

SKRIPSI

**SISTEM KEHADIRAN OTOMATIS MENGGUNAKAN *SILENT
FACE ANTI-SPOOFING* UNTUK MENDETEKSI *SPOOF* PADA
PENGENALAN WAJAH**

Disusun dan diajukan oleh:

**ADITYA TEGAR KARUNIA PUTRA TARRA
D041 20 1105**



**PROGRAM STUDI SARJANA TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS HASANUDDIN
GOWA
2024**

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

SISTEM KEHADIRAN OTOMATIS MENGGUNAKAN *SILENT FACE ANTI-SPOOFING* UNTUK MENDETEKSI *SPOOF* PADA PENGENALAN WAJAH

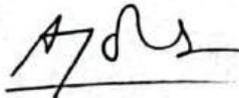
Disusun dan diajukan oleh

Aditya Tegar Karunia Putra Tarra
D041201105

Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka
Penyelesaian Studi Program Sarjana Program Studi Teknik Elektro
Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin
Pada tanggal 28 Agustus 2024
Dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

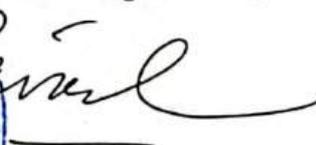
Menyetujui,

Pembimbing Utama,



Dr. A. Ejah Umraeni Salam, S.T., M.T.
NIP. 19720908 199702 2 001

Ketua Program Studi,



Prof. Dr. Ir. Iqbal A Samman, IPU, ACPE, APEC Eng.
NIP. 19750605 200212 1 004

PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan dibawah ini ;

Nama : Aditya Tegar Karunia Putra Tarra
NIM : D041201105
Program Studi : Teknik Elektro
Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulisan saya berjudul

SISTEM KEHADIRAN OTOMATIS MENGGUNAKAN *SILENT FACE ANTI-SPOOFING* UNTUK MENDETEKSI *SPOOF* PADA PENGENALAN WAJAH

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

Semua informasi yang ditulis dalam skripsi yang berasal dari penulis lain telah diberi penghargaan, yakni dengan mengutip sumber dan tahun penerbitannya. Oleh karena itu semua tulisan dalam skripsi ini sepenuhnya menjadi tanggung jawab penulis. Apabila ada pihak manapun yang merasa ada kesamaan judul dan atau hasil temuan dalam skripsi ini, maka penulis siap untuk diklarifikasi dan mempertanggungjawabkan segala resiko.

Segala data dan informasi yang diperoleh selama proses pembuatan skripsi, yang akan dipublikasi oleh Penulis di masa depan harus mendapat persetujuan dari Dosen Pembimbing.

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.

Gowa, 28 Agustus 2024

Yang Menyatakan



Aditya Tegar Karunia Putra Tarra

ABSTRAK

ADITYA TEGAR KARUNIA PUTRA TARRA. *Sistem Kehadiran Otomatis Menggunakan Silent Face Anti-Spoofing Untuk Mendeteksi Spoof Pada Pengenalan Wajah* (dibimbing oleh A. Ejah Umraeni Salam)

Absensi merupakan hal yang penting bagi perusahaan atau institusi karena data absensi dapat digunakan untuk menghitung gaji karyawan dan menilai kinerja karyawan. Salah satu teknologi absensi adalah penggunaan teknologi pengenalan wajah. Teknologi Pengenalan wajah dapat diakali dengan menggunakan wajah *spoofing*. Penelitian ini berfokus pada perancangan sistem untuk mengatasi wajah *spoofing* dengan mempertimbangkan efek cahaya dan jarak deteksi. Transformasi Fourier digunakan sebagai cabang tambahan dari cabang utama CNN (*Convolutional Neural Network*) dalam algoritma *Silent Face Anti-Spoofing*. Sistem ini menggunakan kamera sebagai input dan LED dengan skor sebagai output. Data diambil dari nilai FT *Loss* hasil pelatihan empat sampel dan hasil pengujian lapangan pada kondisi indoor dan outdoor berdasarkan cahaya dan jarak deteksi yang ditampilkan melalui LED dengan skor. Nilai hasil pelatihan terbesar secara berurutan adalah sampel wajah asli diikuti oleh wajah *spoofing* dari handphone, foto berukuran 3 cm x 4 cm, dan kertas HVS. Kondisi terbaik yang didapatkan adalah di dalam ruangan dengan intensitas cahaya 96 lux dan jarak deteksi 30 cm dan di luar ruangan pada pukul 09.00 dan 17.00 dengan jarak deteksi 15 cm. Melalui kondisi terbaik, pengujian dilakukan pada multi wajah dengan menambahkan wajah keempat dengan wajah *spoofing* dari foto 4R dan terbukti bahwa kondisi terbaik yang dipilih merupakan benar-benar kondisi terbaik.

Kata Kunci: Absensi, Pengenalan Wajah, Intensitas Cahaya, Jarak Deteksi, Transformasi Fourier.

ABSTRACT

ADITYA TEGAR KARUNIA PUTRA TARRA. *Automatic Attendance System using Silent Face Anti-Spoofing to Detect Spoof on Face Recognition* (supervised by A. Ejah Umraeni Salam)

Attendance is important for companies or institutions because attendance data can be used to calculate employee salaries and assess employee performance. One of the attendance technologies is the use of facial recognition technology. Face recognition technology can be tricked by using face spoofing. This research focuses on designing a system to overcome face spoofing by considering the effects of light and detection distance. Fourier transform is used as an additional branch of the main branch of CNN (Convolutional Neural Network) in Silent Face Anti-Spoofing algorithm. The system uses a camera as input and LEDs with scores as output. The data is taken from the FT Loss value of the training results of four samples and the results of field testing in indoor and outdoor conditions based on light and detection distance displayed through LEDs with scores. The largest training result value in order is the real face sample followed by the spoofing face from the cellphone, a 3 cm x 4 cm photo, and HVS paper. The best conditions obtained were indoors with a light intensity of 96 lux and a detection distance of 30 cm and outdoors at 09:00 and 17:00 with a detection distance of 15 cm. Through the best conditions, testing was carried out on multiple faces by adding a fourth face with a spoofing face from a 4R photo and it was proven that the best conditions chosen were truly the best conditions.

