KLASIFIKASI PENYAKIT MALARIA BERDASARKAN CITRA SEL DARAH MENGGUNAKAN RESNET34

KERJA PRAKTEK

Diajukan untuk Memenuhi Persyaratan Akademik dalam

Menyelesaikan Pendidikan pada Program Studi

S1 Teknik Informatika Universitas Kristen Maranatha

Oleh

**Stefanus Hermawan**

**1772023**



**PROGRAM STUDI S1 TEKNIK INFORMATIKA**

**FAKULTAS TEKNOLOGI INFORMASI**

**UNIVERSITAS KRISTEN MARANATHA**

**BANDUNG**

**2020**

# LEMBAR PENGESAHAN

**Klasifikasi Penyakit Malaria Berdasarkan Citra Sel Darah Menggunakan ResNet34**

**Dengan ini, saya menyatakan bahwa  
isi CD ROM Laporan Penelitian sama dengan hasil revisi akhir**

**Bandung, Tanggal Bulan 2020**

**(Stefanus Hermawan)**

**(1772023)**

**Menyetujui,**

|  |
| --- |
| **Pembimbing I** |
|  |
| **Hendra Bunyamin S. Si., M. T.** |
| **NIK: 730001** |
|  |
| **Penguji I** |
|  |
| **Nama dan Gelar Dosen** |
| **NIK: NIK Dosen** |

**Mengetahui,**

**Ketua Program Studi S1 Teknik Informatika**

**Robby Tan, S.T., M.Kom.**

**NIK: 720307**

# PERNYATAAN ORISINALITAS LAPORAN PENELITIAN

Dengan ini, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Nama | : | Stefanus Hermawan |
| NRP | : | 1772023 |
| Fakultas/ Program Studi | : | Teknologi Informasi/ S1 Teknik Informatika |

Menyatakan bahwa laporan penelitian ini adalah benar merupakan hasil karya saya sendiri dan bukan duplikasi dari orang lain.

Apabila pada masa mendatang diketahui bahwa pernyataan ini tidak benar adanya, saya bersedia menerima sanksi yang diberikan dengan segala konsekuensinya.

Demikian pernyataan ini saya buat.

Bandung, Tanggal Bulan Tahun

Stefanus Hermawan

NRP: 1772023

# PERNYATAAN PUBLIKASI LAPORAN PENELITIAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Nama | : | Stefanus Hermawan |
| NRP | : | 1772023 |
| Fakultas/ Program Studi | : | Teknologi Informasi/ S1 Teknik Informatika |

Dengan ini, saya menyatakan bahwa:

1. Demi perkembangan ilmu pengetahuan, saya menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Kristen Maranatha Hak Bebas Royalti non eksklusif (*Non* *Exclusive* *Royalty* *Free* *Right*) atas laporan penelitian saya yang berjudul Klasifikasi Penyakit Malaria Berdasarkan Citra Sel Darah Menggunakan ResNet34.
2. Universitas Kristen Maranatha Bandung berhak menyimpan, mengalihmediakan/ mengalihformatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), mendistribusikannya, serta menampilkannya dalam bentuk *softcopy* untuk kepentingan akademis tanpa perlu meminta izin dari saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/ pencipta.
3. Saya bersedia dan menjamin untuk menanggung secara pribadi tanpa melibatkan pihak Universitas Kristen Maranatha Bandung, segala bentuk tuntutan hukum yang timbul atas pelanggaran hak cipta dalam karya ilmiah saya ini.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya dan untuk dapat dipergunakan sebagaimana mestinya.

Bandung, Tanggal Bulan Tahun

Stefanus Hermawan

NRP: 1772023

# PRAKATA

Puji syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa atas pertolongan-Nya, penulisan dengan judul “Klasifikasi Penyakit Malaria Berdasarkan Citra Sel Darah Menggunakan ResNet34“ dapat selesai sesuai dengan waktu yang ditentukan sebagai salah satu syarat kelulusan mata kuliah Kerja Praktek.

Selama pembuatan laporan ini banyak kendala yang dialami, akan tetapi berkat bimbingan dari Bapak Dr. Hapnes Toba, M.Sc. sebagai dosen pembimbing, maka kendala tersebut dapat diselesaikan. Terima kasih sebesar-besarnya kepada Bapak Dr. Hapnes Toba, M.Sc. selaku dosen pembimbing yang telah meluangkan waktu dan juga pikirannya dalam memberikan bimbingan dan saran yang berarti kepada penulis. Ucapan terima kasih selanjutnya penulis sampaikan kepada:

1. Bapak Dr. Hapnes Toba, M.Sc. selaku Dekan Fakultas Teknologi Informasi Universitas Kristen Maranatha.
2. Bapak Robby Tan, S.T., M.Kom. selaku Ketua Program Studi S1 Teknik Informatika Fakultas Teknologi Informasi Univesitas Kristen Maranatha.
3. Bapak Hendra Bunyamin S. Si., M.T. selaku dosen pembimbing.
4. Teman-teman baik saya yang tidak dapat disebutkan satu per satu.

Setiap orang tentu mempunyai kekurangan dan tidak luput dari kesalahan, oleh karena itu kritik dan saran dari pihak lainnya diperlukan untuk menyempurnakan laporan ini yang jauh dari sempurna. Semoga dengan adanya laporan ini, semua pihak yang membaca mendapatkan sesuatu yang berguna. Tuhan Yesus memberkati.

