

Real-Time Detection of Young and Old Faces Using Template Matching and Fuzzy Associative Memory

Rayendra Tawakal^{1*}, Muhammad Nazar², Rahmadi Asri³

¹ Universitas Muhammadiyah Mahakarya Aceh, Indonesia

² Universitas Malikussaleh, Indonesia

³ Universitas Gajah Putih, Indonesia

*Corresponding Author Email: tawakalrayendra@gmail.com

Received: 30 September 2024

Revised: 30 September 2024

Accepted: 30 September 2024

Available online: 1 October 2024

Kata Kunci:

Pendeteksian Wajah, Template Matching, Fuzzy Associative Memory, real-time, wajah tua dan muda

Keywords:

Face detection, Template Matching, Fuzzy Associative Memory, real-time, young and old faces

ABSTRAK

Sistem pendeteksian wajah tua dan muda secara real-time telah dikembangkan dengan menggunakan kombinasi metode *Template Matching* dan *Fuzzy Associative Memory* (FAM). Penelitian ini bertujuan untuk meningkatkan akurasi dalam pendeteksian wajah berdasarkan usia, khususnya pada citra wajah yang diambil melalui *webcam*. Pengujian dilakukan pada empat kategori, yaitu *Lelaki Tua*, *Lelaki Muda*, *Wanita Tua*, dan *Wanita Muda*, dengan masing-masing 10 sampel citra. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem ini berhasil mencapai tingkat akurasi sebesar 83%. Kategori *Lelaki Muda* menunjukkan performa terbaik dengan akurasi 100%, sedangkan kesalahan deteksi terjadi pada kategori *Lelaki Tua* dan *Wanita Tua* dengan *false positive rate* sebesar 30%. Sistem ini lebih efektif dalam mendeteksi wajah muda dibandingkan wajah tua. Tantangan terbesar dalam penelitian ini adalah menangani variasi pola wajah tua yang kompleks. Oleh karena itu, penelitian lebih lanjut diperlukan untuk meningkatkan performa sistem dalam mendeteksi wajah tua dan mengurangi tingkat *false positives*.

ABSTRACT

A real-time facial detection system for identifying young and old faces has been developed using a combination of Template Matching and Fuzzy Associative Memory (FAM) methods. This study aims to improve accuracy in detecting facial age, particularly from images captured via a webcam. The system was tested across four categories: Old Men, Young Men, Old Women, and Young Women, with 10 image samples per category. The results indicate that the system achieved an accuracy rate of 83%. The Young Men category exhibited the best performance with 100% accuracy, while detection errors occurred in the Old Men and Old Women categories, with a false positive rate of 30%. The system proved to be more effective at detecting young faces than old faces. The primary challenge of this study was managing the complex variation in the patterns of older faces. Thus, further research is required to enhance the system's performance in detecting older faces and reduce the false positive rate.

1. INTRODUCTION

Seiring dengan perkembangan teknologi informasi yang pesat, sistem pengolahan data yang efektif dan efisien menjadi kunci dalam menghasilkan informasi yang berkualitas. Dalam era modern, pengolahan data tidak hanya terbatas pada data numerik atau teks, tetapi juga melibatkan data citra, suara, dan teks. Untuk menyelesaikan permasalahan yang kompleks, diperlukan metode yang mampu menangani data ini secara akurat, efektif, dan efisien. Salah satu cabang ilmu komputer yang mendukung pemrosesan tersebut adalah Artificial Intelligence (AI), yang memungkinkan mesin untuk melakukan berbagai tugas dengan metode yang canggih.

Citra memainkan peran penting dalam penyajian informasi visual karena memiliki karakteristik unik yang tidak terdapat pada data teks. Pengolahan citra digital melibatkan manipulasi data digital untuk meningkatkan kualitas citra dengan bantuan

