



## Peran Jalur Hijau Jalan dalam Mereduksi PM<sub>10</sub> di Jalan Tol Bertingkat

## Role of Roadside Green Belt in Reducing PM<sub>10</sub> on Multilevel Toll Road

NUR SYAHRAENI<sup>1\*</sup>, NIZAR NASRULLAH<sup>2</sup>, RACHMAD HERMAWAN<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Arsitektur Lanskap, Institut Pertanian Bogor, Bogor 16680, Indonesia,

<sup>2</sup>Departemen Arsitektur Lanskap, Fakultas Pertanian, Institut Pertanian Bogor, Bogor 16680, Indonesia,

<sup>3</sup>Departemen Konservasi Sumberdaya Hutan dan Ekowisata, Fakultas Kehutanan, Institut Pertanian Bogor, Bogor 16680, Indonesia

\*Email: [sanysyhraeni0213@gmail.com](mailto:sanysyhraeni0213@gmail.com)

### ARTICLE INFO

#### Article history:

Received 01 February 2024

Accepted 13 March 2024

Published 31 July 2024

#### Keywords:

Vehicle emission

PM<sub>10</sub>

Roadside green belt

### ABSTRACT

Increased traffic volume in Indonesian cities exacerbates air pollution, posing health risks due to vehicle emissions like PM<sub>10</sub>. To mitigate this, optimizing road green belts is crucial. The purpose of this study was to determine the role of road green belts in reducing PM<sub>10</sub> concentrations caused by motor vehicle emissions on multilevel toll roads. This study was conducted on the green belt of the Jakarta-Cikampek KM35A toll road. The concentration of PM<sub>10</sub> were measured at a distance of 0, 10, and 30 meters from the roadside using a digital air quality detector. Measurements were taken on roads with and without roadside green belts. The research results indicate a significant difference in PM<sub>10</sub> concentration between vegetated plots and open area plots, with the open area plots showing higher PM<sub>10</sub> concentrations compared to the vegetated plots. The presence of green belts has a positive impact on reducing PM<sub>10</sub> concentrations due to their ability to adsorb particulate pollutants. The presence of vegetation can reduce the average PM<sub>10</sub> concentration by 4.91% on roadside green belts that have a width of 30 meters. The research results obtained are expected to be a reference for the government and PT Jasa Marga in planning the arrangement of green belts on multilevel toll roads.

### INFORMASI ARTIKEL

#### Histori artikel:

Diterima 01 Februari 2024

Disetujui 13 Maret 2024

Diterbitkan 31 Juli 2024

#### Kata kunci:

Emisi kendaraan

PM<sub>10</sub>

Jalur hijau jalan

### ABSTRAK

Peningkatan volume lalu lintas di kota-kota besar di Indonesia meningkatkan pencemaran udara, sehingga menimbulkan resiko kesehatan akibat emisi kendaraan seperti PM<sub>10</sub>. Untuk mengatasi hal ini, pengoptimalan jalur hijau jalan sangatlah penting. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui peran jalur hijau jalan dalam mengurangi konsentrasi PM<sub>10</sub> yang disebabkan oleh emisi kendaraan bermotor pada jalan tol bertingkat. Penelitian ini dilaksanakan di jalur hijau jalan tol Jakarta-Cikampek KM35A. Konsentrasi PM<sub>10</sub> diukur pada jarak 0, 10, dan 30 meter dari tepi jalan menggunakan air quality detector digital. Pengukuran dilakukan di jalan dengan dan tanpa jalur hijau pada bagian tepi jalan. Hasil penelitian menunjukkan perbedaan yang signifikan konsentrasi PM<sub>10</sub> antara plot bervegetasi dan plot area terbuka, dengan plot area terbuka menunjukkan konsentrasi PM<sub>10</sub> yang lebih tinggi daripada plot bervegetasi. Keberadaan jalur hijau memiliki dampak positif dalam mengurangi konsentrasi PM<sub>10</sub> karena kemampuannya dalam menyerap polutan partikel. Adanya vegetasi dapat menurunkan rata-rata konsentrasi PM<sub>10</sub> sebesar 4,91% pada jalur hijau yang memiliki lebar 30 meter. Hasil penelitian yang diperoleh diharapkan dapat menjadi acuan bagi pemerintah dan PT Jasa Marga dalam merencanakan penataan jalur hijau di jalan tol bertingkat

## 1. PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Kemacetan lalu lintas yang disebabkan oleh peningkatan aktivitas transportasi adalah masalah yang sering dihadapi oleh kota-kota besar di Indonesia. Salah satu ruas jalan daerah di Jakarta, Bogor, Depok, Tangerang, dan Bekasi (Jabodetabek) yang sering mengalami kemacetan adalah jalan tol Jakarta–Cikampek. Jalan tol Jakarta–Cikampek merupakan salah satu ruas terpadat dalam jaringan jalan tol trans Jawa meskipun mayoritas di tol ini sudah memiliki 4 lajur di setiap jalurnya (Pratama, 2018). Salah satu upaya PT Jasa Marga untuk mendukung dan meningkatkan prasarana transportasi di jalan tol Jakarta–Cikampek adalah melalui pembangunan Jalan Tol Jakarta–Cikampek II yang kini sudah berganti nama menjadi Jalan Tol Layang Sheikh Mohammed bin Zayed (MBZ). Jalan Tol Layang MBZ memiliki panjang 36,84 km yang dimulai dari simpang susun Cikunir hingga Karawang Barat.

Bentuk jalan yang bertingkat menyebabkan permasalahan baru yaitu jumlah kendaraan menjadi berkali-kali lipat sehingga menyumbang polusi udara yang signifikan di lingkungan perkotaan. Jika jumlah sebaran polusi udara baik itu gas maupun partikel terus meningkat akan berdampak negatif jika melebihi ambang batas yang telah ditentukan. Polutan udara yang berasal dari transportasi berkontribusi pada pembentukan kabut asap dan memiliki efek yang signifikan terhadap kesehatan manusia (Y. Van Fan et al., 2018). Kendaraan bermotor menghasilkan sejumlah besar polutan, termasuk *volatile organic compound* (VOC), *polycyclic aromatic hydrocarbon* (PAH), *particulate matter* (PM), karbon monoksida (COx), sulfur oksida (SOx), dan hidrokarbon (HC), yang menyebabkan kualitas udara di lingkungan kota menjadi lebih buruk (Wardoyo, 2016). Saat ini sebaran polutan baik gas maupun partikel masih belum teratasi.

