

BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini menjelaskan kesimpulan yang diambil dari proses penelitian dan implementasi sistem segmentasi semantik citra perkotaan. Kesimpulan tersebut juga dilengkapi dengan saran yang dapat dipertimbangkan untuk melanjutkan penelitian terkait segmentasi semantik.

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang sudah dilakukan, disimpulkan beberapa hal dari hasil pengujian dan implementasi sistem segmentasi semantik citra perkotaan. Berikut adalah kesimpulan yang ditarik dari proses implementasi dan pengujian sistem segmentasi semantik citra perkotaan berdasarkan tujuan penelitian.

1. Metode *convolutional neural network* berhasil melakukan segmentasi semantik citra perkotaan di Kota Bandung dengan model paling optimal mencapai akurasi rata-rata tertinggi sebesar 77.431% dan rata-rata waktu prediksi 74.890 ms pada dataset validasi, dicapai oleh model dengan 128 *filter* konvolusi, dilatih dengan 300 *epoch* dan learning rate 0.0001 (10^{-4}). Model tersebut mempertahankan rata-rata akurasi pelatihan sebesar 87.194%, rata-rata akurasi validasi sebesar 75.274%, dan rata-rata perbedaan antara keduanya sebesar 11.919% selama proses pelatihan. Model dengan konfigurasi tersebut dianggap terbaik karena memiliki nilai akurasi validasi tertinggi dan selisih antara akurasi pelatihan dan akurasi validasi yang terendah melalui proses pengujian dan evaluasi. Selain itu, jumlah *filter* yang dipilih, yaitu 128 *filter* memberikan hasil waktu prediksi yang optimal, membuat model dengan konfigurasi tersebut cocok dipilih dari sisi akurasi maupun waktu prediksi. Meskipun demikian, perlu diingat bahwa pada konfigurasi model tersebut masih ditemukan adanya selisih antara nilai akurasi pelatihan dan akurasi validasi yang menandakan adanya *overfitting* pada data latih. Untuk aplikasi di lapangan, perlu diselidiki seberapa jauh dan detail prediksi yang dibutuhkan untuk membuat keputusan yang paling tepat.
2. Pengaturan kombinasi nilai *epoch*, *learning rate*, dan jumlah filter konvolusi sangat mempengaruhi nilai akurasi pada sistem segmentasi semantik citra perkotaan. Semakin besar nilai *epoch*, maka semakin besar juga akurasi yang dapat dicapai oleh model. Meskipun demikian, melatih model dengan

epoch terlalu banyak juga dapat meningkatkan risiko *overfitting*. Pengaturan nilai *learning rate* mempengaruhi laju pergerakan akurasi seiring waktu. Pemilihan nilai *learning rate* yang terlalu besar menyebabkan pergerakan nilai akurasi validasi yang cenderung fluktuatif. Sebaliknya, pemilihan nilai *learning rate* yang terlalu kecil menghasilkan pergerakan nilai akurasi yang stabil dengan konsekuensi konvergensi model yang dicapai dalam waktu yang lebih lama. Selain itu, pengaturan nilai *learning rate* juga berpengaruh terhadap nilai selisih antara nilai akurasi pelatihan dan akurasi validasi. Pemilihan nilai *learning rate* yang lebih besar menyebabkan selisih antara kedua nilai tersebut lebih besar, yang menandakan adanya fenomena *overfitting*. Sebaliknya, pemilihan nilai *learning rate* yang lebih kecil meningkatkan kemungkinan *underfitting*, yaitu keadaan di mana akurasi terbaik tidak tercapai. Pengaturan jumlah filter konvolusi pada arsitektur DeepLabV3+ mempengaruhi hasil akurasi pengujian sistem segmentasi semantik. Semakin banyak jumlah filter, maka kemampuan belajar model semakin tinggi. Hal ini terlihat dari peningkatan akurasi validasi seiring bertambahnya jumlah *filter* pada konfigurasi nilai *epoch* dan *learning rate* yang sama. Berdasarkan hasil pengujian dan analisis kesalahan, ditemukan bahwa arsitektur dengan 256 *filter* konvolusi cenderung memprediksi tepian objek dengan sangat detail, sehingga kekeliruan meningkat di skenario citra dengan objek yang dekat dan memiliki kompleksitas rendah, sehingga lebih baik digunakan arsitektur dengan lebih sedikit *filter* konvolusi. Sebaliknya, arsitektur dengan 64 *filter* konvolusi banyak melakukan kesalahan pada skenario citra dengan kompleksitas tinggi dan objek yang jauh dari titik pengambilan citra, sehingga lebih baik digunakan arsitektur dengan lebih banyak *filter* konvolusi.

5.2 Saran

Berdasarkan analisis kesalahan yang dilakukan pada 4.5, diusulkan beberapa saran untuk mengembangkan sistem segmentasi semantik citra perkotaan. Berikut adalah saran pengembangan sistem untuk penelitian yang dilakukan selanjutnya.

1. Menguji arsitektur CNN lainnya untuk memperbaiki kesalahan-kesalahan yang dibuat seperti obstruksi dan kelas-kelas yang ambigu. Tujuan utama dari sistem segmentasi semantik citra perkotaan adalah untuk memfasilitasi pengambilan keputusan pada sistem kemudi otomatis, sehingga dapat diuji sistem yang bersifat *real time*.

2. Menguji penggunaan *dataset* lainnya untuk memperoleh nilai yang lebih optimal atau menggabungkan data dari berbagai macam dataset untuk mengurangi risiko kemungkinan *overfitting*.
3. Menguji kombinasi nilai *epoch*, *learning rate*, dan jumlah *filter* konvolusi lainnya. Sebagai contoh, pengujian dengan 256 *filter* konvolusi masih mengalami peningkatan nilai akurasi pada *epoch* = 300. Maka dari itu, perlu dilakukan pengujian dengan *epoch* lebih banyak. Selain itu, jumlah *filter* konvolusi juga mungkin dikombinasikan dengan menggunakan jumlah *filter* yang berbeda untuk masing-masing *convolutional layer*.
4. Menguji teknik penyeimbangan (*balancing*) tarik-ulur (*tradeoff*) seperti dengan menganalisis nilai *precision recall* dan *bias variance*, serta pengaruhnya terhadap akurasi pelatihan dan akurasi validasi.
5. Mengubah ukuran citra masukan CNN yang diperkecil atau diperbesar. Selain itu, masukan citra juga dapat diperluas ke *color space* lainnya, sebagai contoh *grayscale* atau *Cyan Magenta Yellow Key (CMYK)*.