

**PENINGKATAN DETEKSI DAN PENGENALAN WAJAH YOLOV5
PADA KONDISI CAHAYA RENDAH MENGGUNAKAN CLAHE**

SKRIPSI

Diajukan Untuk Memenuhi Sebagian Syarat Guna
Memperoleh Gelar Sarjana Komputer (S.Kom.)
Pada Program Studi Sistem Informasi



OLEH :

RAYHAN FERDIANSYAH

NPM: 2213030111

FAKULTAS TEKNIK DAN ILMU KOMPUTER (FTIK)
UNIVERSITAS NUSANTARA PERSATUAN GURU REPUBLIK INDONESIA
UN PGRI KEDIRI

2026

Skripsi oleh:

RAYHAN FERDIANSYAH

NPM ; 2213030111

Judul

**PENINGKATAN DETEKSI DAN PENGENALAN WAJAH YOLOV5
PADA KONDISI CAHAYA RENDAH MENGGUNAKAN CLAHE**

Telah disetujui untuk diajukan Kepada
Panitia Ujian/Sidang Skripsi Program Studi Sistem Informasi
FTIK UN PGRI Kediri

Tanggal: 11 Juni 2026

Pembimbing I



Dr. Erna Daniati, M.Kom
NIDN. 0723058501

Pembimbing II



Aidina Ristyawan, S.Kom, M.Kom
NIDN. 0721018801

Skripsi oleh :

RAYHAN FERDIANSYAH

NPM : 2213030111

Judul

**PENINGKATAN DETEKSI DAN PENGENALAN WAJAH YOLOV5
PADA KONDISI CAHAYA RENDAH MENGGUNAKAN CLAHE**

Telah dipertahankan di depan Panitia Ujian/Sidang Skripsi

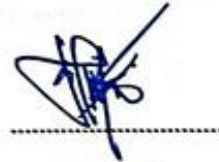
Program Studi Sistem Informasi FTIK UN PGRI Kediri

Tanggal: 25 Juni 2026

Dan Dinyatakan telah Memenuhi Persyaratan

Panitia Penguji :

1. Ketua : Dr. Erna Daniati, M.Kom



2. Penguji 1 : Dwi Harini S.Si., M.M



3. Penguji 2 : Aidina Ristyan, S.Kom, M.Kom



Mengetahui,

Dekan Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer

Dr. SULASTIONO, M.Si

NIDN. 0007076801

PERNYATAAN

Yang bertanda tangan di bawah ini saya,

Nama	: Rayhan Ferdiansyah
Jenis Kelamin	: Laki-laki
Tempat/tgl. lahir	: Nganjuk, 05 Juli 2004
NPM	: 2213030111
Fak/Prodi.	: FTIK/ S1-Sistem Informasi

menyatakan dengan sebenarnya, bahwa dalam Skripsi ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu perguruan tinggi, dan sepanjang pengetahuan saya tidak terdapat karya tulis atau pendapat yang pernah diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara sengaja dan tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Kediri, 11 Juni 2026

Yang Menyatakan


RAYHAN FERDIANSYAH
NPM: 2213030111

MOTTO

“NOW OR NEVER”

ABSTRAK

Rayhan Ferdiansyah: Peningkatan Deteksi Dan Pengenalan Wajah YOLOv5 Pada Kondisi Cahaya Rendah Menggunakan CLAHE, Skripsi, Sistem Informasi, Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer UN PGRI Kediri, 2026.

Kata Kunci: CLAHE, FaceNet, Low Light, Pengenalan Wajah, YOLOv5-Face.

Sistem pengenalan wajah biometrik telah menjadi instrumen keamanan utama dalam mengelola kontrol akses fisik maupun sistem presensi digital di berbagai institusi. Kendala terbesar yang sering dihadapi oleh infrastruktur ini adalah penurunan ketangguhan operasional secara drastis ketika diimplementasikan pada lingkungan minim cahaya (*low light*), yang mengakibatkan mudarnya detail geometri wajah dan menyulitkan proses verifikasi identitas.

Penelitian ini bertujuan untuk mengukur tingkat efektivitas penerapan algoritma *Contrast Limited Adaptive Histogram Equalization* (CLAHE) terhadap keberhasilan lokalisasi objek YOLOv5-Face dan akurasi ekstraksi fitur FaceNet pada skenario pencahayaan rendah. Metodologi yang diterapkan merupakan kerangka kerja *Cross Industry Standard Process for Data Mining* (CRISP-DM).

