

Deteksi Dini Diabetes Melitus melalui Analisis Citra Lidah Berbasis Deep Learning

Aulia Novira^{1*}, Era Madona², dan Hazimah Widyagustin³

^{1,2,3} Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Padang

*Corresponding Author : aulianovira3@gmail.com

Abstract— Diabetes melitus merupakan penyakit metabolik kronis yang prevalensinya terus meningkat secara global dan menjadi tantangan serius bagi sistem kesehatan. Deteksi dini sangat penting untuk mencegah komplikasi jangka panjang, namun metode diagnostik konvensional umumnya bersifat invasif dan memerlukan fasilitas laboratorium yang tidak selalu tersedia, terutama di daerah dengan akses terbatas. Penelitian ini mengusulkan pendekatan non-invasif berbasis citra lidah untuk mendeteksi diabetes menggunakan metode Convolutional Neural Network (CNN). Citra lidah diperoleh dari pasien diabetes dan non-diabetes, kemudian diproses melalui tahapan preprocessing yang meliputi normalisasi ukuran gambar, augmentasi data untuk meningkatkan keragaman, serta segmentasi area lidah guna memastikan fokus analisis. Model CNN dirancang untuk mengekstraksi fitur visual utama seperti warna, tekstur, dan bentuk dari citra yang telah diproses. Proses pelatihan menunjukkan bahwa model mampu mencapai akurasi hingga 97%, menandakan performa yang sangat baik dalam klasifikasi biner. Evaluasi lebih lanjut dilakukan terhadap citra uji eksternal, dan hasilnya menunjukkan bahwa model secara konsisten dapat mengklasifikasikan lidah pasien dengan benar ke dalam kategori diabetes maupun non-diabetes. Temuan ini mengindikasikan bahwa pendekatan berbasis deep learning memiliki potensi besar dalam pengembangan sistem deteksi dini yang cepat, efisien, dan non-invasif. Sistem ini berpeluang untuk diintegrasikan ke dalam perangkat mobile atau layanan kesehatan berbasis teknologi guna memperluas akses diagnosis di berbagai lapisan masyarakat.

Keywords: Diabetes Melitus, Non-Invasif, Citra Lidah, Deep Learning, Convulusional Neural Network (CNN)

Abstrak— Diabetes mellitus is a chronic metabolic disease with a rising global prevalence, posing a serious challenge to healthcare systems. Early detection is crucial to prevent long-term complications; however, conventional diagnostic methods are often invasive and require laboratory facilities that may not be readily available, especially in regions with limited access. This study proposes a non-invasive approach using tongue image analysis to detect diabetes through Convolutional Neural Network (CNN) methods. Tongue images were collected from both diabetic and non-diabetic patients and processed through a series of preprocessing steps, including image size normalization, data augmentation to enhance diversity, and tongue area segmentation to ensure focused analysis. The CNN model was designed to extract key visual features such as color, texture, and shape from the processed images. Training results showed that the model achieved an accuracy of up to 97%, indicating excellent performance in binary classification. Further evaluation was conducted using external test images, and the results demonstrated that the model consistently classified patients' tongue images correctly into diabetic and non-diabetic categories. These findings suggest that deep learning-based approaches hold significant potential for developing fast, efficient, and non-invasive early detection systems. Such systems could be integrated into mobile devices or technology-based healthcare services to expand diagnostic access across diverse populations.