Bandung, tanggal bulan tahun

Stefanus Hermawan

# ABSTRAK

(Style: abstrak) Jumlah kata pada abstrak adalah 150-200 kata. Gunakanlah style abstrak. Pada prinsipnya, abstrak akan memberikan rangkuman dari laporan Anda secara keseluruhan. Jika seseorang membaca abstrak, maka pembaca akan tahu apa keseluruhan isi laporan dari latar belakang sampai simpulan dan saran. Abstrak disarankan untuk memuat hal-hal berikut ini yaitu pokok masalah yang dibahas (Mengapa melakukan KP/ TA dengan topik ini?); tujuan pembahasan (Apa yang ingin dicapai?); teori yang digunakan, sumber data; metode dan teknik penelitian (metode adalah cara menganalisis/ memecahkan sedangkan teknik penelitian adalah cara pengumpulan data); temuan ilmiah/ jawaban pembahasan/ hasil dan simpulan yang dicapai.

Kata kunci: frase 1, frase 2, dst. (maksimum 6, urutkan abjad)

# ABSTRACT

(Style: Abstract) Jumlah kata pada abstract adalah 150-200 kata. Abstract Bahasa Inggris harus dibuat sesuai dengan abstrak Bahasa Indonesia-nya. Harap menggunakan English grammar yang baik dan benar. Tidak disarankan menggunakan Google Translate karena belum tentu sesuai dengan kalimat yang dimaksud. Namun Google Translate bisa membantu Anda untuk mencari kata-kata yang Anda tidak tahu Bahasa Inggris-nya.

Keywords: phrase 1, phrase 2, etc. (max 6 phrases, sorted alphabetically)

# DAFTAR ISI

[LEMBAR PENGESAHAN i](#_Toc41164369)

[PERNYATAAN ORISINALITAS LAPORAN PENELITIAN ii](#_Toc41164370)

[PERNYATAAN PUBLIKASI LAPORAN PENELITIAN iii](#_Toc41164371)

[PRAKATA iv](#_Toc41164372)

[ABSTRAK v](#_Toc41164373)

[ABSTRACT vi](#_Toc41164374)

[DAFTAR ISI vii](#_Toc41164375)

[DAFTAR GAMBAR x](#_Toc41164376)

[DAFTAR TABEL xi](#_Toc41164377)

[DAFTAR NOTASI/ LAMBANG xii](#_Toc41164378)

[DAFTAR SINGKATAN xiii](#_Toc41164379)

[DAFTAR ISTILAH xiv](#_Toc41164380)

[BAB 1 PENDAHULUAN 1](#_Toc41164381)

[1.1 Latar Belakang 1](#_Toc41164382)

[1.2 Rumusan Masalah 1](#_Toc41164383)

[1.3 Tujuan Pembahasan 2](#_Toc41164384)

[1.4 Ruang Lingkup 2](#_Toc41164385)

[1.5 Sumber Data 2](#_Toc41164386)

[1.6 Sistematika Penyajian 3](#_Toc41164387)

[BAB 2 KAJIAN TEORI 4](#_Toc41164388)

[2.1 *Residual Neural Networks* 4](#_Toc41164389)

[2.2 *Learning Rate Finder* 4](#_Toc41164390)

[*2.3 Fastai* 5](#_Toc41164391)

[*2.4 Flask* 5](#_Toc41164392)

[2.5 Google Colaboratory 6](#_Toc41164393)

[2.6 Freelancer – Bootstrap Theme 7](#_Toc41164394)

[2.7 Dataset 7](#_Toc41164395)

[BAB 3 ANALISIS DAN RANCANGAN SISTEM 8](#_Toc41164396)

[3.1 *Data Preprocessing* 8](#_Toc41164397)

[3.2 Pelatihan Model 8](#_Toc41164398)

[3.3 Cara Kerja Sistem 9](#_Toc41164399)

[3.4 Rancangan Tampilan Website 12](#_Toc41164400)

[3.4.1 Rancangan Tampilan Utama 12](#_Toc41164401)

[3.4.2 Rancangan Tampilan *Prediction Result* 13](#_Toc41164402)

[BAB 4 IMPLEMENTASI 14](#_Toc41164403)

[4.1 Implementasi *Data Preprocessing* 14](#_Toc41164404)

[4.2 Implementasi Pelatihan Model 15](#_Toc41164405)

[*4.3* Implementasi *Website* 18](#_Toc41164406)

[4.3.1 Struktur *Folder* *Website* 19](#_Toc41164407)

[4.3.2 Implementasi *Backend Website* 20](#_Toc41164408)

[4.3.3 Implementasi Tampilan *Website* 22](#_Toc41164409)

[BAB 5 PENGUJIAN 25](#_Toc41164410)

[5.1 Pembahasan Pengujian 25](#_Toc41164411)

[5.2 Pengujian *Website* 25](#_Toc41164412)

[5.3 Pengujian Model 26](#_Toc41164413)

[*5.4* Pengujian *Error Analysis* 27](#_Toc41164414)

[BAB 6 SIMPULAN DAN SARAN 28](#_Toc41164415)

[6.1 Simpulan 28](#_Toc41164416)

[6.2 Saran 28](#_Toc41164417)

[DAFTAR PUSTAKA 29](#_Toc41164418)

[LAMPIRAN A NAMA LAMPIRAN A-1](#_Toc41164419)

[LAMPIRAN B NAMA LAMPIRAN B-1](#_Toc41164420)

[LAMPIRAN C NAMA LAMPIRAN C-1](#_Toc41164421)

# DAFTAR GAMBAR

[Gambar 2.1 Learning Rate 5](#_Toc41164422)

[Gambar 3.1 *Use Case Diagram* Sistem 9](#_Toc41164423)

[Gambar 3.2 *Activity Diagram* Sistem 11](#_Toc41164424)

[Gambar 3.3 Rancangan Tampilan Utama 12](#_Toc41164425)

[Gambar 3.4 Tampilan *Result* 13](#_Toc41164426)

[Gambar 4.1 *Split* Dataset 14](#_Toc41164427)

[Gambar 4.2 *Load* Dataset 15](#_Toc41164428)

[Gambar 4.3 Pencarian *Learning Rate* 1 16](#_Toc41164429)

[Gambar 4.4 Pelatihan Model 1 17](#_Toc41164430)

