

**OPTIMALISASI *LATENT SPACE* PADA CNN *ENCODER-
DECODER* UNTUK KOMPRESI DAN EFISIENSI TRANSMISI
GAMBAR PADA KENDARAAN LISTRIK OTONOM**



SKRIPSI

diajukan untuk memenuhi sebagian syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik
(S.T.) pada Program Studi Sistem Telekomunikasi

Oleh:

Muhammad Iqbal Fauzan

2101072

**PROGRAM STUDI SISTEM TELEKOMUNIKASI
KAMPUS UPI DI PURWAKARTA
UNIVERSITAS PENDIDIKAN INDONESIA**

2025

LEMBAR HAK CIPTA

Optimalisasi *Latent Space* pada CNN *Encoder-Decoder* untuk Kompresi dan Efisiensi Transmisi Gambar pada Kendaraan Listrik Otonom

Oleh:
Muhammad Iqbal Fauzan

Sebuah skripsi yang diajukan untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar
Sarjana Teknik pada Program Studi Sistem Telekomunikasi

© **Muhammad Iqbal Fauzan**

Universitas Pendidikan Indonesia

2025

Hak Cipta dilindungi undang-undang. Skripsi ini tidak boleh diperbanyak
seluruhnya atau sebagian, dengan dicetak ulang, difoto kopi, atau cara lainnya
tanpa ijin dari penulis

LEMBAR PENGESAHAN

Skripsi dengan judul

OPTIMALISASI *LATENT SPACE* PADA CNN *ENCODER-DECODER* UNTUK KOMPRESI DAN EFISIENSI TRANSMISI GAMBAR PADA KENDARAAN LISTRIK OTONOM

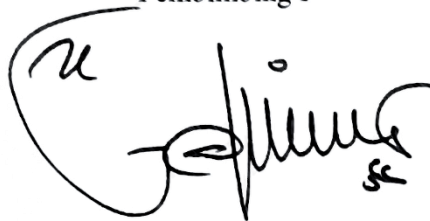
Oleh:

Muhammad Iqbal Fauzan

NIM. 2101072

Telah disetujui dan disahkan oleh pembimbing:

Pembimbing I



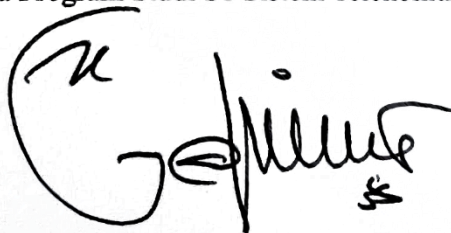
Galura Muhammad Suranegara, S.Pd., M.T.
NIP. 920190219920111101

Pembimbing II



Endah Setyowati, S.T., M.T.
NIP. 199209082024062002

Mengetahui,
Ketua Program Studi S1 Sistem Telekomunikasi



Galura Muhammad Suranegara, S.Pd., M.T.
NIP. 920190219920111101

PERNYATAAN BEBAS PLAGIARISME

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Muhammad Iqbal Fauzan

NIM : 2101072

Program Studi : Sistem Telekomunikasi

Dengan ini saya menyatakan bahwa skripsi dengan judul “**Optimalisasi *Latent Space* pada CNN *Encoder-Decoder* untuk Kompresi dan Efisiensi Transmisi Gambar pada Kendaraan Listrik Otonom**” ini beserta seluruh isinya adalah benar-benar karya saya sendiri. Saya tidak melakukan penjiplakan atau pengutipan dengan cara-cara yang tidak sesuai dengan etika ilmu yang berlaku dalam masyarakat keilmuan. Atas pernyataan ini, saya siap menanggung risiko/sanksi apabila di kemudian hari ditemukan adanya pelanggaran etika keilmuan atau ada klaim dari pihak lain terhadap keaslian karya saya ini.