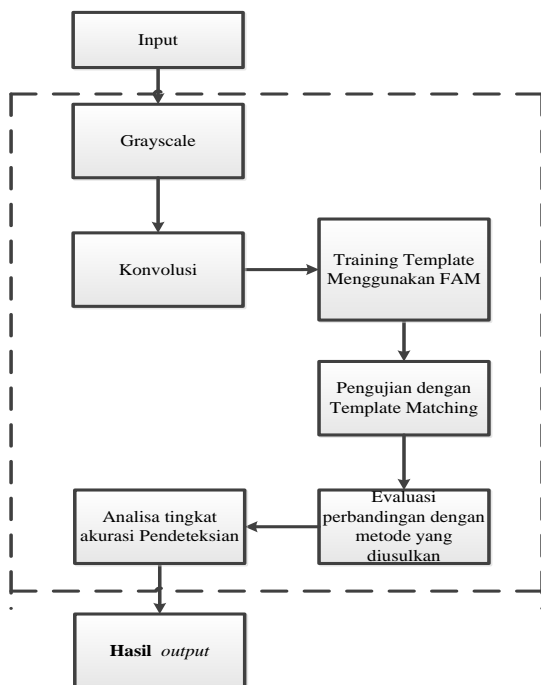
komputer. Salah satu aplikasi penting dari pengolahan citra digital adalah pengenalan wajah. Wajah manusia merupakan penanda yang signifikan dalam mengenali individu. Ketika seseorang bertemu dengan orang lain, wajah adalah salah satu hal yang paling mudah diingat. Selain itu, wajah digunakan dalam berbagai aplikasi seperti pendataan penduduk, absensi, hingga sistem keamanan berbasis deteksi wajah.

Namun, pengenalan wajah adalah tugas yang kompleks. Meskipun manusia memiliki pola wajah yang beragam, terdapat pola-pola spesifik, seperti perbedaan antara wajah muda dan wajah tua, yang dapat digunakan untuk klasifikasi. Tahapan awal yang sangat penting dalam pengenalan wajah adalah deteksi wajah. Deteksi wajah melibatkan identifikasi wajah dari citra atau video, yang dapat mencakup berbagai ukuran, posisi, dan latar belakang. Tantangan yang dihadapi dalam deteksi wajah mencakup variasi intrapersonal dan ekstrapersonal yang tinggi.

Beberapa penelitian sebelumnya telah berkontribusi dalam bidang deteksi wajah. Misalnya, penelitian Mu-Chun Su Chun (2014) mengkaji pendeteksian wajah, ekstraksi fitur ekspresi, dan klasifikasi ekspresi menggunakan Self-Organizing Feature Maps (SOM) dengan akurasi sebesar 90%. Penelitian Eliasta Ketaren (2016) membandingkan akurasi metode Backpropagation, LVQ, dan Modified LVQ (MLVQ) dalam deteksi wajah, dengan akurasi masing-masing sebesar 49,25%, 48,14%, dan 50,37%. Safwandi (2016) meneliti deteksi warna kulit wajah dan senyuman dengan Learning Vector Quantization (LVQ) dan memperoleh false positive rate sebesar 60% dan true positive rate sebesar 40%.

Dalam penelitian ini, penulis mengusulkan penggunaan kombinasi metode Template Matching dan Fuzzy Associative Memory (FAM) untuk pendeteksian wajah tua dan muda secara real-time melalui webcam. Metode ini lebih kompleks karena harus menghadapi perubahan orientasi wajah yang cepat pada tampilan depan. Penggunaan webcam dalam pendeteksian ini memberikan tantangan tersendiri karena perubahan kondisi pencahayaan dan orientasi wajah yang dinamis.

2. RESEARCH METHODS



Gambar 1. Skema Sistem Yang Dibangun

Diagram alur di atas menggambarkan metode penelitian yang digunakan dalam pendeteksian wajah tua dan muda berbasis webcam dengan menggunakan kombinasi metode Template Matching dan Fuzzy Associative Memory (FAM). Tahapan penelitian dijelaskan sebagai berikut:

- Input:** Tahapan awal dimulai dengan masukan berupa citra wajah yang diambil secara langsung melalui webcam.
- Grayscale:** Citra yang diperoleh kemudian diubah menjadi format grayscale untuk mengurangi kompleksitas data dan fokus pada intensitas piksel, sehingga memudahkan proses pemrosesan lebih lanjut.
- Konvolusi:** Setelah proses grayscale, citra mengalami tahapan konvolusi. Proses ini bertujuan untuk mengekstraksi fitur-fitur penting dari citra yang kemudian akan digunakan untuk identifikasi pola wajah.

