
ANALISIS PERUBAHAN KONSENTRASI NITROGEN DIOKSIDA (NO₂) PADA AREA BERVEGETASI DAN TIDAK BERVEGETASI DI JALAN SIMPANG SUSUN

Analysis Of Nitrogen Dioxide (No₂) Concentration On Vegetated And Nonvegetated Area Close To The Interchange Road

Farida Dwirahmawati

Mahasiswa Sekolah Pascasarjana IPB,
Program Studi Arsitektur Lanskap
Email : bunfar77@gmail.com

Nizar Nasrullah

Staf Pengajar Departemen Arsitektur Lanskap,
Fakultas Pertanian IPB

Bambang Sulistyantara

Staf Pengajar Departemen Arsitektur Lanskap,
Fakultas Pertanian IPB

ABSTRACT

The Interchange of highway is the intersection of several roads that consists of numerous road levels, ramps, loop, divergent paths, and convergent paths. It causes great number of traffic volume and releases abundant pollutant quantities especially when traffic congestion occurs. One of the pollutants emitted from transportation which affect human's health is NO₂. This research objectives were to analyze dispersion of NO₂ gas pollutant from interchange road and to analyze the influence of local wind speed, distance, and traffic volume with NO₂ concentrations at the surrounding of the interchange. Researches were conducted at Cikunir Interchange. Air sampling was conducted to measure NO₂ concentration at elevation 1.5 m at distance 0 m, 10 m, and 75 m using Air Sampler Impinger. Results of research showed that the average NO₂ concentration at the vegetated area was 33.68 µg/m³, while the average concentration of NO₂ in the nonvegetated area was 94.05 µg/m³. Concentration of NO₂ was analyzed with Griess-Saltzman method. From this research, the result of Independent Sample T Test showed that the average of NO₂ concentration at the vegetated area was significantly different from the average of NO₂ concentration in the nonvegetated area. NO₂ gas concentrations at both sites have a tendency to decrease from the emission source (0 m) to a further location. The results showed that vehicle volume and wind speed have a significant affect on NO₂ concentration at vegetated sites. In this case, increasing wind speed significantly reduce NO₂ concentrations, however increasing vehicle number significantly increase NO₂ concentrations in the area close to the road.

Keywords: dispersion, gas pollutant, interchange, NO₂, vegetated area

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Polusi udara merupakan masalah serius yang semakin lama keberadaannya semakin meningkat hampir di semua negara termasuk di negara-negara maju. Pemantauan kualitas udara yang telah dilakukan oleh Kementerian Lingkungan Hidup di Jakarta menunjukkan 70% dari total emisi yang dibuang ke udara berasal dari gas buang kendaraan bermotor (KLH, 2002). Peningkatan jumlah kendaraan dan penggunaan bahan bakar yang semakin tinggi berdampak pada meningkatnya emisi yang menyebabkan penurunan kualitas udara akibat polusi. Pertumbuhan kendaraan bermotor di Indonesia pada kurun waktu lima tahun antara tahun 2011 sampai dengan 2015 adalah sebesar 9.13 % pertahun atau sebanyak 8 948 209 kendaraan pertahun (BPS, 2016).

Beberapa tahun terakhir, pencemaran nitrogen oksida (NO_x) akibat emisi kendaraan menjadi isu penting di beberapa negara di dunia karena proporsi NO_x berupa gas NO₂ dari knalpot kendaraan terbukti meningkat (Carslaw, 2005; Anttila *et al.*, 2011; Anttila dan Tuovinen, 2010). Sektor transportasi juga merupakan kontributor terbesar emisi NO_x di Uni Eropa yaitu sebesar 46% dari total emisi. Di dalam laporan kualitas udara DKI Jakarta tahun 2015, tren kualitas pencemaran udara menunjukkan bahwa konsentrasi NO₂ cenderung menurun pada Tahun 2009 ke Tahun 2012 namun cenderung meningkat pada tahun-tahun berikutnya. Berdasarkan data hasil pemantauan kualitas udara ambien di 243 kota di Indonesia oleh Pusat Penelitian dan Pengembangan Kualitas dan Laboratorium Lingkungan Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan tahun 2011, konsentrasi NO₂ di sebagian kota besar sudah melampaui baku mutu tahunan (100 µg/m³).

Nitrogen oksida (NO_x) adalah senyawa gas di atmosfer yang sebagian besar terdiri atas nitrit oksida (NO) dan nitrogen dioksida (NO₂) serta berbagai jenis oksida dalam jumlah yang lebih sedikit. Kedua macam gas tersebut mempunyai sifat yang sangat berbeda dan keduanya sangat berbahaya bagi kesehatan. Pengaruh negatif NO₂ terhadap kesehatan manusia adalah menurunnya fungsi paru-paru dan meningkatnya risiko kanker (Hamra *et al.*, 2015; WHO, 2013). Nitrogen Dioksida (NO₂) juga merupakan salah satu prekursor pembentuk polutan sekunder berupa ozon. Secara alami, NO₂ mengalami siklus fotolitik dengan bantuan matahari membentuk O₃ dan sebaliknya. Siklus fotolitik tersebut dapat mengalami gangguan akibat adanya senyawa hidrokarbon yang bereaksi dengan NO sehingga kadar O₃ meningkat pada lapisan troposfer. Berbeda dengan ozon yang berada di lapisan stratosfer (antara 15 dan 30 km di atas permukaan bumi) yang dikenal sebagai lapisan ozon yang berperan untuk menyerap sinar ultraviolet dari matahari, ozon di lapisan troposfer merupakan gas pencemar beracun yang berdampak buruk bagi makhluk hidup.

