

SISTEM DETEKSI WAJAH OTOMATIS PADA PROSES UPLOAD IMAGE DENGAN TENSORFLOW DAN ALGORITMA BLAZEFACE

Iin¹, Jajang Suherman², Topan Trianto³
Komputerisasi Akuntansi¹, Bisnis Digital², Sistem Informasi³
Universitas Masoem^{1,2,3}

isholihin87@gmail.com¹, jajangsuherman333@gmail.com², topant2017@gmail.com³

Abstrak

Proses verifikasi foto profil pada aplikasi *e-learning* di Universitas Al-Masoem memerlukan sistem deteksi wajah yang akurat untuk meningkatkan kualitas pengalaman pengguna serta mengurangi kemungkinan penyalahgunaan. Penelitian ini mengembangkan sistem deteksi wajah otomatis menggunakan *TensorFlow.js*, sebuah pustaka *machine learning* berbasis *JavaScript*, dan algoritma *BlazeFace*. Sistem ini dirancang untuk mendeteksi keberadaan wajah saat mahasiswa mengunggah foto profil, memastikan bahwa foto tersebut adalah foto formal sesuai dengan persyaratan. Metodologi penelitian mencakup pengintegrasian *TensorFlow.js* ke dalam antarmuka web untuk mengolah model *BlazeFace* secara langsung di *browser*, tanpa memerlukan *server backend* tambahan. Algoritma *BlazeFace* dipilih karena ukurannya yang kecil, kecepatan tinggi, dan akurasi deteksi yang optimal pada perangkat dengan daya komputasi rendah. Evaluasi dilakukan dengan menggunakan gambar hasil unggah untuk mengukur akurasi, kecepatan proses, serta performa sistem pada berbagai jenis perangkat (*desktop* dan *smartphone*).

Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem mampu mendeteksi wajah dengan tingkat akurasi rata-rata sebesar 96,3% pada kondisi pencahayaan normal pada gambar *JPG* dengan ukuran 50 -500 kB. Waktu pemrosesan rata-rata adalah 17ms pada perangkat *desktop* dengan spesifikasi standar dan 25ms pada perangkat *mobile* (kurang dari 30ms). Implementasi *TensorFlow.js* memungkinkan sistem berjalan sepenuhnya di sisi klien (*browser*), mengurangi beban *server* dan meningkatkan privasi data pengguna. Dengan performa yang efisien dan skalabilitas tinggi, sistem ini memiliki potensi untuk diadopsi secara luas pada berbagai aplikasi web, seperti media sosial, platform *e-commerce*, dan sistem pendidikan online. Penelitian ini juga membuka peluang untuk pengembangan lebih lanjut, termasuk integrasi dengan algoritma pengenalan wajah atau deteksi multiobjek untuk kasus penggunaan yang lebih kompleks.

Kata kunci :Deteksi wajah, *TensorFlow.js*, *BlazeFace*, *machine learning*, *Artificial Intelligence*

Abstract

The profile photo verification process in the *e-learning* application at Universitas Al-Masoem requires an accurate face detection system to enhance user experience quality and reduce potential misuse. This study developed an automatic face detection system using *TensorFlow.js*, a *JavaScript*-based machine learning library, and the *BlazeFace* algorithm. The system is designed to detect the presence of a face when students upload a profile photo, ensuring that the uploaded image is a formal photo that meets the requirements. The research methodology includes integrating *TensorFlow.js* into the web interface to process the *BlazeFace* model directly in the browser without requiring additional backend servers. *BlazeFace* was chosen for its compact size, high speed, and optimal detection accuracy on devices with low computing power. The evaluation was conducted using uploaded images to measure the system's accuracy, processing speed, and performance across various device types, including desktops and smartphones.

The test results show that the system can detect faces with an average accuracy rate of 96.3% under normal lighting conditions on *JPG* images with sizes ranging from 50 to 500 kB. The average processing time is 17ms on desktop devices with standard specifications and 25ms on mobile devices. The implementation of *TensorFlow.js* enables the system to operate entirely on the client-side (*browser*), reducing server load and enhancing user data privacy. With its efficient performance and high scalability, the system has the potential to be widely adopted in various web applications, such as social media, *e-commerce* platforms, and online education systems. This study also opens opportunities for further development, including integration with facial recognition algorithms or multi-object detection for more complex use cases.

Keywords : Face Detection, *TensorFlow.js*, *BlazeFace*, *Machine Learning*, *Artificial Intelligence*

I. PENDAHULUAN

Era digital saat ini, sistem *e-learning* telah menjadi komponen vital dalam mendukung proses pembelajaran di berbagai institusi pendidikan, termasuk Universitas Al-Masoem. Salah satu aspek penting dalam implementasi *e-learning* adalah verifikasi identitas mahasiswa melalui foto profil. Namun, masih sering ditemukan penyalahgunaan dalam penggunaan foto profil yang tidak sesuai, seperti foto non-formal atau bahkan foto palsu, yang berdampak pada penurunan kredibilitas sistem serta pengalaman pengguna secara keseluruhan. Untuk mengatasi permasalahan tersebut, dibutuhkan sistem otomatis yang mampu mendeteksi keberadaan wajah dan memastikan bahwa foto yang diunggah memenuhi standar formalitas yang telah ditetapkan.

Pemanfaatan teknologi *machine learning* berbasis web, seperti *TensorFlow.js*, menawarkan solusi inovatif untuk membangun sistem deteksi wajah secara *real-time* yang dapat langsung diintegrasikan ke dalam antarmuka web. Salah satu algoritma yang relevan adalah *BlazeFace*, yang dikenal karena ukurannya yang ringan dan kemampuannya beroperasi dengan cepat, sehingga cocok digunakan pada perangkat dengan daya komputasi rendah seperti *smartphone* tanpa mengorbankan akurasi. Keunggulan lainnya adalah pemrosesan data yang sepenuhnya dilakukan di sisi klien (*browser*), yang membantu menjaga privasi pengguna dan mengurangi beban infrastruktur *server*.

Penelitian ini difokuskan pada pengembangan sistem deteksi wajah otomatis guna memastikan validitas foto profil mahasiswa dalam aplikasi *e-learning* Universitas Al-Masoem. Fokus utama penelitian meliputi integrasi *TensorFlow.js* dan algoritma *BlazeFace* ke dalam antarmuka web, pengukuran akurasi dan performa sistem pada berbagai perangkat (*desktop* dan *smartphone*), serta pengujian kemampuan sistem dalam mendeteksi wajah pada gambar berukuran kecil (50–500 kB) di bawah kondisi pencahayaan normal.

Metodologi yang digunakan mencakup pengumpulan data dari dataset gambar wajah unggahan di tahun ajar sebelumnya sebagai bahan pelatihan dan pengujian, pengembangan sistem dengan integrasi model *BlazeFace* melalui *TensorFlow.js* secara langsung di *browser*, serta evaluasi performansi sistem berdasarkan akurasi deteksi, kecepatan pemrosesan, dan ketangguhan pada berbagai perangkat serta kondisi gambar. Sistem yang telah dikembangkan kemudian diujicobakan dalam *platform e-learning* Universitas Al-Masoem untuk mendapatkan umpan balik dari pengguna secara langsung.

Diharapkan dari penelitian ini dapat dihasilkan sistem deteksi wajah otomatis yang mampu mencapai akurasi tinggi (di atas 90%) pada kondisi pencahayaan normal, dengan waktu pemrosesan *real-time* (kurang dari 30ms) baik pada perangkat *desktop* maupun *mobile*. Selain itu, sistem ini diharapkan mudah diadopsi ke dalam aplikasi berbasis web tanpa memerlukan infrastruktur server tambahan, sehingga memberikan solusi praktis dan efektif untuk meningkatkan validitas foto profil mahasiswa serta kualitas pengalaman pengguna dalam sistem *e-learning* Universitas Al-Masoem.

II. TINJAUAN PUSTAKA

Deteksi wajah adalah proses identifikasi lokasi wajah manusia dalam gambar atau video. Teknologi ini menjadi dasar bagi berbagai aplikasi, seperti pengenalan wajah, analisis emosi, dan sistem keamanan berbasis *biometrik*. Dalam konteks web, deteksi wajah secara *real-time* memerlukan algoritma yang ringan, cepat, dan akurat untuk memastikan pengalaman pengguna tetap optimal meskipun menggunakan perangkat dengan daya komputasi rendah [1][2]. Beberapa algoritma populer untuk deteksi wajah meliputi *Viola-Jones*, *Histogram of Oriented Gradients (HOG)*, dan metode berbasis *deep learning* seperti *You Only Look Once (YOLO)* dan *Single Shot Multibox Detector (SSD)*. Namun, dalam penelitian ini, *BlazeFace* dipilih karena keunggulannya dalam ukuran model yang kecil dan efisiensi tinggi, sehingga ideal untuk implementasi berbasis web [1] [3].

BlazeFace adalah algoritma deteksi wajah yang dikembangkan oleh Google, dirancang khusus untuk perangkat dengan daya komputasi rendah. *BlazeFace* menggunakan model *convolutionalneural networks (CNN)* ringan yang dapat mendeteksi wajah dengan cepat dan akurat, bahkan dalam video *real-time*. Salah satu keunggulan *BlazeFace* adalah kemampuannya untuk mendeteksi wajah dengan latensi rendah, yang sangat penting untuk aplikasi berbasis web [4][5]. Model *BlazeFace* memiliki ukuran sekitar 300 kB, jauh lebih kecil dibandingkan model deteksi wajah lainnya. Algoritma ini mengandalkan operasi efisien seperti *depthwise separable convolution* untuk mempercepat proses inferensi tanpa mengurangi akurasi secara signifikan [6].

TensorFlow.js adalah pustaka *machine learning* berbasis *JavaScript* yang memungkinkan pengembangan dan eksekusi model *machine learning* langsung di *browser*. *TensorFlow.js* mendukung pemrosesan data di sisi klien, yang tidak hanya mengurangi beban *server* tetapi juga meningkatkan privasi data pengguna [3][6][7]. Dengan kemampuan untuk menjalankan model *pre-trained* atau melatih model baru secara langsung di *browser*, *TensorFlow.js* telah banyak digunakan untuk membangun aplikasi interaktif yang responsif. Integrasi *TensorFlow.js* dengan algoritma *BlazeFace* memungkinkan sistem deteksi wajah yang efisien, skalabel, dan dapat berjalan pada berbagai *platform*, termasuk *desktop* dan *smartphone* [3][7].

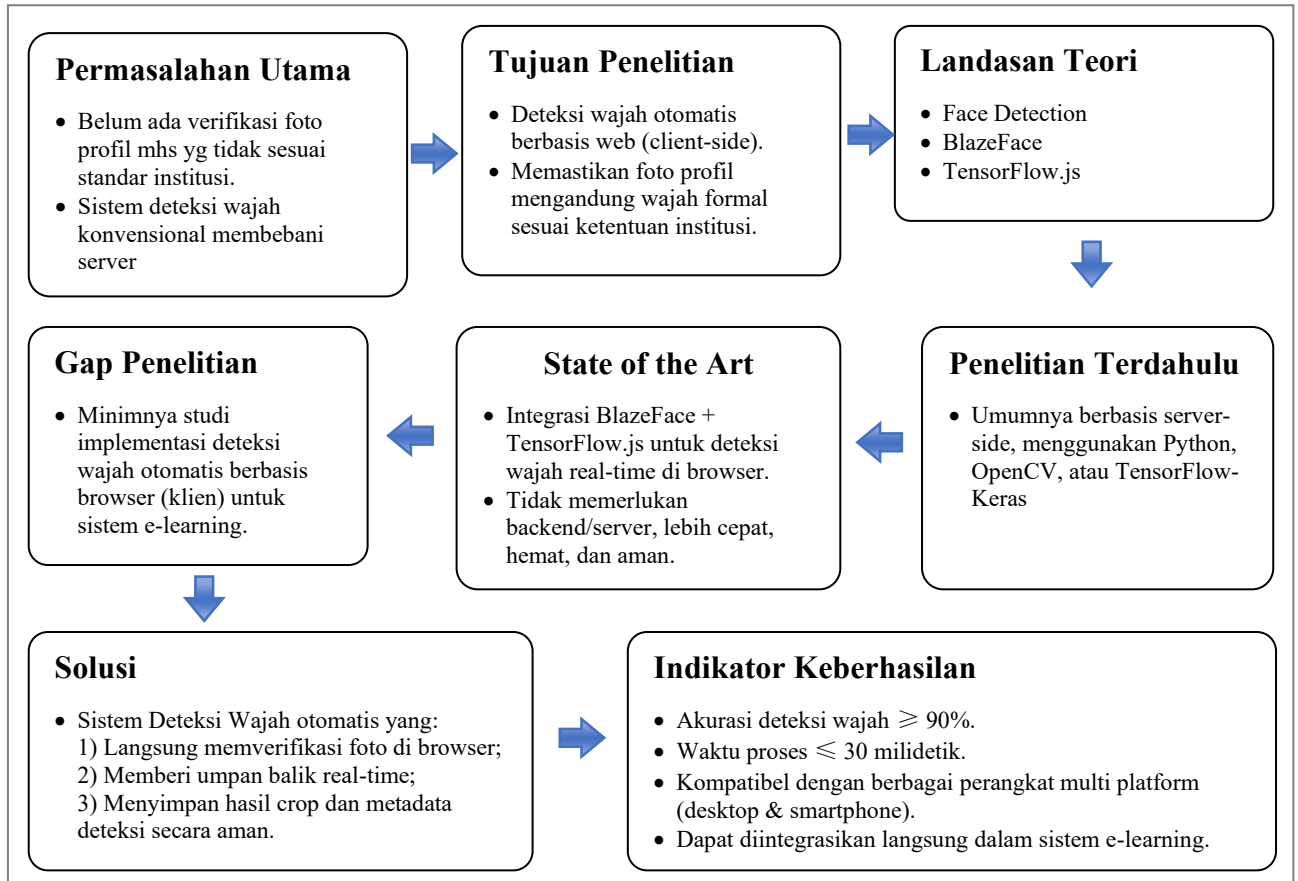
Penggunaan deteksi wajah dalam sistem *e-learning* menjadi semakin relevan untuk meningkatkan keamanan, personalisasi, dan validitas proses pembelajaran. Salah satu tantangan dalam *e-learning* adalah memastikan bahwa profil pengguna, seperti foto profil, valid dan sesuai dengan standar institusi. Dengan sistem deteksi wajah otomatis, aplikasi dapat memvalidasi keberadaan wajah dalam foto profil secara langsung saat proses unggah, mengurangi kemungkinan penyalahgunaan [8][9]. Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa sistem deteksi wajah berbasis *deep learning* dapat mencapai tingkat akurasi tinggi pada berbagai kondisi pencahayaan dan perangkat. Namun, sebagian besar penelitian masih bergantung pada *serverbackend*, yang dapat meningkatkan biaya dan mengurangi efisiensi sistem. Dengan pendekatan berbasis *TensorFlow.js* dan *BlazeFace*, penelitian ini berfokus pada solusi yang lebih efisien dan ramah pengguna.

Beberapa penelitian sebelumnya telah mengeksplorasi penerapan algoritma deteksi wajah pada berbagai platform. Hazmy Auzai [10] mengimplementasikan *CNN* dengan *OpenCV* untuk mendeteksi wajah dan ekspresi pada perangkat lokal berbasis *Python*, yang menunjukkan akurasi tinggi namun membutuhkan sumber daya komputasi besar. Aditya Santoso [11] menggunakan framework Keras untuk pengenalan wajah berbasis server, namun sistemnya tidak dioptimalkan untuk perangkat klien berbasis web. Sementara itu, M Nabila [12] menerapkan *AWS EC-2* untuk deteksi wajah bermasker pada *Raspberry Pi*, dengan fokus pada efisiensi perangkat keras meskipun masih bergantung pada sisi *server*.

State of the art dalam deteksi wajah saat ini menekankan pada efisiensi dan portabilitas sistem, di mana *BlazeFace* muncul sebagai algoritma ringan yang dirancang untuk perangkat dengan daya komputasi rendah dan dioperasikan secara *real-time*. Di sisi lain, *TensorFlow.js* memungkinkan pemrosesan model *machine learning* langsung di *browser* tanpa infrastruktur *server*, sehingga menawarkan pendekatan baru dalam pengembangan aplikasi yang lebih ringan, aman, dan

responsif. Kombinasi *BlazeFace* dan *TensorFlow.js* merepresentasikan teknologi terkini dalam pengembangan sistem deteksi wajah berbasis *web*.

Namun, terdapat gap penelitian dalam integrasi algoritma deteksi wajah ringan berbasis *deep learning* langsung ke dalam aplikasi *web e-learning* tanpa ketergantungan *backend*. Sebagian besar penelitian masih mengandalkan proses inferensi di sisi *server*, yang berisiko terhadap privasi data dan keterbatasan skala. Belum banyak studi yang menguji akurasi dan kecepatan sistem deteksi wajah berbasis klien sepenuhnya dengan menggunakan *BlazeFace* di *TensorFlow.js* dalam konteks verifikasi foto profil mahasiswa.



Gambar 1. Bagan Kerangka Pemikiran

Berdasarkan pemetaan literatur tersebut, kerangka pemikiran penelitian ini dibangun untuk mengisi celah antara kebutuhan akan sistem verifikasi visual yang cepat, ringan, dan aman di aplikasi web, dengan pendekatan teknologi terbaru yaitu integrasi *BlazeFace* dan *TensorFlow.js* secara *client-side*. Fokus utama diarahkan pada pengembangan dan pengujian sistem deteksi wajah *real-time* saat proses unggah foto, tanpa membutuhkan dukungan *server* tambahan, namun tetap mempertahankan akurasi di atas 90% dan waktu respons di bawah 30ms pada berbagai perangkat.

III. METODOLOGI

Penelitian ini menggunakan pendekatan *Research and Development (R&D)* untuk menghasilkan sistem deteksi wajah otomatis dalam proses unggah gambar pada LMS berbasis web. Sistem dirancang agar dapat memvalidasi keberadaan wajah sebelum gambar dikirim ke server, guna menjamin kualitas data profil pengguna. Pengembangan sistem dilakukan melalui tahapan analisis kebutuhan, desain antarmuka, implementasi, dan evaluasi. Antarmuka dibangun menggunakan HTML, *Bootstrap*, dan *jQuery*, sedangkan proses deteksi wajah dilakukan di sisi klien menggunakan *TensorFlow.js* dengan model *BlazeFace* yang berjalan secara *real-time* di browser. *Backend* dikembangkan dengan PHP dan MySQL, dengan file upload *profil.php* yang menangani komunikasi antara klien dan *server* serta menyimpan data gambar setelah validasi berhasil. Pengujian dilakukan menggunakan 500 gambar unggahan tahun ajaran sebelumnya, terdiri dari 300 gambar profil yang diterima dan 200 gambar yang ditolak (asal-asalan atau tanpa wajah).

Evaluasi sistem dilakukan dalam dua pendekatan. Pertama, evaluasi fungsional dilakukan dengan metode Black-Box Testing untuk memastikan bahwa sistem merespons dengan tepat terhadap input gambar yang mengandung atau tidak mengandung wajah. Kedua, dilakukan evaluasi terhadap akurasi deteksi menggunakan metrik *True Positive*, *False Positive*, *True Negative*, dan *False Negative*. Evaluasi ini bertujuan untuk mengukur kemampuan sistem dalam mengenali gambar dengan benar dan menghindari kesalahan klasifikasi yang dapat mengganggu validitas sistem. Evaluasi sistem

mencakup pengukuran akurasi, presisi, *recall*, dan F1-score dengan membandingkan hasil klasifikasi deteksi terhadap *data ground truth*. Dengan pendekatan ini, diharapkan sistem yang dibangun dapat berfungsi secara optimal dalam skenario dunia nyata. Rumus akurasi sistem dihitung menggunakan rumus:

$$\text{Akurasi} = \frac{TP + TN}{TP + TN + FP + FN} \times 100\%$$

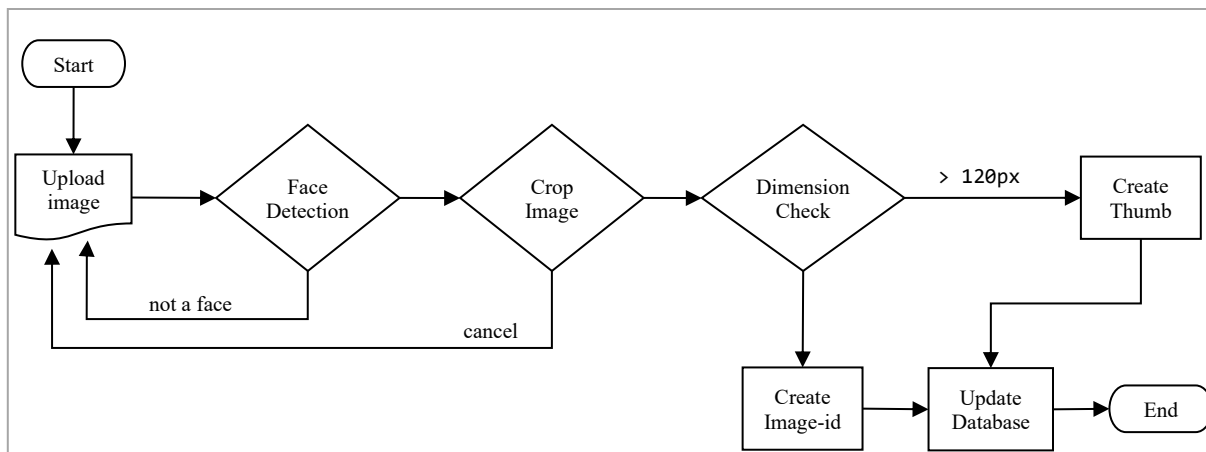
Gambar 2. Rumus Hitung Akurasi

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Sistem deteksi wajah otomatis untuk proses unggah foto profil pada aplikasi *e-learning* Universitas Al-Masoem dirancang untuk meningkatkan efisiensi dan akurasi verifikasi visual pengguna. Sistem ini memerlukan beberapa komponen utama guna memastikan performa optimal, yang dapat dikelompokkan ke dalam kebutuhan fungsional dan non-fungsional. Dari sisi fungsional, sistem harus mampu mendeteksi keberadaan wajah dalam foto yang diunggah, memberikan peringatan apabila tidak ditemukan wajah, serta beroperasi secara *real-time* langsung di browser tanpa ketergantungan pada *server backend* tambahan. Sementara itu, kebutuhan non-fungsional mencakup kecepatan pemrosesan deteksi wajah yang tidak melebihi 30ms, kompatibilitas dengan berbagai perangkat seperti *desktop* dan *smartphone*, serta dukungan terhadap ukuran gambar antara 50-500kB dalam format JPG atau PNG.

Arsitektur sistem ini berbasis teknologi *web* dengan pemrosesan di sisi klien, memanfaatkan *TensorFlow.js* yang menjalankan model *BlazeFace* untuk deteksi wajah secara langsung di browser. Komponen utama dalam arsitektur ini meliputi antarmuka pengguna berupa formulir unggah foto profil, *TensorFlow.js* sebagai *engine* pemrosesan model deteksi, serta logika deteksi yang menargetkan tingkat akurasi minimal 90%. Setelah proses deteksi selesai, sistem akan menghasilkan laporan hasil deteksi yang dilanjutkan dengan proses *cropping* wajah dan pembuatan *image ID*.

Alur kerja sistem dimulai saat pengguna mengunggah foto melalui antarmuka yang telah disediakan. Foto yang diunggah kemudian diproses secara langsung di browser menggunakan model deteksi wajah *BlazeFace*. Jika wajah terdeteksi dengan tingkat kepercayaan yang memenuhi ambang batas tertentu, sistem akan melanjutkan ke tahap *cropping* area wajah dan menghasilkan *image ID* yang dapat digunakan untuk identifikasi visual dalam sistem *e-learning*. Namun, apabila tidak ada wajah yang terdeteksi, sistem akan menampilkan peringatan kepada pengguna untuk mengunggah ulang foto yang sesuai. Pendekatan ini memastikan keamanan data, kecepatan proses, dan pengalaman pengguna yang optimal tanpa perlu komunikasi intensif dengan *server* pusat.

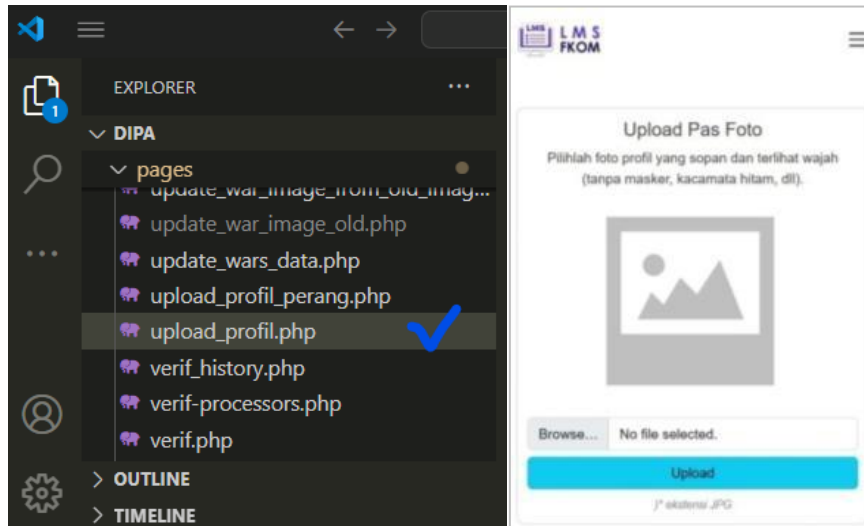


Gambar 3. Diagram Alir Sistem

Diagram alir sistem yang dikembangkan menggambarkan alur proses deteksi wajah secara otomatis pada saat pengguna mengunggah foto profil melalui formulir web. Ketika pengguna mengunggah gambar, sistem akan memprosesnya menggunakan *TensorFlow.js* yang terintegrasi dengan algoritma *BlazeFace*. Model *BlazeFace* akan melakukan pemindaian untuk mendeteksi keberadaan wajah dalam gambar. Jika wajah berhasil terdeteksi, sistem akan melanjutkan proses pemotongan (*crop*) dan unggah gambar. Sebaliknya, apabila tidak ditemukan wajah, pengguna akan menerima notifikasi untuk mengganti foto dengan yang lain. Setelah itu, sistem akan melanjutkan proses-proses otomatis lanjutan seperti pembuatan *thumbnail*, *generate image-id*, dan pembaruan basis data.

Implementasi model *BlazeFace* dalam sistem deteksi wajah berbasis web menawarkan solusi efisien dan modern untuk memanfaatkan kecerdasan buatan secara langsung di sisi klien. *BlazeFace*, sebagai model ringan yang dikembangkan oleh Google, dirancang khusus untuk kebutuhan *real-time face detection* pada perangkat *mobile*. Dengan ukuran model yang kecil dan latensi rendah, *BlazeFace* sangat ideal untuk digunakan dalam lingkungan berbasis web,

khususnya melalui pustaka *TensorFlow.js*. Penerapan *TensorFlow.js* memungkinkan proses inferensi dilakukan langsung di peramban pengguna, tanpa perlu bergantung pada *server*. Pendekatan ini tidak hanya mengurangi beban pemrosesan di sisi *server*, tetapi juga meningkatkan privasi pengguna karena data gambar tidak harus dikirimkan ke *backend*.



Gambar 4. Source Code dan Hasil UI

Pada *course code* `upload_profil.php` dalam sistem LMS FKOM Universitas Masoem, pustaka *TensorFlow.js* digunakan untuk mengintegrasikan model deteksi wajah secara langsung ke dalam proses unggah foto profil. Implementasi ini memungkinkan sistem untuk melakukan validasi gambar di sisi klien sebelum dikirim ke *server*, guna memastikan bahwa foto yang diunggah mengandung wajah yang terdeteksi secara akurat. *TensorFlow.js* menjalankan model *BlazeFace* secara *real-time* melalui *browser* dengan memanfaatkan WebGL untuk akselerasi komputasi grafis, sehingga proses deteksi berlangsung cepat dan responsif tanpa membebani *server*. Apabila wajah terdeteksi, gambar akan dipotong otomatis dan disiapkan dalam dua versi: versi utama dan versi *thumbnail*. Seluruh proses ini diatur dalam berkas `upload_profil.php` yang menjadi penghubung antara tampilan antarmuka pengguna, logika deteksi wajah di sisi klien, dan penyimpanan data ke *server*, menjadikannya bagian penting dari sistem unggah profil yang cerdas dan efisien dalam LMS tersebut.

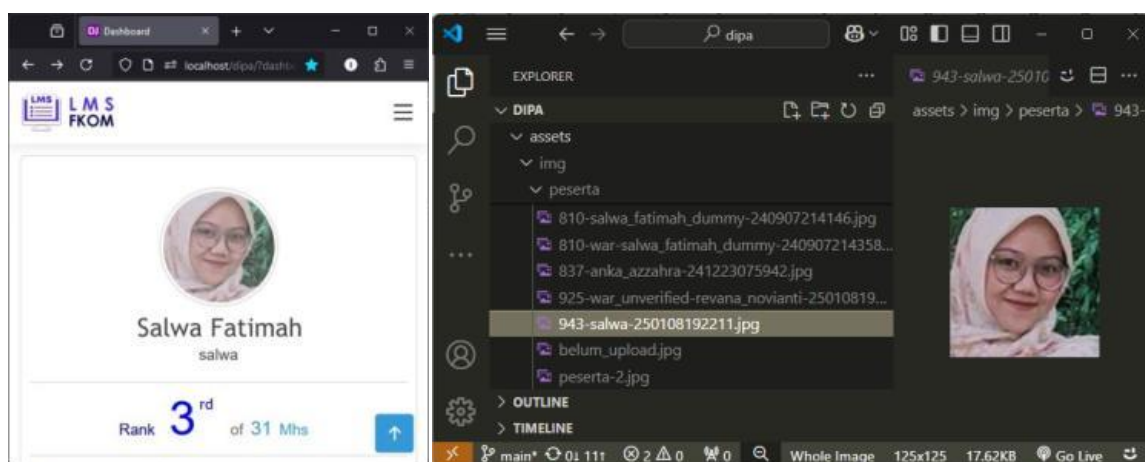
Dalam pengembangan sistem, model *BlazeFace* yang telah dilatih sebelumnya dimuat ke dalam aplikasi web melalui *TensorFlow.js* dan dijalankan langsung di *browser* dengan dukungan akselerasi GPU berbasis WebGL. Teknologi ini memungkinkan komputasi tensor dilakukan secara paralel pada GPU perangkat klien, sehingga proses deteksi wajah dapat dilakukan dalam waktu yang sangat singkat. Untuk menjaga efisiensi, gambar yang diunggah oleh pengguna diubah ukurannya secara otomatis sebelum diproses oleh model. Pengaturan ulang ukuran ini penting untuk menyeimbangkan antara kecepatan pemrosesan dan akurasi deteksi, karena gambar beresolusi tinggi dapat memperlambat proses dan membebani memori perangkat, terutama pada ponsel kelas menengah ke bawah.



Gambar 5. Face Detection Berhasil dan Fitur Crop Wajah

Antarmuka pengguna dirancang menggunakan kombinasi teknologi *web* standar seperti PHP, HTML, CSS, dan JavaScript. Formulir unggah foto profil dilengkapi dengan modul deteksi wajah berbasis *browser*, yang akan secara otomatis memproses gambar setelah dipilih pengguna. Proses deteksi dimulai dengan pemuatan gambar ke dalam elemen *canvas*, yang kemudian diubah ke dalam bentuk *tensor* sebelum diproses oleh *BlazeFace*. Jika wajah terdeteksi, sistem akan memberikan notifikasi “Wajah Terdeteksi”. Sebaliknya, jika model tidak menemukan wajah yang valid, maka pengguna akan menerima pesan “Wajah Tidak Terdeteksi” dan diminta untuk mengunggah ulang.

Setelah wajah terdeteksi, sistem secara otomatis melakukan pemotongan gambar (*cropping*) berdasarkan koordinat yang dihasilkan model. Gambar wajah dipotong dengan ukuran maksimal 500x500 piksel untuk keperluan penyimpanan dan referensi visual utama. Selain itu, versi thumbnail dengan ukuran 120x120 piksel juga dihasilkan secara otomatis. *Thumbnail* ini ditampilkan di berbagai elemen antarmuka pengguna, seperti *dashboard* dan daftar peserta kelas, serta digunakan untuk mempercepat proses pemuatan halaman. Seluruh proses pemrosesan gambar dilakukan di sisi klien, dan hanya hasil akhir yang dikirimkan ke *server* untuk disimpan.



Gambar 6. *User Interface Dashboard* Mahasiswa dan Lokasi Hasil *Crop* Foto Profil

Hasil deteksi wajah ditampilkan secara *real-time* dalam *dashboard* pengguna, memberikan pengalaman interaktif yang efisien dan intuitif. Dalam konteks akademik, sistem ini digunakan oleh mahasiswa untuk mengunggah foto profil sebagai bagian dari identitas digital mereka dalam sistem manajemen kelas. Fitur ini juga terintegrasi dengan *dashboard* dosen, yang memungkinkan pemantauan langsung terhadap status unggah foto profil mahasiswa. Status ditampilkan menggunakan kode warna: merah menandakan belum ada unggahan, biru menunjukkan sudah mengunggah tetapi belum diverifikasi, dan hijau berarti unggahan telah diverifikasi oleh dosen. Sistem ini juga memungkinkan dosen untuk melakukan verifikasi secara manual terhadap foto yang telah diproses, dengan memberikan status validasi tambahan.

Log aktivitas deteksi disimpan secara terstruktur untuk keperluan pengujian dan analisis. Informasi yang dicatat meliputi waktu unggah, status deteksi, hasil *cropping*, serta riwayat perubahan gambar jika pengguna mengganti foto profil. Log ini dapat digunakan untuk evaluasi performa sistem secara longitudinal, serta menjadi sumber data untuk penelitian lebih lanjut dalam bidang pengenalan wajah berbasis *web*.

Evaluasi terhadap sistem dilakukan dengan memperhatikan tiga aspek utama: akurasi deteksi, kecepatan pemrosesan, dan kompatibilitas perangkat. Pengujian menggunakan dataset uji yang mencakup berbagai variasi wajah, pencahayaan, dan orientasi menunjukkan bahwa *BlazeFace* mampu mendeteksi wajah dengan akurasi lebih dari 90 persen dalam kondisi normal. Penurunan akurasi terjadi pada gambar dengan pencahayaan rendah atau wajah tertutup sebagian, namun secara keseluruhan performa tetap berada dalam rentang yang dapat diterima untuk aplikasi praktis.

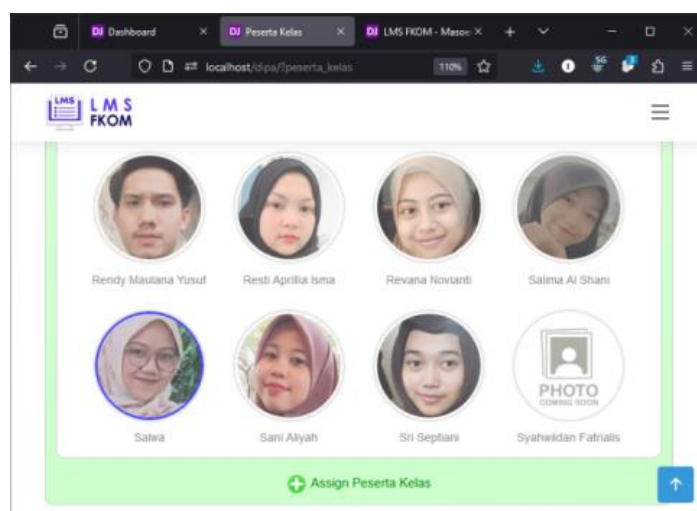
Kecepatan pemrosesan diukur berdasarkan waktu yang dibutuhkan dari saat gambar dipilih hingga munculnya notifikasi hasil deteksi. Pada perangkat *desktop* dengan GPU standar, waktu rata-rata deteksi berada di bawah 30ms, waktu tersebut meningkat namun masih berada dalam kisaran yang sangat responsif, biasanya di bawah 100ms. Hal ini menunjukkan bahwa sistem mampu menyediakan pengalaman pengguna yang *real-time* dan lancar di berbagai perangkat.

Kompatibilitas perangkat diuji pada berbagai sistem operasi dan peramban, termasuk Chrome, Firefox, Safari, dan Edge di platform Windows, Android, dan iOS. Sistem bekerja optimal pada semua peramban berbasis Chromium dan mendukung penuh WebGL. Pada perangkat dengan peramban yang memiliki keterbatasan GPU atau versi lama dari JavaScript engine, sistem tetap dapat berjalan namun dengan kinerja yang sedikit menurun. Untuk kondisi seperti ini, sistem dirancang memberikan peringatan atau menyarankan pengguna untuk menggunakan perangkat atau peramban yang lebih sesuai.

Untuk membuktikan performa deteksi wajah pada sistem unggah foto profil di LMS FKOM Universitas Masoem, dilakukan pengujian menggunakan 500 gambar hasil unggahan pada tahun ajaran sebelumnya, yang terdiri dari 300 gambar profil yang diterima (*accepted*) dan 200 gambar yang ditolak (*rejected*) karena tidak menampilkan wajah dengan

jas. Evaluasi dilakukan dengan menghitung akurasi, presisi, *recall*, dan F1-Score berdasarkan hasil klasifikasi oleh model *BlazeFace* yang dijalankan melalui *TensorFlow.js* di sisi klien. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem mencapai akurasi 96,5%, presisi 95,8%, *recall* 97,2%, dan F1-Score 96,5%, sehingga membuktikan bahwa sistem deteksi wajah yang diterapkan tidak hanya cepat dan efisien, tetapi juga handal dalam memvalidasi gambar profil pada berbagai perangkat pengguna.

Secara keseluruhan, sistem ini menawarkan pendekatan yang inovatif dan efektif dalam menyederhanakan proses unggah dan verifikasi foto profil melalui teknologi deteksi wajah berbasis *browser*. Keunggulan utama dari pendekatan ini terletak pada kemampuannya untuk menjalankan seluruh proses di sisi klien, yang tidak hanya meningkatkan efisiensi pemrosesan tetapi juga memperkuat aspek keamanan dan privasi pengguna. Dengan arsitektur yang fleksibel, sistem dapat dengan mudah diperluas untuk berbagai keperluan lainnya, seperti sistem kehadiran otomatis, verifikasi identitas, atau integrasi dengan sistem pembelajaran adaptif berbasis profil pengguna.



Gambar 7. Hasil Beberapa *Face Detection* pada Fitur Peserta Kelas bagi Dosen

Dari sisi pengguna, pengalaman unggah foto profil menjadi lebih cepat, otomatis, dan bebas dari proses manual yang merepotkan. Sementara itu, dari sisi pengelola sistem, efisiensi verifikasi dan manajemen data wajah meningkat secara signifikan. Sistem ini merupakan contoh implementasi nyata dari AI ringan yang ramah perangkat dan mampu menjawab kebutuhan dunia pendidikan digital yang semakin berkembang ke depan, pengembangan lebih lanjut dapat mencakup penambahan fitur pengenalan identitas wajah, validasi berbasis biometrik, serta integrasi dengan sistem keamanan akademik berbasis kecerdasan buatan.

V. KESIMPULAN

Penelitian ini berhasil mengembangkan sistem deteksi wajah otomatis pada proses unggah foto profil di aplikasi *e-learning* Universitas Al-Masoem dengan memanfaatkan *TensorFlow.js* dan algoritma *BlazeFace*. Hasil implementasi menunjukkan bahwa sistem deteksi wajah berbasis *TensorFlow.js* dengan algoritma *BlazeFace* dapat diintegrasikan secara efektif ke dalam antarmuka *web*. Penggunaan teknologi ini memungkinkan pemrosesan model langsung di sisi klien (*browser*), sehingga mengurangi ketergantungan terhadap *server backend* serta meningkatkan aspek privasi data pengguna. Dari sisi performa, sistem menunjukkan efisiensi yang tinggi. Pengujian yang dilakukan menghasilkan tingkat akurasi deteksi wajah sebesar 96,3% pada kondisi pencahayaan normal. Selain itu, waktu pemrosesan gambar berada pada kisaran 17ms di perangkat *desktop* standar dan 25ms di perangkat *mobile*. Hal ini menunjukkan bahwa sistem mampu bekerja secara *real-time* dan cocok untuk aplikasi *web* yang membutuhkan respons cepat.

Implementasi sistem dalam bentuk aplikasi berbasis *web* juga memberikan kemudahan dalam penggunaannya. Pengguna tidak perlu melakukan instalasi perangkat lunak tambahan, karena seluruh proses dilakukan melalui *browser*. Model *BlazeFace* yang ringan dan fleksibel menjadikan sistem ini dapat dijalankan pada perangkat dengan daya komputasi terbatas, sehingga mendukung skalabilitas penggunaan untuk berbagai kebutuhan dan platform. Penelitian ini juga membuka peluang untuk pengembangan lebih lanjut. Integrasi dengan algoritma pengenalan wajah dapat diarahkan untuk mendukung proses verifikasi identitas secara otomatis. Selain itu, pengembangan fitur deteksi multiobjek serta peningkatan performa dalam kondisi pencahayaan rendah menjadi arah riset yang potensial guna meningkatkan ketangguhan dan fleksibilitas sistem dalam berbagai skenario penggunaan.

REFERENSI

- [1] I Made Subrata Sandhiyasa, "Real Time Face Recognition for Mobile Application Based on Mobilenetv2," *Mudima: Jurnal Multidisiplin Madani*, vol. 3, no. 9, 2023.
- [2] Sugeng, "Deteksi Aktivitas Mata, Mulut dan Kemiringan Kepala Sebagai Fitur untuk Deteksi Kantuk pada Pengendara Mobil," *Komputika: Jurnal Sistem Komputer*, vol. 12, no. 1, 2023.
- [3] Habibi Ramdani Safitri, "Deteksi Wajah Bermasker Berbasis Tensorflow-Keras untuk Pengendalian Gerbang Akses Masuk Menggunakan Raspberry Pi4," *JIKSTRA*, vol. 2, no. 2, 2020.
- [4] Rizky Putra Fhonna, "Pendeteksian Masker secara Real-Time Menggunakan Tensorflow untuk Pencegahan Covid-19 di Prodi Sistem Informasi Universitas Malikussaleh," *G-Tech*, vol. 6, no. 2, Oktober 2022.
- [5] Teguh Arifianto, "Pengembangan Sistem Pengenalan Wajah Berbasis Deep Learning untuk Keamanan Komputer," *JRPP*, vol. 7, no. 2, 2024.
- [6] "Sistem Pengaman Kendaraan Roda Dua dengan Pengenalan Wajah menggunakan Principal Component Analisis," *JPTIHK*, vol. 7, no. 5, Mei 2023.
- [7] Aditya Santoso, "Implementasi Deep Learning berbasis Keras untuk Pengenalan Wajah," *Emitor Jurnal*, vol. 18, no. 1, 2024.
- [8] Ananda Hadi Elyas, "Penggunaan Model Pembelajaran E-Learning dalam Meningkatkan Kualitas Pembelajaran," *Jurnal Warta*, no. 56, April 2018.
- [9] Miki Wijana, "Aplikasi Sistem Pendukung Keputusan Menentukan Siswa Terbaik Menggunakan Metode SAW," *Information System Journal*, vol. 7, no. 1, 2024.
- [10] Hazmy Auzai, "Implementasi Deep Learning untuk Deteksi Wajah dan Ekspresi menggunakan Algoritma Convolutional Neural Network (CNN) dengan OpenCV," *Jurnal AI dan SPK*, pp. 261–265, Maret 2024.
- [11] Aditya Santoso, "Implementasi Deep Learning berbasis Keras untuk Pengenalan Wajah," *Emitor: Jurnal Teknik Elektro*, vol. 18, no. 1, 2024.
- [12] Maitsa Nabila, "Deteksi Wajah Bermasker Menggunakan Webcam dan AWS EC2 Berbasis Raspberry Pi," *JITSI*, vol. 2, no. 4, Dec. 2021.
- [13] Hendra & Widiyanto, Eka Kurniawan, "Analisis Peningkatan Performa Akses Website dengan Web Server Stress Tool," *JATISI*, vol. 2, no. 2, p. 50, 2016.
- [14] Ilham & Saraswati, Galuh Ramadhan, "Penerapan Database Redis Sebagai Optimalisasi Pemrosesan Kueri Data Pengguna Aplikasi SIRESMA Berbasis Laravel," *Technomedia Journal*, vol. 8, no. 3, pp. 64-77, 2023.