

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Di tengah derasnya alur perkembangan teknologi, kehidupan manusia modern semakin tak terpisahkan dari berbagai perangkat canggih. Dari perangkat seperti *smartphone* dan *smartwatch*, hingga kendaraan listrik yang mulai mendominasi jalanan, semua menjadi bukti bahwa adaptasi terhadap kemajuan zaman bukan lagi pilihan, melainkan kebutuhan. Mobilitas masyarakat terutama di kawasan urban semakin dinamis, orang-orang berpindah dari satu tempat ke tempat lain dengan cepat, didukung oleh teknologi yang mendukung efisiensi dan kenyamanan.

Salah satu bentuk nyata kemajuan tersebut adalah hadirnya kendaraan listrik otonom, atau *Autonomous Electric Vehicle (AEV)*. Kehadiran teknologi ini diharapkan dapat menjadi solusi transportasi masa depan yang cerdas dan ramah lingkungan. Namun, di balik potensi luar biasa yang dimiliki, AEVs juga menyimpan tantangan tersendiri. Terutama dalam hal komunikasi data dan manajemen energi, terlebih jika kendaraan tersebut beroperasi di area dengan keterbatasan infrastruktur jaringan (Abid dkk., 2025).

Salah satu pendekatan yang solutif adalah penggunaan teknologi komunikasi *Long Range (LoRa)*, yang dikenal dengan konsumsi daya rendah dan jangkauannya yang panjang. Teknologi ini memungkinkan konektivitas tetap berjalan bahkan dalam kondisi yang menantang (Augustin dkk., 2016). Namun, LoRa memiliki keterbatasan pada *bandwidth* antara 0.3 hingga 50 kHz yang bergantung pada regulasi regional yang berdampak dalam pembatasan *volume* data yang dapat ditransmisikan secara efisien (Adelantado dkk., 2017). Keterbatasan ini menegaskan perlunya strategi dalam pengoptimalisasian transmisi data, terutama untuk data berdimensi tinggi seperti gambar, yang penting untuk navigasi *real-time* pada AEV.

Dalam menyelesaikan tantangan tersebut, penulis menawarkan pendekatan inovatif untuk mengatasi tantangan tersebut dengan menggabungkan komunikasi

LoRa dan *Generative Adversarial Network* (GAN) berbasis teknik *super-resolution*. Metode ini dirancang untuk mengirimkan gambar beresolusi rendah melalui LoRa untuk meminimalisir beban data dan penggunaan *bandwidth*. *Super-Resolution* GAN (SRGAN) pada jaringan pusat digunakan untuk meningkatkan resolusi gambar dan memulihkan detail visual yang penting (Ledig dkk., 2016). Pendekatan ini tidak hanya menghemat *bandwidth* LoRa tetapi juga memungkinkan pemrosesan gambar berkualitas tinggi, yang sangat penting mendukung operasional kendaraan otonom di lingkungan yang memiliki keterbatasan *bandwidth*.

Penelitian ini menggunakan *Enhanced Super-Resolution* GAN (ESRGAN) yang telah dimodifikasi agar lebih sesuai dengan kebutuhan aplikasi kendaraan otonom. ESRGAN memiliki struktur *Residual-in-Residual Dense Block* (RRDB) yang mampu menangkap fitur gambar secara mendalam dan penting untuk menghasilkan gambar dengan detail tinggi (X. Wang dkk., 2018). Untuk mengembangkan model tersebut agar lebih optimal dengan menghadapi tantangan lingkungan kendaraan otonom, penelitian ini menggunakan *dataset* khusus yang berasal dari skenario nyata. *Dataset* yang telah disesuaikan ini dapat meningkatkan kemampuan model dalam memahami kondisi lingkungan dengan lebih baik dan menghasilkan gambar *super-resolusi* tinggi.

Sebagai bagian dari perkembangan ESRGAN, penelitian ini juga menerapkan strategi pelatihan progresif, optimalisasi lapisan konvolusi, dan penyesuaian fungsi aktivasi dalam RRDB. Selain itu penelitian ini memperkenalkan mekanisme *Adaptive Convolutional Attention* (ACA) yang mencakup tiga jenis perhatian: *Channel Attention*, *Special Attention*, dan *Squeeze-and-Excitation* (SE) *block*. Setiap mekanisme ini bertujuan untuk meningkatkan fokus model pada fitur yang relevan dan meningkatkan efektivitas *super-resolusi* secara keseluruhan (Hu dkk., 2017).

