

ELECTRONIC NOSE UNTUK SKRINING PENYAKIT DIABETES MELLITUS MENGUNAKAN K-NEAREST NEIGHBOR DAN LARIK SENSOR

Pipit Puji Arti¹, Indri Yanti^{*2}, Muh Pauzan³

^{1,2,3}Universitas Wiralodra, Indramayu

Email: ¹pipitpuji35@gmail.com, ²indriyanti.ft@unwir.ac.id, ³muhpauzan.ft@unwir.ac.id

*Penulis Korespondensi

(Naskah masuk: 14 Desember 2023, diterima untuk diterbitkan: 23 April 2024)

Abstrak

Kadar gula darah dalam tubuh harus dijaga agar tidak melebihi batas normal glukosa atau gula darah pada tubuh manusia. Jika batas ini terlampaui maka dapat menyebabkan diabetes mellitus. Efek penyakit tersebut sangat membahayakan dan dapat menyebabkan komplikasi penyakit lainnya. Diabetes mellitus adalah salah satu penyakit kronis yang prevalensinya terus meningkat secara global. Diagnosis dini dan pengelolaan yang tepat dapat membantu meningkatkan prognosis (prediksi) pasien. Penelitian ini mengembangkan penggunaan *electronic nose* (hidung elektronik) menggunakan kumpulan sensor (larik sensor) yang berfungsi untuk mengumpulkan informasi mengenai gas yang sedang diuji yang terdiri dari sensor gas MQ136 dan TGS822, dengan pemroses berupa Arduino Mega Pro 2560 untuk skrining penyakit diabetes mellitus menggunakan metode *K-Nearest Neighbor* (KNN) dengan $k = 5$. Pelatihan model KNN menggunakan data latih dan menguji kinerja model menggunakan data uji yang terpisah. Data latih yang digunakan sebanyak 100 data, sedangkan data uji yang digunakan sebanyak 20 data. Perhitungan dengan menggunakan *confusion matrix* diperoleh presisi sebesar 100%, *recall* atau sensitivitas sebesar 80% dan akurasi sebesar 90%. Penelitian ini diharapkan akan memberikan kontribusi dalam pengembangan teknologi deteksi diabetes mellitus yang cepat, non-invasif, dan berpotensi digunakan dalam skrining awal.

Kata kunci: *Diabetes Mellitus, Gula Darah, K-Nearest Neighbor (KNN), MQ136, TGS822.*

ELECTRONIC NOSE FOR DIABETES MELLITUS SCREENING USING K-NEAREST NEIGHBOR AND SENSOR ARRAY

Abstract

Blood sugar levels in the body must be maintained so that they do not exceed the normal limit for human blood glucose. If this limit is exceeded it can cause diabetes mellitus. The effects of this disease are very dangerous and can cause complications from other diseases. Diabetes mellitus is one of the chronic diseases whose prevalence continues to increase globally. Early diagnosis and proper management can help improve patient prognosis. This research develops the use of an electronic nose using a collection of gas sensors (sensor array) which functions to collect information about the gas being tested consisting of MQ136 and TGS822 gas sensors, with a processor in the form of an Arduino Mega Pro 2560 for screening diabetes mellitus using K-Nearest Neighbor (KNN) method with $k = 5$. The KNN model is trained using training data and the model's performance is tested using separate test data. A total of 100 training data were used, while 20 test data were employed. Calculations using the confusion matrix yielded a precision of 100%, a recall or sensitivity of 80%, and an accuracy of 90%. This research is expected to contribute to the development of fast, non-invasive diabetes mellitus detection technology that has the potential to be used in early screening.

Keywords: *Diabetes Mellitus, Blood Sugar, K-Nearest Neighbor (KNN), MQ136, TGS822*

1. PENDAHULUAN

Seiring berkembangnya zaman, orang-orang lebih cenderung menyukai hal-hal yang serba instan, termasuk dalam hal gaya hidup. Gaya hidup yang instan tersebut dapat terlihat pada pola makan yang kurang teratur serta lebih menyukai makanan cepat

saji karena lebih mudah dan praktis. Perlu diketahui bahwa makanan cepat saji memiliki kandungan gizi yang rendah dan memiliki kalori dan glukosa yang tinggi. Glukosa yang tinggi merupakan salah satu penyebab meningkatnya kadar gula darah pada manusia. Kadar gula darah harus dijaga agar tidak

melebihi batas normal glukosa darah manusia. Jika batas ini terlampaui maka dapat menyebabkan diabetes mellitus.

Diabetes mellitus merupakan gangguan metabolisme karbohidrat karena produksi insulin yang tidak mencukupi oleh pankreas (Putri, Yudianto, & Kurniawan, 2013). Kekurangan insulin pada penderita diabetes mellitus memiliki efek kesehatan negatif yang dapat menyebabkan komplikasi penyakit dan kematian.

