RANCANG BANGUN APLIKASI ANDROID PENGKLASIFIKASIAN PENYAKIT *DIABETIC RETINOPATHY* DENGAN ARSITEKTUR *EFFICIENTNET*

SKRIPSI

NUR AVIVA IRIAWAN

H071181513

PROGRAM STUDI SISTEM INFORMASI

DEPARTEMEN MATEMATIKA

FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM

UNIVERSITAS HASANUDDIN

MAKASSAR

2023

RANCANG BANGUN APLIKASI ANDROID PENGKLASIFIKASIAN PENYAKIT *DIABETIC RETINOPATHY* DENGAN ARSITEKTUR *EFFICIENTNET*

SKRIPSI

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Komputer pada Program Studi Sistem Informasi Departemen Matematika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Hasanuddin

NUR AVIVA IRIAWAN

H071181513

PROGRAM STUDI SISTEM INFORMASI

DEPARTEMEN MATEMATIKA

FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM

UNIVERSITAS HASANUDDIN

MAKASSAR

2023

PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama	: Nur Aviva Iriawan
Nim	: H071181513
Program Studi	: Sistem Informasi
Jenjang	: S1

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulisan saya berjudul:

RANCANG BANGUN APLIKASI ANDROID PENGKLASIFIKASIAN PENYAKIT *DIABETIC RETINOPATHY* DENGAN ARSITEKTUR *EFFICIENTNET*

Adalah benar hasil karya sendiri bukan merupakan hasil plagiat dan belum pernah dipublikasikan dalam bentuk apapun.

Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan skripsi ini merupakan hasil karya orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Makassar,14 Juni 2023

NUR AVIVA IRIAWAN

NIM. H071181513

RANCANG BANGUN APLIKASI ANDROID PENGKLASIFIKASIAN PENYAKIT *DIABETIC RETINOPATHY* DENGAN ARSITEKTUR *EFFICIENTNET*

Disusun dan diajukan oleh:

NUR AVIVA IRIAWAN

H071181513

Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka Penyelesaian Studi Program Sarjana pada Program Studi Sistem Informasi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Hasanuddin dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

Menyetujui

Pembimbing Utama	**Pembimbing Pertama**
Dr.Eng. Armin Lawi, S.Si., M.Eng.	**A. Muh. Amil Siddik, S.Si., M.Si.**
NIP.197204231995121001	NIP.199110032019031015

Ketua Program Studi

Dr. Hendra, S.Si., M.Kom.
NIP.197601022002121001

HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh:

Nama : Nur Aviva Iriawan

Nim : H071181513

Program Studi : Sistem Informasi

Judul Skripsi : Rancang Bangun Aplikasi *Android* Pengklasifikasian Penyakit *Diabetic Retinopathy* Dengan Arsitektur *EfficientNet*

Telah berhasil dipertahankan dihadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh Sarjana Komputer pada Program Studi Sistem Informasi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Hasanuddin.

DEWAN PENGUJI

		Tanda tangan
Ketua	: Dr.Eng. Armin Lawi, S.Si., M.Eng	(.....)
Sekretaris	: A. Muh. Amil Siddik, S.Si., M.Si	(.....)
Anggota	: Jusmawati Massalesse, S.Si., M.Si	(.....)
Anggota	: Muh. Sadno, S.Si., M.Si	(.....)

Ditetapkan di : Makassar

Tanggal : 14 Juni 2023

KATA PENGANTAR

Alhamdulillahi Rabbil'Alamin, segala puji dan syukur dipanjatkan atas kehadirat Allah SWT, atas berkas dan rahmat serta karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penulisan Tugas Akhir ini dengan judul " **Rancang Bangun Aplikasi Android Pengklasifikasian Penyakit *Diabetic Retinopathy* Dengan Arsitektur *EfficientNet*"**. Penulisan skripsi ini dilakukan dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana… pada Program Studi Sistem Informad Departemen Matematika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Hasanuddin.

Pada kesempatan kali ini, penulis ingin mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada kedua orang tua tercinta, Ayahanda **Iriawan Talib** dan Ibunda **Suriani Bahna** yang telah membesarkan dan mendidik penulis dengan penuh cinta dan kasih, serta kesabaran tanpa batas, terima kasih atas segala nasihat, dukungan, dan doa yang tak henti-hentinya diberikan pada penulis selama menempuh pendidikan. Untuk Saudara penulis **Wafiq Dhaifullah,** serta keluarga yang selalu memberikan semangat, dukungan, serta doa. Terima kasih atas segala bentuk perhatian yang diberikan kepada penulis.

Penghargaan yang tulus dan ucapan terima kasih dengan penuh keikhlasan juga penulis ucapkan kepada:

1. Rektor Univeristas Hasanuddin, Bapak **Prof. Dr. Ir. Jamaluddin Jompa, M.Sc** beserta jajarannya
2. Dekan Fakultas Matematikan dan Ilmu Pengetahuan Alam (FMIPA), Bapak **Dr.Eng. Amiruddin,M.Si** beserta jajarannya.
3. **Dosen pengajar Jurusan Matematika** yang telah membekali ilmu kepada penulis selama menjadi mahasiswa di Jurusan Matematika. Serta Staf Jurusan Matematika yang telah membantu banyak dalam perkuliahan**.**
4. Bapak **Dr.Eng.Armin Lawi S.Si.,M.Eng** dan Bapak **A.Muh.Amil Siddik, S.Si.,M.Si** atas kesediaan, kesabaran dalam membimbing dan membagi ilmunya kepada penulis selama penyusunan Skripsi ini.

5. Ibu **Jusmawati Massalesse, S.Si.,M.Si** dan Bapak **Muhammad Sadno, S.Si.,M.Si** atas kesediaannya untuk memberikan saran dan arahan kepada penulis dalam penyusunan skripsi ini.
6. Kepada sahabat-sahabat tersayang **Nasmah Indah Sari, Eveline Gabriella, Ajrana, Muh.Iksan Ilma, Raynaldi Arief, Alwa Asiu** terima kasih sudah hadir sejak kita menjadi mahasiswa baru sampai sekarang, terima kasih atas segala bantuan, nasihat, selalu ada dalam suka maupun duka selama masa perkuliahan penulis.
7. Seluruh teman-teman **Sistem Informasi Angkatan 2018**.
8. Kepada semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu, atas segala bentuk bantuan, partisipasi, serta motivasi yang diberikan kepada penulis selama ini.

Makassar, 14 Juni 2023

Penulis

PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Sebagai sivitas akademik Universitas Hasanuddin, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama	: Nur Aviva Iriawan
NIM	: H071181513
Program Studi	: Sistem Informasi
Departemen	: Matematika
Fakultas	: Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Jenis Karya	: Skripsi

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Hasanuddin **Hak Prediktor Royalti Nonekslusif (*Non-exclusive Royalty-Free Right)*** atas tugas akhir saya yang berjudul:

Rancang Bangun Aplikasi *Android* Pengklasifikasian Penyakit *Diabetic Retinopathy* Dengan Arsitektur *EfficientNet*

Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Terkait dengan hal diatas, maka pihak universitas berhak menyimpan, mengalih-media/format-kan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (database), merawat, dan mempublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/penciptas dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan sebenar-benarnya.
Dibuat di Makassar pada 14 Juni 2023.