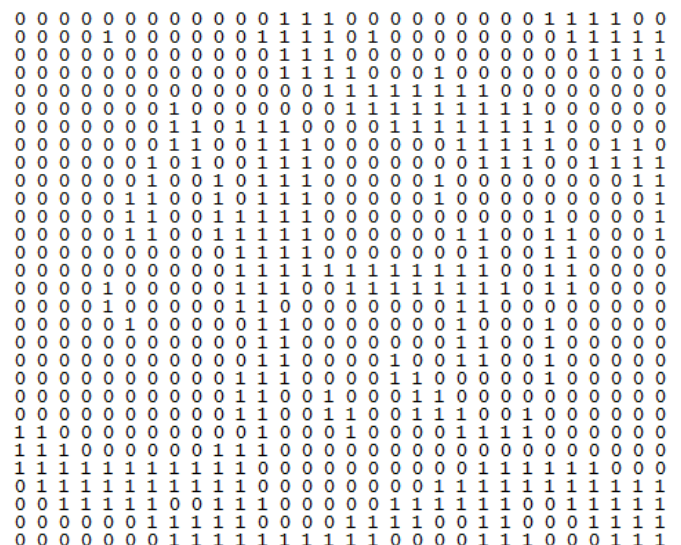
- Training Template menggunakan FAM:** Pada tahap ini, template wajah dilatih menggunakan metode Fuzzy Associative Memory (FAM). Metode ini membantu menyimpan pola-pola penting dari wajah tua dan muda yang akan digunakan sebagai referensi dalam proses pendeteksian.
- Pengujian dengan Template Matching:** Setelah pelatihan selesai, proses pengujian dilakukan menggunakan metode Template Matching. Proses ini mencocokkan citra input yang baru dengan template yang telah dilatih sebelumnya untuk mendeteksi apakah wajah tersebut tergolong wajah tua atau muda.
- Evaluasi perbandingan dengan metode yang diusulkan:** Pada tahap ini, hasil pendeteksian dibandingkan dengan metode lain yang diusulkan untuk mengukur tingkat efektivitas metode yang digunakan dalam penelitian ini.
- Analisa tingkat akurasi pendeteksian:** Setelah proses evaluasi, dilakukan analisis untuk mengukur tingkat akurasi dari sistem pendeteksian wajah yang dihasilkan. Hasil analisis ini memberikan wawasan mengenai seberapa baik metode yang digunakan mampu mendeteksi wajah tua dan muda.
- Hasil (Output):** Tahap terakhir adalah hasil akhir dari seluruh proses di atas, berupa pendeteksian wajah tua atau muda berdasarkan input citra dari webcam.

3. RESULT AND DISCUSSION

3.1 Vektor Wajah

Sampel pelatihan pola wajah yang dipakai pada penelitian ini berkisar 40 sampel citra diantaranya 10 wajah laki-laki muda, 10 wajah laki-laki tua, 10 wajah wanita muda dan 10 wajah wanita tua, adapun wajah yang mewakili karakteristik citra atau vektor (Pola wajah) yang berbeda beda. Pada gambar 2 hingga gambar 5 menunjukkan beberapa sampel wajah yang digunakan sebagai pelatihan wajah, pelatihan ini sendiri dilakukan dengan menggunakan Algoritma template matching dan membandingkannya dengan template matching yang dikombinasikan dengan FAM.

Sistem akan mengambil 4 sample wajah yang memang kedekatan dan ke akuratan nya bisa di gunakan oleh sistem, yang dimana dengan 4 template tersebut sistem real-time tidak menjadi lambat dalam bagian pemrosesan dan perbandingan antara citra wajah latih dan citra wajah uji.



Gambar 2. Vektor Wajah Laki-Laki Tua

```
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 1 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 1 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 1 1 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 1 1 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 1 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 1 1 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 1 0 0 0 1 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 1 0 0 0 0 0 1
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 1 0 0 0 1 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 1 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 1 0 0 0 1 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 1 0 0 0 0 0 1
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 1 1 0 0 0 0 1 1
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 1 1 0 0 0 0 1 1
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 1 1 0 0 0 0 1 1
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 1 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 1 0 0 0 0 0 1
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 1 0 0 0 0 0 1
1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 1 1 1 1 1 1 1
1 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 1 1 1 1 1 1 1
1 1 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
1 1 1 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
1 1 1 1 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 1 1 1 1 1 0 0 0
1 1 1 1 1 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 1 1 1 1 1 0 0 0
```

Gambar 3. Vektor Wajah Laki-Laki Muda

```
1 1 1 1 1 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 1 1 1 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 1 1 0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 1 1 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 1 1 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 1 1 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 1 1 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 1 1 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 1 1 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
1 0 1 0 0 1 1 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 1 1 1 1 0 0 0 0 0
1 0 1 0 1 1 1 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 1 1 1 1 0 0 0 0 0
1 0 0 0 1 1 1 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 1 1 1 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 1 1 1 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 1 1 1 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 1 1 1 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 1 1 1 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 1 1 1 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 1 1 1 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 1 1 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 1 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0 1 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
1 1 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
1 1 1 1 1 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
```

