

Analisis perbandingan akurasi algoritma haar cascade dan MTCNN untuk deteksi wajah pada kondisi cahaya

Adham Roy Bhafiel*, Achmad Junaidi, Muhammad Muharrom Al Haromainy

Program Studi Informatika, Fakultas Ilmu Komputer, Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Jawa Timur
Email: adamroybafiel@gmail.com*, achmadjunaidi.if@upnjatim.ac.id,
muhammad.muharrom.if@upnjatim.ac.id

Abstrak

Integrasi teknologi pengenalan wajah (*face recognition*) kini telah bertransformasi menjadi instrumen krusial di berbagai sektor strategis, mulai dari sistem keamanan biometrik hingga otomasi presensi cerdas. Kendati demikian dinamika lingkungan seperti kondisi pencahayaan ruangan yang kurang baik, masih menjadi hambatan dalam kapabilitas teknologi tersebut. Penelitian ini bertujuan untuk melakukan analisis kuantitatif guna membandingkan performa akurasi antara Haar Cascade dan MTCNN di bawah tekanan pencahayaan ruangan yang ekstrem, dengan menggunakan dataset Extended Yale Face Database B sebagai landasan pengujian utama. Selanjutnya penelitian ini menggunakan metode penelitian komputasional dengan pendekatan komparatif kuantitatif, yang dilaksanakan di lingkungan virtual Google Colab, dengan memanfaatkan infrastruktur berbasis *cloud*. Dataset yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari 16.380 citra yang mencakup berbagai skenario pencahayaan ekstrem. Hasil penelitian menunjukkan tingkat akurasi MTCNN mencapai 91,71% lebih unggul dibandingkan Haar Cascade yang mencatat angka 87,48% dalam kondisi terang. Hal ini membuat MTCNN memiliki performa yang lebih unggul dibandingkan Haar Cascade di seluruh kategori pencahayaan. Tetapi dalam penelitian, intensitas cahaya menjadi hambatan kritis bagi kedua metode. Terjadi degradasi performa tajam pada kondisi redup (akurasi 38-41%) dan kegagalan hampir total pada kondisi gelap ekstrem (akurasi <3%). Sehingga sistem deteksi wajah standar masih memerlukan teknik pemrosesan awal untuk dapat beroperasi secara reliabel di lingkungan minim cahaya.

Kata Kunci: pengenalan wajah; pencahayaan; haar cascade; MTCNN

Comparative Analysis of the Accuracy of the Haar Cascade and MTCNN Algorithms for Face Detection in Indoor Lighting Conditions

Abstract

The integration of facial recognition technology has now transformed into a crucial instrument in various strategic sectors, from biometric security systems to intelligent attendance automation. However, environmental dynamics such as poor room lighting conditions still hinder the capabilities of this technology. This study aims to conduct a quantitative analysis to compare the accuracy performance between Haar Cascade and MTCNN under extreme room lighting pressure, using the Extended Yale Face Database B dataset as the main testing basis. Furthermore, this study uses a computational research method with a quantitative comparative approach, which is implemented in the Google Colab virtual environment, utilizing cloud-based infrastructure. The dataset used in this study consists of 16,380 images covering various extreme lighting scenarios. The results showed that MTCNN achieved an accuracy rate of 91.71%, surpassing Haar Cascade, which achieved 87.48% in bright conditions. This makes MTCNN outperform Haar Cascade across all lighting categories. However, in the study, light intensity proved to be a critical bottleneck for both methods. Sharp performance degradation occurred in dim conditions (38-41% accuracy) and near-total failure in extreme darkness (<3% accuracy). Therefore, standard face detection systems still require additional preprocessing techniques to operate reliably in low-light environments.

Keywords: face recognition; lighting; haar cascade; MTCNN

1. Pendahuluan

Sistem pengenalan wajah (*face recognition*) merupakan teknik biometrik yang dapat memungkinkan suatu computer atau mesin untuk mengenali wajah seseorang melalui sebuah gambar digital dengan cara mencocokkannya dengan pola wajah yang sesuai dari basis data yang telah tersimpan sebelumnya (Purwati & Ariyanto, 2018). Integrasi teknologi pengenalan wajah (*face recognition*) kini telah bertransformasi menjadi instrumen krusial di berbagai sektor strategis, mulai dari sistem keamanan biometrik hingga otomasi presensi cerdas. Pengenalan wajah ini dianggap lebih praktis dan lebih efisien dibandingkan dengan metode konvensional, hal ini dikarenakan wajah merupakan identitas unik yang dimiliki oleh setiap individu dan sangat sulit untuk dipalsukan. Sehingga teknologi ini sangat relevan untuk diterapkan pada berbagai sistem keamanan modern (Nurhidayanti, 2025). Terdapat beberapa faktor yang dapat mempengaruhi hasil dari pendeteksian wajah, faktor tersebut adalah pencahayaan yang terang, jarak posisi wajah, dan juga seberapa jauh jarak wajah (Susim & Darujati, 2021).

