

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Dalam beberapa tahun terakhir, teknologi pengenalan wajah tidak lagi sebatas topik penelitian laboratorium, tetapi telah diterapkan secara nyata dalam berbagai layanan publik di Indonesia. Salah satu contohnya adalah PT Kereta Api Indonesia (KAI) yang mengimplementasikan sistem *face recognition* pada sejumlah stasiun untuk mempercepat proses boarding penumpang tanpa perlu menunjukkan tiket fisik secara manual. Sistem ini memungkinkan identifikasi dilakukan secara otomatis melalui kamera, sehingga alur pelayanan menjadi lebih cepat dan efisien (Tempo.co, 2025). Penerapan ini menunjukkan bahwa kebutuhan akan sistem pengenalan wajah yang mampu bekerja secara *real-time* bukan sekedar kebutuhan teoretis, melainkan sudah menjadi tuntutan operasional di sektor transportasi publik.

Selain di sektor transportasi, teknologi serupa juga digunakan dalam sistem pengawasan dan kontrol perbatasan. Sebagai contoh di Pelabuhan Batam Center, sistem *autogate* di imigrasi telah memanfaatkan teknologi pengenalan wajah untuk memverifikasi identitas penumpang secara otomatis. Integrasi ini bertujuan untuk meningkatkan keamanan sekaligus mengurangi waktu antrean pemeriksaan dokumen secara manual (Airport Industry News, 2025). Penggunaan *face recognition* bahkan telah merambah ke pengelolaan acara berskala besar, seperti di Stadion Utama Gelora Bung Karno, dimana sistem Garuda ID yang terhubung dengan kamera berbasis *face recognition* digunakan untuk memverifikasi identitas penonton dan mencegah masuknya individu tanpa tiket resmi (DetikINET, 2024). Berbagai contoh tersebut memperlihatkan bahwa sistem pengenalan wajah kini menjadi bagian dari infrastruktur layanan publik, namun sekaligus menuntut sistem yang mampu bekerja cepat, akurat, dan efisien di lingkungan nyata yang sering kali memiliki keterbatasan perangkat keras.

Perkembangan penerapan di dunia nyata tersebut selaras dengan meningkatnya kebutuhan akan sistem pengawasan berbasis kamera *Closed-Circuit Television*(CCTV) yang kini digunakan secara luas pada berbagai sektor saat ini seperti keamanan,

pendidikan, dan fasilitas publik. Perkembangan penggunaan CCTV di Indonesia, khususnya di kota besar seperti Jakarta, juga menunjukkan peningkatan yang signifikan sebagai bagian dari implementasi konsep *smart city*. Pemerintah Provinsi DKI Jakarta melalui Jakarta Smart City telah mengintegrasikan ribuan kamera pengawas dalam satu sistem pemantauan terpusat yang memungkinkan analisis kondisi kota secara *real-time*. Tercatat bahwa lebih dari 7.700 *unit* CCTV telah terhubung dalam sistem Jakarta Smart City untuk mendukung pemantauan lalu lintas dan keamanan publik (Pradewo, 2019). Selain itu, infrastruktur CCTV tersebut terus dikembangkan dan diintegrasikan dengan *command center* pemerintah untuk meningkatkan efektivitas pengawasan dan respons terhadap kejadian di lapangan (Pemerintah Provinsi DKI Jakarta, 2025). Penggunaan CCTV dalam skala besar ini menimbulkan kebutuhan akan sistem analisis otomatis, karena pemantauan manual tidak lagi efisien ketika jumlah kamera semakin meningkat.

Selain digunakan untuk pemantauan *visual*, data *video* dari CCTV juga mulai dimanfaatkan untuk analisis berbasis kecerdasan buatan, termasuk pengenalan wajah dan analisis perilaku. Studi yang dilakukan pada sistem Jakarta Smart City menunjukkan bahwa video CCTV dapat diolah menjadi data analitik untuk meningkatkan keselamatan dan pengambilan keputusan berbasis data, khususnya dalam konteks lalu lintas dan keamanan publik (Caldeira et al., 2018). Hal ini menunjukkan bahwa pemanfaatan teknologi *computer vision*, termasuk *face recognition*, memiliki potensi besar dalam meningkatkan efisiensi sistem pengawasan di lingkungan perkotaan.