Gambar 4. Vektor Wajah Perempuan Tua

```
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 1 1 1 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 1 1 1 1 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 1 1 1 1 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 1 1 1 1 1 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 0
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1
1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1
1 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
1 1 1 1 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
1 1 1 1 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
1 1 1 1 1 1 1 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
```

Gambar 5. Vektor Wajah Perempuan Muda

Pada gambar 2 hingga gambar 5 diperlihatkan bagaimana vektor pola wajah manusia digunakan sebagai *template* dalam sistem pelatihan pendeteksian wajah. Setiap pola wajah yang

dihasilkan dari pelatihan ini kemudian ditanamkan ke dalam sistem sebagai acuan dalam proses deteksi wajah selanjutnya.

Nilai-nilai yang terdapat pada vektor tersebut mencerminkan fitur-fitur yang terdeteksi selama proses pelatihan. Pada vektor ini, nilai 0 menunjukkan area yang tidak termasuk dalam fitur wajah, namun tetap berada di dalam area wajah (misalnya, bagian yang tidak memberikan kontribusi langsung pada identifikasi wajah). Sebaliknya, nilai 1 mewakili atribut atau fitur wajah yang secara eksplisit diidentifikasi dan digunakan oleh sistem dalam proses pendeteksian.

Pola wajah ini diperoleh melalui dua tahap penting: pertama, melalui konversi citra menjadi *grayscale* untuk menyederhanakan dan memperjelas pola intensitas piksel, dan kedua, melalui proses konvolusi yang bertujuan untuk mengekstraksi fitur utama yang lebih lanjut digunakan dalam pelatihan. Setelah fitur-fitur ini teridentifikasi, mereka dikompilasi ke dalam bentuk vektor, yang kemudian diintegrasikan sebagai *template* dalam sistem pendeteksian berbasis *Template Matching* dan *Fuzzy Associative Memory* (FAM).

Dengan menggunakan pendekatan ini, sistem mampu membedakan antara fitur wajah yang signifikan dan yang tidak signifikan, memungkinkan pengenalan wajah yang lebih akurat, meskipun terdapat berbagai variasi seperti perubahan orientasi atau kondisi pencahayaan pada wajah tampak depan.

3.2 Hasil Pengujian

Hasil pendeteksian atau pengujian sistem untuk deteksi wajah tua dan muda secara real-time hanya dapat dilakukan pada satu citra wajah dengan kondisi tertentu. Syarat utama adalah orientasi wajah harus dalam posisi lurus (0 derajat) dan latar belakang tidak mengandung pola yang rumit atau terlalu banyak detail. Hal ini bertujuan untuk memudahkan sistem dalam memperoleh citra yang optimal dan menghasilkan pendeteksian yang lebih akurat.

Pada sampel uji yang digunakan, penekanan utama diberikan pada posisi wajah yang stabil dan minimal pergerakan. Sistem real-time yang diimplementasikan sangat sensitif terhadap perubahan orientasi dan pergerakan wajah, yang dapat menyebabkan peningkatan deteksi yang salah (*false detections*). Oleh karena itu, stabilitas wajah dan kondisi pencahayaan yang baik sangat berpengaruh dalam proses kalkulasi sistem. Untuk meminimalkan kesalahan, uji dilakukan dalam kondisi di mana wajah tetap diam, sehingga sistem dapat melakukan pengolahan citra tanpa gangguan yang signifikan.

Gambar 6 menunjukkan hasil pengujian dari sistem pendeteksian yang telah diujicobakan dalam penelitian ini. Hasil-hasil ini mencerminkan kinerja sistem dalam mendeteksi perbedaan antara wajah tua dan muda, dengan mempertimbangkan sensitivitas sistem terhadap perubahan kecil pada citra yang diolah.



