

**EVALUASI KINERJA MODEL MENGGUNAKAN
CNN *TRANSFER LEARNING* PADA KLASIFIKASI
*X-RAY COVID-19***

SKRIPSI



**RAMDAN MASYKURI
H071181502**

**PROGRAM STUDI SISTEM INFORMASI
DEPARTEMEN MATEMATIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2023**

**EVALUASI KINERJA MODEL MENGGUNAKAN
CNN *TRANSFER LEARNING* PADA KLASIFIKASI
*X-RAY COVID-19***

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**

**RAMDAN MASYKURI
H071181502**

**PROGRAM STUDI SISTEM INFORMASI
DEPARTEMEN MATEMATIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN
ALAM UNIVERSITAS HASANUDDIN**

2023

PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan dibawah ini

Nama : Ramdan Masykuri

NIM : H071181502

Program Studi : Sistem Informasi

Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulisan saya berjudul :

**EVALUASI KINERJA MODEL MENGGUNAKAN CNN *TRANSFER*
LEARNING PADA KLASIFIKASI X-RAY
COVID-19**

Adalah karya tulisan saya sendiri, bukan merupakan pengambil alihan tulisan orang lain dan bahwa skripsi yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri.

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

Makassar, 03 Februari 2023



Ramdan Masykuri

H071181502

**EVALUASI KINERJA MODEL MENGGUNAKAN CNN
TRANSFER LEARNING PADA KLASIFIKASI X-RAY
COVID-19**

Disusun dan diajukan oleh :

**RAMDAN MASYKURI
H071181502**

Telah dipertahankan dihadapan 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.
NIP.197204231995121001

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

Ketua Program Studi,

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



HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh :
Nama : Ramdan Masykuri
NIM : H071181502
Program Studi : Sistem Informasi
Judul Skripsi : Evaluasi Kinerja Model Menggunakan
CNN Transfer Learning Pada Klasifikasi
X-Ray Covid-19

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

DEWAN PENGUJI

Tanda Tangan

1. Ketua: Dr. Eng. Armin Lawi, S.Si., M.Eng.

(.....)

2. Sekretaris: Dr. Hendra, S.Si., M.Kom.

(.....)

3. Anggota: Dr. Muhammad Hasbi, M.Sc.

(.....)

4. Anggota: Dr. Agustinus Ribal, S.Si., M.Sc.

(.....)

Ditetapkan di : Makassar
Tanggal : 03 Februari 2023



KATA PENGANTAR

Segala puji bagi Allah *Subhanahu Wa ta'ala*, Tuhan atas langit dan bumi beserta segala isinya. Karena, berkat nikmat dan karuniaNYA sehingga penulisan skripsi ini dapat terselesaikan. Shalawat serta salam semoga senantiasa tercurahkan kepada Baginda *Rasulullah* Muhammad *Shallallahu Alaihi Wasallam* dan kepada para keluarga serta sahabat beliau, yang senantiasa menjadi teladan yang baik.

Alhamdulillah, skripsi dengan judul “**Evaluasi Kinerja Model Menggunakan CNN Transfer Learning Pada Klasifikasi X-Ray Covid-19**” yang disusun sebagai salah satu syarat akademik untuk meraih gelar Sarjana Sains pada Program Studi Sistem Informasi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Hasanuddin ini dapat dirampungkan. Tentunya, dalam penulisan skripsi ini, penulis mampu melewati berbagai hambatan dan masalah berkat bantuan moril dan materil, serta dorongan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih yang tak terhingga kepada orang tua penulis sebagai tempat kembali setelah pergi, terima kasih atas kasih sayang, doa, dan nasihat yang tulus sebagai bekal kehidupan. Rasa terima kasih juga penulis tujukan kepada saudara(i) tercinta yang telah menjadi motivator, dan rival dalam membanggakan kedua orang tua, terima kasih atas dukungan yang penulis dapatkan selama ini.

Penghargaan dan ucapan terima kasih dengan penuh ketulusan juga penulis ucapkan kepada:

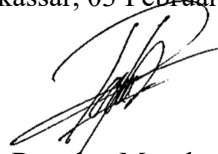
1. Rektor Universitas Hasanuddin Makassar **Prof. Dr. Ir. Jamaluddin Jompa, M.Sc.**, dan seluruh Wakil Rektor dalam Lingkungan Universitas Hasanuddin.
2. Bapak Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam **Dr. Eng Amiruddin** dan para Wakil Dekan serta seluruh staf yang telah memberikan bantuan selama penulis mengikuti pendidikan di FMIPA Universitas Hasanuddin.
3. Bapak **Dr. Nurdin, S.Si. M.Si**, sebagai Ketua Departemen Matematika FMIPA Unhas. Penulis juga berterima kasih atas dedikasi dosen-dosen

pengajar, serta staf Departemen atas ilmu dan bantuan yang bermanfaat.

4. Bapak **Dr. Hendra, S.Si M.Kom** sebagai Ketua Program Studi Sistem Informasi Universitas Hasanuddin.
5. Bapak **Dr. Eng. Armin Lawi, S.Si., M.Eng.**, dan Bapak **Dr. Hendra S.Si., M.Kom** sebagai dosen pembimbing utama dan dosen pembimbing pertama atas ilmu yang beliau berikan selama proses perkuliahan, dan kesediaan beliau dalam membimbing, serta memotivasi penulis dalam penyusunan skripsi ini.
6. Bapak **Drs. Muhammad Hasbi, M.S.c.** dan Bapak **Dr. Agustinus Ribal, S.Si., M.Sc** sebagai dosen penguji pertama dan penguji kedua atas ilmu yang beliau berikan selama proses perkuliahan, dan saran serta masukan yang telah beliau berikan dalam penyusunan skripsi ini.
7. Bapak **Muhammad Sadno, S.Si., M.Si.** selaku koordinator seminar yang telah meluangkan waktunya untuk konsultasi jadwal seminar dan membantu penulis dalam menyiapkan persiapan selama seminar.
8. Teman-teman seperjuangan **Sistem Informasi 2018** tercinta yang selalu menemani, menguatkan dan menyemangati selama masa perkuliahan, serta terima kasih terkhusus kepada **Nasrullah, Sari, Cecil, Ajrana, Khoir, dan Jihad** yang turut membantu dan memudahkan penulis dalam penyusunan skripsi ini.
9. Kepada kanda-kanda ku **Maxi, Islah, Rifky, Luthfi, Sadid dan Ulil** yang telah menjadi *partner* tugas matakuliah mulai dari semester 1 sampai dengan semester akhir. Semangat dan motivasi juga di berikan oleh teman-teman **Sistem Informasi Unhas 2018** terimakasih atas kebersamaan, kepedulian, suka-duka, canda tawa yang telah kita lewati selama ini.
10. **Resky Amelia Sahar, S.E** yang selalu menemani, menjadi tempat cerita dan pendengar setia dari setiap masalah penulis.
11. Semua pihak yang telah memberikan bantuan kepada penulis baik berupa materi dan non materi yang tidak dapat penulis sebutkan satu per satu, terima kasih untuk bantuan dan dukungannya.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan karena keterbatasan penulis. Oleh karena itu, saran dan kritik demi penyempurnaan skripsi ini sangat penulis harapkan. Akhir kata, semoga skripsi ini membawa manfaat dan semoga Allah Subhanahu Wata'ala membalas semua kebaikan semua pihak yang telah membantu.

Makassar, 03 Februari 2023

A handwritten signature in black ink, consisting of stylized, overlapping loops and strokes, positioned above the printed name.

Ramdan Masykuri

PERNYATAAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

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

Nama : Ramdan Masykuri
NIM : H071181502
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 Bebas Royalti Non Eksklusif (Non-exclusive Royalty Free Right) atas karya ilmiah saya yang berjudul:

“Evaluasi kinerja Model Menggunakan CNN *Transfer Learning* Pada Klasifikasi *X-Ray Covid-19*”

beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Terkait dengan hal di atas, 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/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di Makassar pada tanggal 03 Februari 2023

Yang menyatakan


Ramdan Masykuri

ABSTRAK

Paru-paru merupakan bagian dari tubuh manusia yang memiliki peran penting dalam pernapasan. Masalah yang sering timbul pada paru-paru adalah kualitas udara yang masuk ke paru-paru apakah tercemar atau tidak. *Pneumonia* dan *Covid-19* merupakan penyakit yang menyebabkan peradangan pada paru-paru dan dapat menyebabkan kematian, *Covid-19* menjadi masalah besar bagi banyak negara di dunia sejak tahun 2020. Terdapat kesamaan antara *Covid-19* dengan *pneumonia* pada gejala seperti batuk dan sesak napas. Pelaksanaan tes deteksi cepat *Covid-19* tidak serta merta berjalan mulus, namun tim medis mengalami banyak kendala. Salah satu penyebabnya adalah terbatasnya jumlah alat tes *Covid-19*, sehingga perlu dilakukan deteksi dini untuk membedakan antara *pneumonia* dan *Covid-19*. Citra *X-ray* dapat digunakan untuk mendeteksi *pneumonia* dan *Covid-19*. Deteksi manual memungkinkan terjadinya kesalahan, sehingga perhitungan komputasi diperlukan untuk meminimalkan kesalahan. Salah satu metode yang digunakan adalah *Transfer learning* dengan menggunakan algoritma *Convolutional Neural Network* (CNN) beserta arsitektur *Xception*, *Inceptionv3*, dan *MobileNet*. *Transfer learning* adalah sebuah metode *Machine Learning* yang bekerja dengan cara meniru sistem kerja otak manusia, sistem ini disebut *Neural Network*. CNN merupakan salah satu jenis *Neural Network* yang fungsi utamanya digunakan untuk data citra. Penelitian dilakukan dengan 1200 data citra X-ray Covid-19 yang dibagi menjadi 3 kelas dengan 400 data citra untuk setiap kategori. Hasil terbaik dari semua model arsitektur yang dicoba adalah *Xception* mendapatkan akurasi *training* sebesar 96% dan akurasi *validation* sebesar 97%. Untuk model *MobileNet* mendapatkan akurasi *training* adalah 97% dan akurasi *validation* adalah 93%. Dan model *InceptionV3* memiliki hasil yang paling rendah dibandingkan kedua arsitektur lainnya yaitu akurasi *training* sebesar 95% dan akurasi *validation* 93%.

