

SKRIPSI

**EVALUASI KOMPARATIF METODE PENINGKATAN CITRA
EnlightenGAN DAN CLAHE UNTUK DETEKSI MARKA JALAN PADA
MALAM HARI**



DISUSUN OLEH:

BIMA AGUNG SAPUTRA

223020503060

JURUSAN TEKNIK INFORMATIKA

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS PALANGKA RAYA

2025

**EVALUASI KOMPARATIF METODE PENINGKATAN CITRA EnlightenGAN DAN CLAHE
UNTUK DETEKSI MARKA JALAN PADA MALAM HARI**

SKRIPSI

Sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan Program Strata-1 pada Jurusan Teknik Informatika Fakultas
Teknik Universitas Palangka Raya

Oleh

BIMA AGUNG SAPUTRA

223020503060

Telah dipertahankan di depan tim penguji, pada :

Hari/Tanggal : Selasa, 04 Juni 2026

Waktu : 14:30-16:00 WIB

Tempat : Ruang Ujian 1

1. NAHUMI NUGRAHANINGSIH, S.T., M.T., Ph.D. 
NIP. 19791009 200801 2 016 (Ketua Penguji)
2. RESSA PRISKILA, S.T., M.T.
NIP. 19940301 201903 2 016 (Pembimbing Utama/Pertama)
3. DRS. JADIAMAN PARHUSIP, M.KOM.
NIP. 19630423 198502 1 001 (Pembimbing Pendamping/Kedua)
4. LIYANDO HERMAWAN HASIBUAN, S.T., M.KOM. 
NIP. 19960722 202406 1 001 (Anggota)

Mengetahui :

**Jurusan / Program Studi Teknik Informatika
Fakultas Teknik Universitas Palangka Raya
Ketua Jurusan,**



**ARIELA LESTARI, S.Kom., M.Cs., Ph.D.
NIP. 19800322 200501 2 004**

HALAMAN PERNYATAAN

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa dalam Skripsi ini tidak terdapat karya ilmiah yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu Perguruan Tinggi, serta tidak terdapat karya ilmiah atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan orang lain, kecuali secara tertulis diacu dalam Skripsi ini dan disebutkan dalam Tinjauan Pustaka.

Palangka Raya, 10 Juni 2026



BIMA AGUNG SAPUTRA

223020503060

RIWAYAT PENYUSUN

Nama	: Bima Agung Saputra
NIM	: 223020503060
Fakultas	: Teknik
Jurusan/Program Studi	: Teknik Informatika
Jenjang	: Strata 1 (S-1)
Jenis Kelamin	: Laki-laki
Tempat, Tanggal Lahir	: Lumajang, 22 Maret 2003
Agama	: Islam
Status Dalam Keluarga	: Kandung
Anak Ke	: 3
Alamat	: Jl. BULAK INDAH III NO. 62A JAKARTA TIMUR
No Telepon/HP	: 081310316947



Data Orang Tua

Nama Ayah	: BAMBANG DJUNAIDI (Alm)
Pekerjaan Ayah	: -
Nama Ibu	: RIRIN YULIANI
Pekerjaan Ibu	: Ibu Rumah Tangga
Alamat Orang Tua	: Jl. BULAK INDAH III NO. 62A JAKARTA TIMUR
No.HP Orang Tua	: 085218286659

Riwayat Pendidikan

SD	: SDN Tanjung Barat Pagi 04 (Tahun Lulus 2016)
SMP	: SMPN 239 Jakarta (Tahun Lulus 2019)
SMA	: SMAN 88 Jakarta (Tahun Lulus 2022)

Palangka Raya 10 Juni 2026

BIMA AGUNG SAPUTRA
223020503060

HALAMAN PERSEMBAHAN

Dengan segala kerendahan hati dan penuh rasa syukur, penulis mengucapkan puji dan syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa atas kasih, berkat, serta penyertaanNya yang senantiasa menyertai setiap langkah penulis hingga skripsi ini dapat diselesaikan. Sebagai ungkapan rasa terima kasih dan penghargaan yang tulus, penulis mempersembahkan karya ini kepada:

1. Orang tua tercinta, khususnya Ibu yang selalu memberikan kasih sayang, doa, dukungan, semangat, dan pengorbanan yang tiada henti sehingga penulis dapat menyelesaikan pendidikan dan skripsi ini dengan baik, serta almarhum Ayah yang senantiasa menjadi inspirasi dan motivasi dalam kehidupan penulis.
2. Ibu Ressa Priskila, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing Utama dan Bapak Drs. Jadianan Parhusip, M.Kom. selaku Dosen Pembimbing Pendamping yang senantiasa memberikan bimbingan, arahan, masukan, serta dukungan kepada penulis dengan penuh kesabaran selama proses penyusunan skripsi ini hingga selesai.
3. Ibu Nahumi Nugrahaningsih, S.T., M.T., Ph.D. selaku Ketua Penguji dan Bapak Septian Geges, S.Kom., M.Kom. selaku Dosen Penguji yang telah meluangkan waktu untuk memberikan evaluasi, kritik, dan saran yang berharga sehingga meningkatkan kualitas dari skripsi ini.
4. Teman-teman seperjuangan di lingkungan kampus yang telah menemani, membantu, berbagi pengalaman, serta saling memberikan dukungan dan motivasi selama proses penyusunan tugas akhir ini hingga dapat diselesaikan dengan baik.

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa atas segala rahmat, kasih karunia, serta penyertaan-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Evaluasi Komparatif Metode Peningkatan Citra EnlightenGAN dan CLAHE untuk Deteksi Marka Jalan pada Malam Hari” dengan baik.

Skripsi ini membahas evaluasi komparatif dua metode *Low-Light Image Enhancement* (LLIE), yaitu *Contrast Limited Adaptive Histogram Equalization* (CLAHE) dan EnlightenGAN, sebagai tahap *preprocessing* pada deteksi marka jalan kondisi malam hari menggunakan model YOLOv8l. Penelitian dilakukan dengan memanfaatkan dataset Taiwan Road Marking Sign Dataset at Night (TRMSDN) untuk menganalisis pengaruh kedua metode terhadap performa deteksi, dengan dataset asli atau dataset tanpa *enhancement* sebagai *baseline*.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih memiliki keterbatasan dan jauh dari sempurna. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun guna perbaikan dan pengembangan penelitian di masa mendatang. Akhir kata, penulis berharap skripsi ini dapat memberikan manfaat serta menjadi referensi yang berguna bagi pengembangan ilmu pengetahuan, khususnya di bidang pengolahan citra digital, *computer vision*, dan *machine learning*.

Palangka Raya, 10 Juni 2026



BIMA AGUNG SAPUTRA

223020503060

**EVALUASI KOMPARATIF METODE PENINGKATAN CITRA
EnlightenGAN DAN CLAHE UNTUK DETEKSI MARKA JALAN PADA
MALAM HARI**

BIMA AGUNG SAPUTRA (223020503060)

Jurusan Teknik Informatika Fakultas Teknik Universitas Palangka Raya Kampus
Tanjung Nyaho Jl. Yos Sudarso, Palangka Raya 73112

Email: bimagung2203@gmail.com

ABSTRAK

Keselamatan berkendara pada kondisi minim cahaya sangat bergantung pada keterbacaan marka jalan, baik oleh pengemudi maupun sistem *Advanced Driver Assistance System* (ADAS). Penelitian ini bertujuan untuk membandingkan efektivitas metode peningkatan citra klasik berbasis histogram, yaitu *Contrast Limited Adaptive Histogram Equalization* (CLAHE), dengan metode deep learning berbasis *Generative Adversarial Network* (GAN), yaitu EnlightenGAN, sebagai tahap pra-proses dalam meningkatkan kinerja deteksi marka jalan pada kondisi minim cahaya menggunakan model YOLOv8 varian *large* (YOLOv8l).

