

***MODIFIED SUPER-RESOLUTION GENERATIVE
ADVERSARIAL NETWORK (MSRGAN): OPTIMASI UNTUK
TRANSMISI GAMBAR PADA SISTEM KENDARAAN
LISTRIK OTONOM BERBASIS LORA***



SKRIPSI

Diajukan untuk memenuhi sebagian syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik
pada Program Studi Sistem Telekomunikasi

Oleh:

Haifa Nisa Anwari

2104734

**PROGRAM STUDI SISTEM TELEKOMUNIKASI
KAMPUS UPI DI PURWAKARTA
UNIVERSITAS PENDIDIKAN INDONESIA
2025**

LEMBAR HAK CIPTA

***Modified Super-Resolution Generative Adversarial
Network (MSRGAN): Optimasi untuk Transmisi Gambar pada Sistem
Kendaraan Listrik Otonom Berbasis LoRa***

Oleh

Haifa Nisa Anwari

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

© **Haifa Nisa Anwari**

Universitas Pendidikan Indonesia

2025

Hak cipta dilindungi undang-undang.

Skripsi ini tidak boleh diperbanyak seluruhnya atau sebagian dengan dicetak
ulang, difotokopi atau cara lainnya tanpa izin dari penulis.

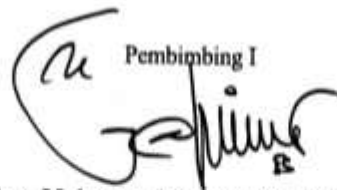
LEMBAR PENGESAHAN

Haifa Nisa Anwari

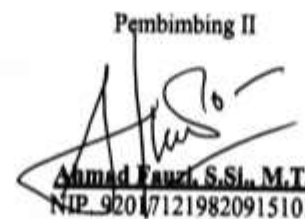
2104734

***MODIFIED SUPER-RESOLUTION GENERATIVE ADVERSARIAL
NETWORK (MSRGAN): OPTIMASI UNTUK TRANSMISI GAMBAR
PADA SISTEM KENDARAAN LISTRIK OTONOM BERBASIS LORA***

Disetujui dan disahkan oleh pembimbing:

Pembimbing I


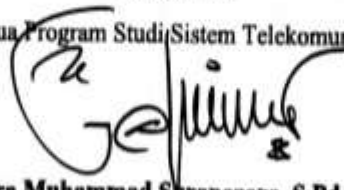
Galura Muhammad Suranegara, S.Pd., M.T.
NIP. 920190219920111101

Pembimbing II


Ahmad Fauzi, S.Si., M.T.
NIP. 920171219820915101

Mengetahui

Ketua Program Studi Sistem Telekomunikasi



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

PERNYATAAN BEBAS PLAGIARISME

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Haifa Nisa Anwari

NIM : 2104734

Program Studi : Sistem Telekomunikasi

Judul Karya : *Modified Super-Resolution Generative Adversarial Network*
(MSRGAN): Optimasi untuk Transmisi Gambar pada Sistem
Kendaraan Listrik Otonom Berbasis LoRa

Dengan ini menyatakan bahwa karya tulis ini merupakan hasil kerja saya sendiri.

Saya menjamin bahwa seluruh isi karya ini, baik sebagian maupun keseluruhan, bukan merupakan plagiarisme dari karya orang lain, kecuali pada bagian yang telah dinyatakan dan disebutkan sumbernya dengan jelas.

Jika di kemudian hari ditemukan pelanggaran terhadap etika akademik atau unsur plagiarisme, saya bersedia menerima sanksi sesuai peraturan yang berlaku di Universitas Pendidikan Indonesia.

[Purwakarta, 14 April 2025]

Haifa Nisa Anwari

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT atas segala rahmat, karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul **“Modified Super-Resolution Generative Adversarial Network (MSRGAN): Optimasi untuk Transmisi Gambar pada Sistem Kendaraan Listrik Otonom Berbasis LoRa”** sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Sistem Telekomunikasi, Universitas Pendidikan Indonesia.

