

DETEKSI PENYAKIT MALARIA MENGGUNAKAN KLASIFIKASI BERBASIS CNN

Zamah Sari, Yufis Azhar, Achmad Yusuf*

Universitas Muhammadiyah Malang, Indonesia

Email: zamahsari@umm.ac.id, yufis@umm.ac.id, fusuy@umm.ac.id*

Abstrak

Malaria merupakan penyakit yang serius dan berpotensi fatal yang disebabkan oleh parasit protozoa. Penyakit ini umumnya ditularkan oleh nyamuk dan tersebar luas di berbagai wilayah tropis dan subtropis, salah satu metode deteksi malaria berbasis citra digital yang banyak digunakan adalah deteksi malaria berbasis convolutional neural network (CNN). Tujuan penelitian ini adalah untuk mendeteksi penyakit malaria menggunakan klasifikasi berbasis CNN. Penelitian ini menggunakan metode penelitian systematic literature review. Data dikumpulkan melalui pencarian sistematis dalam database akademik dan perpustakaan digital yang relevan seperti Google Scholar dengan kata kunci penyakit malaria & CNN. Data yang telah terkumpul kemudian dianalisis mencakup perbandingan, kategorisasi, dan penyajian temuan-temuan yang relevan dari studi-studi yang ada sehingga diperoleh 8 penelitian yang digunakan dalam penelitian ini. Hasil systematic literature review adalah menemukan bahwa diagnosis penyakit malaria berbasis CNN efektif dan dapat diandalkan untuk mendeteksi penyakit malaria dengan persentase lebih dari 90%.

Kata Kunci: Deteksi, Penyakit Malaria, CNN

Abstract

Malaria is a serious and potentially fatal disease caused by protozoan parasites. This disease is generally transmitted by mosquitoes and is widespread in various tropical and subtropical regions. One of the digital image-based malaria detection methods that is widely used is convolutional neural network (CNN)-based malaria detection. The aim of this research is to detect malaria using CNN-based classification. This research uses a systematic literature review research method. Data was collected through systematic searches in academic databases and relevant digital libraries such as Google Scholar with the keywords malaria & CNN. The collected data was then analyzed including comparison, categorization, and presentation of relevant findings from existing studies to obtain 8 studies used in this research. The results of the systematic literature review found that CNN-based malaria diagnosis was effective and reliable for detecting malaria with a percentage of more than 90%.

Keywords: Detection, Malaria, CNN

Pendahuluan

Penyakit malaria merupakan suatu kondisi serius yang dapat berakibat fatal dan penyakit ini disebabkan oleh parasit protozoa. Penyebaran penyakit ini terjadi melalui gigitan nyamuk di daerah tropis dan subtropis. Ketika nyamuk menggigit, parasit tersebut

How to cite:	Sari, A., & Yusuf, A. (2023) Deteksi Penyakit Malaria Menggunakan Klasifikasi Berbasis CNN. <i>Syntax Literate</i> . (9)1, http://dx.doi.org/10.36418/syntax-literate.v9i1
---------------------	--

E-ISSN:	2548-1398
----------------	-----------

Published by:	Ridwan Institute
----------------------	------------------

masuk ke dalam sel darah merah. Terdapat beberapa jenis parasit malaria yang dapat menginfeksi manusia, seperti *Plasmodium falciparum*, *Plasmodium vivax*, *Plasmodium ovale*, dan *Plasmodium malariae*. Selain itu, terdapat juga *Plasmodium knowlesi*, sejenis malaria yang biasanya menginfeksi kera di Asia Tenggara, namun juga dapat menular kepada manusia (malaria zoonosis). Jika tidak segera diobati, penyakit ini dapat menyebabkan komplikasi serius seperti kejang, kerusakan otak, kesulitan bernapas, kegagalan organ, dan bahkan kematian (Fadli, 2023).

Indonesia sebagai negara berkembang di kawasan Asia memiliki iklim tropis dan sub-tropis yang menjadi lingkungan yang disukai oleh nyamuk *Anopheles betina*, faktor penyebab penyakit malaria. Penyakit malaria dapat menyerang semua kelompok usia. Peningkatan jumlah kasus malaria dipengaruhi oleh perubahan iklim yang terkait dengan faktor lingkungan fisik, kimiawi, biologis, serta faktor sosial dan perilaku masyarakat (Sucipto, 2015).

