KLASIFIKASI *DIABETIC RETINOPATHY* BERDASARKAN FOTO FUNDUS MENGGUNAKAN *CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORK* (CNN) JENIS DENSENET

SKRIPSI

Disusun Oleh

JUARISKA VEGA NUR RAKAMAWATI

H72217029

PROGRAM STUDI MATEMATIKA

FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI

UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN AMPEL

SURABAYA

2021

PERNYATAAN KEASLIAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini,

Nama	:	JUARISKA VEGA NUR R.
NIM	:	H72217029
Program Studi	:	Matematika
Angkatan	:	2017

Menyatakan bahwa saya tidak melakukan plagiat dalam penulisan skripsi saya yang berjudul "KLASIFIKASI *DIABETIC RETINOPATHY* BERDASARKAN FOTO FUNDUS MENGGUNAKAN CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORK (CNN) JENIS DENSENET". Apabila suatu saat nanti terbukti saya melakukan tindakan plagiat, maka saya bersedia menerima sanksi yang telah ditetapkan.

Demikian pernyataan keaslian ini saya buat dengan sebenar-benarnya.

Surabaya, 25 Januari 2021

Yang menyatakan,

JUARISKA VEGA NUR R.

NIM. H72217029

LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING

Skripsi oleh

Nama	:	JUARISKA VEGA NUR RAKAMAWATI
NIM	:	H72217029
Judul Skripsi	:	KLASIFIKASI *DIABETIC RETINOPATHY* BERDASARKAN FOTO FUNDUS MENGGUNAKAN *CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORK* (CNN) JENIS DENSENET

telah diperiksa dan disetujui untuk diujikan.

Pembimbing I	Pembimbing II
Dian C. Rini Novitasiri, M.Kom	Dr. Abdulloh Hamid, M.Pd
NIP. 198511242014032001	NIP. 198508282014031003

Mengetahui,
Ketua Program Studi Matematika
UIN Sunan Ampel Surabaya

Aris Fanani, M.Kom
NIP. 198701272014031002

PENGESAHAN TIM PENGUJI SKRIPSI

Skripsi oleh

Nama	:	JUARISKA VEGA NUR RAKAMAWATI
NIM	:	H72217029
Judul Skripsi	:	KLASIFIKASI *DIABETIC RETINOPATHY* BERDASARKAN FOTO FUNDUS MENGGUNAKAN *CONVOLUTION NEURAL NETWORK* (CNN) JENIS DENSENET

Telah dipertahankan di depan Tim Penguji
pada tanggal 25 Januari 2021

Mengesahkan,
Tim Penguji

Penguji I	Penguji II
Nurissaidah Ulmnuha, M. Kom	Wika Dianita Utami, M. Sc
NIP. 199011022014032004	NIP. 199206102018012003

Penguji III	Penguji IV
Dian C. Rini Novitasiri, M.Kom	Dr. Abdulloh Hamid, M.Pd
NIP. 198511242014032001	NIP. 198508282014031003

Mengetahui,
Dekan Fakultas Sains dan Teknologi
UIN Sunan Ampel Surabaya

Dr. Hj. Evi Fatmatur Rusydiyah, M.Ag
NIP. 197312272005012003

KEMENTERIAN AGAMA
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN AMPEL SURABAYA
PERPUSTAKAAN
Jl. Jend. A. Yani 117 Surabaya 60237 Telp. 031-8431972 Fax.031-8413300
E-Mail: perpus@uinsby.ac.id

LEMBAR PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI
KARYA ILMIAH UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Sebagai sivitas akademika UIN Sunan Ampel Surabaya, yang bertanda tangan di bawah ini, saya:

Nama : JUARISKA VEGA NUR RAKAMAWATI
NIM : H72217029
Fakultas/Jurusan : SAINTEK / MATEMATIKA
E-mail address : juariskavegan@gmail.com

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Perpustakaan UIN Sunan Ampel Surabaya, Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif atas karya ilmiah :
☑ Sekripsi ☐ Tesis ☐ Desertasi ☐ Lain-lain (.....)
yang berjudul :
KLASIFIKASI DIABETIC RETINOPATHY BERDASARKAN FOTO FUNDUS MENGGUNAKAN CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORK (CNN) JENIS DENSENET

beserta perangkat yang diperlukan (bila ada). Dengan Hak Bebas Royalti Non-Ekslusif ini Perpustakaan UIN Sunan Ampel Surabaya berhak menyimpan, mengalih-media/format-kan, mengelolanya dalam bentuk pangkalan data (database), mendistribusikannya, dan menampilkan/mempublikasikannya di Internet atau media lain secara ***fulltext*** untuk kepentingan akademis tanpa perlu meminta ijin dari saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan atau penerbit yang bersangkutan.

Saya bersedia untuk menanggung secara pribadi, tanpa melibatkan pihak Perpustakaan UIN Sunan Ampel Surabaya, segala bentuk tuntutan hukum yang timbul atas pelanggaran Hak Cipta dalam karya ilmiah saya ini.

Demikian pernyataan ini yang saya buat dengan sebenarnya.

Surabaya, 22 Februari 2021

Penulis

(JUARISKA VEGA N.R)

ABSTRAK

KLASIFIKASI *DIABETIC RETINOPATHY* BERDASARKAN FOTO FUNDUS MENGGUNAKAN *CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORK* (CNN) JENIS DENSENET

Diabetes merupakan masalah penyakit kronis yang ditandai dengan meningkatnya jumlah kadar gula darah. Diabetes juga bisa berkembang dan menyebabkan kompilkasi, salah satu komplikasi diabetes yang bisa menyebabkan kerusakan pada pembuluh darah di retina disebut dengan *diabetic retinopathy*. Oleh karena itu perlu dilakukan deteksi *diabetic retinopathy* sejak dini guna mencegah terjadinya kerusakan tersebut sampai kebutaan. Deteksi dini dapat dilakukan menggunakan sistem *Computer-Aided Diagnosis* (CAD). Salah satu metode yang digunakan yaitu *Convolutional Neural Network* (CNN) jenis DenseNet. DenseNet merupakan jenis CNN yang memanfaatkan Dense *connections* antar *layer* melalui Dense Blok. Pada penelitian ini menggunakan metode CNN jenis DenseNet dengan data foto fundus yang didapatkan dari Mesidor Database sejumlah 1200 data yang kemudian dilakukan augmentasi sehingga menjadi 8400 data. Hasil nilai akurasi, sensitvitas, dan spesifitas pada penelitian ini sebesar 90.1%, 89.54%, dan 96.71% dengan pembagian data 80%-20% dan jumlah batchsize 4.

Kata kunci: Diabetes, *Diabetic Retnopathy*, *Convolutional Neural Network*, *DenseNet*

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

ABSTRACT

CLASSIFICATION OF DIABETIC RETINOPATHY BASED ON FUNDUS PHOTOS USING DENSENET TYPE OF CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORK (CNN)

Diabetes is a chronic disease problem characterized by increasing blood sugar levels. Diabetes can also develop and cause complications, a complication of diabetes that can cause damage to the blood vessels in the retina is called textit diabetic retinopathy. Therefore, it is necessary to detect diabetic retinopathy from an early age to prevent the damage from happening to blindness. Early detection can be performed using the textit Computer-Aided Diagnosis (CAD) system. One of the methods used is the DenseNet type textit Convolutional Neural Network (CNN). DenseNet is a type of CNN that utilizes Dense textit connections between textit layers via Dense Blok. In this study, using the DenseNet type CNN method with fundus photo data obtained from the Mesidor Database with a total of 1200 data which was then augmented to become 8400 data. The results of the accuracy, sensitivity, and specificity values in this study were 90.1%, 89.54%, and 96.71% with data sharing of 80% - 20% and the number of batch sizes 4.

Keywords: Diabetes, *Diabetic Retnopathy*, *Convolutional Neural Network*, *DenseNet*

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

DAFTAR ISI

HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN ii
LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING iii
PENGESAHAN TIM PENGUJI SKRIPSI iv
LEMBAR PERSETUJUAN PUBLIKASI v
ABSTRAK vi
ABSTRACT vii
DAFTAR ISI viii
DAFTAR TABEL x
DAFTAR GAMBAR xi
I PENDAHULUAN 1
1.1. Latar Belakang Masalah 1
1.2. Rumusan Masalah 6
1.3. Tujuan Penelitian 6
1.4. Manfaat Penelitian 7
1.5. Batasan Masalah 7
1.6. Sistematika Penulisan 8
II TINJAUAN PUSTAKA 10
2.1. *Diabetic Retinopathy* 10
2.1.1. Deskripsi 10
2.1.2. Patologi *diabetic retinopathy* 10
2.1.3. Klasifikasi *diabetic retinopathy* 11
2.2. Integrasi Keilmuan 11
2.3. Citra Digital 17
2.4. Augmentasi 19
2.5. *Machine Learning* 22
2.6. *Deep Learning* 23
2.7. *Convolutional Neural Network* (CNN) 23

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

2.8. *Dense Convolutional Netrwork* (DenseNet) 29
2.9. *Confusion Matrix* 31
III METODE PENELITIAN 33
3.1. Jenis Penelitian 33
3.2. Jenis dan Sumber Data 33
3.3. Kerangka Penelitian 34
IV HASIL DAN PEMBAHASAN 39
4.1. *Pre-Processing* 39
4.2. Klasifikasi *Diabetic Retinopathy* Menggunakan Metode CNN Jenis DenseNet 44
4.2.1. *Convolutional Layer* 44
4.2.2. *Batch Normalization* 50
4.2.3. *ReLU* 51
4.2.4. *Max Pooling Layer* 52
4.2.5. *Depth Concatenation* 53
4.2.6. *Global Average Pooling Layer* 54
4.2.7. *Fully Connected Layer* 54
4.2.8. *Softmax* 55
4.3. Evaluasi Model 56
4.4. Diskusi Hasil Penelitian 60
4.5. Integrasi Keilmuan 62
V PENUTUP 65
5.1. Simpulan 65
5.2. Saran 65

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

DAFTAR TABEL

2.1 Gejala Tiap Tahap *Diabetic Retinopathy* 11
2.2 Tabel *Confusion Matrix Multiclass* 31

4.1 Hasil Evaluasi Percobaan Jumlah Data dan *Batch Size* 57
4.2 Tabel Hasil Rata-rata Pembagian Data 58
4.3 Tabel Hasil Rata-rata Jumlah *Batch Size* 58

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

DAFTAR GAMBAR

2.1 Retina Normal dan Retina *Diabeic Retinopathy* 10
2.2 Contoh Gambar *Binary Image* 18
2.3 Contoh Gambar *Grayscale* 18
2.4 Contoh Gambar *True Colour* 19
2.5 Contoh Gambar Rotasi 20
2.6 Contoh Gambar Refleksi Terhadap Sumbu x 21
2.7 Contoh Gambar Refleksi Terhadap Sumbu y 21
2.8 Ilustrasi Jaringan CNN 24
2.9 Contoh Gambar Perhitungan *Convolutional Layer* 25
2.10 *Max Pooling* dan *Average Pooling* 27
2.11 Ilustrasi *Fully Connected Layer* 28
2.12 Ilustrasi Jaringan DenseNet 30
2.13 Ilustrasi Jaringan Tiap Blok 30

3.1 Retina Normal dan Retina *Diabeic Retinopathy* 33
3.2 Diagram Alur Penelitian 35
3.3 Rancangan Arsitektur DenseNet 37
3.4 Ilustrasi Penjelasan Blok 38

4.1 Sampel Gambar *Cropping* dan *Resize* 39
4.2 *Channel* Warna Citra Foto Fundus 40
4.3 Nilai Piksel Pada *Channel Red* 40
4.4 Nilai Piksel Pada *Channel Green* 40
4.5 Nilai Piksel Pada *Channel Blue* 41
4.6 Ilustrasi Penambahan *zero padding* 3 44
4.7 Sampel nilai RGB 45
4.8 Ilustrasi Operasi *Convolutional* pada Citra *Channel Red* 45
4.9 Ilustrasi Operasi *Convolutional* pada Citra *Channel Green* 47

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

4.10 Ilustrasi Operasi *Convolutional* pada Citra *Channel Blue* 48
4.11 *Feature Map* Hasil *Convolutional* Pertama 50
4.12 *Feature Map* Hasil *Batch Normalization* 51
4.13 *Feature Map* Hasil *ReLU* 52
4.14 Ilustrasi Penambahan *Zero Padding* 1 53
4.15 *Training Progress* Terbaik 59
4.16 *Confusion Matrix* Terbaik 59

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang Masalah

Diabetes merupakan masalah penyakit yang cukup serius karena bisa menyebabkan kematian, bahkan diabetes menjadi salah satu penyebab utama penyakit kronis dan kebutaan. Prevalensi penyakit diabetes di Indonesia dari tahun 2013 sampai 2018 mengalami peningkatan. Oleh karenanya diabetes termasuk dalam salah satu penyakit tidak menular yang perlu ditindak lanjuti (Khairani, 2019).

Diabetes dapat terjadi karena kelebihan kadar gula dalam tubuh manusia. Diabetes dapat menyebabkan mudah haus, lapar, sering buang air kecil, dan tubuh menjadi sangat lemas. Penyakit diabetes ini dapat menyebabkan komplikasi pada tubuh yang lain jika tidak segera diobati dan ditangani. Komplikasi yang terjadi pada penyakit diabetes diabagi menjadi dua, yaitu komplikasi makrovaskular dan komplikasi mikrovaskular. Komplikasi makrovaskular dapat mengakibatkan kerusakan pada jantung, stroke, dan pembuluh darah perifer. Sedangkan komplikasi mikrovaskular merupakan komplikasi yang dapat terjadi pada sistem saraf, ginjal, dan mata (Shanthi and Sabeenian, 2019).

Salah satu komplikasi diabetes mikrovaskular yang terjadi pada mata adalah adalah *diabetic retinopathy*. Komplikasi mikrovaskular terjadi karena adanya penyumbatan pada pembuluh darah di retina yang mengakibatkan gangguan penglihatan. Jika tidak segera diobati dan ditangani maka akan

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

menyebabkan kebutaan. Faktor pemicu terjadiya *diabetic retinopathy* salah satunya karena pola makan yang tidak sehat dan makan dengan jumlah kalori yang lebih banyak tanpa diimbangi sekresi insulin, hal tersebut dapat mengakibatkan peningkatan kadar gula dalam darah (Asiri et al., 2019). Pada dasarnya Allah telah memperingatkan hambanya agar makan makanan yang halal serta makan dan minum tidak berlebihan. Sebagaimana firman Allah SWT dalam Al-Qur'an surat Al-Baqarah ayat 168, A l-A'raf ayat 7, dan hadits yang berbunyi:

يَاَيُّهَا النَّاسُ كُلُوْا مِمَّا فِى الْاَرْضِ حَلٰلًا طَيِّبًا ۖ وَّلَا تَتَّبِعُوْا خُطُوٰتِ الشَّيْطٰنِ ۗ

اِنَّهٗ لَكُمْ عَدُوٌّ مُّبِيْنٌ ۝

Artinya: "Hai sekalian manusia, makanlah yang halal lagi baik dari apa yang terdapat di bumi, dan janganlah kamu mengikuti langkah-langkah syaiton itu adalah musuh nyata bagi kamu"(QS. Al-Baqarah:168)

...وَّكُلُوْا وَاشْرَبُوْا وَلَا تُسْرِفُوْا ۚ اِنَّهٗ لَا يُحِبُّ الْمُسْرِفِيْنَ ۝

Artinya: "... makan dan minumlah dan jangan berlebihan. Sesungguhnya Allah tidak menyukai orang-orang berlebihan." (QS. Al-A'raf 7:31)

Dari 'Amr Ibnu Syu'aib, dari kakeknya Radhiyallahu' anhum (semoga Allah meridhai mereka) berkata, Rasulullah Shallallahu 'alaihi wasallam bersabda: "Makanlah dan minumlah dan berpakaianlah dan bersedekahlah tanpa berlebihan (*israf*) dan tanpa kesombongan." (HR. Abu Dawud dan Ahmad dan Al-Imam Al-Bukhari).

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

وَعَنْ عَمْرِو بْنِ شُعَيْبٍ, عَنْ أَبِيهِ, عَنْ جَدِّهِ قَالَ: قَالَ رَسُولُ اللَّهِ -
صلى الله عليه وسلم -{ كُلْ, وَاشْرَبْ, وَالْبَسْ, وَتَصَدَّقْ فِي غَيْرِ سَرَفٍ,
وَلَا مَخِيلَةٍ } أَخْرَجَهُ أَبُو دَاوُدَ, وَأَحْمَدُ, وَعَلَّقَهُ الْبُخَارِيُّ.

Salah satu anjuran Islam yang menyangkut dengan bidang kesehatan terdapat pada penggalan ayat dan hadits diatas. Makanlah makanan yang dihalalkan oleh Allah yakni makanan yang berguna bagi tubuh, tidak menjijikan, tidak kadaluwarsa, dan tidak bertentangan dengan Allah. Kemudian makan dan minum sebelum lapar dan berhenti sebelum kenyang.