Hasil pengujian berbasis *data mining* menggunakan 1.000 sampel citra wajah menunjukkan bahwa prapemrosesan CLAHE berhasil memulihkan tingkat laju deteksi model YOLOv5-Face dari 88,7% menjadi 89,8%. Lebih lanjut, performa pada model FaceNet mencapai titik maksimal pasca intervensi dengan perolehan nilai *Area Under Curve* (AUC-ROC) sebesar 0,927, serta mampu mengunci parameter *Precision* secara konsisten di atas 95,0% dengan batas persentase salah terima yang sangat rendah.

Kesimpulan dari penelitian ini menegaskan bahwa penerapan CLAHE sangat efektif untuk menjaga keandalan operasional sistem pengenalan wajah agar tetap memenuhi standar keamanan tinggi di area redup. Keterbatasan dari penelitian ini terletak pada penggunaan rekayasa simulasi pencahayaan berbasis koreksi gamma yang bersifat deterministik sehingga belum sepenuhnya merepresentasikan derau distorsi organik dari lensa kamera. Pengembangan penelitian selanjutnya disarankan untuk mengadopsi arsitektur restorasi cahaya berbasis jaringan saraf tiruan mendalam (*deep learning*) serta menguji sistem tersebut secara langsung pada perangkat kamera pengawas di lapangan.

KATA PENGANTAR

Puji Syukur Kami panjatkan Kehadirat Allah Tuhan Yang Maha Kuasa, karena hanya atas perkenan-Nya penyusunan skripsi ini dapat diselesaikan. Skripsi dengan judul “Peningkatan Deteksi Dan Pengenalan Wajah YOLOv5 Pada Kondisi Cahaya Rendah Menggunakan CLAHE” ini ditulis guna memenuhi sebagian syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Komputer, pada Program Studi Sistem Informasi Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer UN PGRI Kediri. Pada kesempatan ini diucapkan terima kasih dan penghargaan yang setulus-tulusnya kepada:

1. Dr. Zainal Afandi, M.Pd. selaku Rektor UN PGRI Kediri yang selalu memberikan dorongan motivasi kepada mahasiswa.
2. Dr. Sulistiono, M.Si. selaku Dekan Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer UN PGRI Kediri yang selalu memberikan dorongan motivasi kepada mahasiswa.
3. Dr. Sucipto, S.Kom, M.Kom. selaku Ka Prodi Sistem Informasi Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer UN PGRI Kediri yang selalu memberikan dorongan motivasi kepada mahasiswa.
4. Dr. Erna Daniati, S.Kom, M.Kom, selaku dosen pembimbing pertama skripsi saya yang dengan sabar membimbing dan memotivasi dalam menyelesaikan skripsi ini.
5. Aidina Ristyawan, S.Kom, M.Kom selaku dosen pembimbing kedua skripsi saya, yang telah meluangkan waktu, tenaga, dan pikiran dalam penyusunan proposal ini.
6. Kedua orang tua dan semua keluarga saya yang telah mendukung dalam do’a, dana dan motivasi dalam penyelesaian skripsi ini.
7. Teman-teman yang selalu membantu memberi semangat dalam penyelesaian skripsi ini.
8. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada pihak-pihak lain yang tidak dapat disebutkan satu persatu, yang telah banyak membantu menyelesaikan Skripsi ini.

Disadari bahwa skripsi ini masih banyak kekurangan, maka diharapkan tegur sapa, kritik dan saran-saran, dari berbagai pihak sangat diharapkan. Akhirnya,

disertai harapan semoga skripsi ini ada manfaatnya bagi kita semua, khususnya bagi dunia pendidikan, meskipun hanya ibarat setitik air bagi samudra yang luas.