Yang menyatakan,

(Nur Aviva Iriawan)

ABSTRAK

Diabetes adalah kondisi penyakit kronis yang disebabkan karena peningkatan kadar gula (glukosa) dalam darah, yang menyebabkan berbagai macam komplikasi serius pada organ tubuh manusia. Salah satu bentuk komplikasi yang disebabkan oleh penyakit diabetes adalah *Diabetic Retinopathy* (DR). DR merupakan salah satu penyebab kehilangan penglihatan umum yang terkait dengan diabetes, kondisi ini akan mempengaruhi pembuluh darah diretina, yang ditandai dengan rusaknya pembuluh darah pada retina kemudian membengkak dan akhirnya mengalami kebocoran, Deteksi dini dan pengobatan adalah cara efektif untuk mengatasi DR. Oleh karena itu, diusulkan sistem pengenalan berbasis komputer dengan pendekatan *deep learning* untuk mengenali secara otomatis gambar fundus DR secara menyeluruh dengan mengklasifikasikan gambar fundus retina ke dalam dua kelas berbeda yaitu sebagai retina normal dan DR. Sehubungan dengan itu, penelitian ini akan menerapkan pengolahan citra, menggunakan algoritma *Convolutional Neural Network* (CNN) dengan arsitektur *EfficientNet*. Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan model *EfficientNet* dengan dataset penyakit *Diabetic Retinopathy*, pada *Epoch* ke-26 *Testing (Validation Accuracy*) mencapai 97,11 %, dan pada *Epoch* ke-27, *Training Accuracy* mencapai 97,14%. Secara keseluruhan, kurva akurasi menunjukkan bahwa model *EfficientNet* telah berhasil dilatih dengan baik dan memiliki tingkat akurasi yang tinggi pada dataset yang digunakan. Selisih antara *Training Accuracy* dan *Testing (Validation Accuracy)* tidak terlalu besar, sehingga model cenderung tidak mengalami *Overfitting.* Untuk *Precision*, *Recall*, dan *F1-Score* berdasarkan *Test Score* model yang dilakukan perkelas rata-rata diatas 0,95.

Kata Kunci: Diabetes, *Diabetic Retinopathy*, CNN, *EfficientNet*

ABSTRACT

Diabetes is a chronic condition caused by an increase in blood glucose (sugar) levels, which leads to various serious complications in the human body's organs. One form of complication caused by diabetes is Diabetic Retinopathy (DR). DR is a common cause of vision loss associated with diabetes, affecting the blood vessels in the retina. It is characterized by the damage and swelling of retinal blood vessels, eventually leading to leakage. Early detection and treatment are effective ways to manage DR. Therefore, a computer-based recognition system using deep learning approaches is proposed to automatically identify DR fundus images by classifying them into two different classes: normal retina and DR. In this research, image processing techniques are employed using the Convolutional Neural Network (CNN) algorithm with the EfficientNet architecture. Based on the results of the study conducted using the EfficientNet model with the Diabetic Retinopathy dataset, it was found that at Epoch 26, the Testing (Validation Accuracy) reached 97.11%, and at Epoch 27, the Training Accuracy reached 97.14%. Overall, the accuracy curve demonstrates that the EfficientNet model has been well-trained and achieved a high level of accuracy on the dataset used. The difference between Training Accuracy and Testing (Validation Accuracy) is not significant, indicating that the model is not prone to overfitting. Precision, Recall, and F1-Score for each class based on the model's Test Scores averaged above 0.95. Therefore, it can be concluded that the EfficientNet model with the Diabetic Retinopathy dataset has shown excellent performance in accurately classifying and recognizing DR, indicating its potential for clinical application in diagnosing and managing this condition effectively.

Keywords: Diabetes, *Diabetic Retinopathy*, CNN, *EfficientNet*

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL i
LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN ii
HALAMAN PERSETUJUAN PEMBIMBING iii
HALAMAN PENGESAHAN iii
KATA PENGANTAR v
PERNYATAAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR vii
ABSTRAK viii
ABSTRACT ix
DAFTAR ISI x
DAFTAR GAMBAR xiii
DAFTAR TABEL xiv
BAB I PENDAHULUAN 1
1.1. Latar Belakang 1
1.2. Rumusan Masalah 3
1.3. Batasan Masalah 3
1.4. Tujuan Penelitian 3
1.5. Manfaat Penelitian 4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA 5
2.1. Penelitian Terkait 5
2.2. Penyakit *Diabetic Retinopathy* 6
2.3. Deep Learning 8
2.4. Convolutional Neural Network 8
2.4.1. Convolution Layer 9
2.4.2. Stride 10
2.4.3. Padding 11
2.4.4. Pooling Layer 12

2.4.5. Fungsi Aktivasi 12

2.4.6. Flatten 14

2.4.7. Fully Connected Layer 14

2.5. Batch Size & Epoch 15

2.6. EfficientNet 15

2.7. Dropout 16

2.8. Android 17

2.9. Tensorflow Lite 17

2.10.*Transfer Learning* 18

2.11.Confusion Matrix 18

BAB III METODOLOGI PENELITIAN 20

3.1. Deskripsi Data 20

3.2. Waktu dan Lokasi Penelitian 21

3.3. Tahapan Penelitian 21

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN 25

4.1. Deskripsi Data 25

4.2. Prepocessing Data 26

4.3. Pembagian Data 27

4.4. Implementasi Arsitektur *Convolutional Neural Network (CNN)* 27

4.4.1. *EfficientNet* 28

4.5. Evaluasi Kinerja Model 28

4.5.1 Training & Validation 28

4.5.2 Confusion Matrix 30

4.5.3 Precision, Recall, dan F1-Score 31

4.5.4 ROC (*Receiver Operating Characteristic)* 32

4.6 Deploy Model 33

4.7 Aplikasi Android 34

4.8. Visualisasi Aplikasi Android 36

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN 39

5.1. Kesimpulan 39

5.2. Saran 39

DAFTAR PUSTAKA 41

LAMPIRAN 43

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Tahapan (*Stage*) Penyakit *Diabetic Retinopathy* 7
Gambar 2.2 Ilustrasi Proses Convolutional Neural Network..... 9
Gambar 2.3 Ilustrasi Proses Operasi Konvolusi 10
Gambar 2.4 Ilustrasi Pergeseran Filter Dengan Nilai Stride 1..... 10
Gambar 2.5 Ilustrasi Pergeseran Filter Dengan Nilai Stride 2..... 11
Gambar 2.6 Ilustrasi Proses Penambahan *Padding*..... 11
Gambar 2.7 Ilustrasi Operasi pada *Max-Pooling* & *Average-Pooling* 12
Gambar 2.8 Representasi Grafik Fungsi Aktivasi ReLu..... 13
Gambar 2.9 Ilustrasi Proses *Flatten*..... 14
Gambar 2.10 *Fully Connected Layer*..... 15
Gambar 2.11 Arsitektur *EffiicientNet* 16
Gambar 2.12 (a) Tanpa *Dropout*, (b) Menggunakan *Dropout*..... 17
Gambar 3.1 Diagram Alur Penelitian..... 22
Gambar 3.2 Rancangan Aplikasi..... 23
Gambar 4.1 Sampel Data Citra *Diabetic Retinopathy* 25
Gambar 4.2 Kurva Akurasi *Train & Testing (validation)* Model *EfficientNet*..... 29
Gambar 4.3 Kurva *Loss EfficientNet* 30
Gambar 4.4 Grafik Perbandingan *Precision, Recall, dan F1-Score*..... 32
Gambar 4.5 Kurva ROC..... 33
Gambar 4.6 Proses Konversi Dan Menyimpan Model Kedalam *Tensorflowlite*.. 34
Gambar 4.7 Folder *Assets* Pada *Project*..... 34
Gambar 4.8 Halaman activity_main2_xml 35
Gambar 4.9 Fungsi *setOnClickListener()* 35
Gambar 4.10 Fungsi *onActivityResult*..... 36
Gambar 4.11 Membuat *ImageClassifier* dan Memuat Model 36
Gambar 4.12 Tampilan Awal Aplikasi 37
Gambar 4.13 Hasil Aplikasi Pengklasifikasian DR Retina Normal 38
Gambar 4.14 Hasil Aplikasi Pengklasifikasian DR Retina Kondisi DR 38