Makan dan minum memang berfungsi sebagai sumber energi, tetapi jika tidak tepat atau berlebihan dalam mengkonsumsi dapat berperan sebagai rantai penyebaran penyakit. Sehingga dalam agama Islam menganjurkan untuk makan dan minum sesuai dengan kebutuhan, bukan dengan berlebihan. Salah satu penyakit yang dapat terjadi akibat makan dan minum secara berlebihan dan tanpa melakukan segala aktivitas yaitu diabetes. Jika diabetes tidak segera ditangani akan menyebabkan suatu komplikasi, salah satu komplikasinya yaitu *diabetic retinopathy*.

Diabetic retinopathy merupakan salah satu jenis diabetes yang menyerang bagian retina mata. Namun, karena posisi *diabetic retinopathy* berada di pembuluh darah pada retina maka pemeriksaan tidak bisa dilakukan secara langsung dengan kasat mata. Hal tersebut dapat dilakukan melalui foto fundus, saat melakukan foto fundus mata dapat menangkap informasi pada daerah belakang mata yang meliputi retina, saraf mata, makula, dan pembuluh darah retina. Kemudian hasil foto fundus

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

akan diamati secara manual oleh para ahli dibidangnya, tetapi pengamatan tersebut memiliki kelemahan seperti membutuhkan waktu yang lama serta tak jarang terdapat *human error* dalam pengamatan sehingga hasilnya dinilai kurang akurat. Oleh itu perlu dilakukan suatu sistem untuk mendeteksi *diabetic retinopathy* secara otomatis, sehingga proses identifikasi dapat dilakukan secara tepat dan cepat (Salamat et al., 2019).

Sistem yang digunakan untuk membantu melakukan mengenali karakteristik suatu citra yaitu sistem *Computer-Aied Diagnosis* (CAD). Sistem CAD sudah sering dilakukan menggunakan suatu sistem salah satunya dengan *Artificial Intellegence* (AI) guna mempermudah mendiagnosis suatu penyakit, selain itu AI dapat mempercepat proses analisis suatu citra. Beberapa metode AI sebelumnya telah digunakan dalam melakukan klasifikasi suatu penyakit, salah satu metode klasifikasi yang dilakukan untuk *diabetic retinopathy* adalah *Learning Vector Equation* (LVQ). Implementasi algoritma LVQ dalam mendeteksi *diabetic retinopaty* memiliki akurasi yang kurang baik karena ada tidak ada ciri fitur penyakit sehingga hanya mendapatkan hasil akurasi sebesar 43,75% (Sabrina et al., 2017). Penelitian selanjutnya dilakukan oleh Yafis Kurniawan dengan mengklasifikasi *diabetic retinopathy* menggunakan *K-Nearest Neighbour* (KNN), pada penelitian ini menghasilkan akurasi sebesar 64% (Kurniawan et al., 2015).

AI memiliki beberapa sub bidang, salah satunya yaitu *deep learning*. *Deep learning* juga telah banyak dilakukan para peneliti untuk mempermudah menyelesaikan suatu masalah yang tidak bisa diselesaikan secara manual oleh manusia. Berdasarkan penelitian Stevanus Frangky Handono dalam mendeteksi *diabetic retinopathy* menggunakan metode *Convolutional Neural Network* (CNN) (Handono et al., 2020). Selanjutnya Siska Davella juga melakukan klasifikasi

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

malaria menggunakan metode CNN dan telah mencapai keberhasilan dalam melakukan penelitian tersebut (Devella and Arianto, 2020). Klasifikasi tumor paru-paru juga pernah dilakukan oleh Ruchita Dekade dengan menghasilkan akurasi sebesar 96% (Tekade and Prof.Dr.K.Rajeswari, 2018). Berdasarkan penelitian sebelumnya, algoritma CNN telah banyak digunakan untuk suatu penelitian dan diklaim sebagai model yang terbaik dalam suatu pengenalan objek.

Algoritma CNN memiliki banyak jenis arsitektur, seperti Alex-Net, Google-Net, Le-Net, VGG-Net, Res-Net, DenseNet, dan lain-lain. Pada penelitian Astolfi,dkk melakukan klasifikasi jenis serbuk sari menggunakan beberapa jenis CNN, yaitu VGG-Net, DenseNet, Inception, NASNet, ResNet, dan Xception. Pada penelitian tersebut menyatakan bahwa arsitektur DenseNet cukup bagus dengan akurasi tertinggi sebesar 95,8% (Astolfi et al., 2020). Penelitian selanjutnya dilakukan oleh (Rafi et al., 2019) dalam melakukan identifikasi model kamera menggunakan CNN arsitektur DenseNet. Arsitektur tersebut dipilih karena setiap layer memiliki akses langsung ke fitur yang dihasilkan oleh semua lapisan yang ada sebelumnya sehingga DenseNet memiliki banyak fitur yang beragam dan komplek. Pada penelitian (Rezvantalab et al., 2018) melakukan klasifikasi tingkatan kanker kulit menggunakan jaringan deep learning CNN. Peneliti tersebut membandingkan beberapa arsitektur CNN, yaitu DenseNet, ResNet, Inception, dan InceptionResNet, hasil penelitian menyatakan bahwa akurasi terbaik didapatkan ketika menggunakan CNN arsitektur DenseNet dengan akurasi sebesar 98,76%.

Berdasarkan latar belakang dan uraian permasalahan di atas, dapat disimpulkan bahwa deteksi penyakit *diabetic retinopathy* sejak awal sangat diperlukan guna mencegah terjadinya komplikasi diabetes sampai terjadi suatu kebutaan. Dengan penelitian yang telah dilakukan sebelumnya, CNN cukup bagus

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

digunakan untuk klasifikasi. Sehingga pada penelitian ini akan dilakukan klasifikasi *diabetic retinopathy* menggunakan CNN jenis DenseNet.

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan paparan dari latar belakang diatas, rumusan masalah yang dapat diambil pada penelitian ini sebagai berikut:

1. Bagaimana hasil klasifikasi *diabetic retinopathy* berdasarkan gambar foto fundus menggunakan *Convolutional Neural Network* (CNN) jenis *Dense Convolutional Network* (DenseNet) untuk klasifikasi empat kelas, yaitu normal, *Mild Non-Poliferative Diabetic Retinopathy* (NPDR), *Moderate*-NPDR, dan *Severe*-NPDR?
2. Bagaimana model CNN jenis DenseNet yang paling optimal berdasarkan uji coba jumlah *batch size* dan perbandingan jumlah data untuk *training* dan *testing*?

1.3. Tujuan Penelitian

Berdasakan rumusan masalah yang dilakukan, berikut penjabaran tujuan dari penelitian:

1. Dapat mengklasifikasi *diabetic retinopathy* berdasarkan gambar foto fundus menggunakan CNN jenis DenseNet untuk empat kelas, yaitu normal, *Mild*-NPDR, *Moderate*-NPDR, dan *Severe*-NPDR.
2. Dapat mengetahui model klasifikasi menggunakan CNN jenis DenseNet yang optimal berdasarkan jumlah *batch size* dan perbandingan jumlah data untuk *training* dan *testing*.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

1.4. Manfaat Penelitian

Berikut manfaat dari penelitian yang dilakukan berdasarkan tujuan yang telah dijelaskan sebelumnya:

1. Manfaat secara teoritis

   Secara teoritis, manfaat penelitian ini pada bidang kesehatan dan ilmu matematika mampu menambah pengetahuan tentang metode CNN jenis DenseNet dalam melakukan klasifikasi.

2. Manfaat secara praktis

   (a) Bagi penulis, penelitian ini akan memberikan wawasan baru untuk dipelajari, baik dari segi metode ataupun topik yang diambil pada penelitian ini.

   (b) Bagi para ahli dibidangnya, penelitian ini dapat membantu proses klasifikasi penyakit *diabetic retinopathy* menggunakan ilmu *artificial intelligence* sehingga dapat mengidentifikasi secara efektif dan efisien terhadap waktu.

   (c) Bagi pembaca, hasil penelitian ini memiliki manfaat apabila diterapkan untuk membantu ahli medis, sehingga masyarakat luas dapat melakukan deteksi penyakit *diabetic retinopathy* agar tidak sampai terjadi kebutaan.

   (d) Bagi Universitas Islam Negeri Sunan Ampel Surabaya penelitian ini dapat menambah koleksi daftar bahan pustaka.

1.5. Batasan Masalah

Berdasarkan permasalahan yang diperoleh, untuk mempermudah dalam memahami penelitian ini maka penulis memberikan beberapa batasan masalah.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Berikut batasan masalah yang diambil dalam penelitian ini:

1. Data yang digunakan merupakan data hasil foto fundus yang diperoleh dari Messidor.
2. Klasifikasi *diabetic retinopathy* dilakukan percobaan untuk empat kelas.

1.6. Sistematika Penulisan

BAB 1 PENDAHULUAN

Pada bab ini berisi pendahuluan menjelaskan latar belakang permasalahan, rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitan, batasan masalah dalam penelitian, dan sistematika penulisan.

BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini menjelaskan terkait kajian teori *diabetic retinopathy*, citra digital, augmentasi data, *machine learning*, *deep learning*, *Convolutional Neural Network* (CNN), *Dense Convolutional Network* (DenseNet), dan *confusion matrix*.

BAB 3 METODE PENELITIAN

Bab ini menjelaskan rancangan penelitian, mulai dari jenis penelitian, sumber data, analisis data, dan proses penelitian sampai mendapatkan hasil dan kesimpulan.

BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini berisi uraian dan pembahasan, serta penjabaran setiap tahapnya mengenai penelitian yang telah dilakukan dalam rangka menjawab dari rumusan masalah yang telah disebutkan.

BAB 5 PENUTUP

Pada bab ini menjelaskan terkait kesimpulan dan saran berdasarkan hasil

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

penelitian yang telah dilakukan sebelumnya.

DAFTAR PUSTAKA

Pada daftar pustaka berisi daftar referensi yang digunakan dalam penelitian baik buku, jurnal, skripsi, theses, maupun artikel.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

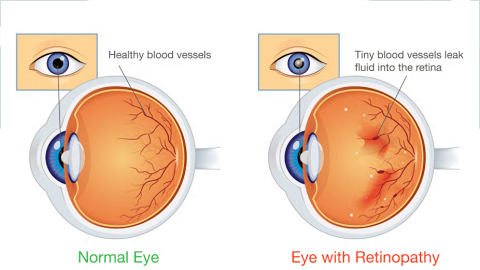
BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. *Diabetic Retinopathy*

2.1.1. Deskripsi

Diabetic retinopathy merupakan penyakit mikrovaskular atau pembuluh kecil pada retina yang terjadi karena adanya penyumbatan pada pembuluh-pembuluh halus, meliputi vena, kapiler, dan arteriol pikapiler retina (Rübsam et al., 2018). *Diabetic retinopathy* dikatakan sebagai penyakit yang dapat menyebabkan kerusakan mata bahkan dapat mengalami kebutaan (Thebeau et al., 2020). Gambaran retina normal dan teridentifikasi *diabetic retinopathy* akan ditunjukan pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1 Retina Normal dan Retina *Diabeic Retinopathy*
(Sumber: www.medlife.com)

2.1.2. Patologi *diabetic retinopathy*

Diabetic Retinopathy telah lama dikenal sebagai penyakit mikrovaskular. Hiperglikemia berperan penting dalam patogenesis kerusakan mikrovaskular, kerusakan tersebut dapat menyebabkan pembuluh darah kapiler tidak berfungsi

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

dengan baik. Akibatnya akan ada penebalan (edma) retina atau penumpukan cariran (eksudat) yang dapat menyebabkan kehilangan ketajaman pengelihatan sampai kebutaan (Wang and Lo, 2018).

2.1.3. Klasifikasi *diabetic retinopathy*

Pembagian klasifikasi *diabetic retinopathy* menurut Wang et al., dibagi menjadi 4 (X.Wang) yaitu, *Mild Non-Proliferative Diabetic Retinopathy* (NPDR), *Moderate*-NPDR, *Severe*-NPDR, dan *Proliferative Diabetic Retinopathy* (PDR). Pada Tabel 2.1 akan menjelaskan perbedaan atau gejala dari setiap tingkatannya.

Tabel 2.1 Gejala Tiap Tahap *Diabetic Retinopathy*

Tahap	Deskripsi	Nama Kelas
I	Muncul mikroaneurisma	*Mild*-NPDR
II	Muncul mikroneurisma, terdapat bintik pada retina serta bercak pendarahan *cotton wool*, dan eskudat mengeras	*Moderate*-NPDR
III	Terdapat mikroneurisma, terjadi kelainan Intra-internal Microvascular Abnormality (IRMA)	*Severe*-NPDR
IV	Terdapat pembuluh darah baru (neovaskularisasi) dan terjadi pendarahan vitreus	PDR

2.2. Integrasi Keilmuan

Manusia merupakan makhluk ciptaan Allah yang paling sempurna yang diciptakan dari tanah. Manusia diberikan alat yang mampu digunakan untuk mengetahui, merasakan, dan merespon keadaan diluar tubuh yang disebut dengan alat indra. Alat indra pada manusia ada lima, yaitu indra pengelihatan, penciuman, pembau/pencium, peraba, dan pendengaran. Sebagaimana pada firman Allah dalam Al-Quran pada surat An-Nahl ayat 78 yang menciptakan manusia dengan alat indra:

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

وَاللّٰهُ اَخْرَجَكُمْ مِّنْۢ بُطُوْنِ اُمَّهٰتِكُمْ لَا تَعْلَمُوْنَ شَيْـًٔا ۙ وَّجَعَلَ لَكُمُ السَّمْعَ وَالْاَبْصَارَ وَالْاَفْـِٕدَةَ ۙ لَعَلَّكُمْ تَشْكُرُوْنَ ۞

Artinya: ”Dan Allah mengeluarkan kamu dari perut ibumu dalam keadaan tidak mengetahui sesuatupun, dan Dia memberi kamu pendengaran, penglihatan, dan hati agar kamu bersyukur.” (QS.An-Nahl:78)

Dari ayat di atas dapat disimpulkan bahwa Allah menciptakan manusia dengan tiga alat agar dapat mengetahui alam sekitarnya dan bersyukur kepada-Nya. Cara bersyukur terhadap nikmat yang telah diberikan dapat dilakukan dengan hati yakni meyakini bahwa Allah adalah Dzat yang memberi kesehatan, lisan yaitu mensyukuri dengan cara melafalkan, dan anggota badan lainnya yaitu menggunakan nikmat yang diberikan untuk ketaatan dan menghindari kemaksiatan.

Pada pengelihatatan, kita dapat mengetahui benda-benda fisik mulai dari langit dan alam semesta beserta isinya. Pengelihatan yang dimaksud di sini yaitu Mata. Mata dapat diatur dengan kehendak manusia, kita dapat mengatur untuk melihat atau tidak dengan cara memejamkan mata saja. Tetapi mata tidak bisa melihat di ruangan yang gelap karna mata membutuhkan cahaya untuk melihat. Sedangkan untuk pendengaran, kita tidak bisa mengatur apa yang ingin kita dengar dan telinga mampu mendengar dimanapun berada bahkan tempat gelap sekalipun.

Berdasarkan fungsi alat indra di atas kita harus menjaga pola hidup agar tetap diberi kesahatan jasmani maupun rohani. Pola hidup sehat akan memberi pengaruh dalam kesehatan diri seseorang, baik kesehatan secara jasmani ataupun rohani. Dengan kesehatan tersebut dapat memberikan perasaan yang bahagia dan

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

senantiasa berfikir positif, serta organ-organ pada tubuh dapat berfungsi dengan baik. Sebagaimana pada kitab (Mabadi) kaidah ke-19 telah dijelaskan bahwa mencegah lebih baik daripada mengobati. Berikut bunyi kaidah *ushul fiqih* yang ke-19:

دَرْءُ الْمَفَاسِدِ مُقَدَّمٌ عَلَي جَلْبِ الْمَصَالِحِ

Artinya: ”Mendahulukan untuk menolak kerusakan itu didahulukan daripada mengambil kemaslahatan.”