Kata Kunci : *Convolutional Neural Network* (CNN), Covid-19, *InceptionV3*, *MobileNet*, *Transfer Learning*, *Xception*.

ABSTRACT

The lungs are a part of the human body that has an important role in breathing. The problem that often arises in the lungs is the quality of the air that enters the lungs whether it is polluted or not. Pneumonia and Covid-19 are diseases that cause inflammation of the lungs and can cause death, Covid-19 has become a big problem for many countries in the world since 2020. There are similarities between Covid-19 and pneumonia in symptoms such as coughing and shortness of breath. Carrying out the rapid detection test for Covid-19 did not necessarily run smoothly, but the medical team experienced many obstacles. One of the reasons is the limited number of Covid-19 test kits, therefore it is necessary to carry out early detection to differentiate between pneumonia and Covid-19. CitraX-ray can be used to detect pneumonia and Covid-19. Manual detection allows errors to occur, so computational calculations are needed to minimize errors. One of the methods used in Transfer learning using the Convolutional Neural Network (CNN) algorithm along with the Xception architecture, Inceptionv3, and MobileNet. Transfer learning is a machine learning method that works by imitating the working system of the human brain, this system is called a neural network. CNN is a type of Neural Network, whose main function is used for image data. The research was conducted with 1200 X-ray image data of Covid-19, divided into 3 classes with 400 image data for each category. The best result of all the architectural models tried is that Xception gets a training accuracy of 96% and a validation accuracy of 97%. For the MobileNet model, the training accuracy is 97% and the validation accuracy is 93%. And the InceptionV3 model has the lowest results compared to the other two architectures, namely a training accuracy of 95% and a validation accuracy of 93%.

Keywords: Convolutional Neural Network (CNN), Covid-19, InceptionV3, MobileNet, Transfer Learning, Xception.

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
PERNYATAAN KEASLIAN.....	iii
LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING	iv
HALAMAN PENGESAHAN.....	v
KATA PENGANTAR.....	vi
PERNYATAAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH	ix
ABSTRAK	x
<i>ABSTRACT</i>	xi
DAFTAR ISI.....	xii
DAFTAR GAMBAR.....	xv
DAFTAR TABEL	xvii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah.....	2
1.4 Tujuan Penelitian	2
1.5 Manfaat Penelitian	2
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	3
2.1 Penelitian Terkait	3
2.2 Paru-paru	5
2.2.1 <i>Pneumonia</i>	6
2.2.2 Corona Virus	7
2.3 Citra X-ray	7
2.4 Citra Digital.....	8
2.5 <i>Convolutional Neural Network</i>	10

2.5.1	<i>Convolutional Layer</i>	11
2.5.2	<i>Pooling</i>	13
2.5.3	Fungsi Aktivasi	14
2.5.4	<i>Flatten</i>	16
2.5.5	<i>Dropout</i>	16
2.5.6	<i>Fully Connected Layer</i>	17
2.6	<i>Transfer Learning</i>	18
2.7	<i>Xception</i>	18
2.8	<i>Inception V3</i>	19
2.9	<i>MobileNet</i>	21
2.10	Evaluasi Kinerja Model	22
2.10.1	<i>Confusion Matrix</i>	22
2.10.2	Presisi	23
2.10.3	<i>Recall</i>	23
2.10.4	Akurasi dan Validasi Akurasi	23
2.10.5	<i>F1-Score</i>	24
2.10.6	Kurva ROC-AUC	24
2.11	Rancang Bangun Aplikasi Mobile	25
2.11.1	<i>Android</i>	25
2.11.2	<i>TensorFlow Lite</i>	26
BAB III METODE PENELITIAN		27
3.1	Waktu dan Tempat	27
3.2	Perangkat Penelitian	27
3.3	Sumber Data	27
3.4	Tahap Penelitian	28
BAB IV		32
PEMBAHASAN		32
4.1	Deskripsi Data	32
4.2	<i>Preprocessing</i>	32
4.3	Split Data	34
4.4	Augmentasi data	34

4.5	Arsitektur <i>Transfer Learning Xception, Inception</i> , dan <i>MobileNet</i>	35
4.6	<i>Transfer Learning</i>	37
4.6.1	<i>Xception</i>	37
4.6.2	<i>InceptionV3</i>	40
4.6.3	<i>MobileNet</i>	42
4.7	Evaluasi Kinerja Model.....	45
4.8	<i>Deployment Model</i>	46
4.9	Pengujian Aplikasi	48
BAB V		50
KESIMPULAN		50
5.1	Kesimpulan	50
5.2	Saran.....	50
DAFTAR PUSTAKA		51
LAMPIRAN		54

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Citra <i>X-ray</i> paru-paru Normal, <i>Pneumonia</i> , dan Covid-19.....	8
Gambar 2.2 Citra Digital RGB	9
Gambar 2.3 Arsitektur <i>Convolutional Neural Network</i>	11
Gambar 2.4 Perhitungan Filter	12
Gambar 2.5 Perhitungan Pergeseran <i>Stride</i>	13
Gambar 2.6 Ilustrasi <i>Pooling Layer</i>	14
Gambar 2.7 Fungsi aktivasi ReLU	15
Gambar 2.8 Fungsi aktivasi <i>softmax</i>	15
Gambar 2.9 Ilustrasi <i>Flatten layer</i>	16
Gambar 2.10 Sebelum <i>Dropout</i> dan Setelah <i>Dropout</i>	17
Gambar 2.11 Proses <i>Fully Connected Layer</i>	17
Gambar 2.12 Contoh Arsitektur <i>Xception</i>	19
Gambar 2.13 Arsitektur <i>Inception V3</i>	20
Gambar 2.14 <i>Steam blok</i>	20
Gambar 2.15 Modul A, B, dan C	21
Gambar 2.16 <i>Reduction blok</i>	21
Gambar 2.17 Arsitektur <i>MobileNet</i>	22
Gambar 2.18 Kurva AUC – ROC	25
Gambar 2.19 kurva akurasi training dan <i>validation</i> model <i>MobileNet</i>	43
Gambar 3.1 Alur Penelitian.....	28
Gambar 3.2 Ilustrasi augmentasi data	30
Gambar 3.3 Rancangan Aplikasi.....	31
Gambar 4.1 data citra <i>greyscale</i>	32
Gambar 4.2 Hasil resize citra ukuran 299×299 pixel.....	33
Gambar 4.3 Konversi data citra menjadi array	33
Gambar 4.4 Proses sebelum normalisasi data citra dan setelah normalisasi.....	34
Gambar 4.5 Ilustrasi proses hasil augmentasi	35
Gambar 4.6 Ringkasan arsitektur <i>Xception</i>	35
Gambar 4.7 Ringkasan arsitektur <i>InceptionV3</i>	36
Gambar 4.8 Ringkasan arsitektur <i>MobileNet</i>	37

Gambar 4.9 Kurva akurasi training dan validation model <i>Xception</i>	38
Gambar 4.10 <i>Confusion matrix</i> model <i>Xception</i>	38
Gambar 4.11 Kurva Roc model <i>Xception</i>	39
Gambar 4.12 kurva akurasi <i>training</i> dan <i>validation</i> model <i>InceptionV3</i>	40
Gambar 4.13 <i>Confusion matrix</i> model <i>InceptionV3</i>	41
Gambar 4.14 Kurva ROC model <i>InceptionV3</i>	42
Gambar 4.15 <i>Confusion matrix</i> model <i>MobileNet</i>	43
Gambar 4.16 Kurva ROC model <i>MobileNet</i>	44
Gambar 4.17 Visualisasi layout aplikasi android	47
Gambar 4.18 Hasil prediksi aplikasi android	48

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 <i>Confusion matrix</i>	23
Tabel 3.1 Dataset <i>X-ray Covid-19</i>	28
Tabel 4.1 Hasil evaluasi kinerja model arsitektur <i>Xception</i>	39
Tabel 4.2 Hasil evaluasi kinerja model arsitektur <i>InceptionV3</i>	41
Tabel 4.3 Hasil evaluasi kinerja model arsitektur <i>MobileNet</i>	44
Tabel 4.4 Evaluasi presisi, <i>recall</i> , dan <i>f1-Score</i>	45
Tabel 4.5 akurasi <i>Training</i> dan akurasi <i>Validation</i>	46
Tabel 4.6 AUC-ROC.....	46
Tabel 4.7 <i>Black Box Testing</i> Aplikasi	48

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Organisasi Kesehatan Dunia mengumumkan virus corona (*Covid-19*) merupakan penyakit baru pada tahun 2019 yang menjadi perhatian Internasional, kasus *Covid-19* secara global dikonfirmasi lebih dari 1.370 yang terindikasi *Covid-19* dan sebagian besarnya ditemukan di Negara China. Penyakit *Covid-19* disebabkan oleh virus *SARS-CoV-2* yang teridentifikasi pertama pada desember 2019 di kota Wuhan, Negara China dan dinyatakan pandemi global oleh WHO pada 11 Maret 2020 dengan gejala umumnya antara lain batuk kering, sakit tenggorokan, dan demam. *Covid-19* pertama kali terjadi di Wuhan China hingga menjadi penyakit menular yang terjadi diseluruh dunia, yang mengakibatkan banyaknya orang meninggal dan terus meningkat setiap harinya, sehingga diperlukan sistem yang akurat untuk membantu tenaga medis, beberapa karya penelitian telah mengembangkan berbagai model untuk deteksi otomatis *Covid-19*.

