

Pengembangan Website Pengenalan Wajah Dengan Library face-api.js & Memahami Konsep Convolutional Neural Network (CNN)

Mochamad Darmawan Hardjakusumah

Universitas Widyatama

darmawan.hardjakusumah@widyatama.ac.id

Abstrak

Penelitian ini bertujuan dan sekaligus menjadi landasan masalah yaitu untuk membuat dan mengembangkan sebuah sistem website awalan/mendasar/fundamental yang dapat mengenali wajah manusia yang nantinya dapat dikembangkan ke berbagai sektor, namun solusi ini tidak sampai membuat model secara mandiri. Yaitu, dengan memanfaatkan *library face-api.js*. Selain itu, penelitian ini juga mencoba untuk memahami konsep *AI (Artificial Intelligence)* dan *Machine Learning (ML)*, khususnya pada teknik *Convolutional Neural Network (CNN)*, yang diambil dan disimpulkan dari berbagai sumber. Metodologi penelitian ini dimulai dengan studi literatur mendalam terkait konsep dasar *AI* dan *Machine Learning (ML)*, dengan fokus khusus pada teknik *CNN* sebagai bagian integral dari pengembangan model pengenalan wajah. Selanjutnya, *library face-api.js* diimplementasikan dan diintegrasikan dalam pengembangan website, dan kinerjanya dianalisis untuk mengukur efektivitasnya dalam mengenali wajah manusia. Pada penelitian ini terdapat tantangan utama yaitu serangan *spoofing* saat pengenalan wajah menggunakan live video webcam, tantangan ini berhasil diatasi dengan *library Silent-Face-Anti-Spoofing*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa *library face-api.js* efektif dalam mengenali wajah, namun untuk *library Silent-Face-Anti-Spoofing* memberikan hasil yang kurang memuaskan atau tidak konsisten pada gambar wajah yang diberikan, penjelasan dan kesimpulan

lebih mendalam mengenai *library Silent-Face-Anti-Spoofing*, juga telah diuraikan. Penelitian ini memiliki potensi aplikasi luas dalam berbagai bidang, seperti keamanan, identifikasi pengguna, dan bidang lainnya yang memerlukan teknologi pengenalan wajah. Penelitian ini juga memberikan pemahaman dasar pada konsep *AI* dan *Machine Learning (ML)* khususnya pada konsep dan cara kerja teknik *CNN*.

Kata Kunci: Pengenalan Wajah, Machine Learning, Convolutional Neural Network, face-api.js, Serangan Spoofing.

I. PENDAHULUAN

Dalam era teknologi yang terus berkembang pesat, pengenalan wajah manusia telah menjadi aspek penting dalam berbagai aplikasi, seperti keamanan dan identifikasi pengguna. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan sebuah website yang mampu mengenali wajah manusia namun tanpa membangun teknologi tersebut secara mandiri, melainkan dengan memanfaatkan *library face-api.js*, sebuah alat yang telah terbukti efektif dalam tugas pengenalan wajah.

Pada penelitian ini walaupun tidak membuat teknologi pengenalan wajah secara mandiri atau model sendiri, pada penelitian ini melakukan penelitian atau riset terhadap bagaimana teknologi pengenalan wajah atau bagaimana komputer dapat mengenali wajah.

Oleh karena itu, selain mengembangkan website pengenalan wajah, penelitian ini juga mencakup studi mendalam tentang *AI (Artificial Intelligence)* dan

Machine Learning (ML) yang berfokus pada teknik Convolutional Neural Network (CNN).

Awalnya, penelitian ini dilatarbelakangi oleh keinginan peneliti untuk menciptakan sebuah aplikasi web yang mampu melakukan pengenalan wajah untuk tujuan absensi. Selama pencarian solusi untuk mencapai tujuan tersebut, ditemukan sebuah library bernama face-api.js yang dikembangkan diatas free software open-source dari TensorFlow.js core. Setelah berhasil mengimplementasikan library tersebut, peneliti menjadi penasaran tentang bagaimana library ini bekerja. Karena rasa penasaran, peneliti terdorong untuk menggali lebih dalam tentang bagaimana teknologi pengenalan wajah dapat diimplementasikan. Selama proses studi, ternyata hal ini sangat menarik karna terkait dengan sains/ilmu (ilmu komputer) dan memutuskan untuk mengangkat studi ini sebagai bagian dari tugas akhir untuk mendapatkan gelar sarjana dan menghasilkan sebuah paper yang akan menjadi sumber referensi khususnya bagi peneliti untuk di masa depan, untuk mengembangkan model pengenalan wajah secara mandiri nanti, dan lalu umumnya untuk pembaca bagi yang memerlukan pemahaman tentang teknologi AI dan ML terkhusus pada teknik CNN.

