

Analisis Gambar Sel Darah Berbasis Convolution Neural Network untuk Mendiagnosis Penyakit Demam Berdarah

Convolution Neural Network-Based Image Analysis of Blood Cells to Diagnose Dengue Fever

Wiga Maulana Baihaqi¹, Chyntia Raras Ajeng Widiawati², Dila Putri Sabila³, Anjar Wati⁴

^{1,2}Universitas Amikom Purwokerto; Jl. Letjend Pol. Soemarto No.126, Watumas, Purwanegara, Kec. Purwokerto Utara, Kabupaten Banyumas, Jawa Tengah 53127, (0281) 623321

³Program Studi Teknologi Informasi, Fakultas Ilmu Komputer, Purwokerto

e-mail: *¹wiga@amikompurwokerto.ac.id, ²chyntiaraw@amikompurwokerto.ac.id,
³dilaarchuleta12@gmail.com, ⁴anjar2908@gmail.com

Abstrak

Demam berdarah masih menjadi masalah serius. Banyaknya kasus Demam Berdarah di dunia disebabkan oleh iklim yang tidak stabil dan curah hujan yang tinggi pada musim penghujan, yang berpotensi menjadi sarana perkembangbiakan nyamuk *Aedes Aegypti*. Tes darah merupakan alat diagnostik utama untuk mendeteksi beberapa penyakit seperti leukemia, demam berdarah, talasemia dan malaria. Perubahan jumlah sel darah ini dengan jelas mengidentifikasi penyebab penyakit. Penelitian ini berfokus pada sel darah merah dan sel darah putih dalam membantu dokter mendiagnosis pasien dengan virus demam berdarah, dimana Tes Hematologi dalam mendiagnosis demam berdarah memang memperhatikan persentase tingkat jumlah sel darah merah dan sel darah putih. Itu merupakan metode umum untuk mendiagnosis infeksi dengue. Ukuran trombosit yang kecil membuat teknik ini tidak digunakan dalam penelitian ini. Penelitian ini mengusulkan algoritma Convolutional Neural Network untuk mengenali fitur set data sel darah dan mendeteksi demam berdarah berdasarkan masukan sel darah. Hasil penelitian yang dihasilkan menghasilkan metode dan sistem yang dapat mendiagnosis pasien DBD dengan memanfaatkan citra apusan sel darah, sehingga dapat mempercepat proses diagnosis dan menghemat biaya.

Kata kunci—demam berdarah, klasifikasi, Convolutional Neural Network

Abstract

Dengue fever is still a serious problem. The number of cases of Dengue Fever in the world is caused by an unstable climate and high rainfall in the rainy season, which has the potential to become a breeding ground for the *Aedes Aegypti* mosquito. Blood tests are the main diagnostic tool for detecting several diseases such as leukemia, dengue fever, thalassemia and malaria. The hematology test in diagnosing dengue does pay attention to the percentage level of the number of red blood cells and white blood cells. In a Hematology Test, a Hematocrit Count and a Complete Blood Count are performed, which are common methods of diagnosing dengue infection. The small platelet size made this technique not used in this study. This study proposes a Convolutional Neural Network algorithm to recognize features of blood cell data sets and detect dengue fever based on blood cell input. The results of the research resulted in a method and system that can diagnose DHF patients by utilizing blood cell smear images, so as to speed up the diagnosis process and save costs.

Keywords—dengue fever, classification, Convolutional Neural Network

1. PENDAHULUAN

Insiden demam berdarah telah tumbuh secara dramatis di seluruh dunia dalam beberapa dekade terakhir [1][2]. Demam Berdarah (DBD) merupakan penyakit yang disebabkan oleh virus yang ditularkan dari orang ke orang lain melalui gigitan nyamuk *Aedes* (*Ae*). Demam berdarah adalah penyakit yang cukup berbahaya karena dapat menyebabkan kematian. Di Indonesia bahkan telah tercatat sebanyak 126,675 orang telah terinfeksi oleh demam berdarah pada tahun 2016 [3].

Penelitian terbaru memperkirakan bahwa ada 390 juta infeksi demam berdarah per tahun dan memperkirakan bahwa penularan demam berdarah ada di mana-mana di seluruh daerah tropis, dengan risiko tertinggi di kawasan Amerika dan Asia [2][4]. Beban ekonomi demam berdarah pada Negara-negara endemik sangat besar dan studi kasus di Negara-negara meluncurkan perkiraan kasar untuk biaya wabah 2011, misalnya 4,5 juta US \$ di Peru, 12 juta US \$ di Vietnam (semuanya pada tahun 2012) [5], dan total tahun 2015 beban ekonomi demam berdarah di Indonesia diperkirakan US \$ 381,15 juta yang terdiri dari US \$ 355,2 juta untuk dirawat di rumah sakit dan US \$ 26,2 juta untuk kasus perawatan rawat jalan [6].