Penulis menyadari bahwa penyusunan tugas akhir ini tidak terlepas dari dukungan, bantuan, dan arahan berbagai pihak. Oleh karena itu, dengan penuh rasa syukur, penulis menyampaikan apresiasi dan terima kasih yang sebesar-besarnya atas segala bentuk dukungan, bantuan, serta doa yang telah diberikan selama proses penelitian dan penulisan skripsi ini. Secara khusus, penulis menyampaikan terima kasih kepada:

1. Bapak Arief Suryadi Satyawati, M.T., D.Eng., selaku pembimbing lapangan yang telah memberikan arahan, bimbingan, serta ilmu yang sangat bermanfaat selama kegiatan magang riset MBKM BRIN serta dalam proses penyusunan tugas akhir ini.
2. Bapak Galura Muhammad Suranegara, S.Pd., M.T., selaku Kepala Program Studi Sistem Telekomunikasi sekaligus Dosen Pembimbing I, atas arahan, bimbingan, dan motivasi yang telah diberikan selama proses penyusunan skripsi ini.
3. Bapak Ahmad Fauzi, S.Si., M.T., selaku wali dosen sekaligus Dosen Pembimbing II, atas kesabaran, dukungan, serta bimbingan yang terus menerus hingga skripsi ini dapat terselesaikan dengan baik.
4. Ibu dan Bapak tercinta yang telah memberikan kasih sayang tanpa batas, menyilipkan doa-doa tulus di setiap sujudnya, serta menjadi sumber kekuatan dan motivasi terbesar ketika penulis berada di titik terendah.
5. Adik tersayang yang selalu sigap dan tulus membantu penulis di saat penulis sangat membutuhkan dukungan.

6. Seluruh keluarga besar penulis yang selalu menunjukkan kebanggaan dan memberikan semangat dalam setiap langkah penulis.
7. Para sahabat penulis yaitu Arbi Rizky Fadilah, Melisa Aditya Chandra, Egi Kurnia Ramadina, Awanda Putri Aulia, Sri Derima, Aisyah Zabina Aulia, Siti Annisa Malakiano, Anindya Afina Carmelya, Carissa Elfrida, Faadhilah Andini, Faza Naura, Wafa Nafisah, Renisa Nur Kamelia Putri, Zahwa Dwi Putri, Aulia Madani, Hara, dan Naz, serta semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu, atas dukungan, semangat, dan kebersamaan yang diberikan selama proses penulisan skripsi.
8. Bu Enung, selaku Ibu kos yang senantiasa memberikan semangat dan memastikan penulis dalam keadaan sehat.
9. Seluruh dosen dan staf Program Studi Sistem Telekomunikasi yang telah memberikan ilmu, pengalaman, serta dukungan selama penulis menjalani masa studi.
10. Teman-teman seperjuangan di Program Studi Sistem Telekomunikasi angkatan 2021 yang telah menjadi bagian penting dalam perjalanan akademik penulis.

Semua bantuan dan dukungan yang diberikan telah menjadi bagian yang tak terpisahkan dari proses penyusunan tugas akhir ini. Penulis juga menyadari bahwa tugas akhir ini masih banyak kekurangan baik dari penelitian ataupun penyusunannya. Oleh karena itu, penulis sangat mengharapkan kritik dan saran untuk perbaikan tugas akhir ini.

Semoga tugas akhir ini dapat memberikan manfaat bagi perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi bagi siapapun yang membacanya.