Kendati demikian, kapabilitas teknologi ini telah mengalami eskalasi signifikan, hambatan teknis terkait dinamika lingkungan tetap menjadi tantangan fundamental yang belum sepenuhnya teratasi. Studi terbaru oleh Wang dan Zhang (2024) menekankan bahwa kondisi pencahayaan rendah dan tidak merata tetap menjadi faktor determinan yang mendistorsi ekstraksi fitur wajah, sehingga menurunkan kualitas representasi spasial pada citra. Penelitian lain yang dilakukan oleh Anggraeni dan Damanik (2025) juga menemukan hasil bahwa setiap perubahan kondisi pencahayaan subyek penelitian, dapat mengakibatkan gambar memiliki resolusi rendah yang akan berdampak negatif pada tingkat deteksi. Di lingkungan tertutup (*indoor*), variasi iluminasi sering kali menciptakan bayangan pekat yang mengaburkan detail biometrik penting, sebuah fenomena yang menuntut pemilihan algoritma deteksi dengan ketahanan (*robustness*) tinggi terhadap degradasi visual (Zhu et al., 2024). Intensitas cahaya sangat berpengaruh pada proses pendeteksian. Hal ini dikarenakan semakin baik intensitas cahaya, maka semakin baik pula kinerja aplikasi dalam mengenali suatu objek. Sehingga tidak perlu memakan waktu yang cukup lama dalam prosesnya (Nurjabar & Nicky, 2022).

Evolusi sistem visi komputer dalam lima tahun terakhir menunjukkan pergeseran dominan dari penggunaan fitur manual menuju arsitektur berbasis *Deep Learning*. Menurut Radiani et al. (2020) perkembangan *deep learning* menjadi tonggak yang sangat penting dalam pengenalan wajah modern. Selain itu penggunaan *deep learning* memungkinkan system untuk mengatasi permasalahan yang selama ini sulit dipecahkan oleh metode konvensional. Algoritma Haar Cascade tetap menjadi perhatian dalam riset kontemporer karena efisiensinya yang tinggi pada perangkat dengan sumber daya terbatas. Haar Cascade merupakan metode pengklasifikasian berbasis fitur Haar-Like yang bertujuan atau digunakan untuk mendeteksi suatu objek seperti wajah, dengan cara menghitung selisih intensitas antara piksel terang dan piksel gelap (Rabbani et al., 2025). Beberapa penelitian terdahulu menemukan hasil bahwa Haar Cascade mampu mendeteksi wajah dengan tingkat akurasi tinggi dan dalam waktu singkat. Meskipun telah teruji secara teori, implementasinya dalam lingkungan MATLAB masih memerlukan optimalisasi dalam hal konfigurasi parameter, kondisi pencahayaan, dan variasi ekspresi wajah (Putri et al., 2025). Ulasan komprehensif oleh Hasan et al. (2021) mengonfirmasi adanya limitasi signifikan pada metode ini saat menghadapi rotasi wajah dan bayangan ekstrem. Sebaliknya, penggunaan arsitektur MTCNN (Multi-task Cascaded Convolutional Networks) terus divalidasi sebagai solusi superior dalam berbagai skenario kompleks. MTCNN (Multi-task Cascaded Convolutional Networks) merupakan perombakan dari gabungan beberapa model CNN dengan tiga lapisan jaringan. Ketiga lapisan tersebut adalah P-Net, R-Net, dan O-Net yang menggunakan pengelompokan kandidat dan klasifikasi, dengan tujuan untuk mendapatkan hasil deteksi wajah yang efisien dan cepat (Du, 2020). Penelitian komparatif oleh Naser (2024) membuktikan bahwa mekanisme tiga tahap jaringan saraf konvolusi pada MTCNN mampu mempertahankan stabilitas deteksi yang jauh lebih tinggi dibandingkan metode tradisional, terutama melalui integrasi penyelarasan (*alignment*) wajah yang lebih presisi pada berbagai sudut pandang. Hal ini juga diperkuat oleh penelitian dari Mugalu et al. (2021) menunjukkan hasil bahwa algoritma MTCNN memiliki tingkat akurasi dan presisi yang dinilai lebih tinggi daripada algoritma lain, yaitu algoritma Haar Cascade.