Keywords: Attendance, Detection Distance, Face Recognition, Fourier Transform, Light Intensity

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI	i
PERNYATAAN KEASLIAN KARYA ILMIAH	ii
ABSTRAK	iii
ABSTRACT	iv
DAFTAR GAMBAR	vii
DAFTAR TABEL	viii
DAFTAR LAMPIRAN	ix
KATA PENGANTAR	x
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian	2
1.4 Manfaat Penelitian	3
1.5 Batasan Masalah	3
1.6 Sistematika Penulisan	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Machine Learning	5
2.2 Face Recognition	6
2.3 <i>Silent Face Anti-Spoofing</i>	7
2.3.1 <i>Convolutional neural network</i>	8
2.3.1.1 Convolutional layer	9
2.3.1.2 Pooling layer	9
2.3.1.3 Rectified linear unit	10
2.3.1.4 Fully connected layer	10
2.3.1.5 Dropout	11
2.3.1.6 Softmax	12
2.3.2 Transformasi fourier	13
2.4 Penelitian Terkait	15
BAB III METODE PENELITIAN	17
3.1 Waktu dan Lokasi Penelitian	17
3.2 Teknik Pengumpulan Data	17
3.3 Alat dan Bahan	17
3.3.1 Raspberry pi 4	18

3.3.2 Kamera Webcam	19
3.4 Perancangan Sistem Kehadiran Otomatis	20
3.4.1 Perancangan perangkat keras	21
3.4.2 Desain alat	21
3.5 Alur Kerja Sistem	22
3.6 Rancangan Pengujian	23
BAB IV HASIL PENGUJIAN DAN PEMBAHASAN.....	25
4.1 Nilai FT <i>Loss</i>	25
4.2 Data Hasil Uji Lapangan	26
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	31
5.1 Kesimpulan.....	31
5.2 Saran	31
DAFTAR PUSTAKA	33

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1 Pemrograman Tradisional vs Pembelajaran Mesin	5
Gambar 2 Arsitektur <i>Silent Face Anti-Spoofing</i>	7
Gambar 3 Tahapan CNN	8
Gambar 4 Operasi Konvolusi.....	9
Gambar 5 Jenis <i>Pooling</i>	10
Gambar 6 <i>Fully Connected Layer</i>	11
Gambar 7 Standar <i>Neural Net</i> (Kiri) dan <i>Drop-out</i> (Kanan)	11
Gambar 8 Contoh Penggunaan Aktivasi <i>Softmax</i>	12
Gambar 9 Perbandingan spektrum Fourier pada (a) gambar wajah asli, (b) dan (c) wajah palsu.....	13
Gambar 10 (a) Gambar Input, (b) DFT pada Setiap Baris, dan (c) DFT pada Setiap Kolom.....	14
Gambar 11 Raspberry Pi 4 model B.....	18
Gambar 12 Kamera Webcam	19
Gambar 13 Desain Sistem Kehadiran Otomatis.....	20
Gambar 14 Rangkaian Skematik.....	21
Gambar 15 Visualisasi 3D Sistem Absensi Otomatis.....	22
Gambar 16 <i>Flowchart</i> Deteksi <i>Spoofing</i>	23
Gambar 17 Nilai FT <i>Loss</i> Empat Sampel	25
Gambar 18 Skor Wajah Asli pada Empat Kondisi	27
Gambar 19 Skor Wajah <i>Spoofing Handphone</i> pada Empat Kondisi.....	28
Gambar 20 Skor Wajah <i>Spoofing</i> Foto 3 x 4 pada Empat Kondisi.....	28
Gambar 21 Skor Wajah <i>Spoofing</i> Kertas HVS pada Empat Kondisi	28

DAFTAR TABEL

Tabel 1 Penelitian terkait.....	15
Tabel 2 Alat dan bahan	17
Tabel 3 Spesifikasi Raspberry Pi 4 Model B	18
Tabel 4 Spesifikasi Kamera Webcam Logitech.....	19
Tabel 5 <i>Indoor</i> dengan Lampu Menyala (407 lux)	26
Tabel 6 <i>Indoor</i> dengan Lampu Mati (96 lux).....	26
Tabel 7 <i>Outdoor</i> Pukul 09.00 (1750 lux)	26
Tabel 8 <i>Outdoor</i> Pukul 17.00 (397 lux)	27
Tabel 9 Multi Wajah pada <i>Indoor</i> dengan Kondisi Lampu Mati	29
Tabel 10 Multi Wajah pada <i>Outdoor</i> Pukul 09.00	29
Tabel 11 Multi Wajah pada <i>Outdoor</i> Pukul 17.00.....	30

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Dokumentasi Pelaksanaan Penelitian	35
Lampiran 2 Kode Pemograman	35

KATA PENGANTAR

Puji dan Syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa, Maha Pengasih, dan Maha Penyayang sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini dengan Judul “SISTEM KEHADIRAN OTOMATIS MENGGUNAKAN *SILENT FACE ANTI-SPOOFING* UNTUK MENDETEKSI *SPOOF* PADA PENGENALAN WAJAH”. Penyusunan tugas akhir merupakan salah satu syarat kelulusan pada pendidikan strata satu (S1) di Departemen Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin sehingga Penulisan tugas akhir ini tidak terlepas sebagai pemenuhan penulis untuk menyelesaikan studi sarjana.