Dalam membangun dan mengembangkan website pengenalan wajah ini, terdapat juga beberapa tantangan yang perlu diatasi, salah satunya yaitu serangan spoofing atau penipuan ketika dilakukan pengenalan melalui live video webcam, di mana seseorang berupaya untuk menipu sistem dengan memberikan gambar palsu atau bukan wajah asli. tantangan ini berhasil diatasi dengan menggunakan library Silent-Face-Anti-Spoofing, library ini dikembangkan menggunakan bahasa pemrograman Python sehingga ini menjadi tantangan lain juga untuk mengintegrasikan andata bahasa pemrograman JavaScript dan Python, namun syukur tantangan tersebut dapat teratasi.

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa library face-api.js sangat efektif dalam mengenali wajah manusia pada data gambar yang diberikan, dan library Silent-Face-Anti-Spoofing juga efektif dalam mengenali gambar wajah yang bukan asli.

Melalui penelitian ini dan mengatasi permasalahan-permasalahan tersebut, diharapkan akan terciptanya solusi pengenalan wajah yang aman, fleksibel, cepat, dan dapat diandalkan. Sehingga penelitian ini dapat digunakan dalam berbagai bidang aplikasi seperti keamanan, identifikasi pengguna, dan lain sebagainya, sesuai dengan kebutuhan yang diperlukan.

II. IMPLEMENTASI LIBRARY face-api.js

Dalam pengimplementasian library face-api.js ini, penulis lebih berfokus pada penggunaan yang sederhana daripada penjelasan rinci tentang proses pembuatan aplikasi yang telah dikembangkan. Hal ini dipilih karena jika penjelasan yang mendalam mengenai aplikasi yang telah dibuat ini, hal ini akan menjadi cukup panjang dan rumit. Sebagai gantinya, pada point ini hanya menjelaskan cara penggunaan library tersebut dengan studi kasus yang sederhana.

Selain itu, daripada menjeaskan secara tertulis, penulis memutuskan untuk membuat sebuah video yang memberikan penjelasan yang mungkin akan lebih mudah dipahami dan mungkin juga akan dapat lebih mendetail. Video tersebut dapat ditemukan di tautan berikut:

https://github.com/mochamaddarmawanh/skripsi/tree/main/video_integrasi_face-api.js.

Dengan demikian, penjelasan ini akan lebih fokus pada memberikan panduan praktis mengenai penggunaan library face-api.js, daripada membahas proses pembuatan sistem ini yang mungkin saja ada beberapa hal yang tidak penting untuk dijelaskan yang

tidak ada hubungannya dengan pembangunan sistem pengenalan wajah nantinya.

III. PENGOLAHAN CITRA



Fig. 1 Visualisai Citra Digital

Pengolahan citra atau *image processing* adalah proses atau serangkaian teknik untuk memanipulasi gambar atau citra digital dengan tujuan meningkatkan kualitas, mengubah karakteristik, atau mengekstrak informasi tertentu dari citra tersebut [1] [2]. Pada pengolahan citra, ekstraksi gambar merupakan tahap inti dari pengolahan citra itu sendiri dan pada tahap ekstraksi gambar juga merupakan kunci dalam pengenalan wajah atau analisis citra pada wajah secara umum.

Citra digital pada gambar sebenarnya, jika dilihat lebih mendalam, hanyalah sebuah kumpulan titik-titik (*pixel*) yang tersusun dengan variasi warna pada setiap *pixel*-nya. Warna pada *pixel* direpresentasikan sebagai angka, dan angka inilah yang dapat diolah untuk memanipulasi gambar seperti yang sudah disebutkan sebelumnya. [1] [2]

Pada citra khususnya citra RGB (Red, Gree, Blue), gambar tersebut terdiri dari tiga komponen warna yang mewakili kedalaman warna yang diwakili oleh angka 0 hingga 255. R yaitu untuk warna merah atau red, dari 0 untuk hitam sampai 255 yaitu merah, G untuk hijau atau green, dari 0 yaitu hitam sampai 255 yaitu biru. Ketika ketiga komponen ini jika digabungkan, mereka akan membentuk warna baru yang diinginkan, seperti mencampur warna antara biru dan kuning maka akan membuat warna baru yaitu hijau. [1] [2] [3] [4]

IV. ARTIFICIAL INTELLIGENCE (AI)

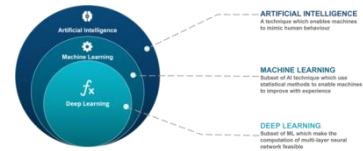


Fig. 2 Paradigma Kecerdasan Buatan

Artificial Intelligence (AI) atau Kecerdasan Buatan adalah bidang ilmu komputer atau *computer science* yang bertujuan untuk mengembangkan sistem komputer yang mampu melakukan tugas-tugas yang biasanya memerlukan kecerdasan manusia. Dalam konteks ini, tujuan utamanya adalah menciptakan mesin yang dapat berpikir cerdas, mampu belajar, merencanakan, dan menyelesaikan masalah dengan cara yang mirip dengan kemampuan manusia. [1] [5]

Tidak semua program atau aplikasi merupakan bagian dari pengembangan *AI*. Terdapat perbedaan antara pemograman non-*AI* (pemrograman tradisional) dengan penerapan teknologi *AI* [5] [6]. Perbedaan tersebut dijelaskan pada penjelasan berikutnya yaitu tentang *Machine Learning (ML)*.