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 *Confusion Matrix Binary Class* 19
Tabel 4.1 Dataset *Diabetic Retinoapthy*..... 26
Tabel 4.2 Dataset *Diabetic Retinoapthy* Setelah Dilakukan Pelabelan..... 26
Tabel 4.3 Inisialisasi *Hyperparameter*..... 26
Tabel 4.4 Pembagian Dataset..... 27
Tabel 4.5 *Confusion Matrix* 31
Tabel 4.6 Hasil Evaluasi kinerja dari Model *EfficientNet*..... 31

BAB I
PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Diabetes adalah penyakit kronis yang ditandai dengan peningkatan kadar glukosa darah (gula darah), yang dapat menyebabkan kerusakan serius pada organ manusia, seperti pada jantung, pembuluh darah, mata, ginjal dan saraf. Berdasarkan data *International Diabetes Federation* (IDF), sekitar 537 juta orang di seluruh dunia menderita diabetes, mayoritas yang tinggal di negara berpenghasilan rendah dan menengah, dan 1,5 juta kematian secara langsung dikaitkan dengan diabetes setiap tahunnya. Baik jumlah kasus maupun prevalensi diabetes terus meningkat selama beberapa tahun terakhir. Saat ini, Indonesia menjadi urutan kelima penyumbang kasus diabetes tertinggi di dunia, terdapat 19,5 juta warga Indonesia berusia 20-79 tahun yang mengidap penyakit tersebut pada tahun 2021, dan diprediksi akan terus meningkat menjadi 28,6 juta pada tahun 2045 (IDF 10th Edition, 2021).

Di samping prevalensi diabetes yang semakin bertambah, diabetes akan lebih sulit ditangani apabila terjadi komplikasi. Manifestasi dari diabetes berupa komplikasi makrovaskular dan mikrovaskular. Komplikasi makrovaskular akan berkembang menjadi penyakit jantung, hipertensi, stroke, maupun disfungsi ginjal. Sedangkan pada komplikasi mikrovaskular berkembang menjadi penyakit neuropati dan retinopati. *Diabetic Retinopathy* (DR) merupakan komplikasi yang disebabkan diabetes, yaitu suatu kelainan mata pada pembuluh darah dengan ditandai oleh rusaknya pembuluh darah dan terjadi sumbatan pada retina. Dimana kadar glukosa darah meningkatkan yang mengakibatkan kerusakan pada pembuluh darah retina mata (Sari & Saraswati, 2013).

Diabetic Retinopathy (DR) menjadi salah satu penyebab kehilangan penglihatan pada golongan usia produktif di dunia, termasuk Indonesia. Sekitar satu dari tiga orang dengan diabetes memiliki DR dan satu dari sepuluh akan mengembangkan bentuk penyakit yang mengancam penglihatan. Dikutip dari situs resmi *The International Agency for the Prevention of Blinders (IAPB)*, DR

menyumbang 0,01% sebagai penyebab kebutaan dan 0,04% penyebab gangguan penglihatan sedang-berat di Asia Tenggara. Belum terdapat data resmi mengenai prevalensi DR di Indonesia dari Kementerian Kesehatan (Kemenkes RI) (Shaniaputri.,dkk, 2022).

Deteksi dini dan pengobatan adalah cara efektif untuk mengatasi DR dan sangat penting untuk keberhasilan pengobatan, serta menjadi salah satu tantangan penting, jika tidak diobati akan menyebabkan kebutaan permanen. Namun, DR tidak akan mudah dikenali, terutama pada tahap awal, dan bahkan para ahli yang berpengalaman mungkin menganggap prosedur diagnosis manual seperti itu menantang, memakan waktu, dan rawan kesalahan. Oleh karena itu, diusulkan sistem pengenalan berbasis komputer dengan pendekatan *Deep Learning* untuk mengenali secara otomatis gambar fundus DR secara menyeluruh dengan mengklasifikasikan gambar fundus retina ke dalam dua kelas berbeda yaitu sebagai retina normal dan retina yang mengalamai DR.

Sehubungan dengan itu, penelitian ini akan menerapkan pengolahan citra, menggunakan algoritma *Convolutional Neural Network* (CNN) dengan arsitektur *EfficientNet*. *EfficientNet* merupakan model yang dijelaskan pertama kali pada tahun 2019, dalam penelitian *EfficientNet: Rethinking Model Scalling for Convolutional Neural Network* yang memiliki varian model dari B0 sampai B7 (Tan & Le, 2019). Penelitian kali ini bertujuan untuk melihat kinerja dari salah satu model arsitektur dari *EfficientNet,* yaitu *EfficientNet-B0,* berdasarkan uraian permasalahan yang telah dijelaskan sebelumnya, maka penelitian yang akan dilakukan oleh penulis dengan judul **"Rancang Bangun Aplikasi Android Pengklasifikasian Penyakit *Diabetic Retinopathy* Dengan Arsitektur *EfficientNet"*** diharapkan dapat memberikan model terbaik dalam mengklasifikasi dan mengenali penyakit DR secara cepat dan akurat, berbasis *Android.*

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian pada latar belakang masalah di atas, dapat dirumuskan masalah:

1. Bagaimana melatih algoritma CNN dengan salah satu varian arsitektur *EfficientNet*, yaitu *EfficientNet-B0* dalam mengklasifikasikan penyakit DR.
2. Bagaimana kinerja dari arsitektur *EfficientNet-B0* dalam mengklasifikasikan penyakit DR.
3. Bagaimana mendeploy model klasifikasi penyakit DR ke dalam aplikasi *Mobile* berbasis Android.

1.3. Batasan Masalah

Untuk membatasi agar penelitian tidak meluas, maka akan diberikan batasan masalah pada penelitian ini, diantaranya:

1. Dataset yang digunakan adalah dataset DR yang diperoleh dari halaman kaggle dengan format PNG, dengan ukuran piksel 224x224.
2. Dataset DR yang digunakan terdiri dari 5 kelas yaitu 0-*NoDR*, 1-*Mild*, *2-Moderate*,*3- Severe*, dan 4-*ProliferativeDR*.
3. Algoritma yang digunakan yaitu CNN dengan memilih salah satu varian arsitektur *EfficientNet* yaitu *EfficientNet-B0*.
4. Aplikasi *Mobile* yang digunakan berupa *Android*.

1.4. Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah, maka tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Melatih kinerja dari model CNN menggunakan salah satu varian arsitektur *EfficientNet*, yaitu *EfficientNet-B0* dalam mengklasifikasikan penyakit DR.
2. Mengetahui dan mengevaluasi kinerja dari arsitektur *EfficientNet* dalam mengklasifikasikan penyakit DR.
3. Mendeploy model yang telah dibuat kedalam aplikasi *Mobile* berbasis *Android*.

1.5. Manfaat Penelitian

Berdasarkan tujuan penelitian diatas, maka manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Penelitian ini dapat menghasilkan model yang baik untuk mengklasifikasi penyakit DR,secara cepat dan akurat.
2. Menjadi sumber informasi mengenai kinerja Arsitektur *EfficientNet,* dalam mengklasifikasikan penyakit DR.
3. Menyediakan aplikasi *Mobile* berbasis *Android* yang dapat mengenali penyakit DR.

BAB II
TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Penelitian Terkait

Melalui hasil dari studi literatur maka telah ditemukan beberapa rujukan utama dari penelitian ini. Dalam rujukan terdapat beberapa penelitian yang memiliki studi kasus yang sama yaitu klasifikasi *Diabetic Retinopathy* dengan menggunakan algoritma *Deep Learning* .