Kediri, 11 Juni 2026

RAYHAN FERDIANSYAH

NPM: 2213030111

DAFTAR ISI

Halaman Sampul	i
Halaman Persetujuan.....	ii
Halaman Pengesahan	iii
Halaman Pernyataan.....	iv
Halaman Motto.....	v
ABSTRAK	vi
KATA PENGANTAR.....	vii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR.....	xi
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
A. Latar Belakang	1
B. Batasan Masalah.....	3
C. Rumusan Masalah	4
D. Tujuan Penelitian	4
E. Manfaat Penelitian	5
BAB II KAJIAN PUSTAKA.....	6
A. Kajian Teori	6
1. <i>Computer Vision</i>	6
2. <i>Face Recognition</i>	6
3. <i>Convolutional Neural Network (CNN)</i>	6
4. <i>You Only Look Once (YOLO)</i>	7
5. <i>You Only Look Once Version 5 (YOLOv5)</i>	7
6. <i>Contrast Limited Adaptive Histogram Equalization (CLAHE)</i>	8
7. <i>FaceNet</i>	8
B. Kajian Hasil Penelitian Terdahulu	8
C. Kerangka Berpikir.....	14
BAB III METODE PENELITIAN	16

A. <i>Business Understanding</i> (Pemahaman Bisnis).....	16
B. <i>Data Understanding</i> (Pemahaman Data)	17
C. <i>Data Preparation</i> (Persiapan Data)	19
D. <i>Modelling</i>	23
E. <i>Evaluation</i> (Evaluasi).....	26
F. <i>Deployment</i> (Penerapan)	28
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	30
A. Data Hasil Penelitian.....	30
B. Pembahasan.....	48
BAB V PENUTUP	51
A. Kesimpulan	51
B. Saran.....	51
DAFTAR PUSTAKA	53
LAMPIRAN	57

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Kerangka Berpikir	15
Gambar 3. 1 Metode CRISPDM	16
Gambar 3. 2 Visualisasi Tiga Kondisi Pencahayaan	18
Gambar 3. 3 <i>Pipeline</i> Sistem.....	25
Gambar 3. 4 Alur Sistem Streamlit	28
Gambar 4. 1 ROC Curve	35
Gambar 4. 2 <i>Confusion Matrix</i> FaceNet	37
Gambar 4. 3 Gambar Tab Deteksi & <i>Enhance</i> Input Gambar Jika Wajah Dikenal	41
Gambar 4. 4 Gambar Tab Deteksi & <i>Enhance</i> Input Gambar Jika Wajah Tidak Dikenal	42
Gambar 4. 5 Tab Deteksi & <i>Enhance</i> Kamera <i>Live</i>	43
Gambar 4. 6 Tab Deteksi & <i>Enhance Input</i> Video	44
Gambar 4. 7 Tab Database Wajah.....	46
Gambar 4. 8 Tab Evaluasi CLAHE.....	47

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Kajian Hasil Penelitian Terdahulu	8
Tabel 3. 1 Spesifikasi <i>Dataset</i>	17
Tabel 3. 2 Variabel Penelitian.....	20
Tabel 3. 3 Konfigurasi Model	23
Tabel 3. 4 Konfigurasi Evaluasi.....	27
Tabel 4. 1 Statistik Dataset VGGFace2 Yang Digunakan	31
Tabel 4. 2 Rata rata nilai kecerahan per kondisi pencahayaan	31
Tabel 4. 3 <i>Cosine Similarity Gap</i> dan <i>Threshold</i> Optimal.....	34
Tabel 4. 4 Hasil Evaluasi	35
Tabel 4. 5 <i>Detection Rate</i> YOLOv5-Face.....	37
Tabel 4. 6 Spesifikasi Aplikasi	39

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Kartu Bimbingan Skripsi	57
Lampiran 2 Surat Keterangan Bebas Similarity.....	58
Lampiran 3 Bukti Halaman Awal Cek Similarity.....	59
Lampiran 4 LOA Jurnal	60
Lampiran 5 Berita Acara Ujian Skripsi.....	61
Lampiran 6 Lembar Revisi Ujian Skripsi	62

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Deteksi dan pengenalan wajah merupakan salah satu cabang *computer vision* yang berkembang pesat dan telah diterapkan secara luas dalam berbagai bidang, mulai dari keamanan dan pengawasan, sistem kontrol akses, hingga identifikasi forensik dalam skala besar. Keunggulan utama teknologi ini terletak pada kemampuannya melakukan identifikasi individu secara non-invasif dan tanpa kontak fisik, sehingga lebih efisien dan higienis dibandingkan metode biometrik konvensional seperti sidik jari atau kartu identitas (Kortli et al., 2020).