Tes darah adalah alat diagnosis utama untuk mendeteksi beberapa penyakit seperti leukemia, demam berdarah, talasemia dan malaria. Darah terdiri dari plasma dan tiga jenis sel, yaitu Sel Darah Merah (RBC), Sel darah Putih (WBC) dan Trombosit. Menghitung jenis sel darah di bawah mikroskop telah digunakan di laboratorium rumah sakit, dokter perlu mengambil sekitar 20 hingga 50 gambar sel darah dari sudut yang berbeda untuk mengidentifikasi jenis dan hitungannya. Akan tetapi, hasilnya tidak begitu efisien dalam memberikan informasi detail spasial dari bagian penyakit yang sebenarnya dan cenderung mendapatkan hasil yang tidak akurat [7].

Identifikasi pada darah yang dilakukan di bawah mikroskop tentunya hanya dilakukan oleh teknisi terlatih dan ahli serta keakuratan identifikasi yang benar sepenuhnya tergantung pada mereka saat observasi dimana hanya ada sedikit ahli mikroskop [8]. Hal tersebut juga membutuhkan banyak waktu, kesabaran, ketepatan dan campur tangan manusia yang menyebabkan diagnosis yang lambat dan keliru [9], [10]. Studi nasional di Ghana misalnya menemukan 1,72 mikroskop per 100.000 orang dan hanya 0,85 staff laboratorium terlatih per 100.000 [11] yang sangat tidak memadai. Akibatnya, diagnosis sering dibuat berdasarkan tanda klinis dan gejala saja.

Organisasi Kesehatan Dunia (WHO) menyinggung bahwa diagnosis berdasarkan tanda klinis dan gejala bukan tanpa tantangan, yang paling umum adalah rawan kesalahan. Kekhawatiran ini ketika menegaskan bahwa masalah kesehatan mungkin diperparah oleh satu sisi variasi keahlian dan sumber daya fasilitas kesehatan seperti peralatan laboratorium dan alat tes yang diperlukan untuk mendiagnosis penyakit [12].

Pada awal Januari 2019 Di Kabupaten Banyumas, terjadi demam massal di Desa Pandak Kecamatan Baturaden, Kabupaten Banyumas. Dalam waktu seminggu, ada 27 orang yang terkena demam pada sebuah Rukun Warga (RW). Dari 27 warga yang sakit demam, hanya empat orang yang positif DBD dan lainnya demam biasa atau demam *dengue*. Wabah Demam Berdarah *Dengue* tidak hanya terjadi di Desa Pandak. Tiga wilayah lain, yakni Berkoh Kecamatan Purwokerto Selatan, Kedungbanteng, dan wilayah Cilongok juga mengalami hal yang serupa. Demam berdarah merupakan penyakit yang cukup berbahaya, sehingga perlu tindakan untuk mengatasi hal tersebut.

Melihat betapa berbahayanya demam berdarah, beberapa peneliti telah melakukan penelitian untuk membantu dokter agar hasil diagnosis demam berdarah lebih efisien, akurat, dan murah bagi semua pasien. Peneliti memanfaatkan teknik pengolahan citra dan machine learning untuk mengolah citra darah yang diambil dari pasien yang terindikasi terkena penyakit demam berdarah [7], [13]–[15]. Penelitian yang sudah dilakukan belum menghasilkan hasil diagnosis yang akurat dalam mendiagnosis penyakit demam berdarah. Maka perlu dilakukan penelitian baru untuk meningkatkan akurasi diagnosis penyakit demam berdarah.

[9] telah melakukan penelitian diagnosis malaria berbasis *website* dalam apusan darah kental. Dalam penelitiannya menggunakan pendekatan *deep learning* algoritma *computer vision* pada model Faster R-CNN. Dimana dalam penelitiannya menghasilkan rata-rata presisi di atas 90%. Sistem prototipe ini juga dapat dengan cepat menampilkan hasil diagnosa yang menggambarkannya kelayakan untuk situasi lapangan terpencil atau rumah sakit yang masih kurang dalam fasilitasnya.

Dari penelitian sebelumnya, ditemukan adanya korelasi dalam mendeteksi demam berdarah yang menerapkan metode pendekatan *deep learning* lalu diaplikasikan ke dalam sistem berbasis *website*. Berdasarkan hal tersebut, penulis merasa perlu melakukan penelitian sejenis dengan metode, data, dan teknologi *website* yang berbeda. Pada penelitian ini, akan dilakukan diagnosis demam berdarah dengan pendekatan *deep learning* teknik visi komputer berbasis *website* yang menggunakan data gambar sel darah.

Munculnya teknologi *website* dan teknik visi komputer yang melampaui kemampuan manusia dalam mendeteksi penyakit berpotensi meningkatkan kesehatan masyarakat. Dimana sistem berbasis *website* ini dapat menawarkan perawatan kesehatan yang dapat dibutuhkan kapan saja dan dari mana saja [16]. Dari hal tersebut misalnya diagnosis dari tempat jauh berpotensi meningkatkan kualitas pelayanan kesehatan masyarakat.

