

***Rekognisi Wajah pada Citra Beresolusi Rendah
Menggunakan ArcFace dengan Restorasi Berbasis
GFPGAN***

*Diajukan Sebagai Syarat untuk Menyelesaikan
Pendidikan Program Strata - 1
pada
Jurusan Teknik Informatika Fakultas Ilmu Komputer
Universitas Sriwijaya*



Oleh

Philifs Bryan Sipahutar
09021182227014

**JURUSAN TEKNIK INFORMATIKA
FAKULTAS ILMU KOMPUTER
UNIVERSITAS SRIWIJAYA
2025**

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Pendahuluan

Bab ini menjelaskan secara rinci tentang latar belakang masalah dimana didalamnya terdiri dari penelitian, rumusan masalah yang telah diidentifikasi, tujuan dari penelitian yang dilakukan, dan manfaat yang diharapkan dari hasil penelitian ini. Selain itu, bab ini juga akan membahas batasan - batasan masalah yang dihadapi dalam penelitian. Dengan demikian, bab ini memberikan gambaran yang menyeluruh mengenai seluruh aspek penelitian yang dilakukan.

1.2 Latar Belakang

Teknologi pengenalan wajah telah menjadi salah satu cabang biometrik yang krusial dan banyak diimplementasikan dalam berbagai aplikasi modern, mulai dari keamanan, kontrol akses, pembayaran digital, hingga pengawasan publik (Hangrangi et al., 2023). Seiring dengan kemajuan pesat dalam algoritma deep learning, kemampuan sistem identifikasi wajah untuk membedakan ciri citra melalui ekstraksi vektor fitur yang akurat terus meningkat secara signifikan.

Penerapan sistem pengenalan wajah dalam skenario dunia nyata masih menghadapi tantangan besar, terutama pada citra wajah beresolusi rendah. Citra wajah beresolusi rendah ini seringkali dihasilkan dari pengambilan gambar pada jarak jauh, penggunaan kamera berkualitas rendah, atau kondisi pencahayaan yang tidak ideal. Akibatnya, informasi visual penting yang diperlukan untuk proses

pengenalan menjadi terdegradasi, yang secara langsung membatasi akurasi sistem (Pulgar & Mery, 2024). Masalah ini semakin diperparah dengan keberagaman kualitas citra yang ditemukan di lingkungan tidak terkontrol.

Untuk mengatasi degradasi kualitas citra dan meningkatkan performa rekognisi, restorasi citra wajah menjadi langkah pra-pemrosesan yang sangat penting. Penelitian ini mengusulkan penggunaan *GFPGAN* (Generative Facial Prior-GAN), sebuah model restorasi wajah yang canggih untuk skenario blind face restoration (Wang et al., 2021). *GFPGAN* bekerja dengan memanfaatkan prior (pengetahuan awal) yang kaya dan beragam dari model *Generative Adversarial Network (GAN)* wajah yang telah dilatih sebelumnya, seperti *StyleGAN*. Pendekatan ini memungkinkan *GFPGAN* untuk merekonstruksi detail wajah yang realistis dan menjaga identitas subjek dengan fidelitas tinggi, bahkan pada citra dengan degradasi yang parah dan kompleks (Syahputra & Gunawan, 2024).

Setelah citra wajah berhasil direstorasi kualitasnya oleh *GFPGAN* adalah rekognisi wajah. Penelitian ini memanfaatkan *ArcFace*, sebuah metode pengenalan wajah berbasis deep learning yang terkenal akan akurasinya yang tinggi. *ArcFace* bekerja dengan menerapkan Additive Angular Margin Loss, sebuah pendekatan yang memungkinkan representasi fitur wajah (*embedding*) menjadi lebih terpisah dan tidak tumpang tindih antara identitas yang berbeda (Deng et al., 2022). Dengan memetakan fitur wajah ke dalam ruang sudut (*angular space*) dan mengoptimalkan jarak antar kelas identitas, *ArcFace* secara

efektif meningkatkan daya pembeda antar wajah, bahkan untuk individu dengan kemiripan tinggi (Kim et al., 2022).