Dataset yang digunakan adalah *Taiwan Road Marking Sign Dataset at Night* (TRMSDN) dengan 3.569 citra dan 12 kelas marka jalan. Tiga model dilatih secara terpisah menggunakan dataset original, dataset hasil *enhancement* CLAHE, dan EnlightenGAN dengan konfigurasi yang identik, kemudian dievaluasi menggunakan metrik *precision*, *recall*, mAP@50, dan uji *paired t-test*.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa metode CLAHE dan EnlightenGAN memberikan pengaruh yang bervariasi terhadap performa deteksi marka jalan pada kondisi minim cahaya menggunakan YOLOv8l. EnlightenGAN memperoleh nilai mAP@50 tertinggi sebesar 0,687, diikuti dataset original sebesar 0,683 dan CLAHE sebesar 0,680. Selain itu, EnlightenGAN menghasilkan *precision* tertinggi, sedangkan CLAHE memiliki *recall* tertinggi. Namun, hasil *paired t-test* menunjukkan bahwa sebagian besar perbedaan performa antar metode tidak signifikan secara statistik pada tingkat signifikansi $\alpha = 0,05$ akibat tingginya variasi performa antar *seed*.

Kata kunci: Marka Jalan, EnlightenGAN, CLAHE, YOLOv8, *Low-Light Image Enhancement* (LLIE), ADAS.

**COMPARATIVE EVALUATION OF *EnlightenGAN* AND CLAHE IMAGE
ENHANCEMENT METHODS FOR ROAD MARKING DETECTION AT
NIGHT**

BIMA AGUNG SAPUTRA (223020503060)

*Department of Informatics Engineering, Faculty of Engineering, Universitas of
Palangka Raya, Tanjung Nyaho Campus, St. Yos Sudarso, Palangka Raya 73112*

Email: bimagung2203@gmail.com

ABSTRACT

Driving safety in low-light conditions relies heavily on the visibility of road markings, both for drivers and Advanced Driver Assistance Systems (ADAS). This study aims to compare the effectiveness of a classical histogram-based image enhancement method, namely Contrast Limited Adaptive Histogram Equalization (CLAHE), with a deep learning-based method using Generative Adversarial Networks (GAN), namely EnlightenGAN, as preprocessing techniques to improve road marking detection performance with low-light condition using the YOLOv8 large variant (YOLOv8l).

The dataset used is the Taiwan Road Marking Sign Dataset at Night (TRMSDN), consisting of 3.569 images across 12 road marking classes. Three models were trained separately using the original dataset, the CLAHE-enhanced dataset, and the EnlightenGAN-enhanced dataset with identical configurations, then evaluated using precision, recall, mAP@50, and paired t-test.

The research results indicate that the CLAHE and EnlightenGAN methods have varying effects on the performance of road marking detection under low-light conditions using YOLOv8l. EnlightenGAN achieved the highest mAP@50 score of 0.687, followed by the original dataset with 0.683 and CLAHE with 0.680. In addition, EnlightenGAN produced the highest precision, while CLAHE achieved the highest recall. However, the paired t-test results showed that most performance differences among the methods were not statistically significant at a significance level of $\alpha = 0.05$ due to the high variability in model performance across different random seeds.

Keywords: Road Marking, EnlightenGAN, CLAHE, YOLOv8, Low-Light Image Enhancement (LLIE), ADAS.

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN.....	II
HALAMAN PERNYATAAN.....	III
RIWAYAT PENYUSUN.....	IV
HALAMAN PERSEMBAHAN	V
KATA PENGANTAR	VI
ABSTRAK	VII
ABSTRACT	VIII
DAFTAR ISI.....	IX
DAFTAR GAMBAR	XII
DAFTAR TABEL	XIV
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 LATAR BELAKANG	1
1.2 RUMUSAN MASALAH	3
1.3 BATASAN MASALAH.....	3
1.4 TUJUAN PENELITIAN	4
1.5 MANFAAT PENELITIAN	5
1.6 SISTEMATIKA PENULISAN	5
1.7 JADWAL PENELITIAN	6
BAB II LANDASAN TEORI	7
2.1 TINJAUAN PUSTAKA	7
2.2 MARKA JALAN	11
2.2.1 <i>Belok Kanan / Turn Right</i>	13
2.2.2 <i>Belok Kiri / Turn Left</i>	14
2.2.3 <i>Lurus Terus / Go Straight</i>	15
2.2.4 <i>Belok Kanan atau Lurus</i>	16

