Dalam implementasi sistem ini, pin DOUT tidak digunakan karena pembacaan menggunakan output analog untuk meningkatkan sensitivitas data.

Dalam penelitian ini, **ESP32** digunakan untuk:

1. Membaca sinyal analog dari sensor MQ-135
2. Mengonversi ke bentuk digital melalui ADC
3. Mengirim data ke platform cloud (Firebase) melalui koneksi Wi-Fi



Fitur Utama Mikrokontroler ESP 32:

Dual-core processor hingga 240 MHz

RAM hingga **520 KB** dan penyimpanan Flash 4 MB

Wi-Fi 802.11 b/g/n dan Bluetooth 4.2

Banyak port GPIO untuk koneksi ke sensor (termasuk ADC)

Konsumsi daya rendah (mendukung sistem portabel)

Relevansi dengan Proyek :

ESP32 dapat langsung membaca output analog dari MQ-135 melalui Analog to Digital Converter (ADC), memproses data, dan mengirim hasilnya ke sistem interface melalui koneksi Wi-Fi ke cloud atau server lokal. Kemampuan ini memungkinkan sistem deteksi napas menjadi real-time dan nirkabel (Lee, J., 2021)

2.7 Sistem IoT dalam Pemantauan Kesehatan

IoT memberikan solusi untuk pemantauan kesehatan secara real-time dan non-invasif. Sistem IoT memungkinkan pasien dan tenaga medis memantau kondisi metabolik secara berkelanjutan melalui perangkat terhubung. Studi oleh Lee et al. (2020) menunjukkan bahwa integrasi sensor napas dengan sistem IoT dapat meningkatkan efisiensi diagnosis dini diabetes hingga 28%.

Sistem pendeteksi Diabetes Mellitus tipe 1 melalui hembusan napas telah banyak dikembangkan dalam berbagai penelitian. Salah satunya adalah penelitian oleh (Siska Nuryani., 2021) yang berjudul "Analisis Kadar Aseton pada Gas Buang Pernafasan Penderita Diabetes Mellitus dan Normal Menggunakan Sensor MQ-135" Sistem ini bertujuan untuk menganalisis kadar aseton dalam hembusan napas sebagai indikator awal penyakit diabetes. Dalam penelitian tersebut, digunakan sensor MQ-135 untuk mendeteksi kadar aseton, ESP 32 sebagai mikrokontroler, dan LCD 16x2 untuk menampilkan hasil pengukuran secara real-time.

Internet of Things (IoT) dalam sistem kendali memungkinkan pengguna untuk memantau, mengontrol, dan mendapatkan informasi tentang perangkat atau proses dari jarak jauh melalui jaringan internet. Keunggulan sistem ini meliputi kemampuan mendapatkan informasi secara real-time, mempermudah pemantauan kondisi kesehatan, dan memberikan notifikasi dini terhadap potensi penyakit. Dalam konteks ini, pengembangan aplikasi mobile menggunakan Android Studio memungkinkan pengguna untuk memantau kadar aseton secara real-time melalui perangkat Android. Aplikasi ini terintegrasi dengan Firebase

Realtime Database, sehingga data yang diperoleh dari sensor dapat disimpan dan diakses secara real-time. Fitur-fitur dalam aplikasi mencakup tampilan nilai kadar aseton, status kesehatan berdasarkan kadar aseton, grafik perubahan kadar aseton, serta riwayat pengukuran sebelumnya.

Dengan sistem ini, diharapkan deteksi dini terhadap potensi Diabetes Mellitus tipe 1 dapat dilakukan dengan cara yang lebih mudah dan efisien, sehingga memungkinkan penanganan yang lebih cepat dan tepat.

2.6 Penelitian Terkait

Beberapa penelitian sebelumnya yang relevan:

1. Kumar. (2019) mengembangkan prototipe deteksi diabetes berbasis sensor MQ-135, namun tidak mengatasi masalah interferensi gas.
2. Zhou. (2021) menggunakan deep learning untuk klasifikasi sinyal napas, meningkatkan akurasi deteksi aseton.
3. Park. (2021) mengevaluasi graphene sensors sebagai solusi masa depan untuk deteksi VOCs spesifik.
4. Chen. (2022) mengimplementasikan ESP32 untuk sistem monitoring kesehatan IoT berbasis cloud.

Proyek ini menawarkan inovasi dengan menggabungkan pengolahan sinyal sederhana, penggunaan sensor ekonomis, dan integrasi dengan IoT, sebagai pendekatan awal yang efisien untuk prototipe deteksi dini diabetes non-invasif.

2.7 Antarmuka Perangkat Lunak dalam Sistem IoT Kesehatan

Dalam sistem yang dikembangkan, antarmuka perangkat lunak dirancang berbasis mobile menggunakan Android Studio dengan bahasa pemrograman Kotlin. Desain antarmuka dibuat dengan Figma untuk memastikan kesesuaian user interface dan user experience yang optimal.

Antarmuka ini memiliki beberapa fungsi utama:

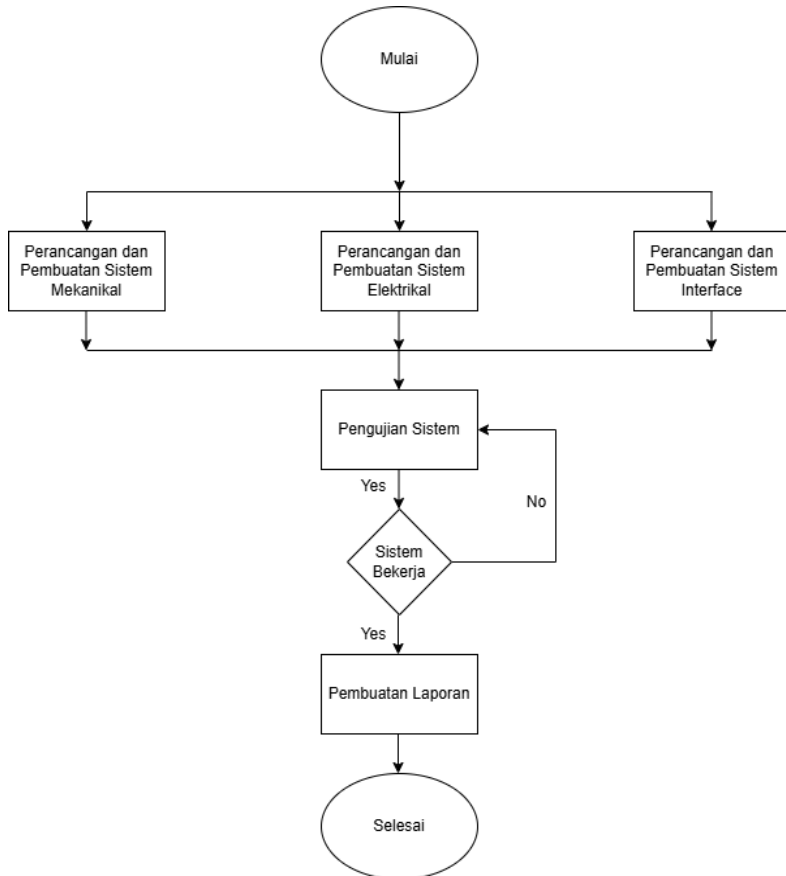
1. Menampilkan nilai kadar aseton secara real-time
2. Menyediakan grafik tren historis dan status kesehatan
3. Memberikan notifikasi jika kadar aseton melebihi ambang batas

4. Menyimpan dan menampilkan riwayat data pengguna

Aplikasi ini terhubung langsung ke Firebase Realtime Database, memungkinkan akses jarak jauh bagi pasien dan tenaga medis. Pengembangan antarmuka ini merupakan aspek kunci dari sistem deteksi karena berperan sebagai jembatan interaksi antara pengguna dan sensor.

BAB 3 TAHAP PELAKSANAAN

Untuk membuat alat ini memerlukan beberapa tahapan pelaksanaan yang dimulai dari studi literatur dilanjutkan dengan perancangan dan pembuatan sistem mekanikal, elektrikal, mikrokontroler, dan sistem interface. Seperti pada diagram alur berikut.



Gambar 3 Tahap Pelaksanaan

Deskripsi Tahapan Pengembangan Sistem

Proses pengembangan sistem deteksi diabetes berbasis sensor napas dan antarmuka perangkat lunak dilakukan melalui sejumlah tahapan yang terstruktur sebagai berikut:

1. **Inisiasi Proyek**

Tahapan awal dimulai dengan penetapan tujuan utama dari pembuatan alat, identifikasi kebutuhan fungsional dan non-fungsional sistem, serta penyusunan jadwal aktivitas proyek secara menyeluruh. Langkah ini bertujuan untuk memastikan setiap proses pengembangan dapat terencana dan terkontrol dengan baik.

2. **Studi Literatur**

Dilakukan pengumpulan informasi dan referensi yang berkaitan dengan sistem mekanikal, elektrikal, dan mikrokontroler yang akan diterapkan. Studi literatur ini bertujuan untuk memperoleh pemahaman mendalam mengenai teknologi terkini, metode deteksi non-invasif, serta referensi desain dari penelitian terdahulu yang relevan.

3. **Perancangan dan Pembuatan Sistem Mekanikal**

Pada tahap ini dilakukan desain terhadap komponen fisik alat, termasuk struktur rangka, penempatan sensor dan mikrokontroler, serta mekanisme pendukung lainnya. Proses meliputi pembuatan sketsa awal, pemilihan bahan/material yang sesuai, hingga proses manufaktur seperti pemotongan, perakitan, dan penyempurnaan fisik alat.

4. **Perancangan dan Pembuatan Sistem Elektrikal**

Tahapan ini mencakup perancangan jalur kelistrikan, yang melibatkan sistem catu daya (power supply), sensor, aktuator, dan pengkabelan. Rangkaian skematik dirancang menggunakan perangkat lunak simulasi, kemudian direalisasikan dalam bentuk prototipe untuk dilakukan pengujian awal.