Dalam penyelesaian tugas akhir, penulis menyadari banyaknya dukungan dan bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih sebesar-besarnya kepada:

1. Ibu dan Ayah, Ibu Djuspina Ma'mesa dan Bapak Piter Rimba Tarra, yang tak henti-hentinya memberikan doa, dukungan dari berbagai aspek, inspirasi untuk terus bertahan menjadi lulusan teknik dan semangat kepada penulis sehingga tugas akhir ini dapat terselesaikan dengan baik.
2. Saudara saya, Pratiwi Dewi Mirandani Tarra yang telah membantu memberikan masukan dan Satrio Ananda Kusuma Tarra yang telah menjadi partisipan dalam mengumpulkan data penelitian penulis.
3. Ibu Dr. A. Ejah Umraeni Salam, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing yang senantiasa memberikan arahan, bimbingan, dan dukungan yang sangat berharga dalam proses penyelesaian tugas akhir penulis
4. Bapak Prof. Dr.-Ing. Faizal Arya Samman, M.T. IPU., ASEAN, Eng. ACPE dan Ibu Ida Rachmaniar Sahali, S.T., M.T., selaku dosen penguji penulis yang telah menyempatkan waktunya dan memberikan saran, koreksi, dan arahan yang berarti dalam penyelesaian tugas akhir penulis
5. Seluruh dosen pengajar dan pegawai Departemen Teknik Elektro Universitas Hasanuddin atas bimbingan, didikan, dan bantuan yang telah diberikan kepada penulis selama berkuliah di Universitas Hasanuddin.
6. Selusin20 yakni Aflah, Akhsa, Ayu, Aqila, Bryan, Hayul, Khairus, Janwar, Arthur, Dim, dan Fajar yang telah memberikan bantuan dan dukungan kepada penulis selama menempuh perkuliahan di Universitas Hasanuddin
7. Teman-teman PROCEZ20R yang telah menjadi keluarga penulis selama menempuh perkuliahan di Universitas Hasanuddin.
8. Diri sendiri yang telah berjuang hingga akhir dan tak pernah menyerah hingga menyelesaikan tugas akhir serta lulus dari Universitas Hasanuddin

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa tugas akhir ini masih memiliki banyak kesalahan dan kekurangan serta masih jauh dari kata sempurna. Oleh karena itu, penulis menerima kritik dan saran dari pembaca yang membangun untuk

perkembangan penelitian ini dan perkembangan penulis. Semoga kesalahan dan kekurangan tersebut dapat menjadi pelajaran bagi kita semua. Akhir kata, melalui tugas akhir ini penulis berharap dapat turut serta dalam perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi dan tugas akhir ini bermanfaat bagi banyak orang nantinya.

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Presensi atau absensi adalah kegiatan pendataan untuk mengetahui jumlah peserta yang hadir dalam suatu acara atau kegiatan (Setyadi & Sundari, 2022). Sistem presensi sering digunakan oleh institusi dan perusahaan. Manfaat dari absensi adalah untuk memudahkan perhitungan gaji karyawan sesuai dengan kehadiran (datang terlambat, pulang lebih awal, sakit, izin, absen atau cuti) dan keaktifan di perusahaan. Data absensi mempengaruhi penilaian kinerja karyawan berdasarkan tingkat kedisiplinannya (Gatto & Awangga, 2023). Sistem absensi yang sering digunakan oleh institusi dan perusahaan adalah sistem konvensional yang terdiri dari penggunaan buku karyawan dan mesin waktu serta sistem modern yang terdiri dari mesin sidik jari dan mesin pengenalan wajah. Karyawan menyadari pentingnya absensi karena berkaitan dengan masalah gaji dan penilaian atasan. Hal ini dapat menimbulkan kasus-kasus pemalsuan dalam sistem absensi yang bertujuan untuk mengakali pemberian upah dan penilaian kinerja berdasarkan sistem absensi yang disebut *spoofing*. *Spoofing* dapat didefinisikan sebagai kegiatan seseorang yang melakukan *spoof* atau tipuan dengan berpura-pura menjadi orang lain dalam upaya untuk mendapatkan kepercayaan (Huda, 2020). *Spoofing* dapat terjadi pada sistem konvensional maupun modern. Salah satu *spoofing* dalam siklus penggajian dan pengupahan adalah tipis absen (Setiawati, 2013).

Pada sistem konvensional, kasus tipis absen yang terjadi dapat berupa menipiskan tanda tangan ketika menggunakan buku karyawan dan menipiskan kartu waktu ketika melakukan absensi menggunakan kartu waktu dan mesin waktu (Setiawati, 2013). Pada sistem modern, kasus tipis absen pada absensi sidik jari dapat terjadi dengan menggunakan material seperti lateks, lem, gelatin, playdoh, silikon, dan sebagainya yang mengandung informasi sidik jari dari pemilik sidik jari yang sebenarnya (Arora et al., 2018; Rattani et al., 2015). Penerapan teknologi pengenalan wajah dan pengenalan suara pada sistem absensi dapat mengurangi *spoofing* pada sistem konvensional dan sistem absensi menggunakan sidik jari karena mengharuskan peserta untuk benar-benar hadir di lokasi yang akan

diidentifikasi wajah atau suaranya. Namun, berfokus pada sistem pengenalan wajah, seiring berjalannya waktu, sistem kehadiran yang menggunakan kamera justru dapat diakali dengan wajah *spoofing* dimana partisipan mencoba memalsukan bukti kehadiran pada sistem pengenalan wajah dengan menggunakan foto dan video yang menampilkan wajah partisipan tersebut (Perdana et al., 2021).

Berdasarkan permasalahan tersebut, penulis mencoba mengajukan solusi yang berfokus pada masalah yang terjadi pada sistem kehadiran menggunakan *face recognition* melalui sebuah judul penelitian “**SISTEM KEHADIRAN OTOMATIS MENGGUNAKAN *SILENT FACE ANTI-SPOOFING* UNTUK MENDETEKSI *SPOOF* PADA PENGENALAN WAJAH**” untuk menyelesaikan permasalahan tersebut.

1.2 Rumusan Masalah

Mengacu pada uraian latar belakang penelitian, maka dapat dirumuskan masalah sebagai berikut :

1. Bagaimana merancang sistem yang dapat mengatasi kecurangan pada sistem absensi wajah?
2. Bagaimana pengaruh kondisi pencahayaan terhadap sistem yang dirancang?
3. Bagaimana pengaruh jarak deteksi terhadap keakuratan pendeteksian pada sistem yang dirancang?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini :

1. Mengimplementasikan metode *Silent Face Anti-Spoofing* untuk mendeteksi kecurangan pada sistem absensi wajah.
2. Melihat pengaruh pencahayaan dan jarak deteksi terhadap keakuratan pendeteksian.
3. Menguji kinerja sistem yang telah dirancang.