Berdasarkan permasalahan kualitas citra rendah yang signifikan, penelitian ini mengusulkan sebuah alur sistem yang terdiri dari dua tahap utama: restorasi wajah menggunakan *GFPGAN*, diikuti oleh proses rekognisi wajah menggunakan *ArcFace*. Dengan mengintegrasikan kedua metode ini, penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan sistem pengenalan wajah yang robust, mampu beradaptasi dengan beragam kualitas citra masukan, dan secara signifikan meningkatkan akurasi rekognisi pada citra beresolusi rendah, sebagaimana telah diinvestigasi dalam studi relevan (Hindratno et al., 2024).

1.3 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dijelaskan, penelitian ini dirancang untuk menjawab beberapa pertanyaan utama sebagai berikut:

1. Bagaimana pengaruh kualitas citra wajah terhadap performa sistem identifikasi wajah berbasis *ArcFace*?
2. Apakah penambahan tahap restorasi citra wajah dapat meningkatkan akurasi *ArcFace* dalam mengenali wajah beresolusi rendah?
3. Sejauh mana efektivitas model *GFPGAN* dalam memperbaiki citra wajah yang terdegradasi sebelum dilakukan proses identifikasi?
4. Bagaimana kinerja pipeline identifikasi wajah secara menyeluruh mulai dari deteksi, restorasi menggunakan *GFPGAN*, hingga pengenalan

menggunakan ArcFace ketika diterapkan pada citra wajah dari jarak jauh dan berkualitas rendah?

1.4 Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk:

1. Menganalisis pengaruh kualitas citra wajah terhadap akurasi sistem identifikasi wajah berbasis *ArcFace*.
2. Mengimplementasikan tahap deteksi wajah dan restorasi citra menggunakan GFPGAN untuk memperbaiki kualitas visual wajah sebelum dilakukan proses identifikasi.
3. Mengevaluasi kinerja model ArcFace dalam mengenali wajah dari citra beresolusi rendah setelah melalui proses deteksi dan restorasi.
4. Mengembangkan dan menguji pipeline identifikasi wajah secara menyeluruh yang terdiri dari dua tahap utama, restorasi citra dengan GFPGAN, dan pengenalan wajah dengan ArcFace, guna meningkatkan keakuratan sistem dalam kondisi pencitraan yang tidak ideal.

1.5 Manfaat Penelitian

Beberapa manfaat yang diharapkan dari penelitian ini adalah:

1. Pemberian kontribusi ilmiah dalam bidang sistem identifikasi wajah yang mengandalkan model deep learning.
2. Penjelasan mengenai krusialnya optimasi citra untuk meningkatkan ketepatan pengenalan wajah, khususnya pada gambar berkualitas rendah.

3. Penyediaan acuan bagi perancangan pipeline identifikasi wajah yang kuat dan berfungsi baik dalam beragam situasi pencitraan, termasuk pengambilan gambar dari jarak jauh.
4. Dukungan untuk implementasi teknologi pengenalan wajah pada aplikasi seperti absensi, sistem keamanan, dan verifikasi identitas, khususnya di lingkungan dengan keterbatasan infrastruktur.
5. Pemberian pedoman bagi pengembang dan peneliti agar dapat menciptakan sistem *face recognition* yang efektif dan tetap akurat, bahkan saat menghadapi data visual yang kurang sempurna.

1.6 Batasan Masalah

Penelitian ini tentu menerapkan beberapa batasan, yang dirangkum ke dalam subbab ini, adapun batasannya adalah sebagai berikut:

1. Tujuan penelitian ini hanya berfokus pada proses identifikasi wajah.
2. Model identifikasi wajah yang digunakan dibatasi pada *ArcFace* sebagai metode utama dalam ekstraksi dan klasifikasi fitur wajah.
3. Dataset yang digunakan adalah dataset dengan gambar beresolusi kecil dengan lingkungan yang dibatasi dan tidak mencakup wajah dengan atribut ekstrem seperti masker, rotasi ekstrem, atau ekspresi tidak wajar.
4. Tahap restorasi citra wajah dibatasi pada satu pendekatan berbasis *GAN*, yaitu *GFPGAN*, yang dirancang untuk merekonstruksi kualitas wajah dari citra terdegradasi dengan memanfaatkan *generative facial prior*.

5. Evaluasi sistem difokuskan pada tingkat akurasi pengenalan dan kesesuaian visual hasil restorasi.
6. Lingkup penelitian hanya dilakukan pada lingkungan uji terbatas, dan tidak diimplementasikan pada sistem atau perangkat tertentu.