Purwakarta, 12 Juni 2025

Yang menyatakan,

Muhammad Iqbal Fauzan

NIM. 2101072

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa atas limpahan rahmat, taufik, dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan skripsi yang berjudul *"Optimalisasi Latent Space pada CNN Encoder-Decoder untuk Kompresi dan Efisiensi Transmisi Gambar pada Kendaraan Listrik Otonom"* sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Sistem Telekomunikasi. Dalam kesempatan ini, penulis menyampaikan penghargaan dan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada semua pihak yang telah memberikan dukungan selama proses penyusunan skripsi ini. Ucapan terima kasih secara khusus penulis sampaikan kepada:

1. Bapak Galura Muhammad Suranegara, S.Pd., M.T., selaku dosen pembimbing utama, yang telah memberikan bimbingan, arahan, dan masukan secara intensif sejak tahap awal hingga akhir penelitian ini.
2. Ibu Endah Setyowati, S.T., M.T., selaku dosen pembimbing kedua, yang telah dengan sabar memberikan koreksi, saran, dan dukungan yang sangat berarti dalam penyempurnaan penulisan skripsi ini.
3. Bapak Arief Suryadi Satyawan, Ph. D., selaku mentor penelitian yang mewadahi dan membimbing saya dalam proses penelitian.
4. Orang Tua serta Keluarga Besar Penulis yang selalu memberikan berbagai bentuk dukungan dalam penyelesaian penelitian ini.
5. Alya Nur Septiani yang memberikan dukungan, serta semangat dalam proses penulisan skripsi.
6. Rekan peneliti BRIN yang turut memberikan saran dan masukan terhadap penelitian ini.
7. Badan Riset dan Inovasi Nasional Republik Indonesia yang memfasilitasi laboratorium untuk menyelesaikan penelitian ini.
8. Rekan-rekan mahasiswa Sistem Telekomunikasi yang telah memberikan semangat, diskusi, serta bantuan teknis yang membantu penulis dalam menyelesaikan berbagai tahap penelitian.
9. Seluruh dosen dan staf di lingkungan Universitas Pendidikan Indonesia yang telah memberikan ilmu dan fasilitas selama masa studi.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari sempurna. Oleh karena itu, saran dan kritik yang membangun sangat penulis harapkan untuk perbaikan di masa mendatang. Semoga karya ini dapat memberikan manfaat dan menjadi kontribusi kecil dalam pengembangan ilmu di bidang kompresi gambar dan efisiensi transmisi data.

Purwakarta, 12 Juni 2025

Yang menyatakan,

Muhammad Iqbal Fauzan

NIM. 2101072

ABSTRAK

Penelitian ini mengevaluasi performa model *encoder-decoder* berbasis Convolutional Neural Network untuk kompresi citra dalam konteks transmisi data berbitrate rendah seperti LoRa. Model dikembangkan untuk mengubah citra 80×80 piksel menjadi representasi *latent space* berbagai berukuran, dengan variasi pada segmen pengembangan dan lima jenis fungsi *loss*: MSE, MAE, SSIM, Gradient+MSE, dan Charbonnier. Sebanyak 20 model diuji terhadap tiga parameter utama: PSNR, ukuran *latent space*, dan estimasi waktu pengiriman dengan asumsi *bitrate* 37,5 kbps. Rata-rata ukuran *latent space* setelah encoding berada pada kisaran 640 hingga 1152 byte, yang berarti mengalami reduksi ukuran sebesar 89% hingga 94% dibanding gambar asli yang rerata ukurannya 10.820 byte. Kompresi tambahan menggunakan Blosc dan Zlib berhasil menurunkan ukuran *latent* hingga 15–20% lebih lanjut, tanpa penurunan PSNR yang signifikan. Penurunan ukuran ini berdampak langsung terhadap estimasi waktu pengiriman, yang dapat ditekan hingga di bawah 150 ms untuk beberapa model. Hasil ini memberikan gambaran terukur tentang pengaruh konfigurasi model dan kompresi tambahan *latent space* terhadap efisiensi representasi dan potensi penerapannya dalam sistem transmisi data sempit berbasis CNN.