Purwakarta, 14 April 2025

Haifa Nisa Anwari

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan mengoptimalkan *Modified Super-Resolution Generative Adversarial Network* (MSRGAN) untuk meningkatkan efisiensi transmisi gambar pada kendaraan listrik otonom berbasis teknologi *Long Range* (LoRa). Keterbatasan *data rate* pada LoRa membatasi kemampuan pengiriman gambar beresolusi tinggi, yang krusial untuk navigasi dan analisis lingkungan. MSRGAN dikembangkan untuk meningkatkan resolusi gambar berukuran 40×40 piksel menjadi 800×800 piksel tanpa kehilangan detail penting. Optimalisasi dilakukan melalui variasi jumlah dan dimensi kapsul pada *generator*, penerapan arsitektur residual dan non-residual, serta eksplorasi *perceptual loss function*. Hasil eksperimen menunjukkan bahwa modifikasi MSRGAN mampu mencapai nilai PSNR tertinggi sebesar 25,89 dB dan SSIM tertinggi sebesar 0,95, yang mencerminkan peningkatan kualitas gambar secara signifikan. Temuan ini membuktikan bahwa optimasi MSRGAN efektif dalam mendukung transmisi gambar beresolusi tinggi untuk aplikasi kendaraan listrik otonom berbasis LoRa.

Kata kunci: MSRGAN, Kendaraan listrik otonom, LoRa, Super-resolusi, Loss perseptual, Efisiensi transmisi gambar

ABSTRACT

This research aims to optimize the Modified Super-Resolution Generative Adversarial Network (MSRGAN) to enhance image transmission efficiency in Long Range (LoRa) technology-based autonomous electric vehicles. The limitation of the data rate on LoRa restricts the ability to transmit high-resolution images, which is crucial for navigation and environmental analysis. MSRGAN was developed to enhance the resolution of 40×40 pixel images to 800×800 pixels without losing important details. Optimization was carried out through variations in the number and dimensions of capsules in the generator, the application of residual and non-residual architectures, and the exploration of perceptual loss functions. The experimental results show that the modified MSRGAN is capable of achieving the highest PSNR value of 25.89 dB and the highest SSIM value of 0.95, reflecting a significant improvement in image quality. These findings prove that the optimization of MSRGAN is effective in supporting the transmission of high-resolution images for LoRa-based autonomous electric vehicle applications.

Keywords: *MSRGAN, Autonomous electric vehicles, LoRa, Super-resolution, Perceptual loss, Image transmission efficiency*

DAFTAR ISI

LEMBAR HAK CIPTA.....	ii
LEMBAR PENGESAHAN	iii
PERNYATAAN BEBAS PLAGIARISME	iv
KATA PENGANTAR.....	v
ABSTRAK	vii
ABSTRACT	viii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR.....	xi
DAFTAR TABEL	xii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang Penelitian	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian	2
1.4 Manfaat Penelitian	2
1.4.1 Manfaat Teoritis	2
1.4.2 Manfaat Praktis.....	2
1.5 Ruang Lingkup Penelitian.....	2
BAB II KAJIAN PUSTAKA	3
2.1 Kendaraan Listrik Otonom.....	3
2.2 LPWAN	5
2.2.1 LoRa	6
2.3 <i>Super-Resolution Generative Adversarial Network (SRGAN)</i>	6
2.4 MSRGAN.....	7
2.4.1 Pendekatan Arsitektur MSRGAN.....	8
2.4.2 <i>Loss Function</i>	13
2.5 Metrik Evaluasi	14
2.5.1 PSNR	14
2.5.2 SSIM	14
2.6 Penelitian Yang Relevan	16