Pencitraan medis seperti sinar-X dan *Computed Tomography*(CT) memainkan peran penting dalam mengoptimalkan diagnosis berbagai penyakit dibidang medis selama ini, dimana citra rontgen dapat digunakan untuk mendeteksi kelainan pada tubuh seperti tumor dan perdarahan, mendeteksi emboli paru dan kelebihan cairan pada paru-paru (Mawaddah dkk., 2021). Pada Pendeteksian *Covid-19* dengan Citra *X-ray* (Rontgen) merupakan salah satu alternatif pengecekan pendeteksian *Covid-19* yang lebih cepat dan mampu mengurangi waktu diagnosis yang harus dilakukan pada metode pendeteksian lainnya, selain itu pada penelitian ini juga ditambahkan pendeteksian *Pneumonia* sebagai diagnosis tambahan. Pada Penelitian ini menggunakan metode klasifikasi *Convolutional Neural Network* (CNN) salah satu jenis *neural network* yang biasa digunakan pada data image. CNN bisa digunakan untuk mendeteksi dan mengenali object pada sebuah image serta menyediakan aplikasi *mobile* berbasis *android* yang dapat mengenali citra pada penyakit *Covid-19*.

1.2 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Bagaimana mengimplementasikan model arsitektur *Xception*, *Inception V3*, dan *MobileNet* ini pada dataset *X-ray Covid-19*?
2. Bagaimana hasil evaluasi kinerja model arsitektur *Xception*, *Inception V3*, dan *MobileNet* untuk klasifikasi *X-ray Covid-19*?
3. Bagaimana mendeploy model klasifikasi *X-ray Covid-19* dengan arsitektur terbaik ke dalam aplikasi *mobile* berbasis *Android*?

1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Dataset yang digunakan adalah *Chest X-ray Covid-19 & Pneumonia*.
2. *Chest X-ray Covid-19* yang diteliti yaitu Normal, *Covid-19 & Pneumonia*.
3. Arsitektur yang digunakan yaitu *Xception*, *Inception V3*, dan *MobileNet*.
4. Aplikasi *mobile* yang digunakan berupa *android*.

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Menganalisis perbandingan kinerja model yang dihasilkan dari kinerja model arsitektur *Xception*, *Inception V3*, dan *MobileNet* untuk klasifikasi *Chest X-ray Covid-19*.
2. Merancang aplikasi *mobile* untuk klasifikasi *Chest X-ray Covid-19*.
3. Mendeploy model yang telah dibuat menggunakan arsitektur terbaik ke dalam aplikasi *mobile* berbasis *Android*.

1.5 Manfaat Penelitian

Penelitian ini dapat menghasilkan model *Machine Learning* yang nantinya dapat digunakan untuk klasifikasi *Chest X-ray Covid-19*, serta memberikan informasi tentang implementasi model arsitektur *Xception*, *Inception V3*, dan *MobileNet*. Serta menyediakan aplikasi *mobile* berbasis *android* yang dapat mengenali citra pada penyakit *Covid-19*.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Terkait

Penelitian ini merujuk pada beberapa penelitian yang telah dilakukan sebelumnya. Berikut ini merupakan penelitian terkait:

1. Penelitian yang dilakukan oleh Mawaddah pada tahun 2021 dengan judul “*Deteksi Penyakit Covid-19 Pada Citra X-ray Dengan Pendekatan Convolution Neural Network (CNN)*” pada Penelitian ini menganalisis tingkat efisiensi dan presentase keakurasian dengan metode *Convolutional Neural Network (CNN)* dalam mengklasifikasi citra *X-ray Positive dan Negative Covid-19* yang dihasilkan oleh *Computed Tomography (CT)*. Pada pengujian tersebut dilakukan pra-pemrosesan yang dilakukan sebelum pengujian, dataset dikelompokkan kedalam folder Normal dan Covid kemudian digabungkan menjadi satu dataset dengan membagi kedalam pelatihan 352 gambar, menguji 110 gambar dan memvalidasi 88 gambar. Berdasarkan hasil pengujian yang dihasilkan *ResNet50V2* model memiliki tingkat akurasi yang lebih baik dibandingkan model lain dengan tingkat akurasi 95% presisi 96%, *Recall* 97%, *F1-Score* 96% sehingga dapat digunakan sebagai identifikasi awal untuk klasifikasi pasien terinfeksi Covid atau Normal (Mawaddah dkk., 2021).
2. Penelitian yang dilakukan oleh Buyut Khoirul pada tahun 2021 dengan judul “*Penerapan Transfer Learning Pada Convolutional Neural Networks Dalam Deteksi Covid-19*” pada penelitian ini menggunakan data gambar *X-ray* pada paru-paru dan data tersebut digunakan proses deteksi menggunakan algoritma *Convolutional Neural Networks (CNN)*. Penelitian ini menggunakan metode transfer learning yang akan diuji dalam dataset skala besar dan kecil. Hasil terbaik dari semua model yang dicoba yaitu *MobileNet* dengan hasil akurasi 98.11% yang diuji pada dataset skala besar dan paling rendah didapatkan oleh *ResNet50*

yang diuji pada dataset skala kecil dengan akurasi 41.94% (Buyut & Visq, 2021).

3. Alexander Eric melakukan penelitian pada tahun 2021 dengan judul *“Implementasi Transfer Learning Pada Convolutional Neural Network Untuk Diagnosis Covid-19 dan Pneumonia Pada Citra X-ray”* pada penelitian ini melakukan diagnosis pada citra *X-ray* menggunakan model *deep Learning* dengan membandingkan performa model *Xception* menggunakan *Transfer Learning* dengan performa model *Xception* tanpa *Transfer Learning*. Terdapat 2 eksperimen menggunakan model *Resnet50* dan *VGG16* tanpa *Transfer Learning*. Model *Xception* menggunakan *Transfer Learning* memiliki performa lebih baik daripada model *Xception* tanpa *Transfer Learning*. Keempat eksperimen model *Xception* tanpa *Transfer Learning* dan kedua eksperimen dengan model *Resnet* serta *VGG16* memiliki akurasi diatas 85%.
4. Muhammad Ridho melakukan penelitian pada tahun 2020 dengan judul *“Deteksi Coronavirus Disease Pada X-ray dan CT-scan Paru Menggunakan Convolutional Neural Network”*. Pada penelitian ini *Covid-19* dapat dideteksi di paru-paru melalui pengolahan citra digital rontgen dada menggunakan algoritma *Convolutional Neural Network* (CNN). CNN merupakan metode *Deep Learning* yang berfungsi untuk mengidentifikasi citra digital. Dalam penelitian ini, tiga skenario yang berbeda digunakan. Skenario ini bertujuan untuk mencari model terbaik dengan menggunakan *hyperparameter tuning*. Hasil analisis ROC dan confusion matrix menunjukkan bahwa pada skenario I, II dan III mendapatkan akurasi 94%, 95% dan 93% (Muhammad dkk., 2020).
5. Muhammad Syaifulloh melakukan penelitian pada tahun 2021 dengan judul *“Deteksi Penyakit Pneumonia dan Covid-19 Menggunakan Citra X-ray Dengan Metode Convolutional Neural Network (CNN) Model GoogleNet”*. Pada penelitian ini penyakit *Pneumonia* dan *Covid-19* memiliki gejala yang hampir sama, oleh karena itu perlu dilakukan deteksi dini guna membedakan *Pneumonia* dan *Covid-19*. Citra *X-ray*

dapat digunakan untuk deteksi *Pneumonia* dan *Covid-19*. Deteksi secara manual memungkinkan terjadinya kesalahan, sehingga perhitungan komputasi diperlukan untuk meminimalisir kesalahan. Salah satu metode komputasi yang digunakan yaitu *Convolutional Neural Network* (CNN). Penelitian yang digunakan dengan beberapa ujicoba untuk menghasilkan sistem paling optimal. Hasil yang didapat menggunakan model CNN *GoogleNet* dengan nilai akurasi 97.22%, sensitivitas 96.71% dan spesifisitas 98.63% (Fattah., 2021).

6. Eka melakukan penelitian pada tahun 2021 dengan judul “*Perbandingan Arsitektur Convolutional Neural Network (CNN) dalam Mengidentifikasi Pneumonia Berdasarkan Citra X-ray Paru-paru*” pada penelitian ini melakukan pembuatan sistem klasifikasi *Pneumonia* dengan arsitektur CNN dan melakukan beberapa ujicoba menggunakan beberapa arsitektur yang berbeda yaitu *Inception-v4*, *ResNet-18*, *ResNet-34*, *ResNet-50*, *ResNet-v2*. Kemudian diperoleh akurasi tertinggi yang didapat oleh arsitektur *ResNet-50* yaitu 91,00%, dengan nilai *precision*, *recall*, *F1-score* untuk kelas *Pneumonia* yaitu masing-masing 93,30%, 92,30%, 92,80%. Serta nilai AUC 96,80% yang termasuk dalam kategori *excellent classification*.
7. Siti melakukan penelitian pada tahun 2021 dengan judul “*Perbandingan Kinerja Arsitektur Inception-V4 dan ResNet-50 Dalam mengklasifikasikan Citra Paru-paru Terinfeksi Covid-19*”. Berdasarkan penelitian tersebut telah melakukan pelatihan dan pengujian data pada ribuan citra *x-ray* paru-paru normal dan terinfeksi *Covid-19* dengan arsitektur *Inception-V4* dan *Resnet-50*. Kemudian diperoleh akurasi tertinggi yang dapat oleh arsitektur *Inception-V4* yaitu 98,16% dengan nilai *precision*, *recall*, *F1-score* dari model ini juga memiliki nilai tertinggi berturut-turut yaitu 98%, 97%, dan 99%.