Polutan PM merupakan masalah lingkungan perkotaan yang sangat mendesak. Emisi dari kendaraan merupakan sumber utama PM<sub>10</sub> (*Particulate Matter* yang berukuran < 10 µm) dikarenakan infrastruktur transportasi sangat penting di kota-kota besar. Kini masalah polusi udara yang disebabkan oleh sektor industri perlahan mulai digantikan oleh sektor transportasi (Montero & Fernández-Avilés, 2018). Bahaya dan toksisitas PM meningkat seiring dengan semakin kecil ukurannya. Paparan jangka panjang polusi PM dianggap sangat berbahaya karena dapat menyebabkan berbagai masalah kesehatan, mulai dari iritasi ringan pada sistem pernapasan hingga kematian dini (Harantová et al., 2023).

Dalam beberapa tahun terakhir, dampak dari struktur lanskap perkotaan yakni komposisi, distribusi dan karakteristik pola dari berbagai elemennya terhadap partikel udara di lingkungan telah menarik perhatian. Sebagai contoh, salah satu elemen lanskap yaitu vegetasi secara efektif dapat berpartisipasi dalam penurunan partikel udara (Fan et al., 2017). Tanaman memainkan peran penting dalam meningkatkan kualitas udara lingkungan karena mereka menyaring jumlah yang berpotensi tinggi PM (Zhang et al., 2020). Berdasarkan penelitian oleh Matos et al. (2019); Nowak et al. (2018); Sun et al. (2016); Wu & Chen, (2023) vegetasi di ruang terbuka hijau perkotaan berupa hutan, taman, padang

rumpun bahkan pepohonan di pinggir jalan atau jalur hijau ternyata efektif dalam meningkatkan kualitas udara perkotaan sehingga pemanfaatan vegetasi sebagai filter alami dalam mengatasi polusi partikel telah diakui secara luas oleh masyarakat. Pelestarian pepohonan dan semak-semak yang ada, serta penanaman vegetasi pada jalur hijau yang menjadi strategi mitigasi jangka pendek yang tersedia untuk pengembang perkotaan dan fasilitas yang sudah mengalami tingkat polusi tinggi di dekat jalan raya. Jika mitigasi tersebut berhasil, hal ini dapat melengkapi program dan peraturan pengendalian polusi yang ada, serta memberikan tindakan untuk mengurangi dampak dari sumber yang sulit dikendalikan seperti keausan rem dan ban serta debu jalan yang terbawa kembali (Baldauf, 2017)

### 1.2 Tujuan Penelitian

Polusi udara akibat sektor transportasi diperkirakan akan terus meningkat sejalan dengan peningkatan volume lalu lintas di jalan tol Jakarta–Cikampek dan jalan layang MBZ. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui peran jalur hijau jalan dalam mengurangi konsentrasi PM<sub>10</sub> yang disebabkan oleh emisi kendaraan bermotor pada jalan tol bertingkat. Hasil yang diperoleh diharapkan dapat menjadi acuan bagi pemerintah dan PT Jasa Marga dalam merencanakan penataan jalur hijau di jalan tol Jakarta–Cikampek.

## 2. METODE

### 2.1 Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilakukan di jalan tol bertingkat, tepatnya di jalan tol Jakarta–Cikampek KM35A yang berada di bawah Jalan Layang Tol Sheikh Mohammed bin Zayed (MBZ). Secara administratif, lokasi penelitian termasuk ke dalam wilayah Kecamatan Cikarang Pusat, Kabupaten Bekasi, Jawa Barat (Gambar 1). Pada penelitian ini dibagi menjadi dua plot, plot pertama merupakan area bervegetasi berupa jalur hijau pada tepi jalan tol Jakarta Cikampek KM35+900 yang memiliki lebar jalur hijau 30 meter. Plot kedua merupakan area terbuka yang berada di tepi jalan tol Jakarta-Cikampek KM+800 dengan kriteria minim dari vegetasi naungan atau tegakan pohon. Penelitian dilaksanakan pada bulan Agustus 2023–Januari 2024 yang meliputi tahapan perizinan penelitian, pengumpulan data primer dan sekunder, pengolahan dan analisis data hingga penyusunan laporan hasil penelitian.



Gambar 1. Lokasi Sampling Penelitian

**2.2 Alat dan Bahan**

Setiap alat dan bahan yang digunakan masing-masing memiliki kegunaan untuk menunjang kegiatan yang akan dilaksanakan di dalam penelitian ini. Dalam melakukan pengukuran konsentrasi PM<sub>10</sub> menggunakan alat digital *air quality detector* merk Dienmern model DM-72B dengan toleransi untuk pengukuran PM<sub>10</sub> +/- 5% dengan rentang pengukuran 0–999 µg/m<sup>3</sup>. Untuk menghitung volume lalu lintas pada lokasi penelitian menggunakan kamera DSLR dan tripod untuk perekaman yang kemudian akan dihitung menggunakan *Hand Tally Counter*. Selain itu, suhu udara, kelembaban relatif, kecepatan dan arah angin diukur pada lokasi penelitian dengan menggunakan *weather station digital*. Selanjutnya data yang telah terkumpulkan diolah menggunakan software seperti Microsoft Word, Microsoft Excel, dan SPSS26.

**2.3 Prosedur Penelitian**

**2.3.1 Data Konsentrasi PM<sub>10</sub>**

Titik pengukuran terletak pada dua plot yang berbeda yaitu jalur hijau yang bervegetasi dan area terbuka. Pada masing-masing plot pengukuran dilakukan pada jarak 0, 10, dan 30 meter dari tepi jalan atau tepat pada batang pohon pertama. Pengukuran dilakukan sesuai dengan waktu sampling yang telah ditentukan yaitu pada hari Minggu, Senin, dan Kamis masing-masing pukul 08.00–09.00 WIB, 12.00–13.00 WIB, dan 16.00–17.00 WIB. Data konsentrasi PM<sub>10</sub> diperoleh menggunakan alat digital *air quality detector* dengan interval 10 menit.