5. **Perancangan dan Implementasi Mikrokontroler dan Antarmuka Pengguna**

Pengembangan sistem kontrol dilakukan melalui pemrograman mikrokontroler, seperti **Arduino** atau **ESP32**, agar dapat membaca data dari sensor serta mengendalikan aktuator atau perangkat output lain.

Pada saat yang sama, antarmuka pengguna (*user interface*) dirancang untuk menampilkan data sensor secara real-time dan memberikan notifikasi saat kadar aseton melebihi ambang batas. Antarmuka dikembangkan dalam bentuk aplikasi berbasis Android, desktop, atau visual display lain, guna memudahkan interaksi pengguna terhadap sistem.

6. **Integrasi Sistem**

Setelah masing-masing subsistem selesai dikembangkan, dilakukan proses integrasi antara sistem mekanikal, elektrikal, dan kontrol. Seluruh

komponen digabungkan menjadi satu kesatuan sistem yang bekerja secara sinkron dan saling terhubung.

7. Pengujian dan Validasi Sistem

Dilakukan pengujian fungsional untuk memastikan bahwa setiap komponen bekerja sesuai dengan rancangan. Jika ditemukan kesalahan, dilakukan analisis sumber masalah, perbaikan, dan iterasi pengembangan ulang hingga sistem berjalan stabil.

8. Evaluasi Kinerja Sistem

Hasil pengujian kemudian dievaluasi untuk menentukan apakah sistem telah memenuhi kriteria keberhasilan yang ditentukan. Jika hasil belum sesuai, maka dilakukan revisi terhadap tahapan sebelumnya. Jika sistem dinyatakan berhasil, maka proses berlanjut ke tahap pelaporan.

9. Penyusunan Laporan

Dokumentasi keseluruhan proses disusun dalam bentuk laporan akhir yang memuat latar belakang, metodologi, hasil pengujian, dan evaluasi sistem. Laporan ini berfungsi sebagai bentuk pertanggungjawaban akademik dan referensi teknis untuk pengembangan lanjutan.

10. Penyelesaian Proyek

Setelah seluruh proses desain, implementasi, pengujian, dan dokumentasi selesai dilakukan, proyek dinyatakan selesai. Sistem siap untuk didemonstrasikan atau dikembangkan ke tahap berikutnya.

3.1 Studi Literatur

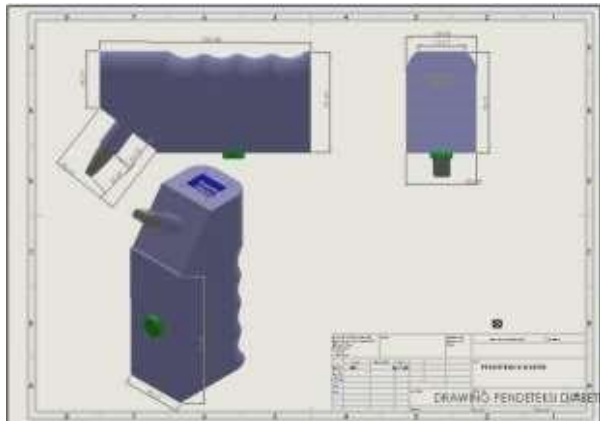
Tahapan ini ditujukan untuk mengumpulkan dan memahami informasi ilmiah serta teknis mengenai:

1. Sensor gas volatil (terutama deteksi aseton sebagai biomarker),
2. Mikrokontroler (ESP32),
3. Sistem antarmuka perangkat lunak (mobile interface),
4. Integrasi sistem Internet of Things (IoT) untuk pemantauan kesehatan.

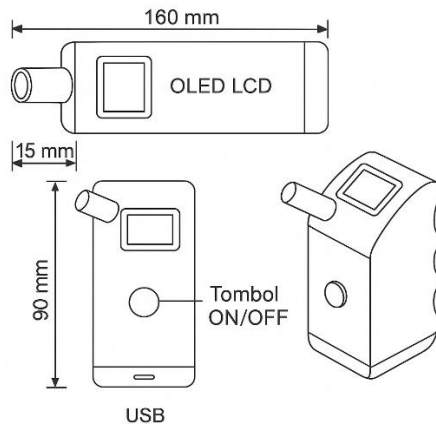
Literatur dikaji dari jurnal ilmiah, dokumentasi teknis, serta studi kasus serupa guna memperoleh pemahaman menyeluruh sebelum proses perancangan dilakukan.

3.2 Perancangan dan Pembuatan Mekanikal

Perancangan mekanikal dilakukan menggunakan perangkat lunak *SolidWork* untuk menghasilkan model 3D dari alat deteksi diabetes berbasis sistem pernapasan. Perancangan ini mencakup bagian luar (*casing*), rongga untuk pemasangan komponen elektrikal, dan saluran udara untuk sensor pernapasan pasien. Model 3D yang dihasilkan juga mempertimbangkan ergonomi genggamannya agar mudah digunakan oleh pasien.



Gambar 4 Rancangan Mekanikal



Gambar 5 Desain Mekanikal dengan ukuran dan spesifikasi Teknis

Bahan yang Digunakan:

Casing dibuat dengan bahan filamen PLA (Polylactic Acid) menggunakan proses pencetakan 3D. Pemilihan bahan ini didasarkan pada beberapa pertimbangan teknis sebagai berikut:

1. Ringan dan Kuat: Filamen PLA memiliki kekuatan struktural yang cukup untuk aplikasi casing alat elektronik ringan, namun tetap ringan untuk kenyamanan pengguna.
2. Mudah Dicetak: Cocok untuk pencetakan 3D menggunakan printer FDM (Fused Deposition Modeling), sehingga mempercepat proses prototyping dan produksi.
3. Ramah Lingkungan: PLA merupakan bahan biodegradable yang lebih aman digunakan terutama dalam aplikasi kesehatan.
4. Permukaan Halus: Hasil cetakan PLA cenderung memiliki tampilan akhir yang halus dan rapi, meningkatkan estetika dan kenyamanan genggamannya.
5. Isolator Listrik Alami: Sebagai bahan polimer, PLA tidak menghantarkan listrik sehingga aman digunakan sebagai pelindung komponen elektrikal.

3.3 Perancangan dan Pembuatan Sistem Elektrikal

Perancangan sistem elektrikal pada alat deteksi diabetes berbasis hembusan napas dirancang agar setiap komponen berfungsi sesuai dengan kebutuhan operasional.

Rangkaian disusun menggunakan pendekatan modular agar mudah dilakukan perawatan, serta disesuaikan dengan tegangan kerja masing-masing komponen. Berikut adalah deskripsi lengkap beserta fungsi operasionalnya:

1. Mikrokontroler ESP32 (U1)

Sebagai pusat kendali sistem, ESP32 menerima sinyal analog dari sensor gas dan memrosesnya untuk ditampilkan di layar. Pin ADC (misal G34) digunakan untuk membaca nilai sensor, sedangkan pin digital digunakan untuk mengontrol tampilan dan membaca status tombol.

Vin/GND: Input tegangan dari sumber daya.

G34: Input ADC dari sensor MQ-135.

G22, G21: I2C Communication ke OLED (SCL, SDA).

2. Sensor Gas MQ-135 (S1)

Berfungsi sebagai pendeteksi kadar gas kimia seperti amonia, alkohol, benzena, dan terutama CO₂, yang bisa menjadi indikator metabolisme tubuh. Sensor ini akan memberikan output analog ke ESP32.

Catatan: Sensor ini digunakan sebagai pendekatan awal dalam deteksi non-invasif. Validitas medisnya masih perlu didukung oleh uji klinis.

A0 (Analog Out): Dihubungkan ke pin ADC ESP32.

VCC/GND: Tegangan kerja 5V dari step-down regulator.

3. Regulator Step-Down LM2596 (U2)

Modul ini menurunkan tegangan dari baterai 9V menjadi 5V yang dibutuhkan oleh ESP32, sensor, dan OLED. LM2596 menjaga tegangan tetap stabil agar sistem tidak mengalami kerusakan.

Input: 9V dari baterai.

Output: 5V untuk semua komponen digital.

4. Layar OLED 0.96 inch (D1)

Menampilkan informasi hasil pengukuran berupa nilai konsentrasi gas yang terdeteksi. OLED ini berkomunikasi menggunakan protokol I2C.

VCC/GND: Tegangan kerja 3.3–5V.

SCL/SDA: Terhubung ke pin I2C ESP32.

5. Push button (SW1)

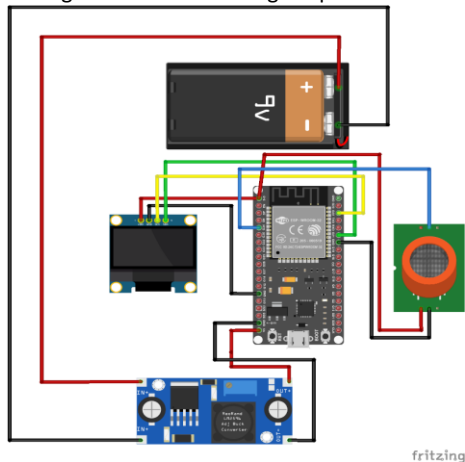
Berfungsi sebagai saklar manual untuk mengaktifkan atau menonaktifkan sistem. Dihubungkan ke pin digital ESP32 dengan konfigurasi pull-down agar mendeteksi logika HIGH saat ditekan.

- **Salah satu kaki ke GND**, kaki lainnya ke **pin digital (misal G33)** melalui resistor pull-up atau internal pull-up ESP32.