Sistem pengenalan wajah merupakan bagian dari bidang *computer vision* yang bertujuan untuk mengidentifikasi dan memverifikasi identitas seseorang berdasarkan bentuk wajah. Teknologi ini memiliki keunggulan dibandingkan metode identifikasi lain yang lebih konvensional karena bersifat non-kontak (berhubung paska pandemi covid kontak fisik dikurangi) dan dapat diintegrasikan langsung dengan sistem pengawasan. Oleh karena itu, sistem pengenalan wajah banyak diimplementasikan pada aplikasi presensi otomatis, kontrol akses, serta sistem pengawasan dan keamanan berbasis CCTV (Ozen et al., 2024)

Implementasi sistem pengenalan wajah secara *real-time* pada penggunaan CCTV menghadapi tantangan terutama dalam bidang komputasi. Pemrosesan gambar harus terus

dilakukan secara kontinu pada setiap *frame video*. Beban komputasi akan semakin terasa berat ketika sistem dijalankan pada perangkat dengan keterbatasan sumber daya. Kondisi ini sering menyebabkan penurunan *frame per second* (fps) serta meningkatnya latensi pemrosesan (Al-Neama et al., 2023)

Berbagai penelitian telah mengusulkan penggunaan metode *deep learning* untuk meningkatkan performa sistem pengenalan wajah. Metode *Multi-task Cascaded Convolutional Neural Network* (MTCNN) terbukti efektif dalam melakukan pendeteksian dan penyelarasan wajah secara bersamaan sehingga mampu meningkatkan keandalan sistem pada berbagai kondisi pencahayaan dan pose wajah (Jia & Tian, 2024). Selain itu metode ekstraksi fitur seperti ArcFace menunjukkan performa yang unggul dalam menghasilkan representasi fitur wajah yang lebih diskriminatif dengan memanfaatkan *additive angular margin loss*, sehingga meningkatkan akurasi pengenalan wajah (Deng et al., 2022).

Meskipun demikian, sebagian besar penelitian terdahulu masih berfokus pada sistem yang dijalankan dengan perangkat keras yang memiliki performa tinggi atau memiliki suatu akselerator khusus. Pada implementasi nyata di lapangan, terutama pada sistem yang memiliki CCTV dengan skala yang kecil hingga menengah, terdapat keterbatasan perangkat keras untuk menggunakan fitur *face recognition* ini secara *real-time*. Dalam salah satu penelitian ditunjukkan bahwa pendekatan paralel dan *multithreading* pada sistem berbasis CPU dapat menjadi suatu alternatif solusi untuk meningkatkan performa (Al-Neama et al., 2023).

Selain aspek kinerja, kualitas citra wajah yang diambil dari video CCTV juga berpengaruh besar terhadap akurasi sistem pengenalan wajah. Citra wajah dengan kualitas yang rendah dapat terjadi akibat dari pencahayaan buruk, *blur*, atau resolusi yang rendah. Akibat dari citra wajah yang buruk ini dapat menyebabkan kesalahan identifikasi. Oleh karena itu, dikembangkan suatu cara yaitu menggunakan *Face Image Quality Assessment* (FIQA) yang dapat menilai dan menyaring kualitas citra wajah sebelum dilakukan proses pengenalan. Penelitian menunjukkan bahwa penggunaan FIQA dapat

membantu meningkatkan keandalan sistem dengan mengurangi pengaruh citra wajah yang kurang baik atau tidak layak untuk diproses (Schlett et al., 2022).