1.7 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

BAB I. PENDAHULUAN

Bab ini menjelaskan mengenai latar belakang masalah yang mendasari pentingnya penelitian, perumusan masalah yang akan dijawab, tujuan yang ingin dicapai, manfaat yang diharapkan dari penelitian ini, batasan-batasan yang diterapkan pada ruang lingkup penelitian, serta sistematika penulisan laporan penelitian ini.

BAB II. KAJIAN LITERATUR

Bab ini berisi tinjauan literatur mendalam terkait konsep-konsep dasar dan teori yang relevan dengan sistem identifikasi wajah, citra beresolusi rendah, deteksi wajah, model restorasi citra (GFPGAN), serta pengenalan wajah menggunakan ArcFace. Selain itu, bab ini juga mencakup penelitian terdahulu yang berkaitan.

BAB III. METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini menjelaskan tahapan-tahapan penelitian secara rinci, mulai dari desain sistem, data citra wajah yang digunakan, arsitektur dan alur kerja

(restorasi citra hingga identifikasi wajah), serta metode evaluasi yang diterapkan untuk mengukur performa sistem.

BAB IV. IMPLEMENTASI SISTEM

Bab ini menyajikan hasil dari implementasi sistem identifikasi wajah yang telah dirancang. Analisis dilakukan terhadap performa sistem dalam menghadapi citra wajah beresolusi rendah, baik sebelum maupun sesudah melalui proses restorasi, serta mengevaluasi akurasi identifikasi wajah dengan menggunakan *ArcFace*.

BAB V. HASIL DAN ANALISIS PENELITIAN

Bab ini memuat hasil pengujian yang diperoleh dari sistem pengenalan wajah yang telah dikembangkan. Selain itu bab ini akan menyajikan analisis mendalam mengenai performa pengenalan dengan atau tanpa menggunakan restorasi citra pada inputan citra beresolusi rendah.

BAB VI. KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini merangkum kesimpulan-kesimpulan utama yang ditarik dari hasil penelitian dan analisis yang telah dilakukan. Selain itu, bab ini juga akan memberikan saran dan rekomendasi untuk pengembangan atau penelitian selanjutnya di masa depan.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Pendahuluan

Bab ini menguraikan secara rinci dan sistematis mengenai langkah-langkah yang akan dilakukan dalam penelitian untuk mengevaluasi efektivitas sistem yang diusulkan pada Bab I. Pembahasan mencakup desain dan kerangka kerja penelitian, objek dan instrumen yang digunakan, prosedur atau tahapan penelitian yang akan dijalankan, serta metode evaluasi kinerja yang akan diterapkan untuk mengukur keberhasilan sistem yang diusulkan. Metodologi ini dirancang secara spesifik untuk menjawab rumusan masalah secara empiris dan terstruktur, dengan fokus utama pada evaluasi peningkatan akurasi identifikasi wajah setelah penerapan restorasi citra menggunakan *GFPGAN* pada data citra yang diambil dari drone.

3.2 Pengumpulan Data

Tahap pengumpulan data merupakan fondasi dari penelitian ini, yang menentukan kualitas dan validitas dari hasil eksperimen. Metode pengumpulan data yang digunakan adalah studi dokumentasi dengan memanfaatkan dataset publik yang sudah ada dan diakui secara luas di komunitas riset pengenalan wajah.

3.2.1 Jenis Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data sekunder kuantitatif, yang terdiri dari sekumpulan citra digital wajah manusia beserta label identitasnya. Setiap citra memiliki anotasi yang mengidentifikasi subjek di dalamnya, yang krusial untuk tugas identifikasi dan verifikasi wajah.

3.2.2 Sumber Data

Penelitian ini akan menggunakan dataset publik *DroneFace* sebagai studi kasus utama (Hsu & Chen, 2017). Dataset ini dipilih karena secara spesifik merepresentasikan tantangan dunia nyata dalam pengenalan wajah, yaitu variasi signifikan dalam jarak, ketinggian, dan sudut pandang akibat pengambilan gambar menggunakan *Unmanned Aerial Vehicle (UAV)* atau *drone*.