1.4 Manfaat Penelitian

Penelitian ini memiliki beberapa manfaat sebagai berikut :

1. Bagi mahasiswa, penelitian ini dapat memberikan kontribusi dan dapat digunakan sebagai dasar untuk pengembangan penelitian selanjutnya dengan topik yang serupa.
2. Bagi masyarakat, sistem kehadiran yang dapat mendeteksi kecurangan, akan lebih mudah untuk memastikan transparansi dan akuntabilitas dalam hal kehadiran sehingga dapat membantu meningkatkan integritas dan kepercayaan masyarakat terhadap lembaga atau instansi yang menerapkan sistem ini.
3. Bagi Departemen Teknik Elektro, terkhusus bidang teknik kendali, penelitian ini diharapkan dapat memberikan sumbangsi positif terhadap ilmu pengetahuan mata kuliah sistem instrumentasi, pengolahan citra, dan kecerdasan buatan.
4. Bagi kemajuan ilmu pengetahuan dan teknologi, penelitian ini diharapkan bisa menjadi pemicu kreativitas bagi para generasi muda untuk terus mengembangkan ilmu pengetahuan dan teknologi kedepannya.

1.5 Batasan Masalah

Adapun Batasan masalah pada penelitian ini, yaitu :

1. Sistem yang dibangun bersifat prototipe.
2. Penggunaan kacamata dan masker tidak dipertimbangkan dalam penelitian ini.
3. Posisi deteksi kamera dengan objek harus saling berhadapan (wajah yang dianalisis tidak boleh menghadap ke kiri, kanan, atas, dan bawah).

1.6 Sistematika Penulisan

Sebagai gambaran umum tentang keseluruhan isi dari skripsi penelitian ini, maka dipaparkan ke dalam beberapa bab sebagai berikut :

- BAB I PENDAHULUAN**
Bab ini berisi uraian tentang latar belakang, rumusan masalah, tujuan dan manfaat penelitian, ruang lingkup, serta sistematika dan organisasi.
- BAB II TINJAUAN PUSTAKA**
Bab ini berisi tentang teori penunjang yang relevan untuk bahan penelitian yang diperoleh dari berbagai sumber ilmiah yang digunakan dalam penulisan laporan skripsi.
- BAB III METODE PENELITIAN**
Bab ini berisi sistematika penelitian yang mencakup terkait bagaimana teknis penelitian dilaksanakan.
- BAB IV ANALISIS DAN PEMBAHASAN**
Bab ini berisi penjabaran dan pembahasan data-data penelitian yang telah dilakukan untuk melihat validasi hasil penelitian.
- BAB V PENUTUP**
Bab ini berisikan kesimpulan dan saran yang diberikan untuk pengembangan selanjutnya.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Machine Learning

Machine learning adalah teknik memprediksi masa depan atau mengklasifikasikan informasi untuk menolong orang dalam mengambil keputusan yang diperlukan (Geetha & Sendhilkumar, 2023). Algoritma *Machine Learning* dilatih berdasarkan contoh-contoh yang dengannya mereka belajar dari pengalaman masa lalu dan juga menganalisis data historis. Hal inilah yang membuat machine learning lebih efisien untuk mengeksekusi suatu masalah.

Pemrograman Tradisional : Menulis program komputer menggunakan aturan yang dikodekan secara keras (tetap)



Pembelajaran Mesin: Pelajari aturan dengan melihat beberapa data pelatihan



Gambar 1 Pemrograman Tradisional vs Pembelajaran Mesin

(Sumber : Geetha et al., 2023)

Perbedaan mencolok antara pemrograman tradisional dengan *machine learning* terletak pada pengelolaan data seperti yang terlihat pada Gambar 1. Pengelolaan data pada *machine learning* menggunakan istilah *data training* sedangkan pemrograman tradisional mengelola data dengan menetapkan jenis data tersebut mengikuti aturan *programmer*. *Data training* adalah kumpulan data yang digunakan untuk melatih atau membangun model. Model yang dibangun disebut dengan model *training*. *Model training* adalah model yang dibuat dari data yang diberikan kepada *machine learning*.

Machine learning terbagi menjadi 3 kategori yaitu *supervised learning*, *unsupervised learning*, dan *reinforcement learning*. *Supervised learning* adalah kategori *machine learning* dimana data yang dilatih mencakup beberapa keluaran yang diinginkan. *Unsupervised learning* adalah kategori *machine learning* yang berfungsi untuk mengidentifikasi pola dasar yang tersembunyi dalam kumpulan data yang berisi titik data yang tidak diklasifikasikan atau diberi label. *Reinforcement learning* adalah pendekatan melalui program cerdas, yang dikenal sebagai agents, bekerja di lingkungan yang dikenal atau tidak dikenal untuk terus beradaptasi dan belajar berdasarkan pemberian poin (Nandy & Biswas, 2017). Penilaiannya dapat berupa positif yang disebut *rewards* atau negatif yang disebut *punishments*.