Salah satu algoritma deteksi objek yang kini banyak dimanfaatkan untuk pengenalan wajah adalah *You Only Look Once version 5* (YOLOv5). Berbeda dengan metode dua tahap seperti R-CNN yang memerlukan *region* proposal terlebih dahulu, YOLOv5 melakukan deteksi objek dalam satu kali proses inferensi (*single pass detection*), sehingga menghasilkan kecepatan yang jauh lebih tinggi dan cocok diimplementasikan dalam skenario *real time* (Jocher et al., 2020). Dikombinasikan dengan model ekstraksi embedding wajah FaceNet yang menggunakan arsitektur InceptionResnetV1, pipeline ini dapat mempelajari representasi wajah yang sangat diskriminatif dalam ruang berdimensi 512 melalui fungsi loss Triplet Loss. Implementasi FaceNet dengan InceptionResnetV1 yang dilatih pada dataset VGGFace2 terbukti menghasilkan *embedding* wajah yang robust terhadap variasi pose, usia, dan etnisitas, sehingga banyak digunakan sebagai baseline dalam penelitian *face recognition* modern (Wang & Deng, 2021). Pipeline YOLOv5 yang dikombinasikan dengan FaceNet telah menunjukkan performa yang tinggi pada kondisi pencahayaan yang memadai, namun performa tersebut sangat dipengaruhi oleh kualitas citra input (Goel et al., 2021).

Meskipun *pipeline* YOLOv5 yang dikombinasikan dengan FaceNet menunjukkan performa yang menjanjikan dalam kondisi lingkungan terkontrol, permasalahan serius muncul ketika sistem dihadapkan pada kondisi pencahayaan rendah (*low light*). Varian model YOLO pada dataset ExDark secara konsisten menemukan bahwa performa deteksi objek menurun secara signifikan pada kondisi

cahaya rendah akibat rendahnya kontras, hilangnya detail tekstur, dan meningkatnya noise visual (Shovo et al., 2024). Selain itu, model deteksi berbasis YOLOv5 pada kondisi *low light* mengalami hambatan serius pada tahap ekstraksi fitur akibat degradasi kualitas piksel, sehingga memotivasi pengembangan metode peningkatan citra sebagai tahap *preprocessing* (Peng et al., 2024). Kondisi ini sering dijumpai pada skenario nyata seperti kamera CCTV pada malam hari, area dengan distribusi cahaya buatan yang tidak merata, maupun perangkat kamera dengan sensor berkualitas rendah.

Salah satu metode peningkatan kualitas citra yang terbukti efektif untuk mengatasi masalah pencahayaan rendah adalah *Contrast Limited Adaptive Histogram Equalization* (CLAHE). CLAHE merupakan pengembangan dari *Histogram Equalization* (HE) yang bekerja secara adaptif pada blok-blok kecil citra (*tiles*), sehingga mampu meningkatkan kontras lokal tanpa menimbulkan peningkatan kontras berlebih (*over enhancement*) pada area yang sudah terang. Dibandingkan dengan HE konvensional yang bekerja secara global, CLAHE mampu menghasilkan citra dengan tampilan yang lebih natural serta mempertahankan detail fitur secara lebih baik, khususnya pada citra wajah dengan pencahayaan tidak merata (Naufal et al., 2026)

Penerapan CLAHE sebagai tahap *preprocessing* sebelum proses inferensi pada model YOLOv5 berpotensi meningkatkan kemampuan sistem dalam mendeteksi dan mengenali wajah pada kondisi low-light. *Preprocessing* menggunakan CLAHE sebelum inferensi YOLOv5 dapat meningkatkan F1-Score deteksi objek pada kondisi malam hari, mengkonfirmasi efektivitas pendekatan *enhance then detect* dalam pipeline berbasis YOLO (Lashkov et al., 2023). Dengan distribusi intensitas piksel yang lebih merata setelah CLAHE, gradient tepi wajah yang sebelumnya lemah akibat cahaya rendah menjadi lebih jelas, sehingga detection rate YOLOv5 dapat meningkat dan kualitas embedding yang dihasilkan FaceNet pun menjadi lebih diskriminatif (Paul & Aslan, 2021).