3.2.2.1 Karakteristik Dataset DroneFace

Dataset *DroneFace* berisi 1364 gambar dari 11 subjek. Keunikan utamanya terletak pada metadata yang terkandung dalam format nama filenya: *subjectID_cameraType_heightID_imageType_distanceID.jpg*, yang memungkinkan analisis performa berdasarkan parameter-parameter spesifik seperti ketinggian dan jarak pengambilan gambar. Variasi ini sangat relevan untuk menguji ketangguhan (*robustness*) sistem pengenalan wajah dalam skenario dunia nyata, yang sejalan dengan tujuan penelitian ini (Hsu & Chen, 2017).

3.2.2.2 Pembuatan Dataset Resolusi Rendah (LR)

Berbeda dengan penelitian sebelumnya yang menurunkan resolusi citra secara artifisial, penelitian ini memanfaatkan struktur inheren dari dataset *DroneFace*. Dataset ini menyertakan folder terpisah bernama "*portrait*" yang berisi gambar wajah subjek berkualitas tinggi (*High-Resolution*). Gambar-gambar ini akan berfungsi sebagai galeri referensi (*gallery*), yaitu data acuan berkualitas tinggi. Sementara itu, 1364 gambar lainnya yang diambil menggunakan drone akan berfungsi sebagai citra uji (*probe*) yang secara alami memiliki resolusi dan kualitas yang lebih rendah akibat jarak dan kondisi pengambilan.

3.2.2.3 Struktur dan Pembagian Data

Penelitian ini akan menggunakan pendekatan evaluasi dimana seluruh gambar dari folder "*portrait*" membentuk basis data galeri referensi. Seluruh 1364 gambar dari dataset utama akan menjadi set pengujian. Untuk analisis yang lebih mendalam, data uji ini akan dikelompokkan ke dalam beberapa skenario pengujian berdasarkan metadata *heightID* dan *distanceID* untuk mengevaluasi kinerja sistem dalam kondisi yang berbeda-beda.

3.3 Desain dan Kerangka Kerja Penelitian

Penelitian ini mengadopsi pendekatan kuantitatif eksperimental. Kontribusi utamanya tidak terletak pada perancangan arsitektur model baru dari awal, melainkan pada integrasi dan evaluasi sistematis dari alur kerja (*pipeline*) yang menggabungkan teknologi-teknologi canggih yang telah ada, yaitu *GFPGAN*

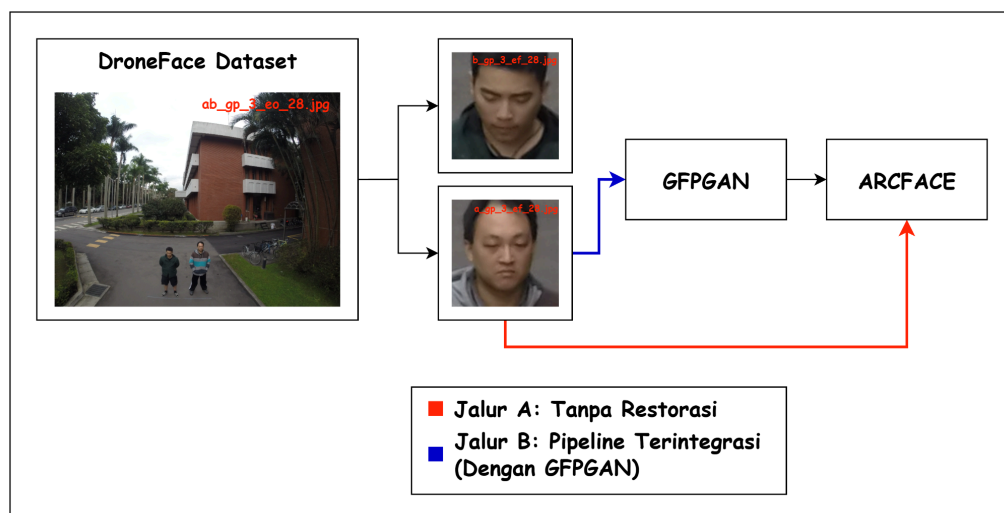
untuk restorasi dan *ArcFace* untuk rekognisi, pada sebuah studi kasus yang relevan. Untuk memfasilitasi analisis komparatif, penelitian dirancang dengan dua jalur eksperimental utama:

A. Jalur A: Tanpa Restorasi

Mengukur penurunan kinerja akibat degradasi kualitas citra dengan menerapkan *ArcFace* langsung pada citra uji dari *DroneFace*.

