BAB V
KESIMPULAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian tentang analisis kontribusi emisi kendaraan bermotor terhadap konsentrasi PM2.5 pada koridor Jalan Ahmad Yani Surabaya, dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Volume lalu lintas Koridor Jalan Ahmad Yani pada hari Minggu tercatat 410.798 kendaraan (segmen A1–A4) dan meningkat 31,2% pada hari Senin menjadi 539.047 kendaraan, dengan sepeda motor mendominasi sekitar 78% dari total kendaraan pada kedua hari pengamatan. Berdasarkan analisis kapasitas dengan PKJI 2023, diperoleh V/C ratio sebesar 1,57 (Minggu) dan 1,95 (Senin), yang termasuk dalam kategori MACET (V/C > 1,00). Estimasi beban emisi PM2.5 metode *bottom-up* mencapai 3.491,54 g/hari (Minggu) dan naik 23,0% menjadi 4.294,57 g/hari (Senin). Sepeda motor menjadi kontributor terbesar (49,3–52,0%), sedangkan truk meski volumenya hanya 0,12–0,19% memberikan kontribusi signifikan karena faktor emisinya jauh lebih tinggi (0,11 g/km).
2. Analisis regresi menunjukkan bahwa parameter meteorologi yang paling berpengaruh terhadap konsentrasi PM2.5 adalah kelembaban udara dengan $R^2 = 0{,}1937$ (19,37%), diikuti oleh kecepatan angin ($R^2 = 0{,}0429$ atau 4,29%), suhu ($R^2 = 0{,}0034$ atau 0,34%), dan tekanan udara ($R^2 = 0{,}0000005$). Meskipun demikian, tidak ada satu pun parameter meteorologi yang menunjukkan hubungan signifikan secara statistik ($p > 0{,}05$). Artinya, faktor meteorologi yang diukur berpengaruh lemah dibandingkan volume lalu lintas dan karakteristik lokal.
3. Konsentrasi PM2.5 tertinggi terjadi di titik A1 (Pos Polisi Cito) hari Senin sebesar 53 $\mu g/m^3$, diikuti A4 (Royal Plaza) 49 $\mu g/m^3$, sedangkan terendah di A3 dan A5 (19–20 $\mu g/m^3$). Semua titik masih di bawah baku mutu nasional (55 $\mu g/m^3$), namun A1 hampir mendekati ambang batas.

Nilai ISPU tertinggi juga di A1 (96) dan A4 (89), kategori Sedang namun mendekati Tidak Sehat. Pola spasial menunjukkan lokasi dengan lalu lintas *stop-and-go* (bundaran dan *traffic light*) memiliki konsentrasi tertinggi, sedangkan jalan lurus lebih rendah. Hubungan antara konsentrasi PM2.5 dan nilai ISPU sangat kuat dan signifikan (R^2 = 0,9998; r = 0,9999; p = 0,00565), sehingga ISPU valid sebagai indikator kualitas udara.

4. Rekomendasi mitigasi disusun berbasis segmen. Prioritas tinggi diberikan pada Segmen A1 dan A4 berupa pembangunan *green barrier* berlapis dengan vegetasi ber-SVF rendah (Ficus microcarpa, Ficus altissima, Codiaeum variegatum), rekayasa lalu lintas untuk mengurangi *idling*, manajemen parkir, serta pemantauan emisi berkala. Prioritas sedang pada Segmen A2 berupa penanaman vegetasi penyerap polutan di sekitar SPBU dan penataan antrian kendaraan. Prioritas rendah pada Segmen A3 dan A5 berupa pemeliharaan vegetasi eksisting, penambahan semak di area drive-thru, dan mempertahankan A5 sebagai zona hijau referensi.
5. Terbatasnya kajian kuantitatif yang mengintegrasikan pengukuran lapangan, inventarisasi emisi, ISPU, dan meteorologi pada skala koridor Jalan Ahmad Yani sangat terbatas namun secara karakteristik koridor ini memiliki volume lalu lintas tinggi (410.798–539.047 kendaraan/hari) yang berpotensi menurunkan kualitas udara dan mengancam kesehatan. Integrasi empat pendekatan tersebut untuk mengidentifikasi hotspot PM2.5, menyusun mitigasi berbasis segmen dan menghasilkan peta zonasi prioritas. Novelty penelitian ini terletak pada integrasi multi-data dalam satu kerangka analisis sekaliguas pembuatan indeks dalam menentukan prioritas mitigasi.

