

IoT Enhanced Electronic-Nose sebagai Sistem Deteksi Cepat Tuberculosis Berbasis Embedded System untuk Penderita Tuberculosis

Rizky Martiningrum^{1*}, Jelita Dinda Astari², Arum Maqfiroh³, Nailah Zahroh Qurrotun A'yun⁴, Dewi Tatum Rona Qotrun Nada⁵, Qiftiatu Sya'idah⁶, Nisaul Azmi Amalia⁷, Dayang Latifah⁸

Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Malang

*e-mail: rizky.martiningrum.2303316@students.um.ac.id

Abstract

Tuberculosis (TBC) is an infectious disease that is a global health problem. Early detection of TBC is very important to reduce the spread and death rate from this disease. In an effort to improve the efficiency of diagnosis, this article introduces the system IoT Enhanced Electronic-Nose as a fast and non-invasive solution for detecting tuberculosis. This system is based embedded system and utilize technology Internet of Things (IoT) to collect, analyze and transmit real-time data from gas sensors that detect volatile compounds in the respiratory air of TBC sufferers. System electronic nose the proposed one is equipped with a sensor capable of detecting specific biomarkers produced by bacteria *Mycobacterium tuberculosis*. Data from sensors is processed by an embedded system to recognize patterns associated with TB infection. Integration with IoT allows this system to be accessed remotely, so that medical personnel can monitor patient conditions more quickly and accurately.

Article History

Submitted: 14 November 2024

Accepted: 19 November 2024

Published: 20 November 2024

Key Words

Tuberculosis, IoT, Electronic-Nose, Embedded System, Non-invasive System

Abstrak

Tuberculosis (TBC) merupakan penyakit menular yang menjadi masalah kesehatan global. Deteksi dini TBC sangat penting untuk mengurangi penyebaran dan angka kematian akibat penyakit ini. Dalam upaya meningkatkan efisiensi diagnosis, artikel ini memperkenalkan sistem IoT Enhanced Electronic-Nose sebagai solusi cepat dan non-invasif untuk mendeteksi tuberculosis. Sistem ini berbasis embedded system dan memanfaatkan teknologi Internet of Things (IoT) untuk mengumpulkan, menganalisis, dan mengirimkan data secara real-time dari sensor gas yang mendeteksi senyawa volatil di udara pernapasan penderita TBC. Sistem electronic nose yang diusulkan dilengkapi dengan sensor yang mampu mendeteksi biomarker spesifik yang dihasilkan oleh bakteri *Mycobacterium tuberculosis*. Data dari sensor diproses oleh embedded system untuk mengenali pola-pola yang terkait dengan infeksi TBC. Integrasi dengan IoT memungkinkan sistem ini diakses secara jarak jauh, sehingga tenaga medis dapat memantau kondisi pasien dengan lebih cepat dan akurat.

Sejarah Artikel

Submitted: 14 November 2024

Accepted: 19 November 2024

Published: 20 November 2024

Kata Kunci

Tuberculosis, IoT, Electronic-Nose, Embedded System, Sistem Non-invasif

PENDAHULUAN

Tuberculosis (TBC) merupakan penyakit yang disebabkan oleh bakteri *Mycobacterium tuberculosis*. Penyakit ini menyerang paru-paru dan juga dapat ke seluruh bagian tubuh (Nurdin, dkk., 2023). Bakteri TBC *M. tuberculosis* menyebar dalam tubuh melalui udara ketika seseorang yang terinfeksi mengeluarkan partikel udara melalui batuk, bicara, atau bernapas (Making, dkk., 2023). Meskipun ada metode diagnostik TBC yang tersedia, masih banyak pasien yang tidak terdeteksi tepat waktu dan mengalami keterlambatan. Hal ini disebabkan metode yang umum digunakan tidak selalu akurat, biaya mahal, dan membutuhkan waktu yang lama sehingga memperlambat proses diagnosa dan pengobatan (Huang, dkk., 2022).

