

© Jurnal Nasional Teknik Elektro dan Teknologi Informasi  
Karya ini berada di bawah Lisensi Creative Commons Atribusi-BerbagiSerupa 4.0 Internasional  
Terjemahan dari 10.22146/jnteti.v13i1.9292

# Implementasi Deteksi Penggunaan Masker Menggunakan SVM dan Haar Cascade Pada OpenCV

Hustinawaty<sup>1</sup>, Muhammad Farell<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Departemen Teknik Informatika, Fakultas Ilmu Komputer dan Teknologi Informasi, Universitas Gunadarma, Depok, Indonesia

[Diserahkan: 8 September 2023, Direvisi: 28 November 2023, Diterima: 8 Desember 2023]

Penulis Korespondensi: Muhammad Farell (email: moeh.farell@gmail.com)

**INTISARI** — Meskipun terjadi penurunan kasus COVID-19 secara global, masih adanya ancaman SARS-CoV-2 dan makin menurunnya kesadaran masyarakat terhadap ancaman virus ini telah menimbulkan kekhawatiran tersendiri. Banyak orang yang masih mengabaikan penggunaan masker ataupun menggunakannya dengan tidak tepat. Hal ini sangat mengkhawatirkan mengingat COVID-19 memiliki tingkat penularan yang tinggi, terutama di tempat yang ramai seperti pusat perbelanjaan. Petugas penegak hukum sering menghadapi kesulitan dalam mengidentifikasi masyarakat yang memakai masker dengan tidak tepat. Inilah pentingnya deteksi masker otomatis, yaitu untuk membantu petugas dalam membendung penyebaran virus. Oleh karena itu, makalah ini bertujuan untuk menyoroiti pentingnya deteksi masker otomatis dalam memerangi penularan COVID-19. Algoritma pendeteksi masker sebelumnya sangatlah rumit karena sangat bergantung pada banyak algoritma dan *library* pembelajaran mesin. Sayangnya, algoritma ini tidak mampu mengatasi masalah penggunaan masker yang tidak tepat secara memadai, sehingga, meskipun telah menggunakan masker, virus tetap berhasil menemukan jalur penularan. Sebaliknya, penelitian ini berfokus pada pembuatan algoritma yang mampu mengidentifikasi penggunaan masker yang tidak tepat dan mengoptimalkan pemanfaatan sumber daya tanpa mengurangi kualitas deteksi. Algoritma *Haar cascade* digunakan untuk mendeteksi wajah dan *support vector machine* (SVM) digunakan untuk melatih *dataset*. Model ini menghasilkan akurasi rata-rata sebesar 95,8%, presisi sebesar 99,7%, *recall* sebesar 92,3%, dan *F1-score* sebesar 93,7%. Metrik ini selaras dengan penelitian sebelumnya, sehingga dapat menegaskan keandalannya. Namun, model ini masih memiliki kekurangan dalam mendeteksi fitur wajah yang tertutupi, sehingga memerlukan penelitian lebih lanjut untuk meningkatkan kemampuan deteksinya. Penelitian ini berkontribusi dalam upaya berkelanjutan untuk meningkatkan teknologi pendeteksian masker guna mencegah penyebaran virus yang lebih efektif.

**KATA KUNCI** — Pemrosesan Citra, Pemrosesan Video, OpenCV, Pengklasifikasi *Haar Cascade*, Deteksi Masker Wajah.

## I. PENDAHULUAN

*Coronavirus disease*, atau yang lebih dikenal sebagai COVID-19, muncul dan menyebar dengan cepat sejak tahun 2019. Wuhan, Cina, teridentifikasi sebagai pusat penyebaran awal COVID-19 ini. Penyakit ini mendapat perhatian dunia karena sifatnya yang sangat mudah menular. Orang yang terpapar COVID-19 dapat mengalami gejala ringan hingga berat. Untuk beberapa pasien, gejala ringan dapat berkembang menjadi kondisi yang lebih serius [1]. Pada banyak kasus, orang tanpa sadar menjadi pembawa virus karena selama masa inkubasi virus (14 hari), gejala COVID-19 sering dianggap sebagai flu biasa, sehingga menyebabkan makin cepatnya penyebaran virus. Sebagai bentuk tindakan pencegahan, banyak negara menutup perbatasan dan memberlakukan karantina wilayah untuk mengendalikan jumlah kasus COVID-19 yang terus meningkat. Kebijakan tersebut mengakibatkan terjadinya krisis ekonomi global [2].

Peningkatan signifikan kasus COVID-19 yang terjadi pada tahun 2020 telah mengejutkan banyak negara, sehingga mendorong penerapan langkah-langkah pengendalian yang lebih ketat. Wabah ini tidak hanya berdampak besar di Asia, tetapi juga di Eropa dan Amerika Serikat, dengan jutaan kasus yang dilaporkan. Pada awal 2022, World Health Organization (WHO) mencatat 23 juta kasus COVID-19 di seluruh dunia, yang kemudian mencapai 40 juta kasus di akhir tahun yang sama. Tindakan abai terhadap protokol keamanan COVID-19, seperti penggunaan masker dan menjaga jarak sosial, turut menyebabkan terjadinya lonjakan kasus COVID-19 ini. Namun, penggunaan masker tidak serta-merta menjamin kekebalan terhadap COVID-19 karena efektivitas masker di

dalam ruangan bervariasi [3]. Hasil ini mengindikasikan bahwa orang yang menggunakan masker masih berisiko tertular virus, apalagi jika tidak menggunakan masker ataupun menggunakan masker dengan cara yang tidak tepat. Kemampuan virus SARS-CoV-2 yang menyebabkan COVID-19 bermutasi dengan cepat makin memperburuk wabah ini [4]. Kurangnya suplai kebutuhan medis dan keterbatasan ketersediaan tenaga medis untuk menangani peningkatan jumlah pasien COVID-19 yang terus bertambah karena kurangnya persiapan dan keengganan banyak warga untuk mematuhi protokol kesehatan yang dikeluarkan pemerintah telah meningkatkan jumlah pasien yang dirawat di rumah sakit [5]. Sejumlah sistem peringatan dini telah diterapkan di beberapa negara, seperti Korea Selatan; tetapi beberapa di antaranya tidak efektif dalam mencegah penularan COVID-19. Berbagai penelitian telah dilakukan untuk mengatasi dan meningkatkan efektivitas sistem peringatan dini ini [6].

Meningkatnya jumlah kasus yang terkonfirmasi COVID-19 juga disebabkan oleh tradisi budaya atau agama, misalnya ritual keagamaan di India. Ketika kasus COVID-19 menurun hingga cukup stabil, ribuan umat berkumpul di tepi Sungai Gangga, India utara, pada tanggal 14 Januari 2022 untuk mandi suci di sungai tersebut dalam rangka ritual Makar Sankranti. Makar Sankranti dirayakan dengan cara mandi di sungai untuk membersihkan dosa-dosa. Meskipun telah ada imbauan dari pemerintah setempat, ribuan orang tetap melaksanakan ritual suci ini. Akibatnya, penyebaran virus makin meluas, sementara kasus COVID-19 sendiri telah meningkat sejak sebulan sebelumnya. Peristiwa ini menyebabkan lonjakan signifikan kasus COVID-19 hanya dalam beberapa minggu, sehingga

terjadilah puncak kasus COVID-19 pada tahun 2022 di India. Hal ini sangat disayangkan mengingat India berhasil menekan jumlah kasus terkonfirmasi pada bulan-bulan sebelumnya, seperti pada akhir 2021 setelah lonjakan dahsyat pada Mei 2021. Peristiwa seperti ini disebut sebagai *superspreader* [7].

Pada Maret 2023, transformasi besar terjadi di seluruh dunia. Transformasi ini merupakan hasil dari kampanye vaksinasi yang ekstensif dan pemahaman COVID-19 yang lebih baik melalui upaya penelitian yang intensif. Upaya bersama ini menghasilkan penurunan signifikan kasus COVID-19 yang sebelumnya tersebar luas, menandai harapan baru dalam upaya melawan wabah ini. Landasan penting dalam kemajuan ini adalah investigasi komprehensif model klasifikasi yang dirancang untuk secara efektif mengidentifikasi pasien yang terinfeksi virus, seperti yang diuraikan dalam studi sebelumnya [8]. Pada langkah paralel pencegahan, penerapan algoritma *deep learning* yang mutakhir mendapatkan perhatian karena algoritma ini mampu mendeteksi ketaatan penggunaan masker wajah secara *real-time*. Namun, pengadopsian algoritma ini tidaklah mudah, terutama karena tuntutan sumber daya komputasi yang besar. Meskipun pelatihan *deep neural network* sangat efektif, pelatihan ini membutuhkan daya pemrosesan dan alokasi waktu yang banyak [9]. Dengan demikian, hasil penelitian-penelitian sebelumnya menunjukkan adanya dinamika yang rumit dalam memilih tujuan antara solusi teknologi revolusioner dan kendala pragmatis yang ditimbulkan oleh keterbatasan sumber daya.

Penelitian ini berfokus pada implementasi model terlatih menggunakan algoritma yang lebih sederhana untuk menghasilkan deteksi penggunaan masker yang tepat dan tidak tepat yang lebih akurat dengan meminimalkan sumber daya komputasi. Penelitian sebelumnya tidak mampu mengidentifikasi penggunaan masker yang tidak tepat karena hanya berfokus pada identifikasi individu yang memakai masker dan yang tidak memakai masker. Model yang diusulkan dalam penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi penggunaan masker yang tepat dan tidak tepat tanpa bergantung pada algoritma yang rumit, yaitu dengan menggunakan OpenCV sebagai pengganti metode *deep learning*.

## II. PENGENALAN MASKER WAJAH

Pengenalan masker wajah melibatkan identifikasi contoh penggunaan masker, khususnya dalam kaitannya dengan pandemi COVID-19. Pengenalan masker wajah bertujuan untuk mendeteksi penggunaan masker dalam upaya memerangi penularan COVID-19 yang pada umumnya ditularkan melalui udara dan beberapa titik masuk, seperti hidung dan mulut. Beberapa penelitian yang dilakukan di tahun 2020 sampai dengan 2022 berfokus pada model pelatihan untuk membedakan antara orang yang menggunakan masker dengan tepat dan yang tidak menggunakan masker sama sekali. Sayangnya, pendekatan ini tidak dapat mengatasi aspek penting dalam mengidentifikasi masker yang tidak dipakai dengan tepat, yang secara signifikan dapat berkontribusi terhadap potensi penularan COVID-19 di lingkungan sekitar [10], [11].

Model yang diusulkan penelitian pada tahun 2022 berhasil mencapai nilai 100% untuk akurasi, presisi, *recall*, dan *F1-score* [12]. Namun, sebagaimana penelitian sebelumnya, model ini tidak mampu mengenali contoh penggunaan masker yang tidak tepat. Teknik-teknik yang digunakan dalam melatih model pendeteksi masker wajah meliputi pemanfaatan model *convolutional neural network* (CNN) yang sudah terlatih, seperti MobileNetV2, InceptionV3, atau bahkan perpaduan strategis keduanya [13].

Pada penelitian lainnya di tahun 2021, diusulkan model yang memanfaatkan sinergi teknik *multibox single shot* sebagai pendeteksi wajah yang mahir dan arsitektur MobileNetV2 yang ringan sebagai pengklasifikasi utama [14]. Perpaduan yang disebut SSDMN2 ini mampu menghasilkan akurasi sebesar 92,64%, presisi sebesar 94%, *recall* sebesar 93%, dan *F1-score* sebesar 93%. Namun, seperti penelitian sebelumnya, model ini tidak dapat membedakan contoh penggunaan masker yang tidak tepat, sehingga membatasi efektivitasnya secara komprehensif dalam skenario dunia nyata.

## III. METODOLOGI

Penelitian ini menggunakan *open-source computer vision* (OpenCV) karena keandalannya dalam pemrosesan citra yang telah terbukti. OpenCV berfungsi sebagai kerangka kerja kuat yang memenuhi persyaratan penelitian ini karena menawarkan perangkat serbaguna untuk mendeteksi kompleksitas penggunaan masker.

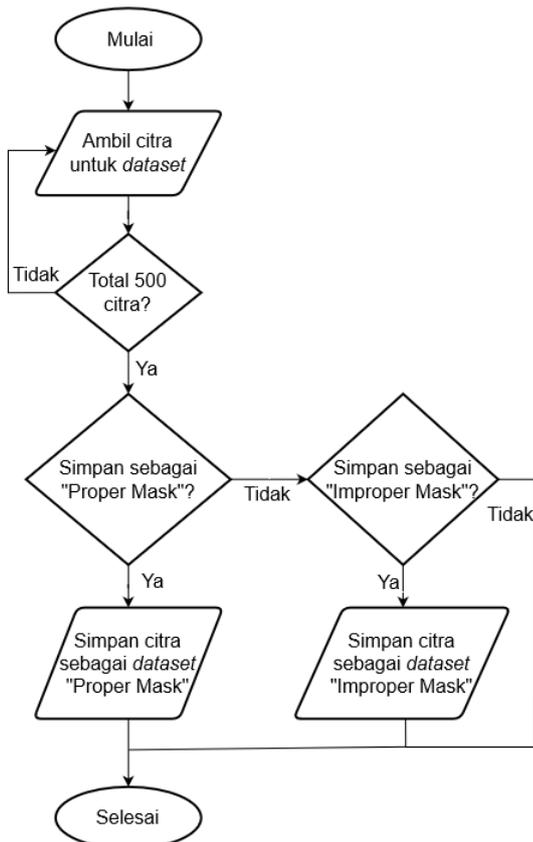
Pengklasifikasi *Haar cascade* dipilih sebagai komponen inti desain model karena merupakan pengklasifikasi yang paling sesuai untuk membedakan atribut wajah yang menandakan cara memakai masker yang tepat ataupun yang salah. Pengklasifikasi *Haar cascade*, yang terkenal karena efisiensi dan efektivitasnya dalam mendeteksi objek, juga selaras dengan tujuan pengidentifikasian konfigurasi wajah yang bervariasi.

Penamaan pengklasifikasi *Haar cascade* sesuai dengan konsep dasarnya yang menyerupai fitur Haar (*Haar-like*), yang menyerupai templat pola yang digunakan untuk mengenali atribut tertentu dalam lanskap visual. Pada penelitian ini, fitur-fitur ini berfungsi sebagai templat untuk membedakan beberapa indikator penting seperti kontur dan proporsi wajah, sehingga memungkinkan penelitian ini untuk memastikan ketepatan penggunaan masker.

Dengan memanfaatkan pengklasifikasi *Haar cascade* dalam kerangka kerja OpenCV, model ini memanfaatkan sinergi kemampuan pemrosesan citra dan analisis berbasis fitur yang cerdas. Integrasi kedua alat ini memudahkan analisis komposisi wajah, sehingga memungkinkan model untuk secara efektif membedakan beragam skenario penggunaan masker yang tepat dan tidak tepat. Pada intinya, pemilihan OpenCV sebagai fondasi dan pengklasifikasi *Haar cascade* sebagai mekanisme pemanduan mewakili perpaduan teknologi canggih dan metodologi yang cerdas. OpenCV dan pengklasifikasi *Haar cascade* digunakan untuk menemukan dan mengekstrak data deteksi penggunaan masker yang tepat.

Makalah ini berfokus pada pendekatan yang berorientasi pada optimasi dalam mengevaluasi metrik kinerja. *Support vector machine* (SVM) digunakan karena dapat menilai model yang dilatih secara efisien dan akurat. SVM unggul dalam hal klasifikasi, sehingga menjadikannya algoritma yang ideal untuk mengukur kinerja model secara presisi dalam mendeteksi penggunaan masker yang tepat dan tidak tepat dengan mengidentifikasi *hyperplane* optimal yang memaksimalkan margin di antara kelas-kelas ini, sehingga menghasilkan model klasifikasi yang mampu membedakan detail yang tidak kentara. Dalam hal kapasitas, SVM menawarkan kapasitas untuk menangani data berdimensi tinggi. Oleh karena itu, SVM cocok untuk menangani data visual seperti deteksi penggunaan masker. SVM juga mengoptimalkan kemampuannya dalam membedakan setiap kelas dengan mengubah data ke dalam ruang dimensi yang lebih tinggi.

Dalam hal efisiensi, SVM merupakan pilihan optimal yang sesuai dengan tujuan penelitian ini, yaitu menilai kinerja model



Gambar 1. Diagram alir program pelatihan.

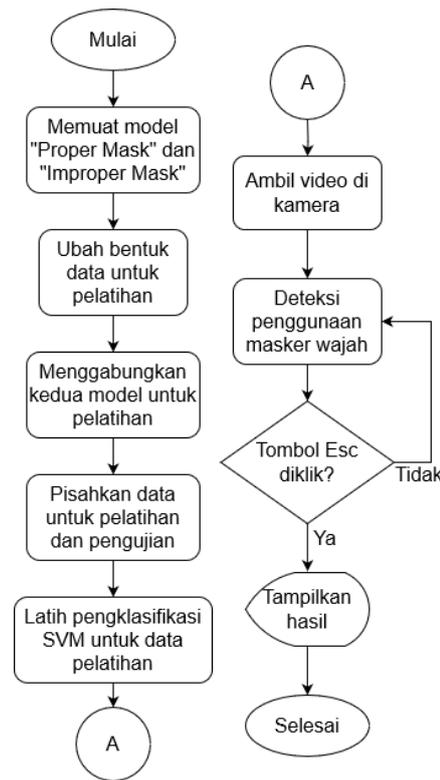
yang dilatih. Efisiensi ini terlihat terutama ketika trik *kernel* digunakan karena trik ini memungkinkan SVM untuk memproses data secara efisien, bahkan dalam kasus keterpisahan nonlinear.

Pemilihan SVM untuk melatih dan mengevaluasi kinerja menekankan pentingnya mencapai ketepatan, efisiensi, dan ketahanan. Melalui pemanfaatan atribut-atribut khas SVM, makalah ini berusaha untuk menyajikan analisis komprehensif mengenai efektivitas model yang dilatih dalam mengidentifikasi penggunaan masker yang tepat dan tidak tepat. Dengan menggunakan metode ini, makalah ini bermaksud untuk memberikan kontribusi pemahaman kinerja model yang lebih bervariasi, sehingga mendorong kemajuan deteksi penggunaan masker.

Metodologi penelitian ini menggabungkan percabangan operasi yang terstruktur dengan baik, yang mencakup dua tahap yang berbeda. Tahapan-tahapan ini dirancang untuk secara sinergis mencapai tujuan penelitian secara menyeluruh, yaitu deteksi penggunaan masker wajah yang akurat.

Tahap awal penelitian ini adalah pengumpulan data, yang merupakan langkah yang mendasari analisis selanjutnya. Tahap ini dilakukan dengan memanfaatkan salah satu dari dua program yang dibuat khusus, yang masing-masing program dibuat dengan cermat, sehingga mampu mengumpulkan data yang relevan untuk *dataset*. Program-program ini bertindak sebagai agen pengumpul data yang secara sistematis memperoleh citra wajah yang dapat mewakili beragam skenario penggunaan masker, terutama yang tepat dan yang tidak tepat.

Pada Gambar 1, fungsi inti program pelatihan adalah proses pengumpulan *dataset* yang terdiri atas 500 citra. Program ini mengategorikan citra berdasarkan kontennya dan memisahkannya menjadi dua *dataset* spesifik, yaitu *dataset*



Gambar 2. Diagram alir program utama.

penggunaan masker yang tepat dan *dataset* penggunaan masker yang tidak tepat.

Pada Gambar 2, tujuan dari program utama adalah memanfaatkan atau memuat *dataset* penggunaan masker yang tepat dan tidak tepat yang sudah ada. Program ini menggabungkan kedua *dataset* menjadi satu dan kemudian melatih *dataset* gabungan tersebut. Setelah itu, program ini menggunakan *dataset* yang baru digabungkan pada *feed* kamera video, sehingga kamera dapat mengidentifikasi dan mendeteksi penggunaan masker.

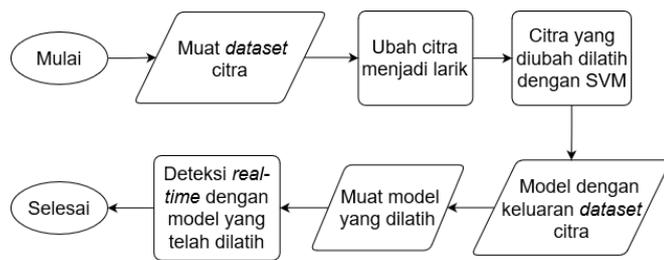
Pada Gambar 3, seluruh sistem dirancang untuk memuat *dataset* citra yang diproses dalam program pelatihan dan kemudian mengintegrasikan *dataset* yang baru diproses ke dalam program utama. Integrasi ini memudahkan pemanfaatannya bersama dengan kamera video untuk mendeteksi masker wajah secara *real-time*.

Setelah pengumpulan *dataset*, penelitian berlanjut ke tahap kedua, dengan fokus pada inti proses deteksi masker wajah. Program khusus dibuat dengan menggunakan *dataset* yang telah dikurasi. Program ini mampu membedakan antara penggunaan masker yang tepat dan tidak tepat pada citra wajah yang diperoleh.

Kerangka kerja dua tahap ini menunjukkan desain penelitian, pelaksanaan metodis, dan ketelitian ilmiah. Perbedaan antara tahap pengumpulan data dan deteksi memastikan keakuratan dalam mencapai tujuan penelitian. Metode terstruktur ini mengungkap seluk-beluk deteksi masker wajah dengan tetap mempertahankan proses investigasi berdasarkan tujuan.

Tahap penelitian selanjutnya dimulai dengan pengujian dan akuisisi hasil. Dengan menggunakan *dataset* yang dikumpulkan, tahap ini mengevaluasi kemampuan model yang telah dilatih untuk mengenali penggunaan masker wajah yang tepat dan tidak tepat di berbagai skenario dunia nyata.

Fase pengujian menilai kemampuan model untuk mendeteksi masker wajah di berbagai skenario dengan



Gambar 3. Diagram blok sistem.

menggunakan *dataset* komprehensif yang mewakili beragam contoh penggunaan masker. Setiap citra wajah dalam *dataset* berfungsi sebagai kasus uji untuk mengevaluasi akurasi prediktif model dalam mengidentifikasi penggunaan masker. Untuk memastikan hasil yang baik, penelitian ini mengevaluasi 30 subjek uji dengan beragam fitur wajah dan aksesoris seperti kacamata. Keberagaman ini bertujuan untuk memvalidasi kinerja model di berbagai situasi dunia nyata.

Evaluasi komprehensif yang dilakukan berdasarkan keragaman dunia nyata pada makalah ini memberikan pemahaman menyeluruh tentang efektivitas model dalam mendeteksi masker wajah. Melalui evaluasi ini, makalah ini bertujuan mengungkap potensi asli model dan kemampuan kinerjanya untuk diterapkan secara luas di berbagai skenario praktis.

Penelitian ini menggunakan serangkaian metrik yang telah ditetapkan untuk mengevaluasi kinerja model yang telah dilatih secara sistematis, yang meliputi akurasi, presisi, *recall*, dan *F1-score*. Akurasi berfungsi sebagai metrik utama. Metrik ini mengukur tingkat kesesuaian prediksi model dengan data yang sebenarnya. Nilai akurasi yang tinggi menandakan prediksi model yang konsisten dan benar.

Presisi menilai kemampuan model untuk meminimalkan *false positive*. Penelitian ini menyelidiki ketepatan model dalam mengklasifikasikan contoh penggunaan masker yang tepat atau tidak tepat. Makin tinggi skor presisi, makin sedikit contoh *false positive*. Hal ini menunjukkan bahwa model dapat mendeteksi penggunaan masker yang tidak tepat.

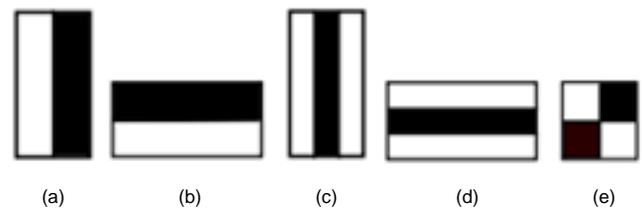
*Recall* menilai kemampuan model dalam melakukan identifikasi semua contoh kelas tertentu. Dalam penelitian ini, *recall* digunakan untuk mengukur tingkat kemampuan model dalam mendeteksi penggunaan masker yang tepat dan tidak tepat. Nilai *recall* yang tinggi mengindikasikan bahwa model mampu mendeteksi penggunaan masker yang tidak tepat dengan baik.

Selanjutnya, *F1-score* menggabungkan presisi dan *recall*, sehingga menghasilkan ukuran konsolidasi efektivitas model. Skor ini menunjukkan pertukaran antara presisi dan *recall*, sehingga menghasilkan metrik seimbang yang menekankan kinerja model secara keseluruhan.

## A. OPENCV

OpenCV merupakan sumber daya yang kuat yang dapat diakses secara bebas dan dirancang khusus untuk pemrosesan citra dinamis secara *real-time*. OpenCV mencakup serangkaian fungsi visi komputer (*computer vision*) yang luas dan menawarkan *application programming interface* (API) yang dapat melakukan pemrosesan citra, baik tingkat tinggi maupun rendah. Kerangka kerja multifaset ini sangat penting untuk mengoptimalkan aplikasi secara *real-time* melalui fitur dan fungsi yang komprehensif.

Bagi para profesional yang terlibat dalam domain visi komputer, OpenCV adalah pilihan utama. Kemampuan OpenCV mencerminkan kemampuan pemrosesan visual



Gambar 4. Tipe-tipe fitur Haar-like.

manusia, sehingga menjadikannya perangkat yang ideal bagi para pengembang untuk membuat aplikasi yang dapat diandalkan [15]. OpenCV secara signifikan menyatu dengan kecerdasan buatan (*artificial intelligence*, AI), sehingga mampu menyederhanakan eksekusi tugas-tugas rumit, seperti deteksi objek [16], penerapan *augmented reality* [17], dan pengembangan gim komputer interaktif [18]. Di antara berbagai macam aplikasinya, salah satu fungsi OpenCV yang paling menonjol adalah deteksi masker. OpenCV sering dikombinasikan dengan *library* lain seperti TensorFlow. Pada kombinasi tersebut, OpenCV berfungsi sebagai landasan untuk membangun model pendeteksian masker wajah yang kuat dan akurat [19].

## B. PENGKLASIFIKASI HAAR CASCADE

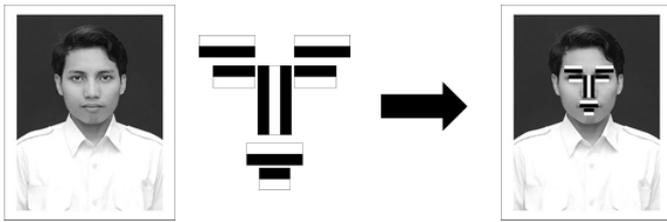
Pengklasifikasi *Haar cascade* adalah algoritma efisien yang digunakan untuk mendeteksi wajah manusia. Algoritma ini unggul dalam pendeteksian wajah karena kecepatannya bergantung pada jumlah piksel dalam citra [20]. Selain itu, untuk mengembangkan pendeteksian wajah, pengklasifikasi *Haar cascade* telah berhasil digabungkan dengan CNN [21]. Algoritma ini menggunakan teknik yang disebut *Haar-like*, yang dilatih untuk membangun *decision tree* yang dikenal sebagai pengklasifikasi *cascade*. Pengklasifikasi *Haar cascade* kemudian digunakan untuk menentukan keberadaan objek dalam setiap *frame* yang diproses.

Gambar 4 menunjukkan fitur *Haar-like*. Fitur ini mencakup beragam orientasi fitur: (a) kiri-kanan, (b) atas-bawah, (c) vertikal-tengah, (d) horizontal-tengah, dan (e) diagonal. Masing-masing orientasi ini memainkan peran yang berbeda dalam mendeteksi dan mengenali wajah dengan menggunakan metodologi fitur *Haar-like*.

Untuk memulai proses ini, citra masukan menjalani langkah transformatif yang melibatkan transisi dari komposisi aslinya ke representasi *grayscale*. Transformasi ini mempertahankan fitur wajah intrinsik sekaligus menyamakan informasi warna, sehingga terbentuk landasan untuk langkah pemrosesan selanjutnya. Setelah itu, algoritma memanipulasi kontras citra, sehingga struktur wajah terlihat lebih jelas. Peningkatan kontras yang dinamis ini mempertajam kontur citra, sehingga kontur yang menentukan wajah dapat terlihat.

Dengan dasar yang sudah ada, algoritma ini melakukan integrasi fitur *Haar-like* ke dalam kanvas citra. Fitur-fitur ini dirancang untuk menangkap karakteristik visual spesifik yang melekat pada struktur wajah. Dengan mendeteksi variasi intensitas piksel dalam citra wajah yang terdeteksi, algoritma Haar dapat menemukan dan mendeteksi pola-pola yang berbeda, yaitu mata, hidung, mulut, dan alis. Fitur-fitur *Haar-like* kemudian akan menetapkan area persegi panjang pada citra, masing-masing diposisikan untuk menunjukkan atribut wajah, sebagaimana telah disebutkan sebelumnya.

Pada Gambar 5, algoritma Haar melakukan proses klasifikasi untuk mendeteksi fitur wajah yang berbeda, seperti alis, mata, hidung, dan mulut, di dalam *frame* citra. Algoritma



Gambar 5. Proses klasifikasi wajah menggunakan Haar cascade.

TABEL I  
KINERJA MODEL YANG DIGABUNGAN MENJADI SATU DATASET

Metrik Kinerja			
Akurasi	Presisi	Recall	F1-Score
95,8%	99,7%	92,3%	93,7%

ini menggunakan pengklasifikasi *cascade* yang secara berurutan memproses citra melalui serangkaian tahap. Setiap tahap makin menyempurnakan proses pendeteksian yang akan digunakan untuk menyaring area nonwajah di dalam citra.

Algoritma Haar menavigasi berbagai fitur yang menjadi ciri khas wajah. Analisis algoritma ini meliputi dahi dan alis hingga mata dan kontur pipi, melintasi bibir atas hingga kontur dagu. Setiap elemen ini merupakan bagian dari teka-teki yang lebih besar dan proses klasifikasi algoritma mengintegrasikan setiap elemen tersebut untuk mendapatkan profil wajah yang komprehensif.

#### IV. RESULTS AND DISCUSSION

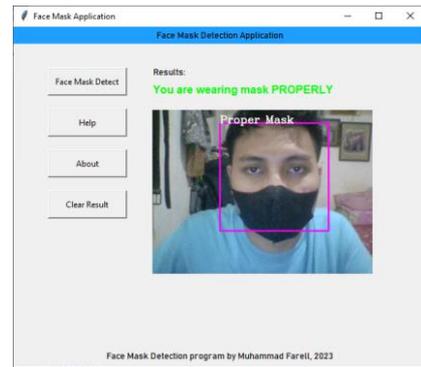
Untuk memperoleh deteksi masker yang efektif, banyak *dataset* yang dikumpulkan. *Dataset* ini mencakup 500 citra wajah individu yang mengikuti protokol penggunaan masker yang tepat dan 500 citra tambahan untuk individu yang tidak mematuhi praktik penggunaan masker yang direkomendasikan. Kombinasi citra-citra ini menghasilkan repositori komprehensif seribu citra wajah dan berfungsi sebagai dasar dari proses pembelajaran model. Tabel I menyajikan model gabungan dari kinerja model penggunaan masker yang tepat dan tidak tepat, yang didasarkan pada rata-rata 50 pengukuran. Pengukuran ini dilakukan dengan menggunakan *dataset* yang berisi seribu citra.

Pembagian *dataset* dilakukan untuk memastikan bahwa model kuat dan tidak bias. Pembagian ini membedakan *dataset* menjadi dua segmen, yaitu 75% porsi substansial untuk pelatihan dan 25% segmen dicadangkan untuk pengujian berikutnya. Pembagian ini memungkinkan model untuk dihadapkan pada berbagai skenario selama fase pelatihan, dengan tetap mempertahankan beragam citra yang belum diproses untuk validasi selama fase pengujian. Pembagian *dataset* ini sangat penting untuk menyempurnakan kinerja model karena dapat menjamin kemampuan beradaptasi model pada data baru yang belum pernah ada sebelumnya.

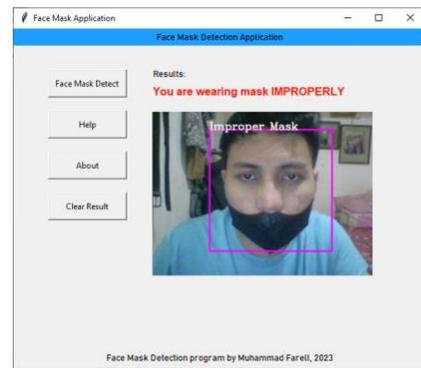
Pada Gambar 6 dan Gambar 7, program diintegrasikan dengan model yang telah dilatih dan digunakan untuk mendeteksi penggunaan masker. Program dengan model yang telah dilatih berhasil membedakan penggunaan masker yang tepat dan yang tidak tepat ketika dihadapkan dengan citra wajah yang menggunakan masker.

Pada Gambar 8 dan Gambar 9, program mampu membedakan antara individu yang mengenakan masker dengan tepat dan yang tidak. Program juga mampu membedakan ketika berbagai jenis masker digunakan oleh subjek serta ketika subjek memakai kacamata dan tidak memakai kacamata.

Pada Gambar 10, program yang dilengkapi dengan model unggul dalam mendeteksi fitur wajah pada individu dengan



Gambar 6. Program yang terintegrasi dengan model yang telah dilatih berhasil mendeteksi penggunaan masker yang tepat.



Gambar 7. Program yang terintegrasi dengan model terlatih berhasil mendeteksi penggunaan masker yang tidak tepat.



(a)



(b)

Gambar 8. Program berhasil mendeteksi wajah yang menggunakan masker secara tepat, (a) mengenakan kacamata, (b) tidak mengenakan kacamata.

fitur wajah yang berbeda. Sebagai contoh, program ini berhasil mengidentifikasi fitur wajah seperti mata dan alis, bahkan ketika fitur wajah tersebut berwarna keabu-abuan.

Gambar 11 menunjukkan kemampuan program untuk mendeteksi penggunaan masker pada individu yang mengenakan berbagai jenis masker, bahkan model awal tidak dilatih secara khusus untuk mendeteksi tipe masker tertentu. Selain itu, program dapat mendeteksi penggunaan masker ketika hanya dua fitur wajah yang terlihat menonjol, seperti mata dan alis, sementara sebagian besar fitur wajah tertutup oleh masker.

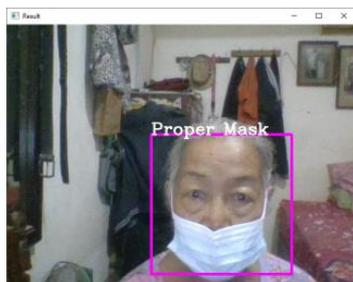


(a)



(b)

**Gambar 9.** Program berhasil mendeteksi wajah yang mengenakan masker secara tidak tepat, (a) mengenakan kacamata, (b) tidak mengenakan kacamata.



(a)



(b)

**Gambar 10.** Program mendeteksi dengan tepat pada seseorang yang memiliki mata sipit dan alis berwarna terang, (a) penggunaan masker wajah yang tepat, (b) penggunaan masker wajah yang tidak tepat.

Pada Tabel II, *mask detection model with face recognition* (MDMFR) mencapai skor 100% di semua metrik kinerja utama, yaitu akurasi, presisi, *recall*, dan *F1-score* [12]. Namun, seperti pada penelitian lainnya, penelitian tersebut hanya berfokus pada pendeteksian masker yang dikenakan dengan tepat dan tidak dapat mengidentifikasi penggunaan yang tidak tepat.

Model di penelitian ini meningkatkan kemampuan pendeteksiannya, yaitu mencakup penggunaan masker yang tepat dan tidak tepat, bahkan ketika subjek mengenakan kacamata. Desainnya memastikan implementasi yang efisien dengan kode minimal dan pemanfaatan sumber daya yang optimal. Dengan menggunakan pengklasifikasi *Haar cascade* untuk deteksi fitur wajah dan mengintegrasikan OpenCV untuk fungsionalitas kamera, model dilatih secara konsisten, sehingga memberikan hasil yang baik.



(a)



(b)

**Gambar 11.** Program mendeteksi dengan benar pada orang yang menggunakan masker yang pada awalnya tidak dilatih untuk mendeteksi, (a) penggunaan masker yang tepat, (b) penggunaan masker yang tidak tepat.

TABEL II  
HASIL DARI MODEL PADA MAKALAH INI TERHADAP PENELITIAN SEBELUMNYA

Objek	Metrik Kinerja			
	Akurasi	Presisi	Recall	F1-Score
Makalah ini	95,8%	99,7%	92,3%	93,7%
[10]	97%	100%	94%	-
[12]	100%	100%	100%	100%
[14]	92,64%	94%	93%	93%

Berdasarkan analisis dari 30 subjek uji yang beragam, model ini menghasilkan tingkat akurasi yang tinggi dalam membedakan antara penggunaan masker yang tepat dan tidak tepat, selaras dengan iterasi sebelumnya dalam pengenalan masker. Metrik tersebut menghasilkan akurasi sebesar 95,8%, presisi sebesar 99,7%, *recall* sebesar 92,3%, dan *F1-score* sebesar 93,7%.

Selain itu, model yang dilatih mampu melampaui tolok ukur kinerja yang diharapkan, sehingga dapat melakukan identifikasi penggunaan masker yang tepat dan tidak tepat di berbagai jenis masker. Namun, penting untuk diketahui bahwa model ini mengalami kesulitan saat mendeteksi individu dengan fitur wajah yang tidak kentara, seperti alis yang tipis atau berwarna terang. Selain itu, model ini juga mengalami kesulitan dalam mendeteksi fitur wajah yang terhalang oleh benda-benda seperti rambut, sehingga mengurangi visibilitas alis atau mata. Individu dengan mata yang lebih sipit juga sulit dideteksi oleh model. Keterbatasan ini muncul karena kurangnya pelatihan khusus bagi model untuk mengatasi skenario tersebut.

## V. KESIMPULAN

Model yang dilatih mencapai akurasi yang baik dalam membedakan antara penggunaan masker yang tepat dan tidak tepat pada pengujian terhadap 30 subjek, dengan tingkat akurasi rata-rata sebesar 95,8%, presisi sebesar 99,7%, *recall* sebesar 92,3%, dan *F1-score* sebesar 93,7%. Metrik ini sangat sesuai dengan tolok ukur sebelumnya, sehingga menegaskan ketangguhan model ini. Aspek yang menarik adalah model ini

mampu melampaui ekspektasi awal. Model ini dapat mengidentifikasi penggunaan berbagai jenis masker yang tepat dan tidak tepat. Meskipun tidak dilatih secara khusus untuk variasi tersebut, model ini secara efektif mendeteksi variasi masker yang memiliki potensi implikasi di dunia nyata.

Meskipun demikian, penting untuk mengenali kekurangan model ini. Hambatan muncul selama proses pendeteksian wajah, terutama ketika rambut panjang menutupi fitur wajah utama, seperti mata, hidung, mulut, dan alis. Selain itu, akurasi menurun ketika fitur-fitur tersebut tertutupi atau hampir tidak terlihat karena alis yang berwarna terang atau tipis dan mata yang sipit.

Langkah-langkah yang ketat memastikan lingkungan pengujian terkendali, sehingga meminimalkan *false positive*. Iterasi di masa mendatang dapat menyempurnakan ketepatan model dengan membedakan antara *true positive* dan *false positive*. Selain itu, model yang mengenali wajah tanpa masker dapat meningkatkan kemampuan sistem.

Dapat disimpulkan bahwa model yang dilatih menunjukkan kemampuan yang baik dalam mengidentifikasi penggunaan masker. Metrik dan kemampuan beradaptasinya menunjukkan signifikansinya dalam memerangi COVID-19. Model ini juga berpeluang untuk dikembangkan lebih lanjut guna meningkatkan kemampuan dan keserbagunaannya melalui fitur-fitur yang disempurnakan dan peningkatan yang ditargetkan.

#### KONFLIK KEPENTINGAN

Para penulis menyatakan tidak ada konflik kepentingan.

#### KONTRIBUSI PENULIS

Konseptualisasi, Muhammad Farell; metodologi, Muhammad Farell; perangkat lunak, Muhammad Farell; validasi, Hustinawaty; investigasi, Muhammad Farell; sumber daya, Muhammad Farell; kurasi data, Muhammad Farell; penulisan—penyusunan draf asli, Muhammad Farell; penulisan—peninjauan dan penyuntingan, Hustinawaty; visualisasi, Muhammad Farell; pengawasan, Hustinawaty; administrasi proyek, Hustinawaty; akuisisi pendanaan, Muhammad Farell.

#### UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan puji syukur kepada Allah SWT atas terselesaikannya tesis dengan tepat waktu untuk memenuhi persyaratan kelulusan program magister di Universitas Gunadarma. Meskipun terdapat banyak tantangan, karya yang berjudul “Implementasi Deteksi Penggunaan Masker Menggunakan SVM dan Haar Cascade Pada OpenCV” ini telah memberikan kontribusi yang sangat berarti bagi ilmu pengetahuan yang lebih luas. Penulis juga menghargai bimbingan dan dorongan yang tak ternilai dari semua orang yang telah berkontribusi dalam perjalanan akademis yang bermakna dan bermanfaat ini.

#### REFERENSI

[1] Y. Zhu dkk., “Mix contrast for COVID-19 mild-to-critical prediction,” *IEEE Trans. Biomed. Eng.*, vol. 68, no. 12, hal. 3725–3736, Des. 2021, doi: 10.1109/TBME.2021.3085576.

[2] M. Akay dkk., “Healthcare Innovations to address the challenges of the COVID-19 pandemic,” *IEEE J. Biomed., Health Inform.*, vol. 26, no. 7, hal. 3294–3302, Jul. 2022, doi: 10.1109/JBHI.2022.3144941.

[3] S. Chiera dkk., “Measuring total filtration efficiency of surgical and community face masks: Impact of mask design features,” *IEEE Trans.*

*Instrum., Meas.*, vol. 72, hal. 1–17, Mar. 2023, doi: 10.1109/TIM.2023.3257326.

[4] A.C. Morales dkk., “Causes and consequences of purifying selection on SARS-CoV-2,” *Genome Biol., Evol.*, vol. 13, no. 10, hal. 1–17, Okt. 2021, doi: 10.1093/gbe/evab196.

[5] S. Taylor dan G.J.G. Asmundson, “Negative attitudes about facemasks during the COVID-19 pandemic: The dual importance of perceived ineffectiveness and psychological reactance,” *PLoS ONE*, vol. 16, no. 2, hal. 1–15, Feb. 2021, doi: 10.1371/journal.pone.0246317.

[6] S. Lee dan D. An, “Applying a deep learning enhanced public warning system to deal with COVID-19,” *J. Commun., Netw.*, vol. 23, no. 5, pp. 350–359, Okt. 2021, doi: 10.23919/JCN.2021.000036.

[7] E. Cave, “COVID-19 super-spreaders: Definitional quandaries and implications,” *Asian Bioeth. Rev.*, vol. 12, no. 2, pp. 235–242, Jun. 2020, doi: 10.1007/s41649-020-00118-2.

[8] Y. Pathak, P.K. Shukla, dan K.V. Arya, “Deep bidirectional classification model for COVID-19 disease infected patients,” *IEEE/ACM Trans. Comput. Biol. Bioinform.*, vol. 18, no. 4, pp. 1234–1241, Jul./Agu. 2021, doi: 10.1109/TCBB.2020.3009859.

[9] N.A. Naiman dkk., “Real time face mask detection using MobileNetV2 and InceptionV3 models,” *2021 IEEE Mysore Sub Sect. Int. Conf. (MysuruCon)*, 2021, hal. 341–345, doi: 10.1109/MysuruCon52639.2021.9641675.

[10] I.M.D.P. Asana, G.A. Pradana, I.P.S. Handika, dan S.I. Murpratiwi, “Mask detection system using convolutional neural network method on surveillance camera,” *Telemat., J. Inform., Teknol. Inf.*, vol. 19, no. 2, hal. 201–214, Jun. 2022, doi: 10.31315/telematika.v19i2.7246.

[11] A. Das, M.W. Ansari, dan R. Basak, “COVID-19 face mask detection using TensorFlow, Keras and OpenCV,” *2020 IEEE 17th India Counc. Int. Conf. (INDICON)*, 2020, hal. 1–5, doi: 10.1109/INDICON49873.2020.9342585.

[12] N. Ullah dkk., “A novel DeepMaskNet model for face mask detection and masked facial recognition,” *J. King Saud Univ. Comput., Inf. Sci.*, vol. 34, no. 10, hal. 9905–9914, Nov. 2022, doi: 10.1016/j.jksuci.2021.12.017.

[13] A. Sharma, J. Pathak, M. Prakash, dan J.N. Singh, “Object detection using OpenCV and Python,” *2021 3rd Int. Conf. Adv. Comput. Commun. Control, Netw. (ICAC3N)*, 2021, hal. 501–505, doi: 10.1109/ICAC3N53548.2021.9725638.

[14] P. Nagrath dkk., “SSDMNV2: A real time DNN-based face mask detection system using single shot multibox detector and MobileNetV2,” *Sustain. Cities Soc.*, vol. 66, pp. 1–13, Mar. 2021, doi: 10.1016/j.scs.2020.102692.

[15] S.O. Adeshina, H. Ibrahim, S.S. Teoh, dan S.C. Hoo, “Custom face classification model for classroom using Haar-like and LBP features with their performance comparisons,” *Electron.*, vol. 10, no. 2, hal. 1–15, Jan. 2021, doi: 10.3390/electronics10020102.

[16] H. Adusumalli dkk., “Face mask detection using OpenCV,” *2021 3rd Int. Conf. Intell. Commun. Technol. Virtual Mob. Netw. (ICICV)*, 2021, hal. 1304–1309, doi: 10.1109/ICICV50876.2021.9388375.

[17] D.S.A. Gundala, S.S. Alamuri, A. Firdaus, dan G.K. Kumar, “Implementing augmented reality using OpenCV,” *2022 IEEE Delhi Sect. Conf. (DELCON)*, 2022, hal. 1–4, doi: 10.1109/DELCON54057.2022.9753233.

[18] I. Ralev dan G. Krastev, “Application of OpenCV in serious games,” *2022 Int. Symp. Multidiscip. Studies Innov. Technol. (ISMSIT)*, 2022, pp. 484–487, doi: 10.1109/ISMSIT56059.2022.9932804.

[19] R.A. Asmara, M. Ridwan, dan G. Budiprasetyo, “Haar cascade and convolutional neural network face detection in client-side for cloud computing face recognition,” *2021 Int. Conf. Elect., Inf. Technol. (IEIT)*, 2021, hal. 1–5, doi: 10.1109/IEIT53149.2021.9587388.

[20] S. Abidin, “Deteksi wajah menggunakan metode Haar cascade classifier berbasis webcam pada MATLAB,” *J. Elekterika*, vol. 15, no. 1, hal. 21–27, Mei 2018, doi: 10.31963/elekterika.v15i1.2102.

[21] R.Y. Adhitya dkk., “Applied Haar cascade and convolution neural network for detecting defects in the PCB pathway,” *2020 Int. Conf. Comput. Eng. Netw. Intell. Multimedia (CENIM)*, 2020, hal. 408–411, doi: 10.1109/CENIM51130.2020.9297996.