Keywords: Diabetes Melitus, Non-Invasive, Tongue Image, Deep Learning, Convulusional Neural Network (CNN)

© 2025 Elektron Jurnal Ilmiah

I. PENDAHULUAN

perkembangan teknologi dan kemajuan ilmu pengetahuan di berbagai bidang, pendekatan dalam mendeteksi dan mendiagnosis penyakit juga mengalami transformasi yang signifikan. Salah satu pendekatan yang semakin mendapat perhatian adalah deteksi berbasis citra atau gambar, yang memungkinkan analisis visual terhadap kondisi fisik pasien secara non-invasif [1]. Dalam konteks Pengobatan Tradisional China (Traditional Chinese Medicine), lidah telah lama dianggap sebagai salah satu indikator penting yang mencerminkan kondisi kesehatan internal seseorang [2]. Bentuk, warna, tekstur, dan kelembapan lidah diyakini memiliki hubungan erat dengan fungsi organ-organ dalam seperti pankreas, serta mencerminkan status metabolisme

tubuh secara keseluruhan [1], [2], [3]. Oleh karena itu, lidah menjadi objek yang relevan untuk dianalisis dalam upaya deteksi dini berbagai penyakit metabolik [4].

Diabetes melitus merupakan penyakit metabolik kronis yang terus meningkat secara global yang ditandai oleh kadar glukosa darah yang tinggi akibat gangguan produksi atau fungsi insulin [5]. Penderita diabetes melitus menurut data World Health Organization (WHO) pada tahun 2023 diperkirakan lebih dari 537 juta orang [6]. Kondisi ini menimbulkan tantangan besar bagi sistem kesehatan global, karena diabetes dapat menyebabkan berbagai komplikasi serius seperti penyakit jantung, gagal ginjal, gangguan penglihatan, dan neuropati jika tidak ditangani secara tepat [6], [7], [8]. Oleh karena itu, deteksi dini terhadap

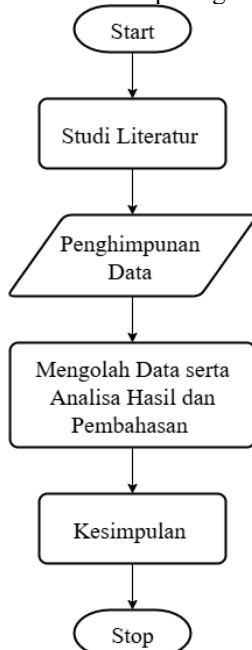
diabetes melitus menjadi sangat penting untuk mencegah terjadinya komplikasi jangka panjang dan meningkatkan kualitas hidup pasien[4], [5].

Pengolahan citra dan artificial intelligent memungkinkan untuk melakukan analisis terhadap citra lidah[9]. Memanfaatkan deep learning untuk pendekatan pembelajaran mesin yang meniru cara kerja jaringan saraf manusia [10]. Melihat karakteristik visual lidah penderita diabetes dapat dikenali dan diklasifikasikan secara otomatis dengan tingkat akurasi yang tinggi.[11], [12]. Penelitian sebelumnya telah meneliti Chronic Hyperplastic Candidiasis (CHC) menggunakan lidah sebagai objek[13] serta Random Forest Regressor (RFR) dapat mendeteksi CHC pada pasien[14].

Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini bertujuan untuk mengeksplorasi dan memanfaatkan citra lidah sebagai media alternatif dalam proses deteksi diabetes melitus. Penelitian akan difokuskan pada pengembangan model klasifikasi berbasis deep learning yang mampu membedakan antara pasien diabetes dan non-diabetes secara efektif. Data citra lidah yang digunakan dalam penelitian ini akan diambil dari dataset publik yang tersedia di platform Kaggle, sehingga memungkinkan proses pelatihan dan evaluasi model dilakukan secara sistematis dan berbasis data nyata. Dengan pendekatan ini, diharapkan dapat tercipta sistem deteksi dini yang praktis, efisien, dan dapat mendukung upaya pencegahan serta penanganan diabetes melitus secara lebih optimal. [15].

II. METODE

Metode yang digunakan dapat dijelaskan secara sistematis melalui flowchart pada gambar 1.



