

DAFTAR ISI

| | |
|--|------|
| HALAMAN PENGESAHAN | ii |
| PANITIA PENGUJI DISERTASI..... | iii |
| DAFTAR ISI..... | iv |
| PRAKATA..... | vii |
| DAFTAR GAMBAR | ix |
| DAFTAR TABEL..... | xi |
| DAFTAR SINGKATAN | xii |
| DAFTAR SIMBOL | xiii |
| DAFTAR LAMPIRAN..... | xiv |
| ABSTRAK..... | xv |
| ABSTRACT..... | xvi |
| BAB I..... | 1 |
| PENDAHULUAN | 1 |
| 1.1 LATAR BELAKANG..... | 1 |
| 1.2 RUMUSAN MASALAH | 4 |
| 1.3 TUJUAN PENELITIAN..... | 4 |
| 1.4 MANFAAT PENELITIAN..... | 4 |
| BAB II..... | 6 |
| TINJAUAN PUSTAKA | 6 |
| 2.1 TUBERKULOSIS..... | 6 |
| 2.2 PENELITIAN SEBELUMNYA | 7 |
| 2.3 CITRA MYCOBACTERIUM TUBERCULOSIS | 10 |
| 2.4 PENGENALAN POLA..... | 11 |
| 2.4.1 Pola Bentuk..... | 11 |
| 2.4.2 Pola Geometri | 12 |
| 2.4.3 Pola Warna | 12 |
| 2.4.4 Pola Tekstur | 13 |
| 2.5 MEDIAN FILTER | 13 |

| | |
|---|----|
| 2.6 NEURAL NETWORK..... | 14 |
| 2.7 CONVOLUSIONAL NEURAL NETWORK (CNN) | 15 |
| 2.7.1 Convolutional Layer | 16 |
| 2.7.2 Rectified Linear Unit (ReLU)..... | 19 |
| 2.7.3 Pooling Layer | 20 |
| 2.7.4 Flatten | 21 |
| 2.7.5 Fully Connected Layer | 21 |
| 2.7.6 Softmax..... | 23 |
| 2.7.7 Dropout..... | 23 |
| 2.7.8 Batch Normalization..... | 24 |
| 2.7.9 Backpropagation..... | 25 |
| 2.8 ALGORITHMMA GRADIENT DESCENT..... | 27 |
| 2.8.1 Gradient Descent with Momentum (GDM)..... | 27 |
| 2.8.2 Root Mean Square Propagation (RMSProp) | 28 |
| 2.6.8 Adaptive Moment Optimization (Adam) | 28 |
| 2.9 ARSITEKTUR CNN..... | 29 |
| 2.9.1 AlexNet..... | 29 |
| 2.9.2 Visual Geometry Group (VGG) | 30 |
| 2.9.3 Deep Residual Network (ResNet) | 32 |
| 2.9.4 GoogLeNet, Inception-V3, dan Inception-ResnetV2 | 33 |
| 2.9.5 SqueezeNet | 35 |
| 2.9.6 MobileNet v2..... | 35 |
| 2.9.7 Xception..... | 36 |
| 2.9.8 Shufflenet..... | 37 |
| 2.10 SUPPORT VECTOR MACHINE..... | 38 |
| 2.10.1 Pendekatan <i>One Against All</i> | 39 |
| 2.10.2 Pendekatan <i>One Against One</i> | 39 |
| 2.11 PENGUKURAN KINERJA..... | 40 |
| 2.12 KEBUTUHAN SISTEM..... | 41 |
| BAB III | 42 |
| KERANGKA KONSEP dan HIPOTESIS | 42 |

| | |
|--|----|
| 3.1 KERANGKA KONSEP PENELITIAN..... | 42 |
| 3.2 HIPOTESIS..... | 44 |
| BAB IV..... | 46 |
| METODE PENELITIAN..... | 46 |
| 4.1 DATA CITRA DAHAK..... | 46 |
| 4.2 TAHAPAN PENELITIAN..... | 46 |
| BAB V..... | 48 |
| HASIL DAN PEMBAHASAN..... | 48 |
| 5.1 PREPROSESING..... | 48 |
| 5.1.1 Perbaikan Citra Dahak Menggunakan Median Filter..... | 48 |
| 5.1.2 Segmentasi Citra TB..... | 49 |
| 5.2 KLASIFIKASI CITRA BAKTERI TB MENGGUNAKAN CNN DAN SVM..... | 52 |
| Tabel 5. 1 Hasil Confusion Matrik..... | 53 |
| 5.3 KLASIFIKASI CITRA BAKTERI TB MENGGUNAKAN RESNET101 DAN SVM.... | 54 |
| 5.4 KLASIFIKASI CITRA BAKTERI TB MENGGUNAKAN RESNET101 DAN OPTIMASI..... | 56 |
| 5.4.1 Optimasi RMSProps..... | 57 |
| 5.4.2 Optimasi GDM..... | 58 |
| 5.4.3 Optimasi Adam..... | 60 |
| BAB VI..... | 64 |
| KESIMPULAN DAN SARAN..... | 64 |
| 5.1 KESIMPULAN..... | 64 |
| 5.2 SARAN..... | 65 |
| REFERENSI..... | 66 |
| LAMPIRAN..... | I |