Simpang susun atau sering disebut *interchange* merupakan suatu persimpangan tidak sebidang pada pertemuan dua atau lebih lintas jalan arteri atau jalan tol. Fungsi simpang susun adalah mempermudah perpindahan kendaraan dari jalan arteri ke jalan arteri lainnya, jalan arteri ke jalan tol, atau jalan tol ke jalan tol lainnya (Oglesby dan Hicks, 1990). Sebuah simpang susun dapat menjadi bentuk persimpangan yang tidak sederhana dari beberapa ruas jalan dengan beberapa level jalan, ramp, loop, jalur konvergen, dan jalur divergen. Sebagai bentuk jalan yang tidak sebidang (bertingkat) dan merupakan titik temu dari beberapa ruas

jalan, volume kendaraan di simpang susun dapat berlipat sehingga menyumbang polusi udara yang besar di perkotaan.

Ruang terbuka hijau (RTH) berupa jalur hijau jalan merupakan komponen yang sangat efektif untuk menyerap dan menyerap polutan yang telah lepas ke udara disamping instrumen kebijakan yang berkaitan dengan penetapan standar emisi dan kualitas udara, kebijakan ekonomi berupa insentif dan disinsentif, serta usaha mengurangi emisi gas-gas pencemar langsung pada sumbernya melalui penggunaan teknologi untuk mengontrol emisi, penggunaan bahan bakar alternatif ramah lingkungan, dan manajemen lalu lintas. Beberapa penelitian telah dilakukan berkaitan dengan peran vegetasi dalam mengurangi polusi udara di jalan raya (Nasrullah *et al.* 1994; Sulistijorini 2009; Hermawan *et al.* 2011; Sulistyantara *et al.* 2016; Nugraheni 2006) namun belum mengkaji sebaran polusi udara di jalan simpang susun. Maka, penelitian ini bertujuan untuk menganalisa sebaran (dispersi) polutan gas NO₂ dan mengetahui pengaruh volume kendaraan, jarak, dan kecepatan angin terhadap konsentrasi NO₂ di lokasi bervegetasi dan lokasi tidak bervegetasi pada jalan simpang susun

METODE PENELITIAN

Pengukuran Konsentrasi NO₂

Studi lapangan untuk meneliti sebaran polutan NO₂ dilakukan di Simpang Susun Cikunir yang merupakan simpang susun antara JORR E1 (ruas Taman Mini-Cikunir), JORR E2 (Cikunir-Cakung), dan rangkaian tol utama Jakarta-Cikampek. Simpang susun ini memiliki jarak tempuh total sejauh 10,5 km, dua jalur utama, enam jalur konvergen, dan lima jalur divergen seperti ditunjukkan pada Gambar 1. Pengukuran konsentrasi udara ambien gas NO₂ dilakukan pada tanggal 24 Mei 2017 pada pukul 12.00-13.00 WIB, 14.00-15.00 WIB, dan pukul 16.00-17.00 WIB menggunakan alat untuk pengumpulan sampel udara yaitu *impinger* untuk parameter gas. Metode dan prinsip pengukuran yang digunakan adalah metode *Griess Saltzman*. Persiapan alat dan bahan untuk pengukuran parameter kualitas udara NO₂ serta analisisnya dilakukan di laboratorium Pusat Penelitian Lingkungan Hidup (PPLH) LPPM IPB.



Gambar 1 Lokasi Penelitian

Dalam penelitian ini ditentukan dua plot penelitian yaitu pada area yang bervegetasi (memiliki jalur hijau jalan) dan di lokasi terbuka (tidak bervegetasi) dengan jarak antar plot kurang lebih 200 meter. Penentuan plot dilakukan dengan terlebih dahulu melakukan pengamatan arah angin di lokasi penelitian.

Pada setiap *transect* penelitian dilakukan pengambilan sampel pada tiga titik yaitu titik 0, 10, dan 75 m dari bahu jalan pada ketinggian 1.5 m di atas permukaan tanah.

Pengukuran Faktor-Faktor Iklim dan Perhitungan Volume Kendaraan

Faktor-faktor iklim yang diukur pada saat pengambilan sampel udara adalah suhu udara, kelembaban udara, kecepatan angin, dan arah angin menggunakan alat *mini weather station* baik pada lokasi bervegetasi maupun lokasi tidak bervegetasi. Data volume kendaraan yang digunakan merupakan data sekunder yang diperoleh dari pengelola jalan tol Jakarta Cikampek yaitu PT Jasamarga Persero dan Jalan Tol Lingkar Luar Jakarta yaitu PT JLJ. Jumlah kendaraan yang dihitung disesuaikan dengan waktu pengambilan sampel udara yaitu pada pukul 12.00-13.00 WIB, 14.00-15.00 WIB, dan 16.00-17.00 WIB.