V. MACHINE LEARNING (ML)

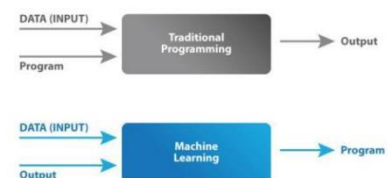


Fig. 3 Perbedaan Tradisional & ML Program



Fig. 4 Perbedaan Tradisional & ML Program (visualisasi kode)

Machine Learning (ML) secara singkat adalah sebuah pendekatan untuk mencapai *AI* atau untuk mencapai kecerdasan secara tiruan untuk sebuah mesin. [5]

Program *ML* menjadi hebat karena hasil program ini dapat digunakan (di latih kembali) dengan contoh atau data baru tanpa mengubah kodenya lagi, misal jika kita membuat sebuah program *ML* untuk mengenali kucing, maka dengan pemrograman *ML*, mesin dapat mengenali anjing tanpa seorang programmer memprogram kembali untuk mengenali anjing, cukup memberikan gambar anjing untuk pelatihan atau data yang berbeda untuk mesin mempelajari (pola data) nya. [5]

Dengan penjelasan diatas, maka terdapat 2 macam pemrograman dan terdapat perbedaannya, yaitu program pemrograman dan terdapat perbedaannya, yaitu program *Machine Learning (ML)* dan dengan program yang umumnya mahasiswa belajar tentang pemrograman (*traditional programming*). Perbedaan ini yaitu ada pada penggunaan kode atau program untuk di masa depan. Maksudnya, *traditional programming* di gunakan hanya untuk beberapa logika yang programmer sudah atur, sedangkan *ML programming* diatur untuk menemukan sebuah pola dari data sehingga mesin dapat belajar dari data yang diberikan tersebut. Contohnya, misal dengan deteksi spam pada email, dengan *traditional programming* mungkin akan banyak sebuah logika atau pencarian untuk memeriksa apakah suatu kata dikaitkan dengan spam atau tidak. Jika ya, maka kita akan atur di program kita dengan true (misalnya) untuk memblokir email tersebut. Namun, pelaku spam mungkin akan memahami hal ini, dengan mengubah kata sedikit, dan sistem akan tembus (tidak terdeteksi spam). Dengan demikian, hal ini akan Tarik-menarik antara spammer dan programmer, dan akan membuang-buang waktu. Sekarang, kita dapat menggunakan logika *ML* untuk mengatasi masalah ini, dengan banyaknya pengguna menandai email sebagai spam, mesin akan secara otomatis mengetahui kata atau fitur apa yang paling mungkin berkontribusi pada email spam. Dengan demikian tidak ada lagi

manusia yang harus terlibat untuk memelihara daftar secara manual. [5]

Pada pemrograman *ML* terdapat banyak metode untuk mencapai *AI*, salah satu teknik populer dan membuat *AI* menjadi menarik adalah *Artificial Neural Network (ANN)* [7], yang akan dibahas pada bagian berikutnya.

VI. NEURAL NETWORK (NN)

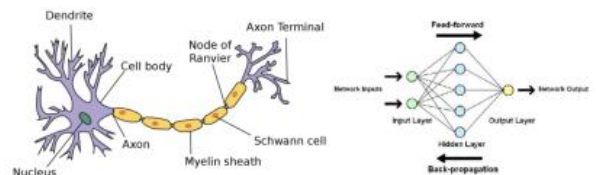


Fig. 8 Visualisasi neural network dari saraf otak manusia

Neural Network (NN) dikenal juga sebagai *Artificial Neural Network (ANN)* atau dalam bahasa Indonesia yaitu Jaringan Saraf Tiruan, merupakan cabang dari *Machine Learning (ML)*, nama dan struktur dari *ANN* terinspirasi dari otak manusia, yang meniru cara neuron biologis memberi sinyal dari satu neuron ke neuron lainnya. [1] [7] [8] [9]

Artificial Neural Network (ANN) terdiri dari lapisan simpul atau *node*, yang berisi lapisan masukan (*input layer*), lapisan tersembunyi (*hidden layer*) yang terdiri dari satu atau lebih, dan lapisan keluaran (*output layer*). Setiap *node* atau *neuron* terhubung ke yang lain dan memiliki bobot dan ambang (*threshold*) yang ditentukan. Jika output (setelah melalui proses fungsi aktivasi) dari setiap *node* berada di atas nilai ambang yang ditentukan, *node* tersebut diaktifkan, dan mengirimkan data ke lapisan jaringan berikutnya. Jika tidak lebih dari ambang yang ditentukan, maka tidak ada data yang diteruskan ke lapisan jaringan berikutnya. [9]