[Gambar 4.5 Pencarian *Learning Rate* 2 17](#_Toc41164431)

[Gambar 4.6 Pelatihan Model 2 18](#_Toc41164432)

[Gambar 4.7 Diagram Struktur *Website* 19](#_Toc41164433)

[Gambar 4.8 Kode Program 1 21](#_Toc41164434)

[Gambar 4.9 Kode Program 2 22](#_Toc41164435)

[Gambar 4.10 Tampilan *Home Screen* 23](#_Toc41164436)

[Gambar 4.11 Tampilan *Alert* 23](#_Toc41164437)

[Gambar 4.12 Tampilan Hasil Prediksi 24](#_Toc41164438)

[Gambar 4.13 Tampilan *Section About* 24](#_Toc41164439)

[Gambar 5.1 Akurasi Prediksi *Test Set* 26](#_Toc41164440)

[Gambar 5.2 *Confusion Matrix* 27](#_Toc41164441)

# DAFTAR TABEL

[Tabel 1 Pengujian *Website* 25](#_Toc41164442)

# DAFTAR NOTASI/ LAMBANG

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Jenis** | **Notasi/ Lambang** | **Nama** | **Arti** |
| BPMN 2.0 |  | *Actor* | Pengguna sistem atau yang berinteraksi langsung dengan sistem, bisa manusia, aplikasi, atau objek lain |
|  | use case | *Use Case* | Digambarkan dengan nama *Use Case* yang tertulis di tengah lingkaran |
| DFD |  |  |  |
| ERD |  |  |  |
| UML |  |  |  |
|  |  |  |  |
| Dst. |  |  |  |

Referensi:

Notasi/ Lambang BPMN 2.0 dari Object Management Group [1]

Notasi/ Lambang DFD dari ....

Notasi/ Lambang ERD dari ....

Dst.

# DAFTAR SINGKATAN

|  |  |
| --- | --- |
| ResNet34 | *Residual Neural Networks 34* |
| CNN | *Convolutional Neural Networks* |
|  |  |
|  |  |
|  |  |
|  |  |
|  |  |

# DAFTAR ISTILAH

|  |  |
| --- | --- |
| Audit | Pemeriksaan dengan seksama pada sebuah organisasi dengan pencarian bukti nyata berupa dokumen fisik atau elektronik untuk pembuktiannya. |
| Supply Chain Management | “Manajemen pengelolaan bahan baku, dari industri hilir ke hulu .... “ [x] |
|  |  |
| Dst. |  |

# PENDAHULUAN

## Latar Belakang

Menurut data World Health Organization pada tahun 2017, terdapat 219 juta kasus penyakit malaria yang tersebar di 90 negara, diperkirakan penderita malaria yang meninggal sebanyak 435.000 kasus dan kasus terbanyak berada di wilayah Afrika yang tersebar sebanyak 92% kasus malaria dunia dan 93% kasus penderita yang meninggal [1].

Menurut Kementerian Kesehatan Republik Indonesia pada tahun 2017, , terdapat 42% dari wilayah di Indonesia yang belum terbebas dari penyakit malaria dan jumlah kasus malaria tercatat sebanyak 261.617 kasus malaria secara nasional dengan kasus wilayah Papua, Papua Barat, dan NTT dengan total 10,7 juta penduduk [2].

Parasit malaria dapat diidentifikasi dengan cara memeriksa darah pasien dengan menggunakan mikroskop. Sebelum pemeriksaan spesimen, sel darah akan terlebih dahulu diwarnai agar parasit pada sel darah dapat dibedakan.

Citra sel darah merah dapat diperoleh melalui penangkapan citra yang menggunakan kamera ponsel cerdas berbasis Android yang dilengkapi dengan optik mikroskop medan terang (*bright-field microscopy*) [3].

Dalam kerja praktek ini akan dibahas bagaimana cara mendeteksi penyakit malaria dengan menggunakan Convolutional Neural Networks dari citra digital sel darah serta mengembangkan *website* sebagai tampilan antarmuka untuk mempermudah penggunaan bagi pengguna.

## Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah di atas, rumusan masalah yang dapat dirumuskan adalah:

1. Bagaimana cara model *Convolutional Neural Networks* untuk mendeteksi malaria?
2. Bagaimana cara mengembangkan *website* sebagai tampilan antarmuka pengguna untuk model *Convolutional Neural Networks*?
3. Bagaimana cara mengukur kinerja model dalam mendeteksi malaria?

## Tujuan Pembahasan

Adapun tujuan pembahasan dari Kerja Praktek ini adalah :

1. Menggunakan ResNet34 untuk membangun model *Convolutional Neural Networks* untuk mendeteksi malaria
2. Mengembangkan website sebagai tampilan antarmuka pengguna untuk model ResNet34
3. Melaksanakan penilaian kinerja terhadap model dengan sekumpulan data citra sel darah

## Ruang Lingkup

Ruang lingkup yang akan dibahas dalam laporan Kerja Praktek ini adalah :

1. Menggunakan model ResNet34 yang disediakan Fastai untuk melatih model
2. Mengembangkan website sebagai antarmuka untuk pengguna
3. Data untuk melatih dan mengukur kinerja model adalah citra sel darah yang diambil dari website U.S National Library of Medicine.

## Sumber Data

Dataset yang digunakan untuk melatih dan mengukur kinerja model adalah sekumpulan citra yang telah dikumpulkan dan telah diberi label oleh U.S National Library of Medicine [4].

Model yang digunakan adalah model ResNet34 [5] yang terdapat dalam pustaka FastAi [6].

## Sistematika Penyajian

Sistematika penyajian laporan kerja praktek ini diuraikan sebagai berikut. Bab pertama diisi dengan pendahuluan yang mencakup latar belakang masalah, rumusan masalah, tujuan pembahasan, ruang lingkup, sumber data, serta sistematika penyajian, bab kedua diisi kajian teori, bab ketiga diisi dengan analisis dan perancangan sistem model yang digunakan, bab keempat diisi dengan implementasi model yang telah dilatih, bab kelima diisi dengan pengujian model, dan pada bab keenam diisi dengan kesimpulan dan saran.