Kata kunci: kompresi citra, CNN, *latent space*, PSNR, fungsi *loss*, Blosc, Zlib, LoRa

ABSTRACT

This research evaluates the performance of a Convolutional Neural Network (CNN)-based encoder-decoder model for image compression in the context of low-rate data transmission such as LoRa. The model is developed to transform an 80×80 pixel image into a latent space representation of various sizes, with variations in the development segment and five types of loss functions: MSE, MAE, SSIM, Gradient+MSE, and Charbonnier. A total of 20 models were tested against three main parameters: PSNR, latent space size, and estimated delivery time assuming a bitrate of 37.5 kbps. The average latent space size after encoding is in the range of 640 to 1152 bytes, which means a size reduction of 89% to 94% compared to the original image whose average size is 10,820 bytes. Additional compression using Blosc and Zlib managed to reduce the latent size by a further 15-20%, without a significant drop in PSNR. This size reduction has a direct impact on the estimated delivery time, which can be reduced to below 150 ms for some models. These results provide a quantified picture of the effect of model configuration and additional compression for latent space on representation efficiency and its potential application in CNN-based narrow data transmission systems.

Keywords: *image compression, CNN, latent space, PSNR, loss function, Blosc, Zlib, LoRa*

DAFTAR ISI

LEMBAR HAK CIPTA	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
PERNYATAAN BEBAS PLAGIARISME	iii
KATA PENGANTAR.....	iv
ABSTRAK	vi
ABSTRACT.....	vii
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR GAMBAR.....	x
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR SINGKATAN.....	xii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Ruang Lingkup Penelitian.....	3
1.5 Manfaat Penelitian	4
1.5.1 Manfaat Teoritis	4
1.5.2 Manfaat Praktis	4
1.5.3 Manfaat Aplikasi.....	5
BAB II KAJIAN PUSTAKA.....	6
2.1 Kompresi Gambar dengan CNN	6
2.2 <i>Encoder-Decoder</i> Berbasis CNN.....	7
2.3 Loss Function.....	9
2.3.1 MSE	10
2.3.2 MAE.....	10
2.3.3 SSIM	10
2.3.4 Gradient + MSE	11
2.3.5 Charbonnier.....	11
2.4 Kompresi Tambahan <i>Latent Space</i>	11
2.4.1 Blosc	11

2.4.2	Zlib	12
2.5	Kanal LoRa	12
BAB III METODE PENELITIAN		13
3.1	Jenis Penelitian.....	13
3.2	Alur Penelitian	13
3.2.1	Tinjauan Pustaka dan Analisis Kebutuhan.....	15
3.2.2	Pengumpulan Dataset.....	15
3.2.3	Perancangan Model.....	16
3.2.4	Pelatihan dan Evaluasi Model.....	21
3.2.5	Pengujian Model	23
3.2.6	Rekapitulasi Data	24
3.2.7	Analisis Data	24
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		25
4.1	Evaluasi Pelatihan Model	25
4.2	Evaluasi Pengujian Model	25
BAB V SIMPULAN DAN SARAN.....		34
5.1	Simpulan.....	34
5.2	Saran.....	35
DAFTAR PUSTAKA.....		36
LAMPIRAN.....		40
DAFTAR RIWAYAT PENULIS.....		46

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1 Alur Penelitian	14
Gambar 3.2 Gambaran umum alur sistem	16
Gambar 3.3 Arsitektur Model Dasar <i>Encoder-Decoder</i>	17
Gambar 4.2 Grafik perbandingan ukuran <i>latent space</i>	31

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Rincian Segmen Pengembangan.....	19
Tabel 3.2 Ketetapan nilai parameter untuk melatih model	21
Tabel 3.3 Spesifikasi perangkat dan <i>environment</i> pelatihan model.....	22
Tabel 4.1 Hasil pengukuran <i>training loss</i>	25
Tabel 4.3 Gambar Data Test untuk pengujian	26
Tabel 4.4 Hasil pengujian model	27