Oleh karena itu, kita diwajibkan untuk mencegah terjadinya sutau penyakit, salah satunya dengan cara memperhatikan pola hidup sehat. Contoh pola hidup sehat yang dilakukan Nabi Muhammad SAW adalah (Anam, 2016):

1. Istirahat cukup

   Allah berfirman dalam penggalan ayat Al-Quran surat An-Naba ayat 9 bahwa:

   وَجَعَلْنَا نَوْمَكُمْ سُبَاتًا

   Artinya: ”dan Kami jadikan tidurmu untuk istirahat.” (QS. An-Naba:9)

   Perintah untuk istirahat cukup sangat berguna untuk menjaga kesehatan. Salah satunya dengan istirahat yang cukup dan berhenti mengisi lambung empat jam sebelum tidur agar pernafasan lancar. Istirahat dilakukan dengan tujuan lain agar saat malam hari bisa bermunajat kepada-Nya dan saat siang hari bisa mencari penghidupan.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

2. Olahraga sebagai upaya menjaga kesehatan

Aktivitas yang dapat digunakan menjaga kesehatan yaitu melalui kegiatan olahraga. Tujuan dari olahraga ada tiga, yaitu untuk menjaga diri dari suatu kejahatan atau musuh, menjaga kesehatan tubuh, dan media persiapan untuk pasukan muslim melakukan jihad di jalan Allah SWT. Perang bukan hanya adu strategi, namun juga membutuhkan keahlian untuk menggunakan senjata, kelincahan berkuda, dan penguasaan panah. Berikut firman Allah yang menjelaskan bahwa olahraga menjadi salah satu persiapan untuk berjihad dalam Al-Quran Surat Al-Anfal ayat 60 yang berbunyi:

وَاَعِدُّوْا لَهُمْ مَّا اسْتَطَعْتُمْ مِّنْ قُوَّةٍ وَّمِنْ رِّبَاطِ الْخَيْلِ تُرْهِبُوْنَ بِهٖ
عَدُوَّ اللّٰهِ وَعَدُوَّكُمْ وَاٰخَرِيْنَ مِنْ دُوْنِهِمْۚ لَا تَعْلَمُوْنَهُمْۚ اَللّٰهُ يَعْلَمُهُمْۗ
وَمَا تُنْفِقُوْا مِنْ شَيْءٍ فِيْ سَبِيْلِ اللّٰهِ يُوَفَّ اِلَيْكُمْ وَاَنْتُمْ لَا تُظْلَمُوْنَ۝

Artinya: ”Dan siapkanlah untuk menghadapi mereka kekuatan apa saja yang kamu sanggupi dan dari kuda-kuda yang ditambat untuk berperang (yang dengan persiapan itu) kamu menggentarkan musuh Allah, musuhmu dan orang-orang selain mereka yang kamu tidak mengetahuinya; sedang Allah mengetahuinya. Apa saja yang kamu najahkan pada jalan Allah niscaya akan dibalas dengan cukup kepadamu dan kamu tidak akan dianiaya (dirugikan).” (QS. Al-Anfal:60)

3. Menjaga Kebersihan

Kebersihan merupakan pangkal kesehatan, hal tersebut sudah umum

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

diketahui seluruh orang. Menjaga kebersihan dibagi menjadi dua, yaitu menjaga kebersihan jasmani rohani dan menjaga kebersihan lingkungan. Menjaga kebersihan jasmani dilakukan dengan cara wudhu, mandi, mencuci tangan, sedangkan kebersihan rohani meliputi kebersihan hati, jiwa, akhidah, akhlak, dan pikiran. Menjaga kebersihan lingkungan dilakukan dengan membersihkan pakaian, makanan, minuman, dan lingkungan. Sebagaimana dalam firman Allah pada surat Al-Baqarah ayat 222:

وَيَسْـَٔلُوْنَكَ عَنِ الْمَحِيْضِ ۗ قُلْ هُوَ اَذًى ۙ فَاعْتَزِلُوا النِّسَاۤءَ فِى الْمَحِيْضِ ۙ
وَلَا تَقْرَبُوْهُنَّ حَتّٰى يَطْهُرْنَ ۚ فَاِذَا تَطَهَّرْنَ فَأْتُوْهُنَّ مِنْ حَيْثُ اَمَرَكُمُ اللّٰهُ ۗ
اِنَّ اللّٰهَ يُحِبُّ التَّوَّابِيْنَ وَيُحِبُّ الْمُتَطَهِّرِيْنَ ۝

Artinya: ”Dan mereka menanyakan kepadamu (Muhammad) tentang haid. Katakanlah,itu adalah sesuatu yang kotor. Karena itu jauhilah istri pada waktu haid; dan jangan kamu dekati sebelum mereka suci. Apabila mereka telah suci, campurilah mereka sesuai dengan (ketentuan) yang telah diperintahkan Allah kepadamu. Sungguh, Allah menyukai orang yang tobat dan menyucikan diri.”(QS. Al-Baqarah:222)

4. Mengatur pola makan dan minum

Dalam Al-Quran surat Abasa ayat 24, Allah berfirman bahwa:

فَلْيَنْظُرِ الْاِنْسَانُ اِلٰى طَعَامِهٖٓ ۝

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Artinya: ”maka hendaklah manusia itu memperhatikan makanannya.” (QS. Abasa:24)

Dalam agama islam dianjurkan untuk makan tidak berlebihan, makan makanan yang halal dan bergizi.

Selain dari empat poin di atas, tata cara pola hidup sehat yang dianjurkan oleh Nabi Muhammad SAW yaitu ada pada hadits yang berbunyi:

عن المِقْدَام بن مَعْدِي كَرِبَ -رضي الله عنه- قال: سمعت رسول الله -صلى الله عليه وسلم- يقول: «ما مَلَأَ آدَمِيٌّ وِعَاءً شَرًّا من بطن بِحَسْبِ ابن آدم أُكُلَاتٍ يُقِمْنَ صُلْبَه ،فإن كان لا مَحَالَةَ فَثُلُثٌ لطعامه وثلث لشرابه وثلث لِنَفَسِه

Artinya: ”Dan siapkanlah untuk menghadapi mereka kekuatan apa saja yang kamu sanggupi dan dari kuda-kuda yang ditambat untuk berperang (yang dengan persiapan itu) kamu menggentarkan musuh Allah, musuhmu dan orang-orang selain mereka yang kamu tidak mengetahuinya; sedang Allah mengetahuinya. Apa saja yang kamu najahkan pada jalan Allah niscaa akan dibalas dengan cukup kepadamu dan kamu tidak akan dianiaya (dirugikan).”

Pola hidup memiliki dampak yang cukup besar untuk kesehatan pada tubuh. Jika tidak menjaganya maka akan mendapat musibah, seperti penggalan ayat Al-Quran dalam surat As-syura ayat 30:

وَمَآ اَصَابَكُمْ مِّنْ مُّصِيْبَةٍ فَبِمَا كَسَبَتْ اَيْدِيْكُمْ وَيَعْفُوْا عَنْ كَثِيْرٍ ۝

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Artinya: ”dan apa saja musibah yang menimpa kamu, itu adalah akibat dari perbuatan tanganmu.” (QS. As-syura:30)

Maksud dari salah satu firman Allah tersebut yaitu setiap musibah yang terjadi pada diri kita tidak lain karena perbuatan bahkan dosa yang telah kita lakukan. Salah satu musibah yang diberikan kepada manusia yaitu berupa penyakit, yang tak lain terjadi karena kurang olahraga, tidur larut malam, kebersihan yang buruk, serta ketidakteraturan pola makan. Namun hal tersebut dapat dilakukan pencegahan dini agar tidak menjadi penyakit yang lebih serius. Mencegah penyakit lebih diutamakan dibandingkan dengan mengobati, dan obat yang paling utama adalah mencegah. Salah satu pencegahan yang dapat dilakukan yaitu dengan berpuasa.

2.3. Citra Digital

Citra digital merupakan citra yang diperoleh dari alat-alat digital dan dapat diolah dengan komputer. Teknik pengolahan citra dilakukan dengan tujuan untuk memperbaiki kualitas citra agar dapat diinterpretasi oleh manusia atau komputer merupakan pengertian pengolahan citra digital (Effendi et al., 2017). Berdasarkan tingkatan warnanya, citra digital dibagi menjadi tiga, yaitu:

1. *Binary image*

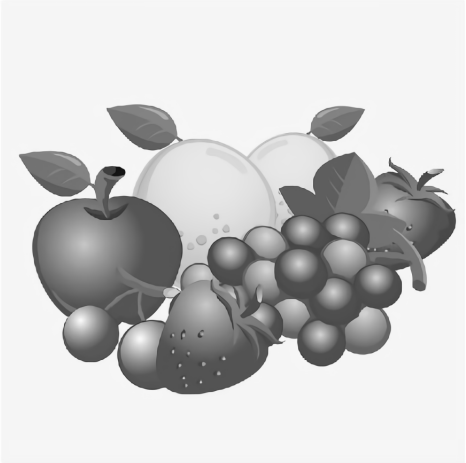
   Pada *binary image* terdiri dari 2 jenis nilai piksel, yaitu 0 untuk warna hitam dan 1 untuk warna putih. Gambar 2.2.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Gambar 2.2 Contoh Gambar *Binary Image*

2. *Grayscale image*

   Grayscale image atau sering disebut citra keabuan yang merupakan sebuah gradasi antara hitam dan putih dengan *range* piksel antara 0 sampai 255. Contoh gambar *grayscale* dapat dilihat pada Gambar 2.3.



Gambar 2.3 Contoh Gambar *Grayscale*

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

3. *True colour*

   Pada jenis *true colour* terdiri dari warna yang berbeda, yaitu *Red* (R), *Green* (G), dan *Blue* (B) dengan rentang nilai piksel antara 0 sampai 255. Berikut Gambar 2.4 yang menunjukan contoh gambar *true colour*.

Gambar 2.4 Contoh Gambar *True Colour*

2.4. Augmentasi

Augmentasi merupakan suatu proses pengolahan gambar untuk memodifikasi gambar sedemikian rupa, tetapi gambar yang diubah masih bisa diketahui bahwa data tersebut sebenarnya data yang sama. Augmentasi dilakukan untuk memperbanyak citra tanpa menghilangkan esensi dari data yang ada, sehingga mampu memberikan informasi lebih banyak. Berikut beberapa metode yang digunakan untuk augmentasi data (Sakinah et al., 2020).

1. Rotasi

   Rotasi dilakukan dengan memutar posisi nilai piksel pada citra awal sebesar θ° terhadap sudut dan titik pusat rotasi. Pemutaran posisi nilai piksel dapat dilakukan dengan Persamaan 2.2 dan contoh Gambar pada 2.5. Dimana x dan y merupakan koordinat posisi piksel awal. Sedangkan x_1 dan y_1 merupakan

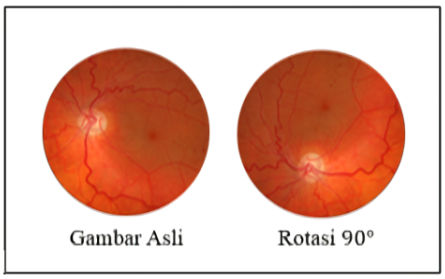
digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

koordinat piksel yang telah diperbaharui.

$$\begin{bmatrix} x_1 \\ y_1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} cos\theta^\circ & -sin\theta^\circ \\ sin\theta^\circ & cos\theta^\circ \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x \\ y \end{bmatrix} \tag{2.1}$$

Dari hasil perkalian dari Persamaan 2.1 didapatkan Persamaan 2.2:

$$\begin{aligned} x_1 &= xcos\theta^\circ - ysin\theta^\circ \\ y_1 &= xsin\theta^\circ + ycos\theta^\circ \end{aligned} \tag{2.2}$$



Gambar 2.5 Contoh Gambar Rotasi

(Sumber: (Sakinah et al., 2020))

2. Refleksi (Pencerminan)

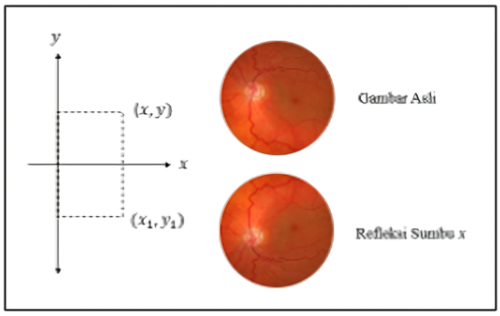
Jenis refleksi yang umum digunakan yaitu refleksi terhadap sumbu x dan refleksi terhadap sumbu y. Berikut penjelasan dari masing-masing jenis.

- Refleksi sumbu x

  Refleksi terhadap sumbu x dapat dilakukan dengan Persamaan 2.3 dan dapat dilihat pada Gambar 2.6.

$$\begin{bmatrix} x_1 \\ y_1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & -1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x \\ y \end{bmatrix} \tag{2.3}$$

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id



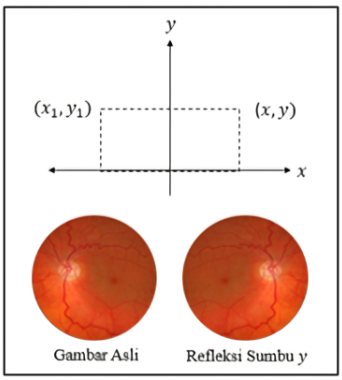
Gambar 2.6 Contoh Gambar Refleksi Terhadap Sumbu x

(Sumber: (Sakinah et al., 2020))

- Refleksi sumbu y

  Refleksi terhadap sumbu y dapat dilakukan dengan Persamaan 2.4 dan dapat dilihat pada Gambar 2.7.

$$\begin{bmatrix} x_1 \\ y_1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -1 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x \\ y \end{bmatrix} \tag{2.4}$$



Gambar 2.7 Contoh Gambar Refleksi Terhadap Sumbu y

(Sumber: (Sakinah et al., 2020))

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

2.5. *Machine Learning*

Machine Learning (ML) merupakan bagian dari *artificial intelligence* yang dikenalkan pertama kali oleh beberapa ilmuwan matematika seperti Thomas-Bayes, Adrien-Marie Legendre, dan Andrey Markov sekitar tahun 1920 . ML dapat membantu manusia dalam menyelesaikan pemasalahan yang tidak bisa diselesaikan secara manual, sehingga ML dapat menyelesaikan hal tersebut dengan program yang telah dirancang oleh manusia. ML mampu mengolah data dengan waktu yang cukup cepat

Menurut Fatima dan Pasha terdapat beberapa jenis algoritma pembelajaran ML, diantaranya sebagai berikut (Fatima and Pasha, 2017).

1. *Supervised Learning*

   Supervised learning merupakan pembelajaran ML yang ter arah karena data masukan yang digunakan memiliki target atau label. Algoritma ini dapat digunakan untuk memprediksi berdasarkan data latih yang telah berlabel. Jenis algoritma ini biasanya dikatakan sebagai *classification* atau *regression*.

2. *Unsupervised Learning*

   Berbeda dengan *supervised learning* yang telah tersedia target atau label, pada *unsupervised leraning* tidak memiliki target atau label sehingga pada algoritma pembelajaran ini mempelajari pola berdasarkan karakteristik dari data yang ada. Salah satu metode yang menggunakan *unsupervised learning* adalah *clustering*.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

2.6. *Deep Learning*

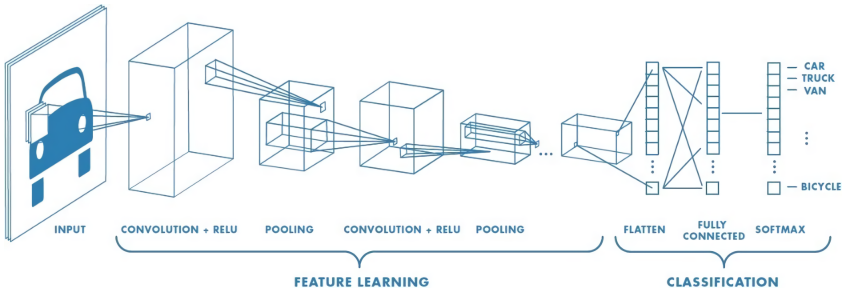
Deep Learning merupakan salah satu cabang ML yang melatih sistem untuk memiliki kemampuan menyerupai manusia, yakni belajar dari pengalaman. *deep learning* tidak mampu mengolah data dengan jumlah yang sedikit, waktu yang dibutuhkan untuk mengolah lebih lama, serta PC yang memadahi. Istilah *deep learning* sudah dikenal sejak tahun 2006, namun belakangan ini istilah tersebut terus dibicarakan karena penggunaan *deep learning* ini dapat mencapai akurasi ketepatan yang tinggi. *Deep learning* dapat digunakan dalam berbagai bidang pada kehidupan, diantaranya adalah pengenalan wajah, pengenalan suara, pengenalan citra, penemuan obat, pengenalan bahasa, dan sebagainya (Rizal et al., 2020).

Salah satu metode *deep learning* yang sering digunakan yaitu *Convolutional Neural Network* (CNN). Berbeda dengan yang lainnya, pada CNN tidak perlu melakukan pembelajaran fitur karena didalamnya sudah terdapat pembelajaran fitur otomatis untuk melakukan klasifikasi (Hariyani et al., 2020).

2.7. *Convolutional Neural Network* (CNN)

Convolutional Neural Network (CNN) merupakan salah satu model *deep learning* yang merupakan pengembangan dari *Multilayer Perceptron* (MLP) yang di desain untuk mengolah data dua dimensi. Pada algoritma CNN lebih efisien daripada MLP karena tidak diperlukan metode untuk ekstraksi fitur, sebab didalamnya sudah terdapat proses *feature learning*. Ilustrasi jaringan CNN dapat dilihat pada Gambar 2.8.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id



Gambar 2.8 Ilustrasi Jaringan CNN

(Sumber: Mathwork)

Tahapan pada CNN secara garis besar dibagi menjadi 2, yaitu *feature learning* dan *fully connected layer*. *Feature learning* digunakan sebagai pembelajaran fitur pada sebuah gambar, pada *layer* ini akan dilakukan *convolutional layer*, *Rectifed Linear Unit* (ReLU) *layer*, dan *pooling layer*. Hasil dari *feature learning* dimasukan kedalam *fully conneccted layer* dan dilakukan aktivasi fungsi *softmax* sehingga memperoleh nilai probabilitas dari masing-masing kelas (Qudsi et al., 2020).

1. *Convolutional layer*

   Convolutional layer merupakan *layer* pertama pada *feature learning*. Data yang digunakan biasanya berbentuk RGB, yang kemudian dilakukan operasi *dot product* dengan *matrix* filter (sekelompok bobot yang dibagikan di seluruh *input*) untuk mengekstraksi objek dari citra *input*. Dalam *convolutional layer* terdapat beberapa istilah lain seperti *stride* dan *padding* (Nour, 2018).