# KAJIAN TEORI

## *Residual Neural Networks*

C*onvolutional Neural Networks (CNN)* merupakan model yang cocok diterapkan dalam kasus klasifikasi, tetapi arsitektur CNN dengan lapisan (*layers)* yang semakin dalam menyebabkan penurunan kinerja yang cukup signifikan karena akan menyebabkan hilang atau membesarnya nilai *gradient* (*vanishing gradient*) [5].

Untuk mengatasi penurunan kinerja ini, Kaiming He, Xiangyu Zhang, Shaoqing Ren, dan Jian Sun pada tahun 2015 menemukan solusi untuk mengatasi penurunan kinerja model CNN dengan menerapkan *skip connection/shortcut* yang kemudian dipublikasikan dengan nama *Residual Neural Networks (ResNet)* [5].

ResNet menjadi pemenang dalam ImageNet Challenge 2015 karena mampu melatih jaringan syaraf sebanyak 152 lapisan dengan baik serta lebih mudah untuk dioptimalkan, dan memperoleh akurasi yang meningkat secara signifikan.

Dalam kerja praktek ini akan menggunakan *pre-trained model Residual Neural Networks 34* atau yang juga disebut ResNet34 yang disediakan oleh *library* Fastai.

## *Learning Rate Finder*

*Learning Rate* merupakan salah satu *hyperparameter* yang penting dan perlu ditentukan sebelum dilakukan proses *training* pada model karena hal ini akan mempengaruhi performa model secara signifikan ketika dilakukan proses *training. Learning rate* yang optimal akan menurunkan tingkat *loss function* sehingga *training* dapat mencapai tingkat akurasi yang optimal.

*Learning rate* yang diatur dengan angka yang sangat kecil, akan memperlambat proses *training* karena memakan waktu yang lama serta sumber daya komputasi yang besar, sedangkan jika diatur dengan angka yang terlalu besar akan menyebabkan tingkat akurasi yang rendah.

A close up of a map

Description automatically generated

Gambar . Learning Rate

Dalam kerja praktek ini akan menggunakan *Cyclical Learning Rates (CLR)* yang dikembangkan oleh Leslie Smith [8] yang dalam implementasi akan menggunakan fungsi yang telah tersedia dalam *library* FastAI. Dalam metode ini, *learning rate* tidak akan ditetapkan secara eksak tetapi akan diperbaharui secara berkala dengan variasi nilai yang telah ditentukan batasan berupa nilai minimum dan maksimumnya.

## *Fastai*

Fastai adalah *library deep learning* yang tersedia secara *open source* dan dapat diinstallsecara langsung dengan menggunakan *Package Manager* bahasa pemrograman Python [6]. Fastai dapat digunakan secara langsung untuk melatih model *deep learning* yang telah disediakan (*pre-trained)* serta memiliki dokumentasi yang mudah untuk dipahami.

Dalam kerja praktek ini, FastAi digunakan sebagai library utama untuk mengakses dan melatih pre-trained model ResNet34 untuk klasifikasi penyakit malaria.

## *Flask*

Flask merupakan *micro web* *framework* yang ditulis menggunakan bahasa pemrograman Python. Flask disebut *Micro Framework* karena Flask hanya menyediakan fungsi dasar dalam pengembangan web sehingga aplikasi web lebih mudah dikembangkan secara sederhana tetapi fungsionalitas lain juga dapat dikembangkan dan fungsionalitas tersebut dapat ditambahkan sebagai *extension* sesuai dengan kebutuhan [9].

Flask yang digunakan dalam kerja praktek ini adalah untuk mengembangkan antarmuka pengguna website dan secara bersamaan dengan bahasa pemrograman HTML dan CSS akan dikoneksikan dengan model ResNet34 yang telah dilatih untuk mendeteksi malaria dari citra digital yang diunggah oleh pengguna. Flask merupakan *micro web* *framework* yang ditulis menggunakan bahasa pemrograman Python. Flask disebut *Micro Framework* karena Flask hanya menyediakan fungsi dasar dalam pengembangan web sehingga aplikasi web lebih mudah dikembangkan secara sederhana tetapi fungsionalitas lain juga dapat dikembangkan dan fungsionalitas tersebut dapat ditambahkan sebagai *extension* sesuai dengan kebutuhan [9].

Flask yang digunakan dalam kerja praktek ini untuk mengembangkan antarmuka pengguna website dan secara bersamaan dengan bahasa pemrograman HTML dan CSS akan dikoneksikan dengan model ResNet34 yang telah dilatih untuk mendeteksi malaria dari citra digital yang diunggah oleh pengguna.

## Google Colaboratory

Google Colaboratory merupakan produk dari Google Research yang memberikan akses kepada pengguna untuk menulis dan menjalankan kode berbasis bahasa pemrograman Python melalui *browser* yang cocok untuk menjalankan kode program seperti *machine learning*, analisis data serta kebutuhan untuk edukasi [10].

Secara teknis Google Colaboratory memberikan layanan aplikasi Jupyter Notebook bagi pengguna dan memberikan akses gratis ke sumber daya komputasi berupa GPU Nvidia K80s dan TPU yang memiliki batasan *timeout* 12 jam.

Dalam kerja praktek ini, Google Colaboratory digunakan untuk menjalankan kode program untuk melatih dan melakukan analisis terhadap model ResNet34 dan dataset sel darah merah.

## Freelancer – Bootstrap Theme

Freelancer adalah template HTML CSS dengan desain *One Page Website* yang memiliki fitur seperti bagian profil, bagian portofolio berbentuk *grid* yang responsive, *window modal* untuk menampilkan detail setiap item portfolio dan formulir kontak berbasis PHP [11].