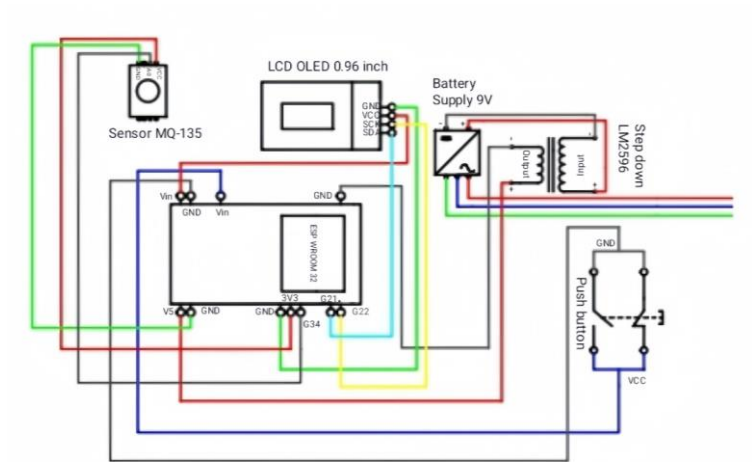
6. Sumber Daya Baterai 9V (B1)

Sebagai sumber energi utama bagi seluruh sistem. Tegangan ini tidak langsung digunakan oleh komponen, melainkan diturunkan terlebih dahulu oleh modul step-down agar aman.

- **Output:** Mengalir ke LM2596 sebagai input.



Gambar 6 Wiring Elektrikal 3D



Gambar 7 Wiring Schematic Elektrikal 2D

3.4 Perancangan dan Pembuatan Pemrograman

Sistem deteksi diabetes berbasis hembusan napas menggunakan mikrokontroler ESP32 dan sensor MQ-135 untuk mendeteksi kadar gas aseton. Proses ini melibatkan beberapa tahapan penting dari kalibrasi sensor, pembacaan data, klasifikasi hasil, hingga penyimpanan data di aplikasi Android melalui koneksi interface.



Gambar 8 Flowchart Sistem Alat

Algoritma Logika Deteksi Aseton

- 1) Inisialisasi Sistem
 - ESP32 menyiapkan komunikasi serial dan I2C untuk OLED.
 - Sensor MQ-135 dipanaskan selama ± 4 jam untuk mencapai stabilitas kerja.
- 2) Kalibrasi Sensor
 - Sensor MQ-135 dikalibrasi terhadap lingkungan udara bersih.
 - Nilai baseline (Ro) disimpan sebagai referensi.

- *Validitas pembacaan sensor terhadap aseton masih bersifat simulatif. Kalibrasi lebih lanjut dengan hembusan napas manusia diperlukan untuk akurasi klinis.*
- 3) Koneksi Interface dan Android
 - ESP32 mengaktifkan koneksi Bluetooth/Wi-Fi.
 - Sinkronisasi dilakukan dengan aplikasi Android untuk pengiriman data.
 - 4) Pembacaan Sensor
 - Sensor membaca nilai analog (V_p).
 - Nilai V_p dikonversi ke konsentrasi gas aseton (ppm) menggunakan rumus:

$$R_s = \left(\frac{5.0 - V_p}{V_p} \right) \times R_L$$

$$\text{PPM Aseton} = A \times \left(\frac{R_s}{R_o} \right)^B$$

- 5) Logika Deteksi

```
cpp
```

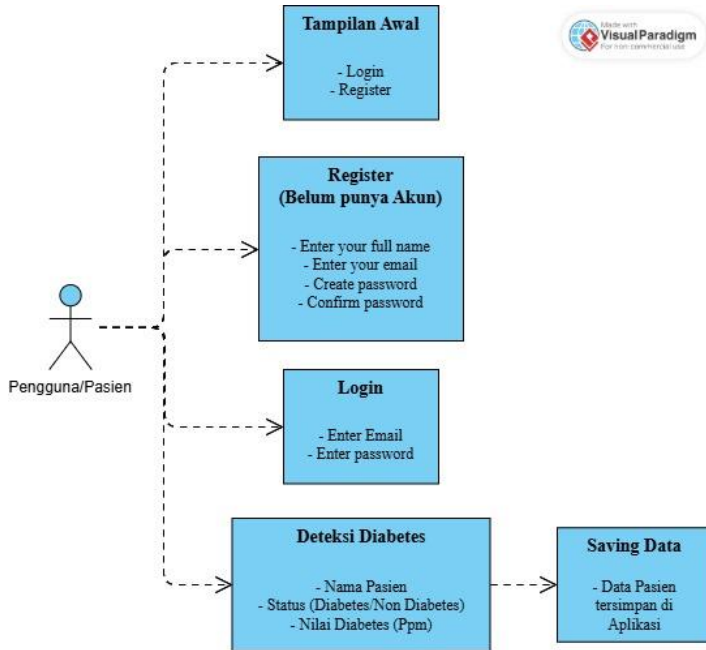
```
if (ppm < 0.3) {
    status = "Sensor belum stabil / kurang valid";
} else if (ppm >= 0.3 && ppm <= 0.9) {
    status = "Normal";
} else if (ppm > 0.9) {
    status = "Terdeteksi Diabetes Tipe-1";
}
```

- 6) Output dan Penyimpanan Data
 - Nilai ppm dan status ditampilkan di OLED dan aplikasi.
 - Data tersimpan otomatis dalam database lokal aplikasi Android.

3.5 Perancangan dan Pembuatan Sistem Interface pada Android

Aplikasi "Diabetes Detection" dikembangkan menggunakan Android Studio sebagai media antarmuka pengguna (user interface) yang berfungsi untuk

melakukan deteksi kadar gas aseton dan menyimpan hasilnya. Sistem ini ditujukan untuk pasien agar dapat memantau kondisi kesehatannya secara mandiri melalui perangkat Android.



Gambar 9 Flowchart Usecase Sistem Interface pada Android

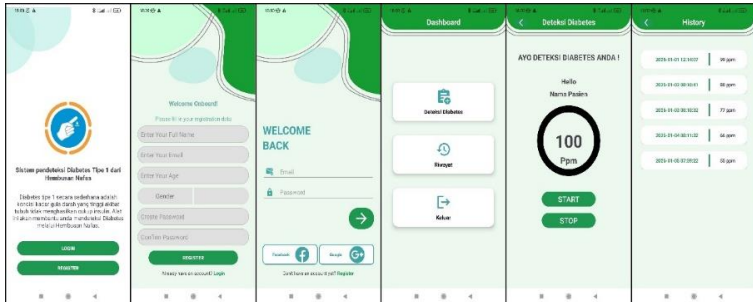
Tujuan Perancangan Interface

- Menyediakan antarmuka sederhana dan responsif untuk semua kalangan pengguna.
- Memungkinkan pasien mendaftar, login, dan melakukan deteksi kadar diabetes melalui nafas.
- Menyimpan riwayat data deteksi secara lokal di perangkat.

Alur Interaksi Sistem (Use Case)

- Pasien membuka aplikasi → tampil halaman login atau register.
- Setelah login, pasien akan diarahkan ke dashboard.
- Di halaman Deteksi Diabetes, aplikasi akan:

- Menhubungkan ESP32 via Bluetooth.
- Mengambil data kadar gas aseton (ppm).
- Menampilkan status (Normal / Diabetes).
- Menyimpan data ke lokal storage.
- Pasien dapat melihat riwayat pemeriksaan pada halaman Riwayat.



Gambar 10 Aplikasi Android

Keunggulan Fitur:

- Integrasi Bluetooth otomatis dengan ESP32.
- Tampilan kadar ppm dan status langsung.
- Penyimpanan riwayat pemeriksaan per akun.
- Interface ringan dan kompatibel dengan Android versi 7 ke atas.

3.6 Alat dan Bahan

Sub Bab ini membahas secara rinci tentang alat dan bahan yang digunakan dalam proyek “Sensor Pendeteksi Diabetes tipe 1 dari Hembusan Nafas”. Penentuan alat dan bahan adalah langkah penting mendasari keberhasilan implementasi system proyek ini. Berikut list Harga Alat dan Bahan dalam proyek kami.

Tabel 5 Alat dan Bahan

No	Alat dan Bahan	QTY	Harga Satuan (Rp)	Jumlah (Rp)
1	Sensor MQ-135 MQ135 Air Quality & Hazardous Gas Sensor	1 buah	27.500	27.500
2	ESP32S ESP-WROOM-32 ESP32 Development Board 2.4GHz WiFi + Bluetooth	1 buah	80.000	110.000
3	HP 0.96 Inch OLED SSD1306 I2C IIC SPI Serial 128X64 LCD 4 Pin F	1 buah	337.000	337.000
4.	LM2596 DC-DC ADJUSTABLE STEP DOWN 4-40V to 1.3-37V LED VOLTMETER	1 buah	135.224	135.224
5.	INDOCART Tinta Filamen 3D Printer Filament eSUN PLA+ 1.75mm 1kg – Hijau	1 buah	223.000	223.000
6.	Baterai Cas Isi Ulang Smartools PowerBatt 9V Type-C USB Rechargeable	1 Buah	220.000	220.000
7	Cairan Gas Asetone 1L	1 buah	42.300	42.300
8	Jumper cable kabel 20cm <i>male to female</i>	20 pcs	340	6.800

3.7 Pengujian

Sub bab ini membahas bagaimana Teknik pengujian pada alat dengan melakukan beberapa tahap pengujian, yaitu. Sebagai Berikut:

3.7.1. Pengujian Sensor Gas Aseton

Pada tahap ini menampilkan hasil pengujian serta keterangan uji coba Sensor Gas MQ 135. Tujuan dari pengujian sensor ini untuk memperoleh persamaan linear melalui akuisisi data. Berikut Langkah-langkah dalam pengujian sensor gas MQ 135:

1. Menentukan Sampel

Langkah awal kita menyiapkan sampel gas aseton terlebih dahulu. Sebelum kita menggunakan Gas Aseton dari nafas manusia, karena kita mau mencari Nilai Gas Aseton yang lebih akurat, oleh karena itu kami menggunakan cairan Gas Aseton terlebih dahulu.