DAFTAR SINGKATAN

ADDIE	: <i>Analisis, Design, Development, Implementation, Evaluation</i>
BW	: <i>Bandwidth</i>
CNN	: <i>Convolutional Neural Network</i>
CR	: <i>Code Rate</i>
IoT	: <i>Internet of Things</i>
LoRa	: <i>Long Range</i>
MAE	: <i>Mean Absolute Error</i>
MSE	: <i>Mean Squared Error</i>
PSNR	: <i>Peak Signal-to-Noise Ratio</i>
<i>ReLU</i>	: <i>Rectified Linear Unit</i>
SE	: <i>Squeeze-and-Excitation</i>
SF	: <i>Spread Factor</i>
SSIM	: <i>Structural Similarity Index Measure</i>

DAFTAR PUSTAKA

- Abhiram, A., & Khetavath, S. (2025). Exploring the Use of Deep Learning Models for Image Compression in Embedded Systems: Encoder and Decoder Architectures. *Journal of Intelligent Systems and Internet of Things*, 15(1), 37–52. <https://doi.org/10.54216/JISIoT.150104>
- Alted, F. (2010). Why Modern CPUs Are Starving and What Can Be Done about It. *Computing in Science & Engineering*, 12(2), 68–71. <https://doi.org/10.1109/MCSE.2010.51>
- Baranitharan, B., Prabhkar, G., Chandran, K., Vairavel, D. K., Murugesan, R., & Gheisari, M. (2024). Revolutionizing Agriculture: A Comprehensive Review of IoT Farming Technologies. *Recent Advances in Computer Science and Communications*, 17. <https://doi.org/10.2174/0126662558296394240902040727>
- Bui, H., Finkel, H., Vishwanath, V., Habib, S., Heitmann, K., Leigh, J., Papka, M., & Harms, K. (2014). Scalable Parallel I/O on a Blue Gene/Q Supercomputer Using Compression, Topology-Aware Data Aggregation, and Subfiling. *2014 22nd Euromicro International Conference on Parallel, Distributed, and Network-Based Processing*, 107–111. <https://doi.org/10.1109/PDP.2014.60>
- Chan, J. C., Fahad, N., Goh, K. O. M., & Tee, C. (2024). Visual Analytic for Traffic Impact Assessment. *JOIV : International Journal on Informatics Visualization*, 8(3), 1176. <https://doi.org/10.62527/joiv.8.3.2314>
- Du, Z. (2024). Review of Convolutional Neural Network. *Science and Technology of Engineering, Chemistry and Environmental Protection*, 1(9). <https://doi.org/10.61173/1xfrez14>
- Gailly, J., & Adler, M. (2004). *Zlib compression library*. <http://www.dspace.cam.ac.uk/handle/1810/3486>
- Gupta, K., Faria, K., & Mehta, V. (2024). *Learning-Based Image Compression for Machines* (Versi 1). arXiv. <https://doi.org/10.48550/ARXIV.2409.19184>