2.2 Paru-paru

Paru-paru adalah organ tubuh pada anatomi manusia yang mempunyai fungsi sebagai sistem pernapasan sebagai tempat pertukarnya oksigen dengan

karbondioksida di dalam darah paru-paru menghirup oksigen dari udara melalui mulut dan hidung. Kemudian masuk ke dalam trakea sebelum sampai paru-paru. Oksigen kemudian masuk kedalam bronkus lalu masuk pada bagian bronkiolus dilanjutkan sampai pada bagian *alveolus* (Soesilo, 2010).

Penyakit paru-paru merupakan penyakit yang dampak serius terhadap sistem pernapasan pada manusia yang dapat berakibat fatal apabila tidak segera ditangani dengan serius. Gangguan paru-paru ini menyebabkan penderita sulit bernafas, sulit beraktivitas, kekurangan oksigen bahkan apabila tidak cepat terdeteksi dapat menyebabkan kematian. Penyakit yang dapat menyerang paru-paru seperti *Pneumonia* dan Corona Virus.

2.2.1 *Pneumonia*

Pneumonia merupakan infeksi di ujung bronkiol dan alveoli yang dapat disebabkan oleh berbagai patogen seperti bakteri, jamur, virus dan parasit. *Pneumonia* merupakan penyakit infeksi saluran pernapasan yang sering menyebabkan kematian pada manusia. Penderita *Pneumonia* pada umumnya akan mengalami batuk, kesulitan bernapasan, demam dan diare. *Pneumonia* terjadi ketika parasit (patogen) menumbangkan atau melemahkan sistem kekebalan tubuh, sehingga menyebabkan inflamasi atau peradangan. Sebagian besar *Pneumonia* terjadi disebabkan udara yang mengandung bakteri dan virus terhirup oleh manusia.

Gejala *Pneumonia* bakterial bisa berkembang secara bertahap atau tiba-tiba. Demam bisa naik setinggi 105 derajat F yang berbahaya dengan banyak keringat dan peningkatan pernapasan dan denyut nadi dengan cepat. Gejala lain seperti kuku berwarna kebiruan dan kondisi mental terganggu seperti bingung atau mengigau juga menjadi gejala umum pasien penderita *Pneumonia* gejala walnya hampir sama dengan gejala influenza seperti demam, flu batuk kering, sakit kepala, nyeri otot, dan lemas (Kemenkes RI, 2013).

Faktor-faktor yang mempengaruhi penyebaran infeksi saluran nafas antara lain faktor, lingkungan, perilaku masyarakat yang kurang baik terhadap kesehatan diri maupun publik. Faktor lingkungan sangat mempengaruhi penyebaran penyakit terutama pencemaran air dan udara. Perilaku masyarakat yang kurang baik tercermin dari belum terbiasa cuci tangan, membuang sampah dan meludah di

sembarang tempat kesadaran untuk mengisolasi diri dengan cara menutup mulut dan hidung pada saat mengalami flu supaya tidak menular (Nugroho, 2011). Gejala *Pneumonia* ditandai dengan batuk berdahak, demam, menggigil, sesak napas, nyeri dada ketika bernapas atau batuk, mual dan muntah, nafsu makan menghilang, serta tubuh yang mudah lelah.

2.2.2 Corona Virus

Kasus *Covid-19* di Indonesia sangat mengemparkan masyarakat dan menimbulkan ketakutan dari berbagai kalangan. *Covid-19* merupakan penyakit yang disebabkan oleh virus *SARS Cov-2* dengan gejala umum gangguan saluran pernapasan akut ringan maupun berat yang meliputi demam, batuk, sesak napas, kelelahan, pilek, nyeri tenggorokan dan diare (Marni, 2020). *Covid-19* dapat menyebar dengan mudah di antara orang-orang, dan lebih banyak terdapat ditemukan dari waktu ke waktu tentang bagaimana penyebarannya. Data telah menunjukkan bahwa virus dapat menyebar dari individu ke individu lain yang berada dalam kontak dekat dalam jarak sekitar 1-2 meter.

Virus menyebar melalui droplet (cairan air liur) ketika seseorang batuk, bersin atau berbicara. Droplet ini bisa dihirup atau mendarat di mulut atau hidung orang terdekat. Virus ini juga dapat menyebar melalui permukaan benda atau yang lain terdapat virus *Covid-19* di atasnya dan kemudian menyentuh mulut, hidung atau matanya. Meskipun hal ini bukan penyebab utama penyebaran *Covid-19*. Gejala *Covid-19* ditandai dengan demam, batuk, sesak napas atau kesulitan bernapas, perubahan pada indra penciuman dan perasa seperti tidak dapat merasakan atau mencium bau apapun atau bau rasa berbeda dari biasanya.

2.3 Citra X-ray

X-ray merupakan suatu bentuk radiasi berbentuk elektromagnetik. *X-ray* mampu menembus berbagai objek termasuk tubuh manusia. Mesin *X-ray* memancarkan radiasi kecil yang dapat merekam citra digital pada plat khusus atau film. Organ tubuh yang dilewati sinar *X-ray* akan menerima radiasi dengan dosis yang berbeda.

Organ tubuh yang padat akan menerima dosis lebih besar dibandingkan organ lain yang lebih lunak. Sebagai hasilnya, organ yang padat akan berwarna

putih pada *X-ray*, organ yang lunak berwarna abu-abu dan udara yang berwarna hitam. Pada *X-ray thorax*, tulang atau jaringan organ selain paru-paru akan menerima radiasi yang besar sehingga terlihat abu-abu atau putih atau terang pada citra sedangkan paru-paru yang sebagian besar berisi udara akan menerima radiasi lebih kecil sehingga lebih gelap pada citra (Hariani dkk, 2020).

Citra *X-ray* medis menghasilkan gambar jaringan dan struktur di dalam tubuh, Jika sinar x yang merambat melalui tubuh juga melewati detektor sinar x di sisi lain pasien, akan terbentuk gambar yang mewakili bayangan yang dibentuk oleh benda-benda di dalam tubuh. Citra *x-ray* yang dihasilkan dari proses yang disebut radiograf. Citra *x-ray* dianggap mampu menggambarkan kondisi paru-paru dan menjadi salah satu alat diagnosis pada pasien *Pneumonia* ataupun *Covid-19* (Chandra dan Verma, 2020). Hasil citra *x-ray* paru-paru dapat dilihat pada gambar 2.1.



Gambar 2.1 Citra X-ray paru-paru Normal, *Pneumonia*, dan *Covid-19* (Patel, 2020)

(Sumber gambar : Prashant, 2020 Dataset *X-ray Covid-19*)

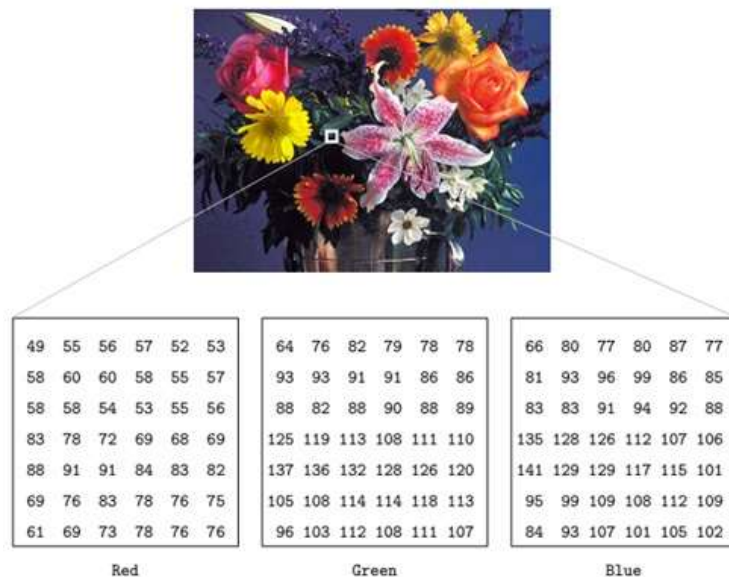
2.4 Citra Digital

Citra adalah suatu media yang berisi informasi visual sebagai representasi dari suatu objek. Citra terbagi menjadi citra analog dan citra digital. Citra analog merupakan citra yang bersifat kontinu, memiliki nilai intensitas cahaya antara 0 sampai tak terhingga seperti pada TV analog, kamera analog, dan mata manusia (Sutoyo, 2017).

Citra digital merupakan citra yang berbentuk sinyal diskrit atau berhingga dengan nilai intensitas cahaya bergantung pada bit yang menyusunnya (Gonzales,

2008). Alat yang dapat digunakan untuk memproses citra digital antara lain yaitu komputer, kamera digital, smartphone, webcam. Adapun penggunaan citra digital di bidang kedokteran meliputi CT scan, *X-ray*, MRI, dan lain-lain.