Malaria masih menjadi penyakit endemik di dunia. Setiap tahun jumlah penderita penyakit yang ditularkan nyamuk *Anopheles* itu mencapai lebih 200 juta. Data Organisasi Kesehatan Dunia (WHO) menyebutkan, ada 219 juta kasus malaria di seluruh dunia pada 2019 (Pusparisa, 2021). Selain itu data dari WHO, angka kasus malaria di Indonesia juga masih cukup tinggi. Pada tahun 2021, diperkirakan terdapat sebanyak 811.636 kasus malaria baru di Indonesia. Selain itu, diperkirakan terdapat 1.412 kematian yang diakibatkan oleh penyakit malaria. Provinsi Papua merupakan daerah dengan jumlah kasus malaria tertinggi, mencakup sekitar 89% dari total kasus di Indonesia (Sukardi, 2023).

Shi (2023) memperkirakan jumlah kasus malaria dalam 30 dekade terakhir. Dari tahun 1990 hingga 2019, terjadi penurunan jumlah kasus malaria global, dengan tingkat heterogenitas yang sangat bervariasi antar wilayah dan negara. Jumlah kasus malaria tetap tinggi di Afrika, terutama di Afrika Sub-Sahara Barat dan Tengah. Ada kebutuhan khusus untuk memberikan perhatian lebih pada anak-anak berusia 1-4 tahun. Temuan dari penelitian kami memberikan referensi ilmiah untuk strategi pencegahan dan pengendalian malaria di berbagai negara dan wilayah.

Malaria bisa disembuhkan secara total. Namun, bila tidak ditangani secara tepat, malaria dapat menyebabkan anemia berat, gagal ginjal, hingga kematian. Karena itulah, deteksi dini terhadap penyakit malaria diperlukan untuk menekan angka kematian penderita, salah satu metode deteksi malaria berbasis citra digital yang banyak digunakan adalah deteksi malaria berbasis convolutional neural network (CNN) (Windiyandari, 2021). CNN adalah jenis arsitektur jaringan saraf tiruan yang khusus dirancang untuk memproses data dengan struktur grid, seperti gambar atau data spasial. CNN menggunakan operasi konvolusi untuk mengekstraksi fitur-fitur penting dari data input dan mempelajari pola-pola yang ada dalam data tersebut. Arsitektur CNN terdiri dari beberapa lapisan konvolusi, lapisan pooling, dan lapisan fully connected yang digunakan untuk klasifikasi atau regresi. CNN telah terbukti sangat efektif dalam berbagai tugas pengenalan gambar, pengenalan objek, dan pemrosesan visual lainnya (Kattenborn et al., 2021).