Penelitian ini bertujuan untuk melakukan analisis kuantitatif guna membandingkan performa akurasi antara Haar Cascade dan MTCNN di bawah tekanan pencahayaan ruangan yang ekstrem. Untuk memetakan ambang batas degradasi performa kedua algoritma tersebut secara empiris, penelitian ini menggunakan dataset Extended Yale Face Database B sebagai landasan pengujian utama. Dataset ini tetap menjadi referensi kritis dalam pengujian terbaru (Aulia, 2025) karena menyediakan variasi iluminasi radikal yang mampu mengekspos titik lemah algoritma deteksi secara mendalam. Melalui pengujian pada 16.380 citra di lingkungan Google Colab, penelitian ini diharapkan memberikan kontribusi nyata dalam menentukan algoritma yang paling adaptif untuk pengembangan sistem komputasi visual di masa depan.

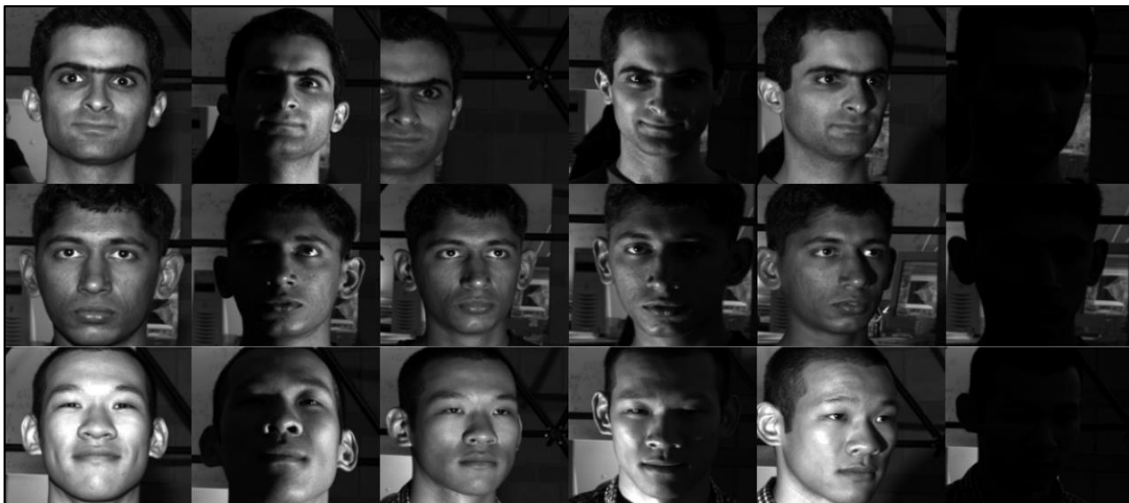
2. Metode

Penelitian ini menerapkan rancangan penelitian komputasional dengan pendekatan komparatif kuantitatif untuk menguji performa algoritma deteksi wajah. Seluruh rangkaian eksperimen dilaksanakan di lingkungan virtual Google Colab, memanfaatkan infrastruktur berbasis cloud untuk menjamin konsistensi hasil pengujian dan efisiensi waktu pemrosesan. Fokus penelitian diarahkan pada analisis kemampuan deteksi terhadap 16.380 citra yang mencakup berbagai skenario pencahayaan ekstrem. Instrumen perangkat keras dan lunak serta bahan utama yang digunakan dalam penelitian ini dirangkum dalam Tabel 1.

Tabel 1. Alat Penelitian

Komponen	Spesifikasi/Keterangan	Fungsi Utama
Perangkat Keras	GPU NVIDIA T4	Akselerasi pemrosesan model <i>Deep Learning</i> .
Bahasa Pemrograman	Python 3.10	Basis utama pengembangan skrip dan pengolahan data
Dataset Pengujian	Extended Yale Face Database B	Dataset citra wajah dengan variasi iluminasi radikal.