Beberapa peneliti telah melakukan penelitian terkait rancang bangun alat ukur kadar gula darah dengan teknik *non-invasive*. Penelitian yang berjudul “Perancangan Alat Pengukuran Kadar Gula Dalam Darah Menggunakan Teknik Non-Invasive Berbasis Mikrokontroler Arduino Uno” menjelaskan teknik *non-invasive* menggunakan sensor *infrared* dan fotodiode untuk memeriksa kadar glukosa darah pada penderita diabetes mellitus. Hasil persentase *error* yang diperoleh sebesar 2,14%. Kekurangan dalam penelitian tersebut yaitu hasil pembacaan gula darah kurang stabil serta pengujian standar yang kurang akurat (Suyono & Hambali, 2020).

Penelitian yang berjudul “Analisis Kadar Aseton pada Gas Buang Pernafasan Penderita Diabetes Mellitus dan Normal Menggunakan Sensor MQ-135”. Penelitian tersebut menganalisis kadar aseton dalam gas buang pernafasan menggunakan sensor MQ-135 dengan responden sebanyak 6 orang tanpa indikasi diabetes mellitus dan 6 orang dengan indikasi diabetes mellitus. Namun, pada alat tersebut gas buang yang diuji tidak terisolasi dengan baik sehingga rentan tercampur dengan udara luar yang dapat terdeteksi juga oleh sensor MQ-135 mengingat sensor MQ-135 merupakan sensor yang dapat mendeteksi kualitas udara seperti gas amonia (NH_3), natrium-(di)oksida (NO_x), karbon dioksida (CO_2), gas belerang (H_2S), dan gas-gas lainnya yang ada di atmosfer (Nuryani, Maesyaroh, & Sumarti, 2021).

Berdasarkan uraian di atas terkait, maka dibutuhkan sebuah pengembangan alat yang terkait pendeteksian penyakit diabetes. Penelitian ini menggunakan konsep *electronic nose* (*e-nose*) dengan memanfaatkan larik sensor (*sensor array*) gas yaitu MQ136 dan TGS822 dengan metode *K-Nearest Neighbor* (KNN). KNN merupakan salah satu metode dari *Machine Learning* yang merupakan bagian dari *Artificial Intelligence* (AI). Jadi dari segi metode penelitian ini memiliki kebaruan dibandingkan penelitian yang telah disebutkan. Penelitian ini menggunakan Arduino Mega Pro 2560 sebagai pemroses, sensor MQ136, sensor TGS822, DHT11, LCD I2C 16x2, Modul SD Card, dan lain-lain.

E-nose merupakan teknologi sensor yang dapat mendeteksi dan mengenali pola bau atau aroma dari berbagai zat atau senyawa (Hafeez *et al.*, 2019). Sistem *e-nose* meniru sistem penciuman alami dengan menggunakan kombinasi sensor gas yang memiliki respons yang tumpang tindih dan berbeda

terhadap berbagai bau masukan. Sinyal-sinyal dari sensor dikumpulkan oleh sistem akuisisi data dan kemudian diproses. Teknik pada *machine learning* dapat digunakan untuk mengidentifikasi gas masukan. Analisis napas manusia menawarkan potensi besar untuk diagnosis dan pemantauan kesehatan yang tidak invasif, nyaman, dan dapat dipersonalisasi (Zhang *et al.*, 2018).

Penggunaan sensor gas dalam penelitian ini karena telah diketahui bahwa gas hembus penderita diabetes memiliki kandungan aseton ($\text{C}_3\text{H}_6\text{O}$) yang banyak (Mitrayana, Wasono, & Ikhsan, 2014). Selain itu, ketika kadar gula tidak terkontrol maka dapat menyebabkan berkurangnya kadar saliva (air liur). Hal tersebut yang membuat kondisi mulut menjadi kering. Saliva memiliki kemampuan untuk melakukan *self-cleansing*, yaitu mampu sebagai pembilas dari sisa makanan dan minuman yang berada di dalam mulut. Halitosis merupakan dampak ketika kadar saliva menurun. Halitosis disebabkan oleh terbentuknya *Volatile Sulfur Compounds* (VSC), yang merupakan gabungan dari gas-gas yang mengandung sulfur yang dilepaskan saat menghembuskan nafas.