Template Freelancer dikembangkan oleh David Miller selaku pemilik Blackrock Digital LLC menggunakan *framework* Bootstrap yang kemudian dirilis di bawah lisensi MIT secara *open source*.

Dalam kerja praktek ini, template Freelancer akan digunakan sebagai struktur tampilan utama *website* dan dilakukan penyesuaian sesuai dengan kebutuhan tampilan *website*.

## Dataset

Dataset yang digunakan dalam kerja praktek ini diambil dari website US National Library of Medicine. Citra digital sel darah diambil menggunakan mikroskop optik medan cahaya yang terpasang di perangkat Android dan diberikan label oleh peneliti Lister Hill National Center for Biomedical Communications (LHNCBC) yang merupakan bagian dari US National Library of Medicine (NLM).

Dataset citra sel darah merah yang telah dikumpulkan sebanyak 27.558 citra digital yang telah dibagi menjadi 2 label yaitu *parasitized* dan *uninfected* dengan jumlah citra sel darah merah yang berimbang.

Dataset yang dipakai dalam kerja praktek ini [12] dipublikasikan beserta dengan hasil riset pada dataset citra sel darah merah yang dilakukan oleh He dkk (2016) dengan membandingkan beberapa pre-trained model Convolutional Neural Networks (CNN) seperti AlexNet, VGG-16, ResNet-50, Xception, DenseNet-121 serta model CNN yang dikustomisasi dengan tiga layer konvolusional (convolutional layers) dan dua layer yang terhubung penuh (fully connected layers). Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa pre-trained model ResNet-50 memiliki tingkat akurasi paling tinggi.

# ANALISIS DAN RANCANGAN SISTEM

## *Data Preprocessing*

*Data Preprocessing* dataset citra sel darah merah dilakukan dengan membagi dataset citra sel darah merah menjadi 3 bagian yaitu 80% dataset digunakan dalam *training set,* 10% untuk *test set* dan 10% untuk *validation set* yang dipisahkan menjadi 3 *folder* secara acak dan berimbang menggunakan pustaka *split\_folders* [13]dengan ukuran *batch* sebesar 64.

Ukuran setiap citra pada dataset diubah menjadi 224 x 224 piksel, ditransformasikan dengan melakukan augmentasi data berupa citra sel darah yang diputar secara vertikal dan horizontal serta dilakukan normalisasi dataset berdasarkan statistika tiga channel RGB dari dataset ImageNet.

Semua proses *preprocessing* dilakukan menggunakan *library* Fastai yaitu fungsi *ImageDataBunch* [14] dan citra sel darah merah yang telah dikumpulkan oleh U.S National Library of Medicine [4] telah diberikan label berupa citra sel darah yang telah dipisahkan dalam 2 *folder* yaitu *parasitized* dan *uninfected*.

## Pelatihan Model

Setelah proses *data preprocessing* selesai dilakukan, langkah berikutnya adalah menyiapkan model dengan cara memanggil fungsi *cnn\_learner* pada *library fastai* dan memasukkan parameter berupa data hasil *preprocessing*, arsitektur *pretrained* model ResNet34, dan metrik akurasi.

Sebelum dilakukan pelatihan pada model, pencarian *learning rate* yang optimal dilakukan terlebih dahulu dengan menggunakan fungsi *lr\_find*. Setelah *plot* berupa grafik hasil pencarian *learning rate* ditampilkan, pemilihan *learning rate* didasarkan dengan memilih *learning rate* yang mempunyai garis grafik sebelum tingkat *loss* naik dengan tajam.

Proses pelatihan model dilakukan dengan menggunakan fungsi *fit\_one\_cycle* dengan parameter besaran *epoch* dan *learning rate* yang sebelumnya sudah ditentukan berdasarkan hasil pencarian.

## Cara Kerja Sistem

Sistem yang akan dikembangkan merupakan aplikasi web dengan menggunakan *framework* Flask dan Fastai sebagai *backend* aplikasi. Citra sel darah merah yang diunggah oleh pengguna akan disimpan ke dalam *folder* lalu akan langsung diproses oleh fungsi prediksi menggunakan fungsi pada *library* Fastai yang kemudian akan mengembalikan nilai hasil prediksi citra sel darah merah ke tampilan *website*.

Kode program sistem akan dimasukkan ke dalam sebuah *file* yaitu *app.py. File app.py* akan bertugas untuk mengatur navigasi halaman *website* serta bertugas untuk memanggil fungsi untuk melakukan pengunggahan, menyimpan, dan memprediksi *file* citra sel darah merah.

Gambar 3.1 menampilkan *use case diagram* yang menjelaskan proses pengguna dapat mengunggah citra sel darah merah pada *website* yang dilanjutkan dengan proses penyimpanan citra ke dalam *folder* pada *server* dan kemudian website akan menampilkan hasil prediksi dari citra sel darah merah yang diunggah.

A close up of a logo

Description automatically generated

Gambar . *Use Case Diagram* Sistem

Gambar 3.2 menunjukkan *activity diagram* pada aplikasi *website* yang jika dijalankan, *app.py* akan melakukan *render* halaman *index.html* sebagai halaman utama *website*. Ketika pengguna melakukan pengunggahan *file*, sistem akan melakukan validasi berupa pemeriksaan apakah *file* yang diunggah sudah dipilih atau tidak. Jika pengguna belum memilih *file* untuk diunggah, sistem akan menampilkan peringatan berupa meminta pengguna untuk memilih *file* yang akan diunggah. Kemudian sistem akan melakukan prediksi pada *file* citra yang telah diunggah dan menampilkan hasil prediksi pada halaman *index.html* berupa *popup window* yang menampilkan citra yang diprediksi, skor hasil prediksi, serta klasifikasi hasil prediksi.