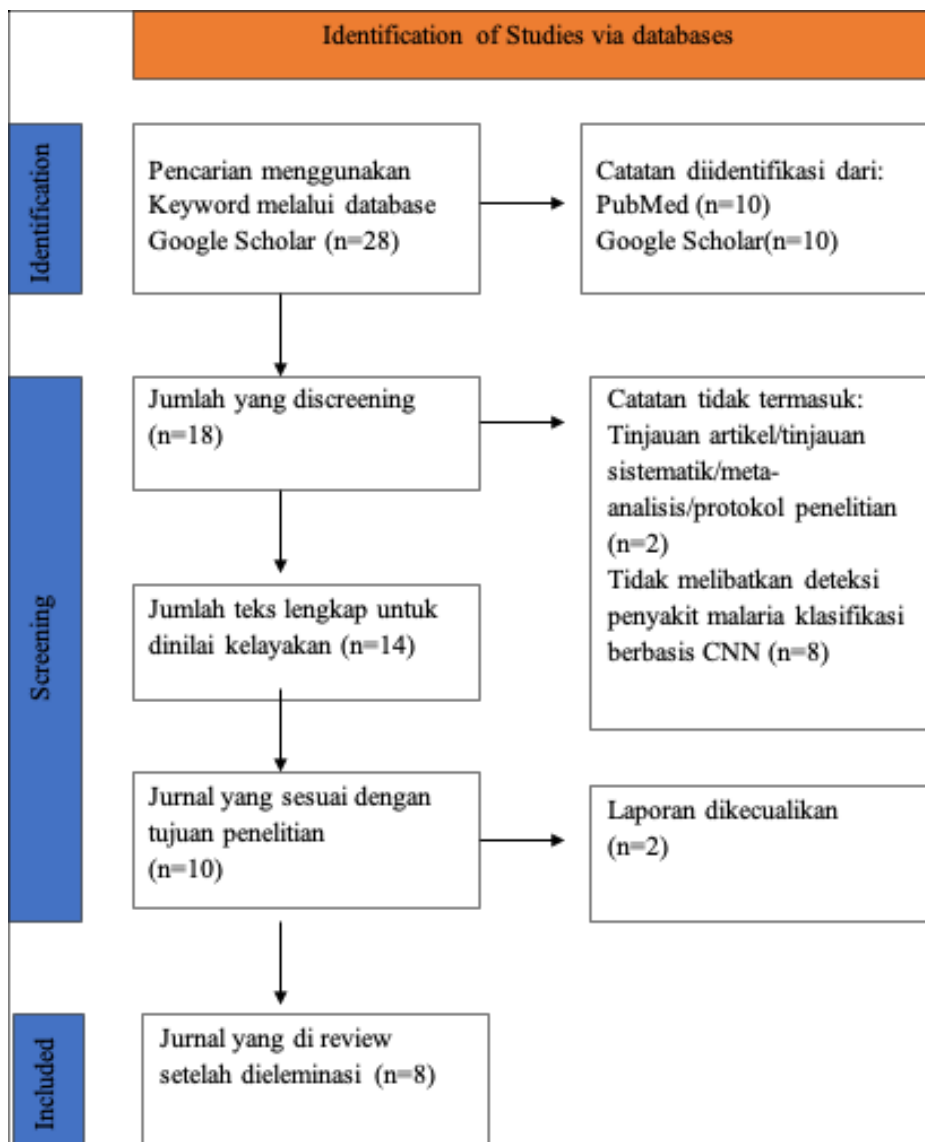
Penelitian sebelumnya oleh Yohannes (2020) meneliti deteksi penyakit malaria menggunakan convolutional neural network berbasis saliency, hasil penelitian menunjukkan bahwa metode saliency merupakan metode yang terbaik dalam mendeteksi penyakit malaria, dimana hasil yang didapatkan oleh metode frequency-tuned saliency mencapai akurasi sebesar 90,32% dan jika dibandingkan dengan metode saliency yang lain, yaitu 62,67% untuk region contrast saliency, 50% untuk spectral residual saliency, dan 79,06% untuk histogram contrast saliency. Penelitian lain oleh Nivaan (2021) meneliti klasifikasi citra sel darah merah terinfeksi malaria menggunakan convolutional neural network (CNN) penelitian menunjukkan keberhasilan penggunaan model yang diusulkan dipengaruhi oleh tahap pra pemrosesan serta fungsi dropout regularization yang digunakan. Nilai akurasi diperoleh sebesar 0.9901 atau 99.01%, presisi 0.9889, recall 0.9901 dan F1 score sebesar 0.9894. Akan tetapi proses inferensi dalam hal ini belum menguji jaringan pembelajaran ke tahap testing dengan gambar sel darah merah yang benar-benar baru diluar data yang mana belum pernah digunakan sehingga menjadi keterbatasan dalam penelitian dan akhirnya menjadi usulan bagi pengembangan kedepan. Penelitian oleh Fitriyani (2021) melakukan penelitian Diagnosa Malaria Berdasarkan Sel Darah Merah Menggunakan Convolutional Neural Network, hasil penelitian menunjukkan hasil akurasi 96,43% untuk pengenalan citra pada penelitian ini, dan 94,58% untuk akurasi pemodelan testing. Nilai akurasi menjadi tolak ukur seberapa akurat pembelajaran yang diterima dalam mengenali citra sel darah. Dengan adanya penelitian ini diharapkan membantu dokter atau ahli patologi dalam mendeteksi malaria sejak dini agar pasien mendapatkan perawatan medis yang tepat dengan secepat mungkin.

