

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang Masalah

Pengenalan ekspresi wajah merupakan bidang penting dalam visi komputer dan pembelajaran mesin dengan beragam aplikasi, termasuk dalam interaksi manusia-komputer, keamanan, pendidikan, dan kesehatan. Sebagai bentuk komunikasi non-verbal yang krusial, ekspresi wajah mampu mengungkapkan emosi dan niat seseorang, sehingga memiliki peran signifikan dalam berbagai sistem berbasis pengenalan ekspresi (An dkk., 2023; Kafetsios dkk., 2017). Meskipun perkembangan teknik dan model pengenalan terus menunjukkan kemajuan, tantangan utama tetap muncul terkait peningkatan akurasi dan ketahanan sistem, terutama ketika diterapkan di lingkungan dengan kondisi yang tidak terkendali. Sistem pengenalan sering mengalami degradasi kinerja di bawah variasi pencahayaan, gangguan derau, dan perubahan pose wajah (Gao dkk., 2021; Lewis dan Garver, 1995). Tantangan-tantangan ini mempersulit proses ekstraksi ciri, khususnya dalam menangkap tekstur pada citra secara akurat.

Metode ekstraksi ciri tekstur seperti *histogram of oriented gradient* (HOG) telah diterapkan secara luas karena kemampuannya dalam menangkap informasi geometris tekstur pada citra. Namun, kinerja HOG dipengaruhi oleh kondisi pencahayaan yang tidak merata, seperti pencahayaan rendah, pencahayaan berlebih, atau adanya bayangan yang tajam. Dalam pencahayaan rendah, detail penting dari wajah bisa hilang karena kurangnya kontras, sementara pencahayaan berlebih dapat menyebabkan beberapa area wajah kehilangan informasi tekstur yang diperlukan. Selain itu, kondisi dengan bayangan tajam (pencahayaan dari belakang) juga dapat mengurangi efektivitas metode ini dalam mendeteksi fitur wajah secara akurat (Sharifnejad dkk. 2020).

Disisi lain, arsitektur pada model *convolutional neural network* (CNN), seperti *visual geometry group* dengan lapisan 16 (VGG16), telah menunjukkan kemampuannya dalam mengekstraksi ciri tekstur pada citra yang lebih kompleks dan abstrak. Hal ini memungkinkan model lebih adaptif dalam menghadapi variasi pencahayaan dan pose wajah yang beragam (Debnath dkk., 2022; Pise dkk., 2022). Namun, implementasi VGG16 dalam konteks pengenalan ekspresi wajah tidak lepas dari tantangan, terutama kebutuhan data latih dalam jumlah besar dan biaya komputasi yang signifikan. Selain itu, kinerja VGG16 bisa mengalami penurunan ketika dihadapkan dengan Basisdata kecil atau lingkungan dengan keterbatasan komputasi, sehingga penggunaannya memerlukan strategi dan optimasi yang tepat.

Beberapa penelitian telah mengusulkan penggunaan teknik tambahan seperti tapis median dan kaskade Haar untuk meningkatkan akurasi dan ketahanan model pengenalan objek (Zarbakhsh, 2023). Tapis median efektif dalam mengurangi derau impulsif tanpa menghilangkan detail penting seperti tepi dan kontur wajah (Erkan dkk., 2020), sementara metode kaskade Haar, meskipun sering digunakan untuk deteksi wajah (Viola dan Jones, 2001), dalam penelitian ini dimanfaatkan pada tahap prapengolahan data untuk mempercepat proses identifikasi wajah dengan mendeteksi perbedaan intensitas antara area terang dan gelap. Pendekatan ini memungkinkan identifikasi wajah secara efisien sebelum ekstraksi ciri lebih lanjut dilakukan (Soni dan Soni, 2024).

