

SKRIPSI

**DETEKSI MASKER SECARA REAL-TIME MENGGUNAKAN
SURVEILLANCE CAMERA SEBAGAI PENGAWASAN
PENERAPAN PROTOKOL KESEHATAN**

Disusun dan diajukan oleh:

**MUHAMMAD HIDAYAT
D121171518**



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

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI**DETEKSI MASKER SECARA REAL-TIME MENGGUNAKAN
SURVEILLANCE CAMERA SEBAGAI PENGAWASAN
PENERAPAN PROTOKOL KESEHATAN**

Disusun dan diajukan oleh

Muhammad Hidayat
D121171518

Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka Penyelesaian
Studi Program Sarjana Program Studi Teknik Informatika
Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin
Pada tanggal 31 Juli 2024
dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

Menyetujui,

Pembimbing Utama,



Prof. Dr. Ir. Indrabayu, S.T., M.T.,
M.Bus.Sys., IPM, ASEAN. Eng.
NIP 19750716 200212 1 004

Pembimbing Pendamping,



A. Ais Prayogi Alimuddin, S.T., Eng.
NIP 19830510 2014041 001

Ketua Program Studi,



Prof. Dr. Ir. Indrabayu, S.T., M.T., M.Bus.Sys., IPM, ASEAN. Eng.
NIP. 19750716 200212 1 004

PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan dibawah ini ;
Nama : Muhammad Hidayat
NIM : D121171518
Program Studi : Teknik Informatika
Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulisan saya berjudul

{Deteksi Masker Secara Real-Time Menggunakan Surveillance Camera Sebagai
Pengawasan Penerapan Protokol Kesehatan}

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, 30 Juli 2024

Yang Menyatakan



Muhammad Hidayat

ABSTRAK

MUHAMMAD HIDAYAT. *Deteksi Masker Secara Real-Time Menggunakan Surveillance Camera Sebagai Pengawasan Penerapan Protokol Kesehatan* (dibimbing oleh Prof. Dr. Ir. Indrabayu, S.T., M.T., M.Bus.Sys., IPM, ASEAN. Eng. A. Ais Prayogi Alimuddin, S.T., Eng.)

Pandemi Covid-19 menjadi permasalahan global yang dihadapi seluruh dunia termasuk Indonesia. Setelah pemerintah juga secara resmi telah menghapus kewajiban menggunakan masker di ruangan terbuka, Mei 2022 lalu, maka implementasi protokol Kesehatan dalam hal ini penggunaan masker, berfokus pada ruangan tertutup. Namun, dalam hal upaya implementasinya dalam ruangan tertutup, hanya dilakukan pengawasan yang tidak maksimal dimana ketika berada dalam suatu ruangan, pengawasan penggunaan masker bisa dikatakan kurang efektif. Oleh karena itu penulis melakukan penelitian *Deteksi Masker Secara Real-Time Menggunakan Surveillance Camera* sebagai Pengawasan Penerapan Protokol Kesehatan.

Penelitian ini dimulai dengan pengumpulan dan pengolahan dataset yang berisi wajah bermasker dan tidak bermasker. Selanjutnya, kami menggunakan OFMClassifier sebagai arsitektur model pada Convolutional Neural Network (CNN). Kami menyesuaikan model dengan dataset kami dan melakukan pelatihan pada data tersebut.

Kami melakukan pelatihan model dengan 16 skenario yang berbeda. Kami memodifikasi parameter seperti batch size (32, 64, 128, dan 256), learning rate 0.0001 dan 0.00001, serta menggunakan optimizer Adam dan Adamax. Evaluasi dilakukan dengan membagi dataset menjadi tiga bagian: data pelatihan, data validasi, dan data uji. Hasil pelatihan menunjukkan bahwa skenario dengan ukuran batch 64, learning rate 0.0001, dan optimizer Adam menghasilkan akurasi pelatihan sebesar 99.34% dan akurasi validasi sebesar 99.4%. Skenario ini menunjukkan kinerja terbaik di antara semua skenario lainnya.

Kami juga melakukan uji real time dengan beberapa skenario meliputi penggunaan varian masker dan jarak deteksi antar kamera terhadap objek. Kami menggunakan jarak 2,3,4, dan 5 meter dengan 3 sampel varian masker medis. Hasil performa secara keseluruhan uji real-time ini tercatat dengan rata-rata akurasi sebesar 75,5%.

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa model kami melakukan deteksi penggunaan masker. Hal ini menunjukkan bahwa penggunaan algoritma OFMClassifier dalam klasifikasi objek bermasker menunjukkan hasil yang baik. Penelitian lebih lanjut dapat menggali lebih dalam dengan memperluas dataset, menggunakan teknik data augmentation, atau mengeksplorasi kombinasi parameter lainnya untuk meningkatkan performa model.

Kata Kunci: Klasifikasi Masker, CNN, OFMClassifier

ABSTRACT

MUHAMMAD HIDAYAT. *Deteksi Masker Secara Real-Time Menggunakan Surveillance Camera Sebagai Pengawasan Penerapan Protokol Kesehatan* (dibimbing oleh Prof. Dr. Ir. Indrabayu, S.T., M.T., M.Bus.Sys., IPM, ASEAN. Eng. dan A. Ais Prayogi Alimuddin, S.T., Eng.)

The Covid-19 pandemic is a global issue faced by the entire world, including Indonesia. After the government officially lifted the mask mandate in outdoor spaces in May 2022, the focus shifted to implementing health protocols indoors. However, the enforcement of mask-wearing in indoor settings remains suboptimal. Surveillance of mask usage within closed spaces is challenging, and effective monitoring is lacking. Consequently, the author conducted research on real-time mask detection using surveillance cameras to monitor compliance with health protocols.

The study began with the collection and processing of a dataset containing masked and unmasked faces. Subsequently, we employed the OFMClassifier architecture within a Convolutional Neural Network (CNN). We fine-tuned the model using our dataset and conducted training.

We trained the model using 16 different scenarios, adjusting parameters such as batch size (32, 64, 128, and 256), learning rates (0.0001 and 0.00001), and using both Adam and Adamax optimizers. Evaluation involved dividing the dataset into three parts: training data, validation data, and test data. The training results indicated that the scenario with a batch size of 64, a learning rate of 0.0001, and the Adam optimizer achieved a training accuracy of 99.34% and a validation accuracy of 99.4%. This scenario demonstrated the best performance among all others.

We also conducted real-time testing with various scenarios, including different mask variants and inter-camera detection distances. We tested at distances of 2, 3, 4, and 5 meters using three samples of medical mask variants. Overall, the real-time testing yielded an average accuracy of 75.5%.

The research findings demonstrate that our model effectively detects mask usage. The use of the OFMClassifier algorithm for mask object classification yielded positive results. Further research could explore expanding the dataset, utilizing data augmentation techniques, or exploring other parameter combinations to enhance model performance.

Keywords: Facemask Classification, CNN, OFMClassifier

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI.. Kesalahan! Bookmark tidak ditentukan.	
PERNYATAAN KEASLIAN..... Kesalahan! Bookmark tidak ditentukan.	
ABSTRAK	iii
ABSTRACT	iv
DAFTAR ISI.....	v
DAFTAR GAMBAR	vi
DAFTAR TABEL.....	viii
DAFTAR SINGKATAN DAN ARTI SIMBOL	ix
DAFTAR LAMPIRAN.....	x
KATA PENGANTAR	xi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian/Perancangan.....	2
1.4 Manfaat Penelitian/Perancangan.....	3
1.5 Ruang Lingkup/Asumsi perancangan	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	4
2.1 Masker.....	4
2.2 Citra Digital.....	4
2.3 Video Digital.....	7
2.4 Video Streaming Digital	8
2.5 Video Streaming Digital	10
2.6 Visi Komputer.....	14
2.7 Machine Learning	15
2.8 Face Detection.....	16
2.8 Convolutional Neural Network.....	17
2.9 Confusion Matrix	21
BAB 3 METODE PENELITIAN/PERANCANGAN	23
3.1 Tahapan Penelitian.....	23
3.3 Instrumen Penelitian	24
3.4 Teknik Pengambilan Data.....	25
3.5 Perancangan Sistem	30
3.6 Implementasi OFMClassifier	31
3.7 Evaluasi Sistem	32
BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN.....	35
4.1 Hasil Penelitian	35
4.2 Pembahasan.....	91
BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN.....	94
5.1 Kesimpulan	94
5.2 Saran.....	94
DAFTAR PUSTAKA	96