**2.3.2 Volume Lalu Lintas dan Total Emisi Partikel**

Jumlah kendaraan untuk kedua plot dianggap sama karena berada di lokasi yang sama dengan jarak antar plot 100 meter. Data jumlah kendaraan untuk jalan tol Jakarta-Cikampek dihitung secara manual menggunakan *Hand Tally Counter* berdasarkan hasil rekaman menggunakan kamera saat sampling berlangsung. Data jumlah kendaraan untuk Jalan Layang MBZ menggunakan data sekunder yang diberikan oleh pihak PT. *Jasamarga Tollroad Operator*. Data jumlah kendaraan dikelompokkan menjadi dua bagian yaitu kendaraan yang menggunakan bahan bakar bensin dan solar. Diasumsikan kendaraan golongan I menggunakan bensin kecuali bus yang menggunakan bahan bakar diesel dan kendaraan golongan II–V menggunakan bahan bakar solar.

Berdasarkan penelitian oleh Zhongan et al. (2005) untuk menghitung jumlah emisi pada tiap tiap sumber menggunakan rumus pada Persamaan 1 sebagai berikut:

$$E_p = \sum_{i=1}^n L \times N_i \times F_{pi} \dots\dots\dots (1)$$

Keterangan:

- Ep = Intensitas emisi dari suatu ruas jalan (g/hari atau g/jam)
- L = Panjang jalan yang dilalui kendaraan (km)
- Ni = Jumlah kendaraan bermotor tipe i yang melintasi ruas jalan (unit/hari atau unit/jam)
- Fpi = Faktor emisi kendaraan bermotor dari suatu ruas jalan (g/km)
- P = Jenis polutan

Nilai faktor emisi diperoleh dari Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 12 Tahun 2010 tentang Pelaksanaan Pengendalian Pencemaran Udara di Daerah. Faktor emisi gas buang kendaraan untuk PM<sub>10</sub> dibagi berdasarkan kategori kendaraan. Untuk kendaraan mobil yang menggunakan bahan bakar bensin memiliki nilai faktor emisi sebesar 0,01 g/km sedangkan untuk mobil dengan bahan bakar diesel memiliki nilai faktor emisi sebesar 0,53 g/km. Untuk kategori kendaraan seperti bis dan truk memiliki nilai faktor emisi yang sama yaitu sebesar 1,4 g/km.

**2.3.3. Data Iklim Mikro**

Pengukuran iklim mikro dilakukan untuk mendapatkan informasi terkait kondisi suhu, kelembaban, arah angin, dan kecepatan angin. Pengukuran iklim mikro dilakukan dengan menggunakan *Weather Station Digital* yang diletakkan pada masing-masing plot penelitian dengan jarak minimal 10 meter dari tepi jalan. Monitor dari *Weather Station Digital* dihubungkan ke laptop. Selanjutnya data akan direkam melalui *software easyweather* dengan interval pembacaan 10 menit.

**2.4 Analisis Data**

Data yang terkumpul kemudian dianalisis secara statistik dengan menggunakan program SPSS26. Untuk melihat perbedaan dalam konsentrasi PM<sub>10</sub> antara area dengan vegetasi dan area terbuka, dilakukan pengujian perbandingan menggunakan *Independent Sample T-test*. Selain itu, penelitian ini menggunakan analisis regresi linier untuk melihat pengaruh jarak dari sumber emisi, kecepatan angin, dan volume kendaraan, dan terhadap konsentrasi PM<sub>10</sub>.

Kedua uji statistik tersebut menggunakan tingkat signifikansi α=0,05. Untuk menginterpretasikan keeratan hubungan antara dua variabel dapat dilihat dari nilai koefisien korelasi (r). Ketika nilai koefisien korelasi antara dua variabel mendekati 1, tingkat hubungan antara keduanya semakin tinggi. Sebaliknya, jika nilai koefisien korelasi mendekati 0, hubungan antara kedua variabel menjadi semakin lemah (Nuryadi et al., 2017).

**3. HASIL DAN PEMBAHASAN**

**3.1 Kondisi Iklim Mikro dan Lokasi Penelitian**

Pada saat pengukuran konsentrasi PM<sub>10</sub> di lapangan, kondisi cuaca cukup cerah dari pagi hingga sore hari. Pengukuran iklim mikro yang dilakukan di kedua plot penelitian meliputi kelembaban udara, suhu udara, kecepatan angin, dan arah angin (Tabel 1). Pada plot area bervegetasi, rata-rata suhu udara tertinggi terjadi pada saat pengukuran di siang hari pukul 12.00–13.00 WIB dan sebaliknya pada waktu tersebut memiliki rata-rata kelembaban udara yang paling rendah diantara waktu sampling yang lain. Angin yang berhembus di area plot vegetasi memiliki kecepatan yang bervariasi. Pada hari Minggu dan Kamis angin berhembus paling kencang pada sore hari dengan masing-masing kecepatan 0,53 m/s dan 1,36 m/s sedangkan pada hari Senin angin berhembus paling kencang pada pagi hari dengan kecepatan 0,91 m/s. Pada plot area terbuka, baik pada hari Minggu, Senin, maupun Kamis, rata-rata suhu udara tertinggi

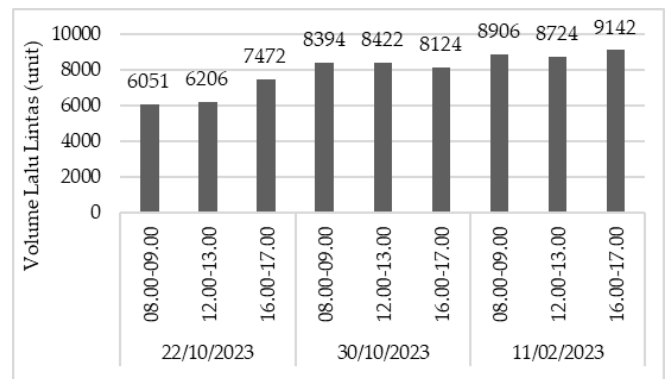
Tabel 1. Kondisi Iklim Mikro di Lokasi Penelitian

