

## Klasifikasi Malaria melalui Penggunaan Convolutional Neural Network pada Citra Sel Darah

Rabiahtul Adawiah Hasyani<sup>1</sup>, Silvana Maretha Simbolon<sup>2</sup>,

Yasmin Mufida<sup>3</sup>, Yolanda Ester Berliana Ritonga<sup>4</sup>

<sup>1-4</sup>Universitas Negeri Medan

Alamat: Jl. Willem Iskandar Pasar V Medan Estate, Medan

Korespondensi penulis: [rabihtuladawiah@mhs.unimed.ac.id](mailto:rabihtuladawiah@mhs.unimed.ac.id)<sup>1</sup>, [silvanasimbolon9@mhs.unimed.ac.id](mailto:silvanasimbolon9@mhs.unimed.ac.id)<sup>2</sup>,  
[yasminmufida@mhs.unimed.ac.id](mailto:yasminmufida@mhs.unimed.ac.id)<sup>3</sup>, [yolandaesterbr@mhs.unimed.ac.id](mailto:yolandaesterbr@mhs.unimed.ac.id)<sup>4</sup>

**Abstract.** Malaria is a global health challenge with significant impact in various countries. This study aims to analyze the effect of data augmentation on the performance of Convolutional Neural Networks (CNN) in malaria classification. The dataset used involves red blood cell images, with the main focus on the detection of Plasmodium parasites as the cause of malaria. Two CNN models were implemented, namely the model without data augmentation and the model with data augmentation. The model without augmentation showed a test score of 94%, while the model with augmentation showed a significant performance improvement with a test score of 96%. The overall accuracy of the augmented model on the test set reached 94%, signifying a significant improvement in diagnostic accuracy.

**Keywords:** Malaria, Convolutional Neural Networks (CNN), Data Augmentation.

**Abstrak.** Malaria merupakan tantangan kesehatan global dengan dampak yang signifikan di berbagai negara. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh augmentasi data terhadap kinerja Convolutional Neural Networks (CNN) dalam klasifikasi malaria. Dataset yang digunakan melibatkan gambar sel darah merah, dengan fokus utama pada deteksi parasit Plasmodium sebagai penyebab penyakit malaria. Dua model CNN diimplementasikan, yakni model tanpa augmentasi data dan model dengan augmentasi data. Model tanpa augmentasi menunjukkan skor uji sebesar 94%, sementara model dengan augmentasi menunjukkan peningkatan kinerja yang signifikan dengan skor uji mencapai 96%. Akurasi keseluruhan model yang telah di-augmentasi pada set uji mencapai 94%, menandakan peningkatan yang berarti dalam ketepatan diagnostik.

**Kata kunci:** Malaria, Convolutional Neural Networks (CNN), Augmentasi Data.

### LATAR BELAKANG

Malaria, sebuah penyakit yang disebabkan oleh plasmodium, umumnya ditularkan melalui gigitan nyamuk *Anopheles*, transfusi darah, atau bahkan melalui suntikan yang digunakan secara bergantian. Dampak penyakit ini sangat serius, menyerang sel darah dan menimbulkan gejala seperti demam, kelelahan, kerusakan, dan sakit kepala. Komplikasi yang fatal dapat terjadi jika malaria tidak segera diobati, seperti kejang, gangguan kesadaran, sesak napas, dan kematian. Diagnosis malaria memerlukan pemeriksaan darah pasien di laboratorium, tetapi proses ini sering kali memakan waktu lama karena ukuran kecil *plasmodium* dan keberadaan objek lain yang mirip dengan parasit malaria (Harahap et al., 2020)(Autino et al., 2012).