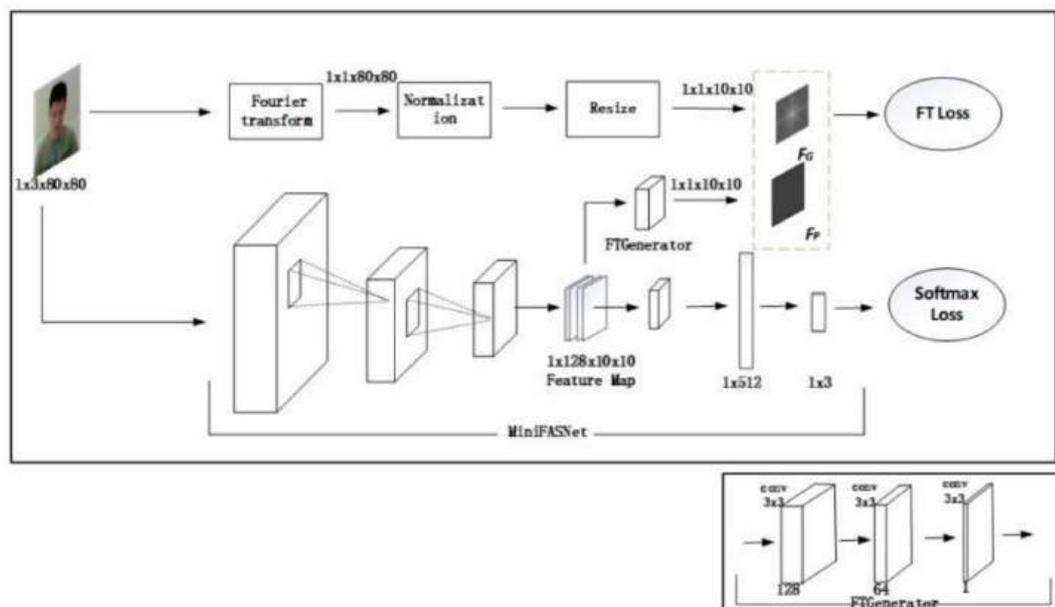
2.2 Face Recognition

Ada banyak teknik pengenalan individu dengan menggunakan beberapa bagian tubuh manusia seperti sidik jari, pola suara, dan pola wajah (*Face Recognition*). *Face recognition* adalah salah satu teknik pengenalan wajah yang sama seperti sidik jari dan retina mata dimana hasil tangkapan kamera akan dicocokkan dengan foto dan lekuk wajah yang sudah ada di dalam *database* (Munawir et al., 2020). Pengenalan wajah merupakan metode biometrik yang sedang diselidiki dan diperbaiki oleh para ahli untuk mengidentifikasi individu berdasarkan algoritma yang menganalisis data wajah yang tersimpan dalam *database*.

Database menyimpan beberapa informasi wajah yang akan menjadi *data training*. Data wajah akan dilatih oleh algoritma *machine learning* sehingga *machine learning* akan membangun sebuah model untuk mengenali objek wajah yang akan diidentifikasi berdasarkan data yang ada pada *database*. Algoritma *machine learning* akan mempelajari pola dan hubungan antara input dan output. Semakin banyak data wajah yang ada pada *database*, tingkat akurasi pengenalan wajah akan lebih besar.

2.3 Silent Face Anti-Spoofing

Anti-Spoofing adalah metode keamanan untuk menyelesaikan masalah sebelum mencapai fase pengenalan (Perdana et al., 2021). Metode *anti-spoofing* digunakan untuk mencegah *spoofing* pada sistem pengenalan kehadiran. Salah satu metode *anti-spoofing* pada pengenalan wajah adalah *Silent Face Anti-Spoofing*. *Silent Face Anti Spoofing* terdiri dari dua cabang yaitu cabang utama CNN (*Convolutional Neural Network*) dan cabang tambahan yaitu cabang Transformasi Fourier, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2, Metode ini pertama kali dikembangkan oleh Minivision Technology.



Gambar 2 Arsitektur *Silent Face Anti-Spoofing*

(Sumber : <https://cloud.tencent.com/developer/article/1665946>)

Cabang CNN digunakan untuk mendeteksi objek yang merupakan objek wajah dan cabang Fourier digunakan untuk mendeteksi pemalsuan dari tangkapan kamera. Keduanya memberikan kontribusi masing-masing 50%, yang ditunjukkan dengan adanya *FT Loss* atau *MSE Loss* sebagai hasil deteksi oleh cabang Fourier dan *Softmax Loss* (*Cross Entropy Loss*) sebagai hasil klasifikasi objek oleh cabang CNN dengan objek wajah yang memiliki nilai probabilitas tertinggi. *MSE* (*Mean Square Error*) adalah perhitungan untuk memastikan bahwa gambar asli dan

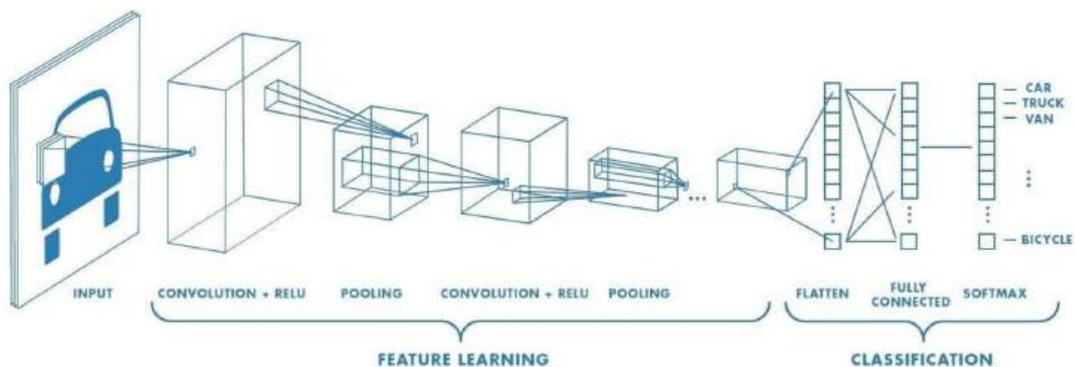
gambar yang didekripsi memiliki variasi atau tidak dimana semakin kecil MSE antara dua gambar, maka semakin baik hasil dekripsinya (Baleanu et al., 2022). Persamaan MSE dituliskan sebagai berikut

$$L_{FT} = ||F_P - F_G||_2^2 \quad (1)$$

F_P adalah matriks gambar hasil transformasi fourier dan F_G adalah matriks gambar hasil konvolusi. *Cross Entropy* adalah ukuran perbedaan antara dua distribusi probabilitas (Wong, 2023).

2.3.1 Convolutional neural network

CNN adalah pengembangan dari ANN (*Artificial Neural Network*) yang memiliki arsitektur *network* yang terdiri dari puluhan hingga ratusan *layer* (Setiawan, 2021). ANN adalah metode *machine learning* yang memiliki tiga hingga empat *layer*. Jadi, CNN dapat juga didefinisikan sebagai metode *machine learning* yang memiliki puluhan hingga ratusan *layer*. CNN memiliki kelebihan dibandingkan ANN yaitu memiliki kemampuan untuk menghasilkan fitur-fitur yang relevan sesuai input citra yang diberikan.