Plot	Waktu Sampling	Iklim Mikro			Arah Angin Dominan (Blowing from)	
		Rata-Rata Kelembaban Udara (%)	Rata-Rata Suhu Udara (°C)	Rata-Rata Kecepatan Angin (m/s)		
Plot I (Area Vegetasi)	Minggu, 22 Oktober 2023					
	08.00 – 09.00	49,33	32,25	0,22	Timur Laut	
	12.00 – 13.00	39,67	36,95	0,27	Utara	
	16.00 – 17.00	49,25	32,1	0,53	Utara	
	Senin, 30 Oktober 2023					
	08.00 – 09.00	50,48	35,5	0,91	Barat	
	12.00 – 13.00	31,43	37,2	0,73	Barat	
	16.00 – 17.00	49,86	32,41	0,33	Utara	
	Kamis, 02 November 2023					
	08.00 – 09.00	54,83	32,67	0,62	Barat Laut	
	12.00 – 13.00	36,5	36,79	0,62	Utara	
	16.00 – 17.00	51,67	31,42	1,36	Utara	
	<b>Rata-Rata</b>	<b>45,89</b>	<b>34,14</b>	<b>0,62</b>		
	Plot II (Area Terbuka)	Minggu, 22 Oktober 2023				
		08.00 – 09.00	45,43	33,81	0,33	Barat
12.00 – 13.00		32,5	37	0,83	Selatan	
16.00 – 17.00		55,67	32,97	0,78	Utara	
Senin, 30 Oktober 2023						
08.00 – 09.00		46,62	35,74	0,92	Selatan	
12.00 – 13.00		31,17	37,9	1,4	Selatan	
16.00 – 17.00		50	32,52	0,67	Utara	
Kamis, 02 November 2023						
08.00 – 09.00		49,95	32,96	0,90	Utara	
12.00 – 13.00		32	37,45	1	Selatan	
16.00 – 17.00		48,67	32,45	1,52	Utara	
<b>Rata-Rata</b>		<b>43,56</b>	<b>34,76</b>	<b>0,93</b>		

ditemukan pada pengamatan siang hari pukul 12.00–13.00 WIB. Sebaliknya, rata-rata kelembaban udara terendah terdapat pada waktu sampling yang sama. Untuk kecepatan angin bervariasi, pada pengamatan hari Kamis, angin berhembus paling kencang pada sore hari dengan kecepatan 1,52 m/s. Namun pada hari Minggu dan Senin, angin berhembus paling kencang pada siang hari dengan kecepatan angin masing-masing 0,83 m/s dan 1,4 m/s. Arah angin yang dominan di kedua plot yang dominan juga cukup beragam tergantung pada waktu sampling.

Jika membandingkan hasil pengukuran iklim mikro antara kedua plot yang dapat dilihat pada Tabel 1, hasil pengukuran kelembaban udara rata-rata pada plot vegetasi sedikit lebih tinggi yaitu sebesar 45,89% dibandingkan dengan plot terbuka yang memiliki rata-rata kelembaban udara 43,56%. Sebaliknya, untuk parameter suhu udara dan kecepatan angin rata-rata pada plot area terbuka lebih tinggi yaitu masing-masing sebesar 34,75°C dan 0,93 m/s dibandingkan dengan plot area bervegetasi yang memiliki suhu udara rata-rata 34,14°C dan kecepatan angin sebesar 0,62 m/s. Hal ini membuktikan bahwa keberadaan vegetasi dapat mempengaruhi penurunan suhu udara dan peningkatan kelembaban udara di lingkungan sekitar dan berfungsi sebagai pemecah angin pada jalur hijau jalan. Vegetasi dapat mereduksi kecepatan angin jika memiliki kerapatan yang tinggi. Jika ditanam secara berbaris dengan jarak tanam yang rapat, pohon yang tinggi akan lebih efektif dalam menahan angin (Adjam & Renoat, 2017).

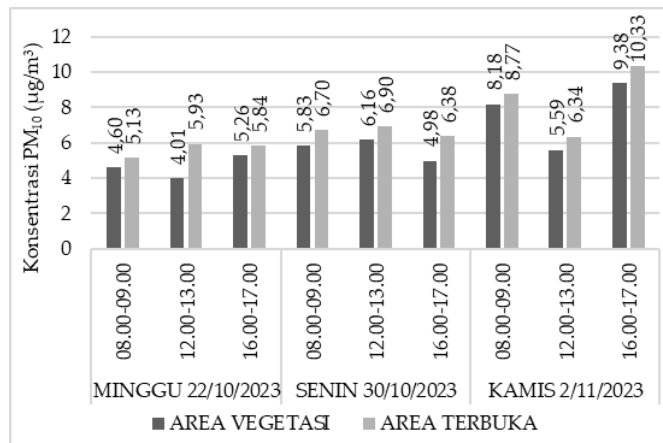
3.2 Volume Lalu Lintas dan Estimasi Emisi PM<sub>10</sub>



Gambar 2. Volume lalu lintas pada saat pengumpulan data

Hari Senin dan Kamis memiliki jumlah kendaraan yang lebih tinggi jika dibandingkan dengan hari minggu. Volume lalu lintas yang melintas di lokasi penelitian saat pengamatan berlangsung dapat dilihat pada Gambar 2. Kendaraan yang melalui jalan layang MBZ hanya berupa sedan, jip, dan mobil pick up yang dimana ketiganya termasuk Golongan I. Berbagai jenis kendaraan mulai dari sedan, jip, mobil pick up, bus hingga truk dengan 2–4 gandar melalui jalan tol Jakarta-Cikampek. Kendaraan Golongan I menggunakan bahan bakar bensin, kecuali bus yang umumnya menggunakan bahan bakar solar. Untuk kendaraan Golongan II–V yang didominasi oleh truk menggunakan bahan bakar solar. Tabel

2 menunjukkan volume kendaraan pada lokasi penelitian berdasarkan bahan bakar yang digunakan beserta estimasi emisi PM<sub>10</sub> yang dihasilkan.



