

Pengaruh Preprocessing Kontras dan Pencahayaan pada Kinerja Model VGG16 dalam Deteksi Sel Malaria

Muchamad Thaqifullah^{*1}, Christian Sri Kusuma Aditya²

Universitas Muhammadiyah Malang

thaqifullah1@gmail.com^{*1}, mailto:christianskaditya@umm.ac.id¹

Abstrak

Malaria adalah penyakit serius yang disebabkan oleh parasit *Plasmodium* dan ditularkan melalui gigitan nyamuk *Anopheles*, dengan jutaan kasus terjadi setiap tahun dan dampak besar di negara berkembang. Diagnosis yang cepat dan akurat sangat penting untuk pengendalian penyakit ini, namun metode konvensional seperti mikroskopi dan tes diagnostik cepat memiliki keterbatasan, termasuk ketergantungan pada tenaga ahli serta biaya yang tinggi. Penelitian ini memanfaatkan Convolutional Neural Network (CNN) berbasis arsitektur VGG-16 yang dioptimalkan menggunakan pendekatan transfer learning untuk mendeteksi malaria pada citra sel darah merah. Teknik Contrast Limited Adaptive Histogram Equalization (CLAHE) digunakan dalam tahap pemrosesan gambar guna meningkatkan kualitas citra sebelum dilakukan klasifikasi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penerapan CLAHE mampu menghasilkan akurasi tertinggi sebesar 96% dengan meningkatkan kontras gambar tanpa menambah noise secara signifikan, sehingga pola penting pada citra menjadi lebih mudah dikenali. Pendekatan ini membuktikan bahwa kombinasi VGG-16 dan CLAHE efektif dalam mendukung diagnosis malaria dengan cepat dan akurat, serta berpotensi memperkuat upaya pengendalian penyakit ini.

Kata Kunci: Malaria, Convolutional Neural Network (CNN), VGG-16, Contrast Limite, Adaptive Histogram Equalization (CLAHE).

Abstract

Malaria is a serious disease caused by the *Plasmodium* parasite and transmitted through the bite of the *Anopheles* mosquito, with millions of cases occurring each year and a major impact in developing countries. Rapid and accurate diagnosis is critical to controlling the disease, but conventional methods such as microscopy and rapid diagnostic tests have limitations, including the dependence on skilled personnel and high costs. This study utilized a Convolutional Neural Network (CNN) based on the VGG-16 architecture optimized using a transfer learning approach to detect malaria in red blood cell images. The Contrast Limited Adaptive Histogram Equalization (CLAHE) technique was used in the image processing stage to improve image quality before classification. The results showed that the application of CLAHE was able to produce the highest accuracy of 96% by increasing image contrast without significantly increasing noise, so that important patterns in the image became easier to recognize. This approach proves that the combination of VGG-16 and CLAHE is effective in supporting rapid and accurate malaria diagnosis, and has the potential to strengthen efforts to control this disease.

Keywords: Malaria, Convolutional Neural Network (CNN), VGG-16, Contrast Limited Adaptive Histogram Equalization (CLAHE).