Lebih lanjut, kajian pustaka yang dirangkum dalam penelitian ini (lihat Bab 2) menunjukkan bahwa integrasi koheren antara HOG, VGG16, tapis median, dan kaskade Haar dalam satu model terpadu masih terbatas. Penelitian sebelumnya cenderung menggunakan metode-metode tersebut secara terpisah, sehingga belum sepenuhnya mengeksplorasi potensi penggabungan teknik-teknik ini dalam meningkatkan akurasi dan ketahanan model pengenalan khususnya pada pengembangan model pengenalan ekspresi wajah. Kesenjangan ini menunjukkan perlunya eksplorasi lebih lanjut untuk menghasilkan model yang tidak hanya akurat tetapi juga tahan terhadap variasi pencahayaan, gangguan derau, dan perubahan pose wajah.

Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengatasi kesenjangan tersebut dalam pengenalan ekspresi wajah dengan mengembangkan model berbasis fusi ciri tekstur dari metode ekstraksi HOG dan VGG16 yang dioptimalkan melalui integrasi metode tapis median dan kaskade Haar. Pada tahap prapengolahan, tapis median diterapkan untuk mengurangi derau impulsif tanpa menghilangkan detail penting, sedangkan kaskade Haar digunakan untuk mempercepat deteksi wajah dengan mengenali perbedaan intensitas antara area terang dan gelap. Setelah prapengolahan, metode HOG dan VGG16 secara bersamaan mengekstraksi ciri tekstur: HOG menangkap pola geometris dan tekstur dasar melalui distribusi gradien arah, sedangkan VGG16 mengekstraksi ciri tekstur yang lebih abstrak dan kompleks. Hasil ekstraksi ciri dari kedua metode ini kemudian digabungkan dengan teknik fusi, sehingga menghasilkan representasi ciri yang lebih kaya dan mendalam. Fusi ini diharapkan meningkatkan akurasi dan ketahanan model dalam menghadapi variasi pencahayaan, derau, dan pose wajah yang beragam, serta menghasilkan sistem pengenalan ekspresi wajah yang lebih adaptif dan akurat dalam berbagai kondisi nyata.

Evaluasi efektivitas model dilakukan untuk menilai performa dan adaptabilitas sistem dalam kondisi dunia nyata yang dinamis, termasuk variasi pencahayaan, gangguan derau, dan perubahan pose wajah. Penilaian dilakukan menggunakan basis data ekspresi wajah publik seperti CK+, JAFFE, FER2013, dan RaFD, serta data real-time dari Ahmad Ilham Simple Face Database (AIsFDB). Basis data real-time ini mencakup kondisi ekstrem yang lebih representatif, seperti pencahayaan tidak merata, derau impulsif, dan pose wajah yang beragam. Hasil evaluasi akan dibandingkan dengan metode konvensional untuk menunjukkan keunggulan model dalam menghadapi tantangan lingkungan yang dinamis.

## **1.2 Identifikasi Masalah**

Meskipun teknik-teknik seperti tapis median, kaskade Haar, HOG, dan VGG16 telah banyak diterapkan dalam pengenalan ekspresi wajah, tantangan terkait akurasi dan ketahanan model masih menjadi masalah signifikan, terutama di

lingkungan dengan kondisi yang dinamis. Tapis median (TM) efektif dalam mengurangi derau impulsif tetapi kurang memadai jika digunakan secara terpisah tanpa kombinasi teknik lain yang dapat memperkuat proses deteksi. Demikian pula, kaskade Haar (KH) hanya optimal dalam tahap deteksi awal namun tidak menangkap informasi mendalam untuk pengenalan ekspresi wajah yang lebih kompleks. Implementasi HOG sering mengalami penurunan performa di bawah variasi pencahayaan dan pose wajah yang beragam, sementara VGG16 membutuhkan data latih yang besar dan komputasi intensif, sehingga kurang efektif dalam konteks dengan sumber daya terbatas.