Citra digital terdiri dari kumpulan matriks dua dimensi yang terdiri dari M kolom dan N baris, perpotongan antara baris dan kolom disebut dengan piksel. Pada piksel terdapat dua parameter intensitas atau warna dan kordinat. Nilai pada kordinat (x, y) adalah $f(x, y)$ yang merupakan bilangan bulat. Nilai f menunjukkan tingkat intensitas atau kecerahan suatu citra (Putra, 2010).



Gambar 2.2 Citra Digital RGB

(Sumber gambar : Danny, 2013 wordpress.com)

Pada gambar 2.2 merupakan citra digital (diskrit) dihasilkan dari gambar analog (kontinu) melalui digitalisasi. Digitalisasi gambar analog meliputi sampling dan kuantitas. Sampling adalah membagi suatu citra menjadi elemen-elemen diskrit (piksel), sedangkan kuantisasi adalah menetapkan nilai intensitas warna pada setiap piksel dalam bentuk integer.

Piksel adalah elemen terkecil dari resolusi layar komputer, Jenis format citra digital yang umum digunakan dalam pengolahan citra digital antara lain .bmp, .jpeg, .png dan .jpg (Alan dan Kusumanto, 2011). Pengolahan citra digital pada

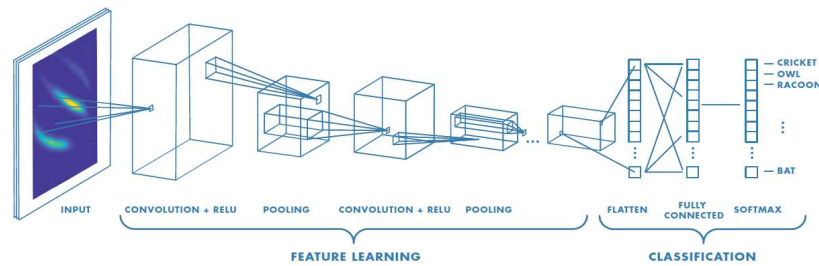
sistem komputer biasa disebut *image processing*. Pengolahan citra digital dilakukan menggunakan nilai numerik dari piksel atau titik dari citra tersebut, tujuannya untuk memperbaiki kualitas tampilan dan mendapatkan informasi ciri dari citra (Rika, 2013).

2.5 Convolutional Neural Network

Convolutional Neural Network (CNN) merupakan salah satu arsitektur jaringan saraf (*neural network*) yang secara spesifik ditujukan untuk klasifikasi citra. CNN dapat dikatakan sebagai inovasi baru dalam mengklasifikasikan citra. Karena merupakan bagian jaringan saraf, CNN dikembangkan berdasarkan inspirasi dari jaringan otak manusia yang dirancang untuk mengelola data dalam bentuk grid, salah satunya adalah citra dua dimensi.

CNN digunakan untuk mengklasifikasikan data yang terlabel dengan menggunakan metode *Supervised Learning*, yang mana di dalam *Supervised Learning* terdapat data yang dilatih dan variable yang ditargetkan sehingga tujuan dari metode ini adalah mengelompokkan suatu data ke data yang sudah ada. CNN telah menunjukkan kinerja yang baik dalam klasifikasi data gambar. Pengenalan pola citra sesuai konsep *computer vision* tentunya memerlukan tahap ekstraksi fitur pola. Ekstraksi fitur pola ini bertujuan memperoleh fitur-fitur yang dapat merepresentasikan pola citra yang harus dikenali. Tahap ekstraksi fitur pola ini tentu memerlukan pengetahuan mendasar terhadap pola yang harus dikenali.

Ekstraksi fitur citra medis diperlukan bantuan tenaga medis untuk membantu mempelajari pola citra medis tersebut. Tentu saja proses ini menjadi tantangan jika tidak tersedia tenaga medis yang dapat dijadikan sebagai pakar untuk membantu. Selain itu, terkadang fitur yang dianggap penting pada citra dengan label tertentu belum tentu dianggap penting juga pada citra dengan label lain, sehingga kondisi ini menyebabkan proses ekstraksi fitur pola merupakan tahapan yang relatif menantang untuk dilakukan.



Gambar 2.3 Arsitektur *Convolutional Neural Network*

(Sumber gambar : Samuel, 2017 medium.com)

Pada gambar 2.3 terlihat secara garis besar terdapat dua proses pada CNN. Proses pertama adalah *Feature Learning* yang meliputi *convolution* dan *pooling*. Kemudian proses kedua yaitu *Classification* yang meliputi *flatten*, dan *fully connected layer*.

2.5.1 Convolutional Layer

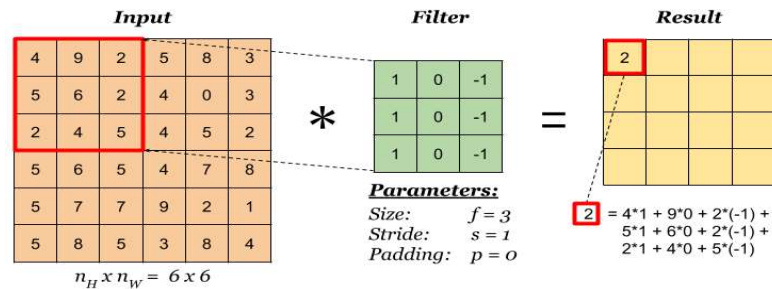
Convolutial Layer merupakan proses pertama pada tahap *Feature Leaning*, operasi konvolusi didefinikan sebagai operasi dua fungsi. Pada tahap ini akan dilakukan operasi konvolusi antara fungsi dari nilai piksel matriks input dan fungsi kedua ialah matriks filter atau karnel. Output (hasil) dari proses konvolusi pada CNN disebut *feature map* (Rahman dkk, 2020).

Convolutial layer juga bagian terpenting dalam membentuk kedalaman suatu *feature map*. Kedalaman (depth) suatu citra didefinisikan dengan banyaknya channel citra tersebut. Sebagai contoh, jika citra berukuran $227 \times 227 \times 3$, angka 3 menunjukkan jumlah layer citra atau bisa dikatakan kedalaman citra. data inputan akan dikonvolusi dengan matriks K (kernel) atau filter untuk membuat data inputan lebih dalam lagi (Rahman dkk, 2020).

Stride akan mempengaruhi detail informasi yang diperoleh. Semakin kecil stride yang digunakan, informasi yang didapat akan semakin detail dibandingkan dengan stride yang lebih besar, namun membutuhkan proses komputasi lebih tinggi (Syaifuddin dkk, 2019). Penjelasan mengenai filter *stride* dan *padding* adalah sebagai berikut:

1. Filter

Filter adalah matriks yang telah dipotong-potong menjadi ukuran yang lebih kecil, dimana semua filter memiliki ukuran $n \times n$ piksel. Ukuran filter dan jumlah sesuai yang ditentukan. Pada filter juga terdapat operasi titik, yaitu perkalian antara matriks input dengan matriks K filter tersebut sehingga menghasilkan output berupa peta aktivasi atau peta fitur. Proses tersebut dimulai dari bagian pojok kiri atas citra.



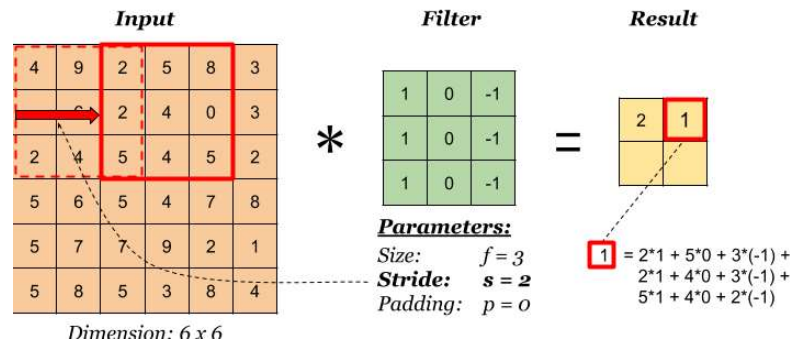
Gambar 2.4 Perhitungan Filter

(Sumber gambar : Benny, 2018 indoml.com)

Pada gambar 2.4 merupakan perhirungan filter, Hasil setiap matriks elemen akan dijumlahkan untuk menghasilkan satu elemen baru. Setelah itu matriks K filter akan digeser ke arah kanan nomor langkah yang ditentukan (Rahman dkk., 2020).

2. Stride

Stride merupakan pergeseran filter. Stride merupakan parameter yang menentukan jumlah pergeseran filter. Jika nilai stride adalah 1, maka filter bergeser 1 piksel secara horizontal ke kanan sampai tepi citra, setelah itu bergeser 1 piksel secara vertikal ke bawah (Ker dkk, 2017). Berikut ilustrasi perhitungan Stride pada gambar 2.5



Gambar 2.5 perhitungan pergeseran Stride

(Sumber gambar: Benny, 2018 indoml.com)

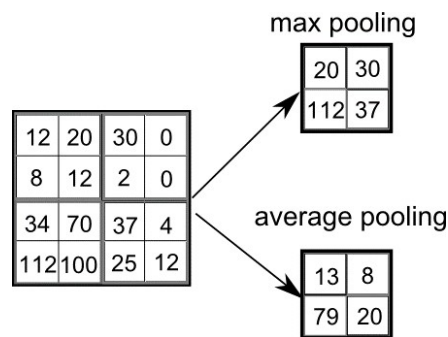
konvolusi pertama, sebagian matriks citra akan dikonvolusi dengan matriks K filter seluas 3×3 diawali dari bagian pojok kiri atas matriks citra. Setelah konvolusi selesai, filter akan digeser ke kanan stride(S) sebesar 1. Jumlah stride yang ditentukan harus sesuai dengan luas matriks citra. jika langkah tidak sesuai ,bisa menambahkan padding pada setiap sisi matriks, atau mengurangi jumlah langkah (Ker dkk, 2017).