Penelitian yang dilakukan oleh Bintang Thunder pada tahun 2018 dengan judul "Implementasi Algoritma Convolutional Neural Network di *Microsoft Azure* Untuk Mendeteksi Jenis Kebutaan Mata Yang Dialami Penderita Penyakit Diabetes" penelitian ini memberikan solusi dengan menerapkan algoritma *Convolutional Neural Networks* di *Microsoft Azure* untuk mendeteksi jenis kebutaan mata yang dialami penderita penyakit diabetes. Algoritma *Convolutional Neural Networks* menggunakan 2 jenis model arsitektur yaitu Inception V3 dan VGG 16. Inception V3 dan VGG 16 memiliki perbedaan pada proses peletakan posisi layer dan akses pada layer dalam melakukan proses *training*. *Microsoft Azure* menyediakan sebuah layanan bernama *Azure Data Science Virtual Machine* yang berguna sebagai *virtual machine* untuk proses *training* yang sudah memanfaatkan teknologi GPU yang disediakan di *Microsoft Azure*. Penelitian ini melakukan 4 kali percobaan dengan 2 jenis model arsitektur. Hasil penelitian memperlihatkan bahwa lama proses *training* berbanding terbalik dengan jumlah *batch file* untuk setiap proses *training*. Hasil penelitian juga menghasilkan 4 buah tingkat akurasi dengan nilai akurasi terbaik pada proses *training* 35.126 citra digital adalah 0.8386 (Bintang & Thunder, 2018).

Pada penelitian yang dilakukan oleh Bhuma dkk.(2021) dengan judul "*Childhood Medulloblastoma Classification Using EfficientNets"* penelitian ini berkaitan tentang klasifikasi akurat gambar histologis pasien penderita *Medulloblastoma* pada masa kanak-kanak. Klasifikasi biner sel jaringan normal dan abnormal juga disajikan. Untuk klasifikasi *multiclass*, akurasi klasifikasi rata-rata (10 pengulangan) yang dicapai dengan *ensemble EfficientNets* adalah 98,78% pada tingkat arsitektur dan 95,67% pada tingkat sel. Untuk untuk klasifikasi biner,

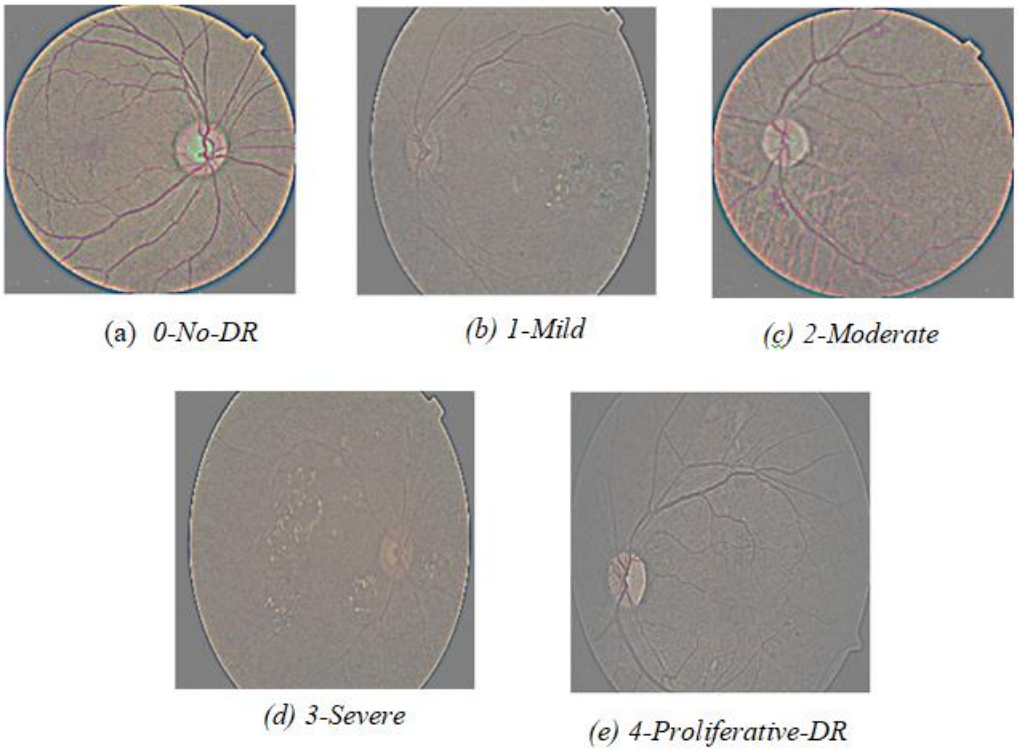
akurasi klasifikasi adalah 100% dengan data terbagi atas *train* 80% dan data *testing* 20% bahkan tanpa prediksi ansambel. Karena *EfficientNets* memiliki resolusi yang berbeda, jumlah lapisan yang berbeda, akurasi yang ditingkatkan karena prediksi *Ensemble* dikaitkan dengan keragaman maka model *EfficientNet* dipilih (Bhuma & Kongara, 2020).

Penelitian yang dilakukan oleh Kandel & Mauro Castelli pada tahun 2020 dengan judul "*Transfer Learning with Convolutional Neural Networks for Diabetic Retinopathy Image Classification. A Review*" penelitian ini berkaitan tentang diagnosis *Diabetic Retinopathy* (DR) melalui gambar fundus berwarna membutuhkan dokter yang berpengalaman untuk mengidentifikasi adanya dan pentingnya banyak fitur kecil yang bersama dengan sistem penilaian yang kompleks, membuat ini menjadi tugas yang sulit dan memakan waktu. Dalam penelitian ini, peneliti mengusulkan pendekatan CNN untuk mendiagnosis DR dari gambar fundus digital dan mengklasifikasikan tingkat keparahannya secara akurat. Peneliti mengembangkan jaringan dengan arsitektur CNN dan augmentasi data yang dapat mengidentifikasi fitur rumit yang terlibat dalam tugas klasifikasi seperti aneurisma mikro, eksudat, dan perdarahan pada retina dan akibatnya memberikan diagnosis secara otomatis dan tanpa masukan pengguna. Peneliti melatih jaringan ini menggunakan *Unit Prosesor Grafis* (GPU) kelas atas pada dataset *Kaggle* yang tersedia untuk umum dan menunjukkan hasil yang mengesankan, terutama untuk tugas klasifikasi tingkat tinggi. Pada kumpulan data 80.000 gambar yang digunakan, CNN yang kami usulkan mencapai sensitivitas 95% dan akurasi 75% pada 5.000 gambar validasi (Kandel & Mauro, 2020).

2.2. Penyakit *Diabetic Retinopathy*

Diabetic Retinopathy (DR) adalah kondisi mata yang dapat menyebabkan kehilangan penglihatan dan kebutaan pada penderita diabetes. Ini mempengaruhi pembuluh darah di retina (lapisan jaringan peka cahaya di belakang mata Anda). Kondisi ini ditandai dengan pendarahan pembuluh darah retina dan gangguan pusat penglihatan mata (makula) yang menyebabkan tajam penglihatan menurun. DR terjadi pada penderita diabetes melitus yang gula darahnya tidak terkontrol

dengan baik. Secara sederhana, kadar gula darah yang tinggi akan merusak pembuluh darah, termasuk di retina mata (*Institut National Eye* (NEI), 2022).



Gambar 2.1 Tahapan (*Stage*) Penyakit *Diabetic Retinopathy*

Sumber: (www.kaggle.com)

Pada Gambar 2.1 dapat dilihat tahapan penyakit dari mulai (a) No-DR menunjukkan kondisi mata dalam keadaan normal. Selanjutnya terlihat pada gambar (b) *Mild* menunjukkan tahapan awal dari DR, dimana pada tahap ini terjadi pembengkakan kecil seperti balon yang terjadi di pembuluh darah kecil retina. Pada gambar (c) *Moderate* penyakit mulai berkembang kearah beberapa pembuluh darah yang memberi nutrisi pada retina menjadi tersumbat. Gambar (d) *Severe*, pada tahap ini DR semakin berkembang lebih jauh dan lebih banyak pembuluh darah tersumbat, dan beberapa area retina tidak mendapat suplai darah normal, karena suplai darah yang tidak normal retina akan mengirim sinyal untuk menumbuhkan pembuluh darah baru. Selanjutnya tahap lanjut dari penyakit DR ini ditunjukkan pada gambar (e), di mana pembuluh darah baru terbentuk di retina. Karena pembuluh darah ini sering rapuh, ada risiko kebocoran cairan yang lebih tinggi. Hal ini memicu berbagai masalah penglihatan seperti kabur, berkurangnya indera penglihatan, dan bahkan kebutaan.