Selain itu, penelitian sebelumnya cenderung menerapkan teknik-teknik tersebut secara terpisah, tanpa adanya integrasi yang koheren dalam satu model terpadu. Keterbatasan teknik yang menggabungkan kekuatan masing-masing metode tersebut menyebabkan model pengenalan ekspresi wajah rentan terhadap perubahan kondisi lingkungan, seperti pencahayaan rendah, derau, dan perubahan pose yang beragam. Kesenjangan inilah yang mengindikasikan kebutuhan mendesak untuk mengembangkan model pengenalan ekspresi wajah yang lebih adaptif, efisien, dan tahan terhadap berbagai variasi kondisi lingkungan.

### **1.3 Perumusan Masalah**

Berdasarkan pemaparan pada Sub Bab 1.1 dan 1.2, penelitian ini difokuskan pada pemecahan masalah utama dalam pengenalan ekspresi wajah, yaitu pengembangan model yang robust dan adaptif di lingkungan dengan kondisi tidak terkendali, seperti variasi pencahayaan, gangguan derau, dan perubahan pose wajah. Oleh karena itu, rumusan masalah spesifik yang diangkat dalam penelitian ini meliputi:

- 1. Bagaimana meningkatkan ketahanan model pengenalan ekspresi wajah terhadap variasi pencahayaan dan derau?**

Sistem yang ada saat ini rentan mengalami penurunan performa ketika beroperasi dalam kondisi pencahayaan rendah, pencahayaan berlebih, atau adanya noise yang mengaburkan detail penting pada citra wajah.

**2. Bagaimana mengatasi penurunan akurasi model akibat perubahan pose wajah?**

Variasi sudut dan ekspresi spontan sering kali menyebabkan kegagalan dalam proses deteksi dan klasifikasi.

**3. Bagaimana memadukan metode tapis median, kaskade Haar, HOG, dan VGG16 secara efektif dalam satu model yang terpadu?**

Sebagian besar penelitian sebelumnya hanya menerapkan teknik-teknik ini secara terpisah, sehingga belum mampu mencapai performa optimal dalam menghadapi kondisi lingkungan yang dinamis.

**4. Seberapa efektif model yang diusulkan dalam menghadapi tantangan di dunia nyata, seperti variasi pencahayaan, derau, dan pose wajah?**

Evaluasi komprehensif diperlukan dengan menggunakan Basisdata publik, seperti CK+, JAFFE, FER2013, dan RaFD, yang meskipun mencakup variasi pencahayaan, derau, dan pose wajah yang beragam, akan tetapi masih terbatas dalam merepresentasikan kondisi dunia nyata yang dinamis. Oleh karena itu, data real dari ahmad ilham simple face database (AIsFDB), yang mencakup delapan sudut pengambilan gambar berbeda, akan digunakan untuk mengukur ketahanan dan konsistensi performa model dalam menghadapi tantangan lingkungan yang dinamis.

Rumusan masalah ini mendorong pengembangan model pengenalan ekspresi wajah khususnya dalam peningkatan pengenalan objek wajah pada klasifikasi ekspresi wajah melalui pendekatan hybrid melalui teknik fusi ciri tekstur antara HOG dan VGG16, yang diintegrasikan dengan metode tapis median dan kaskade Haar, sehingga pengenalan ekspresi wajah yang dihasilkan lebih akurat dan adaptif dalam kondisi yang dinamis.

#### 1.4 Maksud dan Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan mengoptimalkan ekstraksi ciri tekstur pada pengenalan ekspresi wajah melalui pendekatan hibrid dengan teknik fusi ciri tekstur antara HOG dan VGG16, yang diintegrasikan dengan metode tapis median dan kaskade Haar sehingga menghasilkan model yang lebih akurat dan adaptif dalam menghadapi kondisi dinamis seperti variasi pencahayaan, derau, dan pose wajah yang beragam, serta untuk meningkatkan efisiensi pemrosesan tanpa mengorbankan performa klasifikasi.