Kebaruan penelitian ini adalah dari obyek penelitiannya yakni adanya upaya untuk mengurangi kesalahan prediksi positif dan negatif pada Confusion Matrix. Implikasi teoritis dari penelitian ini adalah pengembangan dan penerapan teknologi dalam bidang medis. Metode klasifikasi berbasis CNN yang diadopsi untuk meningkatkan akurasi dalam mendeteksi penyakit malaria menunjukkan relevansi teknologi dalam diagnosis medis. Penggunaan teknologi canggih seperti CNN dapat mengurangi kesalahan interpretasi dan memperbaiki akurasi diagnosis penyakit, menyediakan landasan bagi peningkatan metode diagnostik medis yang lebih canggih dan tepat. Tujuan penelitian ini adalah untuk meningkatkan akurasi deteksi penyakit malaria menggunakan klasifikasi berbasis CNN dengan mengurangi kesalahan prediksi positif dan negatif pada confusion matrix.

Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode penelitian Systematic Literature Review (SLR). SLR adalah suatu proses kritikal dan evaluatif terhadap penelitian-penelitian sebelumnya yang telah dilakukan secara sistematis dengan mematuhi standar-standar yang berlaku. Metode ini digunakan untuk menyelidiki temuan-temuan dari penelitian-penelitian yang telah diterbitkan dalam jurnal-jurnal ilmiah dalam suatu area studi khusus (Xiao & Watson, 2019). Data yang digunakan dalam penelitian ini dikumpulkan dengan cara melakukan pencarian secara sistematis dalam database akademik dan perpustakaan

digital yang relevan seperti Google Scholar dengan memanfaatkan beberapa kata kunci tentang penyakit malaria & CNN. Data yang telah terkumpul kemudian dianalisis, dimana cakupan penelitian adalah dengan cara melakukan perbandingan, kategorisasi, dan penyajian temuan-temuan yang relevan dari studi-studi yang ada sehingga didapatkan 8 penelitian yang digunakan dalam penelitian ini yang digambarkan dalam diagram prisma berikut:



Gambar 1. Diagram Prisma untuk tinjauan sistematik

Hasil dan Pembahasan

Berdasarkan pengumpulan data melalui pencarian sistematis dalam database akademik dan perpustakaan digital yang relevan seperti Google Scholar dengan kata kunci penyakit malaria & CNN tersebut akhirnya diperoleh 8 penelitian yang digunakan diantaranya, diperoleh informasi bahwa model dengan performa terbaik mencapai akurasi 99,5% saat dilatih menggunakan metode pelatihan berbasis Autoencoder pada gambar 28

× 28, yang sebanding dengan performa yang dilaporkan oleh Rajaraman et al. Kami menemukan akurasi yang sebanding sebesar 99,23% saat kami berlatih pada gambar 32 × 32 (Bikbov et al., 2020). Kami memilih untuk melakukan evaluasi praktis menggunakan model terakhir ini karena resolusi gambar yang sedikit lebih tinggi dengan akurasi perbedaan yang dapat diabaikan. Perlu disebutkan bahwa model ini hanya membutuhkan sekitar 4600 flop dibandingkan dengan lebih dari 19,6 miliar flop yang dibutuhkan untuk model yang ditemukan dalam karya yang diterbitkan sebelumnya, yang artinya tingkat komputasi saat melakukan training maupun testing juga mencari pertimbangan yang cukup relevan.

Penelitian oleh Yohannes (2020) didapatkan hasil pengujian metode *region contrast saliency*, *frequency-tuned saliency*, *spectral residual saliency*, dan *histogram contrast saliency* tidak dapat meningkatkan akurasi *convolutional neural network* pada kasus pendeteksian penyakit malaria pada dataset sel darah. Berdasarkan pengujian pada 5 skenario yang dilakukan tersebut didapatkan urutan metode saliency dari yang terbaik ke terburuk adalah *frequency-tuned saliency*, *histogram contrast saliency*, *region contrast saliency*, dan *spectral residual saliency*. *Frequency-tuned saliency* mampu mendeteksi parasit malaria dengan lebih baik dibandingkan dengan metode saliency lainnya.

Penelitian oleh Baihaqi (2021) didapatkan hasil bahwa algoritma CNN dengan kemampuannya dapat mengekstrak fitur dari sel darah merah dan putih secara otomatis. Performa dari Algoritme CNN tergantung dari jumlah *epoch* yang diterapkan. 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.