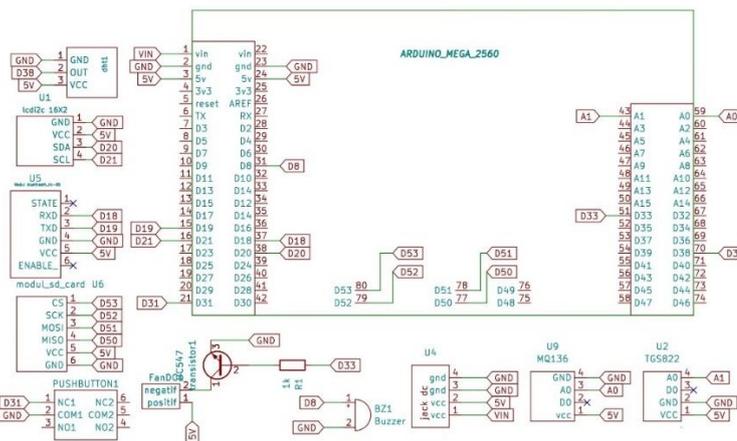
VSC terdiri dari hidrogen sulfida (H_2S), metil mercaptan atau methanethiol (CH_3SH), dimetil sulfida (CH_3SCH_3), dan dimetil disulfida ($\text{CH}_3\text{S}_2\text{CH}_3$) (Aulia, Abdurrahman, & Putrada, 2019). Perhitungan kadar glukosa dalam darah dengan mengecek halitosis dilakukan dengan cara menghitung kadar dari VCS yang dihembuskan melalui mulut. Sensor MQ136 berfungsi untuk mendeteksi gas hidrogen sulfida (H_2S) dan sensor TGS822 berfungsi untuk mendeteksi aseton ($\text{C}_3\text{H}_6\text{O}$) dari gas hembus pernafasan pasien. Kedua data tersebut yang akan berperan sebagai inputan untuk *K-Nearest Neighbour* (KNN) sebagai metode dalam mengambil keputusan yang sebelumnya data dinormalisasi terlebih dahulu dengan *z-score* dan perhitungan jarak dalam KNN akan menggunakan konsep jarak *Euclidian*. Jarak *Euclidean* dan Minkowski memiliki akurasi yang terbaik dibandingkan dengan rumus jarak yang lain (Wahyono, Trisna, Sariwening, Fajar, & Wijayanto, 2020). Namun, berdasarkan bentuk rumus jarak *Euclidean* lebih sederhana dibanding Minkowski.

2. METODE PENELITIAN

Tahapan pada penelitian ditunjukkan oleh Gambar 1.



Gambar 1. Alur Penelitian



Gambar 2. Skematik Alat Skining Diabetes Mellitus

Tahap awal yaitu melakukan studi literatur, sebagai dasar untuk menentukan tema dan judul. Tahap berikutnya yaitu melakukan perancangan *hardware* dengan menggunakan *software* KiCad, sedangkan perancangan *software* menggunakan MIT App Inventor untuk membuat aplikasi *mobile* dan Arduino IDE untuk penulisan kode program dari alat yang dibuat. Setelah alat selesai dibuat maka dilakukan pengambilan data latih dan data uji yang kemudian di analisis.

2.1 Perancangan Hardware

Pada tahapan perancangan alat dibuat rangkaian skema yang dapat dilihat pada Gambar 2. Adapun komponen yang digunakan yaitu, Arduino Mega 2560 dengan sensor MQ136, sensor TGS822, LCD 16x2 I2C, modul *Bluetooth* HC-05, Modul microSD dan *buzzer*.

2.2 Perancangan Software

Aplikasi android dibuat menggunakan MIT App Inventor, sebuah sistem berbasis website. MIT App Inventor merupakan suatu platform untuk membuat aplikasi *mobile* sederhana melalui penggunaan *code blocks*.

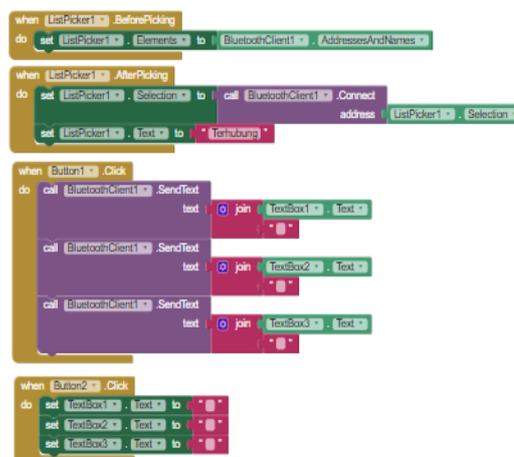
Pada MIT App Inventor terdapat dua jenis halaman pada halaman utamanya yaitu halaman desain dan halaman blok. Perancangan *Software* Android di MIT App Inventor dapat dilihat pada Gambar 3. Setelah selesai desain aplikasi dibuat, selanjutnya membuat blok kode yang dapat dilihat pada Gambar 4. Aplikasi yang telah dibuat di MIT App Inventor dapat diinstal dengan membuat aplikasi android (.apk) menggunakan kode enam karakter atau dengan memindai kode QR menggunakan MIT AI2 Companion yang telah diinstal terlebih dahulu di ponsel.