Berdasarkan permasalahan tersebut, pengembangan perangkat lunak ini bertujuan untuk mengimplementasikan sistem pengenalan wajah *real-time* berbasis CCTV pada perangkat tanpa GPU dengan menggunakan teknik *multithreading* serta penyaringan kualitas wajah menggunakan pendekatan FIQA. Penelitian ini diharapkan dapat mampu meningkatkan nilai FPS, menurunkan waktu interfensi, serta mengoptimalkan penggunaan CPU tanpa mengorbankan akurasi sistem, sehingga sistem pengenalan wajah dapat diterapkan secara lebih luas pada lingkungan dengan keterbatasan sumber daya perangkat keras.

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang tersebut, dapat dirumuskan beberapa permasalahan sebagai berikut:

1. Bagaimana cara mengimplementasikan sistem pengenalan wajah berbasis CCTV menggunakan kombinasi MTCNN dan ArcFace agar dapat beroperasi secara *real-time*?
2. Bagaimana penerapan *face quality filtering* dapat meningkatkan efisiensi dan akurasi sistem pengenalan wajah?
3. Bagaimana pengaruh penerapan *multi-threading* terhadap kecepatan pemrosesan sistem pengenalan wajah berbasis CCTV?

1.3. Tujuan Pengembangan Perangkat Lunak

Tujuan dari pengembangan perangkat lunak ini adalah untuk menjawab rumusan masalah di atas, yaitu:

1. Mengembangkan sistem pengenalan wajah berbasis CCTV menggunakan MTCNN untuk deteksi dan ArcFace untuk pengenalan wajah yang mampu bekerja secara *real-time*.

2. Menganalisis penerapan *face quality filtering* untuk meningkatkan efisiensi pemrosesan dan akurasi pengenalan wajah.
3. Menganalisis dampak penerapan *multi-threading* terhadap performa sistem dalam memproses video secara *real-time*.

1.4. Manfaat Pengembangan Perangkat Lunak

Berikut adalah manfaat dari pengembangan perangkat lunak yang dilakukan :

1. Menghasilkan sistem yang mampu mengenali wajah secara otomatis secara *real-time*, sehingga membantu personel keamanan dalam memantau area dalam CCTV secara lebih efektif.
2. Menghasilkan sistem yang akurat. Dengan adanya *face quality image filtering*, sistem hanya akan memproses citra wajah berkualitas layak yang secara langsung mengurangi kesalahan identifikasi (*false positives*) dan beban kerja server.
3. Menghasilkan sistem yang bekerja dengan efisien melalui implementasi *multi-threading*, sehingga dapat digunakan secara *real-time*.

1.5. Batasan Masalah

Batasan masalah yang digunakan adalah sebagai berikut:

1. Sistem hanya diuji pada perangkat komputer tanpa GPU, dengan spesifikasi umum prosesor *multi-core*.
2. Menggunakan model *pretrained ArcFace*.
3. Face quality filtering hanya mencakup deteksi kualitas citra berdasarkan ukuran wajah, tingkat blur, pencahayaan, sudut kemiringan wajah, dan jarak antar mata.
4. Sistem diuji menggunakan rekaman CCTV dengan variasi kondisi pencahayaan dan jarak.

1.6. State of the art

Berikut adalah tabel dari *state of the art* dari pengembangan perangkat lunak ini.

Tabel 1.1. Tabel *State of the art*

Judul Penelitian	Pembahasan
<p>ArcFace: Additive Angular Margin Loss for Deep Face Recognition</p> <p>Peneliti Jiankang Deng, Jia Guo, Jing Yang, Niannan Xue, Irene Kotsia, Stefanos Zafeiriou</p> <p>Lokasi Imperial College London, UK</p> <p>Tahun 2019</p> <p>Nama Jurnal IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR)</p>	<p><u>Hasil Penelitian :</u></p> <p>Penelitian ini memperkenalkan <i>additive angular margin loss</i> untuk meningkatkan diskriminasi fitur wajah dalam ruang embedding. ArcFace menghasilkan peningkatan akurasi signifikan pada berbagai dataset standar seperti LFW dan MegaFace, serta menjadi benchmark baru dalam pengenalan wajah berbasis deep learning.</p>
<p>Lightweight Face Recognition – An Improved MobileFaceNet Model</p> <p>Peneliti Ahmad Hassanpour, Yasamin Kowsari</p> <p>Tahun 2023</p> <p>Nama Jurnal arXiv preprint</p>	<p><u>Hasil Penelitian :</u></p> <p>Mengeksplorasi arsitektur MobileFaceNet yang dimodifikasi (MMobileFaceNet) dan teknik optimasi (mis. SAM). Menunjukkan bahwa model ringan dapat mencapai akurasi tinggi pada benchmark (RFW, XQLFW, IJB-C) dengan jumlah parameter kecil — relevan untuk deployment di perangkat terbatas.</p>