Penelitian oleh Pratiwi (2021) didapatkan hasil bahwa model CNN sederhana yang terdiri dari tiga *hidden layer*, dimana setiap *hidden layer* terdiri dari *convolutional layer*, ReLU aktivasi dan *max-pooling* dapat melakukan identifikasi adanya parasit malaria pada citra mikroskopis hapusan darah. Hasil penelitian secara keseluruhan memiliki tingkat akurasi yang cukup baik, mencapai 95,83% sehingga dapat dipertimbangkan untuk bisa dilakukan uji klinis lapangan. Setelah proses verifikasi, sistem diharapkan mampu membantu pihak medis dalam mempersingkat waktu diagnosa klinis terhadap penyakit malaria.

Penelitian oleh Setiawan (2021) didapatkan hasil bahwa deteksi malaria berbasis citra mikroskopik menggunakan pembelajaran mesin berbasis CNN, perlu dilakukan *preprocessing* pada citra mikroskopik malaria berupa penghilangan latar belakang dengan menggunakan segmentasi citra. Deteksi malaria berbasis pencacahan jumlah objek menunjukkan sensitivitas 90,83%, lebih baik dibandingkan dengan pemeriksaan mikroskopik yang hanya 57%, sehingga memiliki potensi digunakan sebagai alat skrining.

Penelitian oleh Gatc (2022) didapatkan bahwa hasil pengujian memperlihatkan hasil akurasi yang baik yaitu model dari Algoritma CNN ini memberikan hasil akurasi yaitu 97,96% dan loss 0,06 dengan rata-rata waktu komputasi sekitar 121 detik/epoch.

Setelah dilihat lebih jauh, penggunaan data riil sepertinya masih menjadi tantangan untuk penelitian selanjutnya dimana hasil *capture* data yang diperoleh dari data lapangan masih cenderung memberikan hasil yang kurang baik.

Penelitian oleh Bayu (2022) didapatkan hasil bahwa proses *training* model arsitektur ResNet-101 dengan menggunakan *maximum learning rate with slice* memiliki akurasi paling baik sebesar 0.97586% dan presisi sebesar 0.98249% dibandingkan dengan arsitektur AlexNet dan VGG-19, Proses *training* model arsitektur VGG-19 dengan menggunakan *maximum learning rate with slice* memiliki recall paling baik sebesar 0.97013% dibandingkan dengan AlexNet dan ResNet- 101. Beberapa saran kedepan untuk dapat diperbaiki diantaranya adalah: Model yang telah dibentuk di *deploy* dalam bentuk aplikasi, melakukan komparasi model CNN dengan varian lainnya, melakukan optimasi arsitektur pada model CNN.

Penelitian oleh Cho (2023) didapatkan hasil bahwa efektivitas solusi diagnosis CNN terhadap sejumlah besar kasus malaria dengan akurasi yang dapat diandalkan sebesar 97,81%. Dari perspektif manajemen operasi layanan kesehatan, hasil ini menegaskan potensi sistem diagnostik otomatis berbasis ML sebagai alternatif untuk mengatasi perbedaan dalam kualitas diagnostik dan tingginya biaya sistem diagnostik manual yang bergantung pada pengamatan manusia secara langsung.

Malaria merupakan penyebab kematian nomor lima dari penyakit infeksi di dunia, setelah infeksi pernafasan, HIV/AIDS, diare, dan tuberkulosis (Sukiswo, 2015). Penyakit malaria sebagian besar disebabkan oleh perilaku masyarakat yang kurang menjaga lingkungannya sehingga memudahkan nyamuk berkembangbiak dan menjadi sumber ditularkannya penyakit (Fakhriyatiningrum et al., 2022). Malaria merupakan penyakit yang disebabkan oleh parasit Plasmodium. Parasit menyebar ke orang melalui gigitan nyamuk betina Anopheles. Penyakit malaria dapat menyerang semua golongan umur dari bayi, anak sampai dewasa. Dampak yang berat terjadi pada kelompok yang rentan, seperti ibu hamil dan anak-anak (Subaidah et al, 2021).

