

Klasifikasi Ekspresi Wajah Manusia Secara Otomatis Sebagai Alat Bantu Ahli Psikologi (Pendeteksi Marah dan Takut)

1st Angel Nauli Manik
Fakultas Ilmu Terapan
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia

angelnm@student.telkomuniversity.ac.id

2nd Suci Aulia
Fakultas Ilmu Terapan
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia

suciaulia@tass.telkomuniversity.ac.id

3rd Unang Sunarya
Fakultas Ilmu Terapan
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia

unangsunarya@telkomuniversity.ac.id

Abstrak — Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan sistem klasifikasi ekspresi wajah secara otomatis sebagai alat bantu bagi ahli psikologi, dengan fokus pada deteksi ekspresi marah dan takut. Permasalahan utama yang diangkat adalah kebutuhan akan sistem yang mampu menganalisis emosi secara objektif tanpa bergantung pada observasi manual yang cenderung subjektif. Sistem ini dibangun menggunakan algoritma YOLOv11 dan dilatih menggunakan dataset publik yang telah diolah dan dioptimalkan melalui platform *Roboflow*. Antarmuka pengguna dikembangkan dengan pustaka *Tkinter* untuk memudahkan interaksi antara pengguna dan sistem. Pengujian dilakukan terhadap beberapa mahasiswa serta dua psikolog profesional untuk mengevaluasi akurasi dan kegunaan sistem. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem dapat mendeteksi ekspresi secara *real-time* dengan tingkat akurasi yang baik pada kondisi pencahayaan dan sudut wajah yang optimal. Namun, akurasi menurun dalam kondisi pencahayaan rendah atau posisi wajah tidak frontal. Evaluasi psikolog menyatakan bahwa sistem ini memiliki potensi sebagai alat observasi *non-verbal*, namun belum direkomendasikan untuk asesmen psikologi klinis. Dengan peningkatan lebih lanjut pada kualitas data dan performa model, sistem ini berpeluang besar untuk dimanfaatkan di bidang psikologi maupun aplikasi lain seperti pendidikan, keamanan, dan interaksi manusia-komputer.

Kata kunci — Ekspresi wajah, YOLOv11, psikologi, deteksi emosi, klasifikasi otomatis

I. PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Pemahaman ekspresi wajah menjadi hal krusial dalam berbagai bidang seperti psikologi, keamanan, dan interaksi manusia dengan teknologi. Ekspresi marah dan takut merupakan dua emosi yang sering muncul dan dapat dikenali secara *visual*, namun proses identifikasinya secara manual cenderung subjektif dan dipengaruhi oleh pencahayaan maupun sudut wajah. Untuk mengatasi keterbatasan ini, Berbagai metode otomatis telah dikembangkan, mulai dari *Haar Cascade* hingga CNN, dengan hasil yang cukup menjanjikan. Salah satu pendekatan terkini adalah penggunaan algoritma YOLOv8 yang dioptimalkan dengan *Roboflow*, yang terbukti dapat meningkatkan akurasi deteksi

ekspresi wajah. Meski demikian, tantangan masih ada, terutama dalam membedakan ekspresi marah dan takut karena kemiripan fitur visual, serta kebutuhan data latih dalam jumlah besar. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan mengembangkan sistem klasifikasi ekspresi wajah berbasis YOLOv11 untuk mendeteksi ekspresi marah dan takut secara otomatis, dengan harapan dapat meningkatkan akurasi dan efisiensi, serta memberikan kontribusi sebagai alat bantu observasi emosional *non-verbal* di bidang psikologi dan keamanan.

B. Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah yang menjadi topik pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana sistem deteksi ekspresi wajah berbasis YOLOv11 dapat mengklasifikasikan ekspresi marah dan takut secara akurat?
2. Bagaimana tingkat akurasi sistem dalam mengklasifikasikan ekspresi wajah dibandingkan dengan metode yang telah ada sebelumnya?
3. Bagaimana sistem ini dapat mengatasi tantangan dalam pendeteksian ekspresi wajah, seperti pencahayaan, sudut wajah, dan kemiripan ekspresi marah dan takut?

C. Tujuan

Adapun tujuan dari penulisan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengembangkan sistem berbasis YOLOv11 untuk mendeteksi dan mengklasifikasikan ekspresi wajah manusia, khususnya ekspresi marah dan takut.
2. Meningkatkan akurasi dalam klasifikasi ekspresi wajah dengan mengatasi tantangan seperti pencahayaan, sudut wajah, dan kemiripan ekspresi.
3. Menguji performa sistem dalam mendeteksi ekspresi wajah secara otomatis sebagai alat bantu bagi ahli psikologi dalam menganalisis emosi pasien.