2.3. Deep Learning

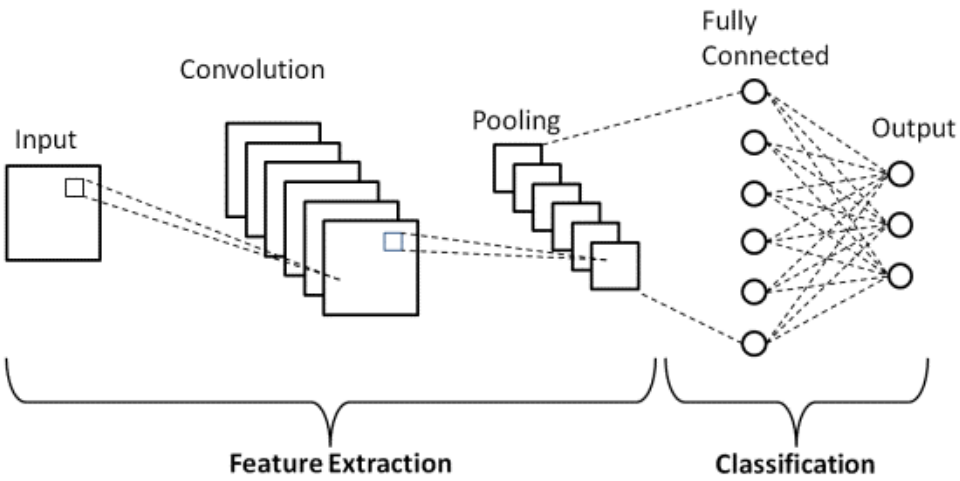
Deep Learning merupakan teknik komputer yang bertujuan untuk mengekstrak dan mengubah data mulai dari pengenalan ucapan manusia, hingga klasifikasi citra hewan dengan menggunakan beberapa lapisan (*Layer*) jaringan saraf. Masing-masing lapisan ini mengambil inputnya dari lapisan sebelumnya dan secara bertahap menyempurnakannya. Lapisan dilatih oleh algoritma yang meminimalkan kesalahan dan meningkatkan akurasinya (Jeremy & Gugger, 2020).

Deep Learning merupakan metode kecerdasan buatan yang berangkat dari pendekatan manual dan struktural untuk pengenalan dan prediksi pola dengan memanfaatkan jaringan syaraf tiruan. Dalam sebuah jaringan syaraf tiruan, setiap node menerima sinyal berbobot yang dilewatkan dari output sebelumnya. Di Setiap lapisan, informasi dikumpulkan, ditransformasikan menggunakan fungsi non-linier, dan diteruskan ke lapisan node berikutnya. Jaringan syaraf tiruan dapat dilatih untuk menyelesaikan tugas prediksi dan klasifikasi yang kompleks (Levy, 2020).

2.4. Convolutional Neural Network

Convolutional Neural Network (CNN) adalah algoritma yang terbukti sangat efektif di berbagai bidang ilmu komputer seperti pengenalan objek, klasifikasi objek dan komputer vision. Oleh karena itu, CNN adalah salah satu *tools* penting dalam *Machine Learning*dan *Deep Learning* .

CNN merupakan pengembangan *dari Multilayer Perceptron* (MLP) yang didesain untuk mengolah data dua dimensi. CNN termasuk dalam jenis *Deep Neural Network* karena kedalaman jaringan yang tinggi dan banyak diaplikasikan pada data citra. Pada kasus klasifikasi citra, MLP kurang sesuai untuk digunakan karena tidak menyimpan informasi spasial dari data citra dan menganggap setiap piksel adalah fitur yang independen sehingga menghasilkan hasil yang kurang baik. Cara kerja CNN memiliki kesamaan pada MLP, namun dalam CNN setiap neuron dipresentasikan dalam bentuk dua dimensi, tidak seperti MLP yang setiap neuron hanya berukuran satu dimensi (Suartika.,dkk, 2016).



Gambar 2.2 Ilustrasi Proses Convolutional Neural Network

Sumber: (www.upgrad.com)

Pada CNN, data yang dipropagasikan pada jaringan adalah data dua dimensi, sehingga operasi linear dan parameter bobot pada CNN berbeda. Pada CNN operasi linear menggunakan operasi konvolusi, sedangkan bobot tidak lagi satu dimensi saja, namun berbentuk empat dimensi yang merupakan kumpulan kernel konvolusi. Karena sifat proses konvolusi, maka CNN hanya dapat digunakan pada data yang memiliki struktur dua dimensi seperti citra dan suara (Suartika.,dkk, 2016).

2.4.1. Convolution Layer

Convolution layer merupakan layer utama dari CNN. Pada *Convolution Layer* terdapat operasi konvolusi antara citra input dan filter. Operasi konvolusi adalah penjumlahan dari hasil perkalian antara matriks input dan matriks filter. Pada Gambar 2.3 merupakan contoh proses operasi konvolusi. Tujuan dilakukannya konvolusi pada data citra adalah untuk mengekstraksi fitur dari citra input. Konvolusi akan menghasilkan transformasi linear dari data input sesuai informasi spasial pada data. Bobot pada layer tersebut menspesifikasikan kernel konvolusi yang digunakan, sehingga kernel konvolusi dapat dilatih berdasarkan input pada CNN (Suartika.,dkk, 2016).

$$S\ (i,j) = I\ (i,j) * K(m,n) = \sum_m \sum_n I\ (i+m, j+n) K(m,n) \qquad (1)$$

Keterangan:

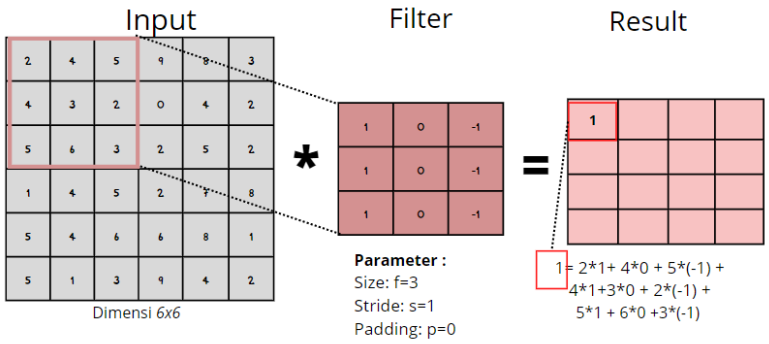
S(i, j) = Fungsi hasil konvolusi

I = Input

K = Filter

(i, j) = Pixel input

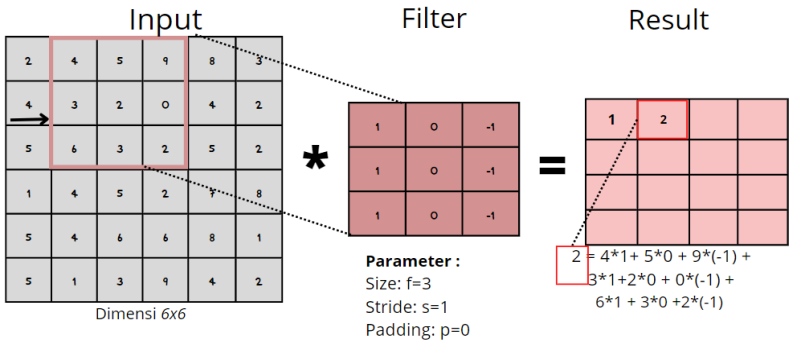
(m, n) = Pixel kernel



Gambar 2.3 Ilustrasi Proses Operasi Konvolusi

2.4.2. Stride

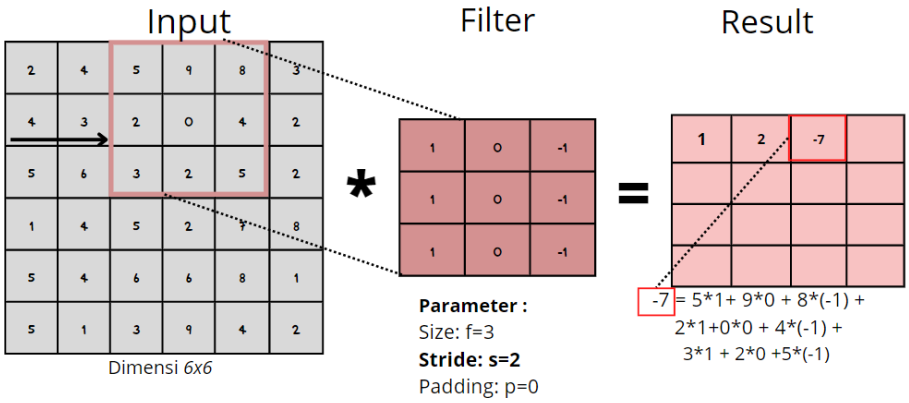
Stride adalah parameter yang mengatur pergeseran filter diatas citra. *Stride* merupakan jumlah piksel yang bergeser di seluruh matriks input. Ketika nilai *stride* sama dengan 1 maka filter akan berpindah 1 piksel sekaligus dalam satu waktu secara horizontal.



Gambar 2.4 Ilustrasi Pergeseran Filter Dengan Nilai Stride 1

Pada Gambar 2.4 dapat dilihat sebuah filter yang diaplikasikan pada matriks input. Pergeseran filter ditentukan oleh besarnya nilai *stride* yang

diberikan, nilai *stride* yang diberikan adalah 1, maka pergeseran filter pada matriks input hanya 1 piksel.

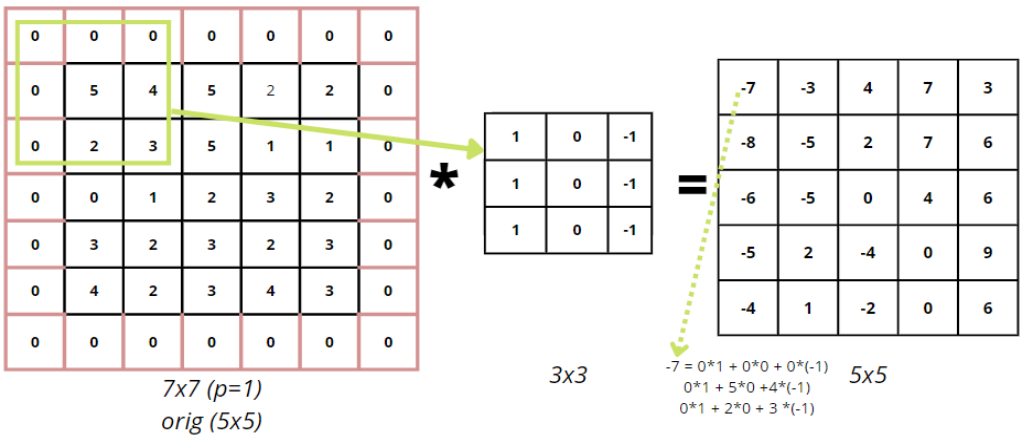


Gambar 2.5 Ilustrasi Pergeseran Filter Dengan Nilai Stride 2

Pada Gambar 2.5 diilustrasikan sebuah filter yang diaplikasikan pada *input.* Pergeseran *kernel* ini ditentukan oleh besarnya ukuran *stride* yang diberikan. Nilai *stride* yang diberikan adalah 2, maka pergeseran filter pada *input* hanya sebanyak 2 piksel.

2.4.3. Padding

Padding merupakan proses memperluas area gambar, dengan menambahkan lapisan tambahan di tepi gambar untuk mendapatkan informasi gambar yang akurat. Kernel/filter yang bergerak melintasi gambar memindai setiap piksel dan mengubah gambar menjadi gambar yang lebih kecil.

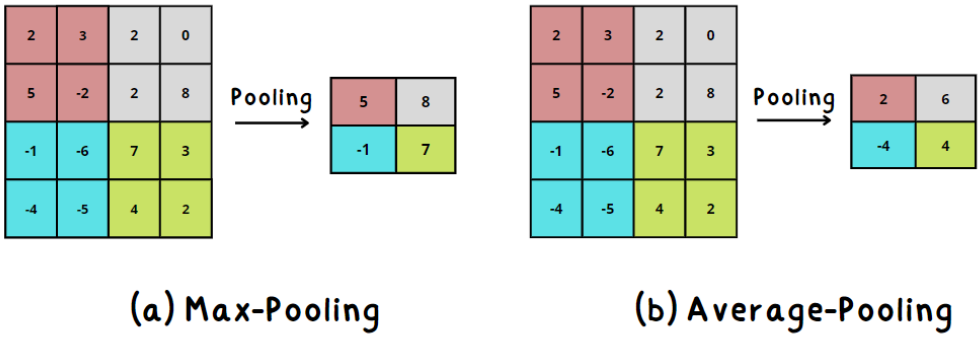


Gambar 2.6 Ilustrasi Proses Penambahan *Padding*

Pada Gambar 2.6 merupakan proses penambahan *padding*, sebuah matriks input dengan ukuran asli $5x5$ dengan filter ukuran $3x3$. Matriks input kemudian diberi *padding* sebanyak satu sehingga membuat ukuran matriks input menjadi $7x7$. Matriks yang telah diberi *padding* kemudian dikonvolusikan dengan kernel sehingga menghasilkan *feature map* dengan ukuran yang sama dengan ukuran input aslinya yaitu $5x5$.

2.4.4. Pooling Layer

Pooling merupakan salah satu operasi yang dibutuhkan dalam CNN, *pooling* digunakan untuk mengurangi ukuran data citra. Operasi *pooling* disebut *downsampling* atau *subsampling* dalam *machine learning*. Dua operasi *pooling* yang paling populer adalah *max-pooling* dan *average pooling*. Pada *max-pooling* nilai yang diambil adalah nilai maksimum, sedangkan pada *average pooling* nilai yang diambil adalah nilai rata-rata.



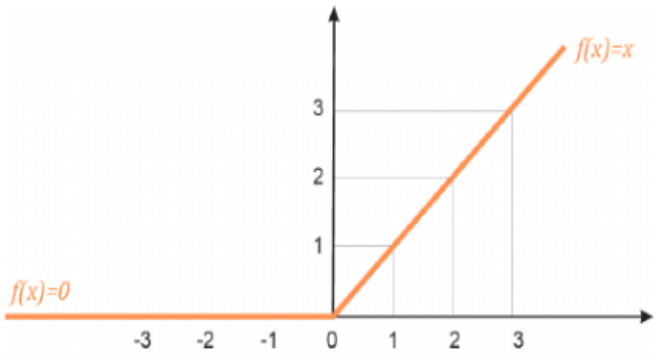
Gambar 2.7 Ilustrasi Operasi pada *Max-Pooling* & *Average-Pooling*

2.4.5. Fungsi Aktivasi

Fungsi aktivasi adalah fungsi non linear yang memungkinkan sebuah jaringan saraf tiruan untuk dapat mentransformasi data input menjadi dimensi yang lebih tinggi sehingga dapat dilakukan pemotongan *hyperlane* sederhana yang memungkinkan dilakukan klasifikasi. Dalam CNN terdapat fungsi aktivasi digunakan yaitu fungsi sigmoid (Suartika.,dkk, 2016). Dalam jaringan saraf, fungsi aktivasi adalah fungsi matematika yang menentukan apakah input tertentu harus diaktifkan atau tidak. Ada banyak jenis fungsi aktivasi yang bisa digunakan, pilihan fungsi yang tepat akan mempengaruhi kinerja model yang digunakan.