Penelitian ini menawarkan pendekatan inovatif dalam transmisi gambar melalui LoRa serta modifikasi ESRGAN untuk mendukung transmisi tersebut. Secara khusus, penelitian ini berfokus pada pengiriman gambar beresolusi rendah dengan dimensi 40x40, yang kemudian ditingkatkan menjadi dimensi 800x800

sehingga memenuhi kebutuhan gambar beresolusi tinggi dalam lingkungan dengan keterbatasan *bandwidth*.

Sebagai kesimpulan, penelitian ini memperkenalkan kerangka kerja inovatif untuk transmisi gambar dengan *bandwidth* rendah dan efisiensi tinggi pada AEV melalui LoRa, didukung oleh model ESRGAN yang telah disesuaikan. Pendekatan kami mengatasi keterbatasan *bandwidth* LoRa dengan menggabungkan transmisi data yang efisien dan teknik *super-resolusi* yang canggih, memberikan dasar yang kuat untuk kemajuan komunikasi di kendaraan otonom yang beroperasi dalam lingkungan terbatas.

## 1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dipaparkan di atas, maka dapat ditentukan rumusan masalah dalam penulisan ini adalah:

1. Bagaimana membangun model super resolusi berbasis ACA-ESRGAN yang dioptimalkan untuk pengiriman gambar menggunakan teknologi *LoRa*?
2. Bagaimana mengevaluasi kinerja model berdasarkan kualitas rekonstruksi gambar dengan metrik PSNR dan SSIM?

## 1.3 Ruang Lingkup Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah yang sudah dijelaskan, terdapat beberapa ruang lingkup sebagai berikut:

1. Penelitian ini difokuskan pada pengiriman gambar resolusi rendah (40x40 *pixel*) yang ditingkatkan menjadi resolusi tinggi (800x800 *pixel*) menggunakan model ACA-ESRGAN.
2. *Dataset* yang digunakan mencakup *dataset* khusus dengan skenario operasional kendaraan otonom untuk validasi kinerja model.
3. Evaluasi model dilakukan berdasarkan metrik PSNR dan SSIM untuk mengukur kualitas hasil super-resolusi dan efisiensi rekonstruksi.

## 1.4 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan penelitian ini sebagai berikut:

1. Membangun model super resolusi berbasis *Adaptive Convolutional Attention* (ACA) yang mengintegrasikan *mekanisme Channel Attention, Spatial*

*Attention*, dan *Squeeze-and-Excitation Block* yang dioptimalkan untuk pengiriman gambar menggunakan teknologi *LoRa*.

2. Mengevaluasi kinerja model berdasarkan kualitas rekonstruksi gambar dalam hal efisiensi *bandwidth*, fidelitas struktural, dan kualitas persepsi gambar berdasarkan metrik PSNR dan SSIM.

## 1.5 Manfaat Penulisan

Adapun manfaat penulisan sebagai berikut:

### 1.5.1 Secara Teoritis

Penelitian ini memberikan kontribusi signifikan terhadap pengembangan metode transmisi data berbasis *LoRa*, khususnya dalam pengolahan data gambar menggunakan teknologi *Generative Adversarial Networks* (GAN) dan teknik super-resolusi. Pendekatan ini memperluas aplikasi *LoRa* di lingkungan dengan keterbatasan *bandwidth*, serta menjadi referensi bagi penelitian lebih lanjut dalam bidang *telecommunication systems* dan *machine learning*.

### 1.5.2 Secara Praktis

Secara praktis, manfaat penulisan ini adalah sebagai berikut:

1. Bagi penulis, penelitian ini menjadi pengalaman berharga dalam mengembangkan solusi berbasis *LoRa* dengan memanfaatkan modifikasi arsitektur *ESRGAN* dan mekanisme *Adaptive Convolutional Attention*.
2. Bagi masyarakat, penelitian ini diharapkan dapat mendukung penerapan kendaraan listrik otonom (AEVs) dalam lingkungan terbatas, yang mampu meningkatkan efisiensi transportasi dan monitoring.
3. Bagi universitas, penelitian ini diharapkan dapat menjadi referensi bagi penelitian lanjutan mengenai teknologi transmisi data efisien dan rekonstruksi gambar super-resolusi untuk aplikasi IoT.