II. KAJIAN TEORI

A. Sistem Deteksi dan Klasifikasi Ekspresi Wajah

Sistem deteksi dan klasifikasi ekspresi wajah merupakan bidang *computer vision* yang berkembang pesat, berfokus pada kemampuan komputer untuk memahami dan

menginterpretasi emosi manusia melalui ekspresi pada wajah. Setiap mimik wajah memiliki pemaknaan yang dapat terbaca oleh orang lain, maka melalui mimik wajah dapat diketahui apa yang sedang terjadi dan bagaimana perasaan seseorang [2]. Pengembangan sistem ini melibatkan berbagai komponen kunci, mulai dari akuisisi data, pra-pemrosesan, deteksi wajah, ekstraksi fitur ekspresi, hingga klasifikasi ekspresi itu sendiri. Kemajuan dalam bidang *deep learning*, khususnya arsitektur jaringan saraf konvolusional (CNN) dan keluarga algoritma *You Only Look Once* (YOLO), telah memungkinkan deteksi dan klasifikasi ekspresi wajah secara *real-time* dengan akurasi tinggi. Aplikasi dari sistem ini sangat luas, meliputi interaksi manusia-komputer, pemantauan kesehatan mental, keamanan, hingga analisis perilaku.

B. Ekspresi Wajah Manusia

Ekspresi wajah mencerminkan perasaan, maksud yang tidak diungkapkan secara langsung, serta cara seseorang berinteraksi dengan orang lain [2]. Perubahan otot-otot wajah menghasilkan berbagai mimik yang dapat menyampaikan emosi dasar seperti kebahagiaan, kesedihan, marah, takut, terkejut, jijik, dan netral. Dalam konteks penelitian ini, fokus utama adalah pada ekspresi marah dan takut.

- Ekspresi Marah: Umumnya ditandai dengan alis yang menekuk ke bawah dan ke dalam, mata yang menyipit atau melotot, dan bibir yang menipis atau tertarik ke bawah, terkadang dengan gigi terkatup. Ekspresi ini seringkali diasosiasikan dengan rasa frustrasi, permusuhan, atau agresi [3].
- Ekspresi Takut: Pada bagian 1 alis mata dan dahi, alis mata naik dan tertarik satu sama lain. Alis tidak begitu melengkung seperti pada ekspresi terkejut. Lalu dahi dipenuhi lipatan yang tidak Panjang. Pada bagian 2 mata, kelopak matas atas naik, memperlihatkan bagian putih dari mata, kelopak mata bawah tegang dan juga naik ke atas. Pada bagian ketika mulut, tertarik ke belakang dengan tegang dan sedikit terbuka [3].

C. YOLOv11

YOLO (*You Only Look Once*) memiliki kecepatan yang lebih tinggi dibandingkan metode deteksi objek berbasis CNN tradisional. Hal ini karena YOLO melakukan deteksi dalam satu tahap saja, sedangkan CNN biasanya harus melalui beberapa proses seperti menentukan wilayah objek dan mengklasifikasikannya terlebih dahulu [4]. Hal ini menjadikannya sangat efisien dan cepat, ideal untuk aplikasi yang membutuhkan respons cepat seperti deteksi ekspresi wajah *real-time*.

YOLO terus dikembangkan dari versi 1 hingga versi 11, dengan setiap versi menghadirkan perbaikan dalam kecepatan dan ketelitian deteksi objek [4]. Dalam penelitian ini, YOLOv11 dipilih sebagai dasar algoritma deteksi dan klasifikasi objek. Penggunaan YOLOv11 diharapkan dapat memberikan performa optimal dalam deteksi wajah dan selanjutnya, klasifikasi ekspresi marah dan takut dari citra wajah yang terdeteksi.

D. Roboflow

RoboFlow merupakan *platform web* yang berfungsi untuk pengelolaan dataset secara komprehensif, mulai dari pengumpulan hingga optimasi data untuk pengembangan model *computer vision*. Platform ini menyediakan berbagai alat yang mempermudah proses *preprocessing*, seperti augmentasi data, pengubahan ukuran gambar, anotasi, dan pengelolaan dataset secara kolaboratif [5]. Selain itu, RoboFlow juga mendukung pengembangan model dengan teknik augmentasi otomatis dan konversi dataset ke format yang kompatibel dengan berbagai *framework Machine Learning*, termasuk TensorFlow, PyTorch, dan YOLO. Dengan fitur-fitur tersebut, RoboFlow menjadi kerangka kerja yang membantu para pengembang meningkatkan efisiensi, kualitas, dan akurasi model *computer vision* secara keseluruhan [6].