1. Pendahuluan

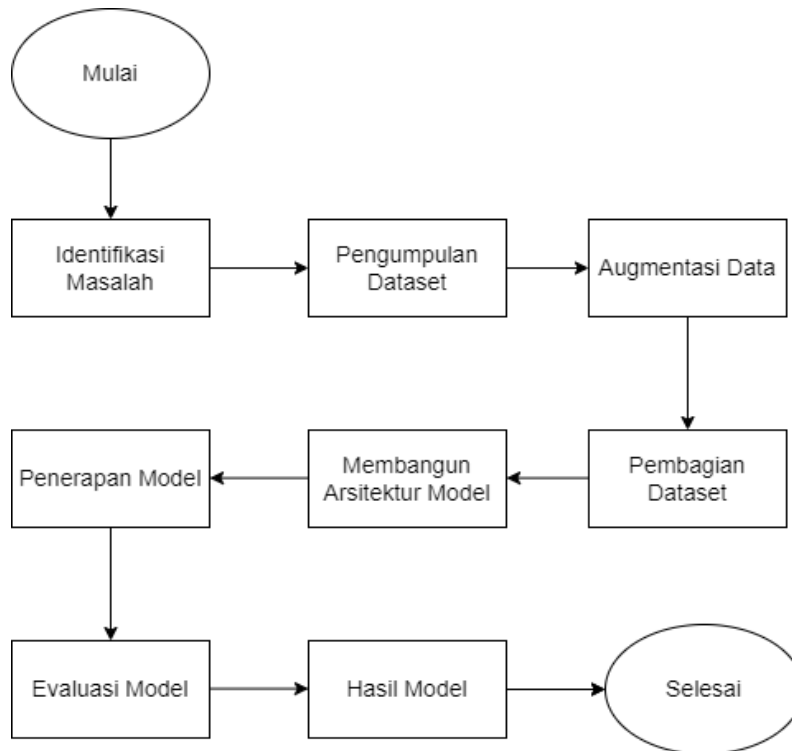
Malaria merupakan penyakit serius yang disebabkan oleh parasit *Plasmodium* dan ditularkan melalui gigitan nyamuk *Anopheles* yang terinfeksi. Penyakit ini menjadi ancaman kesehatan global, terutama di wilayah sub-Sahara Afrika, di mana malaria adalah penyebab utama kematian pada anak-anak di bawah usia lima tahun. Setiap tahunnya, malaria menyebabkan sekitar 1,5 hingga 2,7 juta kematian di seluruh dunia [1]. Oleh karena itu, diagnosis yang cepat dan akurat menjadi sangat penting untuk mengendalikan penyebaran penyakit ini. Namun, metode konvensional seperti mikroskopi dan tes diagnostik cepat (RDT) masih memiliki keterbatasan, terutama dalam hal waktu dan tenaga yang diperlukan untuk menganalisis sampel secara manual [2].

Dalam beberapa tahun terakhir, teknologi deteksi penyakit berbasis kecerdasan buatan mulai menunjukkan potensi besar untuk meningkatkan diagnosis malaria. Salah satu metode yang menjanjikan adalah penggunaan Convolutional Neural Network (CNN), model pembelajaran mendalam yang efektif dalam pengolahan citra medis. Penelitian ini memanfaatkan arsitektur VGG-16, yang dirancang oleh Karen Simonyan dan Andrew Zisserman pada tahun 2014, untuk mendeteksi sel darah merah yang terinfeksi *Plasmodium*. VGG-16 memiliki keunggulan dalam mempelajari fitur kompleks dalam gambar melalui 16 lapisan konvolusi, menjadikannya salah satu arsitektur yang populer untuk tugas klasifikasi citra medis [3][5][6].

Penelitian ini menggunakan pendekatan transfer learning pada arsitektur VGG-16, yang memungkinkan model untuk memanfaatkan pengetahuan yang telah dipelajari sebelumnya dari dataset umum dan kemudian diadaptasi untuk mendeteksi malaria pada citra sel darah merah. Dataset yang digunakan bersumber dari Kaggle, yaitu *Malaria Cell Images Dataset*, yang terdiri dari 27.558 gambar sel darah merah yang terbagi menjadi dua kategori: terinfeksi dan tidak terinfeksi [4][11]. Dengan memanfaatkan metode pemrosesan gambar seperti Contrast Limited Adaptive Histogram Equalization (CLAHE), penelitian ini bertujuan untuk meningkatkan akurasi dan efisiensi diagnosis malaria, memberikan kontribusi penting bagi pengendalian penyakit ini.

2. Metode

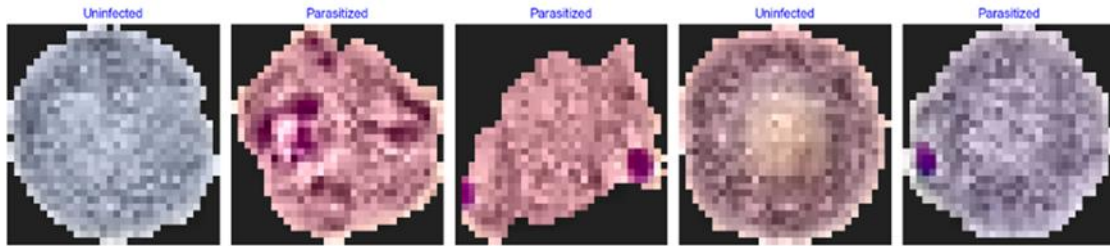
Berikut rancangan penelitian pada Gambar 1.