   Stride merupakan parameter yang digunakan untuk menentukan jumlah pergeseran filter. Jika nilai *stride* 2, maka konvolusi filter akan bergeser 2 piksel secara horizontal, kemudian bergeser 2 piksel secara

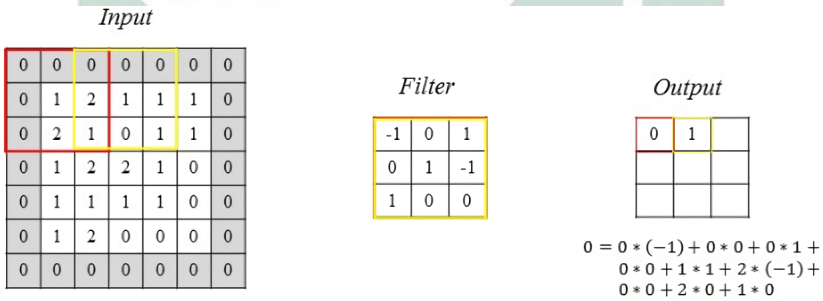
digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

vertikal. *Padding* merupakan parameter yang digunakan untuk menambah jumlah piksel dari setiap sisi *input*, *padding* atau *zero padding* (menambahkan nilai 0 disetiap sisinya) dengan tujuan agar tidak mengurangi fitur citra dan menyamakan ukuran saat ukuran *matrix* dan filter memiliki sisa.

Output dari proses *convolutional layer* biasanya disebut dengan *feature map*. Berikut persamaan 2.5 yang dapat digunakan untuk menghitung ukuran dari *feature map*.

$$Ukuran_{output} = \frac{W - N + 2P}{S} + 1 \tag{2.5}$$

Dimana W merupakan panjang/tinggi *input* data, N merupakan panjang/tinggi filter, P sebagai *padding*, dan S sebagai *stride*. Berikut Gambar 2.9 contoh dari perhitungan *convolutional layer* menggunakan 1 *padding* dan 2 *stride* dengan ukuran filter 3×3:



Gambar 2.9 Contoh Gambar Perhitungan *Convolutional Layer*

2. *Batch normalization*

Batch normalization merupakan metode yang dapat digunakan untuk mempercepat kerja dari suatu jaringan dan mengurangi *overfitting*. Hal tersebut karena menggunakan nilai rata-rata dan varian dari setiap *batch size*

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

sehingga memiliki nilai dengan rentang yang sama. (Ioffe and Szegedy, 2015). Berikut Persamaan 2.6 yang digunakan untuk *batch normalization*.

$$BN = \left(\gamma \frac{h - \mu}{\sqrt{\sigma^2 + \epsilon}}\right) + \beta \tag{2.6}$$

dimana, γ dan β merupakan parameter pembelajaran, ϵ nilai konstan yang meningkatkan stabilitas numerik, μ merupakan nilai rata-rata, σ^2 merupakan nilai varian, dan H adalah hasil keluaran dari *feature map*.

3. *Rectified Linear Unit* (ReLU)

   ReLu merupakan fungsi aktivasi yang sering digunakan pada CNN. Nilai *output* dinyatakan sebagai 0 jika nilai *input*an (x) bernilai negatif, dan akan dinyatakan sebagai x jika nilai x adalah 0 atau positif (Kim et al., 2016).

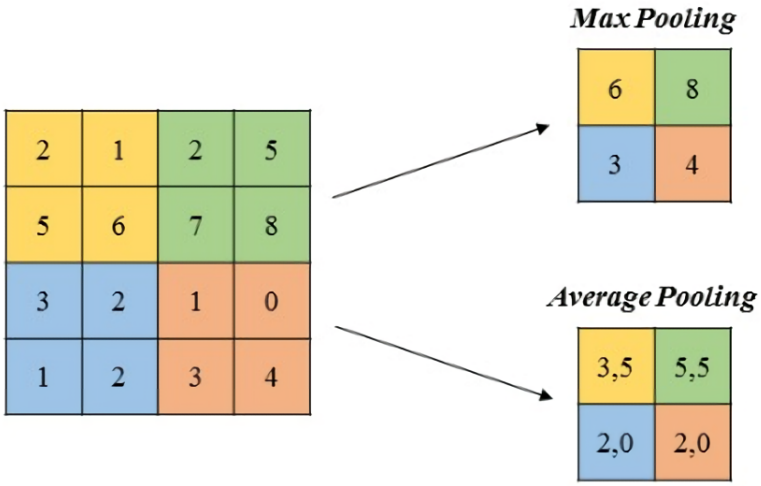
$$f(x) = max(0, x) \tag{2.7}$$

$$f(x) = \begin{cases} 0 & , jika x < 0 \\ x & , jika x \geq 0 \end{cases}$$

4. *Pooling layer*

   Pooling layer berfungsi untuk memperkecil ukuran *matrix* tetapi tidak menghilangkan informasi penitng (Gunadi et al., 2020). *Pooling layer* yang biasa digunakan terdapat dua jenis, yaitu *average pooling* dan *max pooling*. *Average pooling* merupakan pengambilan nilai berdasarkan nilai rata-rata dari setiap *grid*. Sedangkan *max pooling* merupakan pengambilan nilai berdasarkan nilai terbesar (maksimum) dari setiap *grid*(Zhi et al., 2016). Contoh *average pooling* dan *max pooling* ditunjukan pada Gambar 2.10.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

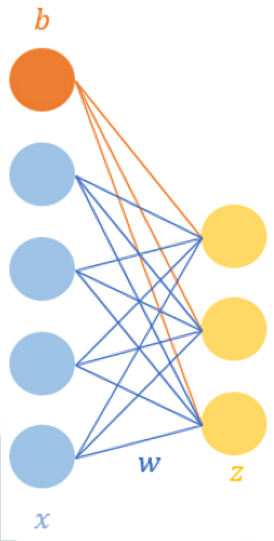


Gambar 2.10 ***Max Pooling*** **dan** ***Average Pooling***

5. *Fully Connected Layer*

Proses *fully connected layer* sama dengan konsep MLP, umumnya metode MLP yang digunakan dalam CNN adalah *backpropagation* (Albelwi and Mahmood, 2017). Nilai yang digunakan untuk proses *fully connected layer* adalah keluaran dari *feature map*. Perhitungan *fully connected layer* didefinisikan pada Persamaan 2.8 dan Contoh Gambar pada 2.11.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id



Gambar 2.11 Ilustrasi *Fully Connected Layer*

$$z_j = b_j + \sum_i w_{ij} x_i \tag{2.8}$$

Dimana, x merupakan nilai *input*, w merupakan bobot, b merupakan bias dari jaringan, dan z merupakan *output* dari *fully connected layer*.

6. *Softmax*

Softmax merupakan fungsi aktivasi yang digunakan pada *output layer* terakhir untuk menormalkan jaringan ke distribusi probabilitas sehingga nilai keluaran tiap kelas berada dalam *interval* 0-1 dan jumlah dari setiap keluaran sama dengan satu. Nilai probabilitas *softmax* dapat digunakan dengan Persamaan 2.9 (Mahmud and Faraby, 2019).

$$s_i = \frac{e^{z_i}}{\sum_{j=1}^{m} e^{z_j}}, i = 1, 2, , m \tag{2.9}$$

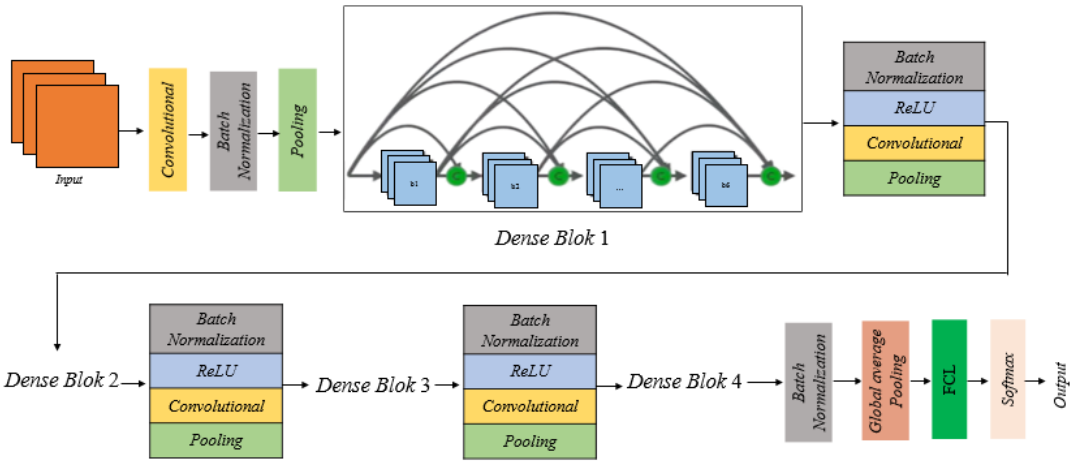
Dimana nilai z_j merupakan hasil dari *fully connected layer*.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

2.8. *Dense Convolutional Netrwork* (DenseNet)

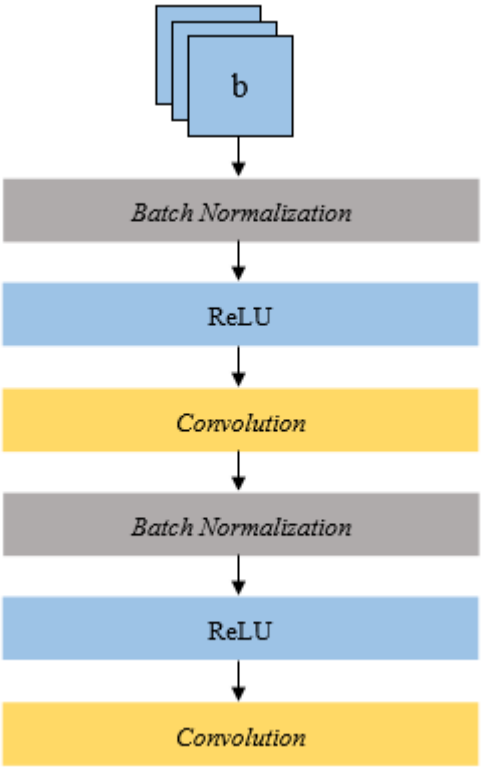
Dense Convolutional Netrwork atau dikenal dengan DenseNet merupakan salah satu jenis arsitektur CNN pengembangan dari ResNet. DenseNet memiliki arsitektur yang menghubungkan setiap *layer* ke *layer* lain dengan cara *feed-forward*, sehingga fitur yang didapatkan lebih beragam dan komplek, serta parameter dan efisiensi komputasi lebih cepat karena telah mempelajari dari pola sebelum-sebelumnya seperti pada ilustrai *Dense Blok*. Ilustrasi jaringan DenseNet ditunjukan pada Gambar 2.12. Pada satu *Dense Blok* terdapat beberapa blok yang didalamnya terdiri dari beberapa BN, ReLU, dan *Convolutional* yang akan ditunjukkan pada Gambar 2.13. Pada *Dense Blok* 1 terdapat 6 blok, *Dense Blok* 2 terdapat 12 blok, *Dense Blok* 3 terdapat 48 blok, dan *Dense Blok* 4 terdapat 32 blok. Dalam blok tersebut terdapat *concatenation layer* sebagai penghubung antara satu blok dengan blok yang lain dengan cara menambahkan dari *layer-layer* sebelumnya, berbeda halnya dengan ResNet yang hanya menambahkan dari satu *layer* sebelumnya saja. Kemudian penghubung antara *DenseBlock* terdapat *trasition layer* yang terdiri dari *Convolutional* dan *Pooling* kemudian diakhiri dengan *average pooling* dan *softmax* (Steen et al., 2018).

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id



Gambar 2.12 Ilustrasi Jaringan DenseNet

(Sumber: (Steen et al., 2018))



Gambar 2.13 Ilustrasi Jaringan Tiap Blok

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

2.9. *Confusion Matrix*

Pada saat melakukan klasifikasi diperlukan evaluasi untuk mengetahui seberapa besar kinerja dari model tersebut. Salah satu model evaluasi yang dapat digunakan pada sistem klasifikasi adalah *confusion matrix*. Pada *confusion matrix* sering dikenal dengan 4 istilah, yaitu *True Positive* (TP), *True Negative* (TN), *False Positive* (FP), dan *False Negative* (Kaur et al., 2019). *Confusion Matrix* yang digunakan adalah *multi class* karena akan melakukan evaluasi terhadap klasifikasi yang lebih dari dua kelas (Manliguez, 2016). Tabel *confusion matrix multi class* akan ditunjukan pada Tabel 2.2.

Tabel 2.2 Tabel *Confusion Matrix Multiclass*

Nilai Prediksi	**Nilai Aktual**			
	Kelas 1	Kelas 2	$\cdots$	Kelas n
Kelas 1	x_{11}	x_{12}	$\cdots$	x_{1n}
Kelas 2	x_{21}	x_{22}	$\cdots$	x_{2n}
$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$
Kelas n	x_{n1}	x_{n2}	$\cdots$	x_{nn}

Dari tabel di atas dapat diketahui nilai *Total False Negative* (TFN), *Total False Positive* (TFP), *Total True Negative* (TTN), dan *Total True Positive* (TTP) dimana i merupakan kelas ke-i, j merupakan baris ke-j, dan k merupakan kolom ke-k. Setelah mendapatkan nilai-nilai tersebut maka dapat digunakan untuk menghitung *accuracy*, *sensitivity*, dan *specificity*.

$$TFN_i = \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^{n} x_{ij} \tag{2.10}$$

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

$$TFP_i = \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^{n} x_{ji} \tag{2.11}$$

$$TTN_i = \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^{n} \sum_{\substack{k=1 \\ k \neq i}}^{n} x_{jk} \tag{2.12}$$

$$TTP_{all} = \sum_{j=i}^{n} x_{jj} \tag{2.13}$$

$$\textit{Akurasi} = \frac{TTP_{all}}{\textit{Total Number of Testing Entries}} \times 100\% \tag{2.14}$$

$$\textit{sensitivitas} = \frac{\frac{TTP_{all}}{TTP_{all}+TFN_i}}{n} \times 100\% \tag{2.15}$$

$$\textit{Spesifitas} = \frac{\frac{TTP_{all}}{TTP_{all}+TFP_i}}{n} \times 100\% \tag{2.16}$$

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

BAB III

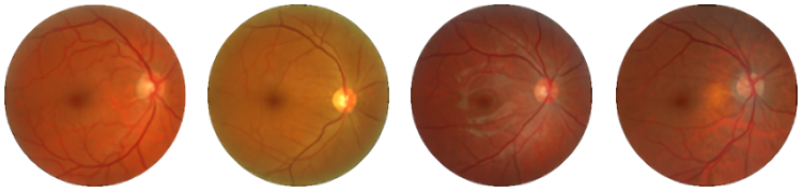
METODE PENELITIAN

3.1. Jenis Penelitian

Jenis penelitian yang digunakan diuraikan secara aplikatif dengan menggunakan pendekatan kuantitatif, karena data yang digunakan merupakan data citra yang nantinya akan diubah kedalam bentuk numerik. Hasil klasifikasi bertujuan untuk membantu ahli medis dalam mengidentifikasi penyakit *diabetic retinopathy*.

3.2. Jenis dan Sumber Data

Pada penelitian ini menggunakan data yang telah ada atau dapat disebut dengan data sekunder. Data yang digunakan merupakan data foto fundus yang bersumber dari Messidor Database. Data tersebut diperoleh dari 3 departemen oftalmologi di Prancis pada tahun 2004 (Messidor, 2020). Sampel data foto fundus akan ditunjukan pada Gambar 3.1.



(a) Normal (b) *Mild*-NPDR (c) *Moderate*-NPDR (d) *Serve*-NPDR

Gambar 3.1 Retina Normal dan Retina *Diabeic Retinopathy*

(Sumber: (Messidor, 2020))

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

3.3. Kerangka Penelitian

Dalam mempermudah melakukan pengolahan data sampai dengan mendapatkan hasil, maka diperlukan kerangka penelitian agar mempermudah pemahaman. Berikut kerangka penelitian yang akan ditunjukan pada Gambar 3.2.

1. *Input* data

   Data yang digunakan merupakan foto fundus dari data Messidor sebanyak 1200 citra yang terdiri dari empat kelas, yaitu normal, *Mild*-NPDR, *Moderate*-NPDR, dan *Severe*-NPDR

2. *Preprocessing*

   Data yang sudah terkumpul kemudian dilakukan *cropping* secara manual, lalu *resize* data dengan ukuran piksel 224×224 sesuai dengan input pada arsitektur DenseNet. Selanjutkan akan dilakukan augmentasi dengan cara rotasi sebesar $30°$, $45°$, $60°$, $90°$, serta dilakukan refleksi terhadap sumbu x dan y sehingga jumlah data keseluruhan menjadi 8400.