Analisis Data

Untuk melihat perbedaan sebaran polutan gas NO₂ pada kedua lokasi penelitian dilakukan uji komparatif menggunakan *Independent Sample T Test*. Dari data konsentrasi gas NO₂ juga dilakukan analisis perubahan konsentrasi gas NO₂ berdasarkan variabel-variabel yang diamati melalui uji korelasi dan regresi. Dalam penelitian ini, uji korelasi bertujuan mencari hubungan jumlah kendaraan, jarak, serta hubungan kecepatan angin terhadap konsentrasi NO₂ ambien di lokasi penelitian. Uji statistik yang digunakan adalah uji korelasi *Rank Spearman*. Interpretasi mengenai kekuatan hubungan antara dua variabel berdasarkan Sarwono (2006) adalah 0-0.25 (sangat lemah); 0.25-0.5 (cukup); 0.5-0.75 (kuat); 0.75-0.99 (sangat kuat). Disamping uji korelasi, uji regresi juga dilakukan dengan tujuan untuk melihat pengaruh jumlah kendaraan, jarak dari sumber emisi, serta pengaruh kecepatan angin terhadap konsentrasi NO₂ ambien di lokasi penelitian.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Gambaran Umum Lokasi Penelitian

Lokasi pengambilan sampel udara pertama adalah di area bervegetasi (memiliki jalur hijau jalan) yang terletak sisi utara *ramp* Cikunir 1, yaitu *ramp* yang menghubungkan jalan tol lingkaran luar ruas Tanjung Priuk-Cikunir dengan jalan tol Jakarta-Cikampek arah ke Cikarang Utama. Pada jarak 5-10 meter dari bahu jalan di lokasi pertama didominasi oleh cemara angin (*Casuarina equisetifolia*) dalam satu baris penanaman dengan jarak antar pohon 2.5 m. Sedangkan pada jarak 10 m dari bahu jalan terdapat jalur hijau berupa sawo duren (*Chrysophyllum cainito*) dengan jarak tanam 5 meter (Gambar 2a). Lokasi kedua berada di lokasi yang tidak memiliki jalur hijau jalan berjarak ±200 meter dari lokasi pertama yang didominasi oleh pemukiman warga. Pada jarak

DWIRAHMAWATI, NASRULLAH, SULISTYANTARA

5-75 m dari bahu jalan di lokasi kedua tidak ditumbuhi oleh tanaman besar (pohon), semak, maupun rumput (Gambar 2b). Vegetasi yang dominan ditanam di dalam *loop* terdapat tanaman pohon antara lain Ki Putri (*Podocarpus neriifolius*), akasia (*Acacia Mangium*), bintangro (*Carbera manghas*), tanjung (*Mimosops elengi*), dan mahoni (*Swietenia macrophylla*).

Kondisi Iklim Mikro dan Volume Kendaraan di Lokasi Penelitian

Kondisi iklim mikro dari hasil pengukuran dapat diamati bahwa kondisi temperatur di lokasi penelitian menunjukkan hasil yang berbeda dari masing-masing lokasi pengukuran dan waktu pengukuran yaitu 30.56–34.98°C. Suhu tertinggi terjadi pada pukul 12.00–13.00 WIB di lokasi yang tidak bervegetasi dan berangsur menurun pada sore hari. Sementara itu kondisi kelembaban udara berfluktuasi sesuai dengan waktu pengukuran. Kondisi kelembaban didapatkan hasil antara 47.79–60.00 %. Kondisi kelembaban tertinggi terjadi pada pukul 16.00–17.00 WIB di lokasi terbuka, sedangkan kondisi kelembaban terendah terjadi pada pengamatan pukul 13.00–14.00 WIB di lokasi bervegetasi. Kecepatan angin di lokasi penelitian bervariasi antara 0.74–1.34 m/s dengan dominasi arah angin dari arah selatan ke utara.

Berdasarkan data yang diperoleh dari pengelola jalan tol Jakarta Cikampek (PT Jasamarga Persero) dan Jalan Tol Lingkar Luar Jakarta (PT JLJ), jumlah kendaraan total (semua golongan) yang melintasi Simpang Susun Cikunir dalam sehari adalah sebanyak 289 368 unit. Sedangkan banyaknya volume kendaraan pada saat pengambilan sampel udara adalah 2 759 - 4 156 unit di lokasi bervegetasi dan 8 504 - 9 031 unit di lokasi terbuka. Data volume kendaraan dan hasil pengamatan keadaan iklim mikro berupa suhu udara rata-rata, kelembaban, kecepatan angin, dan arah angin di lokasi penelitian disajikan pada Tabel 1.

Konsentrasi NO₂ di Lokasi Pengamatan

Rata-rata konsentrasi NO₂ pada lokasi bervegetasi adalah sebesar 33.68 µg/m³, sedangkan pada lokasi tidak bervegetasi didapatkan rata-rata konsentrasi