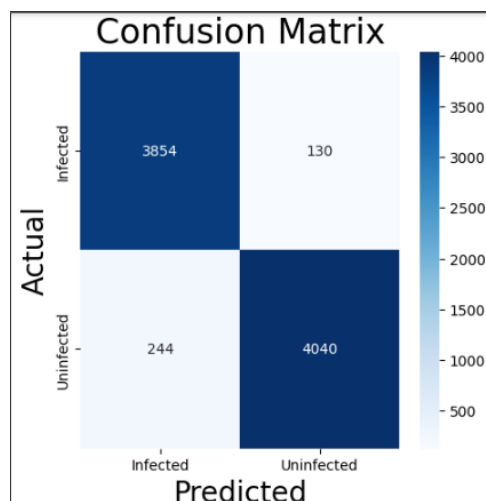
Adapun jenis obat tradisional malaria yang masih dapat digunakan diantaranya pasak bumi, keduduk, kapung- kapung, silotop, ampelas kucing, ampela kijang, daun pepaya, akar kunyit, akar tali rakit, kulit duku, penuh urat, pisang masak hijau, lensat, daun sirsak, daun tembakau, bungo kenduruk, dan daun kenduruk (Karolina et al, 2018). Tindakan pencegahan yang dilakukan seperti (1) Kebiasaan berada di luar rumah sampai larut malam, (2) Melakukan kegiatan kesehatan lingkungan, (3) Memakai kelambu. Adapun tujuan dari pemakaian kelambu saat tidur adalah untuk membatasi nyamuk yang dapat menggigit orang yang sehat dan nyamuk yang menggigit orang sakit, (4) Menggunakan obat nyamuk di rumah tangga. Insektisida rumah tangga adalah produk anti-nyamuk yang sering digunakan masyarakat, seperti obat anti-nyamuk bakar atau obat anti-nyamuk semprot, (5) Penggunaan penolak nyamuk. Fungsi dari penolak ini adalah untuk menolak serangga khususnya nyamuk dan mencegah kontak langsung dengan nyamuk. Penolakan dikatakan baik apabila nyaman digunakan di kulit, tidak menimbulkan iritasi, tidak terasa panas atau lengket jika digunakan, dan berbahan dasar alami, (6) Penggunaan penutup badan. Penggunaan pakaian yang tertutup sangat

membantu dalam mencegah gigitan nyamuk terlebih jika melakukan kegiatan di malam hari seperti memancing, beronda malam, berkemah, atau masuk hutan, dan (7) Pemasangan kawat kasa pada pintu dan jendela. Upaya ini bertujuan agar nyamuk tidak masuk ke dalam rumah (Utami et al, 2022). Salah satu tindak pencegahan lainnya adalah dengan melakukan deteksi dini terhadap penyakit malaria.

Berdasarkan hasil penelitian didapatkan bahwa deteksi penyakit malaria menggunakan klasifikasi berbasis CNN didapatkan bahwa Algoritme CNN dengan kemampuannya dapat mengekstrak fitur dari sel darah merah dan putih dengan otomatis (Baihaqi et al, 2021). Adapun metode *region contrast saliency*, *frequency-tuned saliency*, *spectral residual saliency*, dan *histogram contrast saliency* tidak dapat meningkatkan akurasi *convolutional neural network* pada kasus pendeteksian penyakit malaria pada dataset sel darah (Mohammed et al, 2020). Model CNN sederhana yang terdiri dari tiga *hidden layer*, dimana setiap *hidden layer* terdiri dari *convolutional layer*, ReLU aktivasi dan *max-pooling* dapat melakukan identifikasi adanya parasit malaria pada citra mikroskopis hapusan darah (Pratiwi et al, 2022).

Efektivitas solusi diagnosis CNN terhadap sejumlah besar kasus malaria dengan akurasi yang dapat diandalkan sebesar 97,81% (Cho & Hong, 2023). Deteksi malaria berbasis pencacahan jumlah objek menunjukkan sensitivitas 90,83%, lebih baik dibandingkan dengan pemeriksaan mikroskopik yang hanya 57%, sehingga memiliki potensi digunakan sebagai alat skrining (Setiawan et al, 2021). Gate et al (2022) memperlihatkan hasil akurasi yang baik yaitu model dari Algoritma CNN ini memberikan hasil akurasi yaitu 97,96% dan loss 0,06 dengan rata-rata waktu komputasi sekitar 121 detik/epoch. Proses *training* model arsitektur ResNet-101 dengan menggunakan *maximum learning rate with slice* memiliki akurasi paling baik sebesar 0.97586% dan presisi sebesar 0.98249% dibandingkan dengan arsitektur AlexNet dan VGG-19, Proses *training* model arsitektur VGG-19 dengan menggunakan *maximum learning rate with slice* memiliki recall paling baik sebesar 0.97013% dibandingkan dengan AlexNet dan ResNet- 101 (Sasongko, 2022).