3. Pelatihan Model Tahap pelatihan model pada penelitian ini menggunakan CNN jenis DenseNet dan proses pelatihannya menggunakan PC dengan processor AMD Ryzen 5 3600 (3.6GHz), kapasitas RAM 16 GB, dan *Grapichs Card* 6 GB Nvidia GTX 1660. Pada CNN jenis DenseNet terdapat 709 *layers* yang terdiri dari 1 *input layer*, 1 *preprocessing layers*, 200 *convolutional layers*, 201 *batch normalization layers*, 200 *ReLU layers*, 98 *depth concatenation layers*, 4 *max pooling layers*, 1 *global average pooling layer*, 1 *fully connected layer*, 1 *softmax layer*, dan 1 *classification layer*. Arsitektur ini dapat dilihat pada Gambar 3.3 beserta penjelasan dari setiap *layer*nya dan penjelasan blok dapat dilihat pada Gambar 3.4.

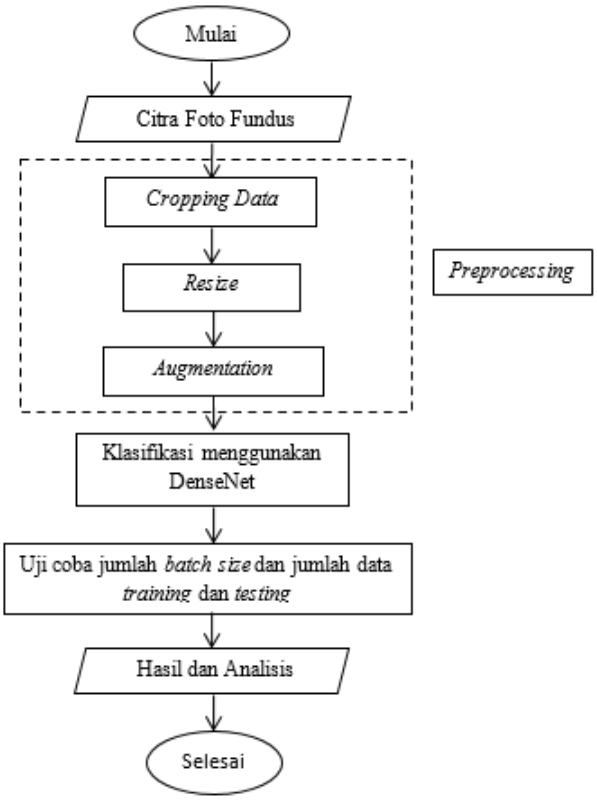
digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

4. Pengujian dan Evaluasi

   Data yang sudah melakukan *preprocessing* kemudian dilakukan klasifikasi mengunakan DenseNet. Pengujian yang dilakukan yaitu, melakukan percobaan jumlah *batchsize* sebesar 4, 8, 16 dan perbandingan jumlah data *training* dan *testing* sebesar 90%-10%, 80%-20%, 70%-30%, 60%-40%. Hasil yang didapat akan dievaluasi menggunakan *confusion matrix*.

5. Hasil dan Kesimpulan

   Setelah mendapatkan hasil dari penelitian maka dapat ditarik suatu kesimpulan.



Gambar 3.2 Diagram Alur Penelitian

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

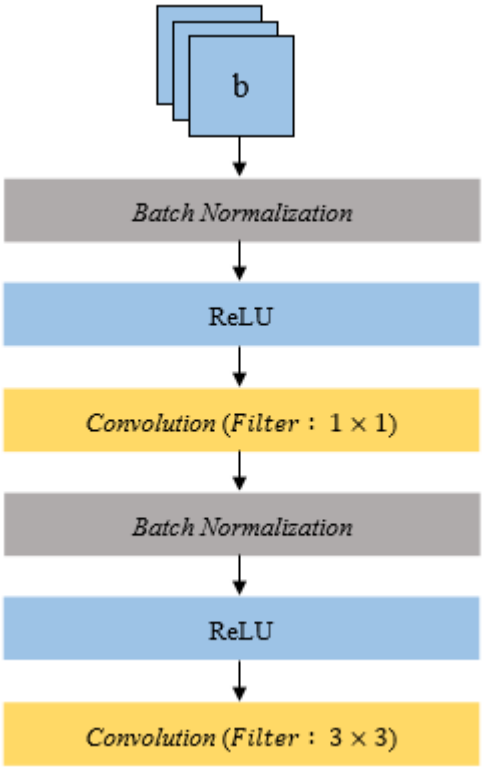
Arsitektur	Detail	*Output*
Input		224 × 224 × 3
Convolutional	*Filter* : 7 × 7 × 3 × 64 *Stride* : 2 *Padding* : 3	112 × 112 × 64
Batch Normalization		112 × 112 × 64
ReLU		112 × 112 × 64
Max Pooling	*Grid* : 3 × 3 *Stride* : 2 *Padding* : 1	56 × 56 × 64
Dense Blok 1_blok 1		*Output feature map layer terakhir blok 1* 56 × 56 × 32
Depth Concatenation Dense Blok 1_blok 1		56 × 56 × 96
⋮		
Depth Concatenation Dense Blok 1_blok 6		56 × 56 × 256
Batch Normalization		56 × 56 × 256
ReLU		56 × 56 × 256
Convolutional	*Filter* : 1 × 1 × 256 × 128 *Stride* : 1 *Padding* : 0	56 × 56 × 128
Max Pooling	*Grid* : 2 × 2 *Stride* : 2 *Padding* : 0	28 × 28 × 128
⋮		
Depth Concatenation Dense Blok 2_blok 12		28 × 28 × 512
Batch Normalization		28 × 28 × 512
A		

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Arsitektur	Detail	*Output*
A		
ReLU		28 × 28 × 512
Convolutional	*Filter* : 1 × 1 × 512 × 256 *Stride* : 1 *Padding* : 0	28 × 28 × 256
Max Pooling	*Grid* : 2 × 2 *Stride* : 2 *Padding* : 0	14 × 14 × 256
⋮		
Depth Concatenation Dense Blok 3_blok 48		14 × 14 × 1792
Batch Normalization		14 × 14 × 1792
ReLU		14 × 14 × 1792
Convolutional	*Filter* : 1 × 1 × 1792 × 896 *Stride* : 1 *Padding* : 0	14 × 14 × 896
Max Pooling	*Grid* : 2 × 2 *Stride* : 2 *Padding* : 0	7 × 7 × 896
⋮		
Depth Concatenation Dense Blok 4_blok 32		7 × 7 × 1920
Batch Normalization		7 × 7 × 1920
Global Average Pooling		1 × 1 × 1920
FCL		1 × 1 × 4
Softmax		1 × 1 × 4
Classification		-

Gambar 3.3 Rancangan Arsitektur DenseNet

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id



Gambar 3.4 Ilustrasi Penjelasan Blok

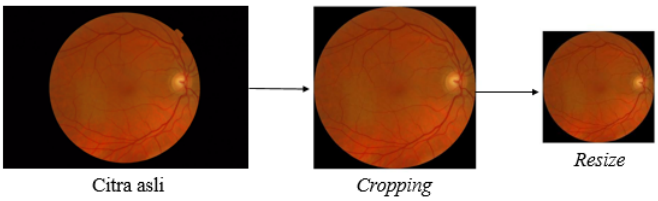
digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

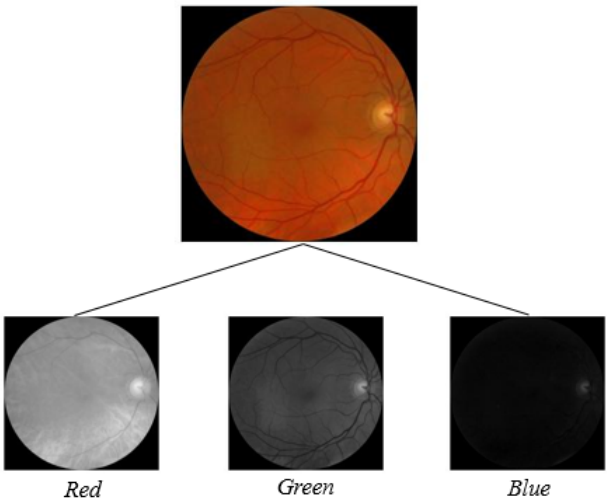
4.1. *Pre-Processing*

Pada penelitian ini akan melakukan klasifikasi *diabetic retinopathy* menggunakan *Convolutional Neurak Network* (CNN) jenis DenseNet berdasarkan citra foto fundus. Citra foto fundus didapatkan dari Messidor Database. Data ini terdiri dari 546 citra foto fundus normal, 153 citra *Mild Non-Proliferative Diabetic Retinopathy*, 247 *Moderate Non-Proliferative Diabetic Retinopathy*, dan 254 *Severe Non-Proliferative Diabetic Retinopathy*. Citra foto fundus yang digunakan merupakan citra *true colour* yang terdiri dari tiga *channel* warna, yaitu *Red* (R), *Green* (G), dan *Blue* (B) dan setiap *channel* memiliki nilai piksel masing-masing seperti pada Gambar 4.2 sampai 4.5. Ukuran asli dari citra foto fundus cukup beragam, sehingga perlu dilakukan *cropping* untuk area retina mata dan *resize* dengan ukuran sebesar 224 x 224 seperti pada Gambar 4.1. Dimana tujuan dari *cropping* tersebut agar mempermudah dan memfokuskan area yang ingin diteliti, sedangan ukuran *resize* yang digunakan didasarkan pada ukuran *input* pada arsitektur DenseNet.



Gambar 4.1 Sampel Gambar *Cropping* dan *Resize*

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id



Gambar 4.2 *Channel* Warna Citra Foto Fundus

x, y	...	98	99	100	101	102	103	104	105	106	107	108	109	...
1	...	18	31	46	61	76	90	102	114	124	133	141	147	...
2	...	149	156	161	160	160	159	159	158	157	155	154	155	...
3	...	157	155	154	154	153	154	154	154	153	151	151	152	...
4	...	152	154	152	150	152	155	154	153	151	149	149	151	...
5	...	153	154	153	150	152	152	151	151	150	150	149	149	...
6	...	153	153	152	150	148	149	150	148	148	148	148	147	...
7	...	150	149	149	147	146	146	148	148	145	145	146	144	...
8	...	146	146	147	145	147	146	146	147	145	144	145	143	...
9	...	145	144	146	145	147	147	146	143	145	144	143	141	...
10	...	146	147	146	144	144	146	145	143	144	144	142	140	...
11	...	146	147	145	142	142	144	144	144	143	144	143	141	...
12	...	145	145	143	143	144	145	144	144	143	145	143	144	...
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮

Gambar 4.3 Nilai Piksel Pada *Channel Red*

x, y	...	98	99	100	101	102	103	104	105	106	107	108	109	...
1	...	10	17	25	33	41	49	56	62	66	71	76	78	...
2	...	78	80	85	85	85	84	83	81	79	78	78	78	...
3	...	80	75	75	77	76	76	75	74	74	73	74	74	...
4	...	77	75	72	72	74	73	73	73	72	71	71	71	...
5	...	74	73	71	67	69	71	70	71	70	69	69	68	...
6	...	71	70	69	66	63	65	67	66	65	67	65	65	...
7	...	67	67	66	65	63	58	59	61	62	64	64	62	...
8	...	64	64	63	62	64	60	55	57	60	62	62	61	...
9	...	61	59	59	60	61	59	55	51	56	59	59	58	...
10	...	60	58	56	58	58	56	54	48	50	56	55	54	...
11	...	57	56	55	56	57	53	52	49	46	53	54	52	...
12	...	55	54	56	55	54	53	53	51	45	51	52	52	...
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮

Gambar 4.4 Nilai Piksel Pada *Channel Green*

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

x,y	...	98	99	100	101	102	103	104	105	106	107	108	109	...
1	...	3	5	8	11	15	18	20	22	24	25	27	25	...
2	...	29	27	26	26	29	30	29	30	29	27	27	25	...
3	...	30	27	22	23	26	28	27	25	25	24	23	24	...
4	...	27	26	24	23	24	25	24	22	23	23	22	22	...
5	...	25	25	25	21	21	21	21	22	22	21	21	20	...
6	...	23	22	24	22	19	19	21	21	20	20	19	19	...
7	...	20	19	20	22	22	19	19	21	20	18	20	19	...
8	...	20	18	21	19	21	20	19	21	20	18	20	19	...
9	...	22	21	21	21	20	19	20	18	21	20	20	18	...
10	...	22	24	23	21	21	20	22	19	19	22	20	18	...
11	...	19	21	22	22	22	22	23	21	18	21	20	18	...
12	...	20	19	21	21	20	21	22	19	17	18	18	19	...
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮

Gambar 4.5 Nilai Piksel Pada *Channel Blue*

Setelah melakukan *resize*, data kemudian di perbanyak untuk data pelatihan dengan melakukan augmentasi. Proses augmentasi yang digunakan pada penelitian ini yaitu rotasi (perputaran) dan refeksi (pencerminan) terhadap sumbu x dan y.

1. Rotasi

   Transformasi rotasi digunakan untuk merubah posisi pada citra awal sebesar $30°$, $45°$, $65°$, dan $90°$. Berikut contoh perhitungan rotasi $90°$:

$$
\begin{aligned}
(x,y) = (1,1) \rightarrow (x_1,y_1) \rightarrow x_1 &= xcos90° - ysin90° \\
&= 1cos90° - 1sin90° = -1 \\
y_1 &= xsin90° + ycos90° \\
&= 1sin90° + 1cos90° = 1 \\
(x,y) = (1,2) \rightarrow (x_1,y_1) \rightarrow x_1 &= xcos90° - ysin90° \\
&= 1cos90° - 2sin90° = -2 \\
y_1 &= xsin90° + ycos90° \\
&= 1sin90° + 2cos90° = 1 \\
&\vdots
\end{aligned}
$$

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

$$(x, y) = (12, 11) \rightarrow (x_1, y_1) \rightarrow x_1 = xcos90^\circ - ysin90^\circ$$
$$= 12cos90^\circ - 11sin90^\circ = -11$$
$$y_1 = xsin90^\circ + ycos90^\circ$$
$$= 12sin90^\circ + 11cos90^\circ = 12$$
$$(x, y) = (12, 12) \rightarrow (x_1, y_1) \rightarrow x_1 = xcos90^\circ - ysin90^\circ$$
$$= 12cos90^\circ - 12sin90^\circ = -12$$
$$y_1 = xsin90^\circ + ycos90^\circ$$
$$= 12sin90^\circ + 12cos90^\circ = 12$$

Hasil yang di dapatkan dari perhitungan tersebut yaitu ketika (x, y) = (1,1) berpindah posisi menjadi (x_1, y_1) = (-1,1), ketika (x, y) = (1,2) berpindah posisi menjadi (x_1, y_1) = (-2,1), dan seterusnya. Hal tersebut dapat disimpulkan bahwa, ketika perpindahan rotasi 90° posisi sumbu y akan tetap dan posisi sumbu x akan bersinggungan.

2. Refleksi

   Transformasi refleksi yaitu melakukan pencerminan data citra awal terhadap sumbu x dan y. Berikut contoh perhitungan refleksi terhadap sumbu x.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

$$\begin{bmatrix} x \\ y \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \end{bmatrix} \rightarrow \begin{bmatrix} x_1 \\ y_1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & -1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x \\ y \end{bmatrix}$$

$$= \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & -1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} x \\ y \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 \\ 2 \end{bmatrix} \rightarrow \begin{bmatrix} x_1 \\ y_1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & -1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x \\ y \end{bmatrix}$$

$$= \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & -1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 \\ 2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 \\ -2 \end{bmatrix}$$

$$\vdots$$

$$\begin{bmatrix} x \\ y \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 12 \\ 11 \end{bmatrix} \rightarrow \begin{bmatrix} x_1 \\ y_1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & -1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x \\ y \end{bmatrix}$$

$$= \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & -1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 12 \\ 11 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 12 \\ -11 \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} x \\ y \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 12 \\ 12 \end{bmatrix} \rightarrow \begin{bmatrix} x_1 \\ y_1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & -1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x \\ y \end{bmatrix}$$

$$= \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & -1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 12 \\ 12 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 12 \\ -12 \end{bmatrix}$$

Hasil yang didapatkan dari perhitungan refleksi terhadap sumbu x yaitu (x, y)=(1,1) berpindah posisi menjadi x_1, y_1=(1,-1), ketika (x, y) = (1,2) berpindah posisi menjadi (x_1, y_1) = (1,-2), dan seterusnya. Hal tersebut dapat disimpulkan bahwa saat perpindahan refleksi, posisi sumbu x akan tetap dan posisi sumbu y akan menjadi negatif.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

4.2. Klasifikasi *Diabetic Retinopathy* Menggunakan Metode CNN Jenis DenseNet

Pelatihan model dilakukan dengan melakukan beberapa percobaan untuk mendapatkan hasil yang terbaik. Percobaan yang akan dilakukan adalah membandingkan jumlah data training dan data testing terhadap jumlah *batch size*. Perbandingan jumlah data yang digunakan yaitu 60% - 40%, 70% - 30%, 80% -20%, dan 90% - 10%, sedangkan untuk jumlah *batch size* yang digunakan yaitu 4, 8, dan 16. Berikut penjelasan dari setiap layer yang ada pada CNN jenis DenseNet:

4.2.1. *Convolutional Layer*

Pada tahap pembelajaran fitur ini, langkah pertama yang dilakukan yaitu memasukan seluruh data *input* berupa citra RGB foto fundus yang telah dilakukan *cropping* dan *resize* sebesar 224×224. Lapisan pertama pada CNN yaitu *convolutional layer* dengan menggunakan filter berukuran 7×7 sebanyak $64\times$ dan pada lapisan ini menggunakan *zero padding* 3 dan *stride* 2 sesuai dengan arsitektur DenseNet. Ilustrasi penambahan *zero padding* 3 akan ditunjukan pada Gambar 4.6

0	0	0	0	0	...	0	0	0	...	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	...	0	0	0	...	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	...	0	0	0	...	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0		0	0	0		0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	⋮	0	0	0	⋮	0	0	0	0	0
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮										
0	0	0	144	145	...	136	139	139	...	141	141	0	0	0
0	0	0	139	146	...	133	133	136	...	141	141	0	0	0
0	0	0	137	147	...	140	139	142	...	145	142	0	0	0
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮		⋮	⋮	⋮		⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
0	0	0	0	0	⋮	0	0	0	⋮	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0		0	0	0		0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	...	0	0	0	...	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	...	0	0	0	...	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	...	0	0	0	...	0	0	0	0	0

Gambar 4.6 Ilustrasi Penambahan *zero padding* 3

Pada contoh ini akan mengambil data sampel sejumlah 15×15 seperti

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

ilustrasi pada Gambar 4.7.