2.2.5	<i>Belok Kiri atau Lurus</i>	17
2.2.6	<i>Batas Kecepatan (60km/h)</i>	18
2.2.7	<i>Zebra Cross</i>	19
2.2.8	<i>Melambat</i>	20
2.2.9	<i>Dilarang Menyalip</i>	21
2.2.10	<i>Garis Pemisah Jalur</i>	22
2.2.11	<i>Cross Hatch</i>	23
2.2.12	<i>Garis Setop / Stop Line</i>	24
2.3	IMAGE ENHANCEMENT.....	25
2.3.1	<i>CLAHE</i>	26
2.3.2	<i>Arsitektur Generator EnlightenGAN</i>	27
2.4	YOLO.....	28
2.4.1	<i>Arsitektur YOLOv8</i>	30
2.5	EVALUASI.....	34
2.5.1	<i>Confusion Matrix</i>	34
2.5.2	<i>Presisi</i>	35
2.5.3	<i>Recall</i>	35
2.5.4	<i>Intersection Over Union (IoU)</i>	35
2.5.5	<i>Mean Average Precision (mAP)</i>	36
2.5.6	<i>Paired T-test</i>	37
BAB III METODOLOGI PENELITIAN		40
3.1	PENGUMPULAN DATASET	41
3.2	PREPROCESSING DATASET	42
3.2.1	<i>Pembagian Dataset</i>	42
3.2.2	<i>Pelabelan & Anotasi Dataset Validasi</i>	43
3.2.3	<i>Peningkatan Citra dengan EnlightenGAN dan CLAHE</i>	43
3.3	PELATIHAN MODEL	45
3.4	EVALUASI KINERJA MODEL.....	46
3.4.1	<i>Evaluasi Akurasi</i>	46
3.4.2	<i>Analisis Statistik Menggunakan Uji Paired T-test</i>	46

3.4.3	<i>Visualisasi Hasil Evaluasi</i>	48
BAB IV PEMBAHASAN		49
4.1	PERSIAPAN DATASET	49
4.2	PREPROCESSING	50
4.2.1	<i>Pembagian Dataset</i>	50
4.2.2	<i>Pelablean & Anotasi Dataset Split Validasi</i>	52
4.2.3	<i>Peningkatan Citra dengan EnlightenGAN dan CLAHE</i>	53
4.3	PELATIHAN MODEL	59
4.4	EVALUASI KINERJA MODEL.....	63
4.4.1	<i>Evaluasi Akurasi</i>	63
4.4.2	<i>Analisis Statistik Menggunakan Uji Paired T-test</i>	72
4.4.3	<i>Visualisasi Hasil Evaluasi</i>	75
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN		80
5.1	KESIMPULAN.....	80
5.2	SARAN.....	81
DAFTAR PUSTAKA		83
LAMPIRAN		86