Dataset yang digunakan dalam penelitian ini adalah dataset *Extended Yale Face Database B* yang didapatkan dari *Kaggle* yang berisi citra wajah dari 28 individu sebagai subjek uji. Setiap subjek direkam dalam 9 posisi wajah (*poses*) yang berbeda dengan 64 kondisi pencahayaan yang bervariasi secara ekstrem. Seluruh citra memiliki resolusi 192×168 piksel dalam format *grayscale* seperti pada Gambar 1, sehingga menghasilkan total data sebanyak 16.380 citra.



Gambar 1. Extended Yale Face Database B

Sebelum pengujian dimulai, dilakukan klasifikasi pada citra dengan menghitung rata-rata intensitas piksel (*mean brightness*) dari seluruh sampel untuk menentukan kategori pencahayaannya. Berdasarkan nilai rata-rata tersebut, data dipetakan ke dalam tiga kelompok utama: kategori Terang untuk citra dengan nilai di atas 30, kategori Redup untuk rentang nilai antara 10 hingga 30, dan kategori Gelap untuk citra dengan nilai di bawah 10. Langkah ini dilakukan untuk memastikan bahwa evaluasi performa antara algoritma Haar Cascade dan MTCNN diuji secara objektif pada berbagai tingkat visibilitas. Dengan pembagian ini, analisis dapat secara spesifik menunjukkan sejauh mana gradasi cahaya memengaruhi akurasi deteksi biometrik wajah, terutama pada kondisi ekstrem di mana fitur-fitur wajah mulai terdistorsi oleh bayangan atau kegelapan.

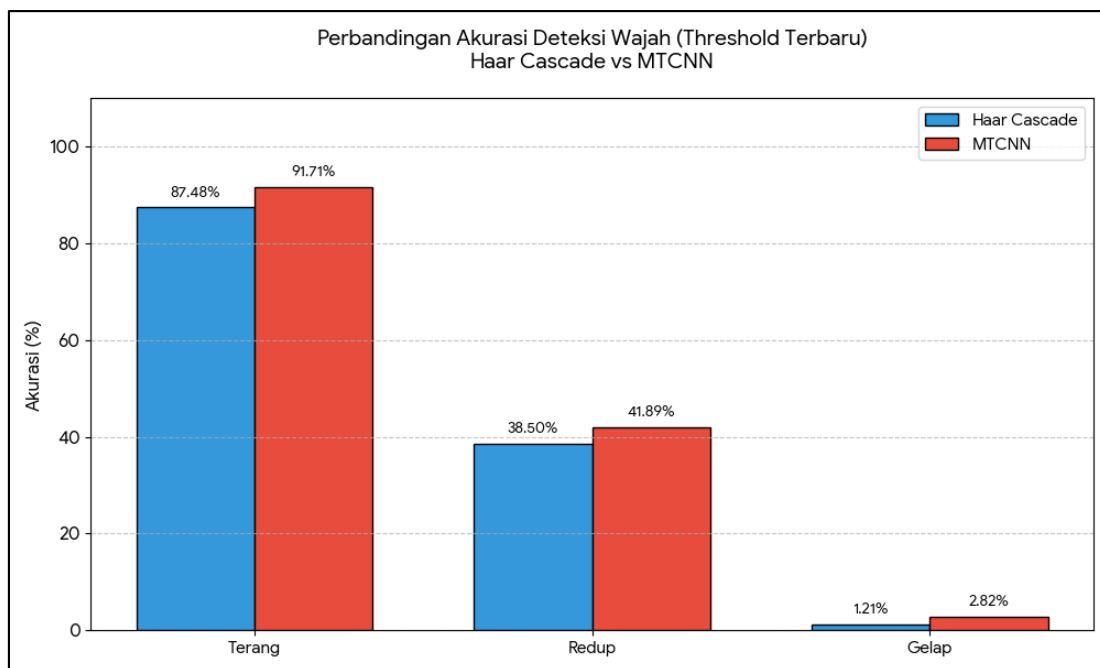
Prosedur pengujian dilakukan secara paralel menggunakan algoritma Haar Cascade dan MTCNN. Setiap citra diproses untuk mengidentifikasi keberadaan wajah, di mana hasil deteksi dinyatakan sebagai *True Positive (TP)* apabila algoritma berhasil menghasilkan koordinat *bounding box* yang valid. Sebaliknya, kegagalan dalam menemukan fitur wajah dicatat sebagai kegagalan deteksi. Nilai efektivitas dihitung menggunakan statistik deskriptif untuk menentukan persentase akurasi (*A*) melalui rumus berikut:

$$A = \frac{\sum TP}{N} \times 100\%$$

Di mana *TP (true positive)* adalah total wajah yang berhasil dideteksi dan *N* adalah jumlah sampel citra pada setiap kategori. Analisis komparatif ini bertujuan untuk menyajikan data empiris mengenai stabilitas MTCNN dibandingkan Haar Cascade, yang selanjutnya divisualisasikan untuk menarik kesimpulan ilmiah mengenai reliabilitas kedua metode tersebut dalam skenario lingkungan yang dinamis.