Gambar 6. Hasil Deteksi

Tabel 1 menunjukkan hasil pengujian sistem pendeteksian wajah tua dan muda berdasarkan empat kategori input citra, yaitu: *Lelaki Tua*, *Lelaki Muda*, *Wanita Tua*, dan *Wanita Muda*. Setiap kategori diuji dengan 10 sampel citra wajah, dan hasil yang sesuai terdeteksi oleh sistem dicatat, serta nilai *False Positive Rate* dihitung untuk masing-masing kategori. Berikut adalah penjelasan dari hasil uji tersebut:

1. **Lelaki Tua:**
 - Jumlah citra yang diuji: 10 citra.
 - Jumlah citra yang terdeteksi sesuai: 7 citra.
 - *False Positive Rate*: 3 citra.
2. **Lelaki Muda:**
 - Jumlah citra yang diuji: 10 citra.
 - Jumlah citra yang terdeteksi sesuai: 10 citra.
 - *False Positive Rate*: 0 citra (tidak ada kesalahan deteksi).
3. **Wanita Tua:**
 - Jumlah citra yang diuji: 10 citra.
 - Jumlah citra yang terdeteksi sesuai: 7 citra.
 - *False Positive Rate*: 3 citra.
4. **Wanita Muda:**
 - Jumlah citra yang diuji: 10 citra.
 - Jumlah citra yang terdeteksi sesuai: 9 citra.
 - *False Positive Rate*: 1 citra.

Dari hasil pengujian ini, didapatkan total 33 citra yang terdeteksi sesuai dari total 40 citra yang diuji.

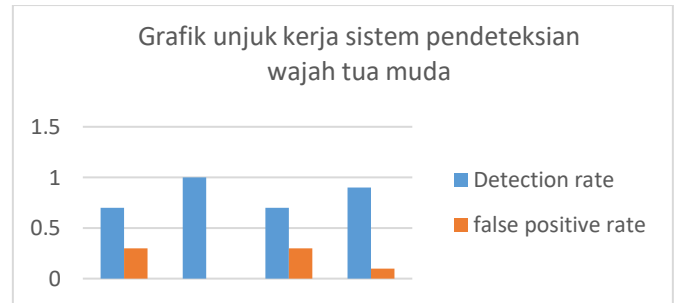
Sistem pendeteksian wajah tua dan muda yang diuji berhasil mendeteksi wajah secara akurat dengan tingkat akurasi sebesar 83%. Walaupun akurasi cukup tinggi, terdapat beberapa kesalahan deteksi pada kategori *Lelaki Tua* dan *Wanita Tua* dengan masing-masing tiga *false positives*. Pada kategori *Wanita Muda* terdapat satu *false positive*, sementara kategori *Lelaki Muda* menunjukkan hasil pendeteksian yang sempurna tanpa adanya kesalahan deteksi.

Hasil ini menunjukkan bahwa sistem cenderung lebih akurat dalam mendeteksi wajah muda, terutama pada pria muda, dibandingkan dengan deteksi wajah tua. Penyempurnaan lebih lanjut pada sistem mungkin diperlukan untuk mengurangi tingkat *false positives* pada kategori wajah tua.

Tabel 1. Hasil Pengujian

Data Uji Wajah Tua Muda			
Input Citra	Jumlah Yang Di Uji	Jumlah yang Sesuai Terdeteksi	<i>False Positive Rate</i>
Lelaki Tua	10	7	3
Lelaki Muda	10	10	0
Wanita Tua	10	7	3

Wanita Muda	10	9	1
Akurasi (%)	$= \frac{\text{Jumlah Yang Sesuai Terdeteksi}}{\text{Jumlah Keseluruhan}} \times 100\%$ $= \frac{33}{40} \times 100\% = 83\%$		



Gambar 7. Visualisasi Hasil Pengujian

4. CONCLUSION

Berdasarkan hasil pengujian sistem pendeteksian wajah tua dan muda secara real-time, dapat disimpulkan bahwa sistem memiliki tingkat akurasi sebesar 83% dalam mendeteksi wajah tua dan muda. Pengujian dilakukan pada empat kategori: *Lelaki Tua*, *Lelaki Muda*, *Wanita Tua*, dan *Wanita Muda*, masing-masing dengan 10 sampel citra.

Sistem menunjukkan performa terbaik pada kategori *Lelaki Muda* dengan akurasi 100%, tanpa kesalahan deteksi (*false positives*). Sementara itu, pada kategori *Lelaki Tua* dan *Wanita Tua*, terjadi beberapa kesalahan deteksi yang menghasilkan *false positive rate* sebesar 30%. Pada kategori *Wanita Muda*, *false positive rate* tercatat sebesar 10%.