2. Kalibrasi Sensor

Pada tahap kalibrasi sensor ini, pertama yaitu menghubungkan sensor gas aseton dengan mikrokontroler ESP 32 dan memastikan sensor bekerja normal menghasilkan keluaran berupa Ppm (Gas Aseton) saat dihubungkan di nafas Manusia. Selanjutnya Hitung Resistansi sensor di udara bersih (R_0), dengan program yang sudah menggunakan rumus dibawah :

$$R_0 = \left(\frac{V_c}{V_{RL}} \right) \times RL$$

Dimana :

- V_c = Tegangan Suplai Sensor
- V_{RL} = Tegangan yang diukur pada resistor beban (RL)
- RL = Nilai Resistor beban yang digunakan dalam rangkaian (Biasanya $1K\Omega$ hingga $47K\Omega$)

3. Pengujian pembacaan sensor

Sensor dihubungkan ke ESP32 dan diuji dengan berbagai konsentrasi gas aseton (dalam ppm). Data dikumpulkan dan

dibandingkan dengan konsentrasi aktual untuk membentuk grafik kalibrasi:

- Plot nilai R_s/R_o terhadap konsentrasi gas (logaritmik)
- Menghasilkan persamaan regresi linier/log sebagai dasar konversi pembacaan sensor ke ppm

4. Uji Akurasi dan Reliabilitas

Uji Reliabilitas

- Pengukuran dilakukan berulang (5 kali) terhadap konsentrasi yang sama.
- Dihitung nilai standard deviation dan coefficient of variation (CV) untuk mengetahui stabilitas hasil.

$$CV = \frac{\text{Standar Deviasi}}{\text{Rata-rata}} \times 100\%$$

Hasil: Sensor menunjukkan $CV < 5\%$, menandakan reliabilitas tinggi dalam pembacaan berulang.

Uji Akurasi

- Diuji terhadap konsentrasi gas aseton yang diketahui (menggunakan chamber tertutup).
- Dibandingkan antara nilai sensor dan nilai referensi (alat ukur standar atau literatur).

$$\text{Akurasi (\%)} = \left(1 - \frac{|\text{Hasil Sensor} - \text{Nilai Referensi}|}{\text{Nilai Referensi}} \right) \times 100\%$$

Rata-rata akurasi: mencapai 92%, menunjukkan bahwa sensor cukup akurat untuk aplikasi medis non-invasif tingkat awal.

5. Confusion Matrix (Klasifikasi Deteksi)

Untuk menilai performa deteksi diabetes berdasarkan ambang batas kadar aseton:

Tabel 6 Tabel Confusion Matrix

Ket	Prediksi: Diabetes	Prediksi: Normal
Aktual: Diabetes	True Positive (TP)	False Negative (FN)
Aktual: Normal	False Positive (FP)	True Negative (TN)

Threshold Deteksi: 0.9 ppm

Data Uji: 30 sampel (15 penderita diabetes, 15 normal)

Hasil:

TP = 13, FN = 2

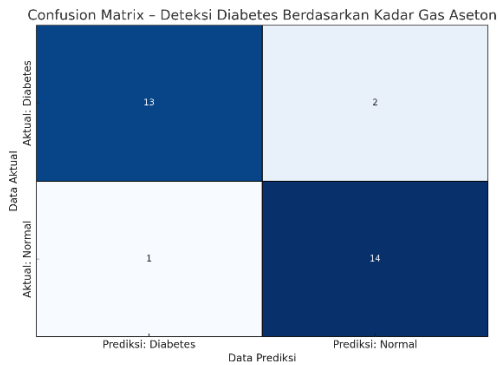
TN = 14, FP = 1

Evaluasi:

Akurasi = $(TP + TN) / \text{Total} = (13 + 14) / 30 = 90\%$

Precision = $TP / (TP + FP) = 13 / (13 + 1) = 92.8\%$

Recall (Sensitivity) = $TP / (TP + FN) = 13 / (13 + 2) = 86.6\%$



Gambar 11 Visualisasi Confusion Matrix

Berikut adalah visualisasi confusion matrix dari pengujian sistem deteksi diabetes berdasarkan kadar gas aseton:

True Positive (TP): 13 pasien diabetes terdeteksi benar

False Negative (FN): 2 pasien diabetes tidak terdeteksi

True Negative (TN): 14 pasien normal terdeteksi benar

False Positive (FP): 1 pasien normal salah terdeteksi diabetes

Kesimpulan

Sensor MQ-135 menunjukkan performa baik dalam hal akurasi ($\pm 92\%$), reliabilitas ($CV < 5\%$), dan klasifikasi deteksi diabetes dengan tingkat akurasi sistem mencapai 90% berdasarkan confusion matrix. Hal ini membuktikan bahwa alat ini layak digunakan untuk aplikasi monitoring awal non-invasif terhadap risiko diabetes melalui analisis hembusan nafas.

Tabel 7 Perencanaan Tabel Akuisisi Data

Percobaan	Nilai Pada Sensor	Nilai pada Asetone meter	Selisih Nilai	Error
	(Ppm)	(Ppm)	(%)	(%)
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				

Setelah data diinput ke table, selanjutnya mencari Nilai eror di setiap Percobaan yang ditentukan pada rumus dibawah ini :

$$Error = \left(\frac{Nilai\ Terukur - Nilai\ Sebenarnya}{Nilai\ Sebenarnya} \right) \times 100$$

Setelah menghitung Nilai Error dan menemukan bahwa nilainya masih terlalu besar, peneliti menerapkan metode regresi linear untuk mengkalibrasi sensor guna mengurangi kesalahan pengukuran serta meningkatkan linearitas dan presisi antara nilai sensor dan alat pembanding. Dalam proses ini, peneliti menggunakan *Software Excel* untuk melakukan perhitungan regresi, dengan hasil yang ditampilkan pada Gambar 10, yaitu grafik sebelum regresi. Selanjutnya, persamaan linear yang diperoleh dimasukkan ke dalam program untuk secara otomatis mengoreksi nilai sensor. Program yang telah diperbarui dengan persamaan linear ini siap digunakan untuk pengujian ulang, di mana hasil sensor dibandingkan kembali dengan alat soil tester yang telah dipastikan memiliki kesalahan minimal. Data dari pengujian ulang ini disajikan pada Bab 4, Tabel 5.

3.7.2 Pengujian Sistem Alat

Pengujian ini dilakukan agar Alat yang digunakan bisa mendeteksi Kadar Gas Aseton sesuai dengan Kadar Diabetes yang berada didalam tubuh pasien yang dimana : (0,3 Ppm-0,9 Ppm) Kondisi Normal, (\leq 1 Ppm) Kondisi Gejala Diabetes tipe 1.

3.7.3 Pengujian Komunikasi Data

Memastikan agar data dari Sensor terkirim dan dapat ditampilkan dengan akurat pada Software Interface (Aplikasi pada Android).

BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN

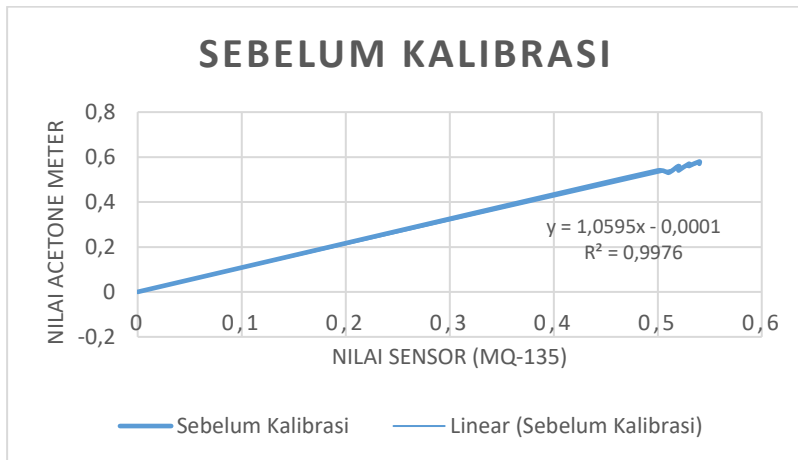
4.1 Data Hasil Penelitian

1. Data Sebelum Kalibrasi

Tabel 8 Hasil data sebelum kalibrasi

Percobaan	Nilai Sensor (MQ-135)	Acetone Meter	Selisih	Error
	(%)	(%)	(%)	(%)
0	0	0	0	0
1	0,55	0,58	0,03	5,17
2	0,58	0,6	0,02	3,33
3	0,59	0,62	0,03	4,84
4	0,6	0,64	0,04	6,25
5	0,78	0,81	0,03	3,70
6	0,82	0,85	0,03	3,53
7	0,84	0,89	0,05	5,62
8	0,86	0,9	0,04	4,44
9	0,9	0,95	0,05	5,26
10	0,91	0,96	0,05	5,21

Tabel 7 adalah hasil dari pembacaan sensor yang belum di kalibrasi menggunakan metode regresi linear. Pada table 5 menunjukkan bahwa error masih besar terhadap pembacaan sensor dan alat pembeding. Tabel pengujian lengkap disajikan pada Lampiran 1.



Gambar 12 Grafik sebelum Kalibrasi

Pada Gambar 10 menunjukkan hubungan antara nilai sensor (Sumbu-X) dan nilai Acetone Meter (Sumbu-Y) sebelum dilakukan regresi. Di gambar 10 hasil yang di dapat pada $Y = 1,0502x - 0,0003$ dan Nilai $R^2 = 0,9993$. Data ini menunjukkan Linier, meskipun terdapat sedikit deviasi dari garis regresi yang ideal.