E. Visual Studio Code

Visual Studio Code adalah sebuah editor teks *open-source* yang dikembangkan oleh Microsoft. Visual Studio Code memiliki antarmuka pengguna yang intuitif dan ringan, serta menyediakan dukungan untuk ekstensi dan *plugin* sehingga dapat disesuaikan sesuai kebutuhan pengguna [7]. Dalam penelitian ini, VS Code digunakan sebagai lingkungan pengembangan utama untuk membangun sistem klasifikasi ekspresi wajah berbasis YOLO. Editor ini mendukung berbagai ekstensi yang membantu dalam pemrograman Python, seperti Jupyter Notebook, Python Extension Pack, dan integrasi Git untuk *version control*. Selain itu, VS Code memiliki terminal bawaan yang memudahkan eksekusi kode secara langsung tanpa perlu berpindah ke aplikasi lain [7].

F. Python

Python adalah bahasa pemrograman tingkat tinggi yang dikembangkan oleh Guido Van Rossum dan pertama kali dirilis pada tahun 1991. Dalam beberapa tahun terakhir, Python menjadi salah satu bahasa pemrograman yang sangat populer. Python juga dikenal sebagai bahasa yang serbaguna, karena dapat digunakan untuk berbagai keperluan, seperti *Machine Learning* dan *Deep Learning* [8].

Dalam penelitian ini, Python digunakan untuk membangun model klasifikasi ekspresi wajah (marah dan takut). Python dipilih karena sintaksnya yang sederhana dan mudah dipahami. Selain itu, Python memiliki koleksi pustaka (*library*) yang sangat lengkap serta didukung oleh komunitas yang aktif dan luas, mengingat sifatnya yang *open source* [8].

G. Tkinter

Tkinter merupakan *library* GUI yang memudahkan pembuatan program dengan tampilan grafis. Beragam *widget* seperti tombol, *scrollbar*, dan label telah disediakan dengan fungsi *default*, sehingga mempercepat pengembangan antarmuka pengguna [9]. Dalam tugas akhir ini, Tkinter dimanfaatkan untuk membangun antarmuka pengguna (*front-end*) yang memungkinkan ahli psikologi mengunggah gambar wajah, menjalankan deteksi emosi, dan visualisasi hasil klasifikasi secara *real-time*.

H. Accuracy, Precision, Recall

Untuk menilai performa model klasifikasi secara objektif, diperlukan sejumlah metrik evaluasi yang mencerminkan keakuratan dan konsistensi prediksi model. Evaluasi ini umumnya didasarkan pada empat komponen utama: *True*

Positive (TP), *True Negative* (TN), *False Positive* (FP), dan *False Negative* (FN). Dalam konteks ini, *True Positive* menggambarkan keberhasilan model dalam mengenali kelas target secara benar, sementara *True Negative* menunjukkan keberhasilan dalam mengabaikan kelas yang bukan target. Sebaliknya, *False Positive* mengindikasikan prediksi salah terhadap kelas target padahal bukan, dan *False Negative* adalah kegagalan model dalam mengenali kelas target yang sebenarnya ada.

Berdasarkan komponen tersebut, beberapa metrik penting digunakan

1. Accuracy:

Mengukur proporsi prediksi yang tepat (TP dan TN) terhadap total data uji

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

2. Precision:

Mengukur ketepatan model saat memprediksi kelas tertentu. Presisi tinggi menandakan rendahnya kesalahan tipe I (*False Positive*).

$$Precision = \frac{TP}{TP + FP}$$

3. Recall:

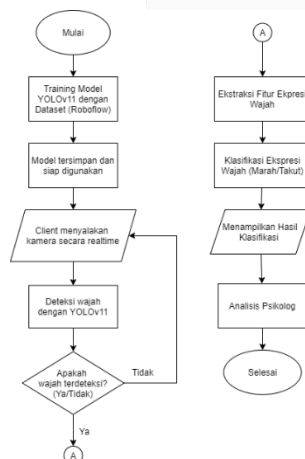
Menilai kemampuan model dalam mendeteksi seluruh instance dari kelas target. Recall tinggi berarti kesalahan tipe II (*False Negative*) rendah.

$$Recall = \frac{TP}{TP + FN}$$

III. METODE

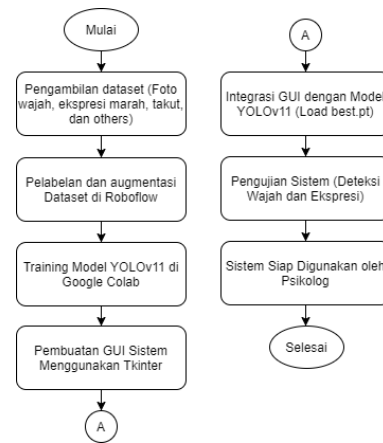
A. Arsitektur Sistem Fear and Anger Detector

Aristektur sistem *Fear and Anger Detector* melalui beberapa tahapan. Tahapan arsitektur dapat dilihat pada Gambar 1.



