

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang Masalah

Segmentasi semantik merupakan teknik utama dalam pengolahan citra digital yang bertujuan untuk mengklasifikasikan setiap piksel dalam sebuah gambar ke dalam kelas-kelas objek yang bermakna (Shao et al., 2022). Teknik ini sangat penting dalam berbagai aplikasi seperti kendaraan otonom, sistem surveilans berbasis AI, serta pemetaan infrastruktur jalan dalam skala kota. Namun, salah satu tantangan utama dalam segmentasi semantik adalah pergeseran domain (domain shift), yaitu kondisi di mana model yang dilatih pada data dari satu domain (biasanya sintesis) gagal beradaptasi saat diuji di domain lain (dunia nyata) (Huch & Lienkamp, 2023).

Pergeseran ini terjadi karena adanya gap signifikan antara distribusi visual data sintesis (seperti GTA5 atau Synthia) dan data dunia nyata (seperti Cityscapes atau data Jalan lokal), yang mencakup perbedaan dalam pencahayaan, cuaca, warna, tekstur permukaan, dan karakteristik sensor kamera (Rajagopal et al., 2023). Ketika model di-deploy pada citra dunia nyata, performa segmentasinya cenderung turun drastis, terutama dalam mendeteksi objek kecil seperti pejalan kaki, marka jalan, atau rambu lalu lintas yang sangat penting bagi sistem navigasi kendaraan otonom.

Penggunaan dataset sintesis memang umum dilakukan karena murah dan melimpah, tetapi realita di lapangan—terutama di negara berkembang seperti Indonesia—menunjukkan bahwa data sintesis tidak mencerminkan kondisi infrastruktur lokal. Jalan di Indonesia, khususnya di daerah urban seperti Surabaya, memiliki karakteristik yang kompleks: lebar jalan yang tidak seragam, permukaan aspal yang tidak konsisten, keberadaan pedagang kaki lima, kendaraan yang parkir sembarangan, hingga tidak adanya marka jalan pada beberapa ruas jalan. Hal ini menandakan bahwa model-model yang dilatih pada data dari luar negeri tidak bisa serta-merta digunakan tanpa melalui proses adaptasi dan validasi lokal.

Oleh karena itu, dalam penelitian ini dilakukan pendekatan domain adaptation menggunakan citra jalan nyata dari Surabaya sebagai representasi konteks lokal. Dataset yang digunakan terdiri dari kurang lebih 1000 gambar yang telah diberi anotasi manual (Ikhsal et al., 2023). Meskipun jumlahnya terbatas, data ini dirancang untuk mencerminkan variasi lingkungan jalan perkotaan yang umum di Indonesia. Model segmentasi seperti SegFormer-R101 akan dilatih dan dievaluasi untuk mengukur kemampuannya dalam menangani pergeseran domain dari dataset sintesis ke dataset lokal beresolusi tinggi.

Selain itu, penelitian ini juga menekankan pentingnya pengujian langsung pada data citra lokal, bukan sekadar validasi teoritis. Sebab, efektivitas sistem segmentasi semantik di dunia nyata baru bisa terlihat apabila diuji pada kondisi jalan sebenarnya. Dengan fokus pada wilayah Surabaya, penelitian ini membatasi ruang lingkup evaluasi namun tetap memberikan kontribusi konkret terhadap pengembangan sistem AI berbasis visi komputer di Indonesia.

Pendekatan ini diharapkan dapat memberikan gambaran awal tentang bagaimana model segmentasi semantik dapat diadaptasi secara kontekstual dan membuka jalan bagi penelitian selanjutnya yang mencakup data dari kota atau provinsi lain di Indonesia.

1.2. Perumusan Masalah

Penelitian ini berfokus pada penerapan model segmentasi semantik dalam kondisi jalanan nyata di Indonesia. Masalah utama yang ingin diselesaikan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana kinerja model segmentasi semantik domain-adaptive seperti SegFormer-R101 ketika diterapkan pada citra infrastruktur jalan di Surabaya yang memiliki kondisi visual berbeda secara signifikan dari data sintesis seperti GTA5?
2. Apa batasan performa segmentasi model tersebut jika hanya dilatih dan diuji menggunakan subset kecil data dunia nyata dari wilayah geografis terbatas (yaitu Surabaya)?

1.3. Tujuan dan Manfaat Penelitian

Tujuan dan manfaat dari penelitian ini adalah:

Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi dan mengimplementasikan pendekatan *domain adaptation* dalam segmentasi semantik pada citra infrastruktur jalan di Indonesia, dengan fokus khusus pada lingkungan jalanan di Kota Surabaya :

1. Menerapkan dan mengevaluasi pendekatan domain adaptation pada segmentasi semantik pada citra infrastruktur jalan di Indonesia, dengan fokus khusus pada kondisi jalan di Kota Surabaya.
2. Menguji kinerja tiga model segmentasi semantik utama, yaitu SegFormer-R101 dalam menghadapi pergeseran domain dari dataset sintetis ke data dunia nyata, terutama dalam konteks jalanan Indonesia yang memiliki karakteristik visual yang sangat berbeda.
3. Menyediakan kontribusi dalam pengembangan metode segmentasi semantik yang dapat diimplementasikan pada sistem kendaraan otonom atau aplikasi pemantauan lingkungan di Indonesia.