2.5.2 Pooling

Tahap kedua pada proses *feature learning* yaitu *pooling layer* atau biasa disebut *down sampling* terletak di antara *convolutial layer* dan ReLU layer bertujuan mengurangi jumlah parameter dan mempercepat penghitungan, serta membuat beberapa fitur yang terdeteksi sedikit lebih kuat. *Pooling layer* pada dasarnya terdiri dari hasil *convolutial layer* yang dibagi dalam beberapa grid berdasarkan jumlah langkah dan metode pooling yang digunakan. terdapat dua metode pooling yang biasa digunakan yaitu *max pooling* dan *average* atau *mean pooling*. Penggabungan maksimal mengambil nilai maksimal dari setiap grid. Sedangkan *average pooling* menggunakan nilai rata-rata dari setiap grid (Domoulin, 2018).

Ada berbagai jenis teknik yang digunakan pada *pooling layers* seperti *max pooling*, *min pooling*, *average pooling*, *gated pooling*, *tree pooling*, dan lain-lain. *Max pooling* adalah teknik penyatuan yang paling populer dan paling banyak digunakan. *Max pooling* bekerja dengan mempartisikan citra ke sub-wilayah

persegi, dan hanya mengembalikan nilai maksimum dari di dalam sub-wilayah. Salah satu ukuran filter paling umum yang digunakan dalam *max-pooling* adalah matriks 2×2 (Gosh dkk, 2020). Terdapat dua operasi pooling seperti pada gambar 2.6 pada proses pooling nantinya hasil dari proses konvolusi akan terbentuk sebuah matriks 2×2 . Nantinya tiap matriks tersebut akan diubah menjadi satu elemen matriks.

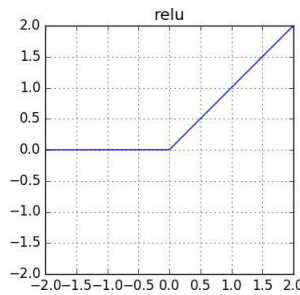


Gambar 2.6 Ilustrasi *Pooling Layer*

(Sumber gambar : Amin, 2019 skillplus.web.id)

2.5.3 Fungsi Aktivasi

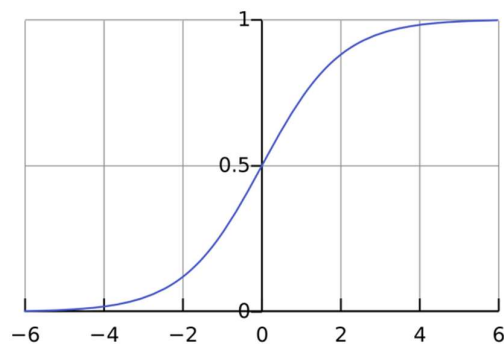
Rectified Linear Unit (ReLU) adalah fungsi aktivasi yang memiliki perhitungan sederhana. Proses forward dan backward melalui ReLU hanya menggunakan kondisi if, jika elemen bernilai negatif maka nilainya disetel menjadi 0, tidak ada operasi eksponensial, perkalian atau pembagian. Dengan karakteristik seperti itu, kelebihan ReLU akan muncul saat berhadapan dengan jaringan yang memiliki neuron yang banyak sehingga dapat mengurangi waktu pelatihan dan pengujian dengan signifikan. Pada gambar 2.7 merupakan proses fungsi aktivasi ReLU yang mengubah nilai negatif menjadi 0 dan nilai positif menjadi nilai itu sendiri.



Gambar 2.7 Fungsi aktivasi ReLU

(Sumber gambar :Nikola, 2020 medium.com)

Aktivasi ReLU mempercepat waktu komputasi karena sangat sederhana. Jika nilai input negatif, maka *outputnya* adalah 0. Jika positif maka *outputnya* adalah nilainya sendiri. Fungsi aktivasi ReLU digunakan pada proses ekstraksi fitur,tetapi pada proses klasifikasi fungsi aktivasi yang digunakan adalah *softmax*. Fungsi aktivasi *softmax* berada pada *layer output* yang bertujuan untuk klasifikasi. Biasanya fungsi aktivasi *softmax* digunakan pada multikelas.



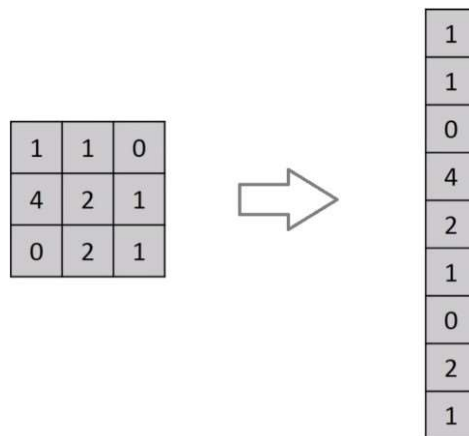
Gambar 2.8 Fungsi aktivasi *softmax*

(Sumber gambar : Nikola, 2020 medium.com)

Seperti pada gambar 2.7 dan 2.8 perbedaan fungsi aktivasi softmax dan relu yaitu pada output yang dihasilkan. Pada fungsi aktivasi relu output yang dihasilkan adalah 0 sampai ∞ . Sedangkan fungsi aktivasi softmax output yang dihasilkan adalah 0 sampai 1.

2.5.4 Flatten

Flatten layer merupakan sebuah metode untuk mengubah hasil dari *pooling layer*. *Flatten* mengubah multi-dimensi menjadi satu dimensi, yang *outputnya* akan digunakan oleh *Fully connected layer*. Pada gambar 2.9 merupakan matriks ukuran 3x3 diubah menjadi sebuah vektor ukuran 9.

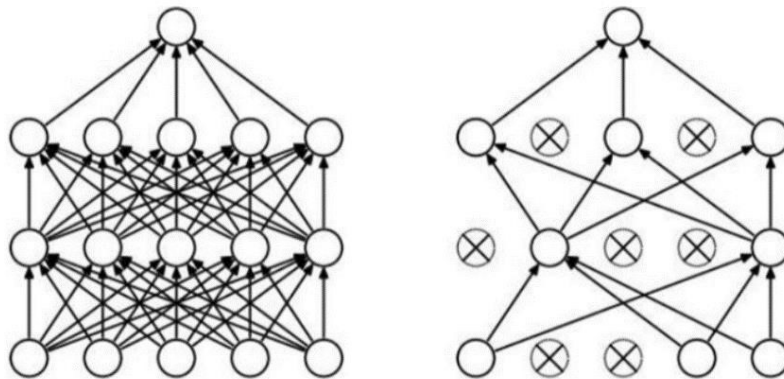


Gambar 2.9 Ilustrasi *Flatten layer*

(Sumber gambar : Amin, 2019 skillplus.web.id)

2.5.5 Dropout

Sebelum membuat prediksi, untuk mencegah terjadinya *overfitting* maka dilakukan dropout untuk membuang neuron yang tidak digunakan secara acak. *Overfitting* merupakan sebuah kondisi ketika data yang telah melalui tahap pelatihan mencapai akurasi yang baik namun tidak sesuai dengan hasil prediksi. *Dropout* adalah salah satu pendekatan yang paling banyak digunakan untuk regularisasi, metode ini secara acak melakukan drop *neuron* pada jaringan selama proses *training*, dengan melakukan drop pada beberapa *neuron*, kemampuan dari *feature selection* (seleksi fitur) dapat didistribusikan ke semua *neuron* secara merata dan secara langsung memaksa model untuk mempelajari beberapa fitur independen. Pada Gambar 2.10 ditunjukkan gambaran cara kerja *dropout* pada arsitektur CNN saat proses *training* berlangsung (Gosh dkk, 2020). *Dropout* merupakan salah satu usaha untuk mencegah terjadinya *overfitting* dan juga mempercepat proses *learning* (Santoso dan Ariyanto, 2018).

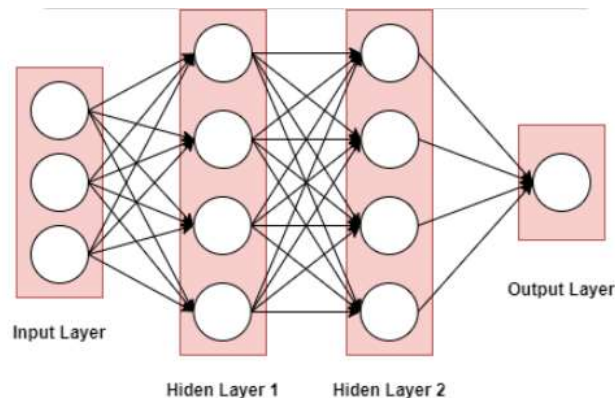


Gambar 2. 10 Sebelum *Dropout* dan Setelah *Dropout*

(Sumber gambar : Amar, 2018 kdnuggets.com)

2.5.6 *Fully Connected Layer*

Hasil *feature map* dari proses pooling akan dimasukkan ke dalam *fully connected layer* yaitu mengubah bentuk multidimensional array menjadi vektor tunggal. Namun sebelum masuk ke *fully connected layer*, *feature map* tersebut akan melalui proses *flatten* atau *reshape*. Proses flatten inilah yang akan mengubah bentuk multidimensional array menjadi vektor tunggal yang akan menjadi input dari *fully connected layer*. Pada *fully connected layer* ini terdapat beberapa *hidden layer*, *activation function*, *output layer*, dan *loss function*.