A screenshot of a cell phone

Description automatically generated

Gambar . *Activity Diagram* Sistem

## Rancangan Tampilan Website

Rancangan tampilan antarmuka pengguna website dibuat sederhana dan menarik untuk mempermudah dalam penggunaan website ini.

### Rancangan Tampilan Utama

Pada Gambar 3.3 menunjukkan rancangan tampilan halaman utama *website* yang terdiri dari bagian untuk fitur utama yaitu klasifikasi citra digital malaria dan bagian *about.*

Pada bagian klasifikasi citra digital malaria, pengguna dapat melakukan pengunggahan citra digital sel darah merah kemudian dengan menekan tombol *predict* penggunaakan melihat hasil prediksi yang ditampilkan dalam *modal window*.

Pada bagian *about*, pengguna dapat membaca detail tentang tujuan dari *website* dibuat, penjelasan tentang penyakit malaria, detail tentang algoritma *ResNet34* serta hasil pelatihan model yang digunakan dalam *website*.

A screenshot of a cell phone

Description automatically generated

Gambar 3. Rancangan Tampilan Utama

### Rancangan Tampilan *Prediction Result*

Gambar 3.4 menunjukkan hasil prediksi model *ResNet34* yang ditampilkan berupa *pop-up window* yang berisi citra digital sel darah yang telah diunggah dan skor hasil prediksi. Jika hasil prediksi menunjukkan kemungkinan terinfeksi lebih besar dari 50% maka *website* akan menampilkan hasil prediksi berupa teks “*XX% infected”* dan jika hasil prediksi menunjukkan kemungkinan tidak terinfeksi lebih besar dari 50% maka website akan menampilkan hasil prediksi berupa teks “*XX% uninfected*”.

A screenshot of a cell phone

Description automatically generated

Gambar 3. Tampilan *Result*

# IMPLEMENTASI

## Implementasi *Data Preprocessing*

Pada Gambar 4.1 menunjukkan proses pembagian dataset citra sel darah merah secara acak menggunakan pustaka *split\_folder* yang bertujuan untuk menghilangkan bias pada saat pelatihan model agar menghindari *overfitting*.

A screenshot of a cell phone

Description automatically generated

Gambar . *Split* Dataset

Pada Gambar 4.2 menunjukkan proses transformasi dataset citra sel darah merah yang telah dibagi menjadi 3 bagian yaitu *training set* sebanyak 22.046 citra*, validations set* sebanyak 2.756 citra*,* dan *test set* sebanyak 2.756 citra. Pada *test set* tidak diberikan label karena digunakan sebagai data percobaan setelah melakukan pelatihan dan validasi untuk mengukur akurasi model pada data yang belum pernah dilihat sebelumnya.

A screenshot of a social media post

Description automatically generated

Gambar . *Load* Dataset

## Implementasi Pelatihan Model

Berikut merupakan proses pelatihan model yang dilakukan menggunakan Google Colaboratory dengan perangkat GPU yang memiliki batasan berupa time-out setelah 12 jam penggunaan.

Gambar 4.3 merupakan proses pendefinisian model ResNet34 dengan data yang telah dilakukan *preprocessing* sebelumnya serta melakukan pencarian *learning rate* untuk melakukan tahapan pelatihan model pertama.

A picture containing screenshot

Description automatically generated

Gambar 4. Pencarian *Learning Rate* 1

Proses pelatihan model pada Gambar 4.4 dengan epoch sebanyak 4 dan *learning rate* berupa *slice* dengan nilai maksimal 0.01 yang ditentukan dengan cara memilih angka pada graf pencarian *learning rate* sebelum *loss* meningkat. Penentuan epoch sebesar 4 ditentukan berdasarkan dengan perkiraan waktu pelatihan yang dilakukan karena adanya batasan penggunaan GPU dari Google Colaboratory.

Hasil pelatihan model pada Gambar 4.4 menunjukkan *training loss* sebesar 12.65%, *validation loss* sebesar 10.42% dan akurasi pada *validation set* sebesar 96.11%.

A screenshot of a cell phone

Description automatically generated

Gambar 4. Pelatihan Model 1

Setelah proses pelatihan pertama yang melatih unit dari *layer* terakhir dari model, pada Gambar 4.5 dilakukan *unfreeze* pada model dan dilakukan pencarian *learning rate* kembali sebelum dilakukan pelatihan tahap kedua. Proses pelatihan dengan melakukan *unfreeze* pada semua *layer* model agar semua *layer* pada model bisa dilatih untuk meningkatkan akurasi pada model.

A screenshot of a cell phone

Description automatically generated

Gambar 4. Pencarian *Learning Rate* 2

Pada Gambar 4.6 menunjukkan hasil pelatihan dengan *slice* *learning rate* antara 0.0001 sampai dengan 0.002 guna memperlambat proses pelatihan untuk mencapai akurasi yang lebih tinggi. Hasil dari pelatihan tahap kedua yaitu akurasi pada dataset validasisebesar 96.91%.

A screenshot of a cell phone

Description automatically generated

Gambar .6 Pelatihan Model 2

## Implementasi *Website*

Implementasi website yang dilakukan mulai dari mengimplementasikan tampilan website yang sudah dirancang pada Bab 3 serta dilakukan implementasi rancangan sistem berupa kode program backend yang bertugas untuk menjalankan fungsi – fungsi untuk memprediksi dan mengembalikan nilai hasil prediksi.

### Struktur *Folder* *Website*

A screenshot of a cell phone

Description automatically generated

Gambar . Diagram Struktur *Website*

Pada struktur *folder* *website* ini terdapat isian dari *folder* dan *file* sebagai berikut :

1. *Folder Models*

*Folder Models* berfungsi untuk menampung *file* model berekstensi *.pth* hasil pelatihan yang akan digunakan untuk memprediksi citra sel darah merah pada *website*.

