

## Analisis dan Diskusi

Pada eksperimen ini, digunakan dua metode utama untuk mendeteksi jalur rel, yaitu *Canny Edge Detection* dan *Instance Segmentation* (YOLOv8-seg). *Canny Edge Detection* berfungsi untuk menyorot tepi atau kontur pada gambar berdasarkan perubahan intensitas piksel, sementara YOLOv8-seg digunakan untuk melakukan segmentasi instance secara mendalam terhadap objek jalur rel.

Dari hasil pengujian:

- *Canny Edge Detection* mampu menampilkan garis tepi rel dengan baik pada gambar yang memiliki kontras tinggi dan pencahayaan merata. Namun, metode ini sensitif terhadap *noise* dan bayangan, sehingga beberapa bagian rel bisa terputus atau muncul garis palsu di area non-rel.
- *Instance Segmentation* (YOLOv8-seg) memberikan hasil yang jauh lebih stabil dan akurat, karena model ini memanfaatkan pembelajaran mendalam untuk mengenali bentuk dan pola rel meskipun kondisi pencahayaan atau latar belakang berubah.
- Kombinasi kedua metode menghasilkan deteksi yang lebih informatif. Hasil segmentasi dari YOLO memperlihatkan area jalur secara menyeluruh, sementara hasil *Canny* menambahkan detail tepi yang memperjelas batas antar komponen rel. Kombinasi ini meningkatkan kejelasan visual serta membantu verifikasi bentuk jalur.

Canny lebih cocok digunakan pada sistem ringan atau perangkat dengan keterbatasan komputasi, karena tidak memerlukan model besar dan berjalan cepat secara *real-time*. Namun, metode ini kurang akurat jika kondisi lingkungan kompleks atau kontras rendah.

Akurasi YOLOv8-seg dapat ditingkatkan dengan:

- Menyesuaikan *confidence threshold* dan *IoU threshold* untuk mengurangi *false detection*.
- Melatih ulang model menggunakan *dataset* rel lokal agar lebih spesifik terhadap karakteristik rel Indonesia.
- Menggunakan model yang lebih besar (misal yolov8m-seg atau yolov8l-seg) untuk peningkatan detail segmentasi.

Sistem gabungan ini bisa menjadi komponen penting dalam perception module kendaraan rel otomatis.

*Canny Edge* dapat berfungsi untuk *real-time edge tracking*, sementara YOLOv8-seg dapat mendeteksi dan mengidentifikasi area jalur yang valid.

Kombinasi keduanya dapat membantu dalam:

- Menentukan posisi rel utama pada peta visual.
- Mendeteksi anomali jalur seperti cabang, kerusakan, atau objek di atas rel.
- Memberi data visual akurat untuk sistem kontrol atau peringatan dini.