GAMBAR 1
Flowchart

B. Skenario Perancangan



GAMBAR 2

Skenario Perancangan

Skenario perancangan sistem dimulai dengan pengambilan dataset berupa foto wajah dengan ekspresi marah, takut, dan lainnya. Dataset kemudian diberi label dan dilakukan augmentasi di *Roboflow* untuk memperkaya variasi data. Setelah itu, model *YOLOv11* dilatih menggunakan *Google Colab*. Secara paralel, antarmuka pengguna (GUI) dibangun menggunakan *Tkinter*. Tahap selanjutnya adalah integrasi model terlatih ke dalam GUI agar sistem dapat melakukan deteksi dan klasifikasi ekspresi secara *real-time*. Sistem yang telah terintegrasi kemudian diuji untuk memastikan akurasi dan fungsionalitasnya. Setelah pengujian berhasil, sistem dinyatakan siap digunakan oleh psikolog sebagai alat bantu dalam menganalisis kondisi emosional pasien.

C. Perancangan Antarmuka Pengguna

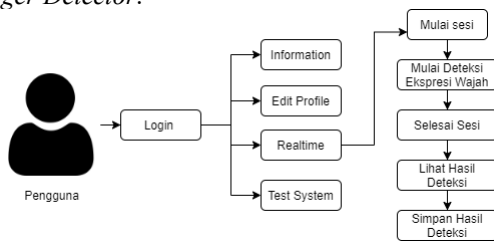
Perancangan antarmuka pengguna dilakukan untuk memastikan sistem dapat digunakan dengan mudah dan nyaman oleh pengguna, dalam hal ini psikolog. Antarmuka dirancang agar tampilan setiap fitur dapat diakses dengan jelas, terstruktur, dan sesuai dengan kebutuhan fungsional sistem. Dengan menggunakan pustaka *Tkinter* pada *Python*, antarmuka dibangun secara grafis untuk menampilkan hasil deteksi ekspresi wajah secara *real-time*, menavigasi histori deteksi, serta menampilkan visualisasi data secara langsung.

Antarmuka terdiri dari Halaman *login*, halaman *index menu*, halaman *information*, halaman *edit profile*, halaman *realtime*, halaman *testing system*. Halaman *Login* merupakan halaman awal ketika pengguna ingin memakai sistem, setelah halaman *login* pengguna akan masuk ke halaman *index menu*, dimana didalam halaman tersebut terdapat 3 section yaitu: *information*, *edit profile*, *realtime*. Pengguna bisa memilih untuk masuk ke menu yang mereka inginkan. Kemudian di halaman informasi, terdapat informasi mengenai sistem, lalu untuk halaman *edit profile*, berfungsi untuk mengedit *profile* pengguna.

Kemudian di halaman *Realtime*, ini merupakan inti dari sistem *Fear and Anger Detector*, dimana di halaman ini ada Mulai Sesi dan Selesai Sesi, Halaman ini berfungsi untuk mendeteksi ekspresi marah dan takut. Kemudian ada halaman *testing system* dimana di halaman ini berfungsi untuk mengetes tingkat keakurasian sistem.

D. Use Case

Untuk memahami bagaimana pengguna berinteraksi dengan sistem, diperlukan pemodelan *use case* yang menggambarkan peran aktor serta fungsionalitas utama yang disediakan oleh sistem. *Use case* diagram berikut menunjukkan hubungan antara psikolog sebagai pengguna utama dengan berbagai fitur yang tersedia dalam sistem *Fear and Anger Detector*.

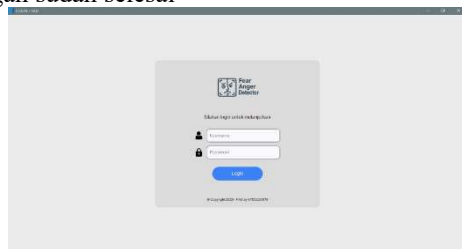


GAMBAR 3
Usecase

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Implementasi Sistem *Fear and Anger Detector*

Berikut merupakan implementasi sistem ketika semua perancangan sudah selesai



GAMBAR 4
Halaman Login

Tampilan *login* ini berfungsi sebagai tampilan jika Pengguna ingin menggunakan sistem, maka ia harus *login* terlebih dahulu, lalu ketika sudah login dia akan lanjut ke page berikutnya yaitu *index menu*.