Berbagai penelitian terdahulu telah mengkaji pengenalan wajah pada kondisi *low light*, namun masih terdapat celah yang belum ditutup. Pada penelitian yang mengintegrasikan CLAHE dengan CNN untuk deteksi wajah *low light* dan

mencapai *detection rate* 94,5%, namun tidak menggunakan YOLOv5 sebagai detektor maupun FaceNet sebagai *embedder* sehingga *pipeline* nya berbeda secara fundamental (Soni & Wao, 2025). Penelitian lain yang menggunakan FaceNet sebagai cara untuk meningkatkan citra langsung ke dalam jaringan pengenalan wajah dan berhasil meningkatkan akurasi pada kondisi *low light*, namun pendekatannya memerlukan pelatihan ulang model yang mahal secara komputasi (Fan et al., 2024). Adapun penelitian lain yang mengkonfirmasi bahwa *image enhancement* merupakan tahap yang sangat diperlukan untuk pengenalan wajah berbasis FaceNet pada kondisi *low light*, namun penelitian tersebut tidak mengevaluasi CLAHE secara spesifik sebagai solusi preprocessing (De Shreya and Pandey, 2026).

Oleh karena itu, penelitian ini mengangkat judul “Peningkatan Deteksi dan Pengenalan Wajah YOLOv5 pada Kondisi Cahaya Rendah Menggunakan CLAHE”. Penelitian ini secara khusus akan mengevaluasi dampak penerapan CLAHE sebagai tahap *preprocessing* terhadap performa pipeline YOLOv5 + FaceNet dalam mendeteksi dan mengenali wajah pada tiga kondisi pencahayaan: normal, *low light* (simulasi transformasi gamma $\gamma = 0,5$), dan *low light* dengan CLAHE. Evaluasi dilakukan secara kuantitatif menggunakan metrik *Accuracy*, *Precision*, *Recall*, *F1-Score*, *AUC-ROC*, dan *detection rate* pada 1.000 pasangan gambar wajah dari dataset VGGFace2.

B. Batasan Masalah

Agar penelitian ini tetap fokus dan terarah, serta tidak melebar pada permasalahan yang di luar cakupan yang ditetapkan, maka peneliti menentukan batasan-batasan sebagai berikut:

1. Dataset yang digunakan adalah subset dari VGGFace2 yang tersedia di platform Kaggle (greatgamedota/vggface2-test), terdiri dari 50 identitas dengan maksimal 20 foto per orang (total ≈ 826 gambar). Dataset ini tidak spesifik berasal dari satu institusi tertentu dan merupakan dataset umum yang digunakan dalam riset face recognition.
2. Kondisi *low light* disimulasikan secara komputasional menggunakan transformasi gamma ($\gamma = 0,5$) dan bukan berasal dari pengambilan gambar nyata dalam kondisi gelap. Hasil penelitian merupakan batas atas (*upper bound*)

performa pada kondisi lapangan nyata yang memiliki *noise* lebih kompleks (*photon noise, motion blur*).

3. Model yang digunakan adalah YOLOv5-face yang tersedia di Kaggle (liaoboxiang/yolov5-face) sebagai detektor wajah dan InceptionResnetV1 pretrained VGGFace2 sebagai *embedder*, tanpa proses *fine tuning* tambahan pada dataset penelitian ini.
4. Evaluasi dilakukan menggunakan *pair based evaluation* dengan 1.000 pasangan gambar (500 *positive* dan 500 *negative*) per kondisi pencahayaan, dengan *threshold* identifikasi yang dikalibrasi secara otomatis dari kurva ROC pada target FPR $\leq 5\%$.
5. Implementasi sistem dibatasi pada platform Streamlit berbasis *website* dan tidak mencakup *deployment* pada perangkat *embedded, mobile*, atau *edge computing*.

C. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang dan batasan masalah yang telah diuraikan, rumusan masalah dalam penelitian ini disusun dalam bentuk pertanyaan penelitian sebagai berikut:

1. Seberapa besar pengaruh penerapan *preprocessing* CLAHE terhadap *detection rate* YOLOv5-Face dan akurasi pengenalan wajah berbasis FaceNet pada kondisi pencahayaan rendah?
2. Bagaimana perbandingan performa sistem pengenalan wajah dengan dan tanpa *preprocessing* CLAHE berdasarkan metrik *Accuracy, Precision, Recall, F1-Score*, dan *AUC-ROC* pada tiga kondisi pencahayaan (*normal, low light*, dan CLAHE *enhanced*)?