Secara khusus, tujuan penelitian ini adalah:

1. Meningkatkan ketahanan model terhadap variasi pencahayaan dan derau dengan menerapkan kombinasi metode tapis median dan HOG. Kerangka metode ini kami menyebutnya *Histogram of Oriented Gradients-Modified Intensity Adaptive (HOG-MIA)*, tujuan metode ini secara langsung **menjawab rumusan masalah ke-1**.
2. Mengatasi penurunan akurasi dari kombinasi tapis median dan HOG akibat perubahan pose wajah melalui penggabungan kaskade Haar dan VGG16 untuk deteksi objek wajah dan mengekstraksi ciri tekstur mendalam secara adaptif dalam satu model terpadu untuk meningkatkan akurasi dan adaptabilitas. Metode ini kami menyebutnya *Histogram of Oriented Gradients-Modified Intensity Adaptive Cascade Haar (HOG-MIACH)*, tujuan metode ini secara langsung **menjawab rumusan masalah ke-2 dan 3**.
3. Mengevaluasi efektivitas model dalam menghadapi tantangan di dunia nyata dengan melakukan uji performa menggunakan basisdata publik (CK+, JAFFE, FER2013, dan RaFD) dan data real (AIsFDB) yang mencakup delapan sudut pengambilan gambar. Metode ini kami menyebutnya *Fusion Histogram of Oriented Gradients-Modified*

*Intensity Adaptive Cascade Haar and VGG16 (F-HMV16)*, tujuan metode ini secara langsung **menjawab rumusan masalah ke-4**.

### 1.5 Kebaruan dan Orisinalitas

Penelitian ini menawarkan kebaruan melalui penggabungan teknik prapengolahan data dengan metode ekstraksi ciri tekstur, yang dirancang untuk meningkatkan akurasi dan adaptivitas dalam pengenalan ekspresi wajah. Secara khusus, penelitian ini mengintegrasikan penggunaan tapis median dan kaskade Haar dalam tahap prapengolahan dengan metode fusi Histogram of Oriented Gradients (HOG) dan VGG16 dalam tahap ekstraksi ciri tekstur. Tapis median digunakan untuk mengurangi derau impulsif tanpa menghilangkan detail penting, sedangkan kaskade Haar mempercepat deteksi wajah secara efisien.

Orisinalitas penelitian ini terletak pada pendekatan terintegrasi yang menggabungkan prapengolahan data dan ekstraksi ciri tekstur menjadi suatu rangkaian proses yang kohesif. Kombinasi tapis median, kaskade Haar, HOG, dan VGG16 memungkinkan terciptanya representasi ciri yang lebih beragam dan informatif. Pendekatan ini tidak hanya mengatasi kelemahan masing-masing metode secara individu, seperti sensitivitas HOG terhadap perubahan pencahayaan dan ketergantungan VGG16 pada data latih yang besar, tetapi juga menghasilkan sistem yang lebih robust dalam menghadapi kondisi dunia nyata, seperti variasi pencahayaan, gangguan derau, dan perubahan pose wajah.

Validasi dilakukan menggunakan basisdata publik yang mencakup CK+, JAFFE, FER2013, dan RaFDB, serta data realtime seperti Ahmad Ilham Simple Face Database (AISFDB). Hasil evaluasi menunjukkan peningkatan kinerja yang signifikan dalam pengenalan ekspresi wajah, dengan akurasi yang lebih tinggi dan konsistensi yang lebih baik dibandingkan metode sebelumnya. Pendekatan integratif ini diharapkan memberikan kontribusi nyata dalam pengembangan sistem pengenalan ekspresi wajah yang lebih adaptif, efisien, dan mampu menghadapi tantangan lingkungan dunia nyata.