B. Jalur B: Pipeline Terintegrasi (Dengan GFPGAN)

Merupakan sistem yang diusulkan, yang mengimplementasikan alur kerja restorasi menggunakan *GFPGAN* pada citra uji sebelum melakukan rekognisi dengan *ArcFace*.



Gambar 3.1 Diagram Kerangka Kerja Penelitian

3.4 Objek dan Instrumen Penelitian

Bagian ini merinci spesifikasi teknis dari seluruh komponen yang digunakan, mencakup dataset sebagai objek penelitian serta perangkat lunak dan keras sebagai instrumen penelitian.

3.4.1 Objek Penelitian: Dataset LFW

Objek utama dalam penelitian ini adalah data citra yang bersumber dari dataset DroneFace (Hsu & Chen, 2017), termasuk citra referensi dari folder "portrait" dan citra uji dari dataset utama.

3.4.2 Instrumen Penelitian

3.4.2.1 Model Pre-trained

1. Model Restorasi Wajah (GFPGAN): Model yang digunakan adalah versi pre-trained dari GFPGAN (misalnya, GFPGANv1.4). Model ini dipilih karena kemampuannya yang terbukti dalam restorasi wajah blind di dunia nyata, dengan memanfaatkan prior dari StyleGAN2 untuk menghasilkan wajah yang realistis dan menjaga identitas (Wang et al., 2021).

2. Model Rekognisi Wajah (ArcFace)

Model yang digunakan adalah implementasi ArcFace yang menggunakan arsitektur backbone ResNet-50. Model ini terkenal karena kemampuannya menghasilkan embedding fitur yang sangat diskriminatif berkat penggunaan fungsi Additive Angular Margin Loss, yang secara efektif

memaksimalkan jarak antar kelas di ruang fitur angular untuk meningkatkan daya pembeda (Deng et al., 2022).

3.4.2.2 Lingkungan Implementasi

1. Perangkat Keras

Penelitian akan diimplementasikan pada komputer yang dilengkapi dengan Graphics Processing Unit (GPU) NVIDIA RTX 3050 (atau yang setara) dengan VRAM minimal 8 GB untuk mengakselerasi proses inferensi model.

2. Perangkat Lunak

a. Bahasa Pemrograman

Python (versi 3.9 atau lebih tinggi).

b. Pustaka Utama

i. PyTorch (≥ 1.7)

Kerangka kerja deep learning utama untuk menjalankan model GFPGAN dan ArcFace.

ii. Basicsr

Pustaka dependensi untuk menjalankan GFPGAN.

iii. OpenCV-Python

Untuk operasi dasar pemrosesan citra (membaca, menulis, resizing).

iv. NumPy

Untuk operasi numerik, terutama pada vektor fitur.

v. Scikit-learn

Untuk menghitung metrik evaluasi seperti akurasi dan kurva ROC.

3.5 Prosedur Penelitian

Prosedur penelitian mengikuti alur kerja yang telah didefinisikan dalam tiga jalur eksperimental untuk memastikan perbandingan yang adil dan terstruktur.

3.5.1 Tahap Persiapan: Pembuatan Galeri Referensi

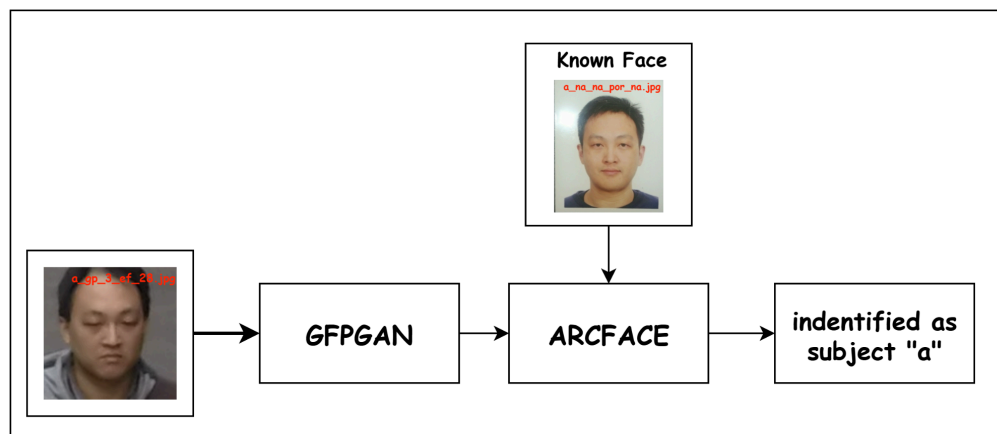
1. Tahap Input: Mengambil seluruh citra dari folder "portrait".
2. Tahap Proses: Setiap citra diumpankan ke model ArcFace untuk diekstraksi menjadi vektor fitur (embedding) 512-dimensi. Vektor-vektor ini disimpan sebagai database galeri referensi.