D. Tujuan Penelitian

Tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah:

1. Mengukur dan menganalisis pengaruh *preprocessing* CLAHE terhadap *detection rate* YOLOv5 dan akurasi pengenalan wajah berbasis FaceNet pada kondisi pencahayaan rendah yang disimulasikan menggunakan transformasi gamma.

2. Membandingkan performa sistem pengenalan wajah dengan dan tanpa *preprocessing* CLAHE menggunakan metrik *Accuracy*, *Precision*, *Recall*, *F1-Score*, dan *AUC-ROC* pada tiga kondisi pencahayaan yang diuji secara terpisah.

E. Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat bagi berbagai pihak, baik dari sisi teoritis maupun praktis.

1. Manfaat Teoritis

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi empiris terhadap kajian efektivitas CLAHE sebagai metode *preprocessing* dalam *pipeline* pengenalan wajah berbasis *deep learning* pada kondisi pencahayaan rendah, khususnya pada kombinasi YOLOv5 dan FaceNet yang belum banyak dieksplorasi dalam literatur. Memperkaya literatur mengenai pengaruh kualitas citra terhadap diskriminativitas embedding FaceNet, yang relevan untuk pengembangan sistem *face recognition* yang lebih *robust* pada kondisi lingkungan yang bervariasi.

2. Manfaat Praktis

Bagi institusi pendidikan tinggi, menghasilkan sistem pengenalan wajah berbasis website (Streamlit) yang dapat digunakan langsung oleh pengguna secara interaktif. Implementasi sistem yang andal pada berbagai kondisi pencahayaan ini diharapkan mampu memangkas waktu pencatatan manual, mengurangi potensi kecurangan presensi, serta mendukung efisiensi dan akurasi administrasi akademik. Bagi pengembang sistem, penelitian ini dapat memberikan panduan teknis dalam menangani tantangan pencahayaan rendah menggunakan pendekatan *preprocessing* CLAHE. Solusi ini menawarkan pendekatan yang sederhana, ringan, dan efisien secara komputasi. Pengembang dapat mengonfigurasi parameter *clip limit* dan *tile size* secara interaktif, serta dengan mudah mengintegrasikannya ke dalam *pipeline* deteksi berbasis YOLOv5 tanpa perlu memodifikasi arsitektur model yang sudah ada. Bagi mahasiswa dan tenaga pengajar, penelitian ini dapat menyediakan *baseline* kuantitatif (*Detection Rate*, *Accuracy*, *F1-Score*, dan *AUC-ROC*) pada tiga kondisi pencahayaan kelas. Nilai ukur ini dapat dijadikan acuan praktis bagi peneliti atau pengembang selanjutnya yang ingin menguji dataset berbeda atau mengimplementasikan teknik *enhancement* citra yang lebih canggih.