Fungsi aktivasi yang paling umum digunakan adalah *sigmoid, softmax, tanh, dan Rectified Linear Unit (ReLu).* Pada penelitian ini, akan menerapkan fungsi aktivasi ReLu dan softmax. Fungsi aktivasi ReLu, merupakan fungsi aktivasi yang sering digunakan dalam CNN, ReLu adalah fungsi non-linier yang merupakan nilai maximum antara 0 dan x.

$$f(x) = \begin{cases} 0, x < 0 \\ x, x \geq 0 \end{cases} \quad (2)$$



Gambar 2.8 Representasi Grafik Fungsi Aktivasi ReLu

Sumber: (researchgate.net)

Fungsi aktivasi ReLu umumnya digunakan pada *hidden layer*, fungsi aktivasi ini digunakan pada proses *feed-forward* untuk menghasilkan aktivasi non-linier yang bagus. Sedangkan fungsi aktivasi softmax digunakan pada layer output dengan tujuan untuk mendapatkan hasil klasifikasi. *Softmax* biasanya digunakan pada multikelas. Fungsi aktivasi *softmax* diterapkan dalam proses pembelajaran menengah antara lapisan yang terhubung penuh dan lapisan keluaran. Fungsi aktivasi ini mengubah nilai numerik yang diterima dari lapisan yang terhubung penuh menjadi nilai yang mungkin, yang berada dalam interval [0,1], dan jumlah dari nilai yang mungkin sama dengan 1 (Sabery.E.F.,dkk, 2021).

$$Softmax\ (x_i) = \frac{e^{xi}}{\sum_{j=1} e^{xj}} \quad (3)$$

Keterangan :

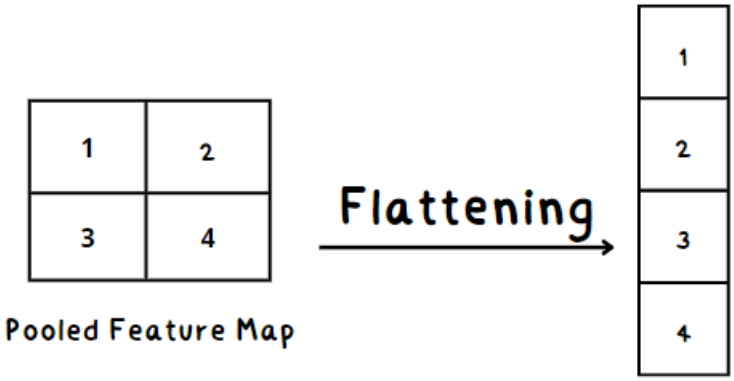
x_i = Nilai Vektor ke-i

j = Jumlah Kelas

e = kelas utama

2.4.6. Flatten

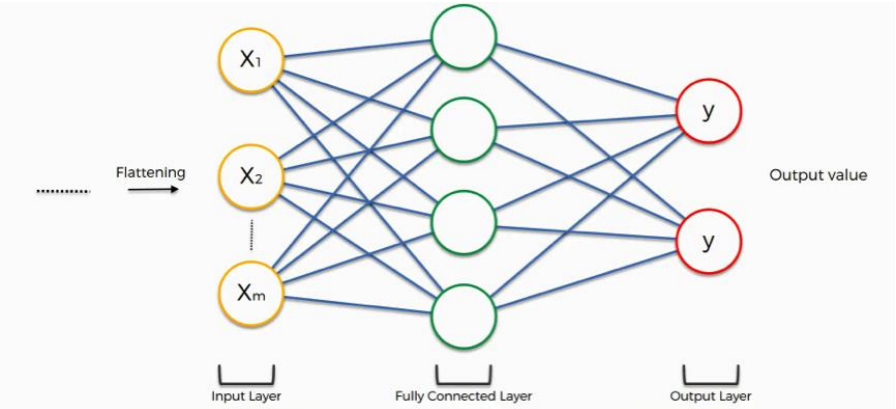
Operasi flatten mengubah matriks $n \; x \; n$ dimensi menjadi vektor 1 dimensi dengan menyusun semua elemen matriks secara berurutan, yang nantinya akan digunakan sebagai input untuk proses klasifikasi. Pada Gambar 2.9 matriks ukuran $2x2$ diubah menjadi sebuah *vector* ukuran 1 dimensi.



Gambar 2.9 Ilustrasi Proses *Flatten*

2.4.7. Fully Connected Layer

Fully connected layer merupakan *layer* yang biasanya digunakan dalam penerapan *Multi Layer Perceptron* (MLP) dan bertujuan untuk melakukan transformasi pada dimensi data agar data dapat diklasifikasikan secara linear. Setiap neuron pada *convolution layer* perlu ditransformasi menjadi data satu dimensi terlebih dahulu sebelum dapat dimasukkan ke dalam sebuah *fully connected layer*. Karena hal tersebut menyebabkan data kehilangan informasi spasialnya dan tidak reversibel, *fully connected layer* hanya dapat diimplementasikan di akhir jaringan (Suartika.,dkk, 2016).



Gambar 2.10 *Fully Connected Layer*

Sumber: (superdatascience.com)

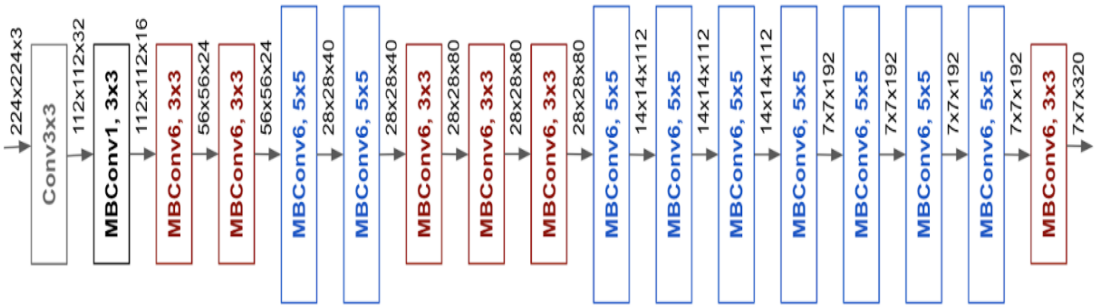
2.5. Batch Size & Epoch

Dalam *Machine Learning*, pengoptimalan sangatlah berperan penting, hampir setiap algoritma *Machine Learning* menerapkan pengoptimalan. *Batch size* adalah jumlah sampel yang melewati jaringan saraf tiruan pada satu waktu. *Batch size* digunakan agar tidak memakan waktu komputasi terlalu lama jika data yang digunakan terlalu besar, sehingga proses *training* data menjadi lebih efisien. *Epoch* adalah parameter yang menentukan berapa kali algoritma pembelajaran akan bekerja melalui seluruh dataset pelatihan dalam satu waktu. Karena satu *Epoch* terlalu besar untuk dimasukkan (*feeding*) kedalam komputer maka dari itu perlu membaginya kedalam satuan kecil (*batches*).

2.6. EfficientNet

EfficientNet adalah model *Baseline* (garis dasar) yang diperlukan untuk mengembangkan model selanjutnya dan memiliki performa lebih baik. *EfficientNet* telah diusulkan untuk meningkatkan kinerja CNN dengan penskalaan dalam tiga dimensi, yaitu lebar, kedalaman, dan resolusi menggunakan sekumpulan koefisien penskalaan tetap yang memenuhi beberapa kendala tertentu. Model dasar pada *EfficientNet-B0* dikembangkan menggunakan *Mobile Inverted Bottleneck Convolution* (*MBConv*) yang mirip dengan *MobileNetV2* dan *MnasNet*

(Tan & Le, 2019). Arsitektur dasar *EfficientNet* terdiri dari lapisan dalam blok *MBConv* seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.11.