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1 Koordinat citra digital	5
Gambar 2 Struktur video digital.....	7
Gambar 3 Alur diagram video streaming.....	9
Gambar 4 Ilustrasi Deteksi Wajah.....	17
Gambar 5 Proses konvolusi pada CNN.....	18
Gambar 6 Algoritma <i>Adam Optimizer</i>	20
Gambar 7 Algoritma <i>Adamax Optimizer</i>	20
Gambar 8 Multi-Class Confusion Matrix (Sumber: Grandini, Bagli, & Visani, 2020).....	21
Gambar 9 Tahapan penelitian	23
Gambar 10 Contoh citra dari dataset primer.....	25
Gambar 11 Skenario pengambilan dataset.....	26
Gambar 12 Hasil pengambilan citra untuk dataset latih	26
Gambar 13 Dataset sekunder yang tidak menggunakan masker.....	27
Gambar 14 Dataset sekunder yang menggunakan masker.....	28
Gambar 15 Ilustrasi pengambilan data uji <i>real-time</i>	29
Gambar 16 POV surveillance camera dengan skenario pada (a) jarak 200cm, (b) jarak 300cm, (c) jarak 400 cm, dan (d) jarak 500 cm.....	29
Gambar 17 Gambar objek menghadap kiri, objek menghadap depan, dan objek menghadap kanan.....	30
Gambar 18 Block diagram sistem	30
Gambar 19 Garis besar arsitektur OFMClassifier.....	31
Gambar 20 Grafik hasil training skenario pertama	35
Gambar 21 <i>Confusion matrix</i> skenario pertama.....	36
Gambar 22 Grafik hasil training skenario kedua	38
Gambar 23 <i>Confusion matrix</i> skenario kedua.....	39
Gambar 24 Grafik hasil training skenario ketiga	41
Gambar 25 <i>Confusion matrix</i> skenario ketiga.....	41
Gambar 26 Grafik hasil training skenario keempat	43
Gambar 27 <i>Confusion matrix</i> skenario keempat.....	44
Gambar 28 Grafik hasil training skenario kelima	46
Gambar 29 <i>Confusion matrix</i> skenario kelima.....	47
Gambar 30 Grafik hasil training skenario keenam	48
Gambar 31 <i>Confusion matrix</i> skenario keenam	48
Gambar 32 Grafik hasil training skenario ketujuh.....	50
Gambar 33 <i>Confusion matrix</i> skenario ketujuh	51
Gambar 34 Grafik hasil training skenario kedelapan.....	53
Gambar 35 <i>Confusion matrix</i> skenario kedelapan	54
Gambar 36 Grafik hasil training skenario kesembilan.....	56
Gambar 37 <i>Confusion matrix</i> skenario kesembilan	56
Gambar 38 Grafik hasil training skenario kesepuluh.....	58
Gambar 39 <i>Confusion matrix</i> skenario kesepuluh	59
Gambar 40 Grafik hasil training skenario kesebelas.....	61
Gambar 41 <i>Confusion matrix</i> skenario kesebelas	61
Gambar 42 Grafik hasil training skenario keduabelas	63

Gambar 43 <i>Confusion matrix</i> skenario keduabelas.....	64
Gambar 44 Grafik hasil training skenario ketigabelas.....	66
Gambar 45 <i>Confusion matrix</i> skenario ketigabelas	66
Gambar 46 Grafik hasil training skenario keempatbelas	68
Gambar 47 <i>Confusion matrix</i> skenario keempatbelas.....	69
Gambar 48 Grafik hasil training skenario kelimabelas.....	71
Gambar 49 <i>Confusion matrix</i> skenario kelimabelas	71
Gambar 50 Grafik hasil training skenario keenambelas	73
Gambar 51 <i>Confusion matrix</i> skenario keenambelas.....	74
Gambar 52 Nilai <i>f1-score</i> dari keseluruhan pengujian hyperparameter	91
Gambar 53 Akurasi confusion matrix dari keseluruhan skenario	92
Gambar 54 Akurasi uji real-time dari keseluruhan skenario	93

DAFTAR TABEL

Tabel 1 Skenario pengujian model OFMClassifier.....	32
Tabel 2 Skenario pengujian <i>real-time</i> terhadap model OFMClassifier yang optimal.....	33
Tabel 3 Hasil pengujian varian masker pertama dengan jarak 2 meter	74
Tabel 4 Hasil pengujian varian masker pertama dengan jarak 3 meter	75
Tabel 5 Hasil pengujian varian masker pertama dengan jarak 4 meter	76
Tabel 6 Hasil pengujian varian masker pertama dengan jarak 5 meter	77
Tabel 7 Hasil pengujian varian masker kedua dengan jarak 2 meter.....	78
Tabel 8 Hasil pengujian varian masker kedua dengan jarak 3 meter.....	78
Tabel 9 Hasil pengujian varian masker kedua dengan jarak 4 meter.....	79
Tabel 10 Hasil pengujian varian masker kedua dengan jarak 5 meter.....	80
Tabel 11 Hasil pengujian varian masker ketiga dengan jarak 2 meter	81
Tabel 12 Hasil pengujian varian masker ketiga dengan jarak 3 meter	82
Tabel 13 Hasil pengujian varian masker ketiga dengan jarak 4 meter	83
Tabel 14 Hasil pengujian varian masker pertama dengan jarak 5 meter	84
Tabel 15 Hasil pengujian objek tidak bermasker dengan jarak 2 meter	85
Tabel 16 Hasil pengujian objek tidak bermasker dengan jarak 3 meter	86
Tabel 17 Hasil pengujian objek tidak bermasker dengan jarak 4 meter	87
Tabel 18 Hasil pengujian objek tidak bermasker dengan jarak 5 meter	88
Tabel 19 Performa sistem menggunakan <i>threading</i> dalam pengujian <i>real-time</i> ..	90
Tabel 20 Metrik Evaluasi Hasil Training dengan Tiga Nilai Akurasi Tertinggi ..	92

DAFTAR SINGKATAN DAN ARTI SIMBOL

Lambang/Singkatan	Arti dan Keterangan
CNN	Convolutional Neural Network
TP	True Positive
FP	False Positive
TN	True Negative
FN	False Negative

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 <i>SourceCode</i>	98
Lampiran 2 Contoh Dataset	98
Lampiran 3 Lembar Perbaikan Skripsi	99

KATA PENGANTAR

Assalaamu'alaykum Warahmatullahi Wabarokaatuh.

Segala puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah subhanahu wa ta'ala, Tuhan Yang Maha Esa atas berkat, izin, petunjuk, dan karunia-Nya sehingga tugas akhir yang berjudul “Deteksi Masker Secara *Real-Time* Menggunakan *Surveillance Camera* sebagai Pengawasan Penerapan Protokol Kesehatan” ini dapat diselesaikan sebagai salah satu syarat dalam menyelesaikan jenjang Starta-1 pada Departemen Teknik Informatika Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin.

Dalam penyusunan penelitian ini disajikan hasil penelitian terkait judul yang telah diangkat dan telah melalui proses pencarian dari berbagai sumber baik jurnal penelitian, prosiding pada seminar-seminar nasional/internasional, buku maupun situs-situs di internet.

Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan dan penulisan laporan skripsi ini tidak lepas dari banyak bantuan, bimbingan serta dukungan dari berbagai pihak, dari masa perkuliahan sampai dengan masa penyusunan tugas akhir. Oleh karena itu, penulis dengan senang hati menyampaikan terima kasih kepada:

1. Kedua orang tua penulis, yakni ayahanda penulis Ir. Marzuki dan ibunda Hatijah yang telah mendukung sepenuhnya untuk kegiatan-kegiatan baik akademik maupun non akademik.
2. Bapak Dr.Indrabayu S.T., M.T., M.Bus.Sys. selaku Pembimbing satu yang telah banyak memberi bimbingan, inspirasi, motivasi, masukan bermanfaat, dan kesempatan agar penulis banyak melakukan inovasi selama proses pengerjaan skripsi.
3. Kepada Bapak A. Ais Prayogi Alimuddin, S.T., Eng. selaku pembimbing dua yang menyediakan waktu, tenaga dan pikiran yang luar biasa dalam menyelesaikan skripsi.
4. Muhammad Zul Fahmi Sadrah, ST sebagai teman sejawat prodi yang tidak pernah bosan untuk dijadikan tempat konsultasi mengenai *source code* yang

digunakan dalam penyelesaian tugas akhir ini serta yang selalu menjadi teman produktif semasa perkuliahan.