Gambar 3 Tahapan CNN

(Sumber : medium.com)

Seperti yang diperlihatkan pada Gambar 3, *layer* pada CNN terdiri dari dua bagian yaitu *layer* fitur dan *layer* klasifikasi. *Layer* fitur merupakan *layer* yang berfungsi untuk melakukan ekstraksi fitur dari citra input. *Layer* klasifikasi adalah *layer* yang melakukan klasifikasi citra berdasarkan fitur-fitur yang telah dihasilkan pada *layer* fitur. *Layer* fitur terdiri dari *convolutional layer*, *pooling layer*, dan

rectified linear unit (ReLU). *Layer* klasifikasi terdiri dari *fully connected layer*, *dropout*, dan *softmax* (Setiawan, 2021).

2.3.1.1 Convolutional layer

Convolutional layer merupakan layer utama dari CNN. Pada *convolutional layer* terdapat operasi antara citra input dan filter. Operasi konvolusi merupakan penjumlahan hasil perkalian antara matriks pada citra input dengan matriks pada filter seperti yang diperlihatkan pada Gambar 4. Ukuran matriks input citra diukur dalam satuan *pixel*. Angka dalam matriks merepresentasikan warna pada gambar.

Input Citra						Filter			Hasil Konvolusi		
4	3	3	2	2	1	1	0	1	17		
2	3	4	2	3	4	0	1	0			
5	2	2	1	3	5	1	0	1			
1	2	3	2	2	1						
2	1	3	4	2	4						
2	3	1	1	1	2						

Gambar 4 Operasi Konvolusi

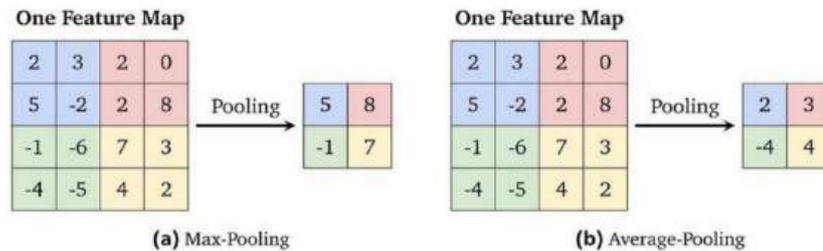
(Sumber : Setiawan, 2021)

Operasi pada Gambar 4, operasi konvolusi dilakukan pada matriks 3x3. Pergeseran operasi antara input dan filter dilakukan dengan menggeser 1 kolom dari kiri ke kanan hingga operasi mencapai sisi paling kanan input citra. Setelah mencapai sisi terkanan dari input citra selanjutnya pergeseran operasi dilakukan dengan menggeser satu baris ke bawah. Setelah itu, pergeseran dilakukan lagi seperti semula yaitu menggeser 1 kolom dari kiri ke kanan hingga hasil konvolusi terisi semua. Pergeseran dan Konvolusi dilakukan terus menerus hingga semua bagian pada citra terkonvolusi dengan filter (Setiawan, 2021).

2.3.1.2 Pooling layer

Pooling layer adalah metode untuk mereduksi ukuran spasial citra. Operasi *pooling layer* dilakukan pada setiap dimensi filter (lihat Gambar 5). Citra *pooling* menghasilkan informasi yang sama dengan citra hasil konvolusi, tetapi ukuran citra

menyusut sebesar 50% dan tentunya ini membantu mereduksi parameter pembelajaran (Setiawan, 2021).



Gambar 5 Jenis *Pooling*

(Sumber : Setiawan, 2021)

Terdapat 3 jenis pooling layer yaitu *max-pooling*, *average pooling* dan *sum-pooling*. *Max-pooling* merupakan pengambilan nilai tertinggi, *average pooling* merupakan pengambilan nilai rata-rata (lihat Gambar 5), dan *sum-pooling* merupakan pengambilan nilai hasil dari penjumlahan dari daerah matriks yang ditentukan.

2.3.1.3 *Rectified linear unit*

Pada CNN digunakan fungsi aktivasi *Rectified Linear Unit* (ReLU). ReLU mengubah nilai *output negative* menjadi nol (Setiawan, 2021). Jika diketahui $f(x)$ merupakan fungsi aktivasi ReLU, x merupakan nilai dari matriks hasil *pooling* dimana persamaannya ialah

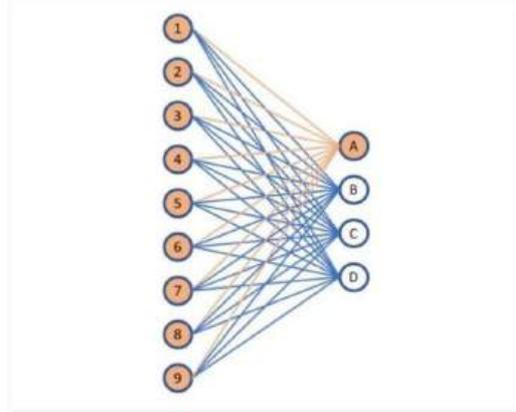
$$f(x) = \max(0, x) \quad (2)$$

Angka 0 pada fungsi mengartikan bahwa jika pada matriks terdapat nilai negatif, maka setelah diaktivasi nilai negatif berubah menjadi nol sedangkan nilai positif tetap.

2.3.1.4 *Fully connected layer*

Fully Connected Layer atau FCL dapat dibayangkan sebagaimana ANN yang terkoneksi di semua neuron atau unit pada setiap layer-nya seperti yang diperlihatkan pada Gambar 6. *Fully Connected Layer* melakukan konversi citra dari dua dimensi menjadi vektor satu dimensi. Konversi dilakukan agar menghasilkan representasi *image-level-feature*. FCL merupakan fase pembelajaran terakhir

(Setiawan, 2021). Pengambilan angka pada matriks untuk masuk ke tahap *Fully Connected Layer* sama dengan metode yang digunakan pada *convolutional layer* yaitu dari elemen kiri matriks ke elemen kanan matriks.