Gambar 3. Konsentrasi PM<sub>10</sub> (µg/m<sup>3</sup>) di lokasi penelitian berdasarkan waktu sampling

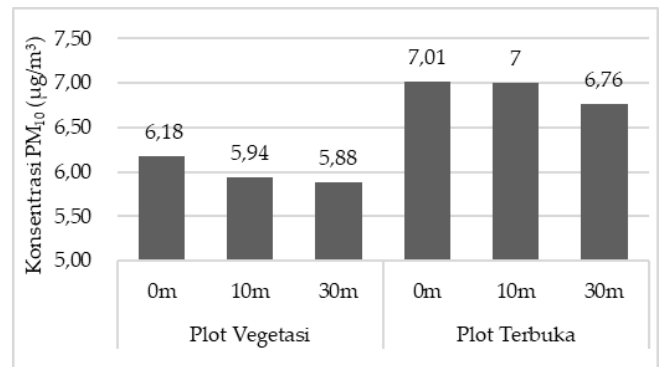
Estimasi emisi PM<sub>10</sub> pada hari Senin dan Kamis jauh lebih tinggi jika dibandingkan dengan hari Minggu. Hal tersebut dipengaruhi oleh jumlah kendaraan yang menggunakan bahan bakar solar pada hari senin dan kamis lebih tinggi daripada hari minggu. Penelitian yang dilakukan oleh Hu *et al.* (2021) mengungkapkan bahwa kendaraan yang menggunakan bahan bakar solar memiliki pengaruh yang lebih besar terhadap penyumbangan konsentrasi polusi partikel dibandingkan dengan kendaraan yang menggunakan bahan bakar bensin.

Tabel 2. Volume lalu lintas berdasarkan jenis bahan bakar dan estimasi emisi PM<sub>10</sub> yang dihasilkan

WAKTU SAMPLING	JUMLAH KENDARAAN (UNIT)		ESTIMASI EMISI PM <sub>10</sub> (g/jam)
	SOLAR	BENSIN	
Minggu, 22 Oktober 2023			
08.00-09.00	4691	1360	390,18
12.00-13.00	4842	1364	391,60
16.00-17.00	6132	1340	387,46
Senin, 30 Oktober 2023			
08.00-09.00	5378	3016	855,24
12.00-13.00	4874	3548	1003,19
16.00-17.00	4976	3148	891,39
Kamis, 02 November 2023			
08.00-09.00	5642	3264	925,20
12.00-13.00	4844	3880	1096,09
16.00-17.00	5662	3480	985,72

Keterangan: Faktor emisi PM<sub>10</sub> untuk bahan bakar bensin 0,01 g/km dan bahan bakar solar 1,4 g/km

### 3.3 Konsentrasi PM<sub>10</sub> di Lokasi Penelitian



Gambar 4. Konsentrasi PM<sub>10</sub> (µg/m<sup>3</sup>) di lokasi penelitian berdasarkan jarak dari sumber emisi

Konsentrasi PM<sub>10</sub> di udara ambien pada kedua plot penelitian berdasarkan waktu sampling (Gambar 3). Rata-rata konsentrasi PM<sub>10</sub> tertinggi diperoleh pada waktu sampling hari kamis sore yang dimana plot bervegetasi sebesar 9,38 µg/m<sup>3</sup> dan plot terbuka sebesar 10,33 µg/m<sup>3</sup>. Gambar 4 menunjukkan bahwa rata-rata konsentrasi PM<sub>10</sub> pada jarak 0 meter dari sumber emisi lebih tinggi daripada rata-rata konsentrasi pada jarak 10 dan 30 meter dari sumber emisi, baik pada plot terbuka maupun vegetasi. Pada plot vegetasi, konsentrasi PM<sub>10</sub> dari sumber emisi (jarak 0 meter) ke jarak 10 meter menunjukkan selisih rata-rata konsentrasi 0,24 µg/m<sup>3</sup> atau penurunan sebesar 3,87% sedangkan selisih rata-rata konsentrasi PM<sub>10</sub> dari sumber emisi ke jarak 30 meter menunjukkan angka 0,30 µg/m<sup>3</sup> atau penurunan sebesar 4,91%. Pada plot terbuka, rata-rata konsentrasi PM<sub>10</sub> dari jarak 0 meter ke jarak 10 meter dari sumber emisi menunjukkan selisih 0,01 µg/m<sup>3</sup> atau persentase penurunannya sebesar 0,19% sedangkan selisih rata-rata konsentrasi dari jarak 0 meter hingga 30 meter dari sumber emisi menunjukkan angka 0,25 µg/m<sup>3</sup> atau persentase penurunannya sebesar 3,54%.

Berdasarkan angka persentase penurunan tersebut, secara keseluruhan dengan adanya vegetasi berupa tegakan pohon pada jalur hijau dengan lebar 30 meter efektif sebesar 1,37% dalam menurunkan rata-rata konsentrasi PM<sub>10</sub> pada area vegetasi dibandingkan area terbuka yang minim dari tegakan pohon. Vegetasi memainkan peran penting dalam mengurangi PM<sub>10</sub> dengan cara meningkatkan pengendapan partikel pada bagian cabang pohon dan daun (Fan *et al.*, 2017; Lei *et al.*, 2018). Selain itu, dengan adanya vegetasi pada jalur hijau dengan lebar 30 meter yang dapat menurunkan konsentrasi PM<sub>10</sub> sebesar 4,91%, diharapkan dapat mengurangi dampak paparan PM<sub>10</sub> bagi kesehatan terutama pada warga yang bermukim disekitar pinggir jalan tol. Pejalan kaki, pengguna sepeda, dan pengguna motor yang berada di sekitar lokasi permukiman sekitar jalan tol lebih beresiko terpapar polusi PM<sub>10</sub> yang berasal dari emisi gas buang kendaraan yang melintasi jalan tol dibandingkan dengan komuter yang menggunakan mobil di jalan tol. Studi yang dilakukan oleh Hu *et al.* (2021) menyebutkan bahwa para pengguna sepeda di China beresiko terkena paparan PM<sub>10</sub> pada street canyon sehingga diperlukan penanaman pohon-pohon dengan jarak tanam yang rapat pada bagian jalur hijau jalan. Hal tersebut dilakukan agar dapat mengurangi dampak paparan PM<sub>10</sub> terhadap pengguna sepeda yang melalui street

canyon. Penelitian yang dilakukan oleh Nowak *et al.* (2018) membuktikan bahwa adanya hutan kota yang berada di Kanada dapat mengurangi polusi tahunan yang bervariasi di antara kota-kota dan memiliki dampak bagi kesehatan secara keseluruhan dapat menghindari 30 insiden kematian manusia dan 22.000 insiden gejala pemapasan akut di kota-kota tersebut.