PRAKATA

Puji syukur kami haturkan kepada Allah SWT yang telah memberikan Nikmat, Rachmad dan hidayahnya. Karena sampai saat ini penulis diberikan kesehatan dan kekuatan untuk menyelesaikan Disertasi di Universitas Airlangga pada Fakultas Sains dan Teknologi (FST) program studi S3 Matematika Komputasi. Pada kesempatan yang berbahagia ini kami menyampaikan terima kasih kepada yang terhormat:

1. Pemerintah Republik Indonesia melalui Kementrian Pendidikan dan Kebudayaan (Kemendikbud) yang telah memberikan kesempatan dan bantuan dana Beasiswa Pendidikan Pascasarjana Dalam Negeri (BPP-DN) pada tahun 2018 kepada penulis sehingga bisa mengikuti program doktoral pada S3 Matematika Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Airlangga.
2. Rektor Universitas Airlangga Surabaya, Prof. Dr. H. Mohammad Nasih, SE. MT. Ak. CMA, Dekan Fakultas Sains dan Teknologi Prof. Dr. Moh Yasin, M.Si dan Koprodi S3 MIPA Dr. Dwi Winarni, M.Si. atas kesempatan mengikuti studi Program Doktor S3 Matematika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Airlangga.
3. Rektor Universitas Trunojoyo Madura Dr. Drs. Ec. H. Muh. Syarif, M. Si., Dekan Fakultas Teknik Prof. Dr. H. Rachmat Hidayat yang telah memberikan ijin Tugas belajar untuk mengikuti studi Doktoral di Universitas Airlangga.
4. Dr. Nur Chamidah, M.Si., selaku Promotor, yang telah membimbing mulai dari Pembimbing akademik dengan penuh kesabaran dan memberikan arahan, nasehat, dan motivasi mulai penyusunan draft proposal, proposal, pelaksanaan penelitian sampai penulisan naskah disertasi.
5. Dr. Riries Rulaningtyas, M.T., selaku Ko-promotor, yang telah membimbing dan mengarahkan riset ini mulai awal penyusunan naskah proposal, pelaksanaan penelitian sampai penulisan naskah disertasi.
6. Para penguji pada saat ujian kualifikasi, proposal, kelayakan dan tertutup serta terbuka yang telah memberikan berbagai saran dan masukan untuk lancarnya penelitian dan penulisan naskah disertasi.

7. Dosen dan Karyawan di lingkungan Prodi Matematika Fakultas Sains dan Teknologi, yang telah membantu baik langsung maupun tidak langsung kepada penulis untuk menyelesaikan penelitian.
8. Kedua orangtua, mertua, istri dan Anak anak tercinta (Hasna, Arjuna, Amanda dan Adelia) atas doa, dukungan moral dan material kesabaran serta pengorbanan yang diberikan menjadi pendorong dan penyemangat dalam menyelesaikan pendidikan ini.
9. Semua teman-teman S-3 MIPA UNAIR matematika angkatan 2015, 2016, 2017. Dian, Amin, Nidhom, Wahyudi, Budi, Lilik, Bain, Rinci, Tutuk dan Khusaeri yang saling memotivasi dan berbagi informasi dalam persahabatan dan kebersamaan yang kompak untuk secepatnya menyelesaikan pendidikan Doktor.
10. Semua pihak yang namanya tidak dapat disebutkan satu persatu dan telah membantu penulis selama penelitian hingga terselesaikannya penulisan naskah ini.