DAFTAR PUSTAKA

- Alzubaidi, L., Zhang, J., Humaidi, A. J., Al-Dujaili, A., Duan, Y., Al-Shamma, O., Santamaría, J., Fadhel, M. A., Al-Amidie, M., & Farhan, L. (2021). Review of deep learning: concepts, CNN architectures, challenges, applications, future directions. *Journal of Big Data*, 8(1). <https://doi.org/10.1186/s40537-021-00444-8>
- Ayu Permatasari, D., Herwandi, Syaiful Ma, D., & Ramelan, A. (2024). *Rancang Bangun Alat Sistem Absensi Mahasiswa menggunakan Face Recognition dengan Metode YOLO berbasis Raspberry Pi*.
- Cao, Q., Shen, L., Xie, W., Parkhi, O. M., & Zisserman, A. (2018). *VGGFace2: A dataset for recognising faces across pose and age*. <http://arxiv.org/abs/1710.08092>
- Daniati, E., Firliana, R., & Wardani, A. S. (n.d.). DUKUNGAN KEPUTUSAN DENGAN PENDEKATAN MACHINE LEARNING. *Universitas Nusantara PGRI Kediri*, 1–72. <https://doi.org/10.29407/punp.vi.68>
- De Shreya and Pandey, I. and P. M. and K. B. (2026). Face Recognition Using Image Enhancement in Low Light Conditions. In S. Kumar Dharmendra and Kumar (Ed.), *VLSI, Microwave and Wireless Technologies* (pp. 363–369). Springer Nature Singapore.
- Fan, Y., Wang, Y., Liang, D., Chen, Y., Xie, H., Wang, F. L., Li, J., & Wei, M. (2024). Low-FaceNet: Face Recognition-Driven Low-Light Image Enhancement. *IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement*, 73, 1–13. <https://doi.org/10.1109/TIM.2024.3372230>
- Goel, R., Mehmood, I., & Ugail, H. (2021). A Study of Deep Learning-Based Face Recognition Models for Sibling Identification. *Sensors*, 21(15). <https://doi.org/10.3390/s21155068>
- Imron, A., Daniati, E., Firliana, R., Fauzan, M., & Mufid, A. (2025). *Prosiding Seminar Nasional Teknologi dan Sistem Informasi (SITASI) 2025 Surabaya*.
- Jocher, G., Chaurasia, A., Stoken, A., Borovec, J., NanoCode012, Kwon, Y., TaoXie, Michael, K., Fang, J., imyhxy, Lorna, Wong, C., Yifu), 曾逸夫(Zeng, V, A., Montes, D., Wang, Z., Fati, C., Nadar, J., Laughing, ... xylieong. (2022). *ultralytics/yolov5: v6.2 - YOLOv5 Classification Models, Apple M1, Reproducibility, ClearML and Deci.ai integrations*. Zenodo. <https://doi.org/10.5281/zenodo.7002879>
- Juwandi, A. (2025). Implementasi Algoritma YOLO dan Algoritma K-Nearest Neighbor pada Sistem Kehadiran Face Recognition. *Telekontran : Jurnal*

- Ilmiah Telekomunikasi, Kendali Dan Elektronika Terapan*, 13(1).
<https://doi.org/10.34010/telekontran.v13i1.11062>
- Khair, M. A., Aldiyuda, P., Pakpahan, N. E., Zukhrufa, M. Z., & Adrezo, M. (2024a). *Perancangan Sistem Absensi Mahasiswa Berbasis Face Recognition di Lingkungan UPN Veteran Jakarta*.
- Khair, M. A., Aldiyuda, P., Pakpahan, N. E., Zukhrufa, M. Z., & Adrezo, M. (2024b). *Perancangan Sistem Absensi Mahasiswa Berbasis Face Recognition di Lingkungan UPN Veteran Jakarta*. *JURNAL INFORMATIK*.
- Khana, R., Saputra, A. E., & Sobirin, M. (2024). *Implementasi Sistem Presensi Deteksi Wajah Menggunakan YOLOv5*. 9(1).
- Kortli, Y., Jridi, M., Al Falou, A., & Atri, M. (2020). Face recognition systems: A survey. In *Sensors (Switzerland)* (Vol. 20, Number 2). MDPI AG.
<https://doi.org/10.3390/s20020342>
- Lashkov, I., Yuan, R., & Zhang, G. (2023). Edge-Computing-Facilitated Nighttime Vehicle Detection Investigations With CLAHE-Enhanced Images. *Trans. Intell. Transport. Sys.*, 24(11), 13370–13383.
<https://doi.org/10.1109/TITS.2023.3255202>
- Maulana Alja, F., Daniati, E., & Ristyawan, A. (2024). PERANCANGAN UI/UX E-COMMERCE MENGGUNAKAN METODE USER CENTERED DESIGN (UCD). In *Journal of Information System Management (JOISM) e-ISSN* (Vol. 6, Number 1).
- Muhammad, M., Sucipto, S., Muzaki, M. N., & Andriyanto, S. (2024). Implementasi Sistem Informasi Berbasis Web untuk Pengelolaan Kedisiplinan Santri di Pondok Pesantren. *JSITIK: Jurnal Sistem Informasi Dan Teknologi Informasi Komputer*, 3(1), 39–52. <https://doi.org/10.53624/jsitik.v3i1.529>
- Naufal, M., Al Azies, H., Alzami, F., & Mersis Brilianto, R. (2026). Evaluation of Histogram-Based Image Enhancement Methods for Facial Images in Drowsy Driver Using No-Reference Metrics. In *Journal of Applied Informatics and Computing (JAIC)* (Vol. 10, Number 1).
<http://jurnal.polibatam.ac.id/index.php/JAIC>
- Paul, K. C., & Aslan, S. (2021). An Improved Real-Time Face Recognition System at Low Resolution Based on Local Binary Pattern Histogram Algorithm and CLAHE. *Optics and Photonics Journal*, 11(04), 63–78.
<https://doi.org/10.4236/opj.2021.114005>
- Peng, D., Ding, W., & Zhen, T. (2024). A novel low light object detection method based on the YOLOv5 fusion feature enhancement. *Scientific Reports*, 14(1), 4486. <https://doi.org/10.1038/s41598-024-54428-8>