BAB III METODE PENELITIAN	18
3.1 Jenis Penelitian.....	18
3.2 Lingkungan Komputasi.....	18
3.3 Tahapan Penelitian.....	19
3.3.1 Perumusan Masalah	19
3.3.2 Studi Literatur	19
3.3.3 Pengumpulan Data.....	20
3.3.4 Praproses Data	20
3.3.5 Rancangan Model MSRGAN	21
3.3.6 Modifikasi Model MSRGAN	25
3.3.7 Metode Pengujian	31
3.3.8 Analisis Komparatif Hasil Pengujian	32
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	33
4.1 Hasil Penelitian	33
4.1.1 Hasil <i>Training</i>	33
4.1.2 Hasil <i>Testing</i>	35
4.2 Pembahasan.....	47
4.2.1 Analisis <i>Generator Loss</i> dan <i>Discriminator Loss</i>	47
4.2.2 Pengaruh Penggunaan Jumlah dan Dimensi Kapsul	47
4.2.3 Pengaruh Penggunaan Blok Residual dan non-Residual.....	48
4.2.4 Pengaruh Penggunaan Jenis <i>Perceptual Loss Function</i>	49
BAB V SIMPULAN DAN SARAN.....	52
5.1 Simpulan	52
5.2 Saran.....	52
DAFTAR PUSTAKA.....	53
LAMPIRAN.....	58
DAFTAR RIWAYAT PENULIS.....	68

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Tingkat otomasi berkendara SAE J3016.....	4
Gambar 2. 2 Arsitektur SRGAN	7
Gambar 2. 3 Arsitektur U-Net.....	9
Gambar 2. 4 Skema <i>attention mechanism</i>	10
Gambar 2. 5 Arsitektur FCNs	11
Gambar 3. 1 Tahapan Penelitian	19
Gambar 3. 2 Ilustrasi Arsitektur MSRGAN.....	22
Gambar 4. 1 Rata-rata PSNR dan SSIM Modifikasi 1, 4, 5, 6, 7, 8	36
Gambar 4. 2 Rata-rata PSNR dan SSIM Modifikasi 2, 9, 10, 11, 12, 13	37
Gambar 4. 3 Rata-rata PSNR dan SSIM Modifikasi 3, 14, 15, 16, 17, 18	37
Gambar 4. 4 Rata-rata PSNR dan SSIM Modifikasi 19, 20, 21, 22, 23, 24	38
Gambar 4. 5 Rata-rata PSNR dan SSIM Modifikasi 25, 26, 27, 28, 29, 30	39
Gambar 4. 6 Rata-rata PSNR dan SSIM Modifikasi 31, 32, 33, 34, 35, 36	40
Gambar 4. 7 Rata-rata PSNR dan SSIM Modifikasi 37, 38, 39, 40, 41, 42	41
Gambar 4. 8 Rata-Rata PSNR dan SSIM Modifikasi 43, 44, 45, 46, 47, 48	42
Gambar 4. 9 Rata-rata PSNR dan SSIM Modifikasi 49, 50, 51, 52, 52, 54	43
Gambar 4. 10 Rata-rata PSNR dan SSIM Modifikasi 55, 56, 57, 58, 59, 60	44
Gambar 4. 11 Rata-rata PSNR dan SSIM Modifikasi 61, 62, 63, 64, 65, 66	45
Gambar 4. 12 Rata-rata PSNR dan SSIM Modifikasi 67, 68, 69, 70, 71, 72	46
Gambar 4. 13 Rata-rata PSNR dan SSIM Modifikasi 73, 74, 75	46

DAFTAR TABEL

Tabel 3. 1 Arsitektur MSRGAN	23
Tabel 3. 2 Detail Modifikasi Model MSRGAN.....	25
Tabel 4. 1 Hasil training MSRGAN dan variasi modifikasinya	33