1. *Folder Static*

*Folder Static* berfungsi untuk menampung *file* pendukung seperti *file* CSS, Javascript, serta terdapat folder *images* yang berfungsi untuk menampung citra sel darah merah yang diunggah oleh pengguna.

1. *Folder Templates*

*Folder Templates* berfungsi sebagai *folder* penampung dari *file* *index.html* yang berfungsi sebagai tampilan utama pada *website*.

1. *File app.py*

*File app.py* merupakan file yang berisi kode program untuk menjalankan fungsi utama pada *website* seperti fungsi yang bertugas untuk mengunggah, memprediksi serta mengembalikan nilai hasil prediksi citra sel darah merah.

### Implementasi *Backend Website*

Fungsi yang dijalankan oleh aplikasi web ditunjukkan pada Gambar 3.2 kolom sistem memiliki 3 proses utama untuk memproses dan melakukan prediksi pada citra yang telah diunggah. Berikut ini adalah penjelasan kode program pada *file app.py* yang telah dipisah menjadi dua bagian agar dengan mudah untuk dijelaskan.

Kode program pada Gambar 4.8 menunjukkan pengimporan pustaka untuk mendukung program berjalan pada baris kode 1 – 6. Pada baris 8 – 10 dilakukan pendefinisan variabel *UPLOAD\_FOLDER* sebagai lokasi penyimpanan citra yang telah diunggah dan mendefinisikan variabel *app* sebagai Flask guna menjalankan fungsi – fungsi bawaan pada *framework* Flask, kemudian pada baris 12 – 21 dilakukan pendefinisian variabel *data* sebagai bentuk data citra yang akan digunakan untuk prediksi serta pendefinisian variabel *model* sebagai variabel yang memuat model yang telah dilatih untuk selanjutnya bisa melakukan prediksi pada citra yang telah diunggah.

A screenshot of a social media post

Description automatically generated

Gambar . Kode Program 1

Gambar 4.9 menunjukkan fungsi utama untuk menjalankan fungsi unggah citra dan fungsi prediksi. Baris 23 – 25 merupakan fungsi prediksi menggunakan fungsi pada variabel *model* yang sebelumnya telah didefinisikan dengan memasukkan parameter lokasi dari direktori citra. Fungsi *index()* pada baris 27 – 29 akan dijalankan untuk melakukan *render* halaman utama ketika pengguna mengunjungi *website*.

Fungsi *upload\_data()* pada baris 31 – 51 akan dijalankan ketika pengguna melakukan pengunggahan citra untuk diprediksi, jika berkas citra belum dipilih maka akan mengembalikan nilai *True* pada variabel *err* yang nantinya pada tampilan pengguna akan menunjukkan *alert* berupa teks peringatan citra belum dipilih untuk diunggah. Citra yang sudah diunggah akan disimpan kedalam *folder* penyimpanan dan tampilan utama *index.html* akan di-*render* serta akan mengembalikan nilai hasil prediksi berupa *class*, akurasi, serta lokasi penyimpanan citrayang telah diprediksi untuk ditampilkan kepada pengguna.

A screenshot of a cell phone

Description automatically generated

Gambar . Kode Program 2

### Implementasi Tampilan *Website*

Pada Gambar 4.10 menampilkan halaman utama website yang berupa navigation bar yang berisi judul website, dua pilihan menu berupa menu home dan menu about. Menu home merupakan section untuk melakukan pengunggahan serta melakukan prediksi terhadap citra yang telah diunggah.

A screenshot of a cell phone

Description automatically generated

Gambar 4. Tampilan *Home Screen*

Pada gambar 4.11 menampilkan *section home* yang disertai dengan tampilan peringatan terhadap pengguna agar memilih *file* citra sebelum melakukan pengunggahan dan prediksi.

A screenshot of a cell phone

Description automatically generated

Gambar 4. Tampilan *Alert*

Pada Gambar 4.12 menampilkan *popup window* berupa hasil prediksi yang terdapat citra yang diunggah, skor hasil prediksi serta klasifikasi hasil prediksi yang telah dilakukan oleh sistem.

A screenshot of a cell phone

Description automatically generated

Gambar 4. Tampilan Hasil Prediksi

Pada Gambar 4.13 menampilkan menu *about* yang menampilkan detail berupa penjelasan singkat tentang penyakit malaria, tujuan pembuatan *website*, dan model yang digunakan dalam melakukan prediksi pada citra sel darah merah.

A screenshot of a cell phone

Description automatically generated

Gambar 4. Tampilan *Section About*

# PENGUJIAN

## Pembahasan Pengujian

Pengujian yang dilakukan terhadap aplikasi web menggunakan metode *black box testing* dengan cara melakukan pengujian terhadap *input* dan *output* yang sesuai dengan yang diharapkan atau tidak.

Pada pengujian model hasil pelatihan dilakukan dengan melakukan prediksi pada *test set* dan melihat akurasi yang dihasilkan apakah berbanding jauh dengan akurasi pada hasil pelatihan model.

Pengujian *Error Analysis* yang dilakukan adalah mencermati tabel *confusion matrix* yang dihasilkan melalui hasil prediksi pada *test set* dan dilakukan pencermatan pada setiap citra sel darah merah pada *test set* yang salah diprediksi oleh model.

## Pengujian *Website*

Tabel 1 Pengujian *Website*

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **No** | **Deskripsi Pengujian** | **Prosedur Pengujian** | ***Input*** | ***Output* yang Didapat** | **Hasil yang Didapat** | **Hasil** |
| 1 | Pengecekan Tampilan Utama | Menampilkan halaman *index* | Tidak Ada | Tampilan sesuai dengan yang diharapkan | Sesuai | Diterima |
| 2 | Prediksi tanpa memilih gambar untuk diunggah | Klik tombol *Predict* tanpa memilih gambar | Tidak Ada | Tampilan a*lert* sesuai dengan yang diharapkan | Sesuai | Diterima |
| 3 | Prediksi dengan mengunggah gambar | Memilih gambar dan klik tombol Predict | Gambar sel darah merah | Tampilan *Popup Window* hasil prediksi | Sesuai | Diterima |

## Pengujian Model

Pada Gambar 5.1 menunjukkan akurasi pada hasil prediksi *test set* sebesar 97.22%. Jika dibandingkan dengan akurasi pelatihan model pada Gambar 4.6 yang sebesar 96.91% maka akurasi yang dihasilkan oleh hasil prediksi *test set* dapat diterima.