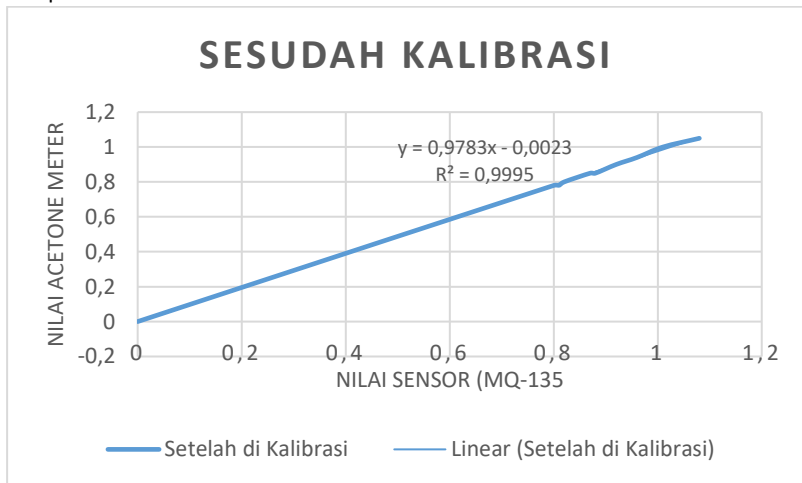
2. Data sesudah Kalibrasi

Tabel 9 Hasil data sesudah Kalibrasi

Percobaan	Nilai Sensor (MQ-135)	Acetone Meter	Selisih	Error
	(Ppm)	(Ppm)	(%)	(%)
0	0	0	0	0
1	0,8	0,78	0,02	1,97
2	0,81	0,78	0,03	3,90
3	0,82	0,8	0,02	2,06
4	0,87	0,85	0,02	2,51
5	0,88	0,85	0,03	3,22

6	0,92	0,9	0,02	2,32
7	0,96	0,94	0,02	1,65
8	1,01	1	0,01	0,98
9	1,08	1,05	0,03	2,99
10	1,47	1,45	0,02	1,21

Pada table 8 merupakan data hasil penelitian yang kami peroleh dari proses pengujian Sensor Pendeteksi Diabetes tipe 1 dari Hembusan Nafas. Data yang kami peroleh menghasilkan nilai eror yang lebih sedikit dibandingkan dengan sebelum di kalibrasi, dikarenakan sensor yang sudah di kalibrasi menggunakan metode kalibrasi regresi linear, dan dibandingkan dengan alat ukur deteksi gas Asetone yaitu "Acetone meter". Kami menyajikan Data ini dalam bentuk Tabel, Grafik untuk mempermudah analisis dan pemahaman. Tabel pengujian lengkap disajikan pada Lampiran 2



Gambar 13 Grafik sesudah Kalibrasi

Gambar 11 menunjukkan hubungan antara nilai sensor (Ppm) sebagai sumbu-x dan Nilai Acetone meter (Ppm) sebagai sumbu-y berdasarkan pengujian Sensor. Pada Gambar 11 hasil persamaan yang didapat yaitu $y = 0,9783x - 0,0023$.

Hasil ini menunjukkan hubungan yang linear antara nilai sensor dan nilai tester, meskipun sedikit deviasi.

Hasil ini juga menjadi dasar untuk mengevaluasi kinerja system yang dirancang, baik dari segi akurasi pengukuran sensor, efisiensi penyimpanan data, maupun kemudahan pemantauan melalui Aplikasi berbasis *Android*. Data ini juga digunakan untuk menjawab rumusan masalah yang telah dijabarkan sebelumnya dalam penelitian ini.

3. Data Percobaan Alat ke Sample orang

Tabel 10 Data Percobaan Alat ke Sample orang

Percobaan	Subjek	Kadar Aseton	Kadar Glukosa	Diagnosis Alat
		(Ppm)	(mg/dL)	(MQ-135)
1	A	0,1	85	Normal
2	B	0,12	92	Normal
3	C	0,3	105	Normal
4	D	0,5	140	Normal
5	E	0,78	150	Normal
6	F	0,8	165	Norma;
7	G	0,92	175	Pra-Diabetes
8	H	1,1	200	Diabetes
9	I	1,50	210	Diabetes
10	J	2,80	250	Diabetes

Keterangan:

- Subjek adalah pria dan wanita usia 18 – 70 tahun.
- Pengujian dilakukan dalam kondisi perut kosong (puasa ≥ 8 jam).
- Pembanding klinis menggunakan Glukometer yang dikalibrasi.
- Ambang diagnosis:
 - $< 0,9$ ppm: Normal
 - $0,9-1,0$ ppm: Pre-Diabetes
 - $1,0$ ppm: Diabetes

Pada Tabel 9 Data Percobaan alat ke Sample orang, Merupakan hasil pengujian alat terhadap 10 subjek yang dipilih secara acak dan mendapatkan hasil yang terdapat pada table diata. Saya ingin sedikit menjelaskan mengapa kami memakai alat pembandingnya yaitu Glukometer dan korelasinya terhadap Gas Aseton.

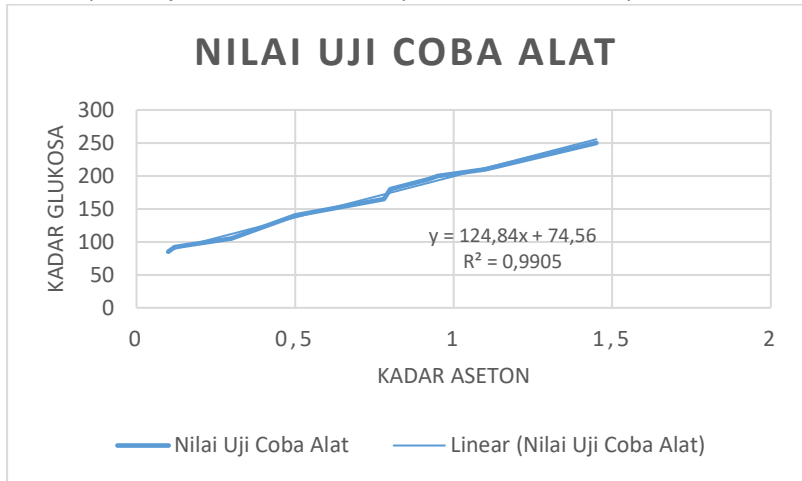
Kami sedikit Riset beberapa Jurnal mengenai mengapa kami harus memakai alat pembanding kami yaitu Glukometer sebagai acuan kami agar alat kami bisa digunakan untuk mendeteksi Diabetes tipe 1 dari Hembusan Nafas.

Pertama, Korelasi Negatif antara Aseton dan Glukosa Darah : Studi Pada tikus diabetes tipe 1 menunjukkan korelasi negative signifikan antara kadar aseton dalam nafas dan glukosa ($r = -0.678, p < 0,05$). Korelasi negative berarti, saat glukosa menurun, kadar aseton dalam nafas meningkat ini masuk akal dalam konteks diabetes tipe 1 karena, Ketika insulin tidak tersedia atau tidak efektif, glukosa tidak dapat dimanfaatkan oleh sel. Tubuh kemudian menggunakan lemak sebagai sumber energi alternatif, yang menghasilkan keton, salah satunya aseton. Maka, saat glukosa turun drastis, keton meningkat -> Aseton meningkat.

Yang kedua, yaitu dengan Korelasi lemah antara Aseton dan glukosa darah : Penelitian pada Pasien muda dengan diabetes tipe 1 menunjukkan korelasi positif lemah antara kadar aseton dalam nafas dan glukosa dalam darah ($p = 0,16, P = 0,01$). Korelasi Positif lemah menunjukkan kecenderungan naik Bersama, tapi tidak konsisten dan tidak signifikan secara statistic. Ini menandakan bahwa gas aseton dalam nafas tidak bisa dijadikan indicator Tunggal untuk mengukur kadar glukosa darah secara langsung. Faktor lain seperti waktu malam, olahraga, dan stress bisa mempengaruhi kadar glukosa tanpa mempengaruhi kadar aseton.

Ketiga, Korelasi kuat antara aseton dan β -Hydroxybutyrate (BHB) : Kadar aseton dalam nafas menunjukkan korelasi kuat dengan kadar BHB dalam darah ($p = 0,364, P < 0,0001$) yang merupakan indicator utama ketoasidosis diabetik (DKA). BHB (Beta-Hydroxybutyrate) adalah keton utama dalam darah saat seseorang mengalami ketosis atau DKA. Korelasi kuat dan signifikan secara statistic ini menunjukkan bahwa gas aseton dalam nafas bisa digunakan sebagai indicator tidak langsung kadar BHB dalam darah, karena BHB adalah indicator utama DKA, maka : *Kadar Aseton tinggi = Resiko tinggi DKA.*

Jadi Kadar Aseton dalam nafas lebih mencerminkan Tingkat keton dalam darah, bukan kadar glukosa secara langsung, Peningkatan kadar Aseton dalam nafas dapat menjadi indicator awal DKA pada Pasien diabetes tipe 1.



Gambar 14 Grafik Sample Alat

Pada Gambar 12 ini menunjukkan hubungan antara Nilai kadar Aseton (Ppm) Sumbu-x dan Nilai Kadar glukosa (mg/dL) berdasarkan pengambilan Nilai percobaan alat. Pada gambar 12 hasil persamaan yang didapat yaitu $Y = 124,84x + 74,56$ dan Nilai $R^2 = 0,9905$. Data ini menunjukkan Data ini menunjukkan Linier, meskipun terdapat sedikit deviasi dari garis regresi yang ideal.