## 1.6 Manfaat Penelitian

Penelitian ini memberikan beberapa manfaat teoretis dan praktis dalam pengembangan teknologi pengenalan ekspresi wajah, baik bagi komunitas ilmiah maupun untuk penerapan di dunia nyata. Secara spesifik, manfaat yang diberikan adalah sebagai berikut:

1. **Kontribusi terhadap pengembangan metode ekstraksi ciri tekstur terpadu.** Penelitian ini memperkaya literatur dengan mengembangkan metode ekstraksi ciri tekstur dengan pendekatan fusi ciri tekstur yang mengintegrasikan prapengolahan data melalui tapis median dan kaskade Haar dengan ekstraksi ciri geometris (HOG) dan ciri mendalam (VGG16). Pendekatan terpadu ini memberikan referensi baru dalam penelitian visi komputer dan pembelajaran mesin khususnya pada area pengenalan ekspresi wajah, dengan aplikasi potensial di berbagai domain yang membutuhkan adaptivitas model terhadap kondisi lingkungan dinamis seperti variasi pencahayaan, derau, dan pose wajah.
2. **Peningkatan ketahanan model dalam kondisi lingkungan yang dinamis.** Penelitian ini membantu merancang sistem pengenalan ekspresi wajah yang lebih tahan terhadap variasi pencahayaan, derau, dan pose wajah yang beragam, memungkinkan penggunaan yang lebih efektif dalam kondisi lingkungan yang dinamis.
3. **Efisiensi dalam proses prapengolahan dan deteksi.** Integrasi tapis median dan kaskade Haar pada tahap prapengolahan mempercepat deteksi dan meningkatkan kualitas citra, mendukung aplikasi yang memerlukan pemrosesan cepat dengan sumber daya komputasi terbatas.
4. **Penerapan luas dalam berbagai bidang.** Model yang dikembangkan dapat diterapkan di berbagai domain seperti keamanan, interaksi manusia-komputer, pendidikan, dan kesehatan, mendukung deteksi ekspresi emosional otomatis untuk meningkatkan respons adaptif dalam situasi kritis.

5. **Dasar untuk penelitian lanjutan.** Temuan dari penelitian ini dapat menjadi pijakan bagi peneliti lain dalam mengembangkan metode yang lebih adaptif dan efisien, serta mengeksplorasi kombinasi teknik baru untuk meningkatkan performa model di masa depan.

Dengan manfaat-manfaat ini, penelitian ini tidak hanya memberikan kontribusi akademis tetapi juga mendukung pengembangan solusi praktis di berbagai domain, meningkatkan efektivitas sistem otomatis dalam menangani ekspresi wajah di lingkungan yang dinamis.

### 1.7 Pembatasan Masalah

Penelitian ini memiliki beberapa pembatasan yang penting untuk diperhatikan agar hasil yang diperoleh tidak digeneralisasi secara berlebihan dan dapat menjadi landasan bagi penelitian lanjutan. Adapun pembatasan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. **Lingkup dan variasi basisdata.** Penelitian menggunakan basisdata publik seperti CK+, JAFFE, FER2013, dan RaFD, serta data nyata dari Ahmad Ilham Simple Face Database (AIsFDB) untuk mencerminkan kondisi dunia nyata. Meskipun basisdata ini mencakup variasi pose dan pencahayaan, tidak semua skenario ekstrem dalam dunia nyata, seperti ekspresi wajah yang sangat spontan atau perubahan lingkungan yang cepat, terwakili sepenuhnya.
2. **Keterbatasan sumber daya komputasi.** Komponen model berbasis VGG16 membutuhkan daya komputasi tinggi dan waktu pelatihan yang signifikan. Meskipun optimasi telah dilakukan, performa sistem tetap bergantung pada infrastruktur komputasi yang tersedia. Hal ini dapat menjadi kendala pada lingkungan dengan sumber daya terbatas, yang mungkin berdampak pada penurunan kinerja model.