DAFTAR PUSTAKA

- Ahangar, M. N., Ahmed, Q. Z., Khan, F. A., & Hafeez, M. (2021). A Survey of Autonomous Vehicles: Enabling Communication Technologies and Challenges. *Sensors*, 21(3), 1–33. <https://doi.org/10.3390/s21030706>
- Alam, I. N., Kartowisastro, I. H., & Wicaksono, P. (2022). Transfer Learning Technique with EfficientNet for Facial Expression Recognition System. *Revue d'Intelligence Artificielle*, 36(4), 543–552. <https://doi.org/10.18280/ria.360405>
- AlTakrouri, S., Noor, N. M., Ahmad, N., Justinia, T., & Usman, S. (2023). Image Super-Resolution using Generative Adversarial Networks with EfficientNetV2. *International Journal of Advanced Computer Science and Applications*, 14(2), 879–887. <https://doi.org/10.14569/IJACSA.2023.01402100>
- Andre, H., Sugara, B. A., Baharuddin, B., Fernandez, R., & Pratama, R. W. (2021). Analisis Komunikasi Data Jaringan Nirkabel Berdaya Rendah Menggunakan Teknologi Long Range (LoRa) di Daerah Hijau Universitas Andalas. *Jurnal Ecotipe (Electronic, Control, Telecommunication, Information, and Power Engineering)*, 9(1), 1–7. <https://doi.org/10.33019/jurnalecotipe.v9i1.2480>
- Angarano, S., Salvetti, F., Martini, M., & Chiaberge, M. (2023). Generative Adversarial Super-Resolution at the edge with knowledge distillation. *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, 123, 1–14. <https://doi.org/10.1016/j.engappai.2023.106407>
- Badue, C., Guidolini, R., Carneiro, R. V., Azevedo, P., Cardoso, V. B., Forechi, A., Jesus, L., Berriel, R., Paixão, T. M., Mutz, F., de Paula Veronese, L., Oliveira-Santos, T., & De Souza, A. F. (2021). Self-driving cars: A survey. *Expert Systems with Applications*, 165, 1–24. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2020.113816>
- Bhatti, U. A., Tang, H., Wu, G., Marjan, S., & Hussain, A. (2023). Deep Learning with Graph Convolutional Networks: An Overview and Latest Applications in Computational Intelligence. *International Journal of Intelligent Systems*, 2023, 1–28. <https://doi.org/10.1155/2023/8342104>
- Broggi, A., Bertozzi, M., & Fascioli, A. (1999). ARGO and the MilleMiglia in Automatico Tour. *IEEE Intelligent Systems*, 14(1), 55–64. <https://doi.org/10.1109/5254.747906>
- Chollet, F. (2017). Xception: Deep Learning with Depthwise Separable Convolutions. *2017 IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR)*, 1800–1807. <https://doi.org/10.1109/CVPR.2017.195>

- Dai, T., Cai, J., Zhang, Y., Xia, S.-T., & Zhang, L. (2019). Second-Order Attention Network for Single Image Super-Resolution. *2019 IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR)*, 11057–11066. <https://doi.org/10.1109/CVPR.2019.01132>
- Gregor, R., Lutzeler, M., Pellkofer, M., Siedersberger, K.-H., & Dickmanns, E. D. (2002). EMS-Vision: a perceptual system for autonomous vehicles. *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, 3(1), 48–59. <https://doi.org/10.1109/6979.994795>
- Gupta, N., Singh, S., Singh, J., Mittal, A., & Joshi, G. (2024). *Investigations on Deep Learning Pre-trained Model Inception-V3 Using Transfer Learning for Remote Sensing Image Classification on Benchmark Datasets* (hlm. 223–234). https://doi.org/10.1007/978-981-99-9040-5_16
- He, K., Zhang, X., Ren, S., & Sun, J. (2016). Deep Residual Learning for Image Recognition. *2016 IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR)*, 770–778. <https://doi.org/10.1109/CVPR.2016.90>
- Hu, W., Ju, L., Du, Y., & Li, Y. (2024). A Super-Resolution Reconstruction Model for Remote Sensing Image Based on Generative Adversarial Networks. *Remote Sensing*, 16(8), 1460. <https://doi.org/10.3390/rs16081460>
- Huang, J., Fu, T., Zhu, W., & Luo, H. (2024). An Image Super-Resolution Network Using Multiple Attention Mechanisms. *2024 6th International Conference on Electronic Engineering and Informatics (EEI)*, 1398–1405. <https://doi.org/10.1109/EEI63073.2024.10696216>
- Irsyan Hasyim. (2025, Januari). *Lima Level Kendaraan Otonom, BRIN Kembangkan Level 3 dan 4*. Badan Riset dan Inovasi Nasional (BRIN). <https://www.tempo.co/sains/dari-5-level-kendaraan-otonom-brin-klaim-ada-di-antara-3-dan-4-1195748>
- Ledig, C., Theis, L., Huszar, F., Caballero, J., Cunningham, A., Acosta, A., Aitken, A., Tejani, A., Totz, J., Wang, Z., & Shi, W. (2017). Photo-Realistic Single Image Super-Resolution Using a Generative Adversarial Network. *2017 IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR)*, 105–114. <https://doi.org/10.1109/CVPR.2017.19>
- Lin, M., Chen, M., Zhang, Y., Shen, C., Ji, R., & Cao, L. (2023). Super Vision Transformer. *International Journal of Computer Vision*, 131(12), 3136–3151. <https://doi.org/10.1007/s11263-023-01861-3>
- Long, J., Shelhamer, E., & Darrell, T. (2015). Fully convolutional networks for semantic segmentation. *2015 IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR)*, 3431–3440. <https://doi.org/10.1109/CVPR.2015.7298965>