Gambar 1. Rancangan Penelitian

2.1 Data

Dataset yang digunakan dalam penelitian ini diambil dari Kaggle dengan judul "Malaria Cell Images dataset" dan dapat diakses melalui kaggle. Dataset ini berisi 27,558 gambar yang terbagi dalam dua folder: Infected (Terinfeksi) dan Uninfected (Tidak Terinfeksi). Gambar dataset dilihat pada Gambar 2 dibawah ini.



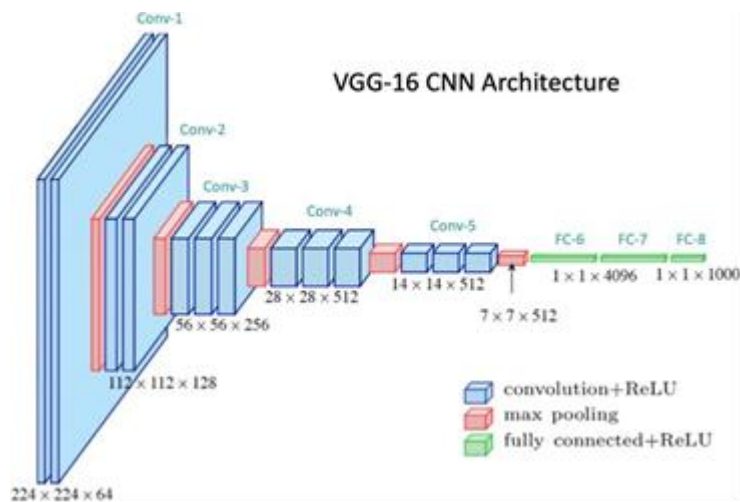
Gambar 2. Contoh Gambar Dataset Parasitized dan Uninfected

2.2 Preprocessing

Tahap Preprocessing adalah tahap penting dalam pengolahan citra yang bertujuan untuk meningkatkan kualitas gambar agar lebih mudah diproses pada tahap klasifikasi. Dalam penelitian ini, digunakan metode *Contrast Limited Adaptive Histogram Equalization* (CLAHE) sebagai teknik preprocessing. CLAHE berfungsi untuk meningkatkan kontras lokal gambar dengan menyesuaikan nilai histogram di setiap area kecil gambar secara terpisah, namun dengan batasan pada amplifikasi kontras untuk menghindari peningkatan noise berlebih. Peningkatan kontras yang terkendali ini sangat penting dalam mendeteksi fitur-fitur penting pada citra sel darah merah yang terinfeksi malaria [9][10].

2.3 VGG -16

Pada tahap ini, dibangun arsitektur model untuk pengolahan citra digital dalam diagnosis malaria menggunakan VGG-16, salah satu arsitektur *Convolutional Neural Network* (CNN) yang telah terbukti sangat efektif dalam tugas pengenalan gambar, termasuk citra medis. VGG-16 terdiri dari 16 lapisan konvolusi yang memungkinkan model untuk menangkap fitur-fitur penting dari gambar secara bertahap. Dalam penelitian ini, VGG-16 akan diadaptasi untuk mendeteksi sel darah merah yang terinfeksi parasit malaria dengan memanfaatkan dataset gambar mikroskopis. Model ini akan dioptimalkan untuk mengenali perbedaan antara sel yang terinfeksi dan tidak terinfeksi *melalui* fitur-fitur visual yang ada pada citra[7][12]. Gambar 3 menampilkan model VGG-16.