Ilustrasi pada Gambar 4 menunjukkan susunan blok kode yang digunakan dalam pembuatan aplikasi melalui MIT App Inventor. Arti dari blok kode ini dapat dijelaskan sebagai berikut. Pertama, periksa status koneksi Bluetooth dan pilih perangkat Bluetooth yang sesuai. Setelah terhubung, input karakter ke dalam TextBox1 dengan label nama,

TextBox2 dengan label umur, dan TextBox3 dengan label jenis kelamin yang merupakan identitas sampel pengujian. Langkah selanjutnya menekan tombol1 atau tombol kirim. Pengiriman data sampel dari aplikasi di android ke Arduino, memulai proses pengujian sampel.



Gambar 3. Perancangan Software Android di MIT App Inventor



Gambar 4. Blok Kode

2.3 K-Nearest Neighbor (KNN)

K-Nearest Neighbor (KNN) menjadi metode yang digunakan dalam penelitian ini. Jarak yang digunakan yaitu jarak *Euclidean* dan memanfaatkan

operasi normalisasi *z-score*. Perhitungan Jarak *Euclidean* dapat dilihat di persamaan (1). Sedangkan untuk operasi normalisasi *z-score* di persamaan (2).

$$d(v_1, v_2) = \sqrt{\sum_{i=1}^n (v_1(i) - v_2(i))^2} \tag{1}$$

$$x' = \frac{x - \bar{x}}{S} \tag{2}$$

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n} \tag{3}$$

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n - 1}} \tag{4}$$

Keterangan:

$d(v_1, v_2)$ adalah jarak *Euclidean* antara data uji dengan semua *feature* data latih.

x adalah data latih dari sebuah *feature*.

x' adalah data latih yang telah dinormalisasi.

\bar{x} adalah nilai rata-rata dari semua data.

S adalah standar deviasi.

2.4 Desain Alat

Langkah setelah merancang skematik yaitu dengan melakukan perakitan alat, yang diawali dengan merancang *printed circuit board* (PCB) melalui aplikasi KiCad. Selanjutnya, yaitu melakukan pencetakan PCB. Selain pembuatan PCB, dibuat juga *casing* tiga dimensi.

Casing alat dibuat menggunakan printer tiga dimensi dengan bahan berjenis *plastic polylactic* (PLA), yang merupakan sejenis bahan plastik organik (*bioplastic*) yang terbuat dari minak nabati, pati kacang polong, dan microbiota (Haura, Yanti, & Pauzan, 2023). Alat yang telah selesai dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Alat Skrining Diabetes

2.5 Pengujian Alat

Pengujian alat pada penelitian ini dilakukan untuk memperoleh data yang bersumber dari sensor

gas, yaitu MQ136 dan Figaro TGS822. Data yang dikumpulkan meliputi dua jenis gas, yaitu Hidrogen Sulfida (H₂S) dan Aseton (C₃H₆O). Data dalam penelitian menggunakan KNN ada dua jenis, yaitu data latih dan data uji. Data latih digunakan untuk melatih alat supaya mengenal pola-pola dari gas yang dihembuskan. Karena KNN merupakan *supervised learning* maka setiap pola akan diberi label untuk keluarannya. Data latih yang digunakan sebanyak 100 data, yaitu 50 data dari pasien diabetes dan 50 data dari pasien non-diabetes. Setelah data berhasil dilatih dan nampak menunjukkan pola yang berbeda antara penderita diabetes dan non-diabetes maka alat siap dilakukan pengujian. Pengujian alat dilakukan bertujuan untuk melihat kinerja alat klasifikasi penderita diabetes dan bukan penderita diabetes menggunakan KNN.

2.6 Analisis Data

Confusion matrix digunakan untuk menganalisis data pada penelitian ini. *Confusion matrix* merupakan suatu matriks yang berisi tentang hasil prediksi klasifikasi dan data aktual yang dilakukan oleh sistem klasifikasi (Maharani, 2019).

Tabel 1. Confusion Matrix.

		Nilai Sebenarnya (<i>Ground Truth</i>)	
		TRUE	FALSE
Nilai Prediksi	TRUE	TP (<i>True Positive</i>)	FP (<i>False Positive</i>)
	FALSE	FN (<i>False Negative</i>)	TN (<i>True Negative</i>)

Berdasarkan data dari *confusion matrix* maka dapat dihitung nilai presisi, recall, dan akurasi yang biasa ada dalam evaluasi *machine learning*.

$$Precision = \frac{TP}{TP + FP} \tag{5}$$

$$Recall = \frac{TP}{TP + FN} \tag{6}$$

$$Accuracy = \frac{TP + TN}{TP + TN + FP + FN} \tag{7}$$

3. HASIL DAN PEMBAHASAAN

Alat skrining penyakit diabetes mellitus ini dapat digunakan untuk jenis kelamin perempuan dan laki-laki serta diperuntukan untuk segala usia. Oleh karena itu data yang diambil untuk data latih dan data uji pun secara *random*.