3. Hasil dan Pembahasan

Berdasarkan pengujian yang dilakukan terhadap seluruh citra pada dataset Extended Yale Face Database B, diperoleh hasil perbandingan akurasi deteksi antara algoritma Haar Cascade dan MTCNN. Data hasil pengujian dikelompokkan ke dalam tiga kategori iluminasi untuk memberikan gambaran spesifik mengenai ketahanan masing-masing metode terhadap variasi cahaya. Rekapitulasi hasil pengujian disajikan pada Gambar 2.

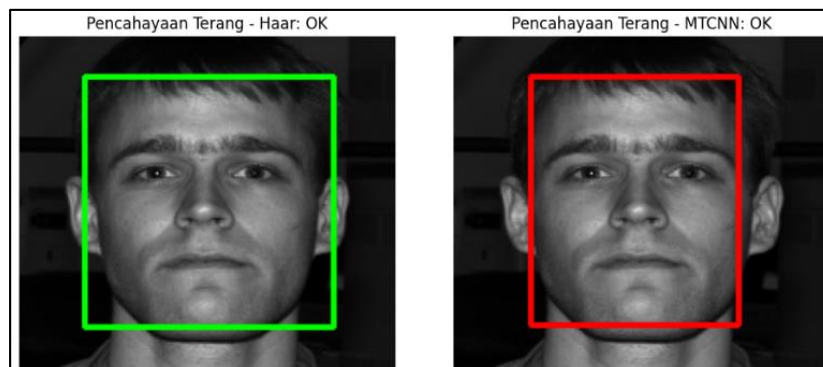


Gambar 2. Hasil Pengujian Haar Cascade dan MTCNN

Berdasarkan hasil pengujian, algoritma MTCNN menunjukkan dominasi performa yang konsisten dibandingkan Haar Cascade di seluruh kategori pencahayaan. Pada kondisi Terang, MTCNN mencapai akurasi tertinggi sebesar 91,71%, mengungguli Haar Cascade yang mencatat 87,48%, yang menunjukkan bahwa arsitektur *deep learning* lebih adaptif dalam mengenali fitur wajah. Namun, terjadi degradasi performa yang sangat tajam saat memasuki kondisi Redup, di mana akurasi kedua metode merosot drastis ke kisaran 38-41%. Pada kondisi Gelap ekstrem, efektivitas kedua algoritma hampir hilang sepenuhnya dengan tingkat akurasi di bawah 3%. Temuan ini menegaskan bahwa meskipun MTCNN memiliki ketangguhan lebih tinggi, faktor pencahayaan rendah tetap menjadi hambatan utama yang menyebabkan hilangnya informasi biometrik wajah secara signifikan, sehingga memerlukan teknik tambahan untuk implementasi di lingkungan minim cahaya.

3.1. Analisis Performa pada Kondisi Terang

Pada kategori Terang, algoritma Haar Cascade mencatatkan performa tertinggi sebesar 91,71%, unggul 4,23% dibandingkan MTCNN. Hal ini menunjukkan bahwa pada kondisi pencahayaan optimal dengan kontras fitur yang tajam, metode berbasis fitur *Haar-like* sangat efektif dalam mengenali pola geometri wajah.