Dalam menanggapi tantangan mendiagnosis malaria, fokus utama saat ini adalah pemanfaatan teknologi canggih. Salah satu pendekatan yang menjanjikan adalah melibatkan *Convolutional Neural Network* (CNN) dalam mengklasifikasikan infeksi malaria berdasarkan citra sel darah. CNN, sebagai evolusi dari *Multilayer Perceptron* (MLP), merupakan bagian dari keluarga neural network tipe feed forward yang dirancang khusus untuk efektif dalam menangani dan menganalisis data dua dimensi (Nugroho et al., 2020).

Pentingnya klasifikasi dalam konteks ini dapat diartikan sebagai suatu proses pengelompokan, di mana objek yang berbeda dipisahkan berdasarkan analisis sifat numerik dari suatu fitur. Penggunaan *Convolutional Neural Network* (CNN) dalam klasifikasi citra menjadi semakin umum dalam penelitian, terutama karena kemampuannya meniru sistem pengenalan citra pada korteks visual manusia. Ini memungkinkan CNN untuk memproses informasi citra dengan cara yang serupa dengan kemampuan manusia (Cahya et al., 2021).

Pentingnya pemanfaatan *Convolutional Neural Network* (CNN) dalam diagnosis sebuah citra telah dilakukan oleh beberapa penelitian sebelumnya. Pada penelitian yang telah dilakukan Fani Nurona Cahya, Nila Hardi, Dwiza Riana, dan Sri Hadianti pada penelitian yang berjudul “Klasifikasi Penyakit Mata Menggunakan Convolutional Neural Network (CNN)” dengan menggunakan 4 kelas dengan total data berjumlah 610 dataset, 3 tahap proses, dan menggunakan 150 epoch mendapatkan hasil akurasi sebesar 98,37% (Cahya et al., 2021). Adapun penelitian lain yang dilakukan oleh Febian Fitra Maulana dan Naim Rochmawati pada penelitian yang berjudul “Klasifikasi Citra Buah Menggunakan Convolutional Neural Network” dengan menggunakan 15 kelas yang terdiri dari 345 citra uji, menggunakan 3 convolutional layer, dan menggunakan 500 epoch mendapatkan hasil akurasi sebesar 97,97% (Maulana & Rochmawati, 2020). Serta peneliti lain yang menjadi acuan kami yaitu Achmad Fauzi Saksenata, Agus Eko Minarno, dan Yufis Azhar pada judul penelitian “Klasifikasi Citra Sel Darah Untuk Penyakit Malaria Dengan Metode CNN” dengan menggunakan dataset yang berjumlah 27558 gambar sel darah yang dibagi menjadi 24802 data latih dan 2758 data uji, melibatkan 4 convolutional layer, dan 30 epoch menghasilkan tingkat akurasi sebesar 96% (Saksenata et al., 2022).

Sejalan dengan fokus penelitian kami yang tergambar dalam judul, 'Klasifikasi Malaria Melalui Pemanfaatan *Convolutional Neural Network* pada Citra Sel Darah,' penelitian-penelitian yang sudah dilakukan sebelumnya tidak hanya menyoroti potensi luar biasa *Convolutional Neural Network* (CNN) dalam mencapai klasifikasi citra yang handal, tetapi juga menekankan pencapaian tujuan kami dalam mendukung proses diagnosis penyakit malaria. Tingkat akurasi lebih dari 95%, yang berhasil dicapai melalui penelitian sebelumnya, memberikan kontribusi yang signifikan dalam mengatasi tantangan mendiagnosis malaria dengan cepat dan efisien. Dengan memanfaatkan teknologi canggih ini, harapan kami adalah agar penelitian ini dapat menjadi pijakan yang kokoh untuk perkembangan lebih lanjut dalam upaya penanganan penyakit ini, sekaligus memberikan sumbangan yang berarti dalam peningkatan kesehatan masyarakat.

## **KAJIAN TEORITIS**

### **Malaria**

Malaria adalah infeksi parasit pada sel darah merah yang diakibatkan oleh protozoa dari genus *Plasmodium* dan ditransmisikan ke manusia melalui gigitan nyamuk. Parasit awalnya menyerang sel-sel hati sebelum berpindah ke sel darah merah (eritrosit). Infeksi ini menyebabkan perpecahan sel darah merah yang intens, yang pada gilirannya mengakibatkan pelepasan lebih banyak parasit ke dalam sirkulasi darah, memicu siklus infeksi berulang (Handayani & A. Haribowo, n.d.).

Secara umum, meskipun setiap individu dapat terpapar malaria, ada beberapa yang memiliki kekebalan terhadap parasit tersebut, baik yang bersifat bawaan maupun didapat. Orang yang paling rentan terinfeksi malaria adalah anak balita, wanita hamil, serta penduduk nonimun yang tinggal atau mengunjungi daerah endemis malaria, termasuk pengungsi, transmigran, dan wisatawan. Keberadaan kekebalan ini dapat bervariasi, membuat sebagian orang lebih rentan terhadap penyakit ini dibandingkan dengan yang lain (Prabowo, n.d.).

### ***Convolutional Neural Networks* (CNN)**

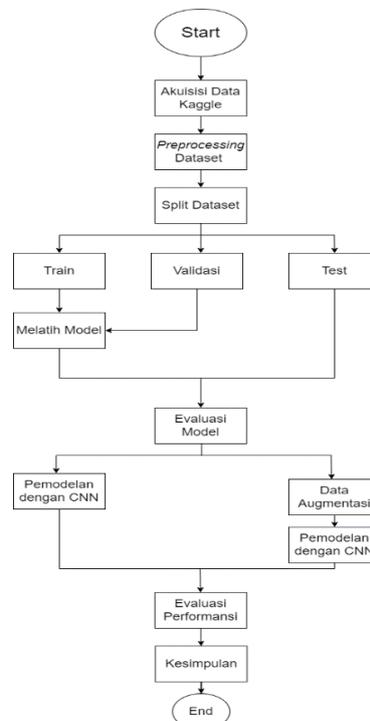
Jaringan Saraf Konvolusional (CNN) adalah jenis arsitektur jaringan saraf *feed-forward* yang mempertahankan struktur hierarkis. Dalam CNN, jaringan saraf belajar merepresentasikan fitur internal dan menggeneralisasikan fitur tersebut dalam konteks masalah gambar umum, seperti pengenalan objek, dengan menyusun serangkaian lapisan

konvolusi yang diikuti oleh penyatuan, fungsi aktivasi, dan opsionalnya, normalisasi batch. Selain itu, arsitektur ini juga mencakup lapisan yang terhubung penuh, memberikan pendekatan komprehensif untuk menangani berbagai masalah dalam bidang penglihatan komputer (Dr. Budi Raharjo, 2022).

Pemanfaatan Model CNN dapat mendukung pembangunan pengklasifikasi gambar yang mampu melakukan prediksi serta klasifikasi terhadap gambar. Secara umum, proses tersebut melibatkan pembentukan beberapa lapisan dalam struktur model dengan inisialisasi nilai bobot dan bias. Selanjutnya, penyesuaian variabel bobot dan bias dilakukan melalui bantuan dataset pelatihan (Dr. Budi Raharjo, 2022).

## METODE PENELITIAN

Data penelitian berasal dari Kaggle (Malaria Cell Images Dataset (kaggle.com)). Dataset ini terdiri dari 2400 gambar dan dibagi menjadi dua folder, yaitu "infected" dan "uninfected". Dataset ini merupakan dataset kesehatan yang nantinya dapat membantu dalam mendeteksi dengan menggunakan sel darah merah yang mengandung Malaria atau tidak. Ukuran gambar atau dimensi gambar untuk masing-masing sel darah merah terinfeksi dan tidak terinfeksi bervariasi. Karena data bersifat bervariasi, maka diperlukan tahapan pre-processing terhadap data tersebut.



Gambar 1. Sistematika Penelitian

## Tahap Preprocessing

Penelitian ini melibatkan tahapan *pre-processing* yang merupakan tahapan yang sangat penting. Dataset awalnya tidak terstruktur, dengan variasi ukuran gambar yang signifikan. Langkah-langkah *pre-processing* menjadi sangat penting untuk mencapai hasil analisis yang lebih baik. Tujuan utama dari *pre-processing* adalah mengubah data yang awalnya tidak terstruktur menjadi data terstruktur, membentuk dasar yang kokoh untuk analisis mendalam dan pembangunan model algoritma (Huda et al., 2022). Adapun tahapan *preprocessing* yang dilakukan dalam penelitian, sebagai berikut.

a. Menetapkan ukuran gambar

Dalam proses ini, seluruh gambar akan diubah menjadi ukuran yang sama. Ukuran gambar diubah menjadi 50 x 50 pixel di tiap gambarnya.

b. Konversi gambar ke dalam array

Konversi gambar ke dalam bentuk array dapat membantu meningkatkan efisiensi pemrosesan gambar dan mengoptimalkan waktu eksekusi dalam suatu pemrosesan (Sihombing, 2019).

c. *Label Encoding*

*Label encoding* adalah teknik yang digunakan untuk mengubah data kategorikal menjadi data numerik. Data yang bersifat kategorikal perlu diubah menjadi format numerik agar dapat dipahami dan diproses oleh model, karena model machine learning umumnya tidak dapat memproses data dalam bentuk kategorikal (Karim et al., 2023).

## Pemodelan

Proses pemodelan dalam penelitian ini melibatkan penerapan algoritma klasifikasi *Convolutional Neural Networks* (CNN) yang merupakan jenis jaringan saraf tiruan *feed-forward* yang mempertahankan struktur hierarkis (IBRAHIM et al., 2022). Dalam melakukan pemodelan ini, gambar diberikan layer. Adapun proses layer yang digunakan dalam penelitian ini sebagai berikut.

a. *Convolutional Layer*

*Convolutional Layer* pada jaringan saraf konvolusional memproses seluruh data masukan dengan menjalankan filter ke setiap bagian data, menghasilkan peta aktivasi atau fitur 2D. Lapisan konvolusi kompleks dan dioptimalkan melalui

pengaturan *depth* (jumlah filter), *stride* (langkah pergeseran), dan *zero padding* (Dr. Budi Raharjo, 2022).

b. *Pooling Layer*

Setiap pergeseran *pooling layer* ditentukan oleh jumlah *stride* yang digunakan pada seluruh area *feature map* atau *activation map*. (Dr. Budi Raharjo, 2022). Dalam penelitian ini menggunakan max pooling 2x2 dengan stride 2, nilai maksimum diambil pada setiap pergeseran filter di area 2x2.

c. *Fully Connected Layer*

*Feature map* yang dihasilkan pada tahap sebelumnya memiliki bentuk multidimensional array. Sebelum memasuki *Fully Connected Layer*, *feature map* tersebut akan mengalami proses "*flatten*" atau *reshape*. Proses *flatten* menghasilkan vektor yang kemudian digunakan sebagai input untuk *Fully Connected Layer* (Dr. Budi Raharjo, 2022).

d. *Dropout*

*Dropout* adalah strategi untuk mencegah *overfitting* dan mempercepat proses *Learning*. *Dropout* bekerja dengan mengeliminasi sementara neuron dalam Hidden Layer dan Visible Layer dalam jaringan (Dr. Budi Raharjo, 2022).

### **Data Augmentasi**

Augmentasi merupakan teknik pengolahan citra untuk meningkatkan variasi dalam dataset latih melalui modifikasi citra yang ada, termasuk *Random Flip Horizontal*, *Random Rotation*, dan *Random Zoom*. Langkah augmentasi diterapkan pada setiap iterasi pelatihan model, membantu model melihat variasi lebih banyak, mengurangi risiko *overfitting*, dan meningkatkan kemampuan generalisasi terhadap data uji (Putri Ayuni et al., 2023).

### **Evaluasi Performansi**

Confusion Matrix berisi informasi asli dan yang diprediksi. Dari matriks tersebut dapat diketahui accuracy, precision, recall, dan f1-score (Saksenata et al., 2022).

**Tabel 1. Confusion Matrix**

<i>Confusion Matrix</i>		<i>Actual Sentiment</i>	
		<i>Positif</i>	<i>Negatif</i>
<i>Predicted Sentiment</i>	<i>Positif</i>	<i>True Positive (TP)</i>	<i>False Positive (FP)</i>
	<i>Negatif</i>	<i>False Negative (FN)</i>	<i>True Negative (TN)</i>

Sumber: Saksenata et al., (2022)

Berdasarkan confusion matrix maka didapatkan nilai accuracy, precesion, recall, dan f1-score dapat diketahui dengan rumus berikut:

$$Accuracy = \frac{TP+TN}{TP+TN+FP+FN} \quad (1)$$

$$Precision = \frac{TP}{TP+FP} \quad (2)$$

$$Recall = \frac{TP}{TP+FN} \quad (3)$$

$$F1-Score = \frac{2*Precision*Recall}{Precision+Recall} \quad (4)$$

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Distribusi Data

Distribusi data pada tahap ini melibatkan hasil ukuran resize gambar sebesar 50×50 piksel. Ukuran ini dipilih sebagai bentuk standar untuk memproses citra guna memudahkan proses komputasi. Dataset yang digunakan dalam penelitian ini mencakup total 2400 data citra, dengan rincian distribusi seperti yang terlihat pada Tabel 2.

**Tabel 2. Distribusi Data**

<i>Jenis Data</i>	<i>Jumlah</i>
<i>Data Training</i>	1350
<i>Data Validation</i>	450
<i>Data Test</i>	600

### Parameter Model Convolutional Network Classifier

Pada model Convolutional Neural Network (CNN) yang diimplementasikan, beberapa parameter kunci yang digunakan untuk melatih dan mengoptimalkan model adalah ukuran citra (image size), jumlah epoch, batch size, dan optimizer.

**Tabel 3. Parameter Model**

<i>Parameter</i>	<i>Values</i>
Ukuran Citra	50 × 50px
<i>Epoch</i>	50
<i>batch_size</i>	64
<i>Optimizers</i>	<i>Adam</i>

### **Akurasi Convolutional Network Classifier Augmentasi Citra dan No Augmentasi Citra**

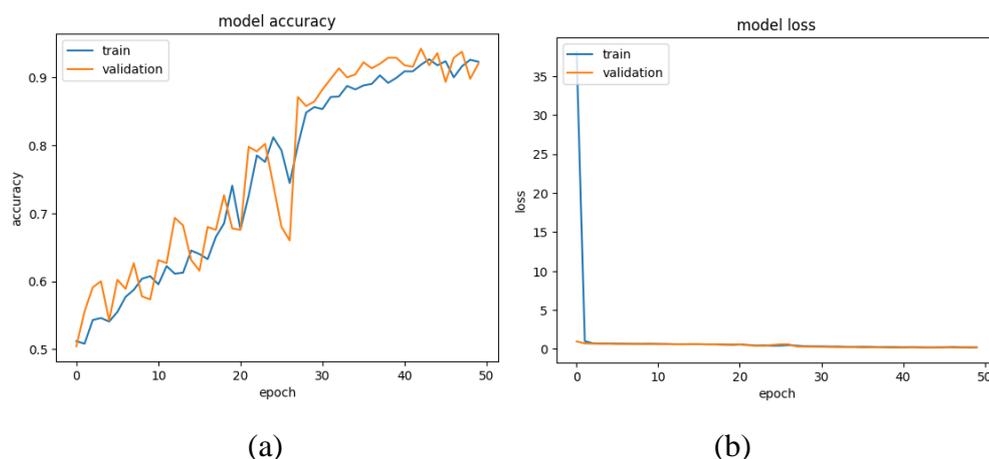
Dalam rangka mencapai akurasi optimal, penelitian ini melakukan eksperimen dengan beberapa model klasifikasi. Dua model klasifikasi yang diusulkan, yakni CNN tanpa penggunaan augmentasi citra (No\_Aug) dan CNN yang dilengkapi dengan image augmentation (Aug), dijelaskan dalam Tabel 4. Hasil pengujian menunjukkan bahwa model klasifikasi CNN dengan image augmentation menghasilkan tingkat akurasi yang lebih tinggi, mencapai 95,99%, dibandingkan dengan model CNN tanpa augmentasi citra yang memiliki akurasi sebesar 94,33%. Hal ini mengindikasikan bahwa penerapan teknik augmentation pada model CNN berkontribusi pada peningkatan performa dalam klasifikasi data.

**Tabel 4. Akurasi Aug dan No Aug**

<i>Model Klasifikasi</i>	<i>Accuracy</i>	
	<i>No_Aug</i>	<i>Aug</i>
<i>CNN</i>	94,33%	95,99%

### **Peforma Convolutional Network Classifier**

Model klasifikasi terbaik yang berhasil diperoleh adalah CNN Classifier yang dilengkapi dengan augmentasi citra, menunjukkan performa tertinggi dalam hal akurasi. Analisis grafik pada Grafik 1 menampilkan perbandingan antara loss dan akurasi pada data training dan validation selama 50 epoch. Dari grafik tersebut, terlihat bahwa akurasi data validation secara konsisten lebih tinggi dibandingkan dengan data training. Puncak akurasi tertinggi tercapai pada epoch ke-22, mencapai angka 96,22%. Hal ini mengindikasikan bahwa model mampu mencapai tingkat akurasi optimal pada titik tersebut sebelum terjadi overfitting pada data.



**Gambar 2. (a) Grafik Model Akurasi dan (b) Model Loss**

Dalam eksperimen ini, pengujian dilakukan pada 2400 sampel sel darah sesuai dengan yang tercantum dalam Tabel 2. Hasil evaluasi menunjukkan tingkat akurasi, presisi, recall, dan nilai f1-score sebesar 94%.

**Tabel 5. Classification Report**

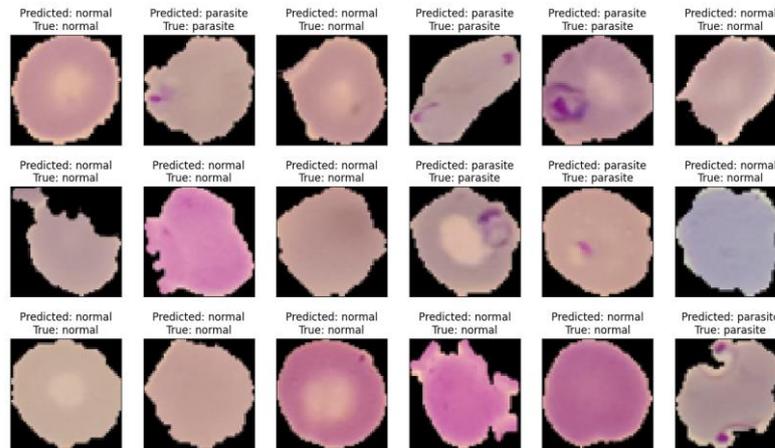
<i>Classification Report</i>	<i>Precision</i>	<i>Recall</i>	<i>F1-Score</i>
<i>Uninfected</i>	95%	93%	94%
<i>Parasitized</i>	93%	95%	94%
<i>Macro Average</i>	94%	94%	94%
<i>Weighted Average</i>	94%	94%	94%
<b><i>Accuracy</i></b>	<b>94%</b>		

Hasil uji coba model pada data uji akan ditampilkan melalui suatu tabel yang disebut matriks konfusi. Berikut adalah matriks konfusi yang mencerminkan hasil dari pengujian model terhadap data uji.

**Tabel 6. Confusion Matrix**

<i>Confusion Matrix</i>		<i>Actual</i>	
		<i>Uninfected</i>	<i>Parasitized</i>
<i>Predicted</i>	<i>Uninfected</i>	281	15
	<i>Parasitized</i>	22	282

Hasil klasifikasi pada data uji dapat dilihat pada Gambar 2, sebagai contoh representasi dari output prediksi model terhadap data pengujian.



**Gambar 3. Representasi Output Prediksi Model**

## KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa model Convolutional Neural Network (CNN) tanpa augmentasi data mencapai tingkat akurasi sekitar 94.33% pada data uji. Namun, analisis grafik akurasi pada data validasi menunjukkan adanya overfitting setelah sekitar 28 epoch, di mana akurasi pada data validasi tidak mengalami peningkatan bahkan cenderung menurun. Sebaliknya, pada model yang menggunakan augmentasi data, terlihat peningkatan signifikan dalam performa. Model ini mencapai akurasi sekitar 95.99% pada data uji, yang merupakan peningkatan dibandingkan dengan model tanpa augmentasi. Selain itu, penerapan augmentasi data juga membantu mencegah overfitting, dengan model mencapai stabil setelah 32 epoch.

Dengan akurasi sebesar 95.99% pada dataset uji, model ini berhasil memprediksi kelas 'Parasitized' (0) dan 'Uninfected' (1) dengan tingkat presisi dan recall yang seimbang. Untuk kelas 'Uninfected', model mencapai tingkat presisi dan recall sebesar 95%, sedangkan untuk kelas 'Parasitized', tingkat presisi dan recall mencapai 93%. Hasil evaluasi yang konsisten ini menunjukkan kemampuan model dalam mengklasifikasikan sel-sel darah malaria dengan tingkat akurasi yang tinggi.

Untuk penelitian selanjutnya, disarankan untuk memperluas dan mendiversifikasi dataset guna meningkatkan generalisasi model CNN terhadap variasi citra sel darah malaria. Eksplorasi arsitektur model dan penerapan teknologi transfer learning juga dapat diperdalam. Validasi lebih lanjut dengan melibatkan ahli medis diharapkan dapat memberikan pemahaman yang lebih mendalam terkait performa model. Selain itu, penelitian praktis di lapangan kesehatan juga perlu dieksplorasi guna menilai kelayakan dan efektivitas implementasi model CNN ini dalam diagnosis malaria. Saran-saran ini diharapkan dapat menjadi panduan bagi penelitian mendatang.

## DAFTAR REFERENSI

- Autino, B., Noris, A., Russo, R., & Castelli, F. (2012). *Epidemiology of malaria in endemic areas. (ed.): Mediterranean journal of hematology and infectious diseases*. 4(1).
- Cahya, F. N., Hardi, N., Riana, D., & Hadiyanti, S. (2021). Klasifikasi Penyakit Mata Menggunakan Convolutional Neural Network (CNN). *Sistemasi*, 10(3), 618. <https://doi.org/10.32520/stmsi.v10i3.1248>
- Dr. Budi Raharjo, S. K. . M. K. . M. (2022). *Deep Learning dengan Python*.
- Handayani, W., & A. Haribowo, A. (n.d.). *Buku Ajar Asuhan Keperawatan Dgn Gangguan Sistem Hematologi - Google Books*. Retrieved December 2, 2023, from [https://www.google.co.id/books/edition/Buku\\_Ajar\\_Asuhan\\_Keperawatan\\_Dgn\\_Gangguan/PwLdwyMH9K4C?hl=id&gbpv=1&dq=pengertian+malaria&pg=PA65&printsec=frontcover](https://www.google.co.id/books/edition/Buku_Ajar_Asuhan_Keperawatan_Dgn_Gangguan/PwLdwyMH9K4C?hl=id&gbpv=1&dq=pengertian+malaria&pg=PA65&printsec=frontcover)
- Harahap, M., Jefferson, J., Barti, S., Samosir, S., & Turnip, C. A. (2020). Implementation of Convolutional Neural Network in the classification of red blood cells have affected of malaria. *Sinkron*, 5(2), 199–207. <https://doi.org/10.33395/sinkron.v5i2.10713>
- Huda, N., Prayogi, S. Y., Ahmad, M. A., & Dewi, A. Y. (2022). Klasifikasi Malaria Menggunakan Metode Image Processing Dari Sel Darah Merah Dengan Algoritma Convolutional Neural Network. *JOINS (Journal of Information System)*, 7(2), 166–177. <https://doi.org/10.33633/joins.v7i2.7068>
- IBRAHIM, N., LESTARY, G. A., HANAFI, F. S., SALEH, K., PRATIWI, N. K. C., HAQ, M. S., & MASTUR, A. I. (2022). Klasifikasi Tingkat Kematangan Pucuk Daun Teh menggunakan Metode Convolutional Neural Network. *ELKOMIKA: Jurnal Teknik Energi Elektrik, Teknik Telekomunikasi, & Teknik Elektronika*, 10(1), 162. <https://doi.org/10.26760/elkomika.v10i1.162>
- Karim, A. A., Prasetyo, M. A., & Saputro, M. R. (2023). Perbandingan Metode Random Forest, K-Nearest Neighbor, dan SVM Dalam Prediksi Akurasi Pertandingan Liga Italia. *Stains (Seminar Nasional Teknologi & Sains)*, 2(1), 377–382.

- Maulana, F. F., & Rochmawati, N. (2020). Klasifikasi Citra Buah Menggunakan Convolutional Neural Network. *Journal of Informatics and Computer Science (JINACS)*, 1(02), 104–108. <https://doi.org/10.26740/jinacs.v1n02.p104-108>
- Prabowo, D. A. (n.d.). *Malaria: Mencegah dan Mengatasi..* - Google Books. Retrieved December 2, 2023, from [https://www.google.co.id/books/edition/Malaria\\_Mencegah\\_dan\\_Mengatasi/e0XK6dmJbDsC?hl=id&gbpv=1&dq=malaria+adalah&pg=PA12&printsec=frontcover](https://www.google.co.id/books/edition/Malaria_Mencegah_dan_Mengatasi/e0XK6dmJbDsC?hl=id&gbpv=1&dq=malaria+adalah&pg=PA12&printsec=frontcover)
- Putri Ayuni, D., Jasril, Irsyad, M., Yanto, F., & Sanjaya, S. (2023). Augmentasi Data Pada Implementasi Convolutional Neural Network Arsitektur Efficientnet-B3 Untuk Klasifikasi Penyakit Daun Padi. *ZONasi: Jurnal Sistem Informasi*, 5(2), 239–249. <https://doi.org/10.31849/zn.v5i2.13874>
- Pulung Adi Nugroho, I. F. (2020). Implementasi Deep Learning Menggunakan Convolutional Neural Network (CNN) Pada Ekspresi Manusia. *Jurnal Algor*, 2, 10.
- Saksenata, A. F., Minarno, A. E., & Azhar, Y. (2022). Klasifikasi Citra Sel Darah Untuk Penyakit Malaria Dengan Metode CNN. *Jurnal Repositor*, 4(2), 185–194. <https://doi.org/10.22219/repositor.v4i2.1283>
- Sihombing, J. (2019). Penerapan Stack Dan Queue Pada Array Dan Linked List Dalam Java. *Jurnal Ilmiah Infokom*, 7(2), 15–24.