Gambar 1. Flowchart

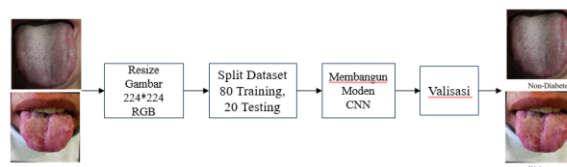
A. Studi Literatur

Mengumpulkan dan mempelajari teori dasar dan referensi ilmiah terkait diabetes khususnya karakteristik lidah pada penderita diabetes, deep learning khususnya Convolutional Neural Network (CNN). Referensi diambil dari berbagai sumber ilmiah seperti jurnal kesehatan maupun jurnal teknologi dan elektro medis yang telah bereputasi nasional maupun internasional. Selain itu juga memahami software Python untuk mendukung metode perancangan sistem.

B. Penghimpunan Data

Data diambil dari data set citra lidah dari dataset public. Dataset dapat diakses melalui Kaggle dengan url:https://www.kaggle.com/datasets/towfiqtomal/tongue-diabetes?select=output_valid. Dataset berisi 1000 citra lidah, dengan 500 citra untuk lidah diabetes dan 500 citra untuk lidah normal atau non-diabetes.

C. Mengelola Data serta Analisa Hasil dan Pembahasan



Gambar 3. Blok Mengelola data

Hal pertama yang dilakukan dalam mengolah data adalah meningkatkan kualitas input dan konsistensi data pada citra dilakukan resize gambar. Ukuran gambar akan diseragamkan menjadi 224x224 pixel dengan 3 channel warna (RGB). Data set akan dipisahkan menjadi training dataset (80%) dan validasi dataset (20%). Kemudian model CNN akan dibangun dengan filter berukuran 3x3, masing-masing diikuti oleh max pooling dan batch normalization. Aktivasi menggunakan fungsi ReLU, dan pada lapisan output digunakan fungsi sigmoid untuk klasifikasi biner. Model dilatih menggunakan algoritma RMSprop optimizer dengan learning rate 0.001 dan loss function categorical crossentropy selama 15 epoch. Model juga akan diuji menggunakan validasi eksternal dengan menggunakan citra lidah yang baru.

Citra akan mendeteksi berdasarkan karakteristik dari lidah pengguna diabetes dan non diabetes dengan perbedaan utama meliputi table 1.

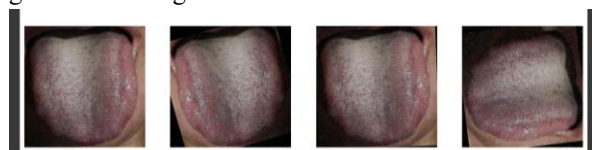
Tabel 1. Perbedaan utama karakteristik penderita diabetes dan non-diabetes

Aspek	Diabetes	Non-Diabetes
Warna	Pucat atau keunguan	Pink alami
Coating	Tebal, tidak merata	Tipis, merata
Tekstur	Kasar, tampak kering	Lembab, halus
Bentuk	Bengkak/ tidak simetris	Simetris

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Data Penelitian

Penelitian ini menggunakan dataset citra lidah yang didapatkan dari dataset public yang dapat dilihat pada gambar 2a dan gambar 2b.



Gambar (a)



Gambar (b).