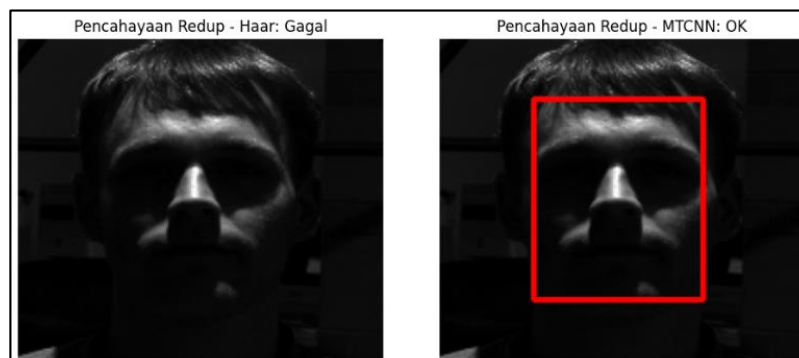


Gambar 3. Citra Dengan Pencahayaan Terang

Keunggulan ini didukung oleh bukti visual pada Gambar 3, di mana kedua algoritma berhasil mendeteksi wajah. Kondisi visual yang ideal memungkinkan fitur manual yang sederhana pada Haar Cascade bekerja secara optimal tanpa memerlukan kedalaman pemrosesan saraf yang kompleks, menjadikannya pilihan yang sangat efisien pada lingkungan dengan pencahayaan stabil.

3.2. Analisis Performa pada Kondisi Redup

Memasuki kategori Redup, terjadi pergeseran dominasi di mana MTCNN mulai menunjukkan stabilitasnya dengan akurasi 41,89%, sementara Haar Cascade mengalami penurunan menjadi 38,50%. Bayangan parsial yang mulai muncul pada wajah mengaburkan fitur-fitur sederhana yang diandalkan oleh Haar Cascade.

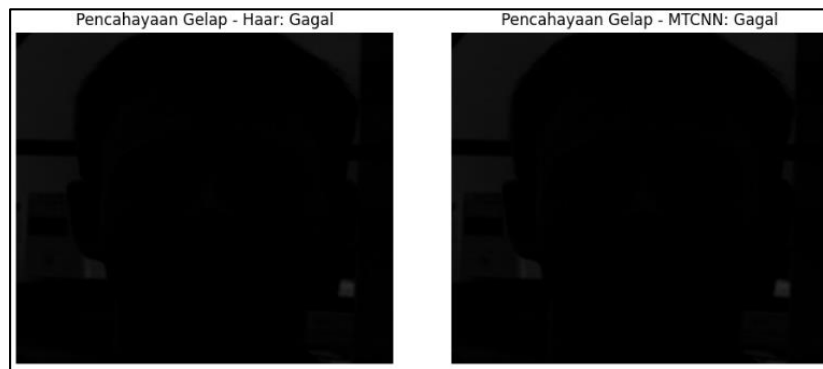


Gambar 4. Citra Dengan Pencahayaan Redup

Fenomena ini terlihat jelas pada Gambar 4, di mana pada sampel yang sama, Haar Cascade mengalami kegagalan deteksi (*Gagal*) sementara MTCNN masih mampu mengidentifikasi wajah dengan benar (*OK*). Keunggulan MTCNN pada kondisi ini membuktikan bahwa mekanisme penyelarasan (*alignment*) melalui tiga tahap jaringan saraf konvolusi (P-Net, R-Net, dan O-Net) memberikan ketahanan yang jauh lebih baik terhadap gangguan visual tingkat menengah dibandingkan metode ekstraksi fitur tradisional.

3.3. Analisis Performa pada Kondisi Gelap

Kondisi Gelap menjadi titik kritis bagi kedua algoritma, di mana terjadi degradasi performa yang sangat drastis hingga mencapai titik terendah dalam seluruh pengujian. Berdasarkan data hasil eksperimen, akurasi Haar Cascade merosot tajam hingga 1,21% dan MTCNN di angka 2,82%.



Gambar 5. Citra Dengan Pencahayaan Redup

Rendahnya angka akurasi ini dikonfirmasi melalui visualisasi pada Gambar 5 (baris ketiga), yang menunjukkan bahwa baik Haar Cascade maupun MTCNN sama-sama mengalami kegagalan deteksi (*Gagal*). Hal ini membuktikan bahwa iluminasi ekstrem pada dataset Yale B menghilangkan sebagian besar informasi biometrik wajah, sehingga algoritma tidak mampu menentukan koordinat *bounding box* yang valid. Kegagalan deteksi pada kategori ini mayoritas disebabkan oleh hilangnya kontras pada area mata dan hidung secara total, mengindikasikan bahwa untuk implementasi pada lingkungan dengan cahaya sangat minim, diperlukan tahap pra-pemrosesan tambahan seperti peningkatan kontras (*image enhancement*) atau penggunaan sensor infra merah.