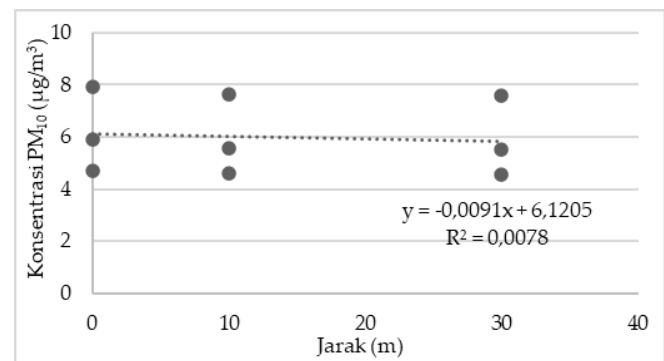
Untuk mengetahui perbedaan rata-rata konsentrasi PM<sub>10</sub> pada plot vegetasi dan plot terbuka dilakukan uji statistik Independent Sample T-Test yang dapat dilihat pada Tabel 3. Nilai Sig. (2-tailed) menunjukkan angka 0,042 < 0,05 yang berarti terdapat perbedaan yang signifikan antara konsentrasi PM<sub>10</sub> di plot bervegetasi dan plot terbuka. Hasil penelitian oleh Chen *et al.* (2015) mengungkapkan bahwa jalur hijau yang terdiri atas berbagai jenis vegetasi dapat mengurangi konsentrasi PM<sub>10</sub> sampai tingkat tertentu di lingkungan jalan terbuka jika dibandingkan dengan area terbuka atau kontrol.

Selain vegetasi, untuk mengetahui kemungkinan pengaruh dari variabel lain seperti jumlah kendaraan, kecepatan angin, dan jarak terhadap perubahan konsentrasi PM<sub>10</sub> dilakukan uji regresi linier sederhana. Dari hasil analisis regresi linier sederhana antara konsentrasi PM<sub>10</sub> pada plot vegetasi dengan jarak dari sumber emisi diperoleh persamaan  $Y = -0,0091x + 6,1205$  (Gambar 5). Artinya hubungan antara konsentrasi PM<sub>10</sub> dan jarak dari sumber tidak searah atau semakin besar jarak dari sumber emisi maka konsentrasi PM<sub>10</sub> semakin rendah. Namun, berdasarkan nilai signifikansi antara konsentrasi PM<sub>10</sub> dan jarak menunjukkan angka 0,806 (sign. > 0,05) yang berarti di plot bervegetasi, jarak dari sumber emisi terhadap konsentrasi PM<sub>10</sub> tidak berpengaruh secara signifikan. Pengaruh variabel jarak terhadap konsentrasi PM<sub>10</sub> hanya sebesar 0,78%. Angka tersebut menunjukkan bahwa pada dasarnya jarak tidak mempengaruhi perubahan konsentrasi PM<sub>10</sub> atau korelasi antara keduanya bersifat sangat lemah.

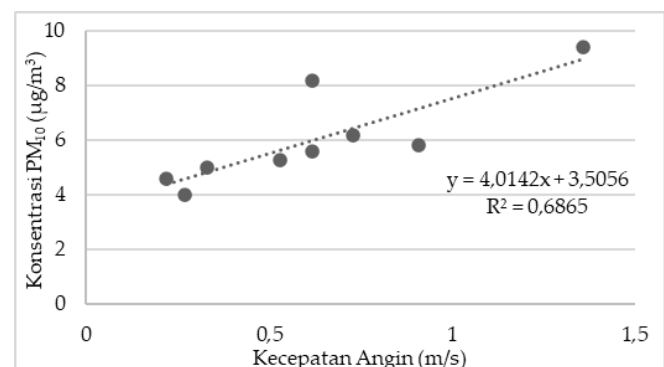
Seperti yang telah dibahas sebelumnya, penurunan konsentrasi PM<sub>10</sub> pada jarak 0 hingga 30 meter di plot vegetasi hanya sekitar 4,91% dimana angka tersebut tergolong kecil. Hal ini dapat disebabkan oleh vegetasi pada plot jalur hijau penelitian tidak terlalu padat dan masih terdapat beberapa celah. Hasil penelitian oleh Baldauf (2017) mengungkapkan bahwa semakin tebal penghalang vegetatif atau jalur hijau maka semakin besar pengurangan polutan. Ketebalan jalur hijau minimum 10 meter seharusnya cukup untuk mengurangi polusi partikel. Namun yang perlu diperhatikan adalah celah pada antara vegetasi yang berada di jalur hijau harus dihindari sehingga perlu mempertimbangkan kepadatan vegetasi pada jalur hijau agar efektif dalam mengurangi polutan.

Dari hasil analisis regresi linier sederhana antara konsentrasi PM<sub>10</sub> di plot vegetasi dengan kecepatan angin, diperoleh persamaan  $Y = 4,0142x + 3,5056$  (Gambar 6). Artinya hubungan antara konsentrasi PM<sub>10</sub> dengan kecepatan angin searah. Hal tersebut dikarenakan partikulat yang berada di lokasi penelitian tidak hanya berasal dari emisi gas buang kendaraan yang melintasi Jalan Tol Jakarta–Cikampek ataupun Jalan Layang MBZ namun dapat juga berasal dari kawasan yang jauh dari lokasi penelitian yang terbawa oleh angin sehingga mengalami penumpukan pada area vegetasi.