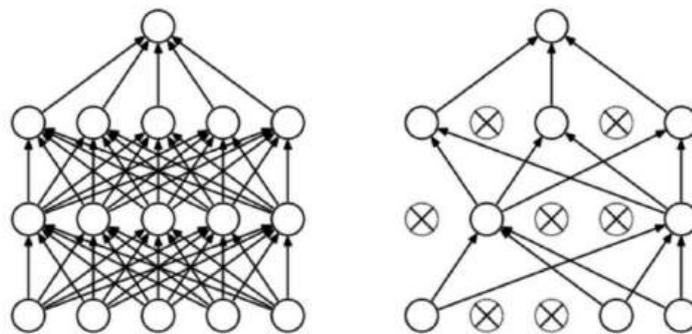
Gambar 6 *Fully Connected Layer*

(Sumber : Setiawan, 2021)

Input layer pada FCL merupakan *output* dari *layer* sebelumnya yang dapat berupa *pooling layer* atau *activation layer*. *Output layer* dari *Fully Connected Layer* akan menghasilkan probabilitas untuk masing-masing kelas.

2.3.1.5 Dropout

Dropout merupakan proses mengeluarkan unit untuk tujuan kontrol proses *overfitting* pada *convolutional neural network* (Setiawan, 2021). *Overfitting* terjadi saat sistem mengambil semua fitur termasuk *noise*. Umumnya menggunakan 0,5 mengeluarkan unit sebesar 50% (lihat Gambar 7).



Gambar 7 Standar *Neural Net* (Kiri) dan *Drop-out* (Kanan)

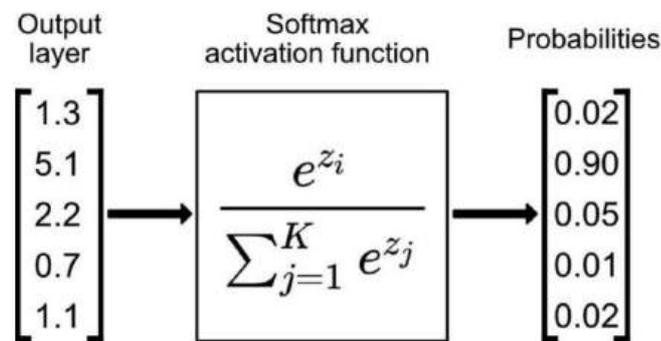
(Sumber : Setiawan, 2020)

Pada *dropout layer*, unit yang dropout dipilih secara random, selanjutnya unit tersebut tidak akan digunakan. Unit yang di-*dropout* umumnya ditandai dengan tanda silang pada unit. Unit yang tidak di-*dropout* akan melanjutkan pembelajaran oleh mesin.

2.3.1.6 Softmax

Softmax adalah tahap terakhir dari proses FCL. *Softmax* memiliki fungsi yang hampir sama dengan ReLU dimana softmax berperan sebagai layer aktivasi linier. *Softmax* digunakan pada klasifikasi *multiclass* dan menghasilkan nilai probabilitas setiap kelas seperti yang diperlihatkan pada Gambar 8. Nilai probabilitas tertinggi mengindikasikan kelas terpilih (Setiawan, 2021). Fungsi dari aktivasi softmax menggunakan persamaan,

$$S(y_i) = \frac{e^{y_i}}{\sum_{j=1}^m e^{y_j}} \quad (3)$$



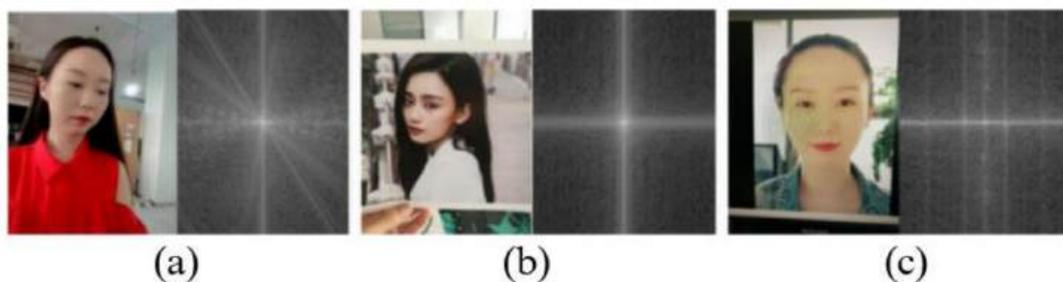
Gambar 8 Contoh Penggunaan Aktivasi *Softmax*

(Sumber : Setiawan, 2020)

Simbol y_i melambangkan nilai vektor pada setiap baris i . Simbol m atau K melambangkan banyaknya elemen vektor. Nilai e merupakan bilangan eksponensial dengan nilai 2,71828. Pada Gambar 8, nilai z_i sama dengan nilai y_i pada persamaan (3) begitupun dengan z_j dan y_j .

2.3.2 Transformasi fourier

Transformasi Fourier adalah perhitungan yang diperlukan untuk melihat gelombang tidak hanya dalam domain tetapi juga dalam domain frekuensi (Morita, 1995). Hasil dari transformasi Fourier adalah spektrum Fourier. Spektrum Fourier juga dapat didefinisikan sebagai sekumpulan amplitudo dari suatu sinyal atau gelombang kompleks yang telah melalui transformasi Fourier (Garanin, 2007). Spektrum fourier akan dianalisis sebagai salah satu bahan untuk mendapatkan informasi wajah asli dan wajah *spoofing*.



Gambar 9 Perbandingan spektrum Fourier pada (a) gambar wajah asli, (b) dan (c) wajah palsu

(Sumber : https://blog.csdn.net/uncle_ll/article/details/117668353)

Pada Gambar 9, perbedaan memperlihatkan bahwa distribusi informasi frekuensi dari wajah palsu relatif Tunggal, hanya meluas sepanjang arah horizontal pada gambar (c) dan vertikal pada gambar (b), sedangkan informasi frekuensi dari wajah asli pada gambar (a) menyimpang keluar dari pusat gambar.