4. Kesimpulan

Penelitian ini menyimpulkan bahwa MTCNN memiliki performa yang lebih unggul dibandingkan Haar Cascade di seluruh kategori pencahayaan. Pada kondisi terang, MTCNN mencapai akurasi tertinggi sebesar 91,71%, mengungguli Haar Cascade yang mencatat 87,48%, membuktikan ketangguhan arsitektur deep learning dalam ekstraksi fitur wajah.

Namun, intensitas cahaya menjadi hambatan kritis bagi kedua metode. Terjadi degradasi performa tajam pada kondisi redup (akurasi 38-41%) dan kegagalan hampir total pada kondisi gelap ekstrem (akurasi <3%). Temuan ini menegaskan bahwa meskipun MTCNN lebih robust, sistem deteksi wajah standar masih memerlukan teknik pra-pemrosesan tambahan untuk dapat beroperasi secara reliabel di lingkungan minim cahaya.

5. Ucapan terimakasih

Terima kasih kepada dosen pembimbing atas bimbingan, arahan, dan saran yang diberikan selama proses penelitian ini. Terima kasih juga disampaikan kepada semua pihak yang telah membantu dan memberikan dukungan teknis maupun moral kepada penulis hingga penelitian ini dapat diselesaikan dengan baik.

Daftar Pustaka

- Anggraeni, M., & Damanik, H., A. (2025). Implementasi arsitektur MTCNN pada kelas dimensi piksel berbeda dan plotting multi wajah pada hasil deteksi. *Jurnal Pekommas*, 10(1), 91-103. <https://doi.org/10.56873/jpkm.v9i1.5843>.
- Aulia, K. (2025). Modified zero-reference deep curve estimation for contrast quality enhancement in face recognition. *IAES International Journal of Artificial Intelligence*, 14(1), 112–120.
- Du, J. (2020). High-precision portrait classification based on MTCNN and its application on similarity judgement. *Journal of Physics: Conference Series*.
- Hasan, M. K., et al. (2021). Human face detection techniques: A comprehensive review and future research directions. *Electronics*, 10(19), 2354. <https://doi.org/10.3390/electronics10192354>.
- Mugalu, B., W., Wamala, R., C., Serugunda, J., & Katumba, A. (2021). Face recognition as a method of authentication in a web-based system. *Arxiv Cornell University*. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2103.15144>
- Naser, M. (2024). Comparative analysis of MTCNN and Haar Cascades for face detection in images with variation in yaw poses. *Journal of Communications Software and Systems*, 20(2), 45–53.
- Nurhidayanti, M. (2025). Penerapan deep learning dalam pengenalan wajah untuk sistem keamanan. *Jurnal Informatika Indonesia*, 1(1), 29-37. <https://jurnal.samudrailmu.com/index.php/jfi>.
- Nurjabar, I., & Nicky, M. (2022). Metode pendeteksi masker menggunakan metode haar cascade, guna meminimalisir penularan covid-19. *Journal of Information Technology and Computer Science (INTECOMS)*, 5(1), 49-55.
- Purwati, R., & Ariyanto, G. (2018). Pengenalan wajah manusia berbasis algoritma local binary pattern. *Emitor: Jurnal Teknik Elektro* 17(2), 29-38.
- Putri, L., A., Harahap, L., S., & Ulfa, M. (2025). Deteksi pola wajah otomatis dalam pengolahan citra digital menggunakan metode haarcascade classifier. *Journal of Software Engineering, Computer Science and Information Technology*, 6(1), 57-64.
- Rabbani, M., H., Rahmadewi, R., & Stefanie, A. (2025). Deteksi penggunaan masker berbasis histogram warna dan haar cascade. *Tesla: Jurnal Elektro*, 27(1), 1-10. <https://doi.org/10.24912/tesla.v27i1.33366>.
- Radianti, J., Majchrzak, T., A., Fromm, J., & Wohlgenant, I. (2020). Virtual reality in education: a meta-analysis and research agenda. *Computers & Education*, 147, 103778.
- Susim, T., & Darujati, C. (2021). Pengolahan citra untuk pengenalan wajah (face recognition) menggunakan opencv. *Jurnal Syntax Admiration*, 2(3), 534-545.
- Wang, Z., & Zhang, Y. (2024). Illumination-aware enhancement for low-light face recognition. *Proceedings of the IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR) Workshops*, 1240–1249.
- Zhu, H., et al. (2024). Dynamic feature enhancement for robust real-time face recognition. *Journal of Intelligence and Cyber Security*, 7(3), 88–101.