Gambar 3. Cuplikan data lidah

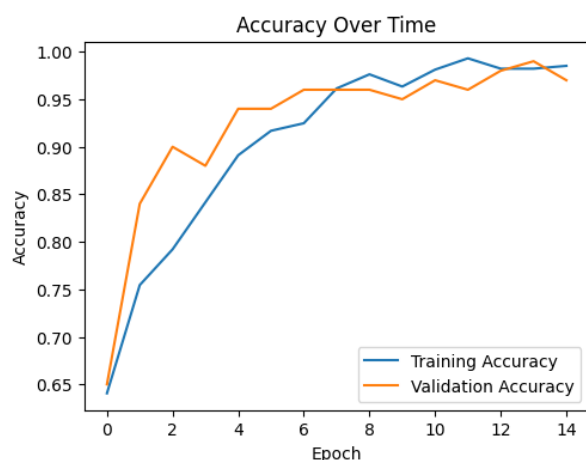
(a) Non-Diabetes

(b) Diabetes

Gambar 3 menunjukkan cuplikan gambar lidah non-diabetes yang diambil dari dataset publik. Gambar 2a menunjukkan karakteristik lidah dengan warna pink alami, coating tipis dan merata, tekstur lembab dan halus, bentuk lidah yang simetris. Gambar 2b menunjukkan gambar lidah pasien diabetes. Dilihat dari warna yang pucat, coating yang tebal dan tidak merata, tekstur yang kasar dan tampak kering, serta bentuk yang bengkok/ tidak simetris.

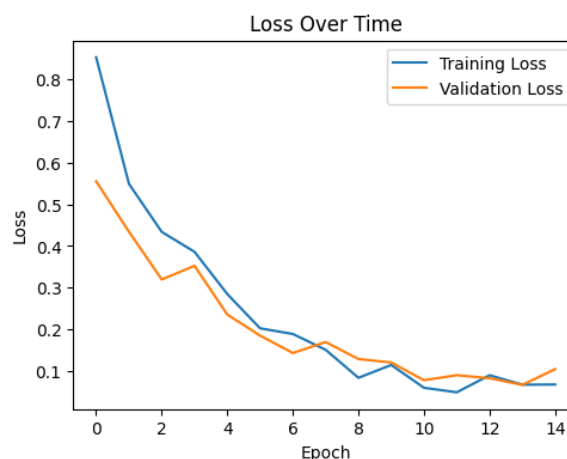
B. Evaluasi Performa Model

Model CNN diuji menggunakan data validasi sebanyak 20% dari dataset. Model menghasilkan loss over time dan accuracy overtime yang dapat di lihat pada gambar



Gambar 4. Grafik Akurasi Training dan Validation

Grafik Accuracy over time pada gambar 4 menunjukkan tren akurasi yang sangat baik. Training akurasi meningkat dari 0.64 menjadi 0.98, hal ini menunjukkan model menyesuaikan parameter dengan baik terhadap data pelatihan. Validation Accuracy meningkat dari 0.65 menjadi 0.97 dan menunjukkan nilai yang cenderung stabil pada akhir pelatihan.

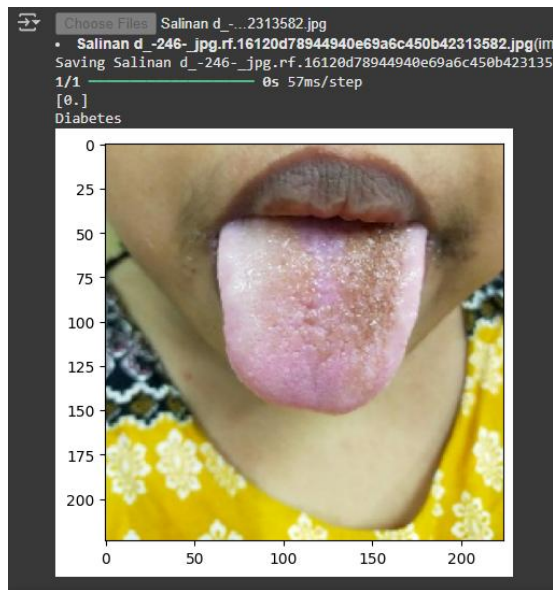


Gambar 5. Grafik Loss Training dan Validation

Grafik loss over time pada gambar 5 dapat dilihat bahwa baik training loss maupun validation loss mengalami penurunan konsisten. Training loss dari 0.85 menjadi 0.067, menunjukkan bahwa model berhasil mengurangi kesalahan prediksi pada data pelatihan. Validation loss juga menunjukkan penurunan dari 0.55 menjadi 0.10 yang menunjukkan model berhasil mengurangi kesalahan data validation. Berdasarkan loss pada training dan validation tidak terdapat indikasi overfitting karena validation loss tidak meningkat secara drastis di akhir pelatihan.