Transformasi Fourier yang biasa diterapkan pada data citra adalah DFT (*Discrete Fourier Transform*) 2 dimensi dengan FFT (*Fast Fourier Transform*) sebagai algoritma DFT dengan waktu kalkulasi yang lebih singkat dari DFT (Putra, 2010). Waktu eksekusi dari DFT jika diterapkan pada suatu citra berukuran besar adalah sebagai berikut

$$ExecutionTime = k_{dft}N^2 \quad (4)$$

Adanya faktor N^2 membuat waktu eksekusi yang begitu lama, sehingga algoritma FFT hadir dengan persamaan sebagai berikut

$$ExecutionTime = k_{fft}N \log_2 N \quad (5)$$

dimana k_{dft} dan k_{fft} adalah konstanta proporsionalitas yang bergantung pada kecepatan CPU atau GPU komputer (Smith, 2003). Pada Bentuk 2 Dimensi dengan ukuran $M \times N$ piksel maka N^2 pada persamaan (4) diganti menjadi $(MN)^2$ begitu pun pada persamaan (5) dimana N diganti menjadi MN (Gonzalez & Woods, 2017).

Transformasi fourier diskrit 2 dimensi menganalisis gambar dalam domain frekuensi dengan melakukan transformasi menggunakan persamaan (6) pada setiap elemen pada matriks gambar.

$$F(u, v) = \frac{1}{MN} \sum_{x=0}^{M-1} \sum_{y=0}^{N-1} f(x, y) \exp \left[-j2\pi \left(\frac{ux}{M} + \frac{vy}{N} \right) \right] \quad (6)$$

dengan menggunakan $e^{-jx} = \cos(x) - j \sin(x)$, persamaan dapat dibuat seperti berikut

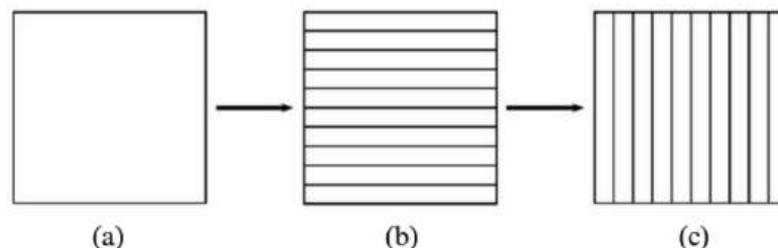
$$F(u, v) = \frac{1}{MN} \sum_{x=0}^{M-1} \sum_{y=0}^{N-1} f(x, y) \cos \left(2\pi \frac{ux}{M} + \frac{vy}{N} \right) - j \sin \left(2\pi \frac{ux}{M} + \frac{vy}{N} \right) \quad (7)$$

M dan N berturut-turut menyatakan lebar dan tinggi citra, x dan y adalah data citra dalam domain waktu, dan u dan v adalah data citra dalam domain frekuensi.

Bentuk umum DFT dinyatakan dalam bentuk matriks dengan persamaan sebagai berikut

$$X_N = W_N x_n \quad (8)$$

X_N adalah koefisien DFT (yang merupakan matriks $N \times 1$) atau X_N dapat dikatakan sebagai F(u). W_n adalah matriks $N \times N$ (matriks DFT). x_n adalah input sinyal diskrit (matriks $N \times 1$). Dengan menggunakan *separability properties*, persamaan (8) matriks DFT-1D dapat digunakan untuk menghitung baris lalu kolom pada DFT-2D dengan urutan seperti gambar di bawah ini.



Gambar 10 (a) Gambar Input, (b) DFT pada Setiap Baris, dan (c) DFT pada Setiap Kolom

(Sumber : <https://web.cs.wpi.edu/~emmanuel/courses/cs545/S14/slides/lecture10.pdf>)

Matriks W_N terlebih dahulu dikalikan pada setiap baris dari matriks input mengikuti persamaan (8). Selanjutnya, matriks hasil perkaliannya dikalikan lagi dengan Matriks W_N pada setiap kolom matriks hasil perkalian sebelumnya sehingga menghasilkan sebuah matriks yang dianggap sebagai matriks hasil DFT 2-D (Agu, 2014).

2.4 Penelitian Terkait

Tabel 1. Penelitian terkait

Deskripsi penelitian	Pembahasan
<p>Judul : Facial Expression Recognition Pada Desain Smarthome Terintegrasi Algoritma Genetika Untuk Pengontrolan Perangkat Listrik</p> <p>Tahun : 2023</p> <p>Penulis : Sri Wahyuni</p>	<p>Pada penelitian ini membahas tentang penggunaan face recognition yang diintegrasikan dengan algoritma genetika untuk melakukan kontrol pada perangkat listrik seperti motor dan intensitas cahaya lampu berdasarkan pengenalan emosi wajah manusia (Wahyuni, 2023).</p>
<p>Judul : A Review on Face Anti-Spoofing</p> <p>Tahun : 2021</p> <p>Penulis : Rizky Naufal Perdana Igi Ardiyanto Hanung Adi Nugroho</p>	<p>Paper ini menitikberatkan apa itu <i>spoofing</i> dan penerapan <i>spoofing</i> pada <i>face recognition</i>. <i>Spoofing</i> pada wajah dapat menggunakan beberapa metode dan paling banyak yang terjadi ialah penggunaan foto wajah dan video yang terdapat wajah di dalamnya. Pencegahan <i>spoofing</i> dapat dilakukan dengan beberapa metode yaitu dengan adanya pergerakan pada saat pendeteksian berlangsung atau</p>

Deskripsi penelitian	Pembahasan
<p>Judul : Implementasi Face Recognition pada Absensi Kehadiran Mahasiswa Menggunakan Metode Haar Cascade Classifier</p> <p>Tahun : 2020</p> <p>Penulis : Munawir Liza Fitria Muhammad Hermansyah</p>	<p>memanfaatkan <i>deep learning</i> dan frekuensi (Perdana et al., 2021).</p> <p>Paper ini menyajikan proses absensi dengan metode pengenalan wajah menggunakan algoritma Haar Cascade Classifier. Pada paper ini dipaparkan cara kerja <i>haar cascade classifier</i> mendeteksi wajah berdasarkan <i>training data</i> pada <i>dataset</i> wajah yang telah dibuat terlebih dahulu. <i>Dataset</i> wajah diberi kode khusus agar <i>agent</i> atau mesin dapat mempelajari data wajah yang telah dibuat (Munawir et al., 2020).</p>