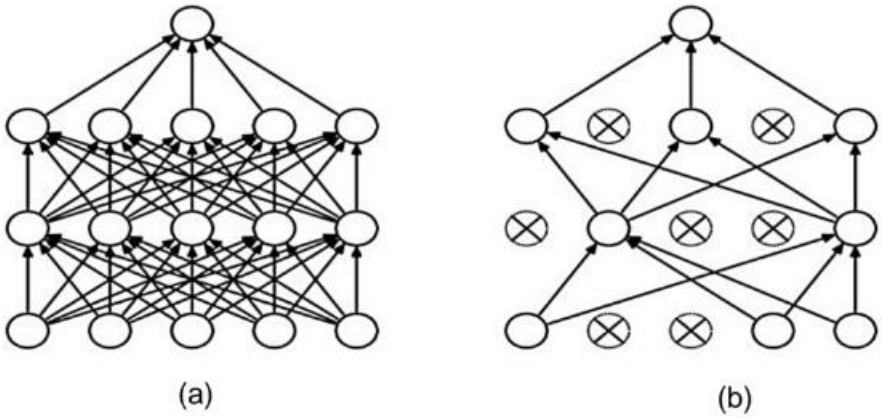
Gambar 2.11 Arsitektur *EffiicientNet*

Sumber: (medium.com)

MBConv adalah jenis lapisan konvolusi yang biasa digunakan dalam pembuatan aplikasi, yang cocok untuk pengembangan model *Deep Learning* pada perangkat *Mobile,* karena dapat mengurangi kompleksitas komputasi dan jejak memori. *MBConv* terdiri dari lapisan blok-blok yang terinspirasi dari *Struktur Inverted Residual Bottleneck,* di mana lapisan *Bottleneck* diapit diantara dua lapisan ekspansi. Blok *MBConv* terdiri dari beberapa kompenen seperti *Expansion Layer, Depthwise Convolution, Pointwise Convolution, Squeeze and Excitation (SE) Block,* dan *Skip Connection.* Kombinasi dari operasi ini memungkinkan efisiensi parameter tingkat tinggi dengan tetap menjaga akurasi dalam jaringan saraf yang dalam.

2.7. Dropout

Dropout merupakan teknik regularisasi yang digunakan mengatasi *overfitting*. *Dropout* bekerja dengan memilih neuron secara acak untuk digunakan dalam proses pelatihan. Hal ini berarti menghilangkan kontribusi sebagian neuron secara acak. *Dropout* dapat mempercepat proses komputasi pelatihan (Rahman., dkk, 2021). Pada Gambar 2.12 dapat dilihat perbedan jaringan tanpa *dropout* dan jaringan saraf menggunakan *dropout.*



Gambar 2.12 (a) Tanpa *Dropout*, (b) Menggunakan *Dropout*

Sumber: (medium.com)

Perbedaan yang dapat dilihat dari Gambar 2.12, adalah jaringan yang menggunakan *dropout* menjadi lebih sederhana serta parameter yang digunakan semakin sedikit.

2.8. Android

Android adalah sebuah sistem operasi untuk perangkat *Mobile* seperti komputer *tablet* dan *smartphone,* yang dikembangkan oleh *Google* dengan tujuan untuk menghubungkan antara pengguna dan *device,* yang memungkinkan pengembang untuk membuat dan menjalankan fungsi dasar dan lanjutan untuk aplikasi *Android.* Sistem ini bersifat *Open source,* sehingga dapat diakses oleh siapa saja, bahkan untuk penggunaan komersial. *Android* adalah kumpulan perangkat lunak *Open Source* yang dapat diunduh secara gratis berbasis *Linux* dan *Java* (Kirtika.B., 2015).

2.9. Tensorflow Lite

Tensorflow adalah sebuah perpustakaan bersumber terbuka untuk komputasi numerik dan pembelajaran mesin berskala besar. *Tensorflow lite* adalah kerangka belajar dalam yang ringan untuk perangkat *Mobile* dan *Embedded*. *Tensorflow lite* mengkompres sebuah model *Tensorflow* ke model. *Tensorflow lite* yang memiliki ukuran biner kecil. Hal ini memungkinkan *Machine Learning*di perangkat dan menggunakan akselerasi perangkat keras untuk meningkatkan kinerja. *Tensorflow lite* adalah versi ringan dari *tensorflow* yang membantu penerapan model

pembelajaran mesin di perangkat *Android* dan *iOS*, itu memanfaatkan kekuatan *Android Neural Network* API untuk mendukung akselerasi *hardware* (Anubhav & Bhadani, 2020).

2.10. *Transfer Learning*

Transfer learning adalah metode dalam *Deep Learning* yang digunakan untuk melatih CNN secara cepat dan akurat di mana bobotnya tidak diinisialisasikan dari awal. *Transfer learning* adalah teknik pembelajaran mesin yang didefinisikan sebagai teknik yang mengambil model atau solusi yang dilatih pada satu tugas dan menggunakannya kembali untuk memecahkan masalah lain yang serupa (Russo, 2019).

2.11. Confusion Matrix

Confusion matriks merupakan sebuah metode yang digunakan untuk mengetahui performa sebuah model dalam *machine learning*, yang direpresentasikan dalam bentuk matriks. *Confusion matriks* memberikan perbandingan antara nilai aktual dan nilai prediksi (Xu., dkk, 2020). Pada *confusion matrix*, terdapat empat istilah representasi dari hasil proses klasifikasi. Keempat istilah tersebut adalah *True Positive* (TP), *True Negative* (TN), *False Positive* (FP), dan *False Negative* (FN). Kelas klasifikasi positif yang diprediksi benar disebut *true positive*, kelas klasifikasi positif yang diprediksi negatif disebut *false negative* (salah). Kelas negatif yang diprediksi benar disebut *true negative*, dan kelas negatif yang diprediksi salah disebut *false negative*.

Confusion matrix dapat digunakan dalam menghitung berbagai *performance metrics* untuk mengukur kinerja model yang telah dibuat. *Performance metrics* yang sering digunakan adalah *accuracy, precision, recall*, dan *f1-Score*. Berikut tabel *confusion matrix binary class* yang dapat dilihat pada Tabel 2.1

Tabel 2.1 *Confusion Matrix Binary Class*

	Predicted Value		
Actual Value		Class 1	Class 2
	Class 1	$T_{(1,1)}$	$F_{(1,2)}$
	Class 2	$T_{(2,1)}$	$F_{(2,2)}$

Accuracy menggambarkan seberapa akurat model dapat mengklasifikasikan dengan benar. *Accuracy* merupakan rasio prediksi benar dengan keseluruhan data. Dengan kata lain, *accuracy* merupakan tingkat kedekatan nilai prediksi dengan nilai *actual* (nilai sebenarnya).

$$Accuracy = \frac{\mathrm{TP+TN}}{TP+FN+FP+FN} \tag{3}$$

Precision menggambarkan tingkat kebenaran suatu pengklasifikasi dari seluruh kelas positif yang diprediksi. Maka, *precision* merupakan rasio prediksi benar positif dibandingkan dengan keseluruhan hasil yang diprediksi positif.

$$Precision = \frac{\mathrm{TP}}{\mathrm{TP + FP}} \tag{4}$$

Recall (Sensitivity) menggambarkan seberapa baik suatu pengklasifikasi dalam mengklasifikasikan kelas positif. *Recall* merupakan rasio prediksi benar positif dibandingkan dengan keseluruhan data yang benar positif.

$$Recall = \frac{\mathrm{TP}}{\mathrm{TP+FN}} \tag{5}$$

F1-score merupakan gabungan antara precision dan recall yang bertujuan untuk melihat seberapa baik performa model dalam memprediksi suatu kelas.

$$F1\text{-}Score = \frac{2TP}{(2TP+FP+FN)} \tag{6}$$