- Putri, R. W., Ristyawan, A., & Muzaki, M. N. (2022). Comparison Performance of K-NN and NBC Algorithm for Classification of Heart Disease. *JTECS : Jurnal Sistem Telekomunikasi Elektronika Sistem Kontrol Power Sistem Dan Komputer*, 2(2), 143. <https://doi.org/10.32503/jtecs.v2i2.2708>
- Qi, D., Tan, W., Yao, Q., & Liu, J. (2022). *YOLO5Face: Why Reinventing a Face Detector*. <http://arxiv.org/abs/2105.12931>
- Reza, A. M. (2004). Realization of the Contrast Limited Adaptive Histogram Equalization (CLAHE) for Real-Time Image Enhancement. *Journal of VLSI Signal Processing Systems for Signal, Image and Video Technology*, 38(1), 35–44. <https://doi.org/10.1023/B:VLSI.0000028532.53893.82>
- S., V., C., J. D. B., P., S., & K., S. (2022). RETRACTED ARTICLE: Image Enhancement and Implementation of CLAHE Algorithm and Bilinear Interpolation. *Cybernetics and Systems*, 0(0), 1–13. <https://doi.org/10.1080/01969722.2022.2147128>
- Santoso, B., & Kristianto, R. P. (2020). *IMPLEMENTASI PENGGUNAAN OPENCV PADA FACE RECOGNITION UNTUK SISTEM PRESENSI PERKULIAHAN MAHASISWA*.
- Schroff, F., Kalenichenko, D., & Philbin, J. (2015). FaceNet: A unified embedding for face recognition and clustering. *2015 IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR)*, 815–823. <https://doi.org/10.1109/CVPR.2015.7298682>
- Shovo, S. U. A., Abir, Md. G. R., Kabir, Md. M., & Mridha, M. F. (2024). Advancing low-light object detection with you only look once models: An empirical study and performance evaluation. *Cognitive Computation and Systems*, 6(4), 119–134. <https://doi.org/https://doi.org/10.1049/ccs2.12114>
- Soni, L. N., & Wao, A. A. (2025). Face Detection Under Low-Light and Low-Resolution Conditions Using Contrast-Limited Adaptive Histogram Equalization and a Modified Convolutional Neural Network. In *Journal of Neonatal Surgery ISSN* (Vol. 14). <https://www.jneonatsurg.com>
- Wang, M., & Deng, W. (2021). Deep face recognition: A survey. *Neurocomputing*, 429, 215–244. <https://doi.org/10.1016/J.NEUCOM.2020.10.081>
- Ying, Z., Li, G., Ren, Y., Wang, R., & Wang, W. (2017). A New Low-Light Image Enhancement Algorithm Using Camera Response Model. *2017 IEEE International Conference on Computer Vision Workshops (ICCVW)*, 3015–3022. <https://doi.org/10.1109/ICCVW.2017.356>
- Yoshimi, Y., Mine, Y., Ito, S., Takeda, S., Okazaki, S., Nakamoto, T., Nagasaki, T., Kakimoto, N., Murayama, T., & Tanimoto, K. (2024). Image preprocessing

with contrast-limited adaptive histogram equalization improves the segmentation performance of deep learning for the articular disk of the temporomandibular joint on magnetic resonance images. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology and Oral Radiology*, 138(1), 128–141. <https://doi.org/10.1016/j.oooo.2023.01.016>