Teknologi berbasis *website* digunakan sebagai platform untuk memudahkan dan dalam penyebaran interpretasi informasi diagnosis oleh pengguna (teknisi lab) dengan tepat [9]. Integrasi sistem berbasis *website* dan visi komputer yang memiliki model deteksi akan menguntungkan teknisi laboratorium yang ingin mencapai hasil yang didukung keputusan. Bisa dikatakan penggunaan sistem ini dapat membantu staf laboratorium mencapai konsistensi dalam diagnosis dengan memfokuskan konsentrasi pada bagian-bagian gambar darah yang kemungkinan besar mengandung sel-sel yang dibutuhkan, juga dapat membantu meringankan kelelahan operator dan meningkatkan pendeteksian.

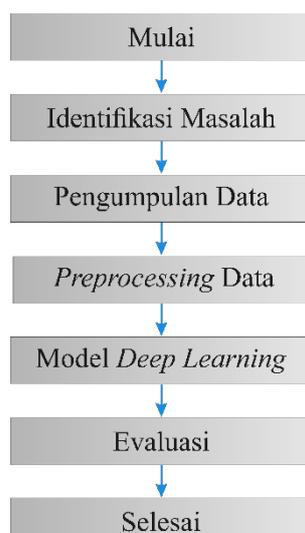
Untuk membuat *website* dimana dalam membuat model prediksi dibutuhkan data yang cukup untuk mendapatkan model yang tinggi tingkat akurasi. Penelitian ini menggunakan data yang dikumpulkan berupa citra digital sediaan darah. Dimana data tersebut diperoleh dengan kamera Optilab yang terpasang pada lensa okuler mikroskop. Pengambilan data dilakukan dengan ahli hematologi dari Rumah Sakit Umum Daerah Prof. Dr. Margono Soekarjo. Untuk melakukan prediksi pada penelitian ini akan digunakan pendekatan *deep learning* yang merupakan ekstensi dari *convolutional neural network* atau jaringan saraf tiruan berbasis *website*.

Dapat diputuskan bahwa dengan menggunakan metode pendekatan *deep learning* berbasis *website* untuk mendiagnosis Demam Berdarah Dengue membantu tim kesehatan terutama di daerah endemik tinggi dan daerah terpencil untuk mendiagnosis Demam Berdarah Dengue secara efisien, cepat, akurat, dan tepat waktu yang tidak memerlukan biaya cukup mahal.

2. METODE PENELITIAN

Dalam penelitian ini, penulis menggunakan metode pendekatan *deep learning* untuk prediksi data dan metode waterfall untuk metode pengembangan sistem. Metode pendekatan *deep learning* dalam penelitian ini untuk menganalisis data gambar sel darah dari Rumah Sakit Umum Daerah Prof. Dr. Margono Soekarjo dengan pemilihan algoritma *Convolutional Neural Network* (CNN) yang sesuai dengan penelitian ini [17].

Deep learning merupakan salah satu bagian dari berbagai macam metode *machine learning* yang berbasis syaraf tiruan dengan banyak *hidden layers* yang memiliki kemampuan untuk mempelajari representasi atau fitur data secara otomatis [18]. Dalam penelitian ini penulis memaparkan konsep penelitian dalam bentuk bagan alur penelitian yang tampak pada Gambar 1 berikut.

Gambar 1 Alur *Deep Learning*

Berdasarkan gambar 1 dapat dilihat bahwa *penelitian* yang akan dilakukan memiliki beberapa tahapan diantaranya :

a. Identifikasi Masalah

Melakukan identifikasi masalah sebagai upaya mengatasi permasalahan serta metode yang sesuai sehingga dapat mendiagnosis Demam Berdarah *Dengue*.

b. Pengumpulan Data

Pada penelitian ini, data yang digunakan adalah tipe data primer. Penulis dalam melakukan pengumpulan data yaitu dengan proses observasi dan pengambilan data secara langsung di Rumah Sakit Umum Daerah Prof. Dr. Margono Soekarjo. Dari proses tersebut diperoleh data dari tanggal 1 – 31 Oktober 2020 sebanyak 184 gambar sel darah.

c. *Preprocessing* Data

1) Persiapan Data

Pada tahap *preprocessing* data yang pertama adalah persiapan data yaitu mengumpulkan data dalam format (.jpg). Data gambar sel darah yang didapat masih dipisah berdasarkan darah yang positif dan negatif Demam Berdarah *Dengue*. Data tidak langsung digabungkan dalam satu folder terlebih dahulu, tetapi dirapikan berdasarkan yang positif dan negatif. Selanjutnya data diubah nama gambarnya sesuai dengan sel darah yang positif atau negatif.