- Muchtar, H., Isyanto, H., & Prasetyo, I. (2022). Desain Pembuatan Alat Pemantauan Temperatur dan Kelembaban dengan Menggunakan Teknologi LoRa. *RESISTOR (Elektronika Kendali Telekomunikasi Tenaga Listrik Komputer)*, 5(2), 145–150. <https://doi.org/10.24853/resistor.5.2.145-150>
- Ondruš, J., Kolla, E., Vertaľ, P., & Šarić, Ž. (2020). How Do Autonomous Cars Work? *Transportation Research Procedia*, 44, 226–233. <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2020.02.049>
- Pattanaik, A., & Balabantaray, R. C. (2023). Enhancement of license plate recognition performance using Xception with Mish activation function. *Multimedia Tools and Applications*, 82(11), 16793–16815. <https://doi.org/10.1007/s11042-022-13922-9>
- Pramuditha, A. Z., Suroso, S., & Fadhli, M. F. (2024). Face Detection Dengan Model Arsitektur VGG 19 Pada Metode Convolutional Neural Network. *SISTEMASI*, 13(5), 1998. <https://doi.org/10.32520/stmsi.v13i5.4399>
- Rafifa Addin Sahirah, Lailil Muflikhah, & Budi Darma Setiawan. (2025). Deteksi Mutasi Kanker Paru Pada Citra CT-Scan Menggunakan Pre-Trained CNN-VGG19. *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi Dan Ilmu Komputer*, 9(4), 1–9.
- Ren, H., Kheradmand, A., El-Khamy, M., Wang, S., Bai, D., & Lee, J. (2020). Real-World Super-Resolution using Generative Adversarial Networks. *2020 IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition Workshops (CVPRW)*, 1760–1768. <https://doi.org/10.1109/CVPRW50498.2020.00226>
- Ronneberger, O., Fischer, P., & Brox, T. (2015). *U-Net: Convolutional Networks for Biomedical Image Segmentation* (hlm. 234–241). https://doi.org/10.1007/978-3-319-24574-4_28
- Sabour, S., Frosst, N., & Hinton, G. E. (2017). Dynamic Routing Between Capsules. *Advances in Neural Information Processing Systems 30 (NIPS 2017)*, 1–11.
- SAE International. (2018). *Taxonomy and Definitions for Terms Related to Driving Automation Systems for On-Road Motor Vehicles*. https://www.sae.org/standards/content/j3016_201806/
- Safi, H., Jehangiri, A. I., Ahmad, Z., Ala'anzy, M. A., Alramli, O. I., & Algarni, A. (2024). Design and Evaluation of a Low-Power Wide-Area Network (LPWAN)-Based Emergency Response System for Individuals with Special Needs in Smart Buildings. *Sensors*, 24(11), 1–28. <https://doi.org/10.3390/s24113433>