Secara keseluruhan, sistem ini lebih andal dalam mendeteksi wajah muda dibandingkan dengan wajah tua. Hal ini menunjukkan bahwa deteksi fitur pada wajah tua mungkin lebih kompleks dan memerlukan penyempurnaan lebih lanjut. Faktor seperti variasi pola wajah yang lebih besar pada wajah tua dan kemungkinan adanya perbedaan dalam intensitas dan detail fitur wajah mempengaruhi tingkat akurasi.

Dengan tingkat akurasi yang sudah cukup baik untuk deteksi secara real-time, perbaikan dalam menangani variasi wajah tua dapat meningkatkan performa keseluruhan sistem. Ini menjadi fokus penting dalam penelitian selanjutnya untuk meminimalkan *false positives* dan memastikan sistem dapat bekerja lebih stabil pada berbagai kondisi wajah dan lingkungan.

REFERENCES

- [1] An H., T., T., Nhan T., C., & Hyung, I, C. 2013. Fuzzy Inference Systems Based on Fuzzy Associative Memory with Adjusting Algorithm for Selecting Optimal Membership Functions. *International Journal of Intelligent Information Processing (IJIIP)* 4(3): 102-110
- [2] Anisha, K., K. & Wilscy, M. 2011. Impulse Noise Removal from Medical Images Using Fuzzy Genetic Algorithm. *International Journal of Multimedia and Its Applications (IJMA)* 3(4): 93-106
- [3] Hambal, A, M., Pei, Z., & Ishabailu, F., L. 2017. Image Noise Reduction and Filtering Techniques. *International Journal of Science and Research (IJSR)* 6(3): 2033-2038.

- [4] Hemalatha, G & Sumanthi,C.P. 2014. Study of Techniques for Facial Detection and Expression Classification. *International Journal of Computer Science & Engineering Survey (IJCSES)* 3(2): 27-28.
- [5] Huang, 2009. “Yu-Hao & Chiou-Shann Fuh. Face Detection and Smile Detection. *Proceedings of IPPR Conference Computer on Vision, Graphics and Image Processing*”. 5-6, 108
- [6] Kamboj, P. & Rani, V. 2013. A Brief Study of Various Noise Reduction and Filtering Techniques. *Journal of Global Research in Computer Science* 4(4): 166-171.
- [7] Retno, S., Nababan, E. B., & Efendi, S (2019). Initial Centroid of K-Means Algorithm using Purity to Enhance the Clustering Results. *International Journal of Trend in Research and Development (IJTRD)*, 6(3), 348–351
- [8] Malvika & Singh, H. 2015. A Novel Approach For Removal of Mixed Noise Using Genetic Algorithm. *International Journal of Science and Research (IJSR)* 5(11): 1836-1841.
- [9] Maryana, Fadlisyah, & Sujacka, R. 2017 “Pendeteksi Tajwid Idgham Mutajanisain Pada Citra Al-Qur’an Menggunakan Fuzzy Associative Memory (FAM)”, *TECHSI-Jurnal Teknik Informatika Universitas Malikussaleh*. 9(2): 91-102.
- [10] Mu-Chun Su, Chun-Kai Yang, Shih-Chieh Lin, De-Yuan Huang, Yi-Zeng Hsieh, & Pa-Chun Wang. 2014 “An SOM-based Automatic Facial Expression Recognition System”, *International Journal on Soft Computing, Artificial Intelligence and Applications (IJSCAI)*. 2(4): 45-57.
- [11] Paridhi, S., & Neelam, S. 2016. An Overview of Various Template Matching Methodologies in Image Processing. *International Journal of Computer Application (IJCA)*. 153(10): 8-14.
- [12] Retno, S., Dinata, R.K., Hasdyna, N. (2023). Evaluasi model data chatbot dalam natural language processing menggunakan k-nearest neighbor. *Jurnal CoSciTech (Computer Science and Information Technology)*. 4(1): 146-153
- [13] Sarbani Ghosh, & Samir K. Bandyopadhyay. “A Method for Human Emotion Recognition System”. 2015. “*British Journal of Mathematics & Computer Science* 11(5): 1-27.
- [14] Victor, A., D., Ajay, D & Sudha, K. 2014. Delphi Adapted Fuzzy Associative Memories (DAFAM) as a multiple Expert System and its application to Study the Impacts of Climate Change on Environment. *International Journal on Communication & Networking System (IJCNS)*. 3(1): 256-260.
- [15] Vijayarani, S., & Sakila, A. 2015. Template Matching Technique For Searching Words in Document Images. *International Journal on Cybernetics & Informatics (IJCI)*. 4(6): 25-35.