Pengambilan sampel data latih dan data uji dilakukan pada delapan jam sebelum makan (glukosa puasa). Hal ini dilakukan supaya kondisi gas hembus belum dipengaruhi oleh makanan yang telah dikonsumsi. Akurasi dari alat yang dibuat akan dibandingkan dengan alat standar berupa glukometer dengan melihat simpangan data antara alat dan glukometer.

3.1 Hasil Pelatihan Alat

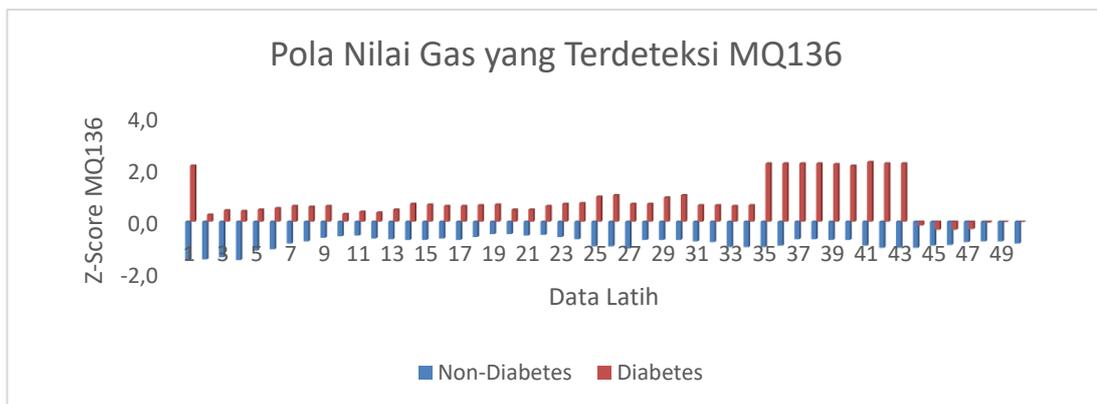
Alat yang menerapkan algoritma *K-Nearest Neighbor* (KNN) akan melalui proses pelatihan (*training*) dengan menggunakan sejumlah data set sebagai data latih sebelum proses pengujian sampel. Data latih yang digunakan sebanyak 100 data yang terdiri dari 50 data penderita diabetes dan 50 data non-diabetes dengan kombinasi pembacaan dari kedua sensor yaitu MQ136 dan TGS822.

Data latih sebelum digunakan untuk pelatihan akan dinormalisasi terlebih dahulu menggunakan normalisasi *z-score*. Gambar 6 menunjukkan grafik dari gas yang terdeteksi oleh sensor MQ136 antara penderita diabetes dan non-diabetes, sedangkan Gambar 7 menunjukkan grafik dari gas yang terdeteksi oleh sensor TGS822 antara orang diabetes dan non-diabetes.

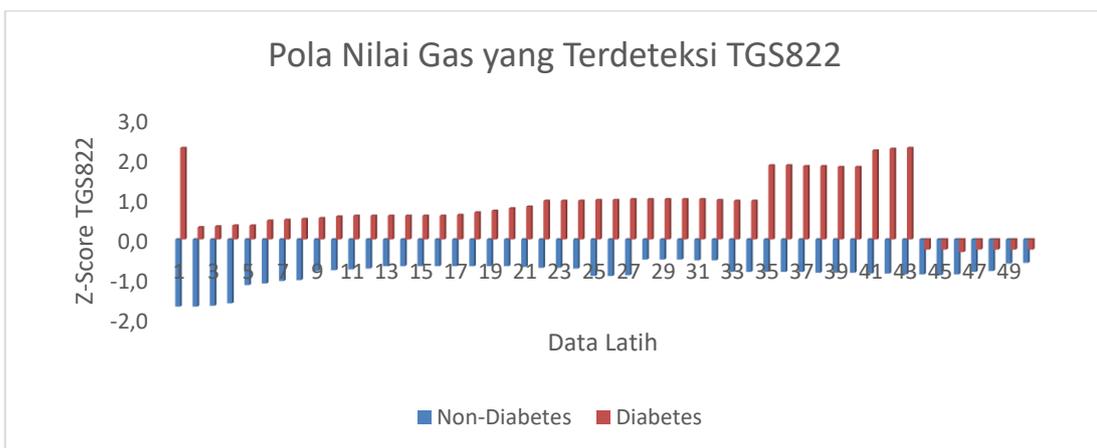
3.2 Hasil Pengujian

Setelah tahap *pre-processing* dan *training* dilakukan maka tahap berikutnya yaitu tahap pengujian alat untuk mengetahui presisi, *recall*, dan akurasi. Alat ini merupakan alat skrining awal untuk memprediksi penyakit diabetes. Alat ini menghitung jarak terdekat antara sampel dengan data latih dengan melibatkan dua *feature* gas yaitu yang bersumber dari MQ136 dan TGS822. Tabel 2 menunjukkan hasil pengujian 20 pasien.