Pada penelitian ini dilakukan klasifikasi penyakit malaria dengan menggunakan algoritma CNN didapatkan nilai AUC-ROC sebesar 0.986 dengan nilai akurasi sebesar 95.5 % serta nilai loss sebesar 0.139. Pada hasil *Confusion Matrix* pada penelitian ini didapatkan hasil penurunan nilai FP (False Positive) menjadi 130 dan nilai FN (False Negative) menjadi 244 seperti yang dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 2. Hasil dari Nilai Confusion Matrix

Dengan demikian, hasil analisis didapatkan bahwa penyakit malaria memiliki tingkat kematian yang tinggi, sehingga perlu diketahui faktor-faktor penyebab terjadinya penyakit malaria. Selain itu, perlu dilakukannya deteksi dini penyakit malaria. Deteksi ini dapat dilakukan dengan deteksi klasifikasi penyakit malaria berbasis CNN. Keefektifan diagnosis CNN terhadap deteksi penyakit malaria didapatkan persentase lebih dari 90% sehingga CNN ini dapat diandalkan dalam mendeteksi penyakit malaria.

Kesimpulan

Tingginya angka kematian yang disebabkan oleh penyakit malaria menyebabkan pentingnya menghindari berbagai faktor penyakit tersebut. Penyakit malaria dapat disebabkan karena kurang sehatnya lingkungan sekitar sehingga menjadi tempat nyamuk cikal bakal penyebab penyakit malaria berkembang biak. Alangkah baiknya mendeteksi sedini mungkin penyakit malaria, hal ini dapat dilakukan dengan mendeteksi penyakit malaria berbasis CNN. Hasil systematic literature review adalah menemukan bahwa diagnosis penyakit malaria berbasis CNN efektif dan dapat diandalkan untuk mendeteksi penyakit malaria dengan persentase lebih dari 90%.

BIBLIOGRAFI

- Baihaqi, W. M., Widiawati, C. R. A., Sabil, D. P., & Wati, A. (2021). Analisis Gambar Sel Darah Berbasis Convolution Neural Network Untuk Mendiagnosis Penyakit Demam Berdarah. *CogITo Smart Journal*, 7(1), 148–159.
- Bayu, T. (2022). Identifikasi Citra Plasmodium Guna Mendeteksi Parasit Penyakit Malaria dengan Menggunakan Algorithm Convolutional Neural Network. *Science Tech: Jurnal Ilmu Pengetahuan Dan Teknologi*, 8(2), 113–123.
- Bikbov, B., Purcell, C. A., Levey, A. S., Smith, M., Abdoli, A., Abebe, M., Adebayo, O. M., Afarideh, M., Agarwal, S. K., & Agudelo-Botero, M. (2020). Global, regional, and national burden of chronic kidney disease, 1990–2017: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2017. *The Lancet*, 395(10225), 709–733.