17	18	15	16	18	18	19	18	17	19	22	20	20	21	21
18	60	63	58	56	54	51	45	43	41	39	38	40	44	46	49
20	49	152	152	151	149	148	147	146	145	144	145	146	145	144	146	145
19	51	149	149	148	146	145	145	143	143	142	144	145	144	143	143	146
22	49	147	148	145	143	146	144	144	145	144	143	145	144	142	142	143
18	52	144	146	145	143	145	142	141	140	141	141	144	143	142	142	142
17	51	145	142	143	144	145	142	141	140	139	141	143	144	143	142	141
18	49	142	143	142	144	146	144	142	142	144	145	145	143	141	141	140
19	49	140	142	141	143	144	144	143	142	142	145	146	144	142	142	141
17	44	142	142	141	138	138	139	137	136	139	139	140	140	139	140	139
21	32	140	138	134	133	133	134	133	133	133	136	137	137	136	136	135
21	39	132	134	137	139	139	140	140	140	139	142	141	141	140	140	138
22	48	134	141	143	140	142	143	141	141	142	142	141	139	143	145	141
22	51	136	140	143	139	142	143	141	140	141	142	141	140	143	142	140
19	49	137	139	140	139	140	141	141	142	141	143	143	141	142	142	143
22	48	139	140	139	137	139	139	141	142	142	142	143	144	145	144	142
	50	139	141	141	138	139	140	140	141	141	140	141	141	145	146	145
		141	141	144	141	140	142	143	144	145	143	141	141	144	148	146

*

-0.0107	0.0038	0.0063	-0.0075	0.0023	-0.0014	0.0114		
0.0102	0.0035	0.0205	-0.0049	-0.0279	-0.021	-0.0095	0.012	
0.0135	-0.0187	0.0168	0.0293	0.0071	-0.011	-0.0046	0.0008	0.0099
0.0381	0.0253	-0.019	-0.0507	-0.0559	-0.1034	-0.0895	-0.0702	-0.0358
-0.0068	0.0649	0.0198	0.0353	0.0209	0.0598	0.1132	0.0771	0.0596
-0.0458	-0.0437	0.0329	0.1021	0.2296	0.3118	0.3364	0.2393	0.1252
-0.0033	-0.0747	-0.0331	-0.0844	-0.1971	-0.3508	-0.4025	-0.289	-0.1255
	0.0248	-0.0377	-0.0614	-0.0742	-0.0613	-0.0252	-0.0161	-0.0492
		0.0189	0.0401	0.0748	0.0778	0.0889	0.0669	0.0228

Gambar 4.7 Sampel nilai RGB

(Sumber: MathWork)

Berdasarkan gambar diatas, setiap matriks akan dioperasikan perkalian *dot product* dengan matriks filter. Contoh perhitungan operasi *convolutional layer* dari sampel *matrix* citra pada setiap *channel warna* seperti berikut.

152	152	151	149	148	147	146	145	144	145	146	145	144	146	145
149	149	148	146	145	145	143	143	143	144	145	144	143	143	146
147	148	145	143	146	144	144	145	144	145	145	144	142	142	143
144	146	145	143	145	142	141	140	141	141	144	143	142	142	142
145	142	143	144	145	142	141	140	139	141	143	144	143	142	141
142	143	142	144	146	144	142	142	144	145	145	143	141	141	140
140	142	141	143	144	144	143	142	142	145	146	144	142	142	141
142	142	141	138	138	139	137	136	139	139	140	140	139	140	139
140	138	134	133	133	134	133	133	133	136	137	137	136	136	135
132	134	137	139	139	140	140	140	139	142	141	141	140	140	138
134	141	143	140	142	143	141	141	142	142	141	139	143	145	141
136	140	143	139	142	143	141	140	141	142	141	140	143	142	140
137	139	140	139	140	141	141	142	141	143	143	141	142	142	143
139	140	139	137	139	139	141	142	142	142	143	144	145	144	142
139	141	141	138	139	140	140	141	141	140	141	141	145	146	145
141	141	144	141	140	142	143	144	145	143	141	141	144	148	146

0.0168	0.0293	0.0071	-0.011	-0.0046	0.0008	0.0099
-0.019	-0.0507	-0.0559	-0.1034	-0.0895	-0.0702	-0.0358
0.0198	0.0353	0.0209	0.0598	0.1132	0.0771	0.0596
0.0329	0.1021	0.2296	0.3118	0.3364	0.2393	0.1252
-0.0331	-0.0844	-0.1971	-0.3508	-0.4025	-0.289	-0.1255
-0.0377	-0.0614	-0.0742	-0.0613	-0.0252	-0.0161	-0.0492
0.0189	0.0401	0.0748	0.0778	0.0889	0.0669	0.0228

Gambar 4.8 Ilustrasi Operasi *Convolutional* pada Citra *Channel Red*

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

$$
\begin{aligned}
H(r)_{1,1} &= J(1,1) \times K(1,1) + J(1,2) \times K(1,2) + \ldots + J(7,6) \times K(7,6) + \\
&\quad J(7,7) \times K(7,7) \\
&= 152 \times 0.0168 + 152 \times 0.0293 + \ldots + 144 \times 0.0669 + 143 \times 0.0228 \\
&= -4.198 \\
H(r)_{1,2} &= J(1,1) \times K(1,1) + J(1,2) \times K(1,2) + \ldots + J(7,6) \times K(7,6) + \\
&\quad J(7,7) \times K(7,7) \\
&= 151 \times 0.0168 + 149 \times 0.0293 + \ldots + 146 \times 0.0669 + 142 \times 0.0228 \\
&= -3.775 \\
&\vdots \\
H(r)_{5,4} &= J(1,1) \times K(1,1) + J(1,2) \times K(1,2) + \ldots + J(7,6) \times K(7,6) + \\
&\quad J(7,7) \times K(7,7) \\
&= 153 \times 0.0168 + 136 \times 0.0293 + \ldots + 146 \times 0.0669 + 145 \times 0.0228 \\
&= -5.1047 \\
H(r)_{5,5} &= J(1,1) \times K(1,1) + J(1,2) \times K(1,2) + \ldots + J(7,6) \times K(7,6) + \\
&\quad J(7,7) \times K(7,7) \\
&= 133 \times 0.0168 + 133 \times 0.0293 + \ldots + 141 \times 0.0669 + 145 \times 0.0228 \\
&= -6.423
\end{aligned}
$$

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

60	63	58	56	54	51	45	43	41	39	38	40	44	46	49
49	48	44	43	42	40	40	43	45	47	47	49	51	53	54
51	51	49	48	49	47	49	52	53	52	51	51	49	49	52
49	49	51	52	51	48	48	49	50	50	51	49	48	48	50
52	45	45	50	49	48	49	49	48	50	51	50	50	51	50
51	47	42	48	49	49	49	48	51	52	52	51	50	51	51
49	48	42	44	46	48	46	49	51	51	52	51	49	50	51
49	46	39	36	36	38	35	38	40	36	37	38	37	39	41
44	39	32	31	31	31	31	31	30	29	29	29	28	29	28
32	33	39	45	45	44	45	46	44	44	43	44	44	45	41
39	46	49	50	50	49	48	48	49	47	47	47	48	50	50
48	50	50	49	49	49	50	50	48	46	45	47	48	48	47
51	50	49	49	47	48	50	51	49	47	46	48	49	51	50
49	48	48	47	46	47	48	48	49	48	47	51	52	51	50
48	49	49	47	48	49	49	49	49	47	47	51	52	53	53
50	50	49	48	48	49	50	50	50	50	50	52	53	55	54

0.0035	0.0205	-0.0049	-0.0279	-0.021	-0.0095	0.012
-0.0187	-0.05	-0.0854	-0.1506	-0.1236	-0.0851	-0.0301
0.0253	0.0646	0.0614	0.1495	0.1933	0.1283	0.0879
0.0649	0.1556	0.3274	0.4658	0.4826	0.3207	0.1526
-0.0437	-0.1093	-0.2824	-0.4937	-0.547	-0.4051	-0.1829
-0.0747	-0.1056	-0.1361	-0.1307	-0.0862	-0.0659	-0.0791
0.0248	0.0644	0.1107	0.1382	0.1478	0.1058	0.0451

Gambar 4.9 Ilustrasi Operasi *Convolutional* pada Citra *Channel Green*

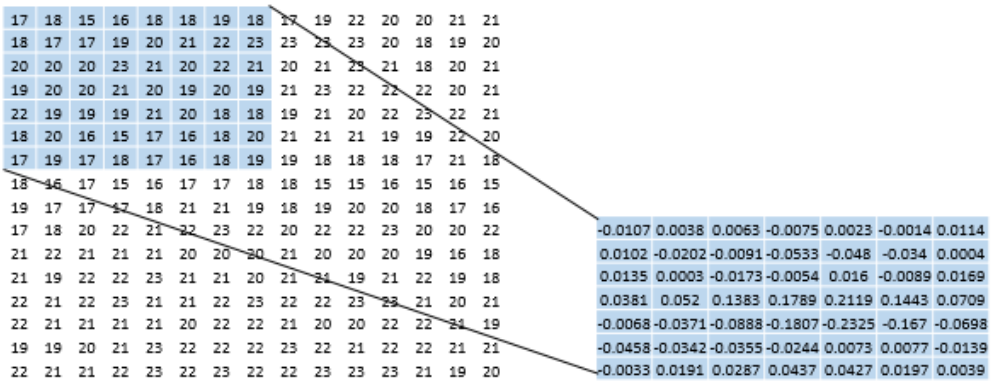
$$
\begin{aligned}
H(g)_{1,1} &= J(1,1) \times K(1,1) + J(1,2) \times K(1,2) + \ldots + J(7,6) \times K(7,6) + \\
&\quad J(7,7) \times K(7,7) \\
&= 60 \times 0.0035 + 63 \times 0.0205 + \ldots + 48 \times 0.1058 + 46 \times 0.0451 \\
&= 5.9635 \\
H(g)_{1,2} &= J(1,1) \times K(1,1) + J(1,2) \times K(1,2) + \ldots + J(7,6) \times K(7,6) + \\
&\quad J(7,7) \times K(7,7) \\
&= 58 \times 0.0035 + 56 \times 0.0205 + \ldots + 44 \times 0.1058 + 46 \times 0.0451 \\
&= 5.1890 \\
&\vdots \\
H(g)_{5,4} &= J(1,1) \times K(1,1) + J(1,2) \times K(1,2) + \ldots + J(7,6) \times K(7,6) + \\
&\quad J(7,7) \times K(7,7) \\
&= 31 \times 0.0035 + 31 \times 0.0205 + \ldots + 51 \times 0.1058 + 52 \times 0.0451 \\
&= -1.2406
\end{aligned}
$$

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

$$H(g)_{5,4} = J(1,1) \times K(1,1) + J(1,2) \times K(1,2) + \ldots + J(7,6) \times K(7,6) + J(7,7) \times K(7,7)$$

$$= 30 \times 0.0035 + 39 \times 0.0205 + \ldots + 53 \times 0.1058 + 53 \times 0.0451$$

$$= -2.8765$$



Gambar 4.10 Ilustrasi Operasi *Convolutional* pada Citra *Channel Blue*

$$H(b)_{1,1} = J(1,1) \times K(1,1) + J(1,2) \times K(1,2) + \ldots + J(7,6) \times K(7,6) + J(7,7) \times K(7,7)$$

$$= 17 \times -0.0107 + 18 \times 0.0038 + \ldots + 18 \times 0.0197 + 19 \times 0.0039$$

$$= -1.0851$$

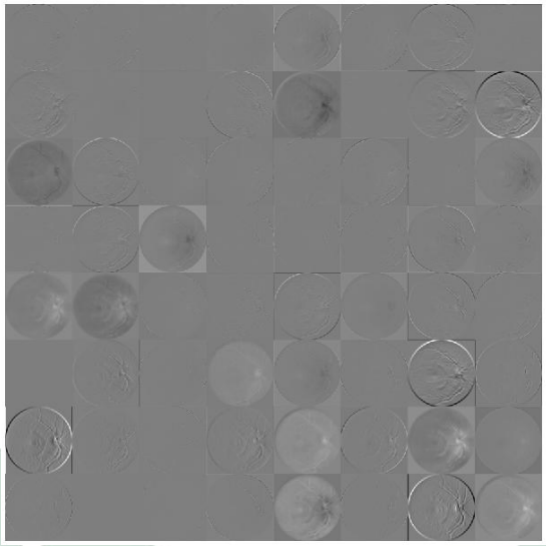
digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

$$
\begin{aligned}
H(b)_{1,2} &= J(1,1) \times K(1,1) + J(1,2) \times K(1,2) + \ldots + J(7,6) \times K(7,6) + \\
&\quad J(7,7) \times K(7,7) \\
&= 15 \times -0.0107 + 16 \times 0.0038 + \ldots + 18 \times 0.0197 + 17 \times 0.0039 \\
&= -0.8376 \\
&\vdots \\
H(b)_{5,4} &= J(1,1) \times K(1,1) + J(1,2) \times K(1,2) + \ldots + J(7,6) \times K(7,6) + \\
&\quad J(7,7) \times K(7,7) \\
&= 21 \times -0.0107 + 19 \times 0.0038 + \ldots + 22 \times 0.0197 + 22 \times 0.0039 \\
&= -0.9995 \\
H(b)_{5,5} &= J(1,1) \times K(1,1) + J(1,2) \times K(1,2) + \ldots + J(7,6) \times K(7,6) + \\
&\quad J(7,7) \times K(7,7) \\
&= 18 \times -0.0107 + 19 \times 0.0038 + \ldots + 21 \times 0.0197 + 21 \times 0.0039 \\
&= 1.5951
\end{aligned}
$$

Hasil yang didapatkan dari setiap *channel* warna kemudian ditambahkan, sehingga didapatkan hasil seperti pada *matrix* dibawah ini.

$$
H = \begin{bmatrix}
0.6804 & 5.1890 & 0.0671 & 0.0406 & 0.0496 \\
0.0752 & 0.0382 & -0.0026 & 0.0073 & 0.0443 \\
-0.0207 & -0.0088 & 0.0316 & 0.0130 & -0.0527 \\
0.1569 & 0.1022 & 0.0059 & -0.0133 & 0.02028 \\
-0.0295 & -0.0114 & 0.0556 & -1.2406 & -2.8765
\end{bmatrix}
$$

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id



Gambar 4.11 ***Feature Map*** **Hasil** ***Convolutional*** **Pertama**

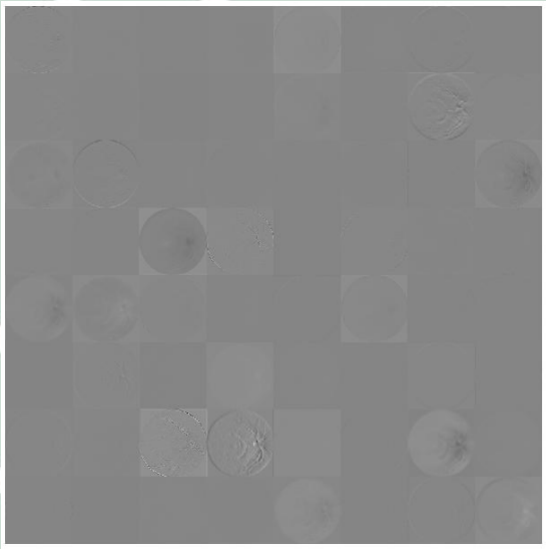
4.2.2. *Batch Normalization*

Hasil *output* dari *convolutional layer* kemudian di normalisasi menggunakan *batch normalization*. Dalam penelitian ini, parameter pembelajaran diinisialisasi sebagai berikut: $\gamma = 1$, $\beta = 0$, dan $\epsilon = 0,00001$. Dari parameter pemberajaran tersebut didapatkan nilai rata-rata dan varian dari setaip *batch size* sebesar $\mu = 0,0014$ dan $\sigma^2 = 0,2314$, berikut sampel dari perhitungan *batch normalization*:

$$
\begin{aligned}
BN_1 &= \left(\gamma \frac{h-\mu}{\sqrt{\sigma^2+\epsilon}}\right) + \beta \\
&= (1 \times \frac{0,6804 - 0,0014}{\sqrt{0,2314 + 0,00001}}) + 0 \\
&= 1,4115
\end{aligned}
$$