Klasifikasi 0 menunjukkan kelas untuk pasien non-diabetes, sedangkan klasifikasi 1 menunjukkan kelas untuk pasien diabetes. *Ground truth* merupakan kebenaran dasar (data aktual) dari pasien sesuai dengan kenyataan. Data *ground truth* diperoleh dengan menggunakan alat standar berupa glukometer untuk mengecek kadar gula darah, namun untuk penderita diabetes yang menjadi *ground truth* adalah vonis dari dokter karena pasien yang sudah divonis diabetes maka seumur hidup akan menderita diabetes



Gambar 6. Perbandingan nilai gas yang terdeteksi oleh sensor MQ136 dengan normalisasi *z-score*



Gambar 7. Perbandingan nilai gas yang terdeteksi oleh sensor TGS822 dengan normalisasi *z-score*

Tabel 2. Hasil Pengujian Alat

Pasien	ADC		Z-Score		Klasifikasi dari Alat	Ground Truth
	MQ136	TGS822	MQ136	TGS822		
A	193	75	-0,59	-1,78	0	Tidak Diabetes
B	193	72	-0,59	-1,84	0	Tidak Diabetes
C	162	94	-1,44	-1,39	0	Tidak Diabetes
D	155	84	-1,63	-1,59	0	Tidak Diabetes
E	225	174	0,30	0,26	1	Diabetes

Pasien	ADC		Z-Score		Klasifikasi dari Alat	Ground Truth
	MQ136	TGS822	MQ136	TGS822		
G	229	179	0,41	0,36	1	Diabetes
H	208	172	-0,17	0,21	1	Diabetes
I	207	111	-0,20	-1,24	0	Tidak Diabetes
J	204	118	-0,28	-0,89	0	Tidak Diabetes
K	186	85	-0,78	-1,57	0	Tidak Diabetes
L	245	195	0,86	0,70	1	Diabetes
M	214	176	0,01	0,31	1	Diabetes
N	226	180	0,33	0,37	1	Diabetes
O	181	85	-0,92	-1,68	0	Tidak Diabetes
P	187	72	-0,75	-1,84	0	Tidak Diabetes
Q	203	123	-0,17	-0,79	0	Tidak Diabetes
R	212	157	-0,06	-0,09	1	Diabetes
S	209	149	-0,14	-0,25	1	Diabetes
T	199	113	-0,42	-1,00	0	Diabetes
T	187	88	-0,75	-1,51	0	Diabetes

Pada Gambar 6 dan 7 terlihat perbedaan nilai gas yang terdeteksi dari sensor MQ136 dan TGS822 antara penderita diabetes dan non-diabetes. Grafik tersebut menunjukkan perbedaan gambaran dan fluktuasi yang terjadi pada penderita diabetes dan non-diabetes. Penderita diabetes memiliki nilai yang tinggi pada sensor MQ136 dan TGS822 sedangkan penderita non-diabetes memiliki nilai yang rendah pada kedua sensor tersebut. Oleh karena itu terjadi perbedaan pola antara pasien diabetes dengan non-diabetes.

Tabel 2 menunjukkan data uji dari 20 partisipan. Nilai gula darah yang dari 10 partisipan yang tidak diabetes berada pada rentang 76 mg/dl sampai 113 mg/dl ketika menggunakan *glucometer*. Nilai tersebut masih termasuk kategori normal. Untuk melihat kinerja alat maka hasil dari Tabel 2 diklasifikasikan dalam *confusion matrix* seperti yang ditunjukkan oleh Tabel 3.

Tabel 3. Hasil *Confusion Matrix*

		Nilai Sebenarnya (Ground Truth)	
		TRUE	FALSE
Nilai Prediksi	TRUE	8	0
	FALSE	2	10

Tabel 3 menunjukkan total data uji (N) sebanyak 20 data dengan nilai *True Positive* (TP) yaitu 8, *False Positive* (FP) yaitu 0, *False Negative* (FN) yaitu 2, dan *True Negative* (TN) yaitu 10. Nilai-nilai tersebut digunakan untuk menghitung presisi, *recall* atau sensitivitas, dan akurasi.