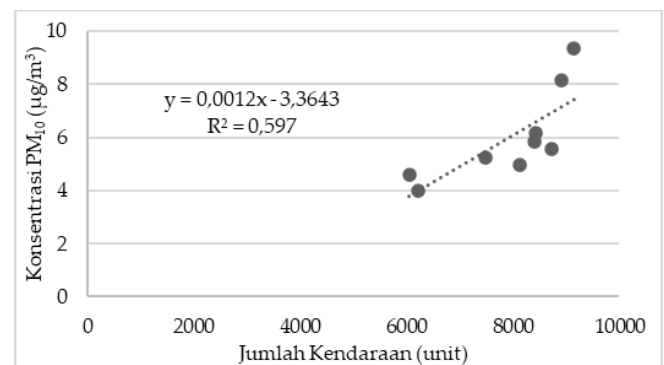
Hal ini sejalan dengan studi yang dilakukan oleh Nuryanto *et al.* (2021) yang mengungkapkan bahwa hubungan korelasi positif antara konsentrasi polusi partikel dan kecepatan angin dapat terjadi karena partikel pencemar tidak hanya terbawa dari perkotaan, tetapi juga mungkin berasal dari daerah yang lebih jauh. Nilai signifikansi antara kecepatan angin dan konsentrasi PM<sub>10</sub> menunjukkan angka 0,006 (sign. < 0,05), yang mengindikasikan adanya pengaruh yang signifikan antara kecepatan angin dan konsentrasi PM<sub>10</sub> pada plot bervegetasi. Kecepatan angin memiliki pengaruh terhadap konsentrasi PM<sub>10</sub> sebesar 68,6% yang berarti korelasi keduanya kuat. Kecepatan angin diketahui memiliki efek yang kuat pada dispersi PM (Rivas *et al.*, 2017). Menurut Sulistyantara *et al.* (2016), angin dapat mempengaruhi penyebaran polutan ke atmosfer yang lebih luas.



Gambar 5. Persamaan Regresi antara Konsentrasi PM<sub>10</sub> (µg/m<sup>3</sup>) dengan jarak pada area vegetasi



Gambar 6. Persamaan Regresi antara Konsentrasi PM<sub>10</sub> (µg/m<sup>3</sup>) dengan kecepatan angin pada area vegetasi



Gambar 7. Persamaan Regresi antara Konsentrasi PM<sub>10</sub> (µg/m<sup>3</sup>) dengan jumlah kendaraan pada area vegetasi

Tabel 3. *Independent Sample T-Test* konsentrasi PM<sub>10</sub> antara kedua plot penelitian

Konsentrasi PM <sub>10</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	Equal variances assumed	0,151	0,699	<i>t-test for Equality of Means</i>		Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
				t	df				Lower	Upper
	Equal variances assumed			-2,086	52	0,042	-0,92741	0,44455	-1,81945	-0,03536
	Equal variances not assumed			-2,086	51,891	0,042	-0,92741	0,44455	-1,81950	-0,03532

Dari hasil analisis regresi linier sederhana antara konsentrasi PM<sub>10</sub> di plot vegetasi dengan jumlah kendaraan, diperoleh persamaan  $Y = 0,0012x - 3,3643$  (Gambar 7). Artinya hubungan antara konsentrasi PM<sub>10</sub> dengan jumlah kendaraan searah atau semakin tinggi jumlah kendaraan yang melintasi maka semakin besar pula konsentrasi PM<sub>10</sub>. Nilai signifikansi antara konsentrasi PM<sub>10</sub> dan jumlah kendaraan menunjukkan angka 0,015 (sign. < 0,05) yang berarti jumlah kendaraan berpengaruh secara signifikan terhadap konsentrasi PM<sub>10</sub> di plot bervegetasi. Jumlah memiliki pengaruh terhadap konsentrasi PM<sub>10</sub> sebesar 59,7% yang berarti korelasi keduanya kuat. Hasil penelitian oleh Harantová *et al.* (2023) menunjukkan bahwa rata-rata konsentrasi PM<sub>10</sub> menurun ketika volume lalu lintas juga menurun. Hal ini berarti volume lalu lintas memengaruhi distribusi PM<sub>10</sub>. Penelitian yang dilakukan oleh Hu *et al.* (2021) juga menunjukkan hubungan positif signifikan antara volume lalu lintas dengan PM<sub>10</sub> pada jenis jalan yang lebar tanpa bangunan di kedua sisi jalan.

**4. KESIMPULAN**

Hasil penelitian menunjukkan bahwa keberadaan jalur hijau memiliki dampak positif dalam mengurangi konsentrasi PM<sub>10</sub> dikarenakan adanya vegetasi terutama tegakan pohon yang dapat menyerap polutan partikel. Terdapat perbedaan yang signifikan antara konsentrasi pada plot bervegetasi dan plot area terbuka. Plot bervegetasi memiliki rata-rata konsentrasi PM<sub>10</sub> yang lebih rendah daripada plot area terbuka. Adanya vegetasi dapat menurunkan rata-rata konsentrasi PM<sub>10</sub> sebesar 4,91% pada jalur hijau yang memiliki lebar 30 meter. Kecepatan angin dan volume lalu lintas juga terbukti turut mempengaruhi perubahan konsentrasi PM<sub>10</sub>. Oleh karena itu, untuk meningkatkan efektivitas dalam mengurangi sebaran PM<sub>10</sub>, penataan jalur hijau di jalan tol harus memperhatikan kepadatan dan jenis vegetasi, serta lebar jalur hijau.

**PERSANTUNAN**

Penulis menyampaikan terima kasih kepada Departemen Arsitektur Lanskap Institut Pertanian Bogor atas bantuannya dalam menyediakan alat yang digunakan dalam

penelitian ini. Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada PT Jasa Marga Cabang Jakarta-Cikampek yang telah memberikan izin dan pendampingan serta rekan-rekan yang telah bekerja sama dalam pengumpulan data di lapangan.