- Cho, Y. S., & Hong, P. C. (2023). Applying Machine Learning to Healthcare Operations Management: CNN-Based Model for Malaria Diagnosis. *Healthcare, 11*(12), 1779.
- Fadli. (2023). *Malaria*. <https://www.halodoc.com/kesehatan/malaria>
- Fakhriyatiningrum, F., Hasyim, H., & Flora, R. (2022). Faktor perilaku dalam pencegahan malaria: Sebuah tinjauan literatur. *Holistik Jurnal Kesehatan, 16*(5), 435–447.
- Fitriyani, U. (2021). *Diagnosa Malaria Berdasarkan Sel Darah Merah Menggunakan Convolutional Neural Network*. Universitas YARSI.
- Gatc, J., & Maspiyanti, F. (2022). Prediksi Parasit Plasmodium pada Citra Mikroskopis Sel Darah Merah dengan Convolutional Neural Networks. *Jurnal Buana Informatika, 13*(1), 31–41.
- Karolina, M., Nurmaajid, O., Darmawan, A., & Elrifda, S. (2018). Skrining Malaria Dengan Rapid Diagnostic Test Dan Perilaku Pengobatan Malaria Pada Orang Rimba Di Desa Bukit Suban Dan Desa Sekamis Kabupaten Sarolangun Tahun 2016. *JMJ, 6*(1), 20-35.
- Kattenborn, T., Leitloff, J., Schiefer, F., & Hinz, S. (2021). Review on Convolutional Neural Networks (CNN) in vegetation remote sensing. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, 173*, 24–49.
- Nivaan, G. V. (2021). *Klasifikasi Citra Sel Darah Merah Terinfeksi Malaria Menggunakan Convolutional Neural Network (CNN)*. Universitas Atma Jaya Yogyakarta.
- Pratiwi, N., Ibrahim, N, Fu'adah, Y., & Rizal, S. (2021). Deteksi Parasit Plasmodium pada Citra Mikroskopis Hapusan Darah dengan Metode Deep Learning. *ELKOMIKA: Jurnal Teknik Energi Elektrik, Teknik Telekomunikasi, & Teknik Elektronika, 9*(2), 306.
- Pusparisa, Y. (2021). *Rata-rata Jumlah Penderita Malaria di Dunia di Atas 200 Juta Setiap Tahun*. <https://databoks.katadata.co.id/datapublish/2021/04/26/rata-rata-jumlah-penderita-malaria-dunia-di-atas-200-juta-setiap-tahun>
- Setiawan, A. W., Rahman, Y. A., Faisal, A., Siburian, M., Resfita, N., Gifari, M. W., & Setiawan, R. (2021). Deteksi Malaria Berbasis Segmentasi Warna Citra dan Pembelajaran Mesin. *Jurnal Teknologi Informasi Dan Ilmu Komputer, 8*(4), 769–776.
- Shi, D., Wei, L., Liang, H., Yan, D., Zhang, J., & Wang, Z. (2023). Trends of the Global, Regional and National Incidence, Mortality, and Disability-Adjusted Life Years of Malaria, 1990–2019: An Analysis of the Global Burden of Disease Study 2019. *Risk Management and Healthcare Policy, 11*, 1187–1201.
- Sucipto, C. D. (2015). *Manual lengkap malaria*. Gosyen Publishing.
- Sukardi, M. (2023). *Hari Malaria Sedunia 2023, WHO Sebut Hampir 90% Kasus di Indonesia Berasal dari Papua*. <https://www.okezone.com/tren/read/2023/04/25/620/2803543/hari-malaria-sedunia-2023-who-sebut-hampir-90-kasus-di-indonesia-berasal-dari-papua#:~:text=Catatan WHO menunjukkan bahwa kasus,akibat malaria mencapai 1.412 kasus>
- Sukiswo, S. S. (2015). Analisis Risiko Karakteristik, Sosial Ekonomi, Perilaku Dan Faktor Lingkungan Terhadap Malaria (Studi Kasus Di Kecamatan Arongan Lambalek Kabupaten Aceh Barat). *Jurnal Title, 7*(01). Utami, T., Hasyim, H., Kaltsum, U., Dwifitri, U., Meriwati, Y., Yuniwarti., Paridah, Y., & Zulaiha. (2022). Faktor Risiko Penyebab Terjadinya Malaria Di Indonesia : Literature Review.

- Jurnal Surya Medika (JSM)*. 7(2), 96-107.
- Windiandari, Y. B. (2021). *Kecanggihan Komputer Deteksi Penyakit Malaria*. [https://informatics.uii.ac.id/2021/02/09/kecanggihan-komputer-deteksi-penyakit-malaria/#:~:text=Karena itulah%2C deteksi dini penyakit,menjadi standar penegakan diagnosis malaria](https://informatics.uii.ac.id/2021/02/09/kecanggihan-komputer-deteksi-penyakit-malaria/#:~:text=Karena%20deteksi%20dini%20penyakit,menjadi%20standar%20penegakan%20diagnosis%20malaria)
- Xiao, Y., & Watson, M. (2019). Guidance on conducting a systematic literature review. *Journal of Planning Education and Research*, 39(1), 93–112.
- Yohannes, Y., Devella, S., & Arianto, K. (2020). Deteksi Penyakit Malaria Menggunakan Convolutional Neural Network Berbasis Saliency. *JUITA: Jurnal Informatika*, 8(1), 37–44.

Copyright holder:

Amah Sari, Achmad Yusuf (2024)

First publication right:

Syntax Literate: Jurnal Ilmiah Indonesia

This article is licensed under:

