

TESIS

**KLASIFIKASI CITRA SEL DARAH MERAH  
TERINFEKSI MALARIA MENGGUNAKAN  
CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORK (CNN)**



GOLDY VALENDRIA NIVAAN  
No. Mhs.: 195303066/PS/MTF

PROGRAM STUDI MAGISTER INFORMATIKA  
PROGRAM PASCASARJANA  
UNIVERSITAS ATMA JAYA YOGYAKARTA

2020



UNIVERSITAS ATMA JAYA YOGYAKARTA  
PROGRAM PASCASARJANA  
PROGRAM STUDI MAGISTER INFORMATIKA

HALAMAN PENGESAHAN DOSEN PEMBIMBING

Nama : GOLDY VALENDRIA NIVAAN  
Nomor Mahasiswa : 195303066/PS/MTF  
Konsentrasi : Intelligent Informatics  
Judul tesis : KLASIFIKASI CITRA SEL DARAH MERAH TERINFEKSI  
MALARIA MENGGUNAKAN CONVOLUTIONAL NEURAL  
NETWORK (CNN)

**Nama Pembimbing**

**Tanggal**

**Tanda tangan**

Paulus Mudjihartono, ST., MT., Ph.D.

25 Januari 2021

Dr. Ir. Alb. Joko Santoso, M.T.

26 Januari 2021



UNIVERSITAS ATMA JAYA YOGYAKARTA

PROGRAM PASCASARJANA

PROGRAM STUDI MAGISTER INFORMATIKA

PENGESAHAN TESIS

Nama : GOLDY VALENDRIA NIVAAN  
Nomor Mahasiswa : 195303066/PS/MTF  
Konsentrasi : Intelligent Informatics  
Judul tesis : KLASIFIKASI CITRA SEL DARAH MERAH TERINFEKSI  
MALARIA MENGGUNAKAN CONVOLUTIONAL NEURAL  
NETWORK (CNN)

Nama Penguji	Tanggal	Tanda tangan
Paulus Mudjihartono, ST., MT., Ph.D. (Ketua)	25 Januari 2021	
Dr. Ir. Alb. Joko Santoso, M.T. (Sekretaris)	26 Januari 2021	
Dr. Pranowo, S.T, M.T. (Anggota)	26 Januari 2021	

Ketua Program Studi

.....  
(Prof. Ir. A. Djoko Budiyanto, M.Eng., Ph.D)

## HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN TESIS

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama Lengkap : Goldy Valendria Nivaan

NPM 195303066

Dengan ini menyatakan bahwa tesis saya yang berjudul “ Pengenalan Citra Sel Darah Merah Terinfeksi Malaria menggunakan *Convolutional Neural Network (CNN)*” merupakan hasil penelitian saya yang belum pernah diajukan sebelumnya untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu Perguruan Tinggi, dan tidak mengandung *plagiasi* dari karya manapun, kecuali secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Demikian pernyataan ini dibuat dengan sesungguhnya dan dengan sebenar-benarnya.

Yogyakarta, 14 Desember 2020

Goldy Valendria Nivaan

## INTISARI

Malaria merupakan salah satu penyakit infeksi menular yang hingga saat ini masih mengancam kehidupan manusia. Morbiditas malaria jika dilihat berdasarkan provinsi menunjukkan wilayah Indonesia Bagian Timur merupakan daerah dengan Annual Parasite Incidence (API) tertinggi, yaitu Papua, Papua Barat, NTT dan Maluku. Hal inilah yang menjadi perhatian untuk terus adanya upaya pengendalian dan eliminasi malaria di wilayah endemis tinggi malaria tersebut.

Oleh sebab itu, untuk menjawab bagaimana memberikan inovasi di bidang teknologi dalam upaya mempercepat eliminasi malaria, penelitian ini bertujuan untuk mengklasifikasi dataset berupa gambar sel darah merah terinfeksi malaria sebagai salah satu cara untuk proses diagnosis menggunakan *Deep Learning* dengan algoritma *Convolutional Neural Network* (CNN) yang diberi perbaikan pada usulan model baru yang digunakan.

Hasil yang diperoleh dalam penelitian menunjukkan keberhasilan penggunaan model usulan 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 menguji jaringan pembelajaran dengan mengumpukan gambar sel darah merah yang benar-benar baru diluar set data yang digunakan belum diterapkan sehingga menjadi keterbatasan dalam penelitian dan usulan bagi pengembangan kedepan.

**Kata kunci:** Klasifikasi, Sel darah merah terinfeksi malaria, *Convolutional Neural Network* (CNN), *Dropout regularization*

## ABSTRACT

Malaria is a contagious infectious disease that is still threatening human life. Malaria morbidity based on province shows that Eastern Indonesia is the area with the highest Annual Parasite Incidence (API), namely Papua, West Papua, NTT, and Maluku. This is a concern for the continued efforts to control and eliminate malaria in these high malaria-endemic areas.

Therefore, to answer how to provide innovation in technology to accelerate the elimination of malaria, this study aims to classify the dataset in the form of images of malaria-infected red blood cells as a way to process the diagnosis using Deep Learning with the Convolutional Neural Network (CNN) algorithm. given improvements to the proposed new model used.

The results obtained in this study show that the success of using the proposed model is influenced by the pre-processing stage and the dropout regularization function used. The accuracy value obtained is 99.01%, precision 0.9889, recall 0.9901 and F1 score of 0.9894. However, the inference process, in this case, tests the learning network by feeding a completely new image of red blood cells outside of the data set used has not been applied so that there are limitations in research and suggestions for future development.

**Keywords:** Classification, Malaria-infected red blood cells, Convolutional Neural Network (CNN).

## KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadiran Allah Tritunggal Maha Kudus yang senantiasa memberikan berkat dan rahmat-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan tesis ini dengan segala baik. Penulisan tesis ini dilakukan untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar Magister Informatika di Universitas Atma Jaya Yogyakarta.

Penulis menyadari bahwa dalam pengerjaan dan penyelesaian tesis ini tidak dapat terwujud tanpa bantuan dan masukan dari berbagai pihak. Oleh karena itu pada kesempatan ini, dengan segala kerendahan hati penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu penulis dalam penyusunan tesis ini, secara khusus kepada:

1. Bapak Prof. Ir. Djoko Budiyanto, M.Eng., Ph.D selaku Ketua Program Studi Magister Informatika Universitas Atma Jaya Yogyakarta yang memberikan kesempatan untuk menempuh studi S2 baik dalam dukungan moril maupun materil kepada penulis.
2. Bapak Paulus Mudjihartono, ST., MT., Ph.D selaku Dosen Pembimbing I yang telah meluangkan waktu dan pikiran untuk membimbing penulis dalam menyelesaikan tesis ini.

3. Bapak Dr. Ir. Alb. Joko Santoso, M.T. selaku Dosen Pembimbing II yang telah meluangkan waktu dan pikiran untuk membimbing penulis dalam menyelesaikan tesis ini.
4. Seluruh Dosen dan Staf Pengajar Program Studi Magister Informatika Universitas Atma Jaya Yogyakarta yang telah membantu penulis selama masa kuliah.
5. Teman-teman seangkatan pada Fakultas Pascasarjana terkhususnya program studi Magister Informatika Universitas Atma Jaya Yogyakarta.
6. Kedua orang tua terkasih papa dan mama, kedua kakak dan adik serta keluarga besar lainnya yang selalu mendoakan dan memberikan dukungan dan semangat kepada penulis.
7. Teman-teman komunitas sel (Kakak Cella Tanudjaja, Rikayani, Ika Novika, Kakak Ivana Christy, Edo Pratama, dan yang lainnya) yang selalu mendoakan dan memberi kekuatan serta semangat.
8. Teman terdekat penulis yang dengan sabar selalu memberi arahan, dukungan, doa dan semangat: Leo Pascalino Ukru
9. Teman-teman Connect Grup Yogyakarta yang terus memberi semangat dan dukungan bagi penulis
10. Seluruh teman-teman, keluarga dan kerabat lainnya yang tidak dapat disebutkan namanya satu persatu.



Akhirnya penulis menyadari bahwa dalam penulisan karya tulis ini sangatlah jauh dari kesempurnaan yang diharapkan, dengan demikian segala saran dan kritik yang sifatnya membangun sangat penulis harapkan demi kesempurnaan penulisan ini. Semoga penulisan ini dapat bermanfaat bagi semua pembaca dan pihak yang berkepentingan.

Penulis



## DAFTAR ISI

LEMBAR JUDUL TESIS.....	i
LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PEMBIMBING .....	ii
LEMBAR PENGESAHAN TIM PENGUJI.....	iii
LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN TESIS.....	iv
INTISARI (ABSTRAK) .....	vi
KATA PENGANTAR .....	vii
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR TABEL .....	xiii
DAFTAR GAMBAR.....	xiv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang .....	2
1.2. Perumusan Masalah.....	3
1.3. Batasan Masalah.....	3
1.4. Keaslian Penelitian .....	4
1.5. Manfaat Penelitian.....	4
1.6 Tujuan Penelitian.....	5
1.7 Sistematika Penulisan.....	5

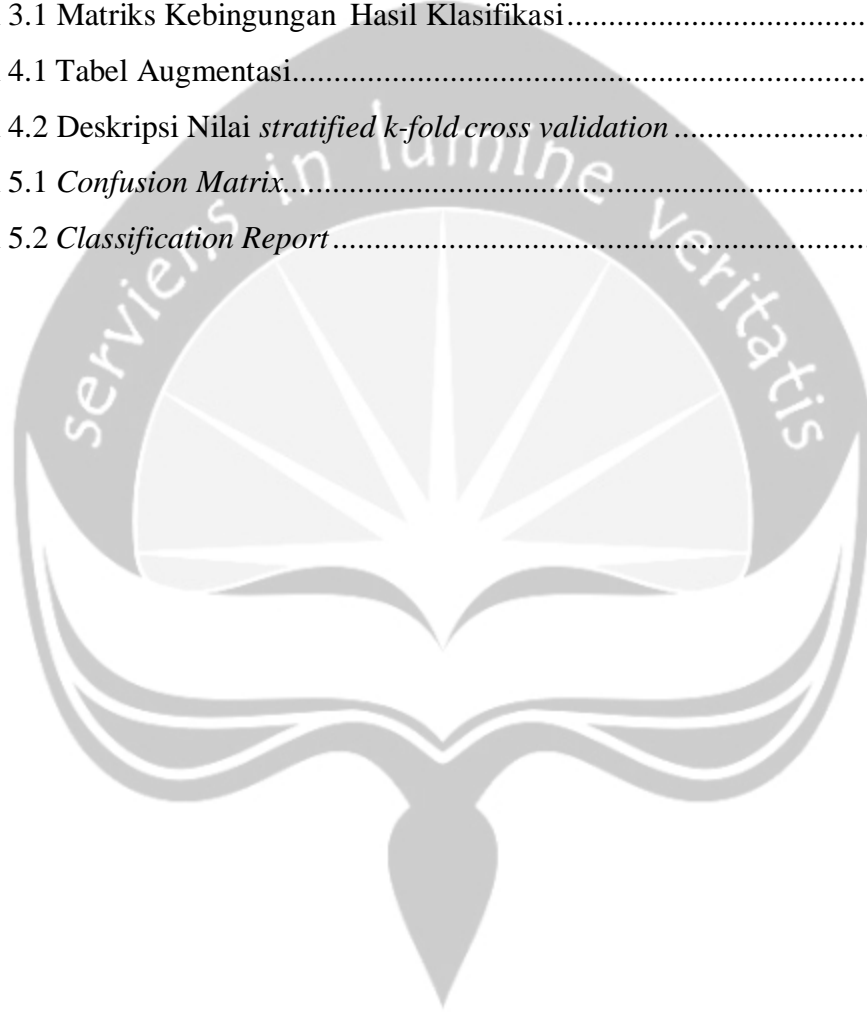
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA .....</b>	<b>7</b>
2.1. Tinjauan Pustaka .....	7
<b>BAB III LANDASAN TEORI .....</b>	<b>12</b>
3.1. Malaria .....	12
3.2. Artificial Intelligence.....	13
3.3. Machine Learning.....	14
3.4. Deep Learning .....	16
3.5. Computer Vision .....	18
3.6. Convolutional Neural Network .....	19
3.6.1 Convolution Layer .....	21
3.6.2 Pooling Layer .....	23
3.6.3 Fungsi Aktivasi.....	24
3.6.3 Fully Connected Layer.....	24
3.7. Dropout Regularization .....	25
3.8. Classification Performance Measure .....	26
<b>BAB IV METODOLOGI PENELITIAN .....</b>	<b>30</b>
4.1. Alat dan Bahan.....	30
4.1.1. Dataset .....	30
4.1.2. Perangkat Lunak.....	31
4.1.3. Perangkat Keras.....	31

4.2. Identifikasi Data dan Pra-Pemrosesan .....	31
4.3 Alur Implementasi Algoritma .....	34
4.4. Proses Pelatihan (Training).....	36
4.5. Proses Pengujian (Testing) .....	38
<b>BAB V HASIL DAN PEMBAHASAN.....</b>	<b>39</b>
5.1. Hasil Pelatihan .....	39
5.2. Hasil Pengujian .....	41
5.3. Inferensi .....	43
<b>BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>	<b>45</b>
6.1. Kesimpulan dan Saran .....	45
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>47</b>



## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Tinjauan Pustaka dari penelitian-penelitian sebelumnya .....	10
Tabel 3.1 Matriks Kebingungan Hasil Klasifikasi .....	27
Tabel 4.1 Tabel Augmentasi .....	33
Tabel 4.2 Deskripsi Nilai <i>stratified k-fold cross validation</i> .....	37
Tabel 5.1 <i>Confusion Matrix</i> .....	41
Tabel 5.2 <i>Classification Report</i> .....	42



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1 Tipe-tipe teknik <i>Machine Learning</i> .....	15
Gambar 3.2 Lapisan Layer Deep Learning .....	17
Gambar 3.3 Diagram hubungan AI, Komputer Visi dan <i>Machine Learning</i> .....	19
Gambar 3.4 Arsitektur CNN .....	20
Gambar 3.5 Ilustrasi <i>Convolutional Layer</i> .....	23
Gambar 3.6 Implementasi <i>dropout</i> dalam jaringan saraf.....	26
Gambar 4.1 Citra Sel Darah .....	30
Gambar 4.2 Citra hasil Identifikasi Dataset .....	33
Gambar 4.3 Alur Implementasi Penelitian.....	34
Gambar 4.4 Usulan Arsitektur Model CNN yang digunakan .....	35
Gambar 5.1 Grafik Loss pada proses pelatihan.....	40
Gambar 5.2 Grafik Akurasi pada proses pelatihan.....	40

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Malaria adalah salah satu penyakit infeksi menular serius yang mengancam kehidupan manusia. Penyakit ini disebabkan oleh *plasmodium* dari nyamuk *Anopheles* yang ditularkan melalui gigitan nyamuk tersebut. *Plasmodium* yang terbawa dari gigitan nyamuk *Anopheles* betina ini akan hidup dan berkembang biak di dalam sel darah merah manusia yang jika tidak ditangani dengan cepat dan tepat dapat menyebabkan kematian [1]. Berdasarkan data dari *World Health Organization* (WHO) kasus malaria di seluruh dunia hingga tahun 2018 mencapai 228 juta dengan jumlah kematian sebanyak 405.000 per tahun yang termasuk di dalamnya adalah Kawasan Asia Tenggara, khususnya Indonesia [2].

Melalui Pusat Data dan Informasi Kesehatan Kementerian RI, diperoleh informasi tren malaria di Indonesia sejak tahun 2011 terus mengalami penurunan, yang menunjukkan bahwa penanggulangan dan program pengendalian pemerintah telah cukup berhasil dilaksanakan. Akan tetapi morbiditas malaria yang ditentukan dengan *Annual Parasite Incidence* (API) jika dilihat berdasarkan provinsi menunjukkan wilayah Indonesia Bagian Timur merupakan daerah dengan API tertinggi, yaitu Papua, Papua Barat, NTT dan Maluku [3]. Hal ini yang

kemudian masih menjadi perhatian untuk terus diupayakannya program eliminasi khususnya di berbagai wilayah endemis tinggi malaria tersebut.

Penemuan terhadap kasus malaria dilakukan melalui konfirmasi hasil laboratorium yang menggunakan mikroskop ataupun *rapid diagnostic test*, yang hingga saat ini merupakan metode utama yang dilakukan untuk diagnosis malaria. Diagnosis dilakukan berdasarkan gejala klinis yang ditemukan seperti menggigil, demam, sakit kepala, lemas, dll, pemeriksaan darah maupun pemeriksaan lainnya [4]. Berbagai alat dan strategi dalam penanggulangan malaria akan sangat baik untuk mempercepat kemajuan upaya eliminasi dan penurunan kasus kematian akibat malaria, termasuk kemungkinan adanya inovasi dan alat baru untuk proses diagnosis maupun obat antimalaria yang lebih efektif [5].

Hal ini kemudian jika dikaitkan dengan bidang teknologi saat ini, *Artificial Intelligence* (AI) merupakan salah satu bidang ilmu yang turut memberikan inovasi di bidang medis. Berbagai penelitian menggunakan set data medis yang besar baik dalam melakukan pengelompokan data, *image analysis* dengan *machine learning* [6], ataupun mendiagnosis penyakit malaria secara otomatis berbasis komputer lainnya [4][7]. Selain daripada itu, *Deep learning* juga telah menjadi bagian dari penelitian banyak orang yang berkontribusi baik. Hal ini dikarenakan dalam analisis citra medis, metode inilah yang dianggap menarik dan yang paling efektif untuk digunakan, selain itu merupakan pendekatan



pembelajaran mesin terawasi (*supervised machine learning*) yang merupakan variasi dari model jaringan saraf tetapi dengan kesetaraan cukup besar dengan otak manusia [8].

Oleh sebab itu, untuk menjawab bagaimana memberikan inovasi dengan dataset medis yang besar dalam membantu usaha eliminasi malaria, penelitian ini bertujuan untuk melakukan klasifikasi dataset berupa gambar sel darah merah yang terinfeksi dan tidak terinfeksi malaria sebagai salah satu cara diagnosis malaria, dengan menggunakan algoritma *Convolutional Neural Network* (CNN). Sehingga dengan adanya penelitian ini, kiranya dalam pengembangannya ke depan dapat membantu dalam pengambilan keputusan serta upaya eliminasi malaria khususnya Wilayah Timur Indonesia.

## **1.2 Perumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang diatas maka masalah yang dapat dirumuskan adalah :

- a. Bagaimana mengklasifikasikan sel darah merah manusia ke dalam kelas terinfeksi malaria atau tidak terinfeksi Malaria, dengan menggunakan algoritma *Convolutional Neural Network* (CNN) ?
- b. Bagaimana validasi terhadap akurasi yang dihasilkan dari klasifikasi gambar sel darah merah tersebut?

## **1.3 Batasan Masalah**

Dari hasil perumusan masalah, diperoleh batasan masalah dalam penelitian ini yaitu sebagai berikut:

- a. Metode yang digunakan dalam melakukan proses klasifikasi gambar sel darah merah yang terinfeksi malaria dan tidak terinfeksi malaria ini adalah *Convolutional Neural Network (CNN)*.
- b. Dalam penelitian ini, dataset yang digunakan adalah Kaggle dataset.
- c. Dataset gambar yang digunakan berformat jpg dan terdiri dari 2 kelas yaitu citra dengan kondisi “*Infected*” dan “*Uninfected*”.

#### **1.4 Keaslian Penelitian**

Penelitian yang dilakukan oleh penulis tentang “KLASIFIKASI CITRA SEL DARAH MERAH TERINFEKSI MALARIA MENGGUNAKAN CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORK (CNN)” benar adanya dan belum pernah dilakukan oleh peneliti sebelumnya dan karya tulis yang pernah ada dijadikan penulis sebagai acuan dan referensi untuk melengkapi penelitian ini.

#### **1.5 Manfaat Penelitian**

Manfaat / kontribusi dalam penelitian ini adalah:

1. Bagi para dokter atau tim medis dan kesehatan sebagai alat bantu dalam melakukan identifikasi yang mendukung pengambilan keputusan berupa

langkah dan tindakan yang perlu dilakukan terhadap pasien penyakit malaria.

2. Bagi pemerintah sebagai upaya menekan jumlah penderita penyakit malaria khususnya bagi wilayah tinggi endemi malaria yaitu Indonesia Bagian Timur.
3. Bagi peneliti, hasil penelitian ini dapat memberikan kontribusi teoritis dalam ilmu pengetahuan sekaligus dapat digunakan sebagai literatur maupun pertimbangan bagi peneliti berikutnya.

### **1.6 Tujuan Penelitian**

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengklasifikasi gambar sel darah merah yang terinfeksi dan tidak terinfeksi malaria yang dapat digunakan dalam proses diagnosis penyakit malaria.

### **1.7 Sistematika Penulisan**

Laporan ini secara sistematis berdasarkan tata cara penulisan laporan yang telah ditetapkan oleh pihak Pascasarjana Universitas Atma Jaya Yogyakarta dengan urutan penyajian sebagai berikut:

#### **BAB I PENDAHULUAN**

Pada Bab ini dipaparkan masalah umum tentang penyusunan laporan tesis meliputi latar belakang, rumusan masalah, batasan masalah, keaslian

penelitian, manfaat penelitian, tujuan penelitian, serta sistematika penulisan laporan tesis.

## **BAB II TINJAUAN PUSTAKA**

Bab ini memuat tinjauan pustaka terkait dengan penelitian tesis yang dilakukan.

## **BAB III LANDASAN TEORI**

Bab ini memuat landasan teori terkait dengan penelitian tesis yang dilakukan.

## **BAB IV METODOLOGI PENELITIAN**

Bab ini berisi metodologi yang digunakan dalam penelitian tesis, mencakup pengumpulan data, langkah penelitian serta alur metode yang digunakan.

## **BAB V HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN**

Bab ini membahas mengenai proses pelatihan dan analisa proses pelatihan tersebut. Dilanjutkan dengan pengujian dan evaluasi hasil penelitian yang didapatkan.

## **BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN**

Bab ini merupakan bab akhir dari seluruh rangkaian laporan tesis yang di dalamnya berisi suatu kesimpulan atas penelitian yang dilakukan. Selain itu pada bagian ini juga akan dimuat saran-saran dari peneliti baik berupa kritik dan gagasan untuk penelitian dimasa yang akan datang.

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

Inovasi teknologi yang diberikan melalui ilmu pengetahuan dalam bidang medis kini semakin berkembang. Mulai dari *big data analytics*, *image analysis* dengan *machine learning*, pendeteksian dini terhadap berbagai penyakit, hingga proses klasifikasi maupun pengelompokan data medis melalui bidang *Artificial Intelligence* [9][10][11]. Penggunaan gambar medis adalah salah satu yang terbilang penting dalam melakukan proses pendeteksian terhadap suatu penyakit tertentu [8][12] termasuk di dalamnya penyakit Malaria. Sehingga dalam hal ini, berbagai penelitian pun dilakukan guna mendukung perkembangan dunia kesehatan untuk hal tersebut.

Vijayalakshmi A and Rajesh Kanna B (2020) dalam penelitiannya berkontribusi dengan merancang jaringan *Visual Geometry Group* (VGG)-SVM baru dengan transfer learning. Dimana jaringan ini diperkenalkan dengan lapisan atas *BTrain* dan membekukan strategi pembelajaran transfer lapisan lainnya. VGG berperan sebagai pre-trained model, sedangkan SVM sebagai target classifier. Objek yang digunakan dalam penelitian ini yaitu *Infected Malaria Falciparum Parasite* yang menghasilkan akurasi klasifikasi sebesar 93.1% [13].

Penelitian yang sama dilakukan oleh Shekar, Revathy, and Goud(2020)[14], yang menggunakan *thin blood smears* sebagai objeknya. Menggunakan 10 *cross-validation layer* dari CNN dengan membandingkan tiga jenis model CNN

berdasarkan keakuratannya kemudian memilih tingkat akurasi yang tepat dan tinggi. Ketiganya yaitu Basic CNN yang menghasilkan akurasi 94.3%, VGG-19 Frozen CNN 94.3%, dan VGG-19 *Fine Tune* CNN dengan akurasi tertinggi yaitu 96.4%. Mengangkat masalah pencegahan malaria melalui deteksi dini dengan dataset yang sama dengan peneliti sebelumnya, Kalkan and Sahingoz (2019) mempertimbangkan masalah kritis di daerah pedesaan yang bergantung pada pengalaman ahli patologis, menggunakan model pembelajaran deep learning CNN dengan 5 *fold cross-validation* dan 20 *epoch* juga memperoleh akurasi yang cukup baik yaitu 95% [15]. Sedangkan Liang et al.,(2017) dengan new 16 layer CNN modelnya mencapai 97.37% akurasi dalam penelitian mereka [16].

Menyajikan tiga tahapan baru dalam proses diagnosis penyakit malaria, Delgado-Ortet et al., (2020) menggunakan *red blood cells* untuk menerapkan *Segmentation Neural Network* (SNN) untuk *image segmentation* dengan 93.72% akurasi dan metode CNN untuk klasifikasi gambar 87.04% [17]. Berbeda halnya dengan Suriya, Chandran, and Sumithra(2019) yang mengusulkan *Deep Convolutional Neural Network* yang berfokus dengan membandingkan kerugian validasi (*validation loss*) dan akurasi dengan menyetel *hyper-parameter* untuk mengklasifikasikan gambar serta menghitung Koefisien Kappa dan koefisien korelasi Matthew [18]. Akurasi yang diperoleh sebesar 98.9%. Dong et al., (2017) hadir dengan penelitian serupa dengan melakukan evaluasi terhadap tiga jenis CNN yang terkenal diantaranya *LeNet*, *AlexNet*, dan *GoogLeNet* serta metode SVM digunakan sebagai pembanding. Menghasilkan akurasi *LeNet*

96.18%, *AlexNet* 95.79%, *GoogleLeNet* 98.13%, and SVM 91.66% [25]. *Transfer Learning ResNet50* sebagai salah satu metode pembelajaran *pre-trained CNN* juga diusulkan dengan capaian akurasi sebesar 95.4%. (Sai Bharadwaj Reddy and Sujitha Juliet, 2019) [19].

Kontribusi lain diberikan Yang et al., (2019), dalam penelitian mereka yang mengusulkan proses diagnosis menggunakan *smartphone*. Dimana tahapan identifikasi kandidat parasit menggunakan metode *Iterative Global Minimum Screening* (IGMS) dan untuk proses klasifikasi digunakan *Convolutional Neural Network* (CNN) yang disesuaikan [20]. Pada *level patch* dan level pasien masing - masing capaian akurasi adalah 97% dan 78%. Penelitian lain juga memberikan usulan penggunaan model CNN 12 *layer* dengan menerapkan *gamma correction* dan *logarithmic correction* pada tahap pra pemrosesan data memperoleh capaian akurasi dalam pelatihan 99.71% dan akurasi pada data uji sebesar 98.23% (Kumar, Singh, and Khamparia, 2018) [21].

Usulan penggunaan dilatasi kernel berbasis CNN baru dan kuat yang ditujukan untuk proses klasifikasi sel darah merah terinfeksi dan tidak terinfeksi juga disampaikan oleh Abdul Qayyum, Islam and Haque (2019) [22] yang akurasi mencapai 96.05%. Diikuti dengan penggunaan metode *Multi-Magnification Deep Residual Network* (MM-ResNet) yang memberikan kontribusi diantaranya pengklasifikasi eritrosit multi-pembesaran menggunakan *deep CNN* dan kerangka kerja MM-ResNet dengan akurasi sebesar 98.08% oleh Pattanaik et al., (2020) [23].

Tabel 2.1 Tinjauan Pustaka dari penelitian-penelitian sebelumnya

Peneliti (Tahun)	Objek / Domain	Metode	Akurasi
Vijayalakshmi A and Rajesh Kanna B, 2020[13]	Infected Malaria Falciparum Parasite	CNN – Transfer Learning ( VGG19, SVM)	93.1%
Shekar, Revathy and Goud, 2020[14]	Thin blood smears	Basic CNN, VGG-19 Frozen CNN, dan VGG-19 Fine Tune CNN	Basic CNN dan VGG-19 Frozen CNN 94.3% ; VGG-19 Fine Tune CNN 96.4%
Kalkan and Sahigoz, 2019; Liang et al., 2017 [15][16]	Thin blood smears	CNN ; 16 layer CNN	95% ; 97.37%
Delgado-Ortet et al., 2020[17]	Red blood cells	Segmentation Neural Network (SNN) untuk segmentasi citra dan metode CNN untuk klasifikasi citra	SNN 93.72% , CNN 87.04%
Suriya, Chandran and Sumithra, 2019 [18]	Infected blood smear image	Deep CNN	98.9%
Dong et al., 2017[24]	Red blood cells	Evaluasi CNN (LeNet, AlexNet, GoogleLeNet) dibandingkan dengan SVM	LeNet 96.18%, AlexNet 95.79%, GoogleLeNet 98.13% , dan SVM 91.66%
Sai Bharadwaj Reddy and Sujitha Juliet, 2019 [19]	Infected blood smear image	Transfer Learning ResNet50	95.4%
Yang et al., 2019 [20]	Blood smear image (Diambil dengan kamera smartphone saat dipasang ke lensa mata mikroskop)	Mengidentifikasi kandidat parasit menggunakan metode Iterative Global Minimum Screening (IGMS) dan klasifikasi dengan CNN	97% dan 78%
Kumar, Singh and Khamparia, 2018 [21]	Thin blood smear image	CNN (12 layer), menerapkan gamma	98.23%



Peneliti (Tahun)	Objek / Domain	Metode	Akurasi
		correction dan logaritmic correction	
Abdul Qayyum, Islam and Haque, 2019 [22]	Blood smear image	Kernel Dilation berbasis CNN	96.05%
Pattanaik et al., 2020 [23]	Blood smear image	Multi-Magnification Deep Residual Network (MM-ResNet)	98.08%

Berbagai usulan algoritma dan metode yang digunakan dalam penelitian-penelitian sebelumnya menggunakan algoritma CNN secara umum, *pre-trained* dan *transfer learning*, menambahkan metode pendukung lain, serta melakukan perbandingan dari beberapa algoritma yang ada. Sehingga mempertimbangkan hal tersebut, penelitian ini memberikan usulan metode CNN yang ditingkatkan melalui proses pengolahan data dan penggunaan *dropout regularization* dalam algoritma yang digunakan.

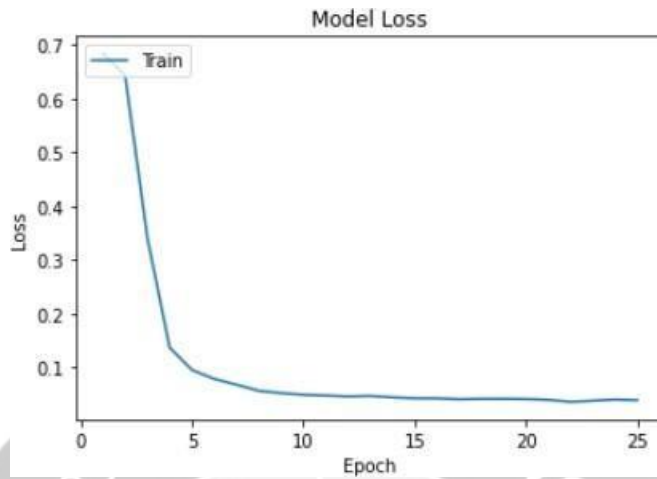
## BAB V

### HASIL & PEMBAHASAN

Pengenalan citra sel darah merah yang terinfeksi dan tidak terinfeksi malaria menggunakan *deep learning* CNN dengan algoritma yang diusulkan berhasil dilakukan dengan perolehan akurasi sebesar 0.9901 atau 99.01%. Pengujian dilakukan terhadap citra dalam dua kelas berbeda sama seperti tahap pelatihan. Proses pelatihan dan pengujian dipaparkan lebih detail dalam penjelasan berikut.

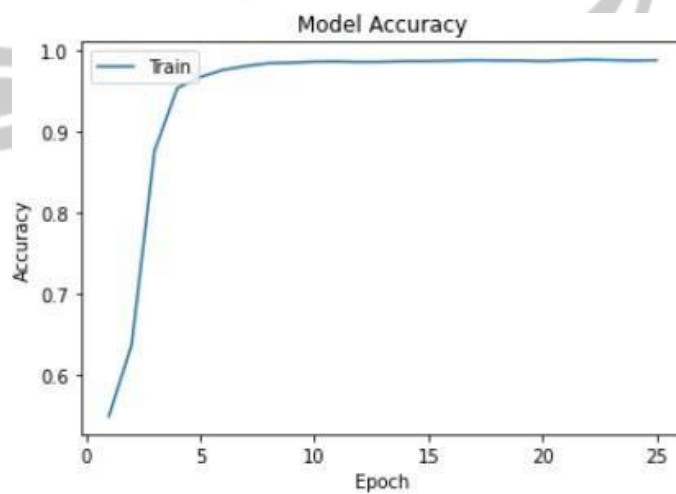
#### 5.1 Hasil Pelatihan

Pada bagian ini, implementasi model CNN yang dilakukan terhadap citra dalam folder *train* yang telah dibagi menggunakan *stratified k-fold cross validation* sebanyak 5 fold dengan proses pelatihan jaringan menggunakan 25 epoch membutuhkan waktu selama 8 jam 30 menit 94 detik pada *google colab*. Dari hasil pelatihan ini, terlihat grafik loss dan akurasi diperoleh. Berikut grafik loss dari proses pelatihan :



**Gambar 5.1** Grafik Loss pada proses pelatihan

Pada gambar 5.1 diatas dapat terlihat bahwa grafik loss yang diperoleh menunjukan performa yang cukup baik dimana penurunan signifikan loss model dari kondisi awal 0.6844 perlahan menurun dan stabil hingga 0.0387 pada iterasi terakhir.



**Gambar 5.2** Grafik Akurasi pada proses pelatihan

Untuk hasil akurasi dalam grafik model akurasi pada gambar 5.2 pun memberikan performa yang baik sejak iterasi pertama. Akurasi yang dimulai dengan 0.5496 atau 54.96% yang secara perlahan mulai naik dan stabil ke nilai akurasi 0.9884 pada iterasi terakhir. Selanjutnya dari pelatihan model jaringan tersebut, dilakukan pengujian menyeluruh. Uji validasi (*test*) terhadap data pelatihan menghasilkan nilai prediksi yang cukup baik yaitu akurasi mencapai 0.984315 ( 98.43%). Nilai *precision* 0.984337 dan *f1-score* 0.984315.

## 5.2 Hasil Pengujian

Bagian ini memaparkan hasil pengujian terhadap 5.260 citra dalam folder *test* dengan jumlah iterasi yang sama yaitu sebanyak 25 *epoch*. Pengujian dilakukan menggunakan hasil pelatihan dari model pembelajaran yang disimpan sebelumnya. Waktu yang diperlukan selama pengujian yaitu 94.17 detik. Hasil pengujian mampu mencapai tingkat akurasi sebesar 0.9901 atau 99.01%. Detail hasil pengujian kemudian disajikan dalam matriks evaluasi berikut ini:

**Tabel 5.1** *Confusion Matrix*

Prediction Value	Actual Value	
	Positive Class (Infected)	Negative Class (Uninfected)
Positive Class (Infected)	2604	26
Negative Class (Uninfected)	29	2601

Pada tabel 5.1 diatas, ditunjukkan bahwa dalam proses identifikasi citra sel darah merah, sebanyak 2604 yang benar-benar citra sel darah merah yang terinfeksi terprediksi benar oleh jaringan model pembelajaran sebagai sel darah yang terinfeksi malaria. Nilai aktual citra terinfeksi malaria yang diprediksi sebagai sel tidak terinfeksi malaria sebanyak 29, selanjutnya sebanyak 26 sel darah dengan nilai aktual tidak terinfeksi malaria dikenali sebagai citra yang terinfeksi dan 2601 citra yang benar-benar masuk dalam kelas tidak terinfeksi, teridentifikasi dengan benar.

Selain nilai akurasi, diperoleh juga nilai *precision*, *recall* dan *f-1 score* dari *confusion matrix* yang ada. Berikut ini tabel hasil klasifikasinya:

**Tabel 5.2** *Classification Report*

	Precision	Recall	F1-score
Infected	0.9889	0.9901	0.9894
Uninfected	0.9938	0.9889	0.9901
<b>Avg/total</b>	<b>0.99135</b>	<b>0.9895</b>	<b>0.98975</b>

Nilai presisi (*precision*) yang digambarkan dalam tabel 5.2 diatas menampilkan tingkat keakuratan antara data yang diminta dengan hasil yang diprediksi oleh model dimana untuk kelas citra terinfeksi (*infected*) 0.9889 dan kelas tidak terinfeksi (*uninfected*) terprediksi 0.9938 sehingga nilai rata-rata presisi yang diperoleh sebesar 0.99135 atau 99.13%. Perolehan nilai presisi dapat dijelaskan dalam perhitungan dengan persamaan berikut:

Selanjutnya adalah nilai *recall* yaitu keberhasilan model dalam menemukan kembali sebuah informasi yang tergambar dalam tabel hasil klasifikasi diatas pada kelas terinfeksi (*infected*) 0.9901 dan tidak terinfeksi (*uninfected*) memperoleh nilai yaitu 0.9889 dan rata-rata *recall* yang diperoleh sebesar 0.9895 atau 98.95% terprediksi dengan baik.