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Klasifikasi Marka Jalan	13
Gambar 2.2 Simbol Marka Jalan Belok Kanan.....	13
Gambar 2.3 Simbol Marka Jalan Belok Kiri.....	14
Gambar 2.4 Simbol Marka Jalan Lurus	15
Gambar 2.5 Simbol Jalan Lurus atau Belok Kanan	16
Gambar 2.6 Simbol Marka Jalan Lurus atau Belok Kiri.....	17
Gambar 2.7 Simbol Marka Batas Kecepatan 60 km/h.....	18
Gambar 2.8 Simbol Marka Jalan Zebra Cross	19
Gambar 2.9 Simbol Marka Jalan Melambat	20
Gambar 2.10 Simbol Marka Jalan Dilarang Menyalip	21
Gambar 2.11 Simbol Marka Jalan Pemisah Jalur	22
Gambar 2.12 Simbol Marka Jalan <i>Cross Hatch</i>	23
Gambar 2.13 Simbol Marka Jalan <i>Stop Line</i>	24
Gambar 2.14 Arsitektur Generator EnlightenGAN.....	27
Gambar 2.15 Arsitektur YOLOv8 (Sumber: Terven et al., 2023)	31
Gambar 2.16 <i>Confusion Matrix</i>	34
Gambar 3.1 Kerangka Kerja Penelitian	40
Gambar 3.2 Distribusi Kelas Dataset TRMSDN	41
Gambar 4.1 Distribusi Kelas Dataset TRMSDN	49
Gambar 4.2 Distribusi Dataset <i>Split Training</i>	50
Gambar 4.3 Distribusi Dataset <i>Split Validasi</i>	51
Gambar 4.4 Proses Anotasi & Pelabelan menggunakan Roboflow	52
Gambar 4.5 Distribusi Kelas Sebelum dan Setelah Proses <i>Relabeling</i>	52
Gambar 4.6 Fungsi untuk <i>enhanced</i> citra menggunakan CLAHE.....	54
Gambar 4.7 Fungsi Pemrosesan Dataset Sebelum <i>Enhancement</i>	55
Gambar 4.8 Enhancement menggunakan EnlightenGAN	57
Gambar 4.9 Perbandingan Gambar Original, CLAHE, dan EnlightenGAN	58
Gambar 4.10 <i>Training</i> Model YOLOv8l dengan Dataset Original.....	60
Gambar 4.11 Perbandingan Presisi dan Recall Ketiga Metode.....	70

Gambar 4.12 Grafik AP@50 Per Kelas dan Keseluruhan	73
Gambar 4.13 Hasil <i>Confusion Matrix</i> dari Ketiga Metode pada <i>Seed</i> Terbaik.....	76

DAFTAR TABEL

Tabel 1.1 Jadwal Penelitian.....	6
Tabel 2.1 Konfigurasi Varian YOLOv8	33
Tabel 4.1 Hasil Akurasi YOLOv8l-Original	63
Tabel 4.2 Hasil Akurasi YOLOv8l-CLAHE	65
Tabel 4.3 Hasil Akurasi YOLOv8l-EnlightenGAN	67
Tabel 4.4 Perbandingan AP Per Kelas dan Hasil Paired T-test	72

DAFTAR PUSTAKA

- National Center for Statistics and Analysis. (2024, Juli). Rural/urban traffic fatalities: 2022 data (Traffic Safety Facts, Report No. DOT HS 813 599). National Highway Traffic Safety Administration.
- World Health Organization. (2023). Global status report on road safety 2023.
- TRB (Transportation Research Board). (2016). *Highway Capacity Manual*. Washington, DC: National Academies Press.
- Jocher, G., Chaurasiya, A., & Qiu, J. (2023, 27 Juni). YOLOv8 vs YOLOv5. Ultralytics. <https://docs.ultralytics.com/compare/yolov8-vs-yolov5>
- Aris Setiyadi, Ema Utami, & Dhani Ariatmanto. (2023). Analisa Kemampuan Algoritma YOLOv8 Dalam Deteksi Objek Manusia Dengan Metode Modifikasi Arsitektur. In *Jurnal Sains Komputer & Informatika (J-SAKTI)* (Vol. 7, Issue 2).
- Dewi, C., Chen, R.-C., Zhuang, Y.-C., & Manongga, W. E. (2024). Image Enhancement Method Utilizing YOLO Models to Recognize Road Markings at Night. *IEEE Access*, 12, 131065–131081. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2024.3440253>
- Gonzalez, R. C. ., & Woods, R. E. . (2018). *Digital image processing*. Pearson.
- Jiang, Y., Gong, X., Liu, D., Cheng, Y., Fang, C., Shen, X., Yang, J., Zhou, P., & Wang, Z. (2021). EnlightenGAN: Deep Light Enhancement Without Paired Supervision. *IEEE Transactions on Image Processing*, 30, 2340–2349. <https://doi.org/10.1109/TIP.2021.3051462>
- Liu, C., Wen, J., Huang, J., Lin, W., Wu, B., Xie, N., & Zou, T. (2024). Lightweight Underwater Object Detection Algorithm for Embedded Deployment Using Higher-Order Information and Image Enhancement. *Journal of Marine Science and Engineering*, 12(3), 506. <https://doi.org/10.3390/jmse12030506>