GAMBAR 5
Halaman Index Menu

Gambar di atas merupakan gambar tampilan *index*, di dalam menu tersebut terdapat 3 bagian yaitu *information*, *edit profile*, dan *realtime*, untuk ke menu yang menampilkan deteksi ekspresi maka kita harus masuk ke dalam menu *Realtime*.



GAMBAR 6
Halaman *Realtime*



GAMBAR 7
Halaman Realtime Ketika Mulai Sesi

Gambar 6 dan Gambar 7 merupakan menu *realtime* dimana di menu inilah kita bisa mendeteksi ekspresi marah dan takut. Di menu ini kita bisa mengklik mulai sesi dan kemudian ekspresi akan mulai terdata, dan ketika ingin selesai sesi deteksi tersebut, kita bisa mengklik Selesai Sesi. Ketika selesai sesi diklik maka akan muncul diagram *pie* dan diagram *stacked area*. Di Gambar tersebut merupakan contoh ketika sudah dimulai sesi, pada kamera akan muncul *bounding box* yang mendeteksi marah dan takut.

B. Pengujian pada Mahasiswa

Untuk pengujian saya sudah melakukan pengujian sistem terlebih dahulu dengan bantuan teman saya sebagai pengguna, saya melakukan pengujian dengan 2 parameter pengujian yaitu berdasarkan jarak dan berdasarkan sudut. Dan didapatkan hasil semakin jauh jaraknya tingkat akurasi semakin menurun terutama di ekspresi marah, dan ketika parameter pengujian diganti menjadi sudut, semakin objek menjauhi atau tidak 90 derajat lurus dengan kamera keakuratan sistem juga berkurang.

C. Pengujian pada Ahli Psikolog

Untuk pengujian pada Ahli Psikolog saya melakukan pengujian kepada 2 ahli psikolog, yaitu Bapak Rizki Fauzian Muhammad, M.Psi., Psikolog, dan Ibu Shinta Putrinanda, M.Si., Psikolog. Kedua ahli memberikan penilaian terhadap sistem FAD berdasarkan 10 kriteria yaitu:

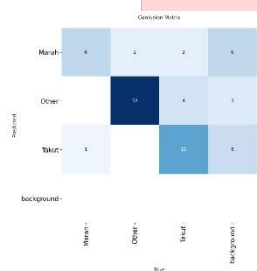
1. Kemudahan penggunaan
2. Tampilan antarmuka
3. Kemampuan deteksi ekspresi marah
4. Kemampuan deteksi ekspresi takut
5. Potensi penggunaan dalam asesmen klinis
6. Bantuan observasi *non-verbal*,
7. Efisiensi waktu
8. Akurasi hasil
9. Manfaat bagi psikolog pemula
10. Minat untuk penggunaan di masa mendatang

Penilaian dilakukan dengan skala penilaian 1 (sangat tidak setuju) – 5 (sangat setuju). Kesimpulan yang didapat dari hasil penilaian FAD ini adalah sistem deteksi ekspresi wajah FAD menunjukkan potensi yang signifikan, terutama terkait kemudahan pengguna dan antarmuka yang informatif. Kemampuan FAD dalam mengidentifikasi ekspresi marah

dan takut juga dinilai baik oleh kedua psikolog ahli yang terlibat dalam evaluasi. Namun demikian, terdapat perbedaan pandangan mengenai potensi implementasi FAD dalam konteks klinis. Bapak Rizki Fauzian Muhammad, M.Psi., Psikolog menunjukkan ketertarikan dan persepsi positif terhadap manfaat praktisnya, sementara Ibu Shinta Putrinanda, M.Si., Psikolog, lebih cenderung bersifat kritis, mengindikasikan bahwa sistem ini belum optimal dalam efisiensi waktu atau akurasi yang memadai untuk analisis klinis mendalam.

Secara keseluruhan meskipun FAD dibangun di atas dasar teknis yang kuat, pengembangan lebih lanjut sangat penting guna meningkatkan validitas dan reliabilitasnya sebagai alat bantu yang lebih lengkap bagi psikolog dalam asesmen klinis yang kompleks.