Surabaya, 19 Januari 2021

Penulis

DAFTAR GAMBAR

| | |
|--|----|
| Gambar 2. 1 Pengelompokan kasus penyakit TBC berdasarkan umur..... | 7 |
| Gambar 2. 2 Citra bakteri TB dalam sample dahak yang diperbesar 100X | 10 |
| Gambar 2. 3 Citra bakteri TB | 10 |
| Gambar 2. 4 Ruang Warna HSV..... | 12 |
| Gambar 2. 5 Nilai Matrik yang diproses Median Filter..... | 13 |
| Gambar 2. 6 Matrik yang sudah di urutkan | 14 |
| Gambar 2. 7 Representasi Jaringan Saraf | 14 |
| Gambar 2. 8 Konfigurasi Dasar Multilayer Neural Network | 15 |
| Gambar 2. 9 Arsitektur CNN secara umum..... | 16 |
| Gambar 2. 10 Proses Konvolusi pada Citra | 17 |
| Gambar 2. 11 Proses <i>Convolutional Layer</i> | 18 |
| Gambar 2. 12 Hasil dari Konvolusi Layer | 18 |
| Gambar 2. 13 Fungsi aktivasi pada ReLU | 19 |
| Gambar 2. 14 Proses <i>Max-Pooling</i> (Li dan Karpathy, 2015) | 20 |
| Gambar 2. 15 Proses <i>Average Pooling</i> (embark.org) | 20 |
| Gambar 2. 16 Proses Flatten atau reshape | 21 |
| Gambar 2. 17 Ilustrasi Proses <i>Fully Connected Layer</i> | 22 |
| Gambar 2. 18 Contoh aktifasi <i>softmax</i> | 23 |
| Gambar 2. 19 (a) Arsitektur Neural Network dan (b) Dropout | 24 |
| Gambar 2. 20 Arsitektur jaringan <i>backpropagation</i> | 26 |
| Gambar 2. 21 Arsitektur AlexNet..... | 30 |
| Gambar 2. 22 Arsitektur VGG16..... | 31 |
| Gambar 2. 23 Arsitektur VGG19..... | 31 |
| Gambar 2. 24 Arsitektur Residual Network | 32 |
| Gambar 2. 25 Deep Residual Network | 32 |
| Gambar 2. 26 Arsitektur ResNet 50..... | 33 |
| Gambar 2. 27 Arsitektur <i>Inception</i> | 34 |
| Gambar 2. 28 Arsitektur GoogleNet..... | 34 |
| Gambar 2. 29 Arsitektur Squeezenet | 35 |
| Gambar 2. 30 Arsitektur MobileNetV2 | 36 |
| Gambar 2. 31 Arsitektur Xception..... | 36 |
| Gambar 2. 32 Arsitektur ShuffleNet..... | 37 |
| Gambar 2. 33 Konsep Dasar Metode SVM..... | 38 |
| Gambar 3. 1 Kerangka Konsep..... | 45 |
| Gambar 4. 1 Segmentasi Warna HSV..... | 47 |
| Gambar 4. 2 Tahapan Preprosesing | 47 |
| Gambar 4. 3 Tahapan CNN | 47 |
| Gambar 5. 1 Citra dahak berukuran 800 x 600 pixel..... | 48 |

| | |
|---|----|
| Gambar 5. 2 Perbandingan waktu komputasi | 49 |
| Gambar 5. 3 a. Red channel b. Green Channel dan c. Blue Channel | 50 |
| Gambar 5. 4. Representasi Citra RGB ke dalam Histogram..... | 50 |
| Gambar 5. 5 a. Hue channel b. Saturation Channel dan c. Value Channel..... | 51 |
| Gambar 5. 6 Representasi Citra HSV ke dalam Histogram..... | 51 |
| Gambar 5. 7 Hasil Cropping bakteri TB..... | 52 |
| Gambar 5. 8 Hasil Cropping bakteri TB yang sudah di resize | 52 |
| Gambar 5. 9 Hasil Cropping bukan bakteri TB yang sudah di resize..... | 52 |
| Gambar 5. 10 Hasil confusion model arsitektur ResNet101..... | 53 |
| Gambar 5. 11 Hasil 5 kali pengujian CNN dengan klasifikasi SVM | 55 |
| Gambar 5. 12 Waktu yang dibutuhkan dalam 5x percobaan dengan Arsitektur ResNet101 | 55 |
| Gambar 5. 13 Hasil training progress dengan optimasi RMSProp..... | 57 |
| Gambar 5. 14 Hasil Confusion Matrik ResNet-101 dengan optimasi RMSProp | 58 |
| Gambar 5. 15 Hasil training progress dengan optimasi GDM..... | 59 |
| Gambar 5. 16 Hasil Confusion Matrik ResNet-101 dengan optimasi GDM..... | 60 |
| Gambar 5. 17 Hasil training progress dengan optimasi ADAM..... | 61 |
| Gambar 5. 18 Hasil Confusion Matrik ResNet-101 dengan optimasi ADAM..... | 61 |
| Gambar 5. 19 Hasil klasifikasi benar sesuai label | 62 |
| Gambar 5. 20 Hasil klasifikasi salah..... | 63 |