- Mohamed, A. T., Youssef, O. A., Awad, M. H., Prince, M., kamal, N. N., Nabil, N., Sobeh, M. S., & Elmenyaw, M. A. (2025). Integrating EnlightenGAN for enhancing car logo detection under challenging lighting conditions. *Multimedia Tools and Applications*, 84(28), 34529–34556. <https://doi.org/10.1007/s11042-024-20552-w>
- Padilla, R., Passos, W. L., Dias, T. L. B., Netto, S. L., & da Silva, E. A. B. (2021). A Comparative Analysis of Object Detection Metrics with a Companion Open-Source Toolkit. *Electronics*, 10(3). <https://doi.org/10.3390/electronics10030279>
- Sapkota, R., Ahmed, D., & Karkee, M. (2024). Comparing YOLOv8 and Mask R-CNN for instance segmentation in complex orchard environments. *Artificial Intelligence in Agriculture*, 13, 84–99. <https://doi.org/10.1016/j.aiia.2024.07.001>
- Silva, L. A., Leithardt, V. R. Q., Batista, V. F. L., Villarrubia González, G., & de Paz Santana, J. F. (2023). Automated Road Damage Detection Using UAV Images and Deep Learning Techniques. *IEEE Access*, 11, 62918–62931. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2023.3287770>
- Terven, J., & Cordova-Esparza, D. (2023). A Comprehensive Review of YOLO: From YOLOv1 and Beyond. *Computer Vision and Pattern Recognition*. <https://doi.org/10.3390/make5040083>
- Tran, D. Q., Aboah, A., Jeon, Y., Shoman, M., Park, M., & Park, S. (2024). *Low-Light Image Enhancement Framework for Improved Object Detection in Fisheye Lens Datasets*. <http://arxiv.org/abs/2404.10078>
- U.S. Department of Transportation, F. H. A. (2023). *Manual on Uniform Traffic Control Devices (11th ed.), Part 3: Markings*. https://mutcd.fhwa.dot.gov/kno_11th_Edition.htm
- Wang, J., Yang, P., Liu, Y., Shang, D., Hui, X., Song, J., & Chen, X. (2023). Research on Improved YOLOv5 for Low-Light Environment Object Detection. *Electronics*, 12(14), 3089. <https://doi.org/10.3390/electronics12143089>

Wang, X., Sun, L., Chehri, A., & Song, Y. (2023). A Review of GAN-Based Super-Resolution Reconstruction for Optical Remote Sensing Images. *Remote Sensing*, 15(20), 5062. <https://doi.org/10.3390/rs15205062>

OpenCV. (n.d.). Histogram equalization (Python tutorial). OpenCV Documentation. Retrieved October 3, 2025, from https://docs.opencv.org/4.x/d5/daf/tutorial_py_histogram_equalization.html

Zhang, Y., Carballo, A., Yang, H., & Takeda, K. (2023). Perception and sensing for autonomous vehicles under adverse weather conditions: A survey. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 196, 146–177. <https://doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2022.12.021>

Katakini. (2022, November 15). *Arti marka jalan dan rambu lalu lintas di Indonesia*. Katakini.com.

Huang, J., Rathod, V., Sun, C., Zhu, M., Korattikara, A., Fathi, A., Fischer, I., Wojna, Z., Song, Y., Guadarrama, S., & Murphy, K. (2017). Speed/Accuracy Trade-Offs for Modern Convolutional Object Detectors. 2017 IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR), 3296–3297. <https://doi.org/10.1109/CVPR.2017.351>