D. Confusion Matrix



GAMBAR 1
Confusion Matrix

TABLE 1
Confusion Matrix

Predicted / Actual	Marah	Other	Takut	Background
Marah	6	2	2	6
Other	0	22	4	3
Takut	1	0	12	5
Background	0	0	0	0

Confusion matrix ini menunjukkan kemampuan model dalam membedakan empat kelas: Marah, Other, Takut, dan Background. Berdasarkan hasil confusion matrix pada Table 1 dilakukan evaluasi metrik klasifikasi untuk dua kelas utama, yaitu "Marah" dan "Takut"

1. Kelas Marah

- TP (*True Positive*) = Marah diprediksi Marah
= 6
- FP (*False Positive*) = Data bukan marah tapi diprediksi marah
= 1 + 0 + 0
= 1
- FN (*False Negative*) = Data marah, tapi di prediksi salah
= 2 + 2 + 6
= 10
- TN (*True Negative*) = Semua selain Marah yang diprediksi Benar (yang bukan marah dan tidak diprediksi marah)
= 22 + 12
= 34

2. Kelas Takut

- TP (*True Positive*) = Takut diprediksi Takut
= 12
- FP (*False Positive*) = Data bukan takut tapi diprediksi takut
= 2 + 4 + 0 = 6
- FN (*False Negative*) = Data takut, tapi di prediksi salah
= 1 + 0 + 5
= 6
- TN (*True Negative*) = Semua selain Takut yang diprediksi Benar (yang bukan takut dan tidak diprediksi takut)
= 6 + 22
= 28

3. Tabel Evaluasi Metrik Klasifikasi

TABLE 2
Evaluasi Metrik Klasifikasi

Kelas	True Positive (TP)	False Positive (FP)	False Negative (FN)	True Negative (TN)
Marah	6	1	10	34
Takut	12	6	6	28

E. Perhitungan Accuracy, Precision, Recall

1. Kelas Marah

a. Accuracy

$$\begin{aligned}
 \text{Accuracy} &= \frac{TP + TN}{TP + TN + FP + FN} \times 100\% \\
 &= \frac{6 + 34}{6 + 34 + 1 + 10} \times 100\% \\
 &= \frac{40}{51} \times 100\% = 78.43\%
 \end{aligned}$$

b. Precision

$$\begin{aligned}
 \text{Precision} &= \frac{TP}{TP + FP} \times 100\% \\
 &= \frac{6}{6 + 1} \times 100\% \\
 &= \frac{6}{7} \times 100\% = 85.71\%
 \end{aligned}$$

c. Recall

$$\begin{aligned}
 \text{Recall} &= \frac{TP}{TP + FN} \times 100\% \\
 &= \frac{6}{6 + 10} \times 100\% \\
 &= \frac{6}{16} \times 100\% = 37.5\%
 \end{aligned}$$

2. Kelas Takut

a. Accuracy

$$\begin{aligned}
 \text{Accuracy} &= \frac{TP + TN}{TP + TN + FP + FN} \times 100\% \\
 &= \frac{12 + 28}{12 + 28 + 6 + 6} \times 100\% \\
 &= \frac{40}{52} \times 100\% = 76.92\%
 \end{aligned}$$

b. Precision

$$\begin{aligned}
 \text{Precision} &= \frac{TP}{TP + FP} \times 100\% \\
 &= \frac{12}{12 + 6} \times 100\% \\
 &= \frac{12}{18} \times 100\% = 66.67\%
 \end{aligned}$$

c. Recall

$$\begin{aligned}
 \text{Recall} &= \frac{TP}{TP + FN} \times 100\% \\
 &= \frac{12}{12 + 6} \times 100\% \\
 &= \frac{12}{18} \times 100\% = 66.67\%
 \end{aligned}$$

3. Hasil Perhitungan Akurasi Presisi dan Recall

TABLE 3
Hasil Perhitungan Akurasi Presisi dan Recall

Kelas	Akurasi	Presisi	Recall
Marah	78.43%	85.71%	37.5%
Takut	76.92%	66.67%	66.67%

Dari hasil evaluasi ini dapat di lihat bahwa, sistem memiliki presisi tinggi dalam mendeteksi ekspresi marah, namun *recall*-nya masih rendah, artinya masih banyak ekspresi marah yang tidak terdeteksi. Sebaliknya, untuk ekspresi takut, sistem menunjukkan performa yang lebih seimbang antara presisi dan recall, namun presisinya masih dapat ditingkatkan agar lebih optimal dalam aplikasi nyata.

V. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil perancangan, implementasi, dan pengujian sistem deteksi ekspresi wajah menggunakan algoritma YOLOv11, dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut:

1. Sistem yang dikembangkan berhasil mendeteksi dan mengklasifikasikan ekspresi marah dan takut secara otomatis dengan dukungan model berbasis YOLOv11 dan platform Roboflow untuk augmentasi data.
2. Berdasarkan *confusion matrix* yang diperoleh dari pengujian terhadap pengguna, sistem menunjukkan tingkat akurasi sebesar 78.43% untuk ekspresi marah, dan 76.92% untuk ekspresi takut. Nilai presisi tertinggi dicapai pada kelas marah sebesar 85.71%, namun dengan recall rendah sebesar 37.5%, menandakan masih banyak ekspresi marah yang tidak terdeteksi. Sementara itu, kelas takut menunjukkan presisi dan *recall* yang seimbang, yaitu sebesar 66.67%.
3. Evaluasi dari dua ahli psikolog menunjukkan bahwa sistem FAD memiliki potensi sebagai alat bantu observasi *non-verbal*, terutama karena kemudahan penggunaan dan antarmuka yang intuitif. Namun, untuk konteks asesmen klinis, dibutuhkan pengembangan lebih lanjut agar dapat memberikan hasil yang lebih akurat dan efisien.
4. Beberapa aspek dalam rumusan masalah, seperti perbandingan eksplisit dengan metode sebelumnya dan solusi terhadap tantangan teknis seperti sudut dan pencahayaan, belum dibahas secara menyeluruh dalam penelitian ini. Oleh karena itu, pengembangan lebih lanjut sangat diperlukan untuk menjawab aspek-aspek tersebut secara lebih mendalam.

REFERENSI

- [1] M. R. Edy, "Deteksi Emosi dari Ekspresi Wajah dengan Deep Learning," *Inf. Technol. Educ. J.*, vol. 3, no. 2, pp. 116–123, 2024, [Online]. Available: <https://journal.unm.ac.id/index.php/INTEC/article/view/2866>
- [2] M. Ihsan, R. K. Niswatin, and D. Swanjaya, "Deteksi Ekspresi Wajah Menggunakan Tensorflow," *Joutica*, vol. 6, no. 1, p. 428, 2021, doi: 10.30736/jti.v6i1.554.
- [3] D. Lambert, *Buku Saku Bahasa Tubuh*, 1:2000. Jakarta: Arcan, 1999.
- [4] A. I. Pradana, H. Harsanto, and W. Wijianto, "Deteksi Rambu Lalu Lintas Real-Time di Indonesia dengan Penerapan YOLOv11: Solusi Untuk Keamanan Berkendara," *J. Algoritma*, vol. 21, no. 2, pp. 145–155, 2024, doi: 10.33364/algoritma/v.21-2.2106.
- [5] "Top Ekspresi Datasets and Models | Roboflow Universe." Accessed: Feb. 28, 2025. [Online]. Available: https://universe.roboflow.com/search?q=class%3Aekspresi+natural&utm_source=chatgpt.com
- [6] Saepudin, N. Sujana, M. M. Mutoffar, and A. A. Haryanto, "Analisis Kinerja YOLOv8 Optimalisasi Roboflow Untuk Deteksi Ekspresi Wajah Emosional dengan Machine Learning," vol. 06, no. 02, pp. 115–124, 2024.
- [7] "Visual Studio Code - Code Editing. Redefined." Accessed: Feb. 28, 2025. [Online]. Available: <https://code.visualstudio.com/>
- [8] M. R. S. Alfarizi, M. Z. Al-farish, M. Taufiqurrahman, G. Ardiansah, and M. Elgar, "Penggunaan Python Sebagai Bahasa Pemrograman untuk Machine Learning dan Deep Learning," *Karya Ilm. Mhs. Bertauhid (KARIMAH TAUHID)*, vol. 2, no. 1, pp. 1–6, 2023.
- [9] T. Rahmad Effendi, N. Fadillah, and P. Wajah, "InfoTekJar: Jurnal Nasional Informatika dan Teknologi Jaringan Sistem Absensi Berbasis Pengenalan Wajah Secara Real Time menggunakan Metode Fisherface," *J. Nas. Inform. dan Teknol. Jar.*, vol. 4, no. 2, pp. 351–354, 2020, [Online]. Available: <https://doi.org/10.30743/infotekjar.v4i2.2377>
- [10] B. K. Durga, V. Rajesh, S. Jagannadham, P. S. Kumar, A. N. Z. Rashed, and K. Saikumar, "Deep Learning-Based Micro Facial Expression Recognition Using an Adaptive Tiefes FCNN Model," *Trait. du Signal*, vol. 40, no. 3, pp. 1035–1043, 2023, doi: 10.18280/ts.400319.
- [11] R. Ma and R. Zhang, "Facial expression recognition method based on PSA—YOLO network," *Front. Neurobot.*, vol. 16, 2023, doi: 10.3389/fnbot.2022.1057983.
- [12] S. A. F. Manssor, S. Sun, and M. A. M. Elhassan, "Real-Time Human Recognition at Night Via Integrated Face and Gait Recognition Technologies," *Sensors*, vol. 21, no. 13, 2021, doi: 10.3390/s21134323.