Gambar 3. Arsitektur VGG-16

Dalam VGG-16, terdapat beberapa parameter yang akan digunakan untuk proses klasifikasi, parameter tersebut dapat dilihat pada tabel 1 sebagai berikut :

Tabel 1. Parameter VGG-16

Parameter	Fungsi	Nilai
Base Model	Menggunakan VGG16 tanpa layer klasifikasi atas dengan bobot pretrained dari ImageNet.	VGG16, imagenet

Input Shape	Didefinisikan sebagai dimensi gambar input dataset malaria.	img_shape (custom)
Normalization	BatchNormalization untuk mempercepat pelatihan dan meningkatkan stabilitas jaringan.	momentum=0.99, epsilon=0.001
Fully Connected Layer 1	Dense layer dengan 256 neuron dan fungsi aktivasi ReLU. Menggunakan regularisasi kernel (l2) dan bias (l1).	256 neurons, l2=0.016, l1=0.006
Dropout Layer	Dropout dengan tingkat 0.45 untuk mencegah overfitting.	rate=0.45, seed=123
Output Layer	Dense layer dengan jumlah neuron sama dengan kelas dataset malaria menggunakan softmax.	class_count, softmax
Optimizer	RMSprop dengan learning_rate=0.001.	learning_rate=0.001
Loss Function	categorical_crossentropy, karena ini adalah masalah klasifikasi multikelas.	categorical_crossentropy
Metrics	accuracy, digunakan untuk mengevaluasi performa model selama pelatihan.	accuracy

2.4 Transfer Learning

Transfer *learning* akan digunakan dalam proses pelatihan model, dengan memanfaatkan pengetahuan yang telah dipelajari oleh VGG-16 dari dataset gambar sebelumnya. *Transfer learning* membantu mempercepat pelatihan dan meningkatkan akurasi karena model tidak perlu memulai dari nol. Model yang telah dipretrain akan dilatih ulang (*fine-tuning*) menggunakan dataset gambar sel darah merah yang telah melalui proses *preprocessing* dengan *Contrast Limited Adaptive Histogram Equalization* (CLAHE), yang bertujuan untuk meningkatkan kontras dan memperjelas detail penting pada citra tanpa meningkatkan noise secara berlebihan. Kombinasi VGG-16 dan CLAHE diharapkan dapat memberikan hasil yang lebih akurat dalam mendeteksi malaria pada gambar mikroskopis[4].

2.5 Pengujian Perbandingan

Pengujian dilakukan dengan menerapkan model VGG-16 dan terdapat beberapa metode *preprocessing* kontras yang digunakan, metode tersebut akan dijelaskan pada Tabel 2 berikut :

Tabel 2. Metode *Preprocessing* Kontras

Adaptive Histogram Equalization (AHE)	Metode ini difokuskan untuk meningkatkan kontras pada area tertentu dalam gambar, sehingga detail seperti tekstur dan struktur pada sel darah merah terlihat lebih jelas. Tujuannya adalah untuk mendukung model dalam mengenali fitur-fitur penting yang berhubungan dengan deteksi.
Local Interpretable Model-agnostic Explanations (LIME)	LIME tidak melakukan modifikasi langsung pada gambar, melainkan memberikan penjelasan atas prediksi yang dihasilkan oleh model. Metode ini berfungsi untuk mengidentifikasi area atau fitur gambar yang memiliki pengaruh terbesar terhadap keputusan model, sehingga meningkatkan transparansi dalam penggunaannya di bidang medis.
Contrast Limited Adaptive Histogram Equalization (CLAHE)	Metode ini mirip dengan AHE, namun lebih canggih karena dapat meningkatkan kontras gambar secara lokal tanpa menimbulkan peningkatan noise yang berlebihan.

Pendekatan ini memungkinkan detail penting dalam gambar, seperti karakteristik khas sel darah merah yang terinfeksi, terlihat lebih jelas dan menonjol.

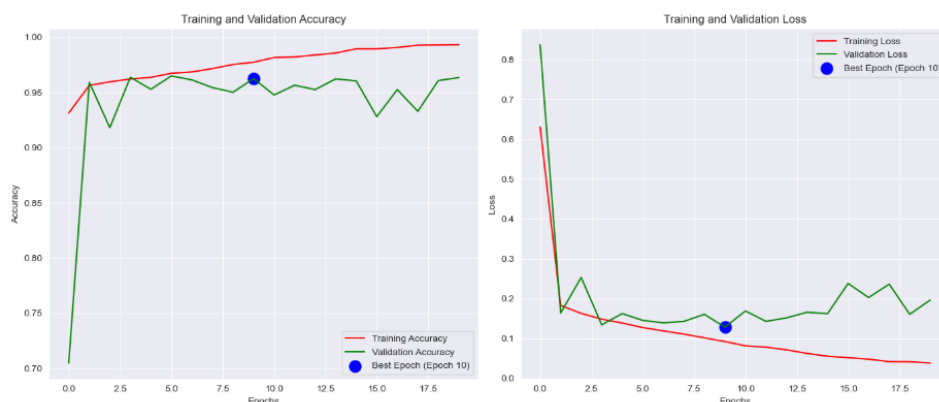
3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Evaluasi