3.5.2 Jalur A: Kinerja Tanpa Restorasi

1. Tahap Input: Mengambil sebuah citra uji dari dataset utama *DroneFace*.
2. Tahap Proses: Citra uji diumpankan langsung ke model *ArcFace* untuk diekstraksi menjadi vektor fitur.
3. Tahap Output: Jarak *cosine-similarity* dihitung antara vektor fitur uji dengan seluruh vektor di galeri referensi. Hasil ini menunjukkan kinerja dasar sistem.

3.5.3 Jalur B: Pipeline Terintegrasi (Dengan Restorasi)

1. Tahap Input: Mengambil sebuah citra uji dari dataset utama *DroneFace*.
2. Tahap Restorasi (GFPGAN): Citra uji diumpankan ke model GFPGAN untuk menghasilkan citra wajah yang telah direstorasi kualitas dan resolusinya (Wang et al., 2021).
3. Tahap Ekstraksi Fitur (ArcFace): Citra hasil restorasi dari GFPGAN kemudian diumpankan ke model ArcFace untuk diekstraksi menjadi vektor fitur.
4. Tahap Output: Jarak cosine similarity dihitung antara vektor fitur yang telah direstorasi dengan seluruh vektor di galeri referensi. Hasil ini dievaluasi untuk melihat efektivitas pipeline yang diusulkan.



Gambar 3.2 Diagram Alur Kerja Detail Sistem Identifikasi

3.6 Metode Evaluasi Kinerja

Bagian ini mendefinisikan metrik kuantitatif yang akan digunakan untuk mengevaluasi kinerja sistem pengenalan wajah pada setiap skenario pengujian secara objektif.

3.6.1 Skenario Pengujian

Skenario pengujian dirancang untuk menjawab setiap rumusan masalah secara empiris, dengan fokus pada perbandingan antara Jalur A (Tanpa Restorasi) dan Jalur B (Dengan Restorasi) pada kondisi berikut:

1. **Eksperimen Pertama (Analisis Pengaruh Jarak):** Membandingkan kinerja pada kelompok jarak dekat, menengah, dan jauh.
2. **Eksperimen Kedua (Analisis Pengaruh Ketinggian):** Membandingkan kinerja pada kelompok ketinggian rendah dan tinggi.
3. **Eksperimen Ketiga (Analisis Komprehensif):** Menganalisis dan membandingkan hasil dari kedua jalur pada keseluruhan data uji untuk mengevaluasi kinerja pipeline secara menyeluruh.

3.6.2 Evaluasi Kuantitatif Kinerja Rekognisi

Evaluasi akan difokuskan pada tugas identifikasi, yaitu menentukan identitas subjek dalam citra uji dengan benar. Metrik yang digunakan adalah:

1. **Precision:** Mengukur seberapa banyak identifikasi yang benar dari total identifikasi yang dilakukan.

$$Precision = \frac{True\ Positive}{True\ Positive + False\ Positive}$$

Rumus 3.1 Persamaan *Precision*

2. **Recall:** Mengukur seberapa banyak subjek yang berhasil diidentifikasi dengan benar dari total kemunculan mereka.

$$Recall = \frac{True\ Positive}{True\ Positive + False\ Negative}$$

Rumus 3.2 Persamaan *Recall*

3. **F1-Score:** Rata-rata harmonik dari Precision dan Recall untuk memberikan skor tunggal yang seimbang.