2) Pembagian *Training set* dan *Test set*

Pada tahap ini data dibagi menjadi data *training* dan data *testing*. Data dibagi menggunakan fitur dari *framework* Python yang dibagi berdasarkan jumlah datanya. Perintah dalam Python bisa dilakukan untuk pembagian data. Dimana dalam pembagian data lewat Python dapat membagi secara acak sehingga dianggap lebih dekat pada pendekatan pembelajaran mesin yang mengusung unsur acak. Setelah melalui tahapan *pare-process*, maka data siap untuk dipakai melakukan prediksi. Langkah selanjutnya adalah membuat model *Deep Learning* yang digunakan untuk melatih data.

3) Model *Deep Learning*

Pada tahap ini akan dibuat model *Deep Learning* yang digunakan untuk melatih data dan melakukan prediksi. Model ini dibuat dan diuji menggunakan bahasa pemrograman Python menggunakan *library* Keras. Pada tahap data hasil pembagian data *training* dan *testing* yang telah dibuat sebelumnya akan dimodelkan menggunakan algoritma *Deep Learning*. Model ini dibangun menggunakan algoritma *Deep Learning* seperti *Convolutional Neural Network* (CNN).

CNN adalah variasi dari Multilayer Perceptron yang terinspirasi dari jaringan saraf manusia. Penelitian awal yang mendasari penemuan ini pertama kali dilakukan oleh Hubel dan Wiesel [19] yang melakukan penelitian *visual cortex* pada indera penglihatan kucing. *Visual cortex* pada hewan sangat *powerful* dalam sistem pemrosesan visual yang pernah ada. Hingga banyak penelitian yang terinspirasi dari cara kerjanya dan menghasilkan model-model baru diantaranya seperti Neocognitron [20], HMAX [21], dan LeNet-5 [22]. *Convolutional Neural Networks* merupakan suatu layer yang memiliki susunan neuron 3D (lebar, tinggi, kedalaman). Lebar dan tinggi merupakan ukuran layer sedangkan kedalaman mengacu pada jumlah layer.

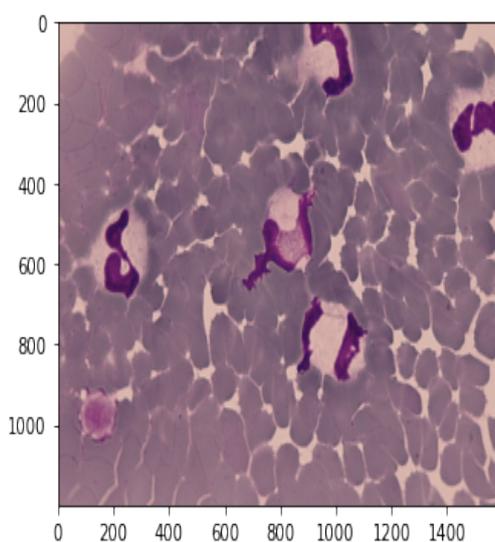
d. Evaluasi

Pada tahap evaluasi menghasilkan parameter pengukuran yaitu nilai *accuracy* mengenai performa dari algoritma *Convolutional Neural Network* (CNN).

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

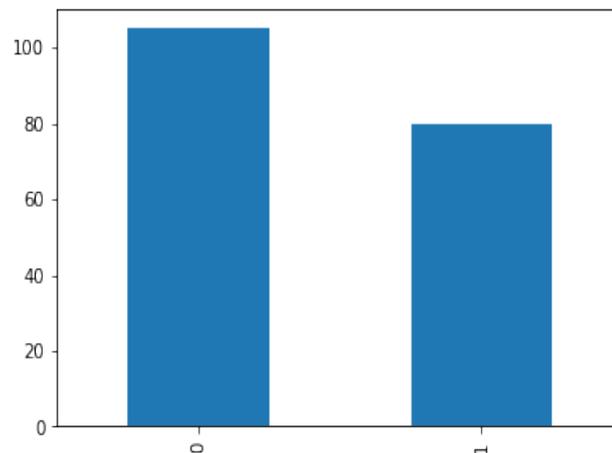
3.1 Data

Data yang digunakan pada penelitian ini adalah berupa gambar sel darah dari pasien yang terindikasi terinfeksi Demam Berdarah. Gambar 2 menunjukkan gambar sel darah yang digunakan.



Gambar 2 Sampel Sel Darah

Gambar sel darah diatas terdiri dari sel darah putih dan sel darah merah, pada penelitian ini tidak dipisahkan antara sel darah merah dan sel darah putih, metode yang diusulkan diperintahkan untuk mengenali gambar sel darah merah dan putih baik pada pasien yang negatif dan positif terinfeksi Demam Berdarah. Total data yang digunakan adalah 184, Gambar 3 menunjukkan perbandingan kelas negative dan positif.