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

$$BN = \begin{bmatrix} 1.4115 & 10.7839 & 0.1366 & 0.0814 & 0.1003 \\ 0.1534 & 0.0765 & -0.0084 & 0.0123 & 0.0891 \\ -0.0459 & -0.0213 & 0.0628 & 0.0242 & -0.1124 \\ 0.3233 & 0.2096 & 0.0092 & -0.0305 & 0.0393 \\ -0.0644 & -0.0267 & 0.1128 & -2.5818 & -5.9825 \\ & & & & \end{bmatrix}$$



Gambar 4.12 ***Feature Map*** **Hasil** ***Batch Normalization***

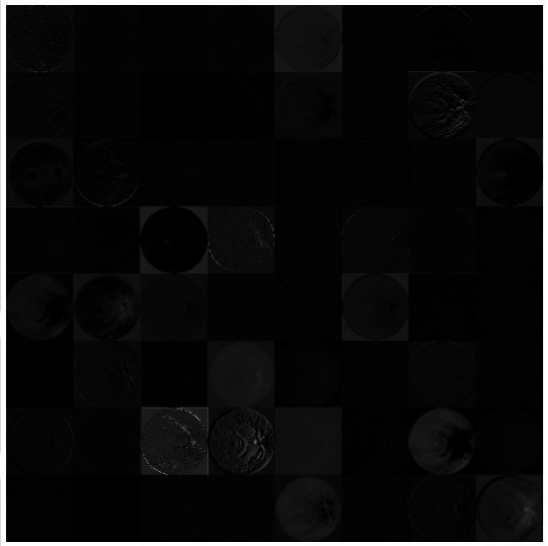
4.2.3. *ReLU*

Fungsi aktivasi *ReLU* dilakukan menggunakan hasil dari perhitungan *batch normalization* dengan cara mengubah nilai negatif menjadi 0 . Berikut hasil dari

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

ReLU:

$$x = \begin{bmatrix} 1.4115 & 10.7839 & 0.1366 & 0.0814 & 0.1003 \\ 0.1534 & 0.0765 & 0 & 0.0123 & 0.0891 \\ 0 & 0 & 0.0628 & 0.0242 & 0 \\ 0.3233 & 0.2096 & 0.0092 & 0 & 0.0393 \\ 0 & 0 & 0.1128 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$



Gambar 4.13 *Feature Map* Hasil *ReLU*

4.2.4. *Max Pooling Layer*

Setelah mendapatkan nilai dari *ReLu*, pada aritektur DenseNet dilanjutkan dengan *max pooling layer*. Dimana pembagian *grid*nya berukuran 3×3 dengan penambahan *zero padding* 1 dan pergeseran *stride* sebesar 2 sesuai dengan arsitektur pada DenseNet, berikut cara perhitungan dan ilustrasi penambahan *zero padding* 1:

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

0	0	0	0	0	0	0
0	1,4115	10,7839	0,1366	0,0814	0,1003	0
0	0,1534	0,0765	0	0,0123	0,0891	0
0	0	0	0,0628	0,0242	0	0
0	0,3233	0,2096	0,0092	0	0,0393	0
0	0	0	0,1128	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0

Gambar 4.14 Ilustrasi Penambahan *Zero Padding* 1

$$P_{1,1} = max(0, 0, 0, 0, 1.4115, 10.7839, 0, 0.1534, 0.0765) = 10.7839$$

$$P_{1,2} = max(0, 0, 0, 0.1366, 0.0814, 0.1003, 0, 0.1534, 0.0765) = 10.7839$$

$$\vdots$$

$$P_{3,2} = max(0.2096, 0.0093, 0, 0, 0.1128, 0, 0, 0, 0) = 0.2096$$

$$P_{3,3} = max(0, 0.0393, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0) = 0.0393$$

$$X = \begin{bmatrix} 10.7839 & 10.7839 & 0.1003 \\ 0.3233 & 0.2096 & 0.0891 \\ 0.3233 & 0.2096 & 0,0393 \end{bmatrix}$$

4.2.5. *Depth Concatenation*

Pada *Depth Concatenation Layer* akan dilakukan penggabungan atau penumpukan dari matriks sebelumnya. Pada arsitektur DenseNet *Depth Concatenation Layer* yang pertama merupakan penumpukan dari *layer max pooling* yang memiliki ukuran *feature map* $56 \times 56 \times 64$ dengan *layer* terakir dari blok pertama, yaitu *layer batch normalization* dengan ukuran *feature map* $56 \times 56 \times 32$. Sehingga jika ditumpuk maka akan berukuran sebesar $56 \times 56 \times 96$. Ukurann *feature map* dapat dilihat pada Gambar 3.3

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

4.2.6. *Global Average Pooling Layer*

Sebelum masuk pada *fully connected layer* akan dilakukan *flatten* menggunakan *global average pooling*. Ukuran *matrix feature map* pada lapisan sebelumnya sebesar $7 \times 7 \times 1920$, kemudian dilakukan *global average pooling* dengan pembagian *grid* 7×7 sesuai dengan ukuran *feature map*. Pada *global average pooling* tidak menggunakan penambahan *zero padding* dan pergeseran *stride*. Maka ukuran *matrix output* dari proses ini adalah $1 \times 1 \times 1920$.

4.2.7. *Fully Connected Layer*

Pada *layer* ini akan dilakukan proses pembelajaran pola data yang nantinya digunakan untuk proses klasifikasi. Pada proses ini menggunakan metode *multilayer pecepton backpropagation* untuk pembaruan bobot dan bias. Berikut contoh perhitungan *fully connected layer*:

$$z_j = b_j + \sum_i w_{ij} x_i$$

$$b = \begin{bmatrix} 0.0710 \\ -0.0552 \\ -0.0350 \\ 0.0191 \end{bmatrix}$$

$$w = \begin{bmatrix} -0.0391 & -0.0378 & -0.0441 & \cdots & 0.1398 \\ 0.0458 & 0.0397 & -0.0082 & \cdots & -0.3159 \\ 0.0372 & 0.0047 & 0.0459 & \cdots & 0.2646 \\ 0.0274 & -0.0199 & 0.0163 & \cdots & 0.0139 \end{bmatrix}$$

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

$$x = \begin{bmatrix} -7.1514e-04 \\ -4.4820e-04 \\ -0.0014 \\ \vdots \\ 0.0508 \end{bmatrix}$$

$$z_1 = 0.0710 + (-0.0391 \times -7.1514e-04) + (-0.0378 \times -4.4820e-04) +$$
$$(-0.0441 \times -0.0014) + \cdots + (0.1398 \times 0.0508)$$
$$= 17.8316$$

$$z_2 = -0.0552 + (0.0458 \times -7.1514e-04) + (0.0397 \times -4.4820e-04) +$$
$$(-0.0082 \times -0.0014) + \cdots + (-0.3159 \times 0.0508)$$
$$= 4.2160$$

$$z_3 = -0.0350 + (0.0372 \times -7.1514e-04) + (0.0047 \times -4.4820e-04) +$$
$$(0.0459 \times -0.0014) + \cdots + (0.2646 \times 0.0508)$$
$$= -17.3483$$

$$z_4 = 0.0191 + (0.0274 \times -7.1514e-04) + (-0.0199 \times -4.4820e-04) +$$
$$(0.0163 \times -0.0014) + \cdots + (0.0139 \times 0.0508)$$
$$= -2.3678$$

4.2.8. *Softmax*

Pada *layer* ini akan mencari nilai probabilitas dari setiap kelas tingkat keparahan *diabetic retinopathy* menggunakan nilai dari *output pada fully*

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

connected layer. Hasil probabilitas paling besar menentukan hasil kelas tersebut dan jumlah dari seluruh nilai probabilitas tersebut yaitu 1. Berikut perhitungan nilai probabilitas:

$$s_i = \frac{e^{z_i}}{\sum_{j=1}^{m} e^{z_j}}, i = 1, 2, , m$$

$$s_1 = \frac{17.8316}{e^{17.8316} + e^{4.2160} + e^{-17.3483} + e^{-2.3678}}$$

$$= 0.9999$$

$$s_2 = \frac{4.2160}{e^{17.8316} + e^{4.2160} + e^{-17.3483} + e^{-2.3678}}$$

$$= 1.2213e^{-6}$$

$$s_3 = \frac{-17.3483}{e^{17.8316} + e^{4.2160} + e^{-17.3483} + e^{-2.3678}}$$

$$= 5.2669e^{-16}$$

$$s_4 = \frac{-2.3678}{e^{17.8316} + e^{4.2160} + e^{-17.3483} + e^{-2.3678}}$$

$$= 1.6886e^{-9}$$

4.3. Evaluasi Model

Pada penelitian ini dilakukan beberapa percobaan jumlah pembagian data dan jumlah *batch size* dengan tujuan untuk mencari model yang terbaik. Jumlah pembagian data yang dilakukan adalah 90%-10%, 80%-20%, 70%-30%, dan 60%-40%, sedangkan jumlah *batch size* yang digunakan yaitu, 4, 8, dan 16. Hasil dari sistem klasifikasi ini terdapat 4 kelas, yaitu kelas normal, *Mild*-NPDR, *Moderate*-NPDR, dan *Severe*-NPDR. Dari masing-masing percobaan akan didapatkan nilai

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

akurasi, sensitivitas, dan spesifitas yang akan ditampilkan pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1 Hasil Evaluasi Percobaan Jumlah Data dan *Batch Size*

Pembagian Data	*Batch Size*	Akurasi(%)	Sensitivitas(%)	Spesitifitas(%)
90%-10%	4	53.00	39.72	81.90
	8	53.80	39.10	81.46
	16	77.30	72.47	91.53
80%-20%	**4**	**90.10**	**89.54**	**96.71**
	8	64.80	51.98	86.02
	16	76.00	69.80	91.11
70%-30%	4	52.10	34.90	78.99
	8	66.20	58.19	87.70
	16	72.30	66.52	89.87
60%-40%	4	50.30	35.75	80.39
	8	53.40	35.43	79.52
	16	65.60	55.67	86.93

Berdasarkan Tabel 4.1 akan dihitung rata-rata dari setiap percobaan pembagian jumlah data dan percobaan jumlah *batch size* untuk menentukan model yang paling optimal. Berikut hasil rata-rata akan ditunjukan pada Tabel 4.2 dan Tabel 4.3:

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Tabel 4.2 Tabel Hasil Rata-rata Pembagian Data

Pembagian Data	Akurasi(%)	Sensitivitas(%)	Spesifitas(%)
90%-10%	61.37	50.43	84.96
80%-20%	**76.96**	**70.44**	**91.28**
70%-30%	63.53	53.20	85.52
60%-40%	56.43	64.45	82.28

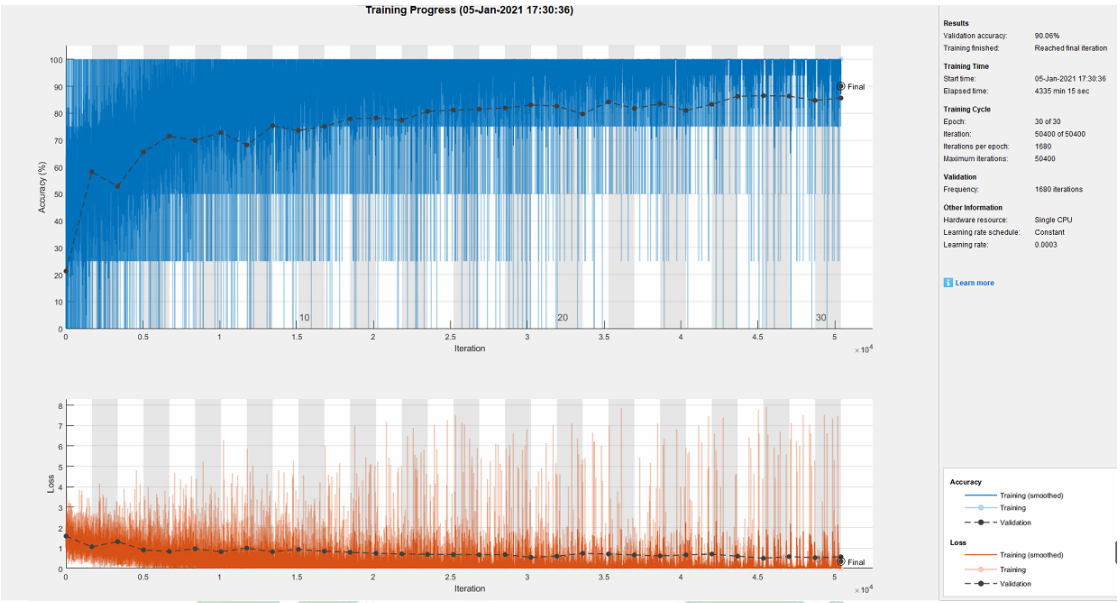
Tabel 4.3 Tabel Hasil Rata-rata Jumlah *Batch Size*

Jumlah *Batch Size*	Akurasi(%)	Sensitivitas(%)	Spesifitas(%)
4	61.38	49.98	84.25
8	59.55	46.17	83.67
16	**78.80**	**66.11**	**89.86**

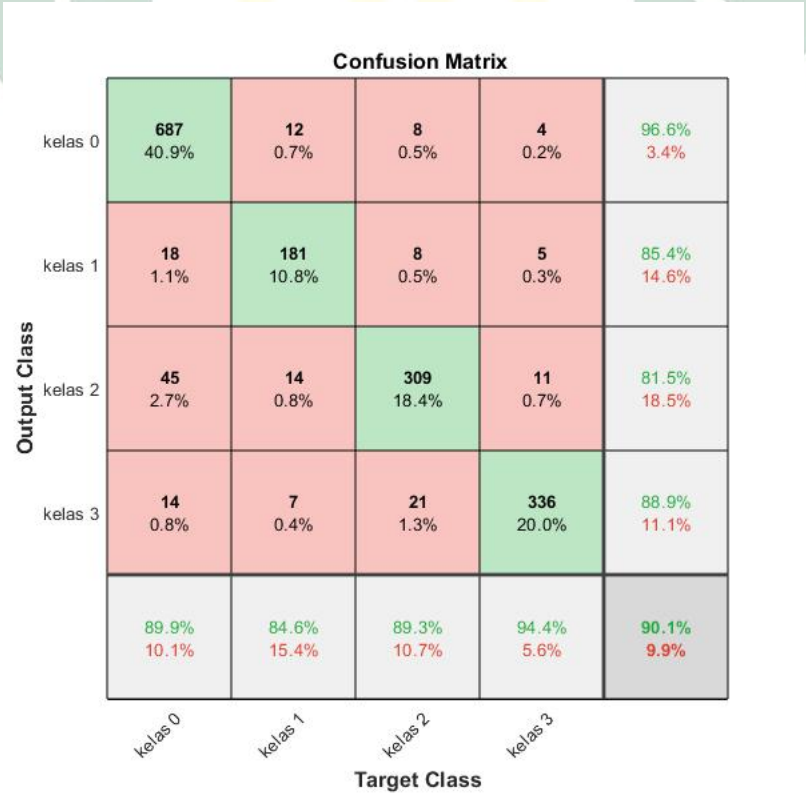
Berdasarkan hasil rata-rata tersebut dapat disimpulkan bahwa yang terbaik ada pada pembagian data 80%-20% dengan jumlah *batch size* 16. Berikut tampilan *training* dari hasil klasifikasi yang terbaik pada Gambar 4.15.

Peningkatan akurasi pada Gambar 4.15 ditunjukan oleh grafik yang berwarna biru. Gambar tersebut menunjukan bahwa pada iterasi pertama nilai akurasi yang diapat sebesar 20% yang kemudian terus meningkat sampai pada 90%. Dari proses *training* tersebut menghasilkan *confusion matrix* pada Tabel 4.16.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id



Gambar 4.15 ***Training Progress*** **Terbaik**



Gambar 4.16 ***Confusion Matrix*** **Terbaik**

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Dari Gambar tersebut dapat dilakukan perhitungan akurasi, sensitivitas, dan spesifitas seperti dibawah ini:

$$
\begin{aligned}
Akurasi &= \frac{TTP_{all}}{\textit{Total Number of Testing Entries}} \\
&= \frac{687 + 181 + 309 + 336}{687 + 12 + 8 + \cdots + 21 + 336} \times 100\% \\
&= 90.10\% \\
Sensitivitas &= \frac{\frac{TTP_{all}}{TTP_{all}+TFN_i}}{n} \times 100\% \\
&= \frac{\frac{687}{687+\cdots+14} + \frac{181}{12+\cdots+7} + \cdots + \frac{336}{4+\cdots+336}}{4} \times 100\% \\
&= 89.64\% \\
Spesifitas &= \frac{\frac{TTP_{all}}{TTP_{all}+TFP_i}}{n} \times 100\% \\
&= \frac{\frac{892}{916} + \frac{1435}{1466} + \frac{1255}{1325} + \frac{1282}{1324}}{4} \times 100\% \\
&= 96.71\%
\end{aligned}
$$

4.4. Diskusi Hasil Penelitian

Penelitian sebelumnya terkait data yang digunakan pada penelitian ini pernah digunakan pada penelitian Yusuf, dkk (Yusuf Fadlila Rachman, Kusrini, 2020). Pada penelitian tersebut melakukan klasifikasi citra digital retinapenderita *diabetic retinopathy* menggunakan metode *euclidean* . Data yang digunakan adalah 160 data yang diambil dari messidor *database* dengan klasifikasi 4 kelas dengan presentase 66% sebagai data *training* dan 34% sebagai data *testing*. Penelitan tersebut akan melakukan dua percobaan, yang pertama tanpa dilakukan *preprocessing* dan yang kedua melakukan *preprocessing grayscale* dan penghapusan optik disk. Hasil akurasi yang didapatkan pada proses *testing* untuk

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

percobaan pertama sebesar 50% dan percobaan kedua sebesar 64.81%. Hal tersebut dijelaskan bahwa proses *preprocessing* penghapusan optik disk cukup baik dalam penelitian ini karena mampu menghilangkan objek atau kontur yang tidak diperlukan.