$$F1-Score = \frac{2 \times Precision \times Recall}{Precision + Recall}$$

Rumus 3.3 Persamaan *F1-Score*

| Skenario | Metode | Precision | Recall | F1-Score | Peningkatan F1-Score (%) |
|----------------------------|------------------|-----------|---------|----------|--------------------------|
| Pengaruh Jarak | | | | | |
| Jarak Dekat | Tanpa Restorasi | (nilai) | (nilai) | (nilai) | - |
| | Dengan Restorasi | (nilai) | (nilai) | (nilai) | (nilai) |
| Jarak Menengah | Tanpa Restorasi | (nilai) | (nilai) | (nilai) | - |
| | Dengan Restorasi | (nilai) | (nilai) | (nilai) | (nilai) |
| Jarak Jauh | Tanpa Restorasi | (nilai) | (nilai) | (nilai) | - |
| | Dengan Restorasi | (nilai) | (nilai) | (nilai) | (nilai) |
| Pengaruh Ketinggian | | | | | |
| Ketinggian Rendah (3m) | Tanpa Restorasi | (nilai) | (nilai) | (nilai) | - |
| | Dengan Restorasi | (nilai) | (nilai) | (nilai) | (nilai) |
| Ketinggian Tinggi (5m) | Tanpa Restorasi | (nilai) | (nilai) | (nilai) | - |
| | Dengan Restorasi | (nilai) | (nilai) | (nilai) | (nilai) |
| Pengaruh Ketinggian | | | | | |
| Ketinggian Rendah (3m) | Tanpa Restorasi | (nilai) | (nilai) | (nilai) | - |
| | Dengan Restorasi | (nilai) | (nilai) | (nilai) | (nilai) |

Tabel 3.1 - Templat Hasil Perbandingan Kinerja (Precision, Recall, F1-Score)

3.6.3 Evaluasi Kuantitatif Kualitas Restorasi

Untuk mengukur efektivitas GFPGAN secara objektif, metrik No-Reference Image Quality Assessment (NR-IQA) akan digunakan untuk menilai kualitas citra hasil restorasi tanpa memerlukan citra referensi.

- **NIQE (Natural Image Quality Evaluator)**

Metrik ini mengevaluasi kualitas dengan membangun model 'sadar kualitas' dari fitur statistik yang berasal dari citra alami, tanpa memerlukan pelatihan pada data opini manusia (Mittal et al., 2013)

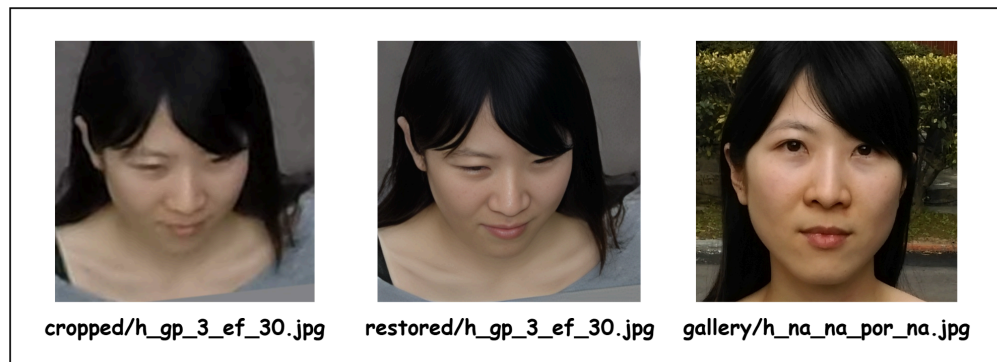
- **BRISQUE (Blind/Referenceless Image Spatial Quality Evaluator)**

Metrik ini memanfaatkan statistik pemandangan alam (*Natural Scene Statistics*) di domain spasial untuk mengukur kemungkinan distorsi pada citra (Mittal et al., 2012)

Skor yang lebih rendah pada kedua metrik ini mengindikasikan kualitas visual yang lebih baik dan lebih natural.

3.6.4 Evaluasi Kualitatif

Selain metrik kuantitatif, analisis kualitatif juga akan dilakukan dengan menyajikan perbandingan visual. Gambar akan ditampilkan secara berdampingan: (a) Citra uji asli, (b) Citra hasil restorasi GFPGAN, dan (c) Citra referensi HR dari folder "portrait". Analisis ini bertujuan untuk menilai secara subjektif sejauh mana GFPGAN berhasil merekonstruksi detail wajah dan menjaga identitas subjek.



Gambar 3.3 Contoh Perbandingan Visual Hasil Restorasi GFPGAN

References

Hangrangi, S., Singh, T., & N, N. (2023). Face Detection and Recognition Using Face Mesh and Deep Neural Network. *International Conference on Machine Learning and Data Engineering*, 218, 741-749.
<https://doi.org/10.1016/j.procs.2023.01.054>