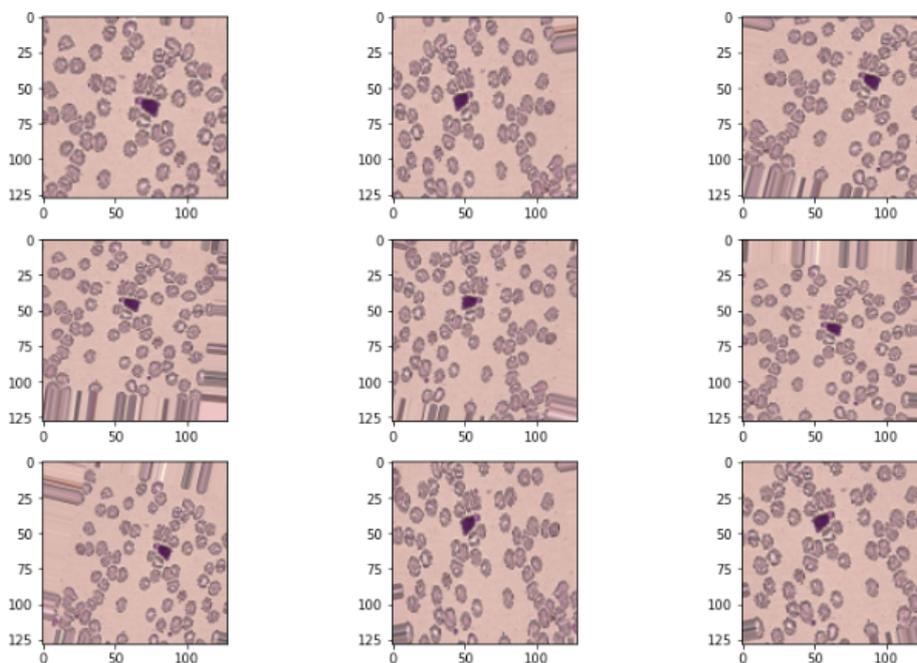


Gambar 3 Perbandingan jumlah kelas positif dan negative

Pada gambar 3 di atas ditunjukkan bahwa kelas negative digambarkan dengan angka 0, sedangkan kelas positif digambarkan dengan angka 1. Jumlah data untuk kelas negatif yaitu 104 data, sedangkan jumlah data untuk kelas positif yaitu 80 data.

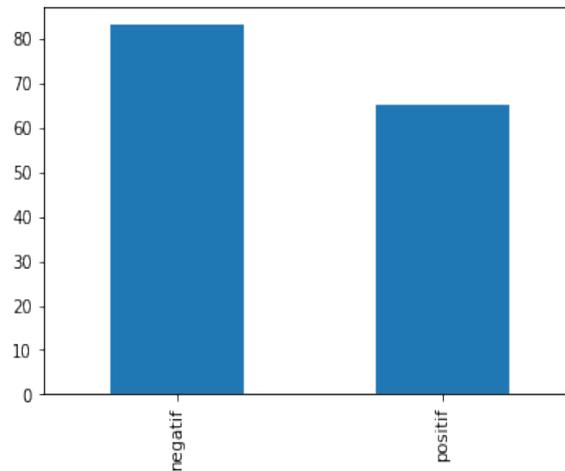
3.2 Preprocessing Data

Sebelum data diuji dengan metode yang diusulkan, seluruh data ukurannya disamakan yaitu sebesar 128 pixel. Gambar 4 menunjukkan data yang sudah memiliki ukuran sama.



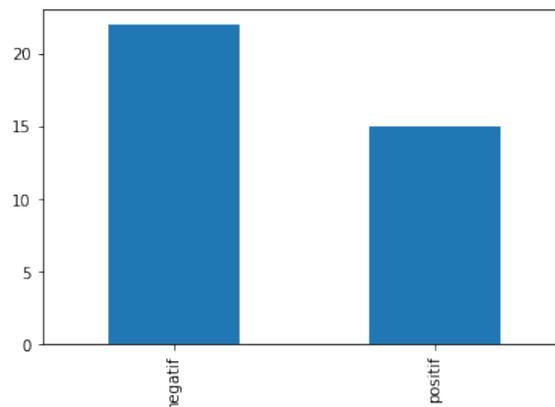
Gambar 4 Data dengan ukuran 128 pixel.

Data yang sudah memiliki ukuran sama, kemudian dilakukan proses pembagian data, data dibagi menjadi data training dan data testing. Proses pembagian data training dan testing dilakukan secara acak agar tidak bias. Persentase data training dan data testing adalah 80:20. Gambar 5 menunjukkan jumlah data training setelah proses pembagian.



Gambar 5 Jumlah data training

Berdasarkan Gambar 5 diatas, jumlah data training yang dihasilkan yaitu sebanyak 148 data, dari 148 data tersebut terdiri dari data yang memiliki kelas negatif dan positif sebanyak 83 dan 65 data. Gambar 6 menunjukkan jumlah data testing.