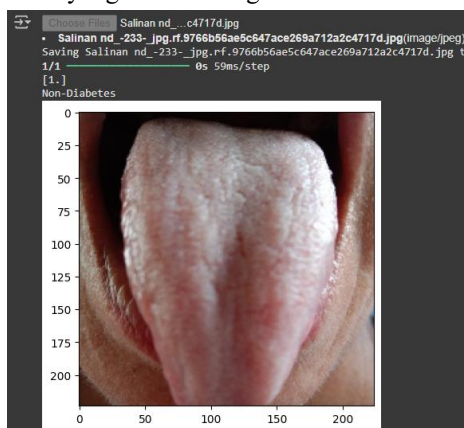
C. Model Klasifikasi

Pengujian klasifikasi model dilakukan dengan menguji citra baru dan melihat apakah model dapat mengklasifikasikan model dengan tepat. Dua citra lidah yang terdiri dari citra non-diabetes dan citra diabetes. Citra lidah yang akan di uji diupload kedalam program yang telah disediakan. Hasil dari pengujian klasifikasi model dapat dilihat pada gambar .



Gambar 6. Validasi Eksternal Diabetes

Citra lidah pada gambar 4, secara visual tampak katakteristik khas penderita diabetes yaitu memiliki warna lidah yang cenderung pucat, permukaan lidah yang tampak kasar dan terdapat lapisan keputihan (coating) tidak merata, tanda kekeringan seperti tekstur permukaan yang tidak homogen.



Gambar 6. Validasi Eksternal Non-Diabetes

Gambar 6 merupakan citra lidah non-diabetes, secara visual tampak karakteristik seperti warna lidah yang pink alami dan merata, lapisan coating tipis dan tersebar merata, tekstur permukaan yang terlihat lembab dan tidak kasar.

Prediksi yang benar pada kedua citra menunjukkan model memiliki kemampuan regenerasi yang baik terhadap citra baru, khususnya dalam mendeteksi fitur dominan yang berkaitan dengan diabetes. Model berhasil mengidentifikasi citra lidah tanpa kesalahan, menunjukkan efektivitas arsitektur CNN. Performa tinggi pada validasi sebelumnya dengan akurasi 97% terbukti saat model diuji dengan data baru.

IV. KESIMPULAN

Citra lidah dapat dimanfaatkan sebagai deteksi awal dalam mendeteksi diabetes secara non-invasif menggunakan pendekatan Convolutional Neural Network (CNN). Model mampu membedakan citra lidah pasien diabetes dan non-diabetes dengan akurasi data latih 98% dengan loss 2.25% sedangkan untuk akurasi validasi 97% dengan loss 1.25%. karakteristik visual seperti warna, tekstur dan lapisan permukaan lidah menjadi fitur penting dalam proses klasifikasi. Hasil pengujian pada data citra uji juga menunjukkan model tidak hanya mengenali penderita diabetes namun juga dapat mendeteksi citra non-diabetes berdasarkan karakteristik lidah.