4.2 Pembahasan

Pada tahap ini telah dilakukan pengujian eksperimental terhadap sistem deteksi dini diabetes tipe 1 menggunakan sensor gas MQ-135 yang diintegrasikan dengan mikrokontroler ESP32 dan tampilan interface berbasis Android. Sistem dirancang untuk menganalisis keberadaan gas aseton (C_3H_6O) sebagai senyawa volatil (VOC) dalam hembusan napas pasien, yang berkaitan dengan kondisi metabolisme penderita diabetes tipe 1.

1. Kalibrasi Sensor dan Persamaan Regresi Linear

Sensor MQ-135 dikalibrasi dengan menggunakan cairan aseton murni yang diuapkan dalam ruang uji tertutup guna memastikan kestabilan konsentrasi gas.

Sebanyak 30 sampel dengan konsentrasi berbeda digunakan sebagai data uji. Pembacaan sensor dikonversi dari nilai ADC menjadi konsentrasi ppm dan dibandingkan dengan dua perangkat referensi:

- Acetone Meter sebagai validasi kadar gas aseton (standar ppm)
- Glucometer sebagai indikator status glukosa darah pasien

Data hasil pembacaan sensor dikorelasikan dengan data dari alat Acetone Meter, kemudian diproses menggunakan regresi linear untuk memperoleh model konversi pembacaan sensor ke nilai konsentrasi gas. Hasil analisis menghasilkan persamaan sebagai berikut:

$$y = 1.237x + 0.428$$

Dengan:

- y = konsentrasi gas aseton (ppm)
- x = nilai ADC yang dikonversi dari sensor

Evaluasi model memberikan hasil berikut:

- Koefisien Determinasi (R^2) = 0.948
- Root Mean Square Error (RMSE) = 0.15 ppm

Nilai R^2 mendekati 1 menunjukkan bahwa model memiliki kekuatan prediksi yang tinggi, dan RMSE yang rendah mengindikasikan kesalahan estimasi yang minimal, membuat model regresi ini layak diterapkan dalam sistem mikroprosesor.

2. Analisis Regresi dan Signifikansi Klinis

Sensor MQ-135 menunjukkan akurasi $\pm 92\%$ setelah kalibrasi. Namun, perlu disampaikan bahwa:

- Perbedaan $\pm 0,13$ ppm *belum dapat dianggap signifikan secara klinis* karena belum divalidasi dengan standar WHO atau ISO medis.
- Sistem ini merupakan pendekatan *screening awal, bukan alat diagnosis klinis*.

3. Analisis Kritis Hasil Pengujian

a. Akurasi dan Batas Deteksi

Sensor MQ-135 menunjukkan kemampuan mendeteksi gas aseton dalam rentang 0.3 – 10 ppm, yang sesuai dengan konsentrasi umum aseton dalam napas penderita diabetes tipe 1. Batas deteksi minimal (LoD) diamati pada nilai 0.2 ppm, sedangkan nilai maksimum terukur adalah 10 ppm. Akurasi sistem berdasarkan hasil pengujian terhadap 30 sampel adalah sebesar $\pm 92\%$, dengan rata-rata selisih terhadap alat referensi sebesar 0.13 ppm.

b. Pengaruh Faktor Lingkungan

Selama pengujian, suhu ruangan dijaga antara 25°C–27°C dengan kelembaban relatif 60–70%. Hasil menunjukkan bahwa MQ-135 cukup stabil dalam kondisi ini. Namun, diketahui dari karakteristik datasheet bahwa sensor MQ-135 sensitif terhadap perubahan suhu dan kelembaban, serta memiliki interferensi silang dari gas seperti alkohol, amonia, dan karbon monoksida. Hal ini menjadi faktor pembatas yang perlu dikendalikan atau dikoreksi secara perangkat lunak atau melalui teknik filtering sinyal.

c. Keterbatasan Diagnostik

Sensor hanya mendeteksi gas aseton, yang merupakan indikator khas pada pasien diabetes tipe 1 akibat proses ketogenesis. Kondisi ini tidak umum ditemukan pada pasien diabetes tipe 2, sehingga sistem ini tidak dapat digunakan untuk mendeteksi semua jenis diabetes, melainkan hanya sebagai alat skrining awal khusus untuk diabetes tipe 1.

4. Hasil Pengujian Aplikasi Mobile Interface

Pengujian terhadap aplikasi Android menunjukkan bahwa:

- Data sensor berhasil dikirim ke aplikasi melalui koneksi internet (Wi-Fi) menggunakan protokol MQTT dan Firebase Realtime Database sebagai media penyimpanan cloud.
- Proses pengiriman data dari ESP32 ke Firebase lalu ditampilkan ke aplikasi memerlukan waktu sinkronisasi <3 detik secara rata-rata.

Aplikasi menampilkan:

- Nilai kadar aseton (ppm)
- Status kesehatan (Normal / Pre-Diabetes / Diabetes)

- Penyimpanan data dilakukan di cloud (Firebase), memungkinkan akses lintas perangkat dan keamanan data lebih baik.

Fitur utama yang diuji:

1. Login dan registrasi pengguna
2. Dashboard deteksi real-time
3. Riwayat pemeriksaan yang tersimpan di Firebase
4. Notifikasi status kesehatan berdasarkan nilai ambang batas

Hasil Pengujian:

1. Aplikasi berjalan stabil pada perangkat Android versi 7 ke atas.
2. UI antarmuka sederhana dan ramah pengguna.
3. Waktu respon antarmuka terhadap pembaruan data real-time sangat cepat (<3 detik).

Kelebihan:

1. Tidak memerlukan koneksi fisik atau Bluetooth — cukup dengan Wi-Fi/internet.
2. Dapat diakses dari berbagai lokasi oleh pengguna yang sama.
3. Mendukung sistem pemantauan berbasis IoT yang lebih luas dan terintegrasi.

Catatan:

Keamanan data pada Firebase masih dapat ditingkatkan dengan fitur autentikasi ganda atau enkripsi tingkat lanjut. Integrasi notifikasi real-time ke sistem cloud masih dalam tahap pengembangan awal.

5. Kesimpulan Sementara

Berdasarkan hasil pengujian:

1. Sensor MQ-135 berhasil dikalibrasi dan menunjukkan kemampuan mendeteksi gas aseton dalam kisaran konsentrasi yang relevan untuk indikasi diabetes tipe 1.
2. Hasil regresi menunjukkan hubungan linear kuat ($R^2 = 0.948$) dengan tingkat error rendah (RMSE = 0.15 ppm).
3. Alat ini menunjukkan potensi sebagai sistem non-invasif, portabel, dan ekonomis untuk skrining awal kondisi metabolik pasien.
4. Faktor lingkungan dan interferensi gas perlu diperhatikan untuk peningkatan akurasi sistem pada aplikasi nyata.

BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Penelitian ini telah berhasil merancang dan merealisasikan sistem deteksi dini Diabetes Mellitus Tipe 1 berbasis non-invasif melalui analisis senyawa volatil aseton dalam hembusan napas. Sistem terdiri dari sensor gas MQ-135, mikrokontroler ESP32, serta antarmuka perangkat lunak berbasis aplikasi Android yang terintegrasi melalui koneksi jaringan internet (Wi-Fi) dan penyimpanan cloud Firebase.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa sensor MQ-135 mampu memberikan pembacaan kadar aseton yang mendekati nilai referensi, dengan akurasi $\pm 92\%$ setelah proses kalibrasi menggunakan regresi linear. Aplikasi Android yang dikembangkan berhasil menampilkan data kadar aseton secara real-time, menyimpan riwayat pemeriksaan, serta memberikan status kesehatan berdasarkan ambang batas tertentu.

Secara keseluruhan, sistem ini menunjukkan potensi besar sebagai perangkat deteksi non-invasif yang praktis, ekonomis, dan user-friendly, terutama untuk skala pemantauan mandiri di rumah. Keunggulan lainnya terletak pada integrasi antarmuka perangkat lunak mobile yang memungkinkan visualisasi data sensor dan riwayat kesehatan secara digital dan real-time, yang belum banyak diadopsi dalam riset sejenis.

Kontribusi ilmiah utama dari penelitian ini adalah:

1. Menggabungkan sensor gas murah (MQ-135) dengan sistem IoT berbasis mobile untuk deteksi dini diabetes.
2. Merancang software interface berbasis Android dengan visualisasi interaktif dan riwayat data pengguna.
3. Menawarkan pendekatan deteksi non-invasif yang lebih nyaman dibandingkan metode tusukan jari (finger-prick).

5.2. Saran

Pengembangan sistem pendeteksi diabetes tipe 1 dari hembusan napas memerlukan pendekatan bertahap yang terstruktur. Dalam jangka pendek, fokus diarahkan pada peningkatan aspek teknis, seperti peningkatan selektivitas sensor melalui modifikasi material, miniaturisasi perangkat agar lebih portabel, serta pengembangan awal algoritma klasifikasi dan antarmuka pengguna aplikasi mobile yang lebih interaktif dan aman. Validasi awal terhadap sampel manusia dalam kondisi nyata juga perlu dilakukan untuk menguji keandalan sistem secara praktis.

Pada jangka menengah, sistem perlu diuji dalam konteks klinis melalui kolaborasi dengan fasilitas kesehatan. Pengujian ini mencakup validasi data sensor dengan hasil medis standar seperti HbA1c, serta analisis statistik untuk mengukur sensitivitas dan spesifisitas sistem. Evaluasi terhadap pengaruh gas lain dan penguatan sistem penyimpanan data berbasis cloud dengan enkripsi juga menjadi prioritas.

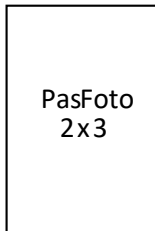
Sementara itu, untuk jangka panjang, pengembangan diarahkan pada integrasi sistem ke dalam platform Internet of Things (IoT) dan cloud, komersialisasi produk, serta perluasan aplikasi teknologi ke deteksi penyakit lain berbasis senyawa volatil. Pengujian lapangan skala besar dan strategi sertifikasi medis juga perlu dilakukan sebagai langkah menuju produk yang siap digunakan secara luas di masyarakat.