Nilai yang terakhir ditampilkan dalam tabel 5.2 adalah nilai f1-score. F1 score merupakan nilai rata-rata tertimbang dari nilai *presicion* dan *recall*. Yang nilainya ditunjukkan dalam tabel dengan hasil yaitu 0.9894 untuk kelas terinfeksi (*infected*) dan 0.9901 untuk kelas tidak terinfeksi (*uninfected*). Rata-rata nilai *f1-score* yang diperoleh adalah 0.98975 atau 98.97%.

Penelitian ini menunjukkan bahwa usulan model pembelajaran yang digunakan berjalan cukup baik dalam pelatihan jaringan maupun pengujian. Selain penggunaan *dropout regularization*, fungsi aktivasi dan *optimizer* juga turut mendukung. Tak kalah pentingnya dengan tahapan pra pemrosesan. Seluruh aspek mulai dari awal hingga model dijalankan berperan penting sehingga diperoleh nilai akurasi sebesar 0.9901 atau 99.01%.

### **5.3 Inferensi**

Dalam konteks *deployment* aplikasi, inferensi ditujukan untuk menguji jaringan pembelajaran agar dapat mengklasifikasi citra sel darah merah dengan mengumpankan gambar sel darah merah manusia yang benar-benar baru dan diluar

set data yang telah digunakan sebelumnya dalam pelatihan maupun pengujian. Akan tetapi sebagai keterbatasan dalam penelitian ini, proses inferensi belum diterapkan. Sehingga kedepan dapat dilakukan pengembangan penelitian dengan menerapkan proses tersebut.



## BAB VI

### KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil eksperimen yang telah dilakukan dalam penelitian, maka dapat disimpulkan bahwa:

1. Citra sel darah merah yang terinfeksi (berparasit) dan tidak terinfeksi dapat diklasifikasi dengan baik oleh usulan model yang digunakan dalam jaringan pembelajaran.
2. Penggunaan *dropout regularization* sebagai cara memperbaiki jaringan melalui usulan yang ada memberikan hasil yang baik. Peningkatan signifikan yang dihasilkan dari penggunaan *dropout* dengan regularisasi *max-norm* tidak terlepas dari angka *learning rate* dan nilai *momentum*. Hal ini ditandai dengan tingginya akurasi yang diperoleh dalam evaluasi sebesar 0.9901 atau 99.01%.
3. Tahapan pra pemrosesan dan augmentasi data juga memberikan pengaruh penting lainnya dalam keberhasilan pengenalan citra sel darah merah terinfeksi malaria dalam penelitian ini.

Sebagai saran penelitian kedepan, dapat dilakukan pengembangan dengan mencoba melihat perbandingan penggunaan fungsi aktivasi lainnya dengan model yang diusulkan, berbagai jaringan *pre-trained* CNN maupun implementasinya



menggunakan aplikasi yang terhubung ke *smartphone* agar lebih memudahkan kedepan.



## DAFTAR PUSTAKA

- [1] C. R. A. Widiawati, H. A. Nugroho, and I. Ardiyanto, "Plasmodium detection methods in thick blood smear images for diagnosing Malaria: A review," *Proc. - 2016 1st Int. Conf. Inf. Technol. Inf. Syst. Electr. Eng. ICITISEE 2016*, pp. 142–147, 2016.
- [2] World Health Organization, *World Malaria Report*. 2019.
- [3] I. 2442-7659 Pusat Data Kesehatan dan Informasi, Indonesia, Kementerian Kesehatan Republik, "InfoDatin-Malaria-2016.pdf." 2016.
- [4] Z. Jan, A. Khan, M. Sajjad, K. Muhammad, S. Rho, and I. Mehmood, "A review on automated diagnosis of malaria parasite in microscopic blood smears images," *Multimed. Tools Appl.*, vol. 77, no. 8, pp. 9801–9826, 2018.
- [5] World Health Organization, "World Malaria Report 2019. Geneva.," no. December, pp. 1–232, 2019.
- [6] M. Poostchi, K. Silamut, R. J. Maude, S. Jaeger, and G. Thoma, "Image analysis and machine learning for detecting malaria," *Transl. Res.*, vol. 194, no. 2018, pp. 36–55, 2018.
- [7] G. Madhu, *Computer Vision and Machine Learning Approach for Malaria Diagnosis in Thin Blood Smears from Microscopic Blood Images*. 2020.
- [8] M. I. Razzak, S. Naz, and A. Zaib, "Deep Learning for Medical Image Processing: Overview, Challenges and the Future BT - Classification in BioApps: Automation of Decision Making," *Springer*, pp. 323–350, 2018.
- [9] M. Fatima and M. Pasha, "Survey of Machine Learning Algorithms for

- Disease Diagnostic,” *J. Intell. Learn. Syst. Appl.*, vol. 09, no. 01, pp. 1–16, 2017.
- [10] M. Chen, Y. Hao, K. Hwang, L. Wang, and L. Wang, “Disease Prediction by Machine Learning over Big Data from Healthcare Communities,” *IEEE Access*, vol. 5, no. c, pp. 8869–8879, 2017.
- [11] R. Thota, S. Vaswani, A. Kale, and N. Vydyanathan, *Machine Intelligence and Signal Processing*, vol. 390. 2016.
- [12] W. A. Mustafa, R. Santiagoo, I. Jamaluddin, N. S. Othman, W. Khairunizam, and M. N. K. H. Rohani, “Comparison of Detection Method on Malaria Cell Images,” *2018 Int. Conf. Comput. Approach Smart Syst. Des. Appl. ICASSDA 2018*, pp. 1–6, 2018.
- [13] Vijayalakshmi A and Rajesh Kanna B, “Deep learning approach to detect malaria from microscopic images,” *Multimed. Tools Appl.*, vol. 79, no. 21–22, pp. 15297–15317, 2020.
- [14] G. Shekar, S. Revathy, and E. K. Goud, “Malaria Detection using Deep Learning,” no. Icoei, pp. 746–750, 2020.
- [15] S. C. Kalkan and O. K. Sahingoz, “Deep learning based classification of malaria from slide images,” *2019 Sci. Meet. Electr. Biomed. Eng. Comput. Sci. EBBT 2019*, pp. 1–4, 2019.
- [16] Z. Liang *et al.*, “CNN-based image analysis for malaria diagnosis,” *Proc. - 2016 IEEE Int. Conf. Bioinforma. Biomed. BIBM 2016*, pp. 493–496, 2017.
- [17] M. Delgado-Ortet, A. Molina, S. Alférez, J. Rodellar, and A. Merino, “A Deep Learning Approach for Segmentation of Red Blood Cell Images and Malaria Detection,” *Entropy*, vol. 22, no. 6, p. 657, 2020.