- Hwang, J., Yu, C., & Shin, Y. (2020). SAR-to-Optical Image Translation Using SSIM and Perceptual Loss Based Cycle-Consistent GAN. *2020 International Conference on Information and Communication Technology Convergence (ICTC)*, 191–194.
<https://doi.org/10.1109/ICTC49870.2020.9289381>
- Jadhav, A. R., & Rajalakshmi, P. (2019). A Novel PHY Layer Approach for Enhanced Data Rate in LoRa using Adaptive Symbol Periods. *2019 IEEE International Conference on Advanced Networks and Telecommunications Systems (ANTS)*, 1–6. <https://doi.org/10.1109/ANTS47819.2019.9118145>
- Ji, R., & Karam, L. J. (2023). *Learning-based Visual Compression*. Now Publishers. <https://doi.org/10.1561/9781638281139>
- Kumar, G., & Godihal, J. H. (2024). IoT in Logistics and Transportation. Dalam Dr. J. H. Godihal (Ed.), *Connected Horizons Exploring IoT Applications in Infrastructure | Agriculture | Environment and Design* (First, hlm. 54–62). Iterative International Publishers, Selfypage Developers Pvt Ltd.
<https://doi.org/10.58532/nbennurcech6>
- Laakom, F., Raitoharju, J., Iosifidis, A., & Gabbouj, M. (2022). Reducing Redundancy in the Bottleneck Representation of Autoencoders. *SSRN Electronic Journal*. <https://doi.org/10.2139/ssrn.4255414>
- Lee, G., Park, E., Park, M., Paek, J., & Bahk, S. (2024). BIC-LoRa: Bits in Chirp Shapes to Boost Throughput in LoRa. *2024 23rd ACM/IEEE International Conference on Information Processing in Sensor Networks (IPSN)*, 237–248. <https://doi.org/10.1109/IPSN61024.2024.00024>
- More, P. A., & Patel, Z. M. (2023). LoRaWAN Performance Analysis with Data Rate. *2023 1st International Conference on Cognitive Computing and Engineering Education (ICCCEE)*, 1–5.
<https://doi.org/10.1109/ICCCEE55951.2023.10424626>
- Moschella, L. (2024). *Latent Communication in Artificial Neural Networks* (Version 1). arXiv. <https://doi.org/10.48550/ARXIV.2406.11014>
- Prabhu, A., Chowdhary, S., Narayanan, S. J., & Perumal, B. (2021). Image Compression and Reconstruction Using Encoder–Decoder Convolutional

- Neural Network. Dalam S. C. Satapathy, V. Bhateja, B. Janakiramaiah, & Y.-W. Chen (Ed.), *Intelligent System Design* (Vol. 1171, hlm. 845–855). Springer Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-15-5400-1_80
- Rekha, K. B., & S, S. (2022). *Hybrid Image Compression technique using Deep Learning model for enhanced reliability and data transmission*. In Review. <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-1715642/v1>
- Robeson, S. M., & Willmott, C. J. (2023). Decomposition of the mean absolute error (MAE) into systematic and unsystematic components. *PLOS ONE*, 18(2), e0279774. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0279774>
- Sara, U., Akter, M., & Uddin, M. S. (2019). Image Quality Assessment through FSIM, SSIM, MSE and PSNR—A Comparative Study. *Journal of Computer and Communications*, 07(03), 8–18. <https://doi.org/10.4236/jcc.2019.73002>
- Sharma, P., Sharma, S., & Goyal, A. (2016). An MSE (mean square error) based analysis of deconvolution techniques used for deblurring/restoration of MRI and CT Images. *Proceedings of the Second International Conference on Information and Communication Technology for Competitive Strategies*, 1–5. <https://doi.org/10.1145/2905055.2905257>
- Shi, Y., Yi, H., Zhang, X., Xu, L., & Lan, J. (2024). Image Super-Resolution Reconstruction Based on Enhanced Attention Mechanism and Gradient Correlation Loss. *IEEE Access*, 12, 110078–110087. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2024.3439542>
- Subramanian, S. (2024). IoT and Edge Computing for Smart Manufacturing: Architecture and Future Trends. *International Journal of Engineering and Computer Science*, 13(10), 26504–26522. <https://doi.org/10.18535/ijecs/v13i10.4922>
- Sun, Y., Hu, J., Liu, Y., & Tian, Z. (2017). Theoretical Analysis and Performance Testing of LoRa Technology. *2017 International Conference on Computer Technology, Electronics and Communication (ICCTEC)*, 686–690. <https://doi.org/10.1109/ICCTEC.2017.00153>

- Wang, H., Zhao, B., Liu, X., Pan, R., Pang, S., & Song, J. (2024). An Adaptive Data Rate Algorithm for Power-Constrained End Devices in Long Range Networks. *Mathematics*, 12(21), 3371. <https://doi.org/10.3390/math12213371>
- Xu, S., Qi, M., Wang, X., Zhao, H., Hu, Z., & Sun, H. (2022). A Positive-Unlabeled Generative Adversarial Network for Super-Resolution Image Reconstruction Using a Charbonnier Loss. *Traitement du Signal*, 39(3), 1061–1069. <https://doi.org/10.18280/ts.390333>