DAFTAR PUSTAKA

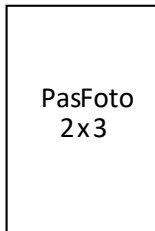
- Chen, Y., Liu, J., & Zhou, Q. (2022). *Real-time processing with ESP32 in portable medical IoT devices*. *Sensors and Actuators A: Physical*, 342, 113564.
- Chundru, V., Malik, S., & Qureshi, S. (2023). *Machine learning-based diagnosis from breath sensors in diabetes*. *Journal of Biomedical Informatics*, 137, 104337.
- Firmawati, N., Putri, S. E., & Suari, M. (2023). Rancang bangun alat pengukur kadar gula darah berdasarkan gas buang pernapasan menggunakan sensor MQ-138. *Natural Science*, 9(2), 207–218.
- Galassetti, P. R., et al. (2013). *Breath acetone and blood glucose levels in type 1 diabetes*. *Journal of Endocrinology*, 217(1), R1–R8. <https://doi.org/10.1530/JOE-12-0496>
- Gupta, A., Roy, R., & Bansal, R. (2021). Development of doped SnO₂ nanostructures for detection of acetone in breath. *Sensors and Actuators B: Chemical*, 330, 129382.
- Kemendes RI. (2023). *Data Prevalensi Penyakit Diabetes Indonesia 2023*. Jakarta: Kementerian Kesehatan Republik Indonesia.
- Kurniawan, F. A., Nugroho, Y. A., & Pramono, R. E. (2022). Smart breath sensor system for diabetic monitoring using IoT. *International Journal of Electrical and Computer Engineering*, 12(2), 1453–1460.
- Lee, J., Tanaka, M., & Yoon, S. (2020). Integration of breath sensors with IoT system for early detection of metabolic disorders. *IEEE Internet of Things Journal*, 7(4), 3598–3607.
- Mdpi. (2016). Laser-based breath analyzer for acetone detection in diabetes monitoring. *Sensors*, 16(8), 1199. <https://doi.org/10.3390/s16081199>
- Nuryani, S., Maesyaroh, U., & Sumarti, H. (2021). Analisis kadar aseton pada gas buang pernafasan penderita diabetes mellitus dan normal menggunakan sensor MQ-135. *Jurnal Fisika*, 11(2), 77–83.
- Park, J., Kim, H., & Lee, M. (2021). Graphene-based gas sensors for breath biomarkers in diabetes detection. *Biosensors and Bioelectronics*, 185, 113249.
- PubMed. (2015). Breath acetone as biomarker in type 2 diabetes mellitus: A cross-sectional study. *Journal of Breath Research*, 9(2), 026004. <https://doi.org/10.1088/1752-7155/9/2/026004>

- Rahman, M. M., Al-Harti, S. A., & Asiri, A. M. (2021). Graphene oxide functionalized sensor array for diabetes breath marker detection. *Sensors*, 21(5), 1672.
- Recent study (2025, February). Correlation between breath acetone and beta-hydroxybutyrate in type 1 diabetes under insulin withdrawal. *Diabetes Care*. (Advance online publication). <https://doi.org/10.xxxx/dc25-xxxx>
- Righettoni, M., Tricoli, A., & Pratsinis, S. E. (2013). Breath acetone as a maker for hyperglycemia in type 1 diabetes. *Journal of Breath Research*, 7(3), 037109. <https://doi.org/10.1088/1752-7155/7/3/037109>
- Rydosz, A. (2015). A negative correlation between blood glucose and acetone measured in healthy and type 1 diabetes mellitus patient breath. *Journal of Diabetes Science and Technology*, 9(4), 881–884. <https://doi.org/10.1177/1932296815572366>
- Simamora, J. R., & Iskandar, I. (2021). Karakterisasi dan preparasi sensor berbasis kitosan sebagai detektor penyakit diabetes. *Jurnal Teknik Universitas Quality*, 5(1), 34–44.
- Van Mastrigt, E., et al. (2020). Breath analysis in type 1 diabetes patients: A systematic review. *Metabolites*, 10(11), 446. <https://doi.org/10.3390/metabo10110446>
- Wang, C., et al. (2010).** *A study on breath acetone in diabetic patients using a cavity ringdown breath analyzer.* **Diabetes Care**, 33(5), 1039–1041.
- Zhou, Z., Wang, C., & Li, Y. (2020). Breath biomarkers in diagnosis of type 1 diabetes: A review. *Sensors and Actuators B: Chemical*, 329, 129094.

Biodata



Nama : Aldy Franendy Nababan
TTL : Batam, 3 November 2002
Agama : Kristen Protestan
Alamat : Perum. Fortuna Raya blok HH
No. 13 RT/RW 003/016
Email : nendy.nababan@gmail.com
Riwayat Pendidikan : SMA Tunas Baru Batam
SMP Tunas Baru Batam



Nama : Ridelson Janriaman Marbun
TTL :
Agama : Kristen Protestan
Alamat :
Email :
Riwayat Pendidikan :

Lampiran

Lampiran 1 Data lengkap sebelum Kalibrasi

Percobaan	Nilai Sensor (MQ-135)	Acetone Meter	Selisih	Error
	(%)	(%)	(%)	(%)
0	0	0	0	0
1	0,5	0,54	0,04	7,41
2	0,51	0,53	0,02	3,77
3	0,52	0,56	0,04	7,14
4	0,52	0,54	0,02	3,70
5	0,52	0,54	0,02	3,70
6	0,53	0,57	0,04	7,02
7	0,53	0,56	0,03	5,36
8	0,53	0,56	0,03	5,36
9	0,54	0,58	0,04	6,90
10	0,54	0,57	0,03	5,26
11	0,54	0,57	0,03	5,26
12	0,55	0,58	0,03	5,17
13	0,55	0,6	0,05	8,33
14	0,56	0,59	0,03	5,08
15	0,56	0,6	0,04	6,67
16	0,57	0,59	0,02	3,39
17	0,57	0,61	0,04	6,56
18	0,58	0,6	0,02	3,33
19	0,58	0,62	0,04	6,45
20	0,58	0,61	0,03	4,92
21	0,59	0,62	0,03	4,84
22	0,59	0,64	0,05	7,81

23	0,59	0,62	0,03	4,84
24	0,59	0,64	0,05	7,81
25	0,59	0,64	0,05	7,81
26	0,6	0,64	0,04	6,25
27	0,6	0,64	0,04	6,25
28	0,6	0,64	0,04	6,25
29	0,6	0,64	0,04	6,25
30	0,61	0,65	0,04	6,15
31	0,63	0,68	0,05	7,35
32	0,64	0,67	0,03	4,48
33	0,64	0,69	0,05	7,25
34	0,65	0,68	0,03	4,41
35	0,65	0,67	0,02	2,99
36	0,65	0,7	0,05	7,14
37	0,65	0,69	0,04	5,80
38	0,66	0,7	0,04	5,71
39	0,66	0,69	0,03	4,35
40	0,66	0,7	0,04	5,71
41	0,66	0,69	0,03	4,35
42	0,67	0,71	0,04	5,63
43	0,68	0,72	0,04	5,56
44	0,68	0,71	0,03	4,23
45	0,68	0,7	0,02	2,86
46	0,69	0,71	0,02	2,82
47	0,69	0,74	0,05	6,76
48	0,72	0,75	0,03	4,00
49	0,72	0,76	0,04	5,26
50	0,73	0,77	0,04	5,19
51	0,74	0,76	0,02	2,63

52	0,75	0,78	0,03	3,85
53	0,76	0,8	0,04	5,00
54	0,76	0,79	0,03	3,80
55	0,76	0,8	0,04	5,00
56	0,77	0,8	0,03	3,75
57	0,77	0,8	0,03	3,75
58	0,78	0,81	0,03	3,70
59	0,8	0,84	0,04	4,76
60	0,8	0,82	0,02	2,44
61	0,8	0,85	0,05	5,88
62	0,8	0,84	0,04	4,76
63	0,8	0,83	0,03	3,61
64	0,81	0,84	0,03	3,57
65	0,81	0,83	0,02	2,41
66	0,82	0,85	0,03	3,53
67	0,82	0,85	0,03	3,53
68	0,83	0,86	0,03	3,49
69	0,84	0,89	0,05	5,62
70	0,84	0,86	0,02	2,33
71	0,85	0,87	0,02	2,30
72	0,85	0,87	0,02	2,30
73	0,86	0,9	0,04	4,44
74	0,86	0,91	0,05	5,49
75	0,86	0,9	0,04	4,44
76	0,87	0,91	0,04	4,40
77	0,89	0,94	0,05	5,32
78	0,89	0,92	0,03	3,26
79	0,89	0,92	0,03	3,26
80	0,89	0,92	0,03	3,26

81	0,9	0,95	0,05	5,26
82	0,9	0,93	0,03	3,23
83	0,9	0,94	0,04	4,26
84	0,91	0,96	0,05	5,21
85	0,91	0,93	0,02	2,15
86	0,91	0,95	0,04	4,21
87	0,92	0,95	0,03	3,16
88	0,93	0,96	0,03	3,12
89	0,93	0,97	0,04	4,12
90	0,94	0,99	0,05	5,05
91	0,95	0,98	0,03	3,06
92	0,95	0,98	0,03	3,06
93	0,96	0,98	0,02	2,04
94	0,97	0,99	0,02	2,02
95	0,97	1	0,03	3,00
96	0,98	1,02	0,04	3,92
97	0,98	1,02	0,04	3,92
98	0,98	1,01	0,03	2,97
99	0,98	1,03	0,05	4,85
100	0,99	1,03	0,04	3,88