Untuk mengatasi keterbatasan dalam proses diagnosa TBC, alternatif metode yang bisa digunakan adalah instrumen elektronik seperti *Electronic Nose (E-Nose)* yang dapat meniru prinsip kerja hidung manusia sebagai pendeteksi dan menganalisis berdasarkan aroma (Tan and Xu, 2020). Prinsip kerja *E-Nose* yaitu mentransformasi aroma menjadi respon sensor dalam bentuk tegangan, kemudian respon sensor akan dianalisis dengan memanfaatkan metode Jaringan Saraf Tiruan (JST) (Telaumbanua, dkk., 2021). Aroma yang dideteksi oleh *E-Nose* berupa senyawa *Volatile Organic Compound (VOC)* yang terdapat di udara hasil *respiratory* oleh seseorang (Kalaij, 2022). Di dalam senyawa VOC biasanya terkandung Nitrogen (N_2), Oksigen (O_2), karbondioksida (CO_2), uap air (H_2O) dan ratusan hingga ribuan senyawa volatil konsentrasi orde ppm hingga ppb (Wang and Sahay, 2009).

Teknik analisis data yang digunakan adalah *Principal Component Analysis (PCA)* sebagai dasar dari *Artificial Neural Network (ANN)*. Alasan menggunakan metode PCA adalah dapat mengurangi jumlah variabel dalam data tanpa mengurangi informasi penting, selain itu dapat memvisualisasi data agar mudah direpresentasikan dan dapat menghilangkan korelasi antar variabel yang mungkin dapat mempengaruhi data, serta analisis PCA juga dapat menggambarkan pola dari suatu data. Terkait penjelasan yang telah dipaparkan tersebut, terdapat celah untuk dilakukan pengkajian lebih lanjut. Pengkajian ini terfokus pada rancang bangun atau desain *E-Nose* untuk deteksi penyakit *Tuberculosis*. Kebaruan dari pengkajian ini adalah, *E-Nose* yang kami desain terdiri dari dua tipe sensor gas, yakni jenis *Metal Oxide Semiconductor (MOS)* yang terdiri dari TGS dan sensor Gas jenis MQ, selain itu kebaruan dari *E-Nose* yang kami design adalah dilengkapi dengan membran filter.

METODE

Penelitian dilakukan menggunakan metode penelitian Studi Literatur, dimana metode ini dilakukan dengan mencari informasi dan data dari sumber rujukan yang relevan dan terpercaya dalam kurang lebih 5 tahun terakhir tentang penyakit TBC dan *E-Nose* serta teknologi *microcontroller ESP32*. Data dan informasi yang didapatkan dengan metode penelitian ini akan digunakan sebagai dasar perencanaan dalam pengkajian *E-Nose*. Pada tahap ini akan ditentukan alat dan bahan yang akan digunakan yang meliputi sensor, ESP32 dan alat lain yang akan digunakan pada pengkajian kali ini.

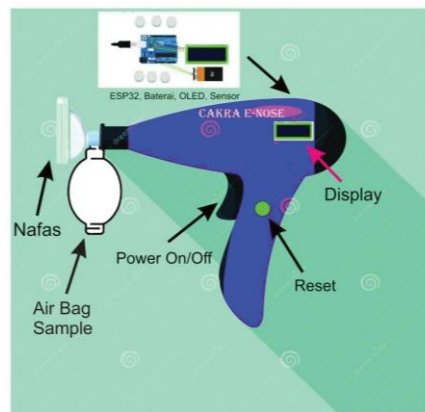
HASIL DAN PEMBAHASAN

TBC merupakan masalah kesehatan global yang memerlukan upaya besar untuk dicegah dan ditanggulangi. Oleh karena itu, diagnosa yang tepat dan cepat sangat penting untuk memastikan pengobatan yang efektif. Metode diagnostik yang selama ini digunakan tidak selalu akurat, biaya mahal, dan waktu yang dibutuhkan untuk melakukan tes, sehingga diperlukan upaya-upaya untuk mengatasi keterbatasan tersebut (Huang, dkk., 2022). Beberapa metode diagnostik yang umum digunakan dalam mendeteksi TBC seperti, Tes Mantoux, Tes darah, Tes *X-Ray*, Tes Sputum, Biopsi Jaringan, dan Tes PCR (*Polymerase Chain Reaction*). Masing-masing metode ini memiliki kekurangan dan kelebihan, seperti pada Uji Tuberkulin (PPD/*Mantoux Test*), metode ini memiliki beberapa kekurangan seperti, hasil yang positif dapat disebabkan oleh infeksi dengan *Mycobacterium* yang tidak menyebabkan TBC seperti *M. bovis BCG*, tidak sensitif untuk diagnosis TBC pada bayi dan anak-anak, serta hasil yang positif dapat disebabkan oleh faktor lain seperti infeksi virus atau obat-obatan. Metode diagnostik lainnya seperti tes PCR, Kekurangan