3. **Fokus pada integrasi teknik tertentu.** Penelitian ini menitikberatkan pada integrasi metode tapis median, kaskade Haar, HOG, dan VGG16 dalam satu model terpadu. Teknik pembelajaran mendalam lainnya, seperti transformer atau augmentasi data lanjutan menggunakan model generative adversarial networks (GANs), belum dieksplorasi. Oleh karena itu, penelitian ini relevan dalam konteks metode yang digunakan dan membuka peluang untuk eksplorasi metode lain di masa mendatang.
4. **Evaluasi performa pada lingkungan terbatas.** Meskipun evaluasi dilakukan dengan data nyata dari AISFDB, yang dikumpulkan dalam kondisi dinamis, hasilnya masih perlu divalidasi lebih lanjut untuk memastikan generalisasi performa di berbagai skenario operasional yang lebih kompleks dan bervariasi.
5. **Evaluasi terbatas pada domain pengenalan ekspresi wajah.** Penelitian ini hanya mengevaluasi model dalam konteks pengenalan ekspresi wajah. Aplikasi lintas domain, seperti pengenalan emosi multimodal atau analisis gerakan tubuh, belum dicakup dan memerlukan adaptasi pendekatan yang berbeda.

## 1.8 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan dalam penelitian ini dibagi menjadi enam Bab utama. Bab I menjelaskan latar belakang masalah yang menjadi dasar penelitian. Bab ini juga menguraikan rumusan masalah yang ingin dijawab, pertanyaan penelitian, tujuan yang ingin dicapai, kebaruan penelitian, manfaat penelitian, dan batasan masalah yang dihadapi. Bab II, membahas literatur yang relevan terkait dengan pengenalan ekspresi wajah. Di dalamnya mencakup tren dan topik penelitian, metode ekstraksi ciri tekstur dan klasifikasi yang digunakan, serta landasan teori yang menjadi dasar penelitian. Selain itu, bab ini juga menyajikan keaslian penelitian dan bagaimana penelitian ini membangun kontribusinya berdasarkan literatur yang ada.

Penjelasan metodologi yang digunakan dalam penelitian ini dipaparkan pada Bab III. Bab ini menguraikan tahapan penelitian, ruang lingkup, dan desain penelitian. Bab ini juga memberikan gambaran tentang bagaimana penelitian dilakukan, metode pengumpulan data, serta teknik analisis yang digunakan untuk mencapai tujuan penelitian.

Selanjutnya pemaparan dan penjelasan rinci dari hasil metode **HOG-MIA** sebagai kerangka model yang diusulkan pada eksperimen ke-1 disajikan pada Subbab pertama pada Bab IV. Kemudian dilanjutkan pada Subbab ke-dua sebagai hasil dari eksperimen yang ke-2 yaitu **HOG-MIACH** tentang integrasi metode tapis median dan kaskade Haar pada metode HOG, menyajikan hasil analisis dan pembahasan terhadap kinerja model klasifikasi dalam menghadapi tantangan akurasi akibat derau, variasi latar belakang, dan perubahan pose. Dilanjutkan lagi ke Subbab ke-tiga yang memberi penjelasan hasil dari metode **F-HMV16** sebagai pendekatan fusi ekstraksi ciri geometris dan mendalam yang kami usulkan untuk meningkatkan pengenalan objek wajah pada model pengenalan ekspresi wajah secara terpadu. Bab ini menjelaskan model yang dikembangkan, hasil analisis, dan pembahasan terkait implementasi dan kinerja model. Subbab-subbab tersebut meliputi perbandingan model klasifikasi yang diusulkan, basisdata yang digunakan, metode ekstraksi ciri, model klasifikasi, validasi, dan evaluasi model. Selain hasil analisis, penjelasan analisis di bagian pembahasan dari penerapan metode ini juga dibahas secara mendetail di Bab IV.

Kesimpulan dari hasil penelitian yang telah dilakukan disajikan pada Bab V. Bab ini merangkum temuan utama penelitian dan dampaknya. Selain itu, bab ini juga memberikan saran untuk penelitian selanjutnya yang difokuskan pada arah penelitian di masa depan yang dapat dilakukan untuk memperbaiki atau memperluas temuan penelitian ini. Terakhir ringkasan eksekutif disajikan pada Bab VI.