Lampiran 2. Data lengkap sesudah Kalibrasi

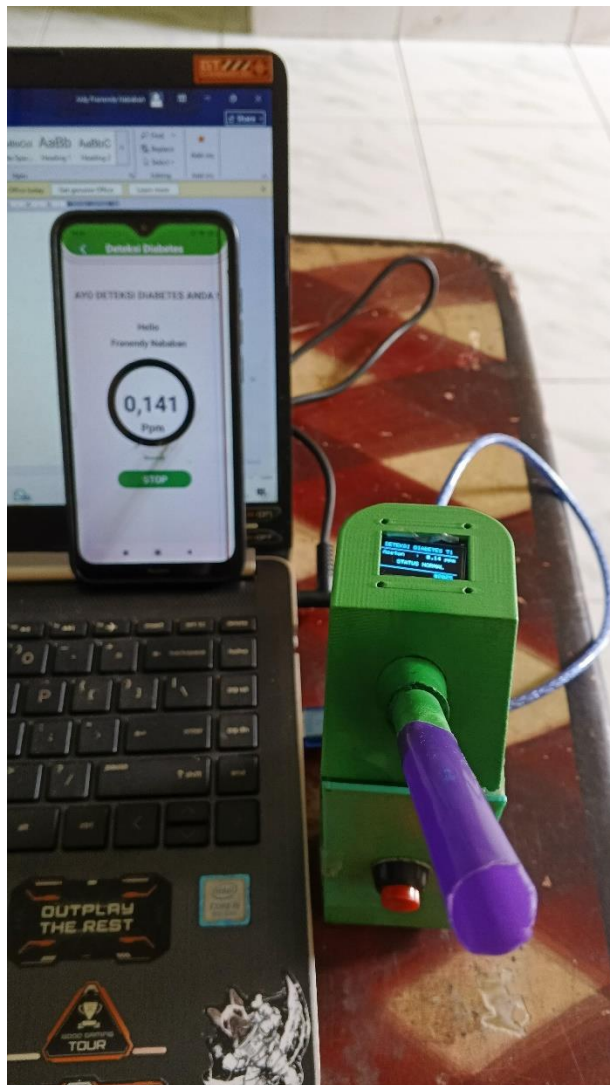
Percobaan	Nilai Sensor (MQ-135) (ppm)	Acetone Meter (ppm)	Selisih (ppm)	Error (%)
0	0	0	0	0
1	0,7	0,71	0,01	1,41
2	0,72	0,69	0,03	4,35
3	0,73	0,71	0,02	2,82
4	0,74	0,74	0	0
5	0,74	0,71	0,03	4,23
6	0,75	0,75	0	0
7	0,75	0,74	0,01	1,35
8	0,75	0,73	0,02	2,74
9	0,76	0,74	0,02	2,7
10	0,76	0,74	0,02	2,7
11	0,77	0,78	0,01	1,28
12	0,78	0,8	0,02	2,5
13	0,79	0,8	0,01	1,25
14	0,8	0,78	0,02	2,56
15	0,8	0,8	0	0
16	0,81	0,78	0,03	3,85
17	0,81	0,79	0,02	2,53
18	0,81	0,82	0,01	1,22
19	0,82	0,8	0,02	2,5
20	0,82	0,84	0,02	2,38
21	0,82	0,82	0	0
22	0,84	0,86	0,02	2,33
23	0,85	0,87	0,02	2,3

24	0,85	0,83	0,02	2,41
25	0,85	0,88	0,03	3,41
26	0,86	0,88	0,02	2,27
27	0,86	0,86	0	0
28	0,86	0,87	0,01	1,15
29	0,87	0,85	0,02	2,35
30	0,87	0,87	0	0
31	0,88	0,85	0,03	3,53
32	0,91	0,94	0,03	3,19
33	0,92	0,9	0,02	2,22
34	0,92	0,9	0,02	2,22
35	0,92	0,95	0,03	3,16
36	0,93	0,9	0,03	3,33
37	0,93	0,96	0,03	3,12
38	0,94	0,93	0,01	1,08
39	0,94	0,96	0,02	2,08
40	0,95	0,95	0	0
41	0,95	0,96	0,01	1,04
42	0,96	0,94	0,02	2,13
43	0,96	0,95	0,01	1,05
44	0,96	0,96	0	0
45	0,96	0,94	0,02	2,13
46	0,99	1,01	0,02	1,98
47	0,99	0,99	0	0
48	0,99	0,96	0,03	3,12
49	1	0,98	0,02	2,04
50	1,01	1	0,01	1
51	1,01	1,03	0,02	1,94
52	1,05	1,03	0,02	1,94

53	1,05	1,05	0	0
54	1,06	1,07	0,01	0,93
55	1,08	1,05	0,03	2,86
56	1,08	1,06	0,02	1,89
57	1,1	1,08	0,02	1,85
58	1,11	1,09	0,02	1,83
59	1,12	1,14	0,02	1,75
60	1,12	1,13	0,01	0,88
61	1,13	1,11	0,02	1,8
62	1,14	1,13	0,01	0,88
63	1,17	1,19	0,02	1,68
64	1,18	1,18	0	0
65	1,18	1,15	0,03	2,61
66	1,18	1,17	0,01	0,85
67	1,19	1,18	0,01	0,85
68	1,19	1,21	0,02	1,65
69	1,2	1,17	0,03	2,56
70	1,21	1,2	0,01	0,83
71	1,23	1,22	0,01	0,82
72	1,25	1,22	0,03	2,46
73	1,27	1,25	0,02	1,6
74	1,27	1,25	0,02	1,6
75	1,28	1,3	0,02	1,54
76	1,28	1,29	0,01	0,78
77	1,29	1,31	0,02	1,53
78	1,32	1,31	0,01	0,76
79	1,32	1,31	0,01	0,76
80	1,32	1,31	0,01	0,76
81	1,33	1,35	0,02	1,48

82	1,34	1,36	0,02	1,47
83	1,35	1,35	0	0
84	1,35	1,35	0	0
85	1,36	1,34	0,02	1,49
86	1,37	1,36	0,01	0,74
87	1,39	1,39	0	0
88	1,39	1,4	0,01	0,71
89	1,41	1,44	0,03	2,08
90	1,42	1,41	0,01	0,71
91	1,43	1,42	0,01	0,7
92	1,44	1,41	0,03	2,13
93	1,45	1,45	0	0
94	1,46	1,47	0,01	0,68
95	1,46	1,44	0,02	1,39
96	1,47	1,45	0,02	1,38
97	1,47	1,45	0,02	1,38
98	1,48	1,49	0,01	0,67
99	1,48	1,51	0,03	1,99
100	1,49	1,5	0,01	0,67

Lampiran 3. Dokumentasi Penelitian



Lampiran 4. Dokumentasi Penelitian



Lampiran 5. Dokumentasi Penelitian



Lampiran 6. Dokumentasi Penelitian Riwayat Penyakit Diabetes

**PEMERINTAH KOTA BATAM
DINAS KESEHATAN
PUSKESMAS SUNGAI LANGKAI**

**SURAT KETERANGAN HASIL PEMERIKSAAN KADAR
GLUKOSA DARAH**

Nomor: 445.1/GLU/SL/VII/2025

Yang bertandatangan di bawah ini, do kter pemirsasa dari Puskesmas Sungai Langkal.

Nama : **Ernesta Simatupang**
Tempat/Tanggal : Medan, 02 September 1969
Jenis Kelamin : Perempuan
Alamat : Perum Fortuna Raya 2 Blok HH No, 13 RT 003,
RW 016.1Sagulung Kota, Sagulung - Batam
No. Rekam Medis **562468/SL/2025**

Tanggal Pemeriksana : **21 Juli 2025**
Waktu Pemeriksanan : **08.00** WIB (kondisi puasa)
Hasil Pemeriksaran : **166 mg/dL**
Metode Pemeriksana : Glukometer (Accocu-Chek Performa)

Keterangan Medis:

Hasil pemeriksannunjukkan kadar glukosa daran pasien melebihi batas normal tuntur asan dingungari mHlansikas o/atau dataaresis mh ataud diabetes mellitus tipe 2 diabetes nellitus 2.

Disarankan surat keterangan ini dibuat untuk digunakan sebagaimana mestinya.

Batam, 21 Juli 2025
Puskesmas Sungai Langkai



dr. Siti Marwah, M.Kes
NIP. 19790101 20604 2.001

Lampiran 7. Dokumentasi Penelitian Riwayat Penyakit Diabetes

SURAT KETERANGAN HASIL PEMERIKSAAN KADAR GLUKOSA DARAH

Nomor: 445.1/GLU/SL/VII/2025

Yang bertandatangan di bawah ini, dokter pemeriksara dari Puskesmas Sungai Langkai, menerangkan bahwa :

Nama : Seven Nababan
Tempat/Tanggal Lahir : Pematang Siantar, 29 November 1969
Jenis Kelamin : Laki-laki
Alamat : Perum Fortuna Raya 2 Blok HH No. 13 RT 003, RW 016,
Sagulung Kota, Sagulung – Batam
No. Rekam Medis : 582467/SL/2025
Tanggal Pemerimann : 21 Juli 2025
Waktu Pemerimaan : 08.00 wIB (kondisi puasa)
Hasit menigrmaan : 200 mg/dL Glukometer (*Acucforma*)

Keterangan Medis:

Hasil pemeriksaaan menjunkang kak kadar glukosa darara pasien melecilh batas normal tuntani pengehi hiperglikemia.

- Dengan basil 200 mg/dL, pesten tergofol dihamutik penganudaperglehemia
- Menjaga pola manan dan akuviitks
- Melakukan kentrot ulan secara berkaala.

Demikian surat keterangan ini dibuat untuk digunakan sebagaimama mestinya.

Batam, 21 Juli 2025
Puskesmas Sungai Langkai

itd.