REFERENSI

- [1] T. Babu, P. M. Ebin, and R. R. Nair, "Deep Learning-Driven Non-Invasive Diabetes Diagnosis Using Tongue Images," in *2024 International Conference on IoT Based Control Networks and Intelligent Systems (ICICNIS)*, IEEE, Dec. 2024, pp. 1703–1708. doi: 10.1109/ICICNIS64247.2024.10823196.
- [2] V. Bhatnagar and P. P. Bansod, "Convolution Neural Network Based Multi-Label Disease Detection Using Smartphone Captured Tongue Images," *Applied Sciences*, vol. 14, no. 10, p. 4208, May 2024, doi: 10.3390/app14104208.
- [3] T. Jiang *et al.*, "Deep Learning Multi-label Tongue Image Analysis and Its Application in a Population Undergoing Routine Medical Checkup," *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*, vol. 2022, pp. 1–12, Sep. 2022, doi: 10.1155/2022/3384209.
- [4] A. Hidayat, "The burden of the complications of diabetes mellitus," *Universa Medicina*, vol. 35, no. 2, p. 65, Aug. 2016, doi: 10.18051/UnivMed.2016.v35.65-67.
- [5] K. M. Hisar, "A Global Public Health Issue: Diabetes Mellitus," in *Current Perspective on Diabetes Mellitus in Clinical Sciences*, Istanbul: Nobel Tip Kitabevleri, 2023, pp. 1–8. doi: 10.69860/nobel.9786053359111.1.
- [6] Md. J. Hossain, Md. Al-Mamun, and Md. R. Islam, "Diabetes mellitus, the fastest growing global public health concern: Early detection should be focused," *Health Sci Rep*, vol. 7, no. 3, Mar. 2024, doi: 10.1002/hsr2.2004.

- [7] S. Lerman Ginzburg, “Diabetes,” *Open Encyclopedia of Anthropology*, Oct. 2023, doi: 10.29164/23diabetes.
- [8] S. Mahajan, P. K. Sarangi, A. K. Sahoo, and M. Rohra, “Diabetes Mellitus Prediction using Supervised Machine Learning Techniques,” in *2023 International Conference on Advancement in Computation & Computer Technologies (InCACCT)*, IEEE, May 2023, pp. 587–592. doi: 10.1109/InCACCT57535.2023.10141734.
- [9] Z. Tian, D. Wang, X. Sun, C. Cui, and H. Wang, “Predicting the diabetic foot in the population of type 2 diabetes mellitus from tongue images and clinical information using multi-modal deep learning,” *Front Physiol*, vol. 15, Dec. 2024, doi: 10.3389/fphys.2024.1473659.
- [10] T. Babu, P. M. Ebin, and R. R. Nair, “Deep Learning-Driven Non-Invasive Diabetes Diagnosis Using Tongue Images,” in *2024 International Conference on IoT Based Control Networks and Intelligent Systems (ICICNIS)*, IEEE, Dec. 2024, pp. 1703–1708. doi: 10.1109/ICICNIS64247.2024.10823196.
- [11] R. S. and J. S. Dr., “IMPROVEMENT IN TONGUE COLOR IMAGE ANALYSIS FOR DISEASE IDENTIFICATION USING DEEP LEARNING BASED DEPTHWISE SEPARABLE CONVOLUTION MODEL,” *Indian Journal of Computer Science and Engineering*, vol. 12, no. 1, pp. 21–34, Feb. 2021, doi: 10.21817/indjcse/2021/v12i1/211201082.
- [12] I. M. Nooralli, S. B. Patil, and G. Kulkarni, “Predictive Analytics for Tongue Diseases: A Comparative Study of Deep Learning Models,” in *2024 International Conference on Innovation and Novelty in Engineering and Technology (INNOVA)*, IEEE, Dec. 2024, pp. 1–5. doi: 10.1109/INNOVA63080.2024.10847037.
- [13] A. I. Khan *et al.*, “Computational Approach for Detection of Diabetes from Ocular Scans,” *Comput Intell Neurosci*, vol. 2022, pp. 1–8, May 2022, doi: 10.1155/2022/5066147.
- [14] V. Feyzi, A. Komeili, S. M. Kumeleh, H. Vahedi, N. Izadi, and A. S. Sahlabadi, “Examining the Concordance between ART and ERIN Methods in the Assessment of Musculoskeletal Disorders in Dental Students of Shahid Beheshti University of Medical Sciences,” *Open Dent J*, vol. 18, no. 1, May 2024, doi: 10.2174/0118742106302342240502094935.
- [15] Towfiq Tomal, “Tongue__DIABETES,” https://www.kaggle.com/datasets/towfiqtomal/tongue-diabetes?select=output_valid.