metode ini sangat mahal dibandingkan dengan metode diagnostik lainnya (Huang, dkk., 2022). Beberapa pengkajian sebelumnya terkait *E-Nose* seperti yang dilakukan oleh (Karakaya, dkk., 2020) menggunakan sistem *Electronic Nose (E-Nose)* terdiri dari 4 sensor gas, yakni TGS822 (alkohol), TGS826 (amonia), TGS2600 (kontaminasi udara), dan TGS2602 (kontaminasi udara).

Sistem ini digunakan untuk melihat respon sensor terhadap urin positif kanker payudara, negatif kanker payudara serta air. Ternyata sensor gas tersebut dapat membedakan penyakit kanker tersebut. Pengkajian yang beririsan juga dilakukan oleh (Meléndez, dkk., 2022) yang menggunakan *E-Nose* untuk deteksi kadar TCA di dalam Anggur, klasifikasi data menggunakan teknik *principal component analysis* dan *Artificial Neural Network (ANN)*. Lebih lanjut pengkajian yang berkaitan juga dilakukan oleh (Saktiawati dkk., 2021) untuk deteksi *Tuberculosis* menggunakan *E-Nose* dan membandingkan hasil analisis *E-Nose* dengan *radiology* dari segi hasil analisis maupun biaya. Perancangan *E-Nose* untuk mendeteksi *Tuberculosis* terdiri dari perancangan *hardware* dan *software*. Secara konfigurasi *E-Nose* terdapat 2 ruang utama, yaitu ruang sampel dan ruang operator. Ruang sampel merupakan ruang untuk menempatkan sampel nafas, apakah dengan pernapasan langsung atau melalui plastik nafas, dapat ruang tersebut terdapat dua keadaan yaitu : (1) Pengisapan dan pemanasan udara sampel sebelum diteruskan pada sensor, (2) Pembuangan udara keluar ruang sampel dan pendinginan. Ruang operator merupakan ruangan tempat berhimpunnya seluruh komponen elektronika.

Model desain yang digunakan sebagai *E-Nose* yaitu sebuah alat berbentuk *gun* yang dapat mendeteksi TBC.



Gambar 1. Model Desain

Desain ini terdiri atas masker oksigen, *display* layar OLED sebagai output hasil, tombol *reset*, dan tombol *power*. Dalam proses pengembangan rancangan alat, terdapat beberapa komponen penyusun yang dapat mendukung alat, yaitu sebuah *microcontroller* berupa ESP32, baterai sebagai sumber tegangan, sensor gas berupa sensor TGS822 (alkohol), TGS826 (amonia), TGS2600 (kontaminasi udara), dan TGS2602 (kontaminasi udara). Sistem yang bekerja dimulai dari bernafas pada masker oksigen. Setelah adanya deteksi gas yang timbul oleh sensor gas, sistem dari ESP32 akan mulai menganalisis data dari sensor gas yang akan disimpan hasilnya. Sampel hasil tersebut akan disampaikan melalui serial monitor layar OLED.

Kemudian, hasil dapat disimpan maupun *reset*. Dalam merancang sistem *E-Nose* ini, dibutuhkan 2 jenis program pengontrol, yakni *software arduino* dan *software Jupyter notebook* sebagai *data logger*. *Software Jupyter Notebook* digunakan untuk menampilkan data dalam bentuk grafik data yang berupa nilai tegangan yang diterima mikrokontroler dari sensor. Data ini akan disimpan pada aplikasi *Microsoft Excel* yang nantinya akan dianalisis untuk melihat pola aroma pernapasan dari seseorang yang menjadi data sampel.