Gambar 2.11 Proses *fully connected layer*

(Sumber gambar : Fikis, 2020 kotakode.com)

Pada gambar 2.11 *fully connected layer* terdapat tiga bagian. Pertama *input layer* yang merupakan *output* dari *flatten layer*. Lalu ada bagian kedua yang

merupakan *layer* seperti *dense layer*, *dropout layer*, dan lainnya. Terakhir ada *output layer* yang merupakan *layer* untuk menentukan sebuah kelas.

2.6 Transfer Learning

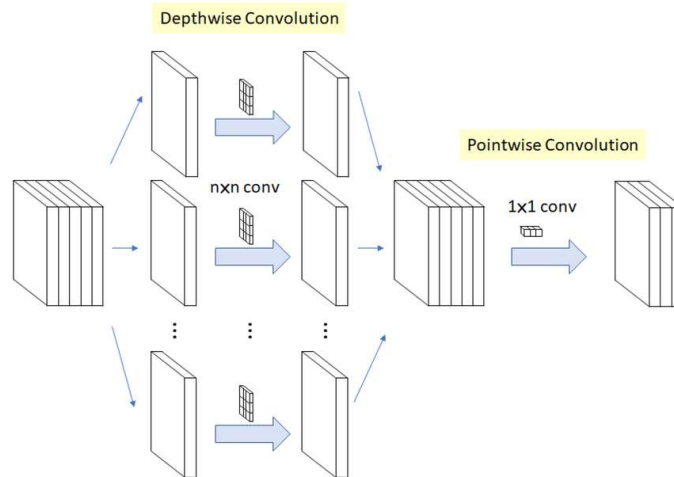
Transfer learning adalah metode jaringan yang sudah digunakan sebelumnya menggunakan pengurangan jumlah parameter dengan cara mengambil beberapa dari model yang sudah digunakan untuk digunakan dalam mengenali model baru (Abas dkk, 2018). Berdasarkan fakta bahwa manusia dapat menerapkan pengetahuan yang dipelajari sebelumnya untuk memecahkan masalah baru dengan lebih cepat dan dengan solusi yang lebih baik. Jaringan saraf sangat bergantung pada jumlah data untuk mencapai kinerja yang tinggi. Berikut adalah alasan mengapa pembelajaran transfer digunakan :

1. Data bermasalah, pembelajaran mendalam membutuhkan banyak data untuk mendapatkan hasil yang baik. butuh banyak waktu untuk mendapatkan data berlabel jika dilakukan oleh manusia dalam mengambil gambar dan memberi label satu-per-satu.
2. Masalah komputasi, bahkan jika sudah memiliki puluhan ribu data untuk menyelesaikan masalah yang dimiliki, komputasi untuk melatih jaringan saraf dalam menggunakan puluhan ribu gambar tersebut akan sangat mahal membutuhkan waktu berhari-hari menggunakan GPU dan perlu dilakukan berulang kali untuk mendapatkan hasil yang memuaskan.

2.7 Xception

Xception merupakan arsitektur yang melibatkan *Depthwise Separable Convolutions*. *Xception* sebagai interpretasi modul *inception* yang bertujuan sebagai langkah perantara di antara konvolusi reguler dan operasi konvolusi. Arsitektur *Xception* memiliki 71 layer, yang menerima input dengan ukuran 299x299. *Xception* memiliki dua tingkat yang berbeda, masing-masing dengan tiga lapisan konvolusi. Berbeda dengan model *inception*, model *Xception* memiliki dua level, dimana salah satunya memiliki satu layer. Lapisan ini mengiris output

menjadi tiga segmen dan meneruskannya ke kumpulan filter berikutnya (Srinivasan dkk., 2021).



Gambar 2.12 Contoh Arsitektur *Xception*

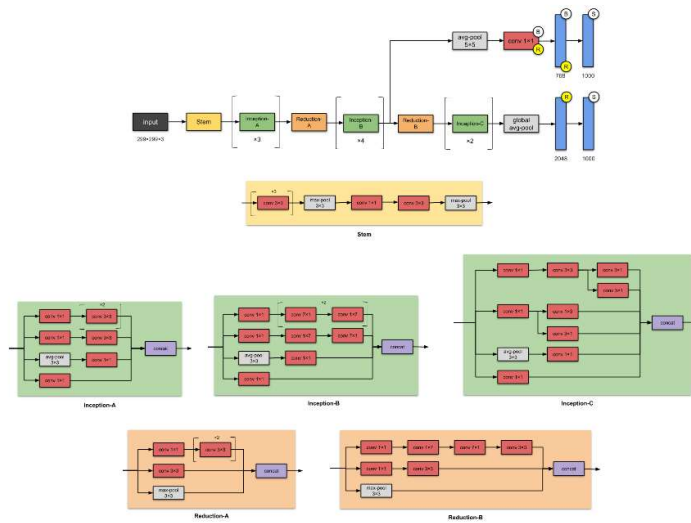
(Sumber gambar : Ghani dkk, 2021 prosiding.konik.id)

Original Depthwise convolution adalah konvolusi kedalaman yang diikuti oleh konvolusi *pointwise*.

1. *Depthwise convolution* adalah konvolusi spasial $n \times n$ saluran bijaksana. Misal pada gambar 2.12 memiliki 5 saluran, maka akan memiliki konvolusi spasial $5 \times n$.
2. *Pointwise convolution* adalah lilitan 1×1 untuk mengubah dimensi. Dibandingkan dengan konvolusi konvensional, maka tidak perlu melakukan konvolusi di semua saluran. Artinya jumlah koneksinya lebih sedikit dan modelnya lebih ringan.

2.8 Inception V3

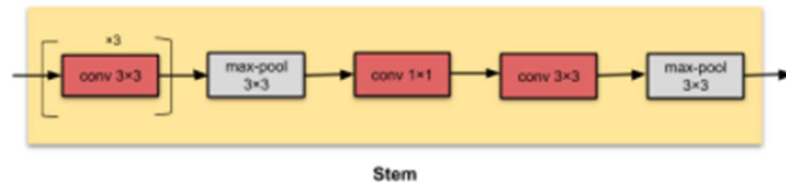
InceptionV3 merupakan pengembangan dari *InceptionV2*. *InceptionV3* dibuat pada tahun 2015 dengan jumlah 42 layer. *InceptionV3* memiliki tingkat error yang lebih rendah dibandingkan *InceptionV2*. Arsitektur *InceptionV3* menerima input dengan ukuran 299×299 . Arsitektur ini melakukan beberapa perbaikan seperti penggunaan label smoothing, konvolusi 7×7 , dan classifier tambahan.



Gambar 2.13 Arsitektur *Inception V3*

(Sumber gambar : Raimi, 2019 towardsdatascience.com)

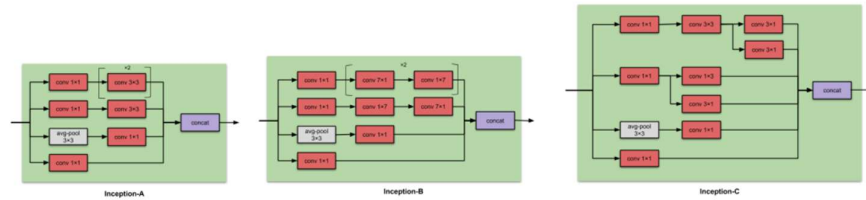
Pada gambar 2.13 arsitektur *InceptionV3* terbagi dalam beberapa blok, ada stem blok, *inception* blok, dan *reduction* blok. *Stem* blok merupakan set awal untuk memperkenalkan blok *inception*. Berikut gambar 2.14 stem blok pada *InceptionV3*.



Gambar 2.14 Steam blok

(Sumber gambar : Raimi, 2019 towardsdatascience.com)

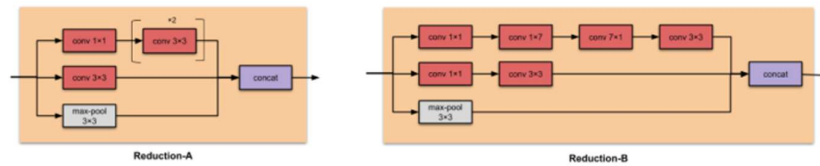
Selain proses *stem* blok, selanjutnya ada *inception* blok. Pada *InceptionV3* terdapa tiga modul utama *inception* blok yaitu modul A, modul B, dan modul C. Berikut gambar 2.15 modul A, B, dan C pada *InceptionV3*.



Gambar 2.15 Modul A, B, dan C

(Sumber gambar : Raimi, 2019 towardsdatascience.com)

Kemudian ada *reduction* blok yang dirancang untuk mengubah dimensi input. Terdapat dua *reduction* blok yaitu *reduction A* dan *reduction B*. Pada gambar 2.16 merupakan proses *reduction* blok pada *InceptionV3*.