Pengambilan informasi kembali, yaitu presisi dan *recall* merupakan dua perhitungan yang sering digunakan untuk mengevaluasi kinerja alat atau sistem yang telah dikembangkan. Presisi mengukur Tingkat ketepatan yang diberikan oleh alat atau sistem sesuai dengan informasi yang diminta oleh pengguna. Sementara itu, *recall* mengindikasikan Tingkat keberhasilan sistem dalam menemukan kembali suatu informasi. Akurasi, di sisi lain, didefinisikan sebagai sejauh mana nilai prediksi bersesuaian dengan nilai aktual.

Berdasarkan hasil perhitungan diperoleh presisi sebesar 100%, *recall* atau sensitivitas sebesar 80% dan akurasi sebesar 90%. Nilai presisi bernilai sempurna, sedangkan nilai *recall* sebesar 80%. Nilai

recall tersebut menunjukkan bahwa sistem dapat mengklasifikasikan penderita diabetes dalam jumlah 8 pasien dan masih terdapat 2 penderita diabetes (20%) yang salah dalam klasifikasi. Untuk mengurangi kesalahan klasifikasi, penting untuk melakukan kalibrasi dan pemeliharaan rutin pada *e-nose*, memastikan lingkungan pengujian stabil, dan memastikan arus yang dibutuhkan oleh sensor sesuai dengan *datasheet*.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan pembahasan di atas, maka dapat disimpulkan beberapa hal diantaranya, pola yang terbentuk pada data latih antara pasien diabetes dan non-diabetes menunjukkan perbedaan yang signifikan. Pasien non-diabetes. rentang nilai *z-score* untuk sensor gas MQ136 berkisar dari -1,46829 hingga -0,4749, sementara untuk sensor gas TGS822 berkisar dari -1,67664 hingga -0,50186. Pada pasien diabetes, rentang nilai *z-score* untuk sensor gas MQ136 adalah dari -0,30933 hingga 2,284526, dan untuk sensor gas TGS822 adalah dari -0,31637 hingga 2,280513. Pada hasil pengujian, terdapat ketidaksesuaian dengan *ground truth*, yaitu pada pasien S dan T. Keduanya merupakan pasien diabetes, namun hasil yang terdeteksi menunjukkan bahwa mereka tergolong sebagai pasien non-diabetes. Berdasarkan hal tersebut, alat ini memiliki presisi mencapai 100%, sensitivitas atau *recall* sebesar 80%, dan akurasi sebesar 90%. Nilai-nilai tersebut dapat ditingkatkan dengan mengganti sensor gas yang lebih sensitif atau penambahan jumlah sensor gas agar *feature* menjadi lebih banyak dan bisa memberikan banyak gambaran dan perbedaan untuk kedua *output*, yaitu diabetes dan non-diabetes. Metode *deep learning* juga berpotensi lebih akurat dalam klasifikasi. Temuan ini memberikan kontribusi penting dalam pengembangan metode deteksi penyakit diabetes berbasis sensor gas.

DAFTAR PUSTAKA

ADITYA, M, & PRIRAMADHI, RIZKI ARDIANTO SUMARYO, S., 2019. Game Pacman Dengan Sd Card Sebagai Media Penyimpanan Game Pada Game Console Berbasis Fpga Pacman Game With Sd Card As