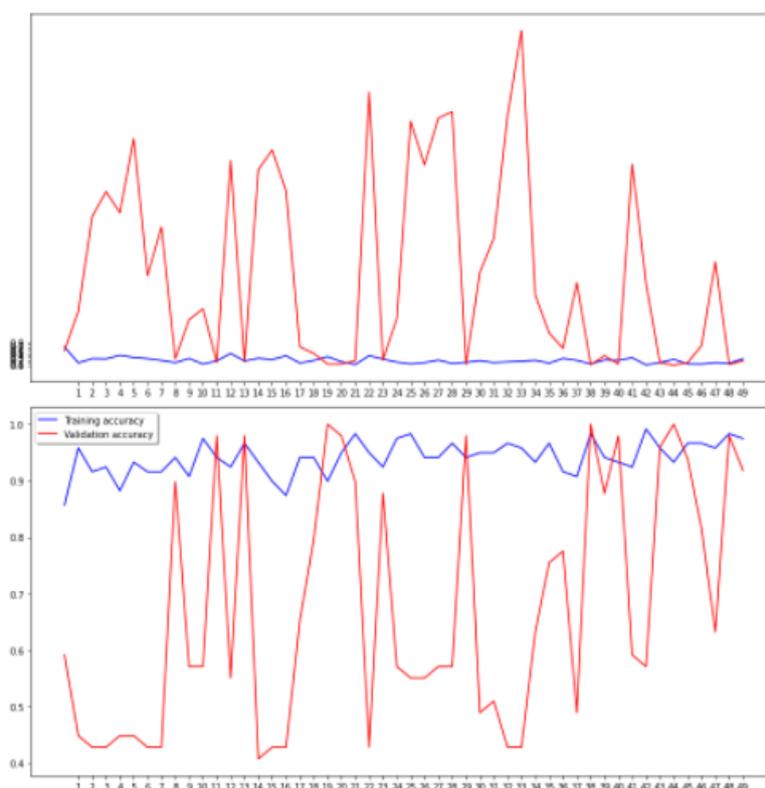


Gambar 6 Jumlah data testing

Berdasarkan Gambar 6 di atas, jumlah data testing yang dihasilkan dari 20% data keseluruhan adalah 37 data, dari 37 data tersebut terdiri dari kelas positif dan negative sebanyak 22 dan 15 data.

3.3 Training dan Evaluasi

Proses training bertujuan agar algoritme CNN dapat mengenali fitur yang terdapat pada *training*, sehingga dapat memprediksi data testing yang sebelumnya belum dikenali fiturnya. CNN memiliki kemampuan untuk mengekstrak fitur menit dari citra yang cukup untuk klasifikasi yang baik. Untuk mendapatkan fitur dari model CNN, jaringan CNN harus dilatih hingga ke lapisan padat terakhir yang terkait dengan variabel target. Gambar 7 menunjukkan hasil evaluasi dari data testing.



Gambar 7 Akurasi Pengujian Data Training dan Testing

Hasil visualisasi grafik pergerakan nilai akurasi dan nilai *loss* untuk data *train* dan data *validation* yang dihasilkan pada setiap *iterasi* (*epoch*) ditunjukkan pada Gambar 8. Berdasarkan gambar, garis berwarna biru menunjukkan pergerakan untuk data *train*, sedangkan garis berwarna merah menunjukkan pergerakan untuk data *validation*. Pada Gambar 8, grafik bagian atas menunjukkan nilai *loss* untuk kedua data. Dapat dilihat bahwa untuk data *train*, nilai *loss* yang didapatkan awalnya bernilai 0,7260 kemudian naik turun di beberapa titik hingga memiliki nilai 0,2718 pada *epoch* ke-50, dan nilai *loss* untuk data *validation* naik turun yang awalnya bernilai 0,5759 hingga *epoch* ke-50 bernilai 0,1842.

Sedangkan grafik bagian bawah menunjukkan nilai akurasi untuk kedua data. Dapat dilihat bahwa untuk data *train*, nilai akurasi yang didapatkan awalnya 0,8571 kemudian naik turun hingga memiliki nilai akurasi 0,9748 pada *epoch* ke-50. Kemudian nilai akurasi untuk data *validation* mengalami naik turun di beberapa titik yang awalnya bernilai 0,5918 dan sampai di *epoch* ke-50 nilai akurasi naik menjadi 0,9184. Dapat disimpulkan bahwa pada pelatihan model dengan pembagian data 80%:20% mendapatkan hasil akurasi sebesar 91,84%.

