

BAB V SIMPULAN DAN SARAN

5.1 Simpulan

Berdasarkan hasil evaluasi terhadap 20 model encoder-decoder berbasis CNN, penelitian ini menunjukkan bahwa variasi struktur segmen pengembangan dan jenis fungsi *loss* memberikan dampak terukur terhadap parameter PSNR, ukuran *latent space*, dan estimasi waktu pengiriman data melalui kanal dengan bitrate 37,5 kbps. Secara umum, model dengan *latent space* yang lebih besar tidak selalu menghasilkan PSNR yang lebih tinggi, menunjukkan bahwa kompleksitas arsitektur bukan satu-satunya faktor penentu kualitas rekonstruksi. Fungsi *loss* seperti MSE dan Charbonnier menghasilkan nilai PSNR yang relatif stabil, sedangkan fungsi seperti SSIM menghasilkan *latent space* yang cenderung lebih bervariasi secara statistik, yang berpengaruh terhadap performa kompresi. Seluruh model menunjukkan proses pelatihan yang konvergen dan stabil, dan sebagian besar model menunjukkan konsistensi dalam performa rekonstruksi terhadap data uji.

Penerapan kompresi tambahan menggunakan Blosc dan Zlib berhasil mengurangi ukuran *latent space* secara signifikan, terutama pada model-model dengan ukuran *latent* awal yang besar. Perbedaan antar model dalam efektivitas kompresi juga dipengaruhi oleh distribusi nilai pada *latent space*, yang merupakan hasil dari kombinasi arsitektur dan fungsi *loss* yang digunakan. Ukuran file *latent* yang lebih kecil secara langsung berdampak pada penurunan waktu pengiriman melalui kanal LoRa, di mana kompresi tambahan dapat menurunkan estimasi waktu pengiriman hingga puluhan milidetik. Beberapa model, seperti Model 1, menonjol dalam efisiensi ukuran dan waktu pengiriman, sementara model seperti Model 16 dan 17 menunjukkan keseimbangan antara efisiensi dan kualitas PSNR. Secara keseluruhan, hasil ini memberikan gambaran terukur mengenai kompromi antara kualitas rekonstruksi dan efisiensi kompresi dalam konteks sistem transmisi berbasis kanal sempit.

5.2 Saran

Penelitian ini dilakukan dalam lingkungan simulasi tanpa pengujian langsung pada perangkat LoRa fisik, sehingga disarankan agar penelitian lanjutan mengimplementasikan sistem secara nyata untuk mengamati performa transmisi dalam kondisi kanal sesungguhnya, termasuk latensi, gangguan, dan efisiensi daya. Pengembangan arsitektur juga dapat diarahkan pada model yang lebih ringan dan efisien, guna mempertahankan kualitas rekonstruksi dengan ukuran *latent* yang tetap terkontrol. Evaluasi dapat diperluas menggunakan metrik tambahan untuk melengkapi PSNR, serta mempertimbangkan eksplorasi metode kompresi lain yang lebih adaptif terhadap struktur data *latent space*. Selain itu, pendekatan *joint learning* antara kompresi dan proses encoding dapat menjadi arah pengembangan sistem yang lebih terpadu. Aspek lain yang juga dapat dipertimbangkan adalah keamanan dan keandalan transmisi citra dalam sistem komunikasi berdaya rendah, khususnya untuk aplikasi berbasis sensor gambar atau pemantauan jarak jauh di lingkungan terbatas.