KESIMPULAN

Tuberculosis adalah masalah global dan memerlukan deteksi yang cepat. Metode diagnostik saat ini yang digunakan memiliki beberapa kekurangan sehingga dibutuhkan metode diagnostik lainnya. Salah satu sistem yang dapat mendeteksi *Tuberculosis* adalah sistem *E-Nose*. *E-Nose* untuk mendeteksi *Tuberculosis* terdiri dari perancangan Hardware dan software dan terdapat dua ruang utama. *E-Nose* memiliki program, yakni *software* arduino dan *software* *Jupyter notebook* sebagai *data logger*.

DAFTAR PUSTAKA

- Huang, Y., Ai, L., Wang, X., Sun, Z., Wang, F., 2022. Review and Updates on the Diagnosis of Tuberculosis. *J Clin Med.* <https://doi.org/10.3390/jcm11195826>
- Kalaij, A.G.I., 2022. Integrasi Analisis Uji Cetak Napas Berbasis E-Nose Sebagai Solusi Baru Deteksi Dini Penyakit Paru Obstruktif Kronik Akibat Polusi Udara di Lingkungan Rumah pada Masa Pandemi Covid-19. *Jimki: Jurnal Ilmiah Mahasiswa Kedokteran Indonesia* 9, 106–115. <https://doi.org/10.53366/jimki.v9i3.478>
- Making, M. A., Banhae, Y. K., Aty, M. Y. V. B., Abanit, Y. M., Selasa, P., & Israfil, I. 2023. Analisa Faktor Pengetahuan dan Sikap dengan Perilaku Pencegahan TB Paru pada Kontak Serumah selama Era New Normal Covid 19. *Jurnal Penelitian Perawat Profesional*, 5(1), 43-50.
- Meléndez, F., Arroyo, P., Gómez-Suárez, J., Palomeque-Mangut, S., Suárez, J.I., Lozano, J., 2022. Portable Electronic Nose Based on Digital and Analog Chemical Sensors for 2,4,6-Trichloroanisole Discrimination. *Sensors* 22. <https://doi.org/10.3390/s22093453>
- Nurdin, A., Juliana, J., & Julianti, J. 2023. Efektivitas Pemberian Edukasi Dengan Menggunakan Metode Penyuluhan Mengenai Tuberkulosis Paru Pada Siswa/Siswi Sma Negeri Lhoknga Aceh Besar. *Jurnal KANAKA*, 2(1).
- Saktiawati, A.M.I., Triyana, K., Wahyuningtias, S.D., Dwihardiani, B., Julian, T., Hidayat, S.N., Ahmad, R.A., Probandari, A., Mahendradhata, Y., 2021. eNose-TB: A trial study protocol of electronic nose for tuberculosis screening in Indonesia. *PLoS One* 16. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0249689>
- Tan, J., Xu, J., 2020a. Applications of electronic nose (E-Nose) and electronic tongue (e-tongue) in food quality-related properties determination: A review. *Artificial Intelligence in Agriculture* 4, 104–115. <https://doi.org/10.1016/J.AIIA.2020.06.003>
- Tan, J., Xu, J., 2020b. Applications of electronic nose (E-Nose) and electronic tongue (e-tongue) in food quality-related properties determination: A review. *Artificial Intelligence in Agriculture* 4, 104–115. <https://doi.org/10.1016/J.AIIA.2020.06.003>
- Telaumbanua, M., Novita, D. D., Triyono, S., & Saragih, C. (2021). Tipe chamber dan posisi sensor e-nose untuk mendeteksi aroma biji kopi robusta menggunakan mikrokontroler. *Jurnal Ilmiah Rekayasa Pertanian dan Biosistem*, 9(1), 84-95.
- Wang, C., Sahay, P., 2009. Breath analysis using laser spectroscopic techniques: Breath biomarkers, spectral fingerprints, and detection limits. *Sensors*. <https://doi.org/10.3390/s91008230>