- Sajati, H. (2018). The Effect of Peak Signal to Noise Ratio (PSNR) Values on Object Detection Accuracy in Viola Jones Method. *Conference SENATIK STT Adisutjipto Yogyakarta*, 4, 1–8. <https://doi.org/10.28989/senatik.v4i0.139>
- 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>
- Sinha, D., & El-Sharkawy, M. (2019). Thin MobileNet: An Enhanced MobileNet Architecture. *2019 IEEE 10th Annual Ubiquitous Computing, Electronics & Mobile Communication Conference (UEMCON)*, 0280–0285. <https://doi.org/10.1109/UEMCON47517.2019.8993089>
- Souza, R., Bento, M., Nogovitsyn, N., Chung, K. J., Loos, W., Lebel, R. M., & Frayne, R. (2020). Dual-domain cascade of U-nets for multi-channel magnetic resonance image reconstruction. *Magnetic Resonance Imaging*, 71, 140–153. <https://doi.org/10.1016/j.mri.2020.06.002>
- Tan, M., & Le, Q. V. (2019). EfficientNet: Rethinking Model Scaling for Convolutional Neural Networks. *The Proceedings of Machine Learning Research*, 6105–6114.
- Thorpe, C., Herbert, M., Kanade, T., & Shafter, S. (1991). Toward autonomous driving: the CMU Navlab. II. Architecture and systems. *IEEE Expert*, 6(4), 44–52. <https://doi.org/10.1109/64.85920>
- Thrun, S., Montemerlo, M., Dahlkamp, H., Stavens, D., Aron, A., Diebel, J., Fong, P., Gale, J., Halpenny, M., Hoffmann, G., Lau, K., Oakley, C., Palatucci, M., Pratt, V., Stang, P., Strohband, S., Dupont, C., Jendrossek, L., Koelen, C., ... Mahoney, P. (2006). Stanley: The robot that won the DARPA Grand Challenge. *Journal of Field Robotics*, 23(9), 661–692. <https://doi.org/10.1002/rob.20147>
- Torres, A. P. A., Silva, C. B. Da, & Filho, H. T. (2021). An Experimental Study on the Use of LoRa Technology in Vehicle Communication. *IEEE Access*, 9, 26633–26640. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2021.3057602>
- Triningsi Tamo Ama, M., Rudatyo Himamunanto, A., & Christmass Setyawan, G. (2024). Peningkatan Resolusi Citra dengan Menggunakan Metode GAN untuk Aplikasi Peningkatan Gambar. *KESATRIA: Jurnal Penerapan Sistem Informasi (Komputer & Manajemen)*, 5(3), 1287–1296.
- Wulandari, M. (2017). Index Quality Assesment Citra Terinterpolasi (SSIM dan FSIM) . *Jurnal Terapan Teknologi Informasi*, 1(1), 11–20. <https://doi.org/10.21460/jutei.2017.11.5>

- Zadorozhnyy, V., Cheng, Q., & Ye, Q. (2021). Adaptive Weighted Discriminator for Training Generative Adversarial Networks. *2021 IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR)*, 4779–4788. <https://doi.org/10.1109/CVPR46437.2021.00475>
- Zhang, R., Isola, P., Efros, A. A., Shechtman, E., & Wang, O. (2018). The Unreasonable Effectiveness of Deep Features as a Perceptual Metric. *2018 IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*, 586–595. <https://doi.org/10.1109/CVPR.2018.00068>
- Zhang, Z., Zhao, X., & Yi, X. (2022). ASLNet: An Encoder-Decoder Architecture for Audio Splicing Detection and Localization. *Security and Communication Networks*, 2022, 1–9. <https://doi.org/10.1155/2022/8241298>