5. Nublan Azqalani, Fauzan Alif, Irfan Ripat, Alfarabi Alif Putra, Irzam Kasyfillah, Muh Aries Sila, Amiruddin, Muhammad Fadhil, dan teman-teman sejawat produktif ruko, terima kasih karena telah memberikan banyak dorongan semangat.
6. Dosen-dosen yang saya hormati dan telah mengajarkan ilmu informatika selama masa perkuliahan tatap muka
7. Teman-teman RECOGN17ER yang selalu menjadi supportive system bayangan dalam pengerjaan skripsi, tanpa kalian, rasanya jadi hambar-hambar saja untuk menyelesaikan skripsi
8. Dan teman-teman lainnya, yang tidak dapat saya sebutkan satu persatu,

Akhir kata, penulis berharap semoga segala bantuan mendapatkan berkah dari yang Maha Kuasa sehingga apa yang dilakukan dapat menjadi batu loncatan untuk mencapai yang lebih baik pada inovasi yang akan datang, juga dapat memberikan manfaat bagi pengembangan ilmu selanjutnya. Aamiin.

Wassalaamu'alaykum Warahmatullahi Wabarokaatuh

Makassar, 24 Juli 2024

Penulis

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pandemi Covid-19 menjadi permasalahan global yang dihadapi seluruh dunia termasuk Indonesia. Berbagai upaya telah dilakukan oleh pemerintah untuk memerangi penyebaran virus corona ini. Salah satu usaha yang sudah dilakukan adalah memutus rantai penularan covid dengan membatasi aktivitas di luar rumah dan karantina mandiri. Setelah menjalani aktivitas hanya di rumah, maka bermunculan masalah sosial dan ekonomi sehingga mengharuskan masyarakat untuk kembali melakukan aktivitas untuk memenuhi kebutuhan sehari-hari. Tatanan kehidupan baru atau disebut *new normal* menjadi alternatif pemerintah untuk mengatasi permasalahan yang kompleks tersebut. Masyarakat diharapkan menerapkan protokol kesehatan pada era *new normal* sebagai bentuk upaya pencegahan penularan covid-19.

Strategi yang dilakukan dalam rangka mendukung upaya pemerintah Kota Makassar merujuk program pemerintah pusat menerapkan tatanan kehidupan baru (*new normal*) untuk lapisan masyarakat dengan mulai menekankan pemahaman *new normal* yaitu tidak hanya dapat melakukan aktivitas secara normal tetapi dalam pelaksanaannya ada penambahan kebudayaan baru yang wajib menerapkan protokol kesehatan untuk mengurangi risiko penularan covid-19. Protokol Kesehatan COVID-19 yang wajib dilaksanakan dalam era *new normal* yaitu memakai masker dengan benar, cuci tangan pakai sabun/ *hand sanitizer* dan menjaga jarak (*physical distancing*).

Namun, implementasi adaptasi kebiasaan baru atau *new normal*, dalam hal ini penerapan protokol kesehatan masih kurang efektif, sebagaimana yang dikatakan Ahmad Muzani, seorang politikus yang meminta pemerintah untuk memperketat pengawasan terhadap penerapan protokol kesehatan. Muzani menilai, lonjakan kasus covid-19 belakangan ini merupakan akibat dari lemahnya kontrol pemerintah pusat.

Setelah pemerintah juga secara resmi telah menghapus kewajiban menggunakan masker di ruangan terbuka, Mei 2022 lalu, maka implementasi

protokol Kesehatan dalam hal ini penggunaan masker, berfokus pada ruangan tertutup. Namun, dalam hal upaya implementasinya dalam ruangan tertutup, hanya dilakukan pengawasan atau pemeriksaan pada saat sebelum memasuki ruangan, dimana ketika berada dalam suatu ruangan, pengawasan penggunaan masker bisa dikatakan kurang efektif.

Maka oleh karena itu, peneliti berpikir dibutuhkan suatu bantuan teknologi *up- to-date* dimana dapat memaksimalkan penerapan protokol kesehatan yaitu pengawasan dalam penggunaan masker, dengan memanfaatkan teknologi *artificial intelligence* (AI). Dengan menerapkan teknologi AI yang diimplementasikan ke dalam *surveillance camera*, pengawasan terhadap penerapan protokol kesehatan di dalam ruangan dapat teratasi, dimana *surveillance camera* dapat mendeteksi secara *real-time* wajah mana yang menggunakan masker dan mana yang tidak. Teknologi ini diharapkan akan membantu pemerintah maupun instansi terkait dalam pemberian informasi atau data untuk pengambilan keputusan serta pengawasan protokol kesehatan secara langsung.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan dari latar belakang, maka rumusan masalah pada penelitian ini adalah:

1. Bagaimana cara *surveillance camera* dapat mendeteksi seseorang sedang memakai masker dan tidak memakai masker?
2. Bagaimana performa pendeteksian masker secara *real-time* jika diimplementasikan menggunakan *surveillance camera*?

1.3 Tujuan Penelitian/Perancangan

Adapun dalam penelitian ini, tujuan yang ingin dicapai adalah:

1. Untuk mengetahui dan memahami cara kerja *surveillance camera* dalam melakukan pendeteksian masker secara *real-time*.
2. Mengetahui performa sistem pendeteksian masker menggunakan *surveillance camera*

1.4 Manfaat Penelitian/Perancangan

Adapun manfaat dari penelitian ini adalah hasil dari penelitian ini akan menjadi pengetahuan dan dorongan penggunaan teknologi *Artificial Intellegent* dalam penerapan protokol kesehatan, melakukan pengawasan secara *real-time*, dan memberikan informasi yang dapat digunakan sebagai dasar untuk melakukan tindakan yang diperlukan dalam pengendalian dan pencegahan penyebaran covid-19.

1.5 Ruang Lingkup/Asumsi perancangan

Adapun batasan masalah pada penelitian ini yaitu :

1. Wajah deteksi dibatasi menghadap ke kiri, depan, kanan untuk dianalisis menggunakan masker atau tidak
2. Wajah tidak saling tertutup oleh objek yang lainnya, sehingga wajah harus terlihat secara utuh (tidak overlapped).
3. Oklusi warna dan variasi masker dibatasi menjadi tiga varian warna masker yaitu warna hitam, putih, dan biru sebagai acuan pengambilan data uji
4. Sudut IP Camera dan sudut wajah objek tidak menjadi variable dalam penelitian
5. Evaluasi akhir hanya berdasarkan pada objek wajah yang berhasil terdeteksi oleh model

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Masker

Masker adalah perlindungan pernafasan yang digunakan sebagai metode untuk melindungi individu dari menghirup zat-zat bahaya atau kontaminan yang berada di udara, perlindungan pernafasan atau masker tidak dimaksudkan untuk menggantikan metode pilihan yang dapat menghilangkan penyakit, tetapi digunakan untuk melindungi secara memadai pemakainya.

Menurut Cohen & Birdner (2021), masker adalah perlindungan pernafasan yang digunakan sebagai metode untuk melindungi individu dari menghirup zat-zat bahaya atau kontaminan yang berada di udara, perlindungan pernafasan atau masker tidak dimaksudkan untuk menggantikan metode pilihan yang dapat menghilangkan penyakit, tetapi digunakan untuk melindungi secara memadai pemakainya.

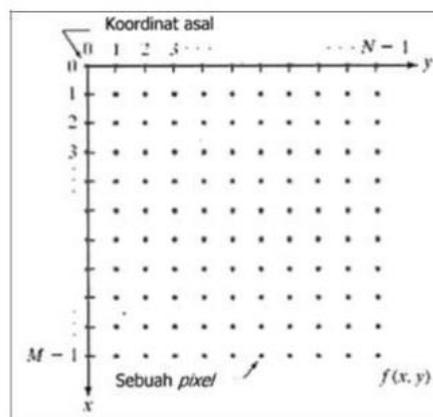
Masker secara luas digunakan untuk memberikan perlindungan terhadap partikel dan aerosol yang dapat menyebabkan bahaya bagi sistem pernafasan yang dihadapi oleh orang yang tidak memakai alat pelindung diri, bahaya partikel dan aerosol dari berbagai ukuran dan sifat kimia yang berbeda dapat membahayakan manusia, maka NIOSH merekomendasikan masker yang menggunakan filter (Eshbaugh et al, 2009).

2.2 Citra Digital

Citra adalah suatu representasi (gambaran), kemiripan, atau imitasi dari suatu objek. Citra digital merupakan kumpulan piksel (*picture element*) dengan suatu intensitas tertentu. Resolusi atau dimensi citra merupakan ukuran dari sebuah citra. Semakin tinggi resolusi suatu citra, maka akan semakin baik tampilan dari citra digital tersebut. Bagian terkecil dari suatu citra disebut dengan piksel. Sedangkan intensitas (kedalaman bit) dari masing-masing piksel, secara keseluruhan akan menggambarkan terang atau gelapnya citra digital tersebut.

Citra terbagi menjadi dua yaitu citra diam (*still image*) dan citra bergerak (*moving image*). Citra diam adalah citra tunggal yang tidak bergerak. Sedangkan citra bergerak adalah rangkaian citra diam yang ditampilkan secara beruntun (sekuensial) sehingga memberi kesan pada mata sebagai gambar yang bergerak.

Pengolahan citra digital menunjuk pada pemrosesan gambar dua dimensi menggunakan komputer. Dalam konteks yang lebih luas, pengolahan citra digital, mengacu pada pemrosesan setiap data dua dimensi. Citra digital merupakan sebuah larik (*array*) yang berisi nilai-nilai real maupun kompleks yang direpresentasikan dengan deretan bit tertentu. Suatu citra dapat didefinisikan sebagai fungsi $f(x,y)$ berukuran M baris dan N kolom, dengan x dan y adalah koordinat spasial, dan amplitude f di titik koordinat (x,y) dinamakan intensitas atau tingkat keabuan dari citra pada titik tersebut. Apabila nilai x , y , dan nilai amplitude f secara keseluruhan berhingga dan bernilai diskrit maka dapat dikatakan bahwa citra tersebut adalah citra digital.



Gambar 1 Koordinat citra digital

Citra digital dapat ditulis dalam bentuk matriks sebagai berikut.

$$f(x,y) = \begin{bmatrix} f(0,0) & f(0,1) & \cdots & f(0,N-1) \\ f(1,0) & f(1,1) & \cdots & f(1,N-1) \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ f(M-1,0) & f(M-1,1) & \cdots & f(M-1,N-1) \end{bmatrix}$$

dimana,

M = baris,

N = kolom,

(x,y) = titik koordinat spasial.

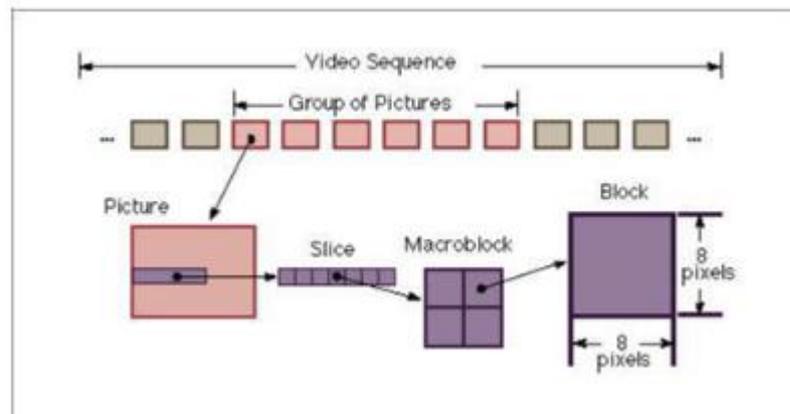
Nilai pada suatu irisan antar baris dan kolom (pada posisi x,y) disebut dengan *picture elements*, *image elements*, *pels*, atau *pixels*. Istilah terakhir (piksel) paling sering digunakan pada citra digital. Citra digital tersusun atas titik-titik yaitu dapat berbentuk persegi panjang dan secara beraturan membentuk baris-baris dan kolom-kolom. (Putra, 2010)

Setiap titik memiliki koordinat dan dapat dinyatakan dalam bilangan bulat positif, yaitu 0 atau 1 bergantung pada sistem yang digunakan. Format nilai piksel sama dengan format citra keseluruhan. Pada kebanyakan sistem pencitraan, nilai ini dapat berupa bilangan bulat positif. Format citra digital yang banyak digunakan, yaitu:

1. Citra biner (Monokrom). Citra monokrom atau citra hitam putih merupakan citra yang setiap pikselnya hanya mempunyai dua kemungkinan nilai, seperti on dan off, disimpan dalam matriks dengan nilai 0 (off) dan 1 (on).
2. Citra skala keabuan (Grayscale). Citra grayscale dikatakan format citra skala keabuan karena pada umumnya warna yang dipakai adalah warna hitam sebagai warna minimum dan warna putih sebagai warna maksimumnya, sehingga warna antara keduanya adalah abu-abu.
3. Citra berwarna, dimana citra warna terdiri atas 3 layer matriks, yaitu R-layer, G-layer, B-layer. Sistem warna RGB (Red Green Blue) menggunakan sistem tampilan grafik kualitas tinggi (High quality raster graphic) yaitu mode 24 bit. Setiap komponen warna merah, hijau, biru masing-masing mendapatkan alokasi 8 bit untuk menampilkan warna. Pada sistem warna RGB, setiap piksel akan dinyatakan dalam 3 parameter dan bukan nomor warna. Setiap warna mempunyai range nilai 00 (angka desimalnya adalah 0) dan f (angka desimalnya 255) atau mempunyai nilai derajat keabuan $256 = 2^8$. Dengan demikian, range warna yang digunakan adalah $(2^8) (2^8) (2^8) = 224$ (atau dikenal dengan istilah true color pada Windows). Nilai warna yang digunakan merupakan gabungan warna cahaya merah, hijau dan biru

2.3 Video Digital

Video adalah bentuk penerapan teknologi untuk menangkap, merekam, memproses, menyimpan, dan merekonstruksi kumpulan citra yang saling berurutan. Alan C. Bovik dalam bukunya *Handbook of Image and Video Processing* menjelaskan bahwa video digital merupakan hasil sampling dan kuantisasi dari video analog. Secara mendasar, tidak ada perbedaan proses sampling dan kuantisasi antara citra digital dan video digital.



Gambar 2 Struktur video digital

Mukhopadhyay (2011) berdasarkan gambar 2, struktur yang menyusun video yaitu :

1. Video Sequence, diawali dengan sequence header, berisi satu grup gambar atau lebih, diakhiri dengan kode end-of-sequence.
2. Group of Pictures (GOP), Header dan serangkaian satu atau lebih gambar yang dimaksudkan untuk memungkinkan akses secara acak menjadi beruntun.
3. Picture, Unit pengkodean utama dari urutan video.
4. Slice, satu atau beberapa macroblocks bersebalahan. Urutan macroblocks dalam slice adalah dari kiri ke kanan dan dari atas ke bawah.
5. Macroblocks, komponen pencahayaan dan komponen krominasi sesuai dengan urutan blok pada aliran data.

Video digital pada dasarnya adalah sekumpulan citra digital yang disusun secara teratur dan berurutan sehingga menyebabkan efek objek yang ada di dalam citra digital tersebut bergerak, dikarenakan adanya citra yang saling berurutan. Video digital terdiri dari beberapa *frame* yang ditampilkan dengan kecepatan tertentu.

Setiap *frame* merupakan citra kontinu dan kecepatan untuk menampilkan citra-citra yang ada disebut sebagai *frame rate* dengan satuan fps (*frame per second*). Jika *frame rate* pada suatu video digital cukup tinggi, maka video akan terlihat semakin halus, dikarenakan banyaknya citra yang menyusun sebuah video tersebut. Kualitas suatu video sangat dipengaruhi oleh besarnya nilai karakteristik yang dimiliki oleh sebuah video digital, sehingga sensitifitas mata manusia terhadap video yang dilihat dipengaruhi oleh besarnya nilai-nilai karakteristik dari video itu sendiri. Adapun karakteristik yang dimiliki oleh sebuah video digital adalah :

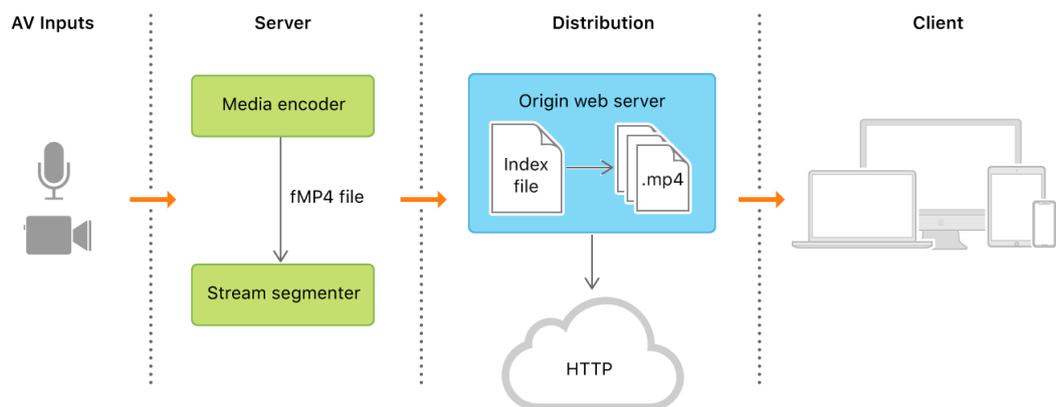
1. Resolusi. Resolusi atau dimensi *frame* merupakan ukuran sebuah *frame* yang dinyatakan dengan piksel x piksel. Semakin tinggi resolusi maka semakin baik tampilan video tersebut, namun resolusi yang tinggi membutuhkan jumlah bit yang besar, sehingga memiliki ukuran file yang besar.
2. Kedalaman Bit. Kedalaman bit akan menentukan jumlah bit yang digunakan untuk merepresentasikan tiap piksel pada sebuah *frame*. Sama halnya dengan resolusi, semakin besar kedalaman bit yang digunakan, maka semakin besar jumlah bit yang dibutuhkan.
3. Laju *Frame*. Laju *frame* merupakan banyaknya jumlah *frame* yang bergerak tiap detik yang kerap dikenal sebagai *frame per second* (fps). Karakteristik ini berkaitan dengan kehalusan gerakan (*smoothness of motion*) sebuah objek di dalam video. Beberapa nilai standar *frame per second* (fps) yang umum digunakan adalah 30 fps dan 25 fps.

2.4 Video Streaming Digital

Video Streaming adalah teknologi pengiriman data, video atau audio dalam bentuk yang telah dikompresi melalui jaringan internet yang ditampilkan oleh suatu player secara *real-time*. Pengguna memerlukan pemutar yang merupakan aplikasi khusus untuk melakukan dekompresi dan mengirimkan data berupa video ke tampilan layar monitor dan data berupa suara ke speaker. Sebuah player dapat berupa suatu bagian dari browser atau sebuah perangkat lunak. Inti dari streaming adalah membagi data dan encoding, kemudian mengirimkannya melalui jaringan dan pada saat data sampai pada pengguna maka akan dilakukan decoding serta pembacaan data. Ciri-ciri aplikasi streaming yaitu distribusi audio, video, dan

multimedia pada jaringan secara *real-time* atau *on demand*. Saat dilakukan *streaming*, transfer media data secara digital dari server dan diterima oleh pengguna sebagai *real-time* stream sehingga pengguna tidak perlu menunggu keseluruhan data di-download karena server mengirimkan data yang diperlukan setiap selang waktu tertentu. Hal ini memungkinkan pengguna untuk menjalankan berkas konten seketika dengan periode buffer pendek.

Ada beberapa video *streaming* antara lain webcast, dimana tayangan yang ditampilkan merupakan siaran langsung (*live*) dan *Video on Demand* (VoD), dimana tayangan yang ditampilkan sudah terlebih dahulu disimpan dalam server. Faktor-faktor yang mempengaruhi distribusi video streaming melalui jaringan antara lain: besarnya bandwidth, waktu tunda (*delay*), *lost packet*, dan juga teknik mendistribusikan video tersebut ke beberapa tujuan secara merata dan efisien (John G. Apostolopoulos, Wai-tian Tan, 2002). Berikut ilustrasi alur diagram video streaming.



Gambar 3 Alur diagram video streaming

Ada tiga cara umum yang biasa digunakan dalam menerima stream data sebagai berikut.

1. Download

Pada penerimaan stream data dengan cara download, akses video dilakukan dengan cara melakukan download terlebih dahulu suatu file multimedia dari server. Penggunaan cara ini mengharuskan keseluruhan suatu file multimedia harus diterima secara lengkap pada pengguna. File multimedia yang sudah diterima kemudian disimpan pada tempat penyimpanan yang ada di komputer. Pengguna baru dapat mengakses video tersebut setelah berhasil

menerima file multimedia tersebut secara lengkap. Keuntungan dari penggunaan cara download ini adalah akses yang lebih cepat ke salah satu bagian dari file tersebut. Sedangkan kekurangannya adalah pengguna yang ingin mengakses video tersebut harus menunggu terlebih dahulu sampai keseluruhan file multimedia tersebut diterima secara lengkap.

2. Streaming

Pada penerimaan video secara streaming, pengguna dapat melihat suatu file multimedia hampir bersamaan ketika file tersebut mulai diterima. Penggunaan cara ini mengharuskan pengiriman suatu file multimedia ke pengguna secara konstan (*realtime*). Hal ini bertujuan agar pengguna dapat menyaksikan video yang diterima secara langsung tanpa ada bagian yang hilang. Keuntungan dari cara ini adalah pengguna tidak perlu menunggu hingga suatu file multimedia dikirimkan secara lengkap. Dengan demikian, penggunaan cara ini memungkinkan sebuah server untuk melakukan pengiriman siaran secara langsung kepada pengguna.

3. Progressive Downloading

Progressive Downloading adalah suatu metode hybrid yang merupakan hasil penggabungan antara metode download dan metode streaming, dimana video yang sedang diakses dapat diterima dengan cara download sehingga player yang ada pada pengguna sudah dapat mulai menampilkan video tersebut sejak sebagian dari file tersebut diterima walaupun file tersebut belum diterima secara lengkap.

2.5 Video Streaming Digital

Surveillance System atau disebut *Closed Circuit Television System* berfungsi mengontrol semua kegiatan secara visual atau audio visual pada area tertentu yang dipasang suatu alat berupa kamera yang fungsinya secara langsung dapat mengawasi, dan mengamati serta merekam kejadian di suatu tempat, ruangan atau area tertentu, alat ini terdiri dari: kamera, *digital video recorder*, dan monitor yang terintegrasi dalam suatu sistem jaringan secara daring atau biasa juga diimplementasikan secara manual intern. Tujuan dari setiap orang menggunakan CCTV adalah untuk memantau daerah yang luas dan mungkin jauh dari suatu lokasi

yang sulit di kontrol dan dijangkau pada saat waktu yang bersamaan. Adapun bagian-bagian dari *surveillance system* yaitu:

1. Kamera

Kamera berfungsi menangkap atau mengambil gambar dan mengubah menjadi sinyal listrik. yang terpasang di area-area/tempat-tempat yang akan diamati. Dalam fungsinya kamera dapat di katagorikan sesuai kebutuhan dan keinginan seperti : standar, dome, pin hole. Secara teknologi jenis kamera di dalam penggunaannya ada yang secara *wireless*, *outdoor* atau *indoor*, dan juga secara fungsinya ada yang bisa digerakkan (*pan*, *tilt*, *zoom*, dll). Dari kualitasnya kamera dapat di tentukan oleh beberapa hal seperti image sensor yaitu bagian yang berfungsi menangkap gambar, semakin tinggi resolusi dan kepekaannya (iluminasi) maka semakin baik kualitasnya. Image sensor yang sering digunakan berukuran 0.25", 1.3", 0.5" dan 1". Kemampuan mengolah sinyal yang ada pada controllernya seperti kemampuan automatic gain control, white balance dll.

2. Digital Video Recorder

Teknologi CCTV dengan menggunakan *digital video recorder* adalah teknologi yang sudah bisa diakses/dilihat dari berbagai tempat yang sudah memiliki jaringan komputer yang baik dan secara daring, memiliki kemampuan yang tinggi dalam mengaksesnya serta sudah diset up sehingga memudahkan user untuk mampu meremote data gambar yang dikirim multiplexer. Fungsi dari multiplexer adalah mengatur tampilan dan perekaman gambar dari kamera ke sebuah monitor dan *video cassette recorder* atau VCR.

DVR Memiliki kemampuan sebagai multiplexer dan VCR, Dengan teknologi digital komputer saat ini seluruh data dirubah dan diolah dalam bentuk digital, Teknologi DVR saat ini telah berbasis *personal computer* (PC) dengan spesifikasi mumpuni yang ada dipasaran saat ini. *Digital video recorder* terdiri dari 2 jenis, yaitu :

a. Standalone DVR

Standalone berfungsi sebagai alat perekam dan alat untuk membagi tampilan di layer monitor atau mengatur tampilan, Untuk keunggulannya, jika dibandingkan dengan DVR Card maka penggunaannya lebih praktis karena tidak memerlukan tambahan PC, Instalasi Software, system ini memiliki beberapa kelemahan yaitu tidak di rancang untuk dipakai sebagai WEB Based system, Futurenya masih terbatas jika dibandingkan dengan DVR Card, Dan untuk kapasitasnya sangat terbatas karena kendala dari system ini adalah pada slot harddisk sebagai penyimpanan data.

b. DVR Card

Sebagai penghubung antara PC dan CCTV dengan dilengkapi dengan piranti lunak yang mana memiliki fungsi sebagai alat perekam, alat pengatur tampilan, dan alat penggerak kamera, serta dapat juga difungsikan sebagai *remote viewing system* melalui jaringan LAN, WAN, Internet, dll. Mengacu dari perangkat lunak sistem ini dapat dikembangkan untuk di pakai mejandi aplikasi berbasis web.

3. CCTV dengan basis dasar IP kamera

IP based camera adalah kamera yang sudah memiliki *IP Address* sehingga dapat berfungsi sebagai layaknya komputer yang berada di jaringan LAN. Kamera jenis ini dapat berdiri sendiri tanpa kartu memori atau bantuan alat lain untuk terintegrasi dalam media digital computer (HDD), kamera jenis ini memiliki jenis penyimpanan yang lebih kecil (MPEG4). Serta dapat diakses dimanapun asalkan jaringan LAN atau computer server induknya sudah terkoneksi dengan internet dan memiliki ip publik sehingga dapat dilihat *browser* internet yang ada. Ketersediaan jaringan akses LAN, Penggunaan kabel UTP/Jaringan, Ketersediaan HUB serta repeater tiap 100-150M merupakan persyaratan yang harus disiapkan di luar kestabilan transfer data jaringan.

4. CCTV dengan Basis Dasar IP Kamera support 3G

CCTV dengan IP, adalah IP kamera yang memiliki teknologi terakhir di atas dari teknologi IP kamera yang ada saat ini, Beberapa IP kamera yang ada saat ini masih menggunakan DVR Card sebagai penghubung antara PC dengan CCTV, *Infinity IP Cam* merupakan gambaran *IP Camera* yang nantinya akan berkembang ke depannya. Dalam pemasarannya *Infinity* tidak lagi memasarkan *DVR Card* sebagai penghubung ke monitor, bahkan software untuk monitornya terbilang gratis jika menggunakan 16 Channel saja. CCTV ini sangat mudah di pasang karena tidak perlu membentuk jaringan baru, tapi cukup menggunakan jaringan yang sudah ada, CCTV ini cukup menggunakan kabel UTP biasa yang dihubungkan dari kamera ke Switch terdekat dalam jaringan TCP/IP.

Sesuai dengan kelasnya kamera ini berbeda dgn yang lain di samping simple kamera ini kecil dan ringan sehingga tidak memerlukan ruang yang besar, futuristik serta tidak mudah berkarat atau panas, jika di bandingkan dengan IP kamera yang lain, dalam pemasangannya tidak sulit cukup kamera dan kabel UTP yang dihubungkan ke *switch* terdekat, untuk perangkat lunaknya dapat di download , selanjutnya dapat dioperasikan. Kamera ini dapat di akses oleh 20 user secara bersamaan.

Kemudahan dan keuntungan dari kamera ini jika komputer yang digunakan sebagai monitoring mengalami kerusakan, cukup seorang user menggantikan dengan notebook pada jaringan yang sama, Berbeda dengan IP Kamera yang lain yang masih menggunakan *DVR Card* serta software monitoring, yang jika terjadi kerusakan harus memindahkan *DVR Card* dan menginstall kembali perangkat lunak monitoring pada komputer atau bahkan harus menunggu tenaga ahli, Dalam proses pengiriman data gambar pada suatu jaringan sampai ke monitor, kamera ini hanya membutuhkan *bandwith* yang sangat kecil sehingga tidak menyebabkan jaringan terasa lambat, Sekalipun secara bersamaan ada 5-6 kamera di tampilkan pada sebuah monitor, ini di karenakan proses pengiriman gambar ke monitor di lakukan satu per satu pada suatu jaringan kabel sehingga tidak membutuhkan *bandwith* yang besar.

2.6 Visi Komputer

Visi Komputer merupakan sub disiplin ilmu dari kecerdasan buatan yang mempelajari bagaimana mesin dapat mengenali objek yang diamati atau diobservasi. Dapat disebut juga sebagai *Machine Vision*, ilmu ini mengembangkan teori-teori dan algoritma dimana informasi yang berguna diekstraksi dan dianalisis dari sebuah citra penelitian, sekumpulan citra, atau citra yang berurutan dari sebuah komputasi yang dibuat oleh komputer.

Lebih lanjut, definisi visi komputer adalah ilmu dan teknologi mesin yang dapat melihat, sehingga mesin mampu mengekstrak informasi dari gambar yang diperlukan untuk menyelesaikan tugas tertentu. Sebagai suatu disiplin ilmu, visi komputer berkaitan dengan teori di balik sistem buatan bahwa ekstrak informasi dari gambar. Data gambar dapat mengambil banyak bentuk, seperti urutan video pandangan dari beberapa kamera, atau data multi-dimensi dari *scanner* medis. Sebagai disiplin teknologi, visi komputer berusaha untuk menerapkan teori dan model untuk pembangunan system. Tujuannya adalah memberikan kemampuan kepada komputer agar dapat "melihat" dan "memahami" dunia seperti yang dilakukan oleh manusia. Visi komputer mencakup berbagai tugas dan aplikasi, seperti deteksi objek, pengenalan wajah, dan segmentasi gambar. Metode dalam visi komputer mencakup ekstraksi fitur, pengklasifikasian, dan pembelajaran mesin (Szeliski, 2011).

2.6.1 Pengolahan Citra

Pertumbuhan bidang ilmu yang berkaitan dengan analisis dan manipulasi digital terhadap citra, dikenal sebagai pengolahan citra, bertujuan untuk meningkatkan kualitas, mengekstraksi informasi, dan memahami konten visual yang terdapat dalam citra tersebut. Tujuan utamanya adalah mengubah citra menjadi bentuk yang lebih bermanfaat dan dapat dipahami oleh manusia atau digunakan dalam berbagai aplikasi komputasi. Pengolahan citra mencakup penerapan teknik dan algoritma seperti pra-pemrosesan, segmentasi, augmentasi, ekstraksi fitur, restorasi dan rekonstruksi, serta pemrosesan spasial dan frekuensi. Aplikasi praktis dari pengolahan citra mencakup pengenalan pola, pengolahan

medis, pengenalan wajah, sistem pengawasan, dan analisis citra satelit (Gonzales & Woods, 2008).

2.6.2 Augmentasi Gambar

Augmentasi gambar menghasilkan contoh pelatihan yang memiliki kemiripan tetapi memiliki perbedaan setelah melalui serangkaian perubahan acak pada gambar latihan. Hal ini bertujuan untuk memperluas ukuran set pelatihan. Sisi lainnya, augmentasi gambar dapat diberdayakan oleh pemikiran bahwa perubahan acak pada contoh pelatihan dapat membantu model untuk tidak terlalu bergantung pada atribut tertentu, yang pada gilirannya dapat meningkatkan kemampuan generalisasinya. Sebagai contoh, gambar dapat mengalami pemotongan dengan variasi sehingga objek yang diinginkan muncul di lokasi yang berbeda, sehingga mengurangi ketergantungan model pada posisi objek tersebut. Selain itu, augmentasi dapat menyesuaikan faktor seperti kecerahan dan warna guna mengurangi sensitivitas model terhadap variasi warna (Aston Zhang, Zachary C. Lipton, Mu Li, 2020).

2.6.3 Pengenalan Pola

Pengenalan pola merupakan studi tentang metode komputasi yang berkaitan dengan pengambilan keputusan dan klasifikasi objek berdasarkan observasi terhadap sifat-sifatnya. Bidang ini terlibat dalam pengembangan metode dan algoritma untuk mengenali, mengklasifikasikan, dan memahami pola-pola dalam data. Proses pengenalan pola mencakup ekstraksi fitur dan teknik klasifikasi. Aplikasi praktis dari pengenalan pola mencakup pengenalan karakter tulisan tangan, pengenalan wajah, deteksi objek, pengenalan suara, dan analisis data kompleks. Selain itu, pengenalan pola melibatkan penggunaan pemodelan statistik, analisis probabilitas, dan teknik optimasi (Duda et al., 2000)

2.7 Machine Learning

Sindy (2018) menyatakan bahwa *Machine learning* adalah salah satu bidang ilmu komputer yang memberikan kemampuan pembelajaran kepada komputer untuk mengetahui sesuatu tanpa pemrogram yang jelas. Istilah *machine learning* pada dasarnya adalah proses komputer untuk belajar dari data. Tanpa adanya data,

komputer tidak akan bisa belajar apa-apa. Semua pengetahuan *machine learning* pasti akan melibatkan data. Data bisa saja sama, akan tetapi algoritma dan pendekatannya berbeda-beda untuk mendapatkan hasil yang optimal.

Machine learning merupakan salah satu cabang dari disiplin ilmu kecerdasan buatan (*Artificial Intelligence*) yang membahas mengenai pembangunan sistem yang berdasarkan pada data. Dalam pembelajaran *machine learning*, terdapat beberapa skenario-skenario seperti berikut.

1. *Supervised Learning*, penggunaan metode *supervised learning* adalah pembelajaran menggunakan masukan data yang telah diberi label. Setelah itu melakukan prediksi dari data yang telah diberi label.
2. *Unsupervised Learning*, penggunaan metode *unsupervised learning* yakni pembelajaran menggunakan masukan data yang tidak diberi label. Setelah itu mencoba untuk mengelompokkan data berdasarkan karakteristik-karakteristik yang ditemukan.
3. *Reinforcement Learning*, pada penggunaan metode *reinforcement learning* adalah fase pembelajaran dan tes saling dicampur. Untuk mengumpulkan informasi pembelajaran secara aktif dengan berinteraksi ke lingkungan sehingga dapat memproses setiap fitur data yang diperoleh untuk setiap aksi dari pembelajaran.

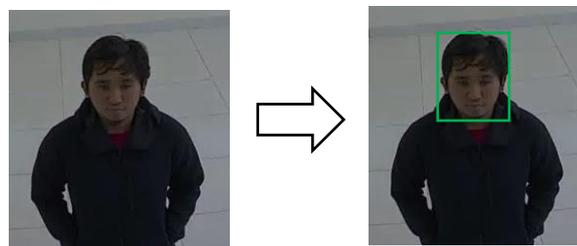
Penelitian ini berdasarkan dari *machine learning* yang menggunakan *supervised learning* sehingga penelitian ini memiliki dataset yang akan memiliki label.

2.8 Face Detection

Deteksi wajah merupakan proses mengidentifikasi dan menentukan lokasi wajah manusia dalam gambar atau video menggunakan model atau algoritma yang telah diinstruksikan untuk mendeteksi fitur-fitur khas dari wajah manusia. Tujuan dari deteksi wajah adalah untuk secara otomatis mengenali dan memisahkan area wajah dari latar belakang atau objek lainnya dalam citra. Metode deteksi wajah yaitu mencari fitur-fitur khas seperti mata, hidung, dan mulut untuk mengenali pola-pola karakteristik wajah. Deteksi wajah melibatkan penggunaan algoritma atau model pembelajaran mesin yang telah dilatih dengan dataset gambar wajah. Beberapa metode yang umum digunakan dalam deteksi wajah meliputi Haar

Cascade, Local Binary Patterns (LBP), dan Convolutional Neural Networks (CNN). Metode-metode ini menganalisis piksel-piksel citra dengan menggunakan teknik pengklasifikasi berbasis fitur, jaringan saraf tiruan, atau kombinasi metode berbasis aturan.

Proses deteksi wajah melibatkan serangkaian tahapan, termasuk ekstraksi fitur, pelatihan model, dan proses pengklasifikasi untuk mengenali wajah manusia dengan tingkat akurasi yang tinggi. Aplikasi dari deteksi wajah mencakup pengenalan wajah, identifikasi keamanan, pengolahan video, dan lainnya. (Viola & Jones, 2001).



Gambar 4 Ilustrasi Deteksi Wajah

2.8 Convolutional Neural Network

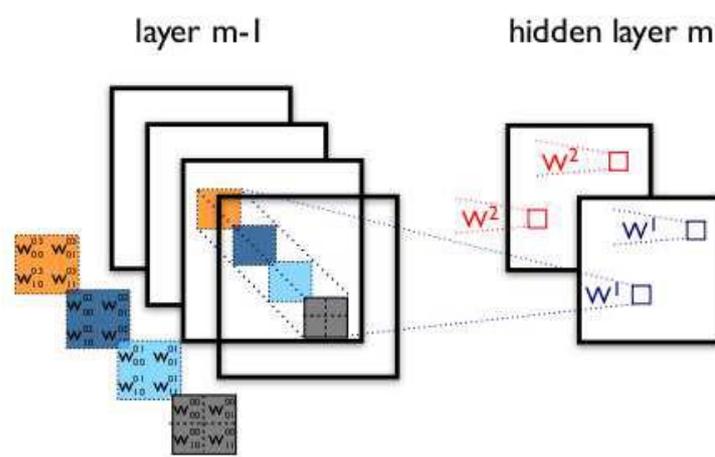
Convolutional Neural Network atau CNN adalah salah satu metode *deep learning* yang mempelajari fitur-fitur level hierarki dari citra menggunakan gambar dengan berbagai tingkat. Untuk melatih *deep network*, biasanya, ratusan gambar digunakan sebagai input untuk pembelajaran representatif yang lebih baik (Ayman S. El-Baz, 2022). Alex Krizhevsky berhasil menjuarai kompetensi ImageNet Large Scale Visual Recognition Challenge 2012, yang berhasil membuktikan bahwa metode CNN mengungguli metode Machine Learning lainnya pada kasus klasifikasi objek pada citra.

2.8.1 Convolutional Layer

Convolutional Layer merupakan lapisan yang paling fundamental dan penting dalam CNN. Lapisan ini melakukan konvolusi atau perkalian matriks piksel yang dihasilkan dari gambar atau objek yang diberikan untuk menghasilkan peta aktivasi. Peta aktivasi memiliki keunggulan utama yaitu menyimpan semua fitur

khas dari gambar yang diberikan, sambil mengurangi jumlah data yang harus diproses. Matriks yang digunakan untuk konvolusi adalah detektor fitur, yang merupakan kumpulan nilai-nilai yang sesuai dengan mesin. Dengan menggunakan nilai-nilai detektor fitur yang berbeda, variasi gambar yang berbeda dapat dihasilkan. Model yang telah melalui proses konvolusi juga dilatih menggunakan metode backpropagation untuk meminimalkan kesalahan pada setiap lapisan (Ajit et al., 2020).

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



Gambar 5 Proses konvolusi pada CNN

2.8.2 Pooling

Pooling merupakan langkah penting untuk mengurangi dimensi peta aktivasi, sehingga hanya fitur-fitur penting yang dipertahankan, sambil juga mengurangi perubahan spasial. Hal ini berkontribusi pada pengurangan jumlah fitur yang dapat dipelajari oleh model dan membantu mengatasi masalah *overfitting*. Melalui *pooling*, CNN dapat menggabungkan berbagai dimensi dari sebuah gambar

sehingga dapat mengenali objek yang diberikan, bahkan jika objek tersebut memiliki bentuk yang condong atau hadir dalam sudut yang berbeda. Terdapat berbagai jenis *pooling*, seperti *max pooling*, *average pooling*, *stochastic pooling*, dan *spatial pyramid pooling*. Diantara semuanya, *max pooling* merupakan yang paling populer.

Max Pooling mengambil nilai terbesar dari setiap sub-matriks dalam peta aktivasi dan membentuk matriks terpisah dari nilai-nilai tersebut. Dengan melakukan ini, jumlah fitur yang dapat dipelajari tetap terbatas, sambil tetap mempertahankan fitur-fitur utama dari setiap gambar. *Max Pooling* umumnya dilakukan menggunakan filter berukuran 2×2 .

2.8.3 Fully Connected Layer

Ini merupakan lapisan akhir yang diberikan ke dalam jaringan saraf. Umumnya, matriks akan diubah menjadi bentuk datar sebelum diteruskan ke neuron-neuron. Setelah tahap ini, sulit untuk melacak data karena terdapat banyak lapisan tersembunyi dengan bobot yang bervariasi untuk keluaran setiap neuron. Di lapisan ini, semua pemikiran dan komputasi pada data dilakukan.

2.8.4 Optimizer

Algoritma optimisasi digunakan untuk mengurangi fungsi kesalahan, yaitu fungsi numerik yang tergantung pada parameter-parameter penting dalam model. Parameter-parameter ini digunakan untuk menghitung nilai tujuan dari sekumpulan prediktor yang diakses dalam model. Parameter pembelajaran internal termasuk nilai bias dan bobot jaringan saraf yang digunakan untuk menghitung nilai output. Optimisasi memainkan peran penting dalam mengurangi kerugian yang terjadi selama proses pelatihan jaringan dan dalam model jaringan saraf selama pelatihan. Adapun beberapa teknik optimasi sebagai berikut:

- a. Adam; Adam Optimizer diperkenalkan oleh Diederik P. Kingma dan Jimmy Lei Ba. Ini adalah pendekatan untuk meningkatkan stokastik yang efektif yang membutuhkan gradien orde pertama dengan spesifikasi memori yang kompak. Optimizer ini menghitung tingkat pembelajaran yang beragam secara diskrit untuk parameter-parameter yang berbeda dari

evaluasi momen pertama dan kedua dari gradien (Kingma & Ba, 2015). Kata Adam berasal dari frasa, *adaptive moment estimation*.

```

1:  $\alpha$ : Step size
2:  $\beta_1, \beta_2 \in [0,1)$ : Ascending decay weights for the momentum gauges
3:  $f(\theta)$ : Assumed objective function with criterion  $\theta$ 
4:  $\theta_0$ : set parameter vector
    $m_0 \leftarrow 0$ : set 1st moment vector
    $v_0 \leftarrow 0$ : set the exponentially weighted limitlessness standard
    $t \leftarrow 0$ : set timestamp
5: while  $\theta_t$  not merged do
    $t \leftarrow t + 1$ 
    $g_t \leftarrow \nabla_{\theta} f_t(\theta_{t-1})$  (Get inclinations regarding stochastic goal at time step t)
    $m_t \leftarrow \beta_1 \cdot m_{t-1} + (1 - \beta_1) \cdot g_t$  (Revise biased 1st moment gauge)
    $v_t \leftarrow \max(\beta_2 \cdot v_{t-1}, |g_t|)$  (Revise the exponentially weighted infinity norm)
    $\theta_t \leftarrow \theta_{t-1} - (\alpha / (1 - \beta_1^t)) \cdot m_t / v_t$  (Revise parameters)
end while
6: return  $\theta_t$  (Resulting parameters)

```

Gambar 6 Algoritma *Adam Optimizer*

- b. Adamax; adamax adalah variasi dari Adam yang bergantung pada aturan ketidakterbatasan. Algoritma Adamax ditunjukkan dalam gambar 5.

```

1:  $\alpha$ : Step size
2:  $\beta_1, \beta_2 \in [0,1)$ : Ascending decay weights for momentum gauges
3:  $k(\theta)$ : Assumed objective function with criterion  $\theta$ 
4:  $\theta_0$ : set criterion vector
    $l_0 \leftarrow 0$ : set 1st-momentum vector
    $v_0 \leftarrow 0$ : set 2nd-momentum vector
    $t \leftarrow 0$ : set timestamp
5: Until  $\theta_t$  is not merged do
    $t \leftarrow t + 1$ 
    $g_t \leftarrow \nabla_{\theta} k_t(\theta_{t-1})$  (Get inclinations regarding stochastic goal at time step t)
    $l_t \leftarrow \beta_1 \cdot l_{t-1} + (1 - \beta_1) \cdot g_t$  (Revise biased 1st moment estimate)
    $v_t \leftarrow \beta_2 \cdot v_{t-1} + (1 - \beta_2) \cdot g_t^2$  (Revise biased 2nd raw moment gauge)
    $\hat{m}_t \leftarrow l_t / (1 - \beta_1^t)$  (Calculate bias-corrected 1st moment gauge)
    $\hat{v}_t \leftarrow v_t / (1 - \beta_2^t)$  (Calculate bias-corrected 2nd raw moment gauge)
    $\theta_t \leftarrow \theta_{t-1} - \alpha \cdot \hat{m}_t / (\sqrt{\hat{v}_t} + \epsilon)$  (Revise parameters)
end while
6: return  $\theta_t$  (Resulting parameters)

```

Gambar 7 Algoritma *Adamax Optimizer*

2.9 Confusion Matrix

Confusion matrix adalah suatu matriks yang menampilkan klasifikasi prediksi dan kelas aktual. Sebuah *confusion matrix* memiliki ukuran $l \times l$, di mana l merupakan jumlah dari nilai label atau kelas yang berbeda (Kohavi & Provost, 1998). Dalam confusion matrix multi-kelas, kelas-kelas tersebut diurutkan dalam urutan yang sama dalam baris dan kolom, seperti yang terlihat pada Gambar 6. Karena alasan ini, elemen-elemen yang terklasifikasi dengan benar (True Positive) terletak di sepanjang diagonal utama, dari sudut kiri atas ke sudut kanan bawah, dan merupakan titik-titik pertemuan antara prediksi dan aktual (Grandini, Bagli, & Visani, 2020)

		PREDICTED classification				Total
		Classes	a	b	c	
ACTUAL classification	a	6	0	1	2	9
	b	3	9	1	1	14
	c	1	0	10	2	13
	d	1	2	1	12	16
Total		11	11	13	17	52

Gambar 8 Multi-Class Confusion Matrix (Sumber: Grandini, Bagli, & Visani, 2020)

Precision adalah hasil bagi antara jumlah elemen True Positive dan total unit yang diprediksi secara positif (jumlah kolom dari prediksi positif). Lebih rinci, True Positive mengacu pada elemen-elemen yang telah diberi label positif oleh model dan memang benar-benar positif, sedangkan False Positive merujuk pada elemenelemen yang telah diberi label positif oleh model, tetapi pada kenyataannya sebenarnya negatif.

$$Precision = \frac{TP}{TP + FP} \quad (1)$$

dimana,

TP = ture positive,

FP = false positive,

Recall merupakan hasil bagi antara jumlah elemen True Positive dan total unit yang benar-benar bernilai positif dan diklasifikasikan sebagai positif (jumlah baris pada kelas aktual positif). Secara spesifik, False Negative adalah elemen yang telah diberi label negatif oleh model, namun pada kenyataannya sebenarnya positif.

$$Recall = \frac{TP}{TP + FN} \quad (2)$$

dimana,

TP = true positive,

FN = false negative,

F1-Score mengevaluasi performa model klasifikasi berdasarkan matriks konfusi. Formula F1-Score dapat diinterpretasikan sebagai rata-rata antara Presisi (Precision) dan Recall, di mana nilai F1-Score mencapai puncaknya pada 1 dan mencapai nilai terendah pada 0. Kontribusi relatif dari presisi dan recall adalah setara dalam F1-Score, dan rata-rata harmonik digunakan untuk mencari keseimbangan terbaik antara dua ukuran (Grandini, Bagli, & Visani, 2020).

$$F1 \text{ Score} = 2 \times \left(\frac{Precision \times Recall}{Precision + Recall} \right) \quad (3)$$

Akurasi adalah metrik evaluasi yang mengukur seberapa baik model membuat prediksi yang benar dari total prediksi yang dilakukan. Dalam konteks klasifikasi, akurasi memberikan gambaran mengenai seberapa sering model memprediksi kelas yang benar, baik itu kelas positif maupun negatif.

$$Akurasi = \frac{\text{jumlah prediksi yang benar}}{\text{jumlah total prediksi}} \quad (4)$$

$$Akurasi = \frac{TP + TN}{TP + TN + FN + FP}$$

dimana,

TP = true positive,

TN = true negative,

FP = false positive,

FN = false negative,