**DAFTAR PUSTAKA**

Adjam, R. M., & Renoat, E. (2017). Vegetasi Lanskap Jalan Sebagai Pereduksi Aliran Angin di Kota Kupang. *Jurnal Lanskap Indonesia*, 9(1).

Baldauf, R. (2017). *Roadside vegetation design characteristics that can improve local, near-road air quality. Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 52, 354–361. <https://doi.org/10.1016/j.trd.2017.03.013>

Chen, X., Pei, T., Zhou, Z., Teng, M., He, L., Luo, M., & Liu, X. (2015). *Efficiency differences of roadside greenbelts with three configurations in removing coarse particles (PM10): A street scale investigation in Wuhan, China. Urban Forestry and Urban Greening*, 14(2), 354–360. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2015.02.013>

Fan, S., Li, X., Han, J., Cao, Y., & Dong, L. (2017). *Field assessment of the impacts of landscape structure on different-sized airborne particles in residential areas of Beijing, China. Atmospheric Environment*, 166, 192–203. <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2017.07.026>

Harantová, V., Gnap, J., Dočkalik, M., & Loman, M. (2023). *Monitoring of territory pollution by particulate matter in relation to road traffic. Transportation Research Procedia*, 74, 224–231. <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2023.11.138>

Hu, H., Chen, Q., Qian, Q., Lin, C., Chen, Y., & Tian, W. (2021). *Impacts of traffic and street characteristics on the exposure of cycling commuters to PM2.5 and PM10 in urban street environments. Building and Environment*, 188. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2020.107476>

Lei, Y., Duan, Y., He, D., Zhang, X., Chen, L., Li, Y., Gao, Y. G., Tian, G., & Zheng, J. (2018). *Effects of urban greenspace patterns on particulate matter pollution in metropolitan Zhengzhou in Henan, China. Atmosphere*, 9(5). <https://doi.org/10.3390/ATMOS9050199>

Matos, P., Vieira, J., Rocha, B., Branquinho, C., & Pinho, P. (2019). *Modeling the provision of air-quality regulation ecosystem service provided by urban green spaces using lichens as ecological indicators. Science of The Total*

- Environment*, 665, 521–530.  
<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.02.023>
- Montero, J. M., & Fernández-Avilés, G. (2018). *Functional kriging prediction of atmospheric particulate matter concentrations in Madrid, Spain: Is the new monitoring system masking potential public health problems?* *Journal of Cleaner Production*, 175, 283–293.  
<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.12.041>
- Nowak, D. J., Hirabayashi, S., Doyle, M., McGovern, M., & Pasher, J. (2018). *Air pollution removal by urban forests in Canada and its effect on air quality and human health.* *Urban Forestry & Urban Greening*, 29, 40–48.  
<https://doi.org/10.1016/j.ufug.2017.10.019>
- Nuryadi, Astuti, T. D., Utami, E. S., & Budiantara, M. (2017). *Dasar-Dasar Statistik Penelitian* (1st ed.). SIBUKU MEDIA. [www.sibuku.com](http://www.sibuku.com)
- Nuryanto, Gultom, H. M., & Melinda, S. (2021). *Pengaruh Angin Permukaan dan Kelembapan Udara Terhadap Suspended Particulate Matter (SPM) di Sorong Periode Januari – Juli 2019.* *Buletin GAW Bariri*, 2(2), 71–78.  
<https://doi.org/10.31172/bgb.v2i2>
- Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 12 Tahun 2010 Tentang Pelaksanaan Pengendalian Pencemaran Udara Di Daerah (2010).
- Pratama, F. S. (2018). *Studi Kelayakan Pembangunan Jalan Tol Jakarta-Cikampek Elevated Ditinjau dari Aspek Ekonomi dan Finansial.* Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Rivas, I., Kumar, P., & Hagen-Zanker, A. (2017). *Exposure to air pollutants during commuting in London: Are there inequalities among different socio-economic groups?* *Environment International*, 101, 143–157.  
<https://doi.org/10.1016/j.envint.2017.01.019>
- Sulistiyantara, B., Nasrullah, N., Fatimah, I. S., & Pratiwi, P. I. (2016). *Study of the Effectivity of Several Tree Canopy Types on Roadside Green Belt in Influencing the Distribution Vertically and Horizontally of CO gas Emitted from Transportation Activities to Vicinity of the Road.* *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 31(1).  
<https://doi.org/10.1088/1755-1315/31/1/012031>
- Sun, L., Wei, J., Duan, D. H., Guo, Y. M., Yang, D. X., Jia, C., & Mi, X. T. (2016). *Impact of Land-Use and Land-Cover Change on urban air quality in representative cities of China.* *Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics*, 142, 43–54.  
<https://doi.org/10.1016/j.jastp.2016.02.022>
- Van Fan, Y., Klemeš, J. J., Perry, S., & Lee, C. T. (2018). *An emissions analysis for environmentally sustainable freight transportation modes: Distance and capacity.* *Chemical Engineering Transactions*, 70, 505–510.  
<https://doi.org/10.3303/CET1870085>
- Wardoyo, A. Y. P. (2016). *Emisi Partikulat Kendaraan Bermotor Dan Dampak Kesehatan* (1st ed.). UB Press.
- Wu, L., & Chen, C. (2023). *Does pattern matter? Exploring the pathways and effects of urban green space on promoting life satisfaction through reducing air pollution.* *Urban Forestry & Urban Greening*, 82, 127890.  
<https://doi.org/10.1016/j.ufug.2023.127890>
- Zhang, W., Zhang, Y., Gong, J., Yang, B., Zhang, Z., Wang, B., Zhu, C., Shi, J., & Yue, K. (2020). *Comparison of the suitability of plant species for greenbelt construction based on particulate matter capture capacity, air pollution tolerance index, and antioxidant system.* *Environmental Pollution*, 263.  
<https://doi.org/10.1016/j.envpol.2020.114615>
- Zhongan, Slannina, S., Spaargaren, G., & Yuanhang, Z. (2005). *Traffic and urban air pollution, the case of Xi'an city.* P.R. China.