DAFTAR TABEL

| | |
|--|----|
| Tabel 2. 1 SVM <i>biner</i> dengan metode <i>One-against-all</i> | 39 |
| Tabel 2. 2 SVM biner dengan Metode <i>One-Against-One</i> | 39 |
| Tabel 2. 3 <i>Confusion</i> Matriks..... | 40 |
| Tabel 3. 1 Layer pada 13 Arsitektur CNN..... | 43 |
| Tabel 5. 1 Hasil <i>Confusion</i> Matrik | 53 |
| Tabel 5. 2 Hasil Klasifikasi Bakteri TB menggunakan CNN..... | 54 |
| Tabel 5. 3 Perbandingan Pengujian CNN dengan beberapa Metode Klasifikasi | 56 |
| Tabel 5. 4 Hasil akurasi ResNet 101 dengan optimasi RMSProp | 57 |
| Tabel 5. 5 Hasil akurasi ResNet 101 dengan optimasi GDM..... | 59 |
| Tabel 5. 6 Hasil akurasi ResNet 101 dengan optimasi ADAM | 60 |

DAFTAR SINGKATAN

| | |
|----------|---|
| TB | <i>Tuberculosis</i> |
| CNN | <i>Convolutional Neural Networks</i> |
| SVM | <i>Support Vector Machine</i> |
| ANN | <i>Artificial Neural Network</i> |
| AI | <i>Artificial Intelligence</i> |
| FCL | <i>Full Connected Layer</i> |
| WHO | <i>World Health Organization</i> |
| DL | <i>Deep Learning</i> |
| ML | <i>Machine Learning</i> |
| DNN | <i>Deep Neural Networks</i> |
| DBN | <i>Deep Belief Networks</i> |
| RNN | <i>Recurrent Neural Networks</i> |
| LVQ | <i>Learning Vector Quantization</i> |
| GFNN | <i>Gaussian Fuzzy Neural Network</i> |
| KNN | <i>K-Nearest Neighbour</i> |
| PNN | <i>Probabilistic Neural Networks</i> |
| RGB | <i>Red Green Blue</i> |
| MLP | <i>Multilayer Perceptron</i> |
| BPNN | <i>Back Propagation Neural Network</i> |
| SVNN | <i>Support Vector Neural Network</i> |
| KNN | <i>K-Nearest Neighbour</i> |
| NN | <i>Neural Networks</i> |
| ZNSM-iDB | <i>Ziehl–Neelsen Sputum smear Microscopy image DataBase</i> |
| BN | <i>Batch normalization</i> |
| GD | <i>Gradient Descent</i> |
| GPU | <i>Graphical Processing Unit</i> |
| GDM | <i>Gradient Descent with Momentum</i> |
| RMSProp | <i>Root Mean Square Propagation</i> |
| Adam | <i>Adaptive Moment Optimization</i> |
| ILSVRC | <i>ImageNet Large Scale Visual Recognition Competition</i> |
| VGG | <i>Visual Geometry Group</i> |
| ResNet | <i>Deep Residual Network</i> |
| IGMC | <i>Indira Gandhi Medical College</i> |
| ReLU | <i>Rectified Linear Unit</i> |
| TP | <i>True Positive</i> |
| FP | <i>False Positive</i> |
| TN | <i>True Negative</i> |
| FN | <i>False Negative</i> |
| HSV | <i>Hue Saturation Value</i> |
| KNN | <i>K-Nearest Neighbor</i> |

DAFTAR SIMBOL

| | |
|---------------------------------|--|
| x_1, x_2, \dots, x_n | <i>input matrik citra</i> |
| $w_{1k}, w_{2k}, \dots, w_{nk}$ | <i>bobot</i> |
| b | <i>bias</i> |
| y | <i>output neuron</i> |
| $f(x)$ | <i>fungsi ReLU</i> |
| γ | <i>learning rate</i> |
| μ_B | <i>mini-batch mean</i> |
| σ_B^2 | <i>mini-batch variance</i> |
| x_i | <i>normalisasi</i> |
| ϵ | <i>epsilon dengan nilai 1e-5</i> |
| γ | <i>bobot</i> |
| β | <i>bias</i> |
| y_i | <i>output normalisasi</i> |
| η | <i>learning rate</i> |
| ∇ | <i>error</i> |
| γ | <i>koefisien decay rate 0,95</i> |
| ϵ | <i>konstanta 1e-6</i> |
| α | <i>learning rate</i> |
| m_t | <i>momentum</i> |
| n_t | <i>adaptive subgradient</i> |
| m_t | <i>estimasi momentum dengan corrected bias pada waktu t</i> |
| n_t | <i>estimasi adaptif subgradient dengan corrected bias pada waktu t</i> |

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Hasil Confusion Matrik 13 Arsitektur CNN I
Lampiran 2 Hasil 5 kali pengujian terhadap Arsitektur ResNet-101 dengan beberapa klasifikasi
..... VI
Lampiran 3 Transfer Learning Arsitektur ResNet-101 dengan Optimasi IX
Lampiran 4 Arsitektur ReNet-101 XVI
Lampiran 5 Daftar Riwayat Hidup XXIII