3.4 Membuat Prototipe Sistem Deteksi Penyakit Demam Berdarah

Model yang dihasilkan dari hasil training dengan menggunakan Algoritme CNN disimpan dan akan digunakan dalam mendeteksi penyakit Demam Berdarah dengan bantuan sistem. Sistem yang dibangun yaitu berbasis website, website dibangun dengan memanfaatkan Flask. Gambar 8 di bawah menunjukkan tampilan website awal yang dapat digunakan untuk mendeteksi penyakit demam berdarah. Pengguna cukup mengunggah file gambar sel darah yang akan diprediksi dengan cara klik tombol “Choose File”, kemudian pilih gambar dari penyimpanan komputer. Kemudian klik tombol “Submit” untuk memulai deteksi penyakit demam berdarah. Hasil deteksi akan muncul di halaman hasil seperti yang ditunjukkan pada Gambar 9.



Gambar 8 Tampilan awal untuk memilih gambar untuk di deteksi



Gambar 9 Tampilan setelah memilih gambar untuk di deteksi

Pada pengujian kali ini yang dilakukan melalui sistem diagnosis Demam Berdarah menggunakan 14 citra sel darah dari kategori masing-masing yang positif DBD 7 citra sel darah dan negatif DBD 7 citra sel darah yang tidak termasuk dalam data pelatihan (data train dan data validation). Berdasarkan hasil pengujian, 7 citra yang awalnya negatif DBD setelah diuji pada sistem menghasilkan negatif DBD, sedangkan dari 7 citra yang awalnya positif DBD setelah uji pada sistem menghasilkan 2 negatif DBD dan 5 positif DBD. Berikut pada tabel 1 perhitungan akurasi hasil pengujian.

Tabel 1 Confusion Matrix Pengujian Sistem

No	Label	Benar	Salah	Total
1	Positif DBD	5	2	7
2	Negatif DBD	7	0	7
Total		12	2	14

Berdasarkan tabel di atas hasil klasifikasi pada data baru sebanyak 14 citra untuk menguji model yang dapat dihitung akurasinya dengan confusion matrix dimana true positive (TP) sebesar 5 data, true negative (TN) sebesar 7 data, false positive (FP) sebesar 2 data dan false negative (FN) sebesar 0 data. Berdasarkan data tersebut dihasilkan nilai akurasi sebesar 85,71%.

4. KESIMPULAN

Metode yang diusulkan pada penelitian ini mampu mengenali fitur dari gambar sel darah pada pasien yang negatif dan positif terinfeksi Demam Berdarah. Algoritme CNN dengan kemampuannya dapat mengekstrak fitur dari sel darah merah dan putih dengan otomatis. Performa dari Algoritme CNN tergantung dari epoch yang diterapkan. Perlu adanya peningkatan performa dari algoritme CNN dan metode yang diusulkan agar dapat mendeteksi infeksi Demam Berdarah dengan baik. Penggunaan Frameworks Flask berhasil membangun prototipe berbasis website, sehingga membantu dalam proses deteksi infeksi Demam Berdarah.

5. SARAN

Pada penelitian ini sudah berhasil menghasilkan model dari data sel darah merah dan putih yang dapat digunakan dalam mendeteksi penyakit demam berdarah, kekurangan pada penelitian ini adalah masih kekurangan data yang digunakan dalam proses pembuatan model, sehingga model yang dihasilkan sekarang belum dapat dikatakan dapat digunakan secara riil di lapangan untuk mendiagnosis pasien yang terindikasi terinfeksi demam berdarah. Perlu adanya penambahan data pada penelitian selanjutnya dengan mengumpulkan data dari rumah sakit di seluruh Indonesia.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Lembaga Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat Universitas Amikom Purwokerto yang telah memberi dukungan financial terhadap penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] T. H. F. Harumy, H. Y. Chan, and G. C. Sodhy, "Prediction for Dengue Fever in Indonesia Using Neural Network and Regression Method," *J. Phys. Conf. Ser.*, vol. 1566, no. 1, 2020, doi: 10.1088/1742-6596/1566/1/012019.
- [2] S. Bhatt *et al.*, "The global distribution and burden of dengue," *Nature*, vol. 496, no. 7446, pp. 504–507, 2013, doi: 10.1038/nature12060.
- [3] C. A. Hasibuan and A. Prahutama, "Klasifikasi Diagnosa Penyakit Demam Berdarah Dengue (Dbd) Menggunakan Support Vector Machine (Svm) Berbasis Gui Matlab," *J. Gaussian*, vol. 6, no. 2, pp. 171–180, 2017.
- [4] WHO, "Dengue and severe dengue," 2016. [Online]. Available: <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs117/en/>.
- [5] H.-C. Stahl *et al.*, "Cost of dengue outbreaks: literature review and country case studies," *BMC Public Health*, vol. 13, p. 1048, Nov. 2013, doi: 10.1186/1471-2458-13-1048.
- [6] D. S. Shepard, E. A. Undurraga, and Y. A. Halasa, "Economic and Disease Burden of Dengue in Southeast Asia," *PLoS Negl. Trop. Dis.*, vol. 7, no. 2, p. e2055, Feb. 2013, [Online]. Available: <https://doi.org/10.1371/journal.pntd.0002055>.