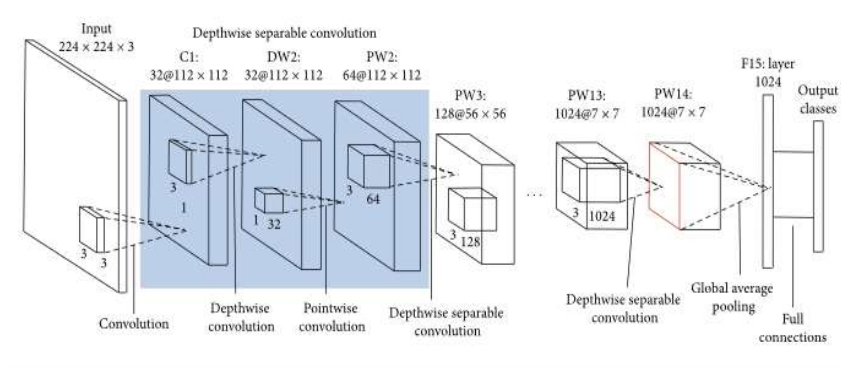


Gambar 2.16 *Reduction* blok

(Sumber gambar : Raimi, 2019 towardsdatascience.com)

2.9 *MobileNet*

MobileNet merupakan salah satu arsitektur *Convolutional Neural Network* (CNN) yang dapat digunakan untuk mengatasi kebutuhan akan computing data dalam jumlah yang besar. Perbedaan mendasar antara arsitektur *MobileNet* dan arsitektur CNN pada umumnya adalah penggunaan lapisan atau layer konvolusi dengan ketebalan filter yang sesuai dengan ketebalan dari input image. *MobileNet* membagi konvolusi menjadi *depthwise convolution* dan *pointwise convolution*. Arsitektur *MobileNet* menerima input dengan ukuran 224×224 . Alur kerja arsitektur model *MobileNet* ditunjukkan pada gambar 2.17 dibawah ini.



Gambar 2.17 Arsitektur *MobileNet*

(Sumber gambar : medium.com)

2.10 Evaluasi Kinerja Model

Evaluasi kinerja model merupakan yang terpenting dalam menentukan suatu model bagus atau tidak. Pada kasus klasifikasi, evaluasi kinerja yang digunakan berupa *Confusion matrix*, *precision*, *recall*, *accuracy* dan *F1-score*. Terdapat beberapa pengukuran kinerja model yang digunakan dalam penelitian ini.

2.10.1 Confusion Matrix

Confusion matrix adalah suatu metode yang biasanya digunakan untuk melakukan perhitungan akurasi pada konsep data mining atau Sistem Pendukung Keputusan. Pada tabel 2.1 pengukuran kinerja menggunakan *confusion matrix*, terdapat 4 istilah sebagai representasi hasil proses klasifikasi diantaranya *True Positive* (TP), *True Negative* (TN), *False Positive* (FP), dan *False Negative* (FN).

1. *True Negative* (TN) merupakan jumlah data negatif yang terdeteksi dengan benar.
2. *False Positive* (FP) merupakan data negatif namun terdeteksi sebagai data positif.
3. *True Positive* (TP) merupakan data positif yang terdeteksi benar.
4. *False Negative* (FN) merupakan kebalikan dari *True Positive*, data positif namun terdeteksi sebagai data negatif

Tabel 2.1 *Confusion matrix*

		True Values	
		True	False
Prediction	True	TP Correct result	FP Unexpected result
	False	FN Missing result	TN Correct absence of result

2.10.2 Presisi

Presisi merupakan rasio prediksi benar positif (*True Positive*) dibandingkan dengan keseluruhan hasil yang diprediksi positif. Rumus dari presisi dinyatakan pada Persamaan (2.2).

$$precision = \frac{TP}{(TP + FP)} \quad (2.2)$$

2.10.3 Recall

Recall atau rasio *true positive* adalah ukuran untuk berapa banyak *true positive* yang diprediksi dari semua positif dalam kumpulan data. Kadang juga disebut kepekaan (*sensitivity*). Rumus recall dapat dituliskan seperti pada Persamaan (2.3).

$$recall = \frac{TP}{(FP + FN)} \quad (2.3)$$

2.10.4 Akurasi dan Validasi Akurasi

Akurasi digunakan untuk mengukur kinerja algoritma dengan cara yang dapat ditafsirkan. Akurasi suatu model biasanya ditentukan dalam bentuk persentase. Akurasi adalah ukuran seberapa akurat prediksi model dibandingkan dengan data sebenarnya dan Akurasi dihitung berdasarkan data train. Rumus untuk akurasi ditunjukkan pada Persamaan (2.4).

$$akurasi = \frac{(TP + TN)}{(TP + TN + FP + FN)} \quad (2.4)$$

Sedangkan validasi akurasi dihitung berdasarkan data validasi. Yang terbaik adalah mengandalkan validasi akurasi dari kinerja model, karena neural network yang baik pada akhirnya akan menyesuaikan data train pada 100%, tetapi akan berkinerja buruk pada data yang baru ditemuinya.

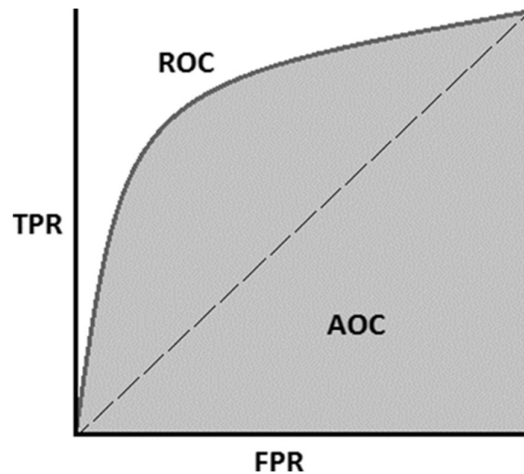
2.10.5 *F1-Score*

F1-Score atau Skor F1 adalah skor F yang paling umum digunakan. Ini adalah kombinasi presisi dan *recall*, yaitu rata-rata harmoniknya. F1-Score dapat dihitung melalui Persamaan (2.5).

$$F1 = 2 \cdot \frac{precision \cdot recall}{precision + recall} \quad (2.5)$$

2.10.6 Kurva ROC-AUC

Kurva AUC-ROC adalah pengukuran kinerja untuk masalah klasifikasi pada berbagai pengaturan ambang batas. *Receiver Operator Characteristic* (ROC) adalah kurva probabilitas dan *Area Under the Curve* (AUC) adalah ukuran yang digunakan sebagai ringkasan dari kurva ROC. Ini memperlihatkan seberapa besar model mampu membedakan antar kelas. Semakin tinggi AUC, semakin baik model dalam memprediksi 0 sebagai 0 dan 1 sebagai 1. Dengan analogi, semakin tinggi AUC, semakin baik model dalam membedakan antara pasien dengan penyakit dan tidak ada penyakit.



Gambar 2.18 Kurva AUC – ROC

(Sumber gambar : Sarang, 2018 towardsdatascience.com)

Pada gambar 2.18 Kurva ROC diplotkan dengan True Positive Rate(TPR) terhadap False Positive Rate(FPR) dimana TPR berada pada sumbu y dan FPR pada sumbu x .

2.11 Rancang Bangun Aplikasi *Mobile*

Mobile application adalah proses dimana pengembangan aplikasi untuk perangkat genggam seperti telepon genggam. Selama manufaktur aplikasi *mobile* sudah ada atau bisa di download oleh pemakai sesuai dengan platform perangkat lunaknya (Lee dkk, 2014). Perangkat lunak atau software aplikasi merupakan hasil dari pemrograman *mobile* yang dirancang menggunakan bahasa pemrograman tertentu.

2.11.1 *Android*

Android merupakan sebuah sistem operasi untuk perangkat *mobile*. Android menyediakan platform terbuka bagi para pengembang buat membangun aplikasi mereka. Android, Inc. ialah awal dikembangkanya Android, dengan dukungan finansial dari Google, yang kemudian membelinya di tahun 2005. Sistem operasi Android ini dirilis secara resmi di tahun 2007, bersamaan dengan didirikannya *Open Handset Alliance*, konsorsium berasal perusahaan-perusahaan perangkat keras, perangkat lunak, dan telekomunikasi yg bertujuan buat memajukan standar

terbuka perangkat seluler. Ponsel Android pertama mulai dijual di bulan Oktober 2008.

2.11.2 *TensorFlow Lite*

TensorFlow Lite adalah rangkaian alat yang melengkapi *TensorFlow*, mencapai dua tujuan utama. Yang pertama adalah membuat model *mobile-friendly*. Ini sering kali melibatkan pengurangan ukuran dan kerumitannya, dengan dampak sesedikit mungkin pada akurasi, untuk membuatnya bekerja lebih baik di lingkungan dengan baterai terbatas seperti perangkat seluler. Yang kedua adalah menyediakan runtime untuk platform seluler yang berbeda, termasuk *Android*, *iOS*, *Linux* seluler (misalnya, *Raspberry Pi*), dan berbagai mikrokontroler. Model tidak dapat dilatih dengan *TensorFlow Lite*. Alur kerjanya adalah melatih model terlebih dahulu menggunakan *TensorFlow* lalu mengonversinya ke format *TensorFlow Lite*, sebelum memuat dan menjalankannya menggunakan penerjemah *TensorFlow Lite*. (Moroney, 2021).

TensorFlow Lite dimulai sebagai versi seluler *TensorFlow* yang ditujukan untuk *developer Android* dan *iOS*, dengan tujuan menjadi *toolkit* ML yang efektif untuk kebutuhan mereka. Saat membangun dan menjalankan model di komputer atau layanan *cloud*, masalah seperti konsumsi baterai, ukuran layar, dan aspek lain dari pengembangan aplikasi seluler tidak menjadi perhatian, namun ketika perangkat seluler ditargetkan, beberapa kendala baru perlu ditangani.

1. Yang pertama adalah *framework mobile* aplikasi harus ringan.
2. *Framework* juga harus memiliki latensi yang rendah.
3. Dengan latensi yang rendah, *framework mobile* membutuhkan format model yang efisien.
4. Peningkatan privasi pengguna serta konsumsi daya

Secara umum *TensorFlow Lite* memiliki dua proses yaitu konverter akan mengambil model *TensorFlow* dan mengonversinya ke format *.tflite* (mengecilkan dan mengoptimalkannya) dan serangkaian *interpreter* untuk berbagai *runtime*.