Manfaat Penelitian:

1. Memberikan kerangka evaluasi untuk menilai kinerja model-model segmentasi semantik pada citra infrastruktur jalan Surabaya, yang akan membantu pengembangan sistem pemantauan jalan dan kendaraan otonom di Indonesia.
2. Membuka peluang untuk penerapan metode domain adaptation dalam pengolahan citra di Indonesia, yang dapat meningkatkan akurasi sistem pemantauan jalan dan kendaraan otonom.
3. Meningkatkan pemahaman mengenai karakteristik jalan di Indonesia dan bagaimana model-model segmentasi semantik dapat beradaptasi dengan kondisi nyata di lapangan.
4. Menyediakan data jalanan Surabaya yang teranotasi untuk digunakan dalam penelitian lebih lanjut dan pengembangan aplikasi berbasis pengolahan citra untuk infrastruktur jalan.

1.4. Kontribusi dan Orisinalitas Penelitian

Kontribusi utama penelitian ini adalah pengenalan dataset gambar Infrastruktur Jalan di Surabaya dengan anotasi label sebagai bagian dari penelitian adaptasi domain. Dataset ini merupakan dataset baru yang khusus dikembangkan untuk mencerminkan kondisi infrastruktur jalan di Surabaya, yang memiliki karakteristik visual yang berbeda dengan data pelatihan sintesis yang umumnya digunakan, seperti yang terdapat pada dataset GTA5 atau Synthia (Shodiq & Penangsang, 2023). Penelitian ini juga menguji model-domain-adaptive dalam konteks aplikasi pengawasan dan kendaraan otonom di Indonesia, yang menawarkan orisinalitas dalam penerapan teknologi segmentasi semantik.

Penelitian ini berkontribusi signifikan dalam bidang segmentasi semantik domain-adaptif, khususnya dalam konteks pemrosesan citra beresolusi tinggi yang terpengaruh oleh pergeseran domain. Beberapa kontribusi utama yang dihadirkan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. **Kerangka Evaluasi Terpadu:** Penelitian ini mengusulkan kerangka evaluasi terpadu yang memungkinkan perbandingan yang adil dan dapat direproduksi dari tiga model utama dalam segmentasi semantik SegFormer-R101 dalam pengaturan domain-adaptif, khususnya di lingkungan jalan Surabaya. Pendekatan ini memastikan bahwa model-model tersebut diuji secara menyeluruh dan relevan dalam konteks lokal.
2. **Analisis Komprehensif dan Visualisasi Kualitatif:** Penelitian ini tidak hanya mengandalkan metrik kuantitatif seperti Mean Intersection over Union (mIoU), tetapi juga menekankan pentingnya analisis visual kualitatif untuk mengevaluasi performa model dalam mendeteksi objek kecil dan mempertahankan presisi batas objek dalam kondisi jalan yang kompleks. Hal ini penting mengingat keberagaman infrastruktur jalan di Indonesia yang sering kali tidak terwakili dalam dataset sintesis.
3. **Penggunaan Dataset Sintetik dan Dunia Nyata:** Penelitian ini menguji ketahanan model-model segmentasi semantik dalam menghadapi pergeseran domain dari data sintetik ke dunia nyata. Dengan menggunakan dataset jalan Indonesia (dunia nyata) dan GTA5 (sintetik), penelitian ini mengevaluasi sejauh mana model dapat beradaptasi dengan kondisi visual

dunia nyata, seperti variasi pencahayaan, tekstur permukaan jalan, dan elemen-elemen lingkungan yang khas.

1.5. Batasan Penelitian

Penelitian ini memiliki beberapa batasan yang perlu dicatat untuk menjaga fokus dan relevansi hasil yang diperoleh. Batasan utama dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

- a. **Ukuran dan Cakupan Dataset:** Penelitian ini menggunakan dataset yang terbatas, yaitu hanya 1000 gambar yang diambil dari infrastruktur jalan di Surabaya. Karena data pelabelan dilakukan secara manual oleh satu individu, variasi objek dalam gambar mungkin terbatas. Oleh karena itu, dataset ini hanya mencakup sebagian kecil dari kondisi jalanan Indonesia, khususnya di daerah perkotaan seperti Surabaya. Hasil penelitian ini mungkin tidak sepenuhnya mewakili variasi kondisi jalanan di seluruh Indonesia.
- b. **Keterbatasan Model yang Diteliti:** Penelitian ini hanya menguji satu model segmentasi semantik adaptif, yaitu SegFormer-R101. Oleh karena itu, penelitian ini tidak mengeksplorasi model-model lain yang mungkin memberikan hasil berbeda dalam konteks domain-adaptation.
- c. **Evaluasi pada Data Dunia Nyata:** Evaluasi model dilakukan pada dataset jalanan Surabaya dengan ukuran terbatas. Meskipun dataset ini dirancang untuk mencerminkan kondisi jalan perkotaan di Indonesia, hasilnya mungkin tidak dapat digeneralisasi ke seluruh wilayah Indonesia dengan karakteristik jalan yang sangat bervariasi.

1.6. Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan dokumen skripsi dibagi menjadi tiga bab. Bab I berisi tentang latar belakang, rumusan permasalahan, tujuan, manfaat, kontribusi, dan batasan penelitian dan sistematika penulisan. Bab II menjelaskan kajian pustaka dari penelitian sebelumnya yang berkaitan dengan penelitian ini. Selain kajian pustaka, Bab II juga menjelaskan tentang konsep dasar teori sebagai pedoman dalam penelitian ini. Bab III menjelaskan langkah-langkah yang akan dilakukan dalam penelitian ini.