- Game Storage Media on Fpga-Based. *E-Proceeding of Engineering*, 6(1), 43–50.
- APRIDHO., GUSA, R. F., ARKAN, F., Teknik, F., Studi, P., Elektro, T., Belitung, U. B., Darah, G., & Berganda, R. L., 2021. *Alat Ukur Kadar Glukosa Darah Non-Invasive Terhubung*. 12(1).
- AULIA, M. S., ABDURRAHMAN, M., & PUTRADA, A. G., 2019. Pendeteksian Kadar Glukosa dalam Darah pada Gejala Diabetes Tipe 1 Menggunakan Algoritma K-Nearest Neighbor dengan Metode Nafas. *SMARTICS Journal*, 5(1), 14–21. <https://doi.org/10.21067/smartics.v5i1.3287>
- EDRIATI, S., HUSNITA, L., AMRI, E., SAMUDRA, A. A., & KAMIL, N., 2021. Penggunaan Mit App Inventor untuk Merancang Aplikasi Pembelajaran Berbasis Android. *E-Dimas: Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat*, 12(4), 652–657. <https://doi.org/10.26877/e-dimas.v12i4.6648>
- FAHMI, N. F., NAILUFAR FIRDAUS, S. R., 2020. Perbedaan Kadar Glukosa Menggunakan Darah Dengan Antikoagulan Dan Tanpa Antikoagulan Metode Poct Norma. *Jurnal Ilmiah Obsgin*, 5, 16–19.
- FEZARI, M. AND, AL DAHOUD, A., & AMMAN, J., 2018. Lingkungan Pengembangan Terintegrasi “IDE” Untuk Arduino. *ResearchGate*, 12. https://www.researchgate.net/publication/328615543_Integrated_Development_Environment_IDE_For_Arduino
- FIKRI, M. A., HARTAMA, D., KIRANA, I. O., GUNAWAN, I., & NASUTION, Z. M., 2022. Kotak Sampah Pintar Menggunakan Sensor Ultrasonik Berbasis Mikrokontroler Arduino Uno pada Kantor Seketariat DPRD Kota Pematangsiantar. *Jurnal Ilmu Komputer Dan Informatika*, 2(2), 67–76. <https://doi.org/10.54082/jiki.24>
- FITRIANI, D., MAULANA, R., & FITRIYAH, H., 2021. Sistem Klasifikasi Diabetes Melitus Berdasarkan Kondisi rin, Gas Buang Pernapasan, Dan Tekanan Darah Menggunakan Metode Naive Bayes Berbasis Arduino. *Jurnal Pengembangan Teknologi ...*, 5(6), 2619–2628. <http://j-ptiik.ub.ac.id>
- GHOEUR, Y. A., MISBAH, M., & SURYO, Y. A., 2021. Identifikasi Dan Pengukuran Gas So₂ Area Sa (Sulphuric Acid) Di Pt Petrokimia Gresik Menggunakan Sensor Gas Dan Jaringan Syaraf Tiruan. *E-Link: Jurnal Teknik Elektro Dan Informatika*, 16(1), 46. <https://doi.org/10.30587/e-link.v16i1.2692>
- HAFEEZ, S.H. B., *et al.* 2019. Electronic Nose (E-Nose), 2019 *International Conference on Information Science and Communication Technology, ICISCT 2019*, pp. 1–6. Available at: <https://doi.org/10.1109/CISCT.2019.8777425>.
- HANIFA, T. T., & AL-FARABY, S. (2017). Analisis Churn Prediction pada Data Pelanggan PT. Telekomunikasi dengan Logistic Regression dan Underbagging. *E-Proceeding of Engineering*, 4(2), 3210–3225.
- HASYDNA, N., & DINATA, R. K. (2020). *Machine Learning.Pdf*.<http://repository.unimal.ac.id/id/eprint/6707>
- HAURA, L. C., YANTI, I., & PAUZAN, M., 2023. Alat Pendeteksi Formalin Menggunakan Deret Sensor HCHO dan MQ-7 dengan Logika Fuzzy. *Jurnal Nasional Teknik Elektro Dan Teknologi Informasi*, 12(2), 117–123. <https://doi.org/10.22146/jnteti.v12i2.7097>
- KURNIAWATY, E., 2014. Diabetes Mellitus. *Evi Kurniawaty JUKE*, 4(7), 114–119.
- MAHARANI, D., 2019 ‘Identifikasi Kupu-Kupu Menggunakan Ekstraksi Fitur Gray Level Co-Occurrence Matrix (GLCM) Dan Klasifikasi K-Nearest Neighbor (KNN)’, *Skripsi*, (2), pp. 1–13.
- MITRAYANA, A. J. WASONO, M., & R. IKHSAN, M., 2015. Pengukuran Konsentrasi Gas Aseton (C₃H₆O) dari Gas Hembus Relawan Berpotensi Penyakit Diabetes Mellitus dengan Metode Spektroskopi Fotoakustik Laser (Halaman 94 s.d. 96). *Jurnal Fisika Indonesia*, 18(54), 94–96. <https://doi.org/10.22146/jfi.24381>
- 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. <https://journal.unnes.ac.id/nju/index.php/jf/index>
- SUYONO, H., & HAMBALI, H., 2020. Perancangan Alat Pengukur Kadar Gula dalam Darah Menggunakan Teknik Non-Invasive Berbasis Mikrokontroler Arduino Uno. *JTEV (Jurnal Teknik Elektro Dan Vokasional)*, 6(1), 69. <https://doi.org/10.24036/jtev.v6i1.107482>
- WAHYONO, W., TRISNA, I. N. P., SARIWENING, S. L., FAJAR, M., & WIJAYANTO, D., 2020. Comparison of distance measurement on k-nearest neighbour in textual data classification. *Jurnal Teknologi Dan Sistem Komputer*, 8(1), 54–58. <https://doi.org/10.14710/jtsiskom.8.1.2020.54-58>
- ZHANG, W. *et al.*, 2018 NOS.E: A New Fast Response Electronic Nose Health Monitoring System, *Proceedings of the Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society, EMBS*, 2018-July, pp. 4977–4980. Available at: <https://doi.org/10.1109/EMBC.2018.8513416>

Halaman ini sengaja dikosongkan