5.2 Saran

Dengan keterbatasan penelitian ini, Penulis memberikan saran penelitian selanjutnya sebagai berikut :

5.2.1 Saran untuk Penelitian Selanjutnya

1. Penelitian selanjutnya disarankan untuk menambah jumlah titik pengukuran dan memperpanjang durasi pengambilan sampel (minimal 7 hari atau lebih) untuk mendapatkan data yang lebih representatif secara spasial dan temporal, serta meningkatkan validitas statistik analisis regresi.
2. Penelitian selanjutnya dapat dilakukan pada hari masuk sekolah sebagai pembanding data *off school* yang dilakukan pada penelitian ini
3. Penelitian selanjutnya dapat mengukur komposisi kimia PM2.5 untuk mengetahui kontribusi spesifik dari emisi kendaraan (seperti karbon elementer, ion anorganik sekunder, dan logam berat) serta membedakan kontribusi dari sumber *exhaust* dan *non-exhaust*.
4. Penelitian selanjutnya dapat menggunakan model dispersi yang lebih komprehensif seperti AERMOD atau CALPUFF yang mampu memperhitungkan emisi *non-exhaust*, pembentukan PM2.5 sekunder, efek *street canyon*, dan variabilitas meteorologi aktual.
5. Penelitian selanjutnya dapat membandingkan kondisi libur sekolah dan hari sekolah aktif untuk melihat perbedaan volume lalu lintas dan konsentrasi PM2.5 secara kuantitatif, serta mengkaji dampaknya terhadap kualitas udara di koridor Jalan Ahmad Yani.

5.2.2 Saran untuk Kebijakan

1. Pemerintah daerah disarankan untuk memperkuat pengawasan dan penerapan uji emisi berkala, terutama untuk kendaraan berat berbahan bakar diesel yang memiliki faktor emisi PM2.5 4,4 kali lebih tinggi dari standar Euro 4. Percepatan adopsi kendaraan berstandar Euro 4 atau lebih tinggi perlu dilakukan.
2. Pemerintah pusat disarankan untuk mendorong penggunaan bahan bakar dengan kandungan sulfur rendah (< 50 ppm) sesuai standar Euro 4, yang terbukti efektif mengurangi emisi PM2.5 dari kendaraan diesel.
3. Dinas Lingkungan Hidup dan Dinas Pertamanan Kota Surabaya disarankan untuk menanam vegetasi berlapis (*multi-layered*) dengan kerapatan tinggi

dan SVF rendah di sepanjang koridor Jalan Ahmad Yani, terutama pada Segmen A1 (Bundaran) dan A4 (*Traffic light*). Jenis pohon *evergreen* seperti *Ficus microcarpa* dan *Ficus altissima* serta semak *Codiaeum variegatum* direkomendasikan karena memiliki kemampuan menahan debu yang baik.

4. Dinas Perhubungan Kota Surabaya disarankan untuk melakukan penataan ulang titik *U-turn* dan pengaturan lalu lintas di sekitar bundaran dan *traffic light* untuk mengurangi waktu henti (*idling*) kendaraan yang berkontribusi terhadap emisi partikulat tinggi.
5. Pemerintah daerah disarankan untuk mengakselerasi pengembangan transportasi publik massal untuk mengurangi ketergantungan masyarakat pada kendaraan pribadi, terutama sepeda motor yang mendominasi volume lalu lintas (78%) dan menyumbang emisi PM2.5 terbesar (49–52%).
6. Pemerintah kota disarankan untuk memasang papan informasi kualitas udara digital di titik-titik strategis (terutama A1 dan A4) untuk menginformasikan kondisi kualitas udara secara *real-time* kepada masyarakat, sehingga pengguna jalan dapat mengambil tindakan perlindungan diri seperti menggunakan masker saat kualitas udara buruk.