- [18] M. Suriya, V. Chandran, and M. G. Sumithra, "Enhanced deep convolutional neural network for malarial parasite classification," *Int. J. Comput. Appl.*, vol. 0, no. 0, pp. 1–10, 2019.
- [19] A. Sai Bharadwaj Reddy and D. Sujitha Juliet, "Transfer learning with RESNET-50 for malaria cell-image classification," *Proc. 2019 IEEE Int. Conf. Commun. Signal Process. ICCSP 2019*, pp. 945–949, 2019.
- [20] F. Yang, H. Yu, K. Silamut, R. J. Maude, S. Jaeger, and S. Antani, *Smartphone-Supported Malaria Diagnosis Based on Deep Learning*, vol. 1. 2019.
- [21] R. Kumar, S. K. Singh, and A. Khamparia, *Malaria Detection Using Custom Convolutional Neural Network Model on Blood Smear Slide Images*, vol. 956. 2018.
- [22] A. Bin Abdul Qayyum, T. Islam, and M. A. Haque, "Malaria Diagnosis with Dilated Convolutional Neural Network Based Image Analysis," *BECITHCON 2019 - 2019 IEEE Int. Conf. Biomed. Eng. Comput. Inf. Technol. Heal.*, pp. 68–72, 2019.
- [23] P. A. Pattanaik, M. Mittal, M. Z. Khan, and S. N. Panda, "Malaria detection using deep residual networks with mobile microscopy," *J. King Saud Univ. - Comput. Inf. Sci.*, 2020.
- [24] Y. Dong *et al.*, "Evaluations of deep convolutional neural networks for automatic identification of malaria infected cells," *2017 IEEE EMBS Int. Conf. Biomed. Heal. Informatics, BHI 2017*, pp. 101–104, 2017.
- [25] Kementerian Kesehatan RI, "Epidemiologi Malaria di Indonesia," *Bul. Jendela Data dan Inf. Kesehat.*, no. ISSN 2088-270x, 2011.
- [26] Stuart J. Russell and P. Norvig, *Artificial intelligence A Modern Approach* -

*Third Edition*. 2010.

- [27] A. Géron, *Hands-On Machine Learning with Scikit-Learn and TensorFlow*. O'Reilly Media, 2017.
- [28] P. Kim, *MATLAB Deep Learning*. 2017.
- [29] A. Shrestha and A. Mahmood, "Review of deep learning algorithms and architectures," *IEEE Access*, vol. 7, pp. 53040–53065, 2019.
- [30] L. Nanni, S. Ghidoni, and S. Brahnam, "Handcrafted vs. non-handcrafted features for computer vision classification," *Pattern Recognit.*, vol. 71, pp. 158–172, 2017.
- [31] G. Dhingra, V. Kumar, and H. D. Joshi, "A novel computer vision based neutrosophic approach for leaf disease identification and classification," *Meas. J. Int. Meas. Confed.*, vol. 135, pp. 782–794, 2019.
- [32] M. Oudah, A. Al-Naji, and J. Chahl, "Hand Gesture Recognition Based on Computer Vision: A Review of Techniques," *J. Imaging*, vol. 6, no. 8, p. 73, 2020.
- [33] Y. H. Tseng and S. S. Jan, "Combination of computer vision detection and segmentation for autonomous driving," *2018 IEEE/ION Position, Locat. Navig. Symp. PLANS 2018 - Proc.*, pp. 1047–1052, 2018.
- [34] D. Rong, L. Xie, and Y. Ying, "Computer vision detection of foreign objects in walnuts using deep learning," *Comput. Electron. Agric.*, vol. 162, no. May, pp. 1001–1010, 2019.
- [35] Linda Shapiro and G. Stockman, "Computer Vision," vol. 9, 2000.
- [36] J. Brownlee, "A Gentle Introduction to Computer Vision," *Machine Learning Mastery*. pp. 1–13, 2019.

- [37] Q. Quan, J. Wang, and L. Liu, "An Effective Convolutional Neural Network for Classifying Red Blood Cells in Malaria Diseases," *Interdiscip. Sci. Comput. Life Sci.*, vol. 12, no. 2, pp. 217–225, 2020.
- [38] S. Albawi and T. A. Mohammed, "Understanding of a Convolutional Neural Network," 2017.
- [39] T. Guo, J. Dong, and H. Li, "Simple Convolutional Neural Network on Image Classification," pp. 721–724, 2017.
- [40] S. Samuel, "Pengenalan Deep Learning Part 7 : Convolutional Neural Network (CNN) | Medium." 2017.
- [41] "Convolutional Networks," pp. 326–366, 1989.
- [42] R. Kestur, A. Meduri, and O. Narasipura, "Engineering Applications of Artificial Intelligence MangoNet: A deep semantic segmentation architecture for a method to detect and count mangoes in an open orchard," *Eng. Appl. Artif. Intell.*, vol. 77, no. August 2018, pp. 59–69, 2019.
- [43] F. Farhadi, V. P. Nia, and A. Lodi, "Activation Adaptation in Neural Networks," 2018.
- [44] N. Srivastava, G. Hinton, A. Krizhevsky, I. Sutskever, and R. Salakhutdinov, "Dropout: A Simple Way to Prevent Neural Networks from Overfitting," *Phys. Lett. B*, vol. 299, no. 3–4, pp. 345–350, 2014.
- [45] N. Dang, V. Saraf, A. Khanna, D. Gupta, and T. H. Sheikh, *Malaria Detection on Giemsa-Stained Blood Smears Using Deep Learning and Feature Extraction*, vol. 2. Springer, 2018.
- [46] K. S. Bhargav, "Application of Machine Learning Classification Algorithms on Hepatitis Dataset," *Int. J. Appl. Eng. Res.*, vol. 13, no. 16, pp. 12732–

12737, 2018.

[47] K. M. F. Fuhad, J. F. Tuba, M. R. A. Sarker, S. Momen, N. Mohammed, and T. Rahman, “Deep learning based automatic malaria parasite detection from blood smear and its smartphone based application,” *Diagnostics*, vol. 10, no. 5, 2020.

[48] A. Rahman *et al.*, “Improving Malaria Parasite Detection from Red Blood Cell using Deep Convolutional Neural Networks,” pp. 1–33, 2019.

<https://www.deeplearningbook.org/contents/convnets.html>