A screenshot of a cell phone

Description automatically generated

Gambar 5. Akurasi Prediksi *Test Set*

## Pengujian *Error Analysis*

Pada Gambar 5.2 menunjukkan *confusion matrix* yang dihasilkan oleh prediksi terhadap *test set* dengan hasil prediksi *False Negative* sebanyak 32 citra sel darah merah dan *False Positive* sebanyak 48 citra sel darah merah.

Setelah dilakukan pencermatan, dapat disimpulkan bahwa *error* yang terjadi disebabkan oleh kesalahan dalam pemberian label pada 80 citra sel darah merah yang berada dalam *test set*.

A screenshot of a cell phone

Description automatically generated

Gambar . *Confusion Matrix*

# SIMPULAN DAN SARAN

## Simpulan

Berdasarkan eksperimen dari kerja praktek ini, dapat disimpulkan bahwa pengklasifikasian terhadap citra sel darah merah yang memiliki parasit malaria sudah mampu dilakukan dengan cukup baik walaupun masih terjadi ketidakakuratan sebesar ±4% dan pengimplementasian aplikasi *website* untuk melakukan klasifikasi sudah mampu berfungsi dengan baik tetapi masih memiliki kekurangan pada tampilan *website* serta fitur yang terbatas pada *website*.

## Saran

Berdasarkan hasil yang telah dicapai dalam proses implementasi, hal yang dapat dilakukan untuk pengembangan lebih lanjut yaitu menambah jumlah epoch pada saat proses pelatihan model atau menggunakan arsitektur *Convolutional Neural Networks* lainnya seperti ResNet50 untuk mendapatkan akurasi yang lebih tinggi, meningkatkan tampilan *website* agar lebih mudah digunakan oleh pengguna, dan melakukan *hosting* pada aplikasi web supaya aplikasi web dapat diakses melalui Internet.

# DAFTAR PUSTAKA

|  |  |
| --- | --- |
| [1] | WHO, “Malaria,” [Online]. Available: https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/malaria. [Diakses 10 Desember 2019]. |
| [2] | Biro Komunikasi dan Pelayanan Masyarakat, Kementerian Kesehatan RI, “Hari Malaria Sedunia, Pemerintah Perluas Wilayah Bebas Malaria,” 28 April 2018. [Online]. Available: http://www.depkes.go.id/pdf.php?id=18043000010. [Diakses 10 Desember 2019]. |
| [3] | Breslauer, David N et al. “Mobile phone based clinical microscopy for global health applications.” *PloS one* vol. 4,7 e6320. 22 Jul. 2009, doi:10.1371/journal.pone.0006320 |
| [4] | National Library of Medicine, “Malaria Datasets” [Online]. Available: https://lhncbc.nlm.nih.gov/publication/pub9932. [Diakses 10 Desember 2019]. |
| [5] | He, Kaiming & Zhang, Xiangyu & Ren, Shaoqing & Sun, Jian. (2016). Deep Residual Learning for Image Recognition. 770-778. 10.1109/CVPR.2016.90. |
| [6] | Howard, Jeremy, and Sylvain Gugger. “Fastai: A Layered API for Deep Learning.” Information 11.2 (2020): 108. Crossref. Web. |
| [7] | Jeremy Jordan, “Setting the learning rate of your neural network. ,” [Online]. Available: https://www.jeremyjordan.me/nn-learning-rate/. [Diakses 25 Maret 2020]. |
| [8] | L. N. Smith, "Cyclical Learning Rates for Training Neural Networks," 2017 IEEE Winter Conference on Applications of Computer Vision (WACV), Santa Rosa, CA, 2017, pp. 464-472. |
| [9] | Irsyad, Rahadian. (2018). Penggunaan Python Web Framework Flask Untuk Pemula. 10.31219/osf.io/t7u5r. |
| [10] | https://research.google.com/colaboratory/faq.html |
| [11] | https://github.com/BlackrockDigital/startbootstrap-freelancer |
| [12] | Rajaraman S, Antani SK, Poostchi M, Silamut K, Hossain MA, Maude RJ, Jaeger S, Thoma GR. 2018. “Pre-trained convolutional neural networks as feature extractors toward improved malaria parasite detection in thin blood smear images”. PeerJ 6:e4568 |
| [13] | https://pypi.org/project/split-folders/ |
| [14] | fastai, “vision.data | fastai,” [Online]. Available: https://docs.fast.ai/vision.data.html#ImageDataBunch. [Diakses 01 April 2020]. |
|  |  |
|  |  |
|  |  |
|  |  |

NAMA LAMPIRAN

NAMA LAMPIRAN

NAMA LAMPIRAN

**RIWAYAT HIDUP PENULIS**

Nama : Stefanus Hermawan

A person wearing glasses and smiling at the camera

Description automatically generated

Tempat/Tanggal Lahir : Ds. Puput, 10 Oktober 1998

Jenis Kelamin : Pria

Agama : Kristen Protestan

Alamat : Jl. Cibogo Atas No. 97

Kota Bandung

Nomor Telepon : 0823 7378 7019

Email : stefanushermawan07@gmail.com

Pendidikan : SD BAKTI PARITTIGA BANGKA BARAT

SMP BAKTI PARITTIGA BANGKA BARAT SMA BAKTI PARITTIGA BANGKA BARAT

UNIVERSITAS KRISTEN MARANATHA

BANDUNG