Penelitian selanjutnya dilakukan oleh Sajayana, dkk untuk klasifikasi *diabetic retinopathy* menggunakan *wavelet haar* dan *backpropagation* (Sanjaya et al., 2018). Data yang digunakan dalam penelitian tersebut merupakan data yang bersal dari messidor database sejumlah 612 data yang terbagi dalam 4 kelas. *Preprocessing* yang dilakukan yaitu menghilangkan *background* secara manual, kemudian dilakukan ekstraksi ciri menggunakan *wavelet haar* lalu diklasifikasi menggunakan *backpropagation*. Penelitian tersebut menggunakan nilai *learning rate* sebesar 0.01 dengan maksimum iterasi sebanyak 100000. Selain itu, penelitian tersebut juga melakukan uji coba jumlah data *training* dan data *testing* dan uji coba terhadap level *wavelet haar*. Uji coba jumlah data *training* yang digunakan yaitu 70%, 80%, 90%, dan 95%, sedangkan level yang digunakan pada uji coba *wavelet haar* yaitu level 1 dan 4. Hasil akurasi terbaik pada level 1 sebesar 55% saat menggunakan perbandingan data *training* 90% dan data *testing* 10%, sedangakan pada level 4 akurasi terbaik sebesar 56.25% dengan perbandingan data *training* 95% dan data *testing* 5%.

Berdasarkan hasil pada penelitian ini dengan sumber data yang sama didapatkan hasil akurasi terbaik sebesar 90.10% menggunakan data pada messidor sejumlah 1200 data kemudian dilakukan augmentasi sehingga menjadi 8400 data dengan metode CNN jenis DenseNet. Hasil terbasik pada penelitian ini menggunakan perbandingan data *training* 80% dan data *testing* 20% dengan jumlah *batch size* 4. Beradasarkan penelitian ini dapat dikatakan bahwa usulan

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

metode *deep learning* CNN jenis DenseNet mampu melakukan klasifikasi dengan baik berdasarkan data yang cukup banyak.

4.5. Integrasi Keilmuan

Sehat merupakan sebuah rahmat dan jangan disia-siakan, sebagian besar orang melupakan akan kenikmatan sebuah kesehatan. Manfaatkan waktumu saat masih sehat dengan cara beribadah, belajar, bekerja keras, karena tidak akan ada yang tahu kapan sakit akan datang. Sebagaimana sabda Rasulullah SAW berikut ini:

قَالَ رَسُوْلُ اللهِ صَلَّى اللهُ عَلَيْهِوَسَلَّمَ: اِغْتَنِمْ خَمْسًا قَبْلَ خَمْسٍ :
شَبَابَكَ قَبْلَ هَرَمِكَ وَ صِحَّتَكَ قَبْلَ سَقَمِكَ وَ غِنَاكَ قَبْلَ فَقْرِكَ وَ
فَرَاغَكَ قَبْلَ شَغْلِكَ وَ حَيَاتَكَ قَبْلَ مَوْتِكَ

Dari Ibnu Abbas radiyallahu'anhu: Rasulullah SAW bersabda dan menasehati pada seseorang: "Gunakan yang lima sebelum datang yang lima: masa mudamu sebelum masa tuamu, masa sehatmu sebelum masa sakitmu, masa kayamu sebelum masa miskinmu, masa lapangmu sebelum masa sibukmu dan masa hidupmu sebelum masa matimu." (HR Al-Hakim)

نِعْمَتَانِ مَغْبُونٌ فِيهِمَا كَثِيرٌ مِنَ النَّاسِ الصِّحَّةُ وَالْفَرَاغُ

Artinya: "Banyak manusia merugi karena dua nikmat yaitu kesehatan dan waktu luang." (HR. Bukhari dari Ibnu Abbas)

Kedua hadist diatas menjelaskan bahwasannya kesehatan dan waktu luang merupakan suatu hal yang sangat penting maka jangan melupakan hal tersebut.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Sehingga pada penelitin ini jangan menunda-nunda suatu pengobatan dan segera memeiksakan jika terdapat sedikit keluhan dan jika terkena *diabetic retinopathy*. Karna seseorang yang sehat akan berpengaruh pada ibadah seseorang, oleh karenanya Allah menyukai orang-orang yang kuat.

لَا ضَرَرَ وَلَا ضِرَارَ

Dari DR. Musyaffa Ad-Dariny, M.A berkata: ”Tidak boleh melakukan sesuatu yang membahayakan diri sendiri dan orang lain”

Dari kaidah tersebut bisa menjadi salah satu acuan untuk menghindari sesuatu yang dapat membahayakan diri seniri maupun orang lain, contohnya seperti penyakit. Salah satu menghindari penyakit yang dilakukan pada penelitian ini yaitu dengan menerapkan pola hidup sehat seperti yang telah dijelaskan pada bab 2, kemudian melakukan deteksi dini terkait penyakit *diabetic retinopathy* menggunakan metode CNN jenis DenseNet yang akan dijelaskan pada ayat dibawah ini.

وَيَوْمَ نَحْشُرُ مِنْ كُلِّ أُمَّةٍ فَوْجًا مِّمَّنْ يُكَذِّبُ بِآيَاتِنَا فَهُمْ يُوزَعُونَ ۞

Artinya: ”Dan (ingatlah) hari (ketika) Kami kumpulkan dari tiap-tiap umat segolongan orang-orang yang mendustakan ayat-ayat Kami, lalu mereka dibagi-bagi (dalam kelompok-kelompok).” (QS.An-Naml:83)

Dari ayat diatas, Allah menerangkan tingkah laku dan perbuatan orang-orang kafir yang mengingkari Allah dan Rasul-Nya ketika mereka menyaksikan sendiri datangnya hari kiamat. Pada hari itu, Allah mengumpulkan orang-orang yang mengingkari ayat-ayat-Nya dari setiap umat manusia. Dari

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

penjelasan tersebut dapat dikaitkan pada penelitian ini, yaitu melakukan klasifikasi menggunakan metode CNN jenis DenseNet. Dapat diartikan bahwa metode tersebut juga mampu melakukan pengelompokan *diabetic retinopathy* berdasarkan tingkat keparahannya.

Pada penelitian ini akan mengkalsifikasikan *diabetic retinopathy* berdasarkan tingkat keparahannya. Namun, separah apapun penyakitnya pasti bisa disembuhkan karena kesehatan merupakan fitrah manusia dan tidak ada penyakit yang tidak bida disembuhkan. Hal tersebut karena Allah telah menunjukan cara untuk menyembuhkan segala penyakit seperti pada Al-Qur'an surat Yunus ayat 57.

يَٰٓأَيُّهَا ٱلنَّاسُ قَدۡ جَآءَتۡكُم مَّوۡعِظَةٞ مِّن رَّبِّكُمۡ وَشِفَآءٞ لِّمَا
فِي ٱلصُّدُورِ وَهُدٗى وَرَحۡمَةٞ لِّلۡمُؤۡمِنِينَ ۝

Artinya: "Wahai manusia. Sungguh, telah datang kepadamu pelajaran (Al-Qur'an) dari Tuhanmu, penyembuh bagi penyakit yang ada dalam dada dan petunjuk serta rahmat bagi orang yang beriman." (QS.Yunus:57)

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

BAB V

PENUTUP

5.1. Simpulan

Berdasarkan pada penelitian ini mengenai klasifikasi *diabetic retinopathy* berdasarkan citra foto fundus menggunakan CNN jenis DenseNet didapatkan beberapa kesimpulan:

1. Hasil klasifikasi *diabetic retinopathy* berdasarkan foto fundus dari Mesidor *Database* menggunakan CNN jenis DenseNet terhadap empat kelas (normal, *Mild Non-Poliferative Diabetic Retinopathy* (NPDR), *Moderate*-NPDR, dan *Severe*-NPDR) didapatkan akurasi tertinggi sebesar 90.10%, sensitivitas 89.54%, dan spesivitas 96.71% dengan pembagian data 80%-20% dan *batch size* 4.
2. Model yang paling optimal berdasarkan nilai rata-rata akurasi, sensitivitas, dan spesifitas dari jumlah *batchsize* dan perbandingan data didapatkan pada saat jumlah *batchsize* 16 dengan pembagian data 80%-20%.

5.2. Saran

Pada penelitian ini penulis akan menuliskan saran untuk peneliti yang akan datang agar dapat memperbaiki kekurangan dari penelitian ini:

1. Melakukan *cropping* secara otomatis agar mempercepat *preprocessing*.
2. Perlu dilakukan beberapa jenis uji coba yang lebih banyak agar mendapatkan

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

model yang lebih optimal dan melakukan pembaharuan data yang lebih baru.

3. Gunakan spesifikasi PC atau laptop yang sesuai karena akan berpengaruh pada waktu *training* dan hasil penelitian.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

DAFTAR PUSTAKA

Albelwi, S. and Mahmood, A. (2017). A Framework for Designing the Architectures of Deep Convolutional Neural Networks. *Entropy*, (July 2020).

Anam, K. (2016). Pendidikan Perilaku Hidup Bersih dan Sehat dalam Prespektif Islam. *J. Sagacious*, 3(1):67–78.

Asiri, N., Hussain, M., Al, F., and Alzaidi, N. (2019). Artificial Intelligence In Medicine Deep Learning Based Computer-aided Diagnosis Systems for Diabetic Retinopathy : A Survey. *Elsevier*, 99(December 2018):101701.

Astolfi, G., Gonçalves, A. B., Menezes, G. V., Borges, F. S. B., Astolfi, A. C. M. N., Matsubara, E. T., Alvarez, M., and Pistori, H. (2020). POLLEN73S: An Image Dataset for Pollen Grains Classification. *Ecol. Inform.*, 60(October):101165.

Devella, S. and Arianto, K. (2020). Deteksi Penyakit Malaria Menggunakan Convolutional Neural Network Berbasis Saliency (Detection of Malaria Using Convolutional Neural Network Based on Saliency). *JUITA J. Inform.*, 8:37–44.

Effendi, M., Fitriyah, and Effendi, U. (2017). Identifikasi Jenis dan Mutu Teh Menggunakan Pengolahan Citra Digital dengan Metode Jaringan Saraf Tiruan. *Teknotan*, 11(2):67–76.

Fatima, M. and Pasha, M. (2017). Survey of Machine Learning Algorithms for Disease Diagnostic. *J. Intell. Learn. Syst. Appl.*, 09(01):1–16.

Handono, S. F., Anggraeny, F. T., and Rahmat, B. (2020). Implementasi

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Convolutional Neural Networks (CNN) untuk Deteksi Retinopati Diabetik. *J. Inform. dan Sist. Inf.*, 1(1):669–678.

Hariyani, Y. S., Handiyoso, S., and Siadari, T. S. (2020). Deteksi Penyakit Covid-19 Berdasarkan Citra X-Ray Menggunakan Deep Residual Network. *ELKOMIKA J. Tek. Energi Elektr. Tek. Telekomun. Tek. Elektron.*, 8(2):443.

Ioffe, S. and Szegedy, C. (2015). Batch Normalization: Accelerating Deep Network Training by Reducing Internal Covariate Shift. *Arxiv*, 1:448–456.

Kaur, P., Singh, G., and Kaur, P. (2019). An Intelligent Validation System for Diagnostic and Prognosis of Ultrasound Fetal Growth Analysis using Neuro-Fuzzy Based on Genetic Algorithm. *Egypt. Informatics J.*, 20(1):55–87.

Khairani (2019). Hari Diabetes Sedunia Tahun 2018. *Data Kementeri. RI*, pages 1–8.

Kim, J., Sangjun, O., Kim, Y., and Lee, M. (2016). Convolutional Neural Network with Biologically Inspired Retinal Structure. *Procedia Comput. Sci.*, 88:145–154.

Kurniawan, Y. S., Hidayat, I. B., and Aulia, S. (2015). Deteksi Dan Klasifikasi Tingkat Keparahan Retinopati Diabetes Dengan Menggunakan Metode Klasifikasi K Nearest Neighbor (Detection and Classification of Diabetic Retinopathy Severity Using K Nearest Neighbor Method). *e-Proceeding Eng.*, 2(1):468–475.

Mahmud, K. H. and Faraby, S. A. (2019). Klasifikasi Citra Multi-Kelas Menggunakan Convolutional Neural Network Studi Terkait Residual Neural Network. *e-Proceeding Eng.*, 6(1):2127–2136.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Manliguez, C. (2016). Generalized Confusion Matrix for Multiple Classes. *Mach. Learn.*, (November):4–6.

Messidor (2020). Messidor Dataset.

Nour, E. (2018). Implementasi Metode Convolutional Neural Network untuk Klasifikasi Tanaman Pada Citra Resolusi Tinggi (The Implementation of Convolutional Neural Network Method for Agricultural Plant Classification in High Resolution Imagery). *Geomatika*, 24:61–68.

Qudsi, N. K., Asmara, R. A., and Syulistyo, A. R. (2020). Identifikasi Citra Tulisan Tangan Digital Menggunakan Convolutional Neural Network (CNN). *Semin. Inform. Apl. Polinema*, pages 48–53.

Rafi, A. M., Laganire, R., and Hasan, K. (2019). Application of DenseNet in Camera Model Idetification and Post-processing Detection. *Arxiv*.

Rezvantalab, A., Safigholi, H., and Karimijeshni, S. (2018). Dermatologist Level Dermoscopy Skin Cancer Classification using Different Deep Learning Convolutional Neural Networks Algorithms. *arXiv*.

Rizal, S., Ibrahim, N. U. R., Kumalasari, N. O. R., Pratiwi, C., Saidah, S., Yunendah, R., and Fu, N. U. R. (2020). Deep Learning untuk Klasifikasi Diabetic Retinopathy menggunakan Model EfficientNet. *ELKOMIAJurnal Tek. Enrgi Elektr. Tek. Telekomun. Tek. Elektron.*, 8(3):693–705.

Rübsam, A., Parikh, S., and Fort, P. E. (2018). Role of Inflammation in Diabetic Retinopathy. *Int. J. Mol. Sci.*, 19(4):1–31.

Sabrina, E., Studi, P., Teknik, S., Teknik, F., and Surabaya, U. N. (2017).

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Klasifikasi Penyakit Diabetic Retinopathy menggunakan Metode Learning Vector Quantization (LVQ). *J. Tek. Elektro*, 06:97–104.

Sakinah, N., Badriyah, T., Syarif, I., Elektronika, P., Surabaya, N., Korespondensi, P., Regression, L., and Network, N. (2020). Analisis Kinerja Algoritma Mesin Pembelajaran untuk Klasifikasi Penyakit Stroke Menggunakan Citra CT Scan. *J. Teknol. Inf. dan Ilmu Komput.*, 7(4):833–844.

Salamat, N., Missen, M. M., and Rashid, A. (2019). Diabetic Retinopathy Rechniques in Retinal Images: A review. *Artif. Intell. Med.*, 97(January):168–188.

Sanjaya, S., Priyatno, A. M., Yanto, F., and Afrianty, I. (2018). Klasifikasi Diabetik Retinopati Menggunakan Wavelet Haar dan Backpropagation Neural Network. *Semin. Nas. Teknol. Inf. Komun. dan Ind.*, (November):77–84.

Shanthi, T. and Sabeenian, R. S. (2019). Modified Alexnet Architecture for Classification of Diabetic Retinopathy Images. *Comput. Electr. Eng.*, 76:56–64.

Steen, M., Downe, S., Bamford, N., and Edozien, L. (2018). DenseNet:Densely Connected Convolutional Networks arXiv:1608.06993v5. *Arxiv*, 28(4):362–371.

Tekade, R. and Prof.Dr.K.Rajeswari (2018). Lung Cancer Detection and Classification using Deep Learning. *IEEE (Inst. Electr. Eng.*, 4:5–9.

Thebeau, C., Zhang, S., Kolesnikov, A. V., Kefalov, V. J., Semenkovich, C. F., and Rajagopal, R. (2020). Light Deprivation Reduces the Severity of Experimental Diabetic Retinopathy. *Neurobiol. Dis.*, 137(January).

Wang, W. and Lo, A. C. (2018). Diabetic Retinopathy: Pathophysiology and Treatments. *Int. J. Mol. Sci.*, 19(6).

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Yusuf Fadlila Rachman, Kusrini, H. A. F. (2020). Klasifikasi Citra Digital Retina Penderita Diabetes Retinopati Menggunakan Metode Euclidean. 3(2):75–82.

Zhi, T., Duan, L. Y., Wang, Y., and Huang, T. (2016). Two-stage Pooling of Deep Convolutional Features for Image Retrieval. *Proc. - Int. Conf. Image Process. ICIP*, 2016-Augus:2465–2469.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id