<p>Face Detection Based on Improved Multi-Task Cascaded Neural Networks</p> <p>Peneliti Siyu Jia, Ying Tian</p> <p>Lokasi Hong Kong</p> <p>Tahun 2024</p> <p>Nama Jurnal IAENG International Journal of Computer Science</p>	<p><u>Hasil Penelitian :</u></p> <p>Mengusulkan versi MTCNN yang “lightweight” (depthwise separable conv, Maxout, BN) dan penyesuaian pyramid/scale untuk mempercepat PNet. Eksperimen pada WiderFace & CelebA menunjukkan perbaikan efisiensi (FLOPs turun) dan akurasi deteksi (laporan: deteksi sampai ~98.7% pada kondisi dataset terkontrol). Cocok sebagai referensi untuk deteksi wajah efisien.</p>
<p>Face Image Quality Assessment: A Literature Survey</p> <p>Peneliti Torsten Schlett, Christian Rathgeb, Olaf Henniger, Javier Galbally, Julian Fierrez, and Christoph Busch</p> <p>Lokasi New York, NY, <i>United States</i></p> <p>Tahun 2022</p> <p>Nama Jurnal</p>	<p><u>Hasil Penelitian :</u></p> <p>Meninjau metrik kualitas wajah (brightness, sharpness, pose, occlusion) dan metodologi FIQA modern (deep learning based quality predictors). Menunjukkan bahwa FIQA penting untuk pre-filtering frame pada pipeline video/CCTV agar sistem FR bekerja lebih andal.</p>

<p>ACM Computing Surveys (CSUR) Volume 54, Issue 10s</p>	
<p>A Parallel Algorithm of Multiple Face Detection on Multi-Core System</p> <p>Peneliti Mohammed W.Al-Neama, Abeer A. Mohamad Alshiha, Mustafa Ghanem Saeed</p> <p>Lokasi Iraq</p> <p>Tahun 2023</p> <p>Nama Jurnal Indonesian Journal of Electrical Engineering and Computer Science (IJECE) Vol 29 No 2 (2023)</p>	<p><u>Hasil Penelitian :</u></p> <p>Mengusulkan pembagian kerja deteksi wajah (intra-layer & inter-layer parallelism) untuk mempercepat deteksi pada sistem multi-core; laporan eksperimen menunjukkan peningkatan throughput dan pengurangan latency pada sistem multicore dibanding implementasi serial. Relevan untuk optimasi software (<i>multithreading</i>) saat GPU tidak tersedia.</p>
<p>Implementasi Deep Learning untuk Sistem Absensi dengan Integrasi Data Identitas Menggunakan MTCNN, FaceNet, dan SVC</p> <p>Peneliti Fharicsyah, Rayhan Syahputra, Jeffrey Setiawan, Ema Damayanti</p> <p>Lokasi</p>	<p><u>Hasil Penelitian :</u></p> <p>Mencatat implementasi sistem absensi yang mengintegrasikan MTCNN (deteksi), FaceNet (embedding), dan SVC (klasifikasi). Laporan eksperimen pada prototipe menunjukkan akurasi tinggi di lingkungan terkontrol (laporan: akurasi sampai ~94–100% pada dataset uji kecil) dan penjelasan integrasi penyimpanan data.</p>