Arsitektur VGG-16 akan dianalisis untuk menilai kinerjanya dan dibandingkan dengan model dari penelitian sebelumnya. Selain itu, evaluasi ini memberikan pedoman untuk pengembangan model di masa depan dan membantu menemukan potensi perbaikan.

3.2 Accuracy dan Loss

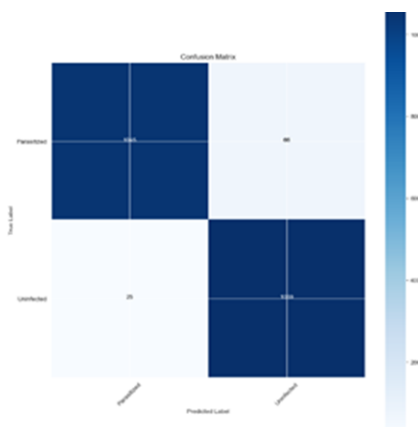
Grafik metode Contrast Limited Adaptive Histogram Equalization (CLAHE) untuk meningkatkan akurasi dalam mendeteksi sel darah merah yang terinfeksi malaria. Metode CLAHE diterapkan pada gambar sel darah merah untuk meningkatkan kontras secara lokal tanpa memperburuk noise pada gambar. CLAHE bekerja dengan cara membagi gambar menjadi bagian-bagian kecil (tile) dan meningkatkan kontras pada setiap tile tersebut, sehingga fitur penting pada gambar, seperti sel darah merah yang terinfeksi, menjadi lebih jelas dan mudah dikenali. Proses ini bertujuan untuk membantu model VGG-16 mendeteksi pola visual yang lebih tajam dan lebih mudah dipahami, yang pada akhirnya dapat meningkatkan kinerja model dalam klasifikasi. Gambar Training dan Validation Accuracy pada Gambar 4. Pada tahap ini, akurasi training dan validation dimulai pada epoch pertama sampai epoch ke 20. Setelah selesai melakukan proses training dan validation, kemudian akan menampilkan grafik hasil yang akan dievaluasi.



Gambar 4. Grafik Accuracy dan Loss VGG16

3.3 Confusion Matrix

Penggunaan Confusion Matrik menunjukkan seberapa efektif mengklasifikasikan data uji ke dalam kelas yang sesuai berdasarkan hasil evaluasi, Berikut confusion matrix Gambar 5.



Gambar 5. Confusion Matrix

3.4 Perbandingan Performa Model

Berdasarkan hasil evaluasi model klasifikasi, kinerja model diukur dengan beberapa metrik, yaitu recall, precision, f1-score, dan support perkelasnya. Hasil dari metode ini dengan akurasi keseluruhan sebesar 96%, yang berarti 96% dari prediksi model sesuai dengan label sebenarnya. Penjelasan mengenai evaluasi model terdapat di Gambar 6. Classification Report VGG-16.

	precision	recall	f1-score	support
Parasitized	0.98	0.94	0.96	1111
Uninfected	0.94	0.98	0.96	1094
accuracy			0.96	2205
macro avg	0.96	0.96	0.96	2205
weighted avg	0.96	0.96	0.96	2205

Gambar 6. Classification Report VGG-16

Secara keseluruhan, model menunjukkan kinerja baik di sebagian besar kelas, dengan precision, recall, dan f1-score yang tinggi. Ini menunjukkan kemampuan model dalam mengidentifikasi pola pada dataset pelatihan dan validasi, meskipun masih ada potensi untuk perbaikan, terutama di kelas dengan performa lebih rendah.

Tabel 3. Perbandingan Performa Model

Metode	Akurasi
AHE	94%
LIME	93%
CLAHE	96%

Dari Tabel 3 di atas, terlihat bahwa metode CLAHE mendapatkan akurasi lebih tinggi daripada metode AHE dan LIME. Ini menunjukkan bahwa metode CLAHE lebih baik dalam mengidentifikasi penyakit menular malaria.

4. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang sudah dilakukan penerapan teknologi transfer learning pada arsitektur VGG-16 terbukti efektif dalam meningkatkan performa model dalam mengklasifikasikan gambar sel darah merah yang terinfeksi atau tidak terinfeksi oleh parasit malaria. Model yang dilatih menggunakan pengetahuan dari dataset umum berhasil diadaptasi untuk memahami konteks gambar sel darah merah terinfeksi malaria, sehingga memberikan hasil yang lebih baik dalam tugas deteksi penyakit sel malaria. Hasil pengujian arsitektur menggunakan VGG-16 yang telah dibuat dapat disimpulkan bahwa model yang dilatih memiliki akurasi yang tinggi dapat dilihat pada evaluasi hasil data latih, data validasi, dan data uji menunjukkan kemampuan model dalam mengenali pola dan melakukan klasifikasi dengan akurat.

Referensi

- [1] Minarno, A. E., Aripa, L., Azhar, Y., & Munarko, Y. (2023). Classification of Malaria Cell Image using Inception-V3 Architecture. *JOIV : International Journal on Informatics Visualization*, 7(2), 273.
- [2] Ross, N. E., Pritchard, C. J., Rubin, D. M., & Dusé, A. G. (2006). Automated image processing method for the diagnosis and classification of malaria on thin blood smears. *Medical & Biological Engineering & Computing*, 44(5), 427-436.
- [3] Jain, N., Chauhan, A., Tripathi, P., Moosa, S. B., Aggarwal, P., & Oznacar, B. (2020). Cell image analysis for malaria detection using deep convolutional network. *Intelligent Decision Technologies*, 14(1), 55-65.
- [4] Kamal, K., & EZ-ZAHRAOUY, H. (2023). A comparison between the VGG16, VGG19 and ResNet50 architecture frameworks for classification of normal and CLAHE processed medical images. <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-2863523/v1>.

- [5] Alok, N., Krishan, K., & Chauhan, P. (2021). Deep Learning-Based Image Classifier for Malaria Cell Detection. *Machine Learning for Healthcare Applications*, 187-197.
- [6] Cardenas, J. S., Fong Amaris, W., Salazar, C., Castañeda, M., Martínez, O., Suárez, D. R., & Martinez, C. (2024). Image-Based Detection and Classification of Malaria Parasite, Leukocytes Detection, and Quality Assessment of Romanowsky-Stained Thick Blood Smears. <https://doi.org/10.2139/ssrn.4877780>.
- [7] Rajaraman, S., Antani, S. K., Poostchi, M., Silamut, K., Hossain, M. A., Maude, R. J., Jaeger, S., & Thoma, G. R. (2018). Pre-trained convolutional neural networks as feature extractors toward improved malaria parasite detection in thin blood smear images. *PeerJ*, 6.
- [8] Jameela, T., Athota, K., Singh, N., Gunjan, V. K., & Kahali, S. (2022). Deep Learning and Transfer Learning for Malaria Detection. *Computational Intelligence and Neuroscience*, 2022, 1-14.
- [9] Hasan, M. M., Islam, S., Dey, A., Das, A., & Tista, S. C. (2022). Detection of Malaria Disease Using Image Processing and Machine Learning. *Lecture Notes in Networks and Systems*, 457-466.
- [10] Sunarko, B., Djuniadi, Bottema, M., Iksan, N., Hudaya, K. A. N., & Hanif, M. S. (2020). Red blood cell classification on thin blood smear images for malaria diagnosis. *Journal of Physics: Conference Series*, 1444(1), 012036.
- [11] Narayanan, B. N., Ali, R. A., & Hardie, R. C. (2019). Performance analysis of machine learning and deep learning architectures for malaria detection on cell images. *Applications of Machine Learning*, 29.
- [12] Chima*, J. S., Shah., A., Shah, K., & Ramesh, D. R. (2020). Malaria Cell Image Classification using Deep Learning. *International Journal of Recent Technology and Engineering (IJRTE)*, 8(6), 5553-5559.