Neural Network (NN) mengandalkan banyaknya data pelatihan untuk meningkatkan akurasi. Namun, meskipun jumlah data pelatihan yang terbatas, *NN* tetap

dapat memberikan akurasi yang tinggi jika disesuaikan melalui pengaturan algoritma pembelajaran. Oleh karena itu, algoritma ini menjadi alat yang kuat dalam ilmu komputer dan kecerdasan buatan, mampu mengklasifikasikan dan mengelompokkan data dengan kecepatan tinggi. Tugas-tugas seperti pengenalan ucapan atau pengenalan gambar dapat diselesaikan dalam hitungan menit dibandingkan dengan pengidentifikasian manual oleh para ahli manusia yang dapat memakan waktu hingga berjam-jam. Salah satu jaringan saraf yang paling terkenal adalah algoritma pencarian Google.^[9]

VII. CARA KERJA NEURAL NETWORK (NN).

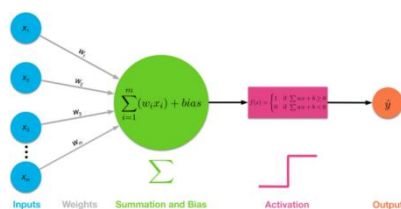


Fig. 9 Visualisasi antara neuron pada neural network

Rumus secara matematis:

$$z = \sum_{i=1}^m w_i x_i + \text{bias}$$

$$H(z) = \begin{cases} 0 & z < 0 \\ \frac{1}{2} & z = 0 \\ 1 & z > 0 \end{cases}$$

$$\sigma(z) = \frac{1}{1 + e^{-z}}$$

Rumus dalam program:

$$\sum w_i x_i + \text{bias} = w_1 x_1 + w_2 x_2 + w_3 x_3 + \text{bias}$$

$$\text{output} = f(x) = 1 \text{ if } \sum w_i x_i + b \geq 0; 0 \text{ if } \sum w_i x_i + b < 0$$

$$\text{activation} = 1 / (1 + e^{-x})$$

Fig. 10 Rumus-rumus cara menghitung pada neural network

Setelah lapisan masukan (*input layer* - x) ditentukan sebelumnya, maka bobot (*weight* - w) diberikan pada setiap koneksi. Bobot ini membantu menentukan seberapa besar pengaruh setiap input ($x_1, x_2, x_3, \text{dst.}$) terhadap output dari *neuron* tersebut. Dalam langkah ini, nilai input (x) dikalikan dengan bobot (w) untuk setiap koneksi, sehingga memberikan

"kekuatan" atau "nilai penting" yang berbeda pada setiap input, sesuai dengan bobot yang diberikan.^[9]

Setelah dilakukan penjumlahan bobot dengan nilai inputnya, maka hasil penjumlahan tersebut ditambahkan dengan nilai *bias*^[9]. *Bias* adalah parameter tambahan pada setiap *neuron* yang memungkinkan *neuron* untuk memiliki nilai ambang (*threshold*) tertentu sehingga dapat mempengaruhi output *neuron* dan agar tidak mendapatkan nilai 0.^[11]

Setelah proses penjumlahan dan penambahan dengan nilai *bias* dilakukan, hasilnya akan diaplikasikan pada fungsi aktivasi ($f(x)$). Fungsi aktivasi bertugas untuk menentukan apakah *neuron* tersebut diaktifkan (output 1) atau tidak diaktifkan (output 0) berdasarkan hasil dari $\sum w_i x_i + \text{bias}$.^[9]

Dengan menggunakan rumus $\text{output} = f(x) = 1$ if $\sum w_i x_i + b \geq 0$; 0 if $\sum w_i x_i + b < 0$, *neuron* akan mengeluarkan output 1 jika hasil dari $\sum w_i x_i + \text{bias}$ lebih besar atau sama dengan 0, dan mengeluarkan output 0 jika hasil dari $\sum w_i x_i + \text{bias}$ lebih kecil dari 0. Proses ini berlaku untuk setiap *neuron* pada lapisan berikutnya dalam jaringan saraf.^[9]

Sebagian besar *neural network* bersifat *feedforward*, artinya hanya mengalir dalam satu arah, dari input ke output. Namun, kita juga dapat melatih model melalui *backpropagation*, yaitu bergerak berlawanan arah dari keluaran ke masukan. *Backpropagation* adalah teknik dalam pembelajaran jaringan saraf yang digunakan untuk mengoptimalkan bobot dan *bias* berdasarkan selisih antara output yang dihasilkan oleh jaringan dengan target yang seharusnya.^[9]

Dari penjelasan di atas, sebenarnya masih belum lengkap dan menyeluruh, oleh karena itu, agar pembahasan tentang *ANN* ini lebih jelas dan menyeluruh atau komprehensif, mari kita kerjakan sebuah contoh soal sederhana yang menggambarkan

bagaimana *ANN* beroperasi mulai dari input hingga menghasilkan sebuah nilai prediksi.

Untuk penjelasan lebih rinci terkait proses atau cara kerja dan contoh soal dari Neural Network (NN) ini secara tertulis, silahkan kunjungi link tautan berikut kemudian pilih paper berjudul *docx.docx*: https://github.com/mochamaddarmawanh/skripsi/tree/main/hasil_riset.

VIII. JENIS-JENIS NEURAL NETWORK (NN).

Jaringan Saraf (*Neural Network*) dapat diklasifikasikan ke dalam berbagai jenis, dan digunakan untuk tujuan yang berbeda. Meskipun ini bukan daftar jenis yang lengkap, di bawah ini akan mewakili jenis jaringan saraf yang paling umum yang akan biasa ditemui untuk kasus penggunaan: [9]

a. Convolutional Neural Network (CNN)

CNN merupakan fokus utama dalam skripsi atau penelitian ini. Pada bagian berikutnya, akan dijelaskan secara detail mengenai konsep dan cara kerja dari *CNN*. *CNN* dikhususkan untuk tugas-tugas pengenalan pola dalam data berstruktur *grid* atau *matriks*, seperti citra dan video. Arsitektur *CNN* memiliki lapisan *konvolusi* yang berperan dalam mengidentifikasi fitur-fitur penting dari data input. [9]

b. Recurrent Neural Network (RNN)

RNN memiliki sifat memori, sehingga cocok untuk tugas yang melibatkan data berurutan. *RNN* sering digunakan dalam pengolahan bahasa alami, pemodelan urutan, dan tugas-tugas lain yang melibatkan urutan data. [9]

c. Transformer

Transformer adalah arsitektur yang revolusioner dalam bidang pemrosesan

bahasa alami. *Transformer* menggunakan *mekanisme attention* untuk memahami hubungan antara kata dalam kalimat dan telah menunjukkan performa yang luar biasa dalam tugas-tugas pemodelan bahasa. [9]

Perbedaan antara berbagai jenis arsitektur jaringan saraf, seperti *CNN*, *RNN*, *Transformer*, dan jenis lainnya, adalah cara mereka memproses data. Cara mereka mengorganisasi, menghubungkan, dan mengolah informasi dalam jaringan adalah yang membuat mereka unik dan cocok untuk tugas tertentu. [1]

IX. HUBUNGAN NEURAL NETWORK (NN) DENGAN DEEP LEARNING (DL).

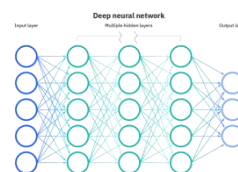


Fig. 11 Deep learning visualisasi

Deep Learning (DL) merupakan neural network dengan lebih dari dua lapisan (*deep layers*). Pada dasarnya ANN hanya terdiri tidak lebih dari 2 atau kurang dari 2 *hidden layer*, jika lebih dari 2 layer maka biasanya lebih dikenal sebagai *deep neural network* atau *deep learning* (DL). Dengan menggunakan banyak lapisan ini, DL memiliki kemampuan untuk mengekstraksi pola dan fitur yang kompleks atau abstrak dari data dengan lebih efisien, sehingga memungkinkan untuk penyelesaian tugas-tugas yang lebih kompleks dan akurat.

Jadi hubungan antara ANN dan DL ini hanya terletak pada jumlah lapisan (*hidden layer*) yang digunakan.

X. CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORK (CNN)

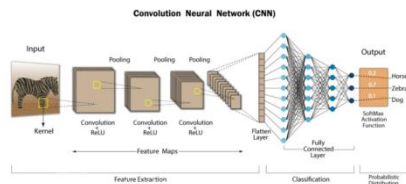


Fig. 12 Viualisasi CNN

Convolutional Neural Network (CNN) adalah jenis khusus dari jaringan saraf (*NN*) atau yang paling umum digunakan dalam tugas pengenalan citra. *CNN* memiliki lapisan-lapisan khusus yang secara otomatis mengekstrak fitur dari gambar dan mengidentifikasi pola dalam hierarki. Lapisan konvolusi dan lapisan *pooling* adalah komponen inti dari *CNN*, yang memungkinkan pemrosesan citra secara efisien dan mendalam ^[1]. Tujuan tahap konvolusi ini adalah untuk mereduksi dimensi gambar input dengan mengekstrak fitur-fitur penting, sehingga ketika dikirim ke tahap *fully connected*, beban tidak terlalu besar ^[13]. Sebagai contoh, jika kita memiliki gambar input dengan ukuran 1000 pixel x 1000 pixel x 3 saluran RGB, maka jika mengirimkannya langsung ke *ANN* sama saja dengan mengirimkan 3 juta piksel, ini akan menjadi tidak efisien dan bahkan dapat menyebabkan *overfitting* ^{[14] [15]}. Oleh karena itu, tahapan lapisan konvolusi sangat penting untuk mengambil hanya informasi penting dalam gambar.

Dalam proses konvolusi, elemen yang paling penting adalah penggunaan filter, juga dikenal sebagai *kernel*. Filter ini dapat dikonfigurasi secara manual dengan bobot yang telah diteliti sebelumnya, seperti misal penggunaan filter *edge horizontal* atau *vertical detection*, atau jenis filter lainnya ^[16] , yang dapat dilihat seperti gambar dibawah ini sebagai contoh. Selain itu, filter ini juga dapat diatur secara acak, sehingga memungkinkan *CNN* untuk memperbarui bobot filter tersebut secara iteratif, dan menghasilkan filter yang mungkin belum pernah ditemukan sebelumnya ^[16].

Fungsi lain filter selain untuk mereduksi gambar agar semakin kecil dengan mengambil hal-hal penting dengan melakukan filtering, sistem filtering ini akan

membantu *ANN* dalam mengenali pola atau kombinasi angka nanti dari sebuah gambar yang diberikan^[1].



Fig. 13 Filter Deteksi



Fig. 14 Filter hasil pembelajaran

Untuk penjelasan lebih rinci terkait proses atau cara kerja dan contoh soal dari konvolusi di CNN ini secara tertulis, silahkan kunjungi link tautan berikut kemudian pilih paper berjudul *docx.docx*:
https://github.com/mochamaddarmawanh/skripsi/tree/main/hasil_riset.

XI. LIBRARY FACE-API.JS

Library face-api.js adalah sebuah *library* *JavaScript* yang menyediakan fungsi-fungsi pengenalan wajah berbasis web. *Library* ini dikembangkan menggunakan *Tensorflow.js Core*, sehingga memungkinkan pengguna untuk dengan mudah memanggil dan menggunakan kelas-kelas serta fungsi-fungsi yang telah disediakan. Dengan adanya *library face-api.js*, pengembang dapat mengimplementasikan pengenalan wajah secara efisien dalam aplikasi web mereka tanpa perlu membuat kelas dan fungsi-fungsi dari awal.

Library ini memanfaatkan teknologi *CNN* untuk mendeteksi, mengenali, dan melacak wajah pada gambar dan video melalui antarmuka yang mudah digunakan. Dalam penelitian ini, *library face-api.js*

akan digunakan untuk mengimplementasikan pengenalan wajah dalam konteks aplikasi web dan mendukung pengenalan wajah secara *real-time*.

Dan adapun fitur-fitur atau *class* yang disediakan oleh *library face-api.js* adalah sebagai berikut:

- A. *Face Recognition*
- B. *Face Expression Recognition*
- C. *Face Landmark Detection*
- D. *Age Estimation & Gender*

XII. LIBRARY FACE-SILENT-ANTI-SPOOFING

"The silent-face-anti-spoofing detection model is used to determine if the face in an image is real or fake.

It is designed to prevent people from tricking facial identification systems, such as those used for unlocking phones or accessing secure locations. This is achieved through a process called "liveness" or "anti spoofing" which judges whether the face presented is genuine or not.

The face presented by other media can be defined as a fake: photo prints of faces, faces on phone screens, silicone mask, 3D human image, etc. This model outputs three concepts: fake2d, fake3d, real."

Model deteksi *library silent-face-anti-spoofing* digunakan untuk menentukan apakah wajah dalam suatu gambar asli atau palsu.

Ini dirancang untuk mencegah orang menipu sistem identifikasi wajah, seperti yang digunakan untuk membuka kunci ponsel atau mengakses lokasi aman. Hal ini dicapai melalui proses yang disebut "*liveness*" atau "*anti spoofing*" yang menilai apakah wajah yang ditampilkan asli atau tidak.

Wajah yang ditampilkan oleh media dapat diartikan palsu ketika dari: cetakan foto wajah, wajah di layar ponsel, masker silikon, gambar manusia 3D, dll. Model ini menghasilkan tiga konsep: *palsu2d*, *palsu3d*, *real*.

XIII. LIVENESS

Liveness dalam konteks teknologi pengenalan wajah dan *biometrik* merujuk pada kemampuan sistem untuk mengidentifikasi apakah data *biometrik* yang dihadirkan adalah dari sumber yang hidup atau dari sesuatu yang tidak hidup seperti foto atau rekaman video. Istilah ini sering digunakan dalam sistem keamanan dan otentikasi untuk mengatasi masalah potensial dengan penggunaan citra statis (foto) sebagai upaya penipuan.

Sistem deteksi *liveness* berusaha untuk membedakan antara data *biometrik* yang berasal dari sumber yang hidup, seperti wajah seseorang yang sebenarnya, dengan data yang berasal dari sumber palsu atau rekaman, seperti foto wajah. Ini dapat dicapai dengan berbagai cara, termasuk analisis dinamika (seperti gerakan mata atau perubahan warna kulit), penggunaan teknologi 3D untuk mendeteksi kedalaman, atau pengujian tantangan (*challenges*) seperti meminta pengguna untuk melakukan tindakan tertentu (misalnya, menggerakkan kepala).

Sistem deteksi *liveness* adalah salah satu langkah keamanan tambahan yang digunakan dalam aplikasi seperti otentikasi wajah untuk memastikan bahwa sumber data *biometrik* adalah manusia yang sebenarnya dan bukan representasi data statis. Dengan demikian, sistem ini membantu mencegah upaya penipuan dengan menggunakan foto atau rekaman video sebagai cara untuk membuka kunci perangkat atau layanan.

XIV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pembahasan dan hasil mohon maaf tidak dapat dipaparkan pada paper ini, namun dapat dilihat di paper hasil penelitian dan dapat dikunjungi pada link berikut ini:

https://github.com/mochamaddarmawanh/skripsi/tree/main/hasil_riset.

XV. KESIMPULAN

Dalam penelitian ini, penulis berhasil 2. menguraikan dan memahami paradigma Teknologi Pembelajaran Mesin (*Machine Learning - ML*), yang berfokus pada konsep serta mekanisme kerja dari teknik Jaringan Saraf Konvolusi (*Convolutional Neural Network - CNN*) dalam pengenalan wajah.

Implementasi *library face-api.js* pada halaman web juga berhasil dijalankan, termasuk langkah-langkah 3. untuk menghindari komputasi berulang saat sistem melakukan pengenalan wajah, sehingga hal ini sistem 4. memungkinkan untuk mendeteksi wajah, mengenali titik-titik landmark wajah, serta melakukan pengenalan wajah secara efisien dan cepat.

Selain itu, permasalahan serangan *spoofing* juga telah berhasil diatasi, memberikan lapisan keamanan 5. tambahan pada sistem. Ini menjadi suatu pencapaian karena implementasi dari *library face-api.js* sebelumnya 6. belum tersedia untuk mengatasi serangan *spoofing* ini, walaupun permasalahan serangan *spoofing* belum dapat dilakukan secara real-time, penelitian ini telah 7. memberikan langkah-langkah awal untuk mengatasi permasalahan ini. Dan oleh karena belum dapat dilakukan secara real-time untuk mengidentifikasi permasalahan serangan *spoofing*, maka akan lebih baik jika 8. dilakukan penelitian lebih lanjut terkait permasalahan serangan *spoofing* ini, sehingga nantinya tidak memerlukan intervensi secara manual lagi.

Secara keseluruhan, penelitian ini berhasil mencapai tujuan awalnya yaitu pemahaman tentang 9. paradigma *ML* dengan fokus pada teknik *CNN*, serta pengembangan solusi pengenalan wajah yang berfokus pada basis web dengan memanfaatkan *library face-api.js*.

XVI. UCAPAN TERIMA KASIH

1. Mamah dan Papah tercinta, yang senantiasa memberikan doa, dukungan, serta pendidikan baik secara formal

maupun melalui berbagai kursus yang telah didukung secara finansial.

Kepada Bapak Prof. Dr. H. Dadang Suganda, M.Hum. Selaku Rektor Universitas Widyatama, Bapak Dr. R. Wedi Rusmawan Kusumah, S.E., M.SI., AK., C.A. Selaku Wakil Rektor Bidang Tri Dharma Perguruan Tinggi & Kemahasiswaan dan Ibu Dr. Diana Sari, S.E., M.Si., Ak., Q.I.A., C.A., ACPA. Selaku Wakil Rektor Bidang Keuangan, SDM, dan Fasilitas.

Kepada Bapak Dr. Didit Damur Rochman, S.T., M.T. Selaku Dekan Fakultas Teknik.

Kepada Bapak Ari Purno Wahyu, S.Kom., M.Kom., selaku Ketua Program Studi di Fakultas Teknik Informatika, Universitas Widyatama, atas arahan dan bantuan-bantuan lainnya dalam perjalanan perkuliahan penulis.

Semua jajaran pimpinan & PRODI baik dari Fakultas Teknik ataupun dari Fakultas lain tanpa terkecuali.

Ibu Azizah Zakiah, S.Kom., M.T., selaku dosen wali, atas arahan dan panduan yang berharga selama perjalanan akademik saya.

Kepada Bapak Sunjana, S.Si., M.T. Selaku pembimbing, terimakasih atas waktu, tenaga, dan kesabaran yang telah diberikan dalam membimbing penulis sehingga dapat menyelesaikan laporan tugas akhir ini.

Ibu Yan Pupitarani, S.T., M.T. Selaku Sek. Prodi Teknik Informatika dan Bapak Dr. Feri Sulianta, S.T., M.T. Selaku Ka. Lab. Information Technology, terimakasih atas kontribusi dan bantuan dalam pengembangan penelitian ini.

Bapak Adi Purnomo, S.T., M.T., Selaku dosen Grafika Komputer, Ibu Sriyani Violina, S.T., M.T. Selaku dosen matakuliah Pengolahan Citra dan Artificial Intelligence, Ibu Tenie Syukriyah, S.Si., M.Si. Selaku dosen Kalkulus II. Terimakasih atas materi yang disampaikan dikelas karena sangat bermanfaat dan sesuai dengan isi materi yang penulis bahas ini.

10. Semua jajaran dosen Teknik Informatika yang tidak bisa penulis tulis satu per satu tanpa terkecuali, baik yang pernah mengajar penulis maupun yang tidak. Terima kasih karena semua materi yang disampaikan sangat berarti bagi penulis.
11. Bapak Helmy Faisal Muttaqin, S.Kom., M.T. Dan Ibu Fitrah Rumaisa, S.T., M.Kom. Selaku penguji yang telah memberikan kritikan dan masukannya yang membangun sehingga hal tersebut membuat penulis akan menjadi jauh lebih baik lagi dikemudian hari.
12. Terima kasih kepada teman-teman sekelas terkhusus Muhammad Rais Fauzan dan teman-teman rekan Kerja Praktek di Fakultas Ilmu Budaya dari angkatan yang sama atau berikutnya. Juga termasuk Ibu Ida Zuraida, HJ., S.S., M.PD. Selaku Sekretaris Program Studi Bahasa Inggris S1 sekaligus pembimbing Kerja Praktek dan Bapak Freddy Charles. Juga selaku pembimbing kedua dari program Kerja Praktek. Lalu tak lupa Bapak Dr. Hendar, Drs., M.Pd. Selaku Dekan Fakultas Ilmu Budaya dan Ibu Dr. Ervina C. M. Simatupang, S.S., M.Hum. Selaku Ka. Prodi Bahasa Inggris S1. Dan semua jajarannya di Fakultas Ilmu Budaya yang tidak bisa penulis tuliskan satu per satu. Terimakasih kerana telah memberikan kesempatan untuk penulis sehingga penulis banyak mendapatkan pelajaran dan pengalaman yang sangat berharga untuk dimasa depan.
13. Bapak Danang Rudi Purnomo. Selaku Civitas Akademika, yang telah membantu penulis dalam pengurusan berkas terkait perkuliahan penulis.
14. Saudara-saudara penulis, kakak atau aa kandung Mochamad Ramdhan dan kakak ipar teteh Karnita Suci. Terimakasih karena selalu percaya pada mimpi-mimpi penulis dan selalu memberikan bantuan dan juga loyal dan baik hati,
15. Dan terakhir seluruh Civitas Akademika Universitas Widyatama, yang telah menciptakan lingkungan belajar yang inspiratif dan mendukung.

XVII. REFERENSI

- OpenAI, *Bantuan dalam Penulisan Riset, Kode, dan Pertanyaan Lainnya*, GPT-3.5 ed., OpenAI, 2021.
- A. Purnama, *190653001 - [e] Grafika Komputer*, Bandung: Universitas Widyatama, Ganjil 2022/2023.
- S. Violina, *190663003 - [e] Pengolahan Citra*, Bandung: Universitas Widyatama, Ganjil 2022/2023.
- M. Fachrie, "Konsep Dasar Citra Digital - Perkuliahan Pengolahan Citra Digital #1." YouTube, 2021. [Online]. Available: https://www.youtube.com/watch?v=vMXTEXYQ4RM&list=PLBW2heg-PA3e_1ObQponUnL8I-eZWRbCy. [Accessed June 2023].
- G. f. Deeloper, "Artificial Intelligence, Machine Learning, and Deep Learning," YouTube, 2023. [Online]. Available: <https://www.youtube.com/watch?v=bOUfOOCFCrE>. [Accessed August 2023].
- R. Ilyas, "Perbedaan Machine Learning dengan Program Tradisional | Machine Learning 101 | Eps 1," YouTube, 2021. [Online]. Available: <https://www.youtube.com/watch?v=crIQS9x3QnE&list=PLo6nZTepSz2p5oKKkg6ZWHx4Pw7ToYVtD&index=1>. [Accessed August 2023].
- M. Astrid, "Bentuk Otaknya AI | Pengenalan Artificial Neural Network," YouTube, 2020. [Online]. Available: https://www.youtube.com/watch?v=VmQNVsU_mPU&t=5s. [Accessed June 2023].
- Intellipat, "Artificial Intelligence Tutorial | AI Tutorial For Beginners | Intellipaat," YouTube, 2019. [Online]. Available: https://www.youtube.com/watch?v=SJ_6TD6X8UE. [Accessed August 2023].
- "What is a Neural Network?. IBM," IBM, [Online]. Available: <https://www.ibm.com/topics/neural-networks#:~:text=Neural%20networks%2C%20also%20known%20as,neurons%20signal%20to%20one%20another>. [Accessed June 2023].
- M. Fachrie, "Neural Networks untuk Pemula - Perkuliahan Soft Computing #06," YouTube, 2021. [Online]. Available: <https://www.youtube.com/watch?v=O-tfsQPI3RE&t=2803s>. [Accessed June 2023].
- R. Ilyas, "Perhitungan dan Simulasi Backpropagation Dengan MS Excel | Machine Learning 101 | Eps 6," YouTube, 2021. [Online]. Available: <https://www.youtube.com/watch?v=iFcgzZOqYeU&list=PLo6nZTepSz2p5oKKkg6ZWHx4Pw7ToYVtD&index=6>. [Accessed June 2023].
- M. Astrid, "Mengenal Convolutional Neural Network," YouTube, 2020. [Online]. Available: <https://www.youtube.com/watch?v=3NwE3Eu8g7c&t=2s>. [Accessed June 2023].
- B. Suman, "Convolutional Neural Networks | CNN | Kernel | Stride | Padding | Pooling | Flatten | Formula," YouTube, 2020. [Online]. Available: <https://www.youtube.com/watch?v=Y1qxI-Df4Lk&t=302s>. [Accessed June 2023].