- [7] R. Deshmukh, S. D. Degadwala, and A. D. Mahajan, "A Study of Dengue Infection Segmentation, Feature Extraction and Classification," *Int. J. Futur. Revolut. Comput. Sci. Commun. Eng.*, vol. 3, no. 11, pp. 350–354, 2017.
- [8] S. Bowman, "Impact of electronic health record systems on information integrity: quality and safety implications.," *Perspect. Health Inf. Manag.*, vol. 10, 2013.
- [9] R. Nakasi, J. F. Tusubira, A. Zawedde, A. Mansourian, and E. Mwebaze, "A web-based intelligence platform for diagnosis of malaria in thick blood smear images: A case for a developing country," *IEEE Comput. Soc. Conf. Comput. Vis. Pattern Recognit. Work.*, vol. 2020-June, pp. 4238–4244, 2020, doi: 10.1109/CVPRW50498.2020.00500.
- [10] S. Gambhir, S. K. Malik, and Y. Kumar, "The Diagnosis of Dengue Disease: An Evaluation of Three Machine Learning Approaches," *Int. J. Healthc. Inf. Syst. Informatics*, vol. 13, no. 3, pp. 1–19, 2018, doi: 10.4018/IJHISI.2018070101.
- [11] I. Bates, V. Bekoe, and A. Asamo-Adu, "Improving the accuracy of malaria-related laboratory tests in Ghana," *Malar. J.*, vol. 3, pp. 1–5, 2004, doi: 10.1186/1475-2875-3-38.
- [12] WHO (World Health Organization), *Malaria microscopy quality assurance manual – Ver. 2*, 2nd ed. Geneva: World Health Organization, 2016.
- [13] S. Tantikitti, S. Tumswadi, and W. Premchaiswadi, "Image Processing for Detection of Dengue Virus Based on WBC Classification and Decision Tree," in *International Conference on ICT and Knowledge Engineering*, 2015, pp. 84–89, doi: 10.1109/ICTKE.2015.7368476.
- [14] J. Poornima and K. Krishnaveni, "Detection of dengue fever with platelets count using image processing techniques," *Indian J. Sci. Technol.*, vol. 9, no. 19, pp. 1–7, 2016, doi: 10.17485/ijst/2016/v9i19/93852.
- [15] P. K. Swaraj and G. Kiruthiga, "DESIGN AND ANALYSIS ON MEDICAL IMAGE CLASSIFICATION FOR DENGUE DETECTION USING ARTIFICIAL NEURAL NETWORK CLASSIFIER," *ICTACT J. IMAGE VIDEO Process.*, vol. 11, no. 03, pp. 2407–2412, 2021, doi: 10.21917/ijivp.2021.0343.
- [16] M. Maity, A. K. Maity, P. K. Dutta, and C. Chakraborty, "A Web-accessible Framework for Automated Storage with Compression and Textural Classification of Malaria Parasite Images," *Int. J. Comput. Appl.*, vol. 52, no. 15, pp. 31–39, 2012, doi: 10.5120/8279-1906.
- [17] M. Harahap, J. Jefferson, S. Barti, S. Samosir, and C. A. Turnip, "Implementation of Convolutional Neural Network in the classification of red blood cells have affected of malaria," *Sinkron*, vol. 5, no. 2, pp. 199–207, 2020, doi: 10.33395/sinkron.v5i2.10713.
- [18] H. Chen *et al.*, "A deep learning CNN architecture applied in smart near-infrared analysis of water pollution for agricultural irrigation resources," *Agric. Water Manag.*, vol. 240, p. 106303, 2020, doi: <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2020.106303>.
- [19] T. N. Wiesel, "Receptive fields and functional architecture of monkey striate cortex," *J. Physiol.*, vol. 195, no. 1, pp. 215–243, 1968.
- [20] K. Fukushima, "Neocognitron: A self-organizing neural network model for a mechanism

- of pattern recognition unaffected by shift in position,” *Biol. Cybern.*, vol. 36, no. 4, pp. 193–202, 1980, doi: 10.1007/BF00344251.
- [21] T. Serre, L. Wolf, S. Bileschi, M. Riesenhuber, and T. Poggio, “Robust Object Recognition with Cortex-Like Mechanisms,” *Bahrain Med. Bull.*, vol. 38, no. 2, pp. 102–104, 2016, doi: 10.12816/0047609.
- [22] Y. Lecun, L. Bottou, Y. Bengio, and P. Haffner, “Gradient-based learning applied to document recognition,” *Biochem. Biophys. Res. Commun.*, vol. 330, no. 4, pp. 1299–1305, 2005, doi: 10.1016/j.bbrc.2005.03.111.