- [13] J. Zhao, S. Yan, and J. Feng, "Towards Age-Invariant Face Recognition," *IEEE Trans. Pattern Anal. Mach. Intell.*, vol. 44, no. 1, pp. 474–487, 2022, doi: 10.1109/TPAMI.2020.3011426.
- [14] AL Sigit Guntoro, Edy Julianto, and Djoko Budiyo, "Pengenalan Ekspresi Wajah Menggunakan Convolutional Neural Network," *J. Inform. Atma Jogja*, vol. 3, no. 2, pp. 155–160, 2022, doi: 10.24002/jiaj.v3i2.6790.
- [15] A. P. Saputri, A. Taqwa, and S. Soim, "Analisis Deteksi Objek Citra Digital Menggunakan Algoritma YOLO dan CNN dengan Arsitektur RepVGG Pada Sistem Pendeteksian dan Pengenalan Ekspresi Wajah," vol. 9, no. 9, pp. 356–363, 2022.
- [16] M. R. A. Salim, F. Sthevanie, and K. Nur Ramadhani, "Pendeteksi Masker pada Gambar Menggunakan Model Deep Learning Yolo-v2 dengan ResNet-50," *e-Proceeding Eng.*, vol. 10, no. 5, pp. 4967–4973, 2023.
- [17] W. Liu, L. Zhou, and J. Chen, "Face Recognition Based on Lightweight Convolutional Neural Networks," *Inf.*, vol. 12, no. 5, 2021, doi: 10.3390/info12050191.
- [18] E. Tanuwijaya, Timotius, D. C. Kartamihardja, T. Leonardo, and Lianoto, "Deteksi Ekspresi Wajah Manusia Menggunakan Convolution Neural Network Pada Citra Pembelajaran Daring," *J. Ilm. Betrik*, vol. 13, no. 3, pp. 224–230, 2021, [Online]. Available: <http://ejournal.lppmsttpagaralam.ac.id/index.php/betrik/article/view/357>
- [19] A. Bochkovskiy, C.-Y. Wang, and H.-Y. M. Liao, "YOLOv4: Optimal Speed and Accuracy of Object Detection," 2020, [Online]. Available: <http://arxiv.org/abs/2004.10934>
- [20] A. Bohi, Y. El Boudouri, and I. Sfeir, "A Novel Deep Learning Approach For Facial Emotion Recognition: Application to Detecting Emotional Responses in Elderly Individuals With Alzheimer's Disease," *Neural Comput. Appl.*, pp. 0–30, 2024, [Online]. Available: doi.org/10.21203/rs.3.rs-4676407/v1
- [21] Y. Tian, Q. Ye, and D. Doermann, "YOLOv12: Attention-Centric Real-Time Object Detectors," 2025, [Online]. Available: <http://arxiv.org/abs/2502.12524>
- [22] A. T. Akbar, S. Saifullah, and H. Prapcoyo, "KLASIFIKASI EKSPRESI WAJAH MENGGUNAKAN COVOLUTIONAL NEURAL FACIAL EXPRESSION CLASSIFICATION USING CONVOLUTIONAL NEURAL," vol. 11, no. 6, 2024, doi: 10.25126/jtiik.202411888.
- [23] H. Ma, S. Lei, T. Celik, and H.-C. Li, "FER-YOLO-Mamba: Facial Expression Detection and Classification Based on Selective State Space," vol. 10, no. 10, pp. 1–12, 2024, [Online]. Available: <http://arxiv.org/abs/2405.01828>
- [24] S. Subudhiray, H. K. Palo, and N. Das, "K-nearest neighbor based facial emotion recognition using effective features," *IAES Int. J. Artif. Intell.*, vol. 12, no. 1, p. 57, 2023, doi: 10.11591/ijai.v12.i1.pp57-65.
- [25] M. A. Hasan, A. H. Lazem, M. A. Alkhafaji, and H. B. Taher, "Facial Human Emotion Recognition by Using YOLO Faces Detection Algorithm," *JOINCS (Journal Informatics, Network, Comput. Sci.)*, vol. 6, no. 2, pp. 32–38, 2023, doi: 10.21070/joincs.v6i2.1629.
- [26] A. Alshammari and M. E. Alshammari, "Emotional Facial Expression Detection using YOLOv8," *Technol. Appl. Sci. Res.*, vol. 14, no. 5, pp. 16619–16623, 2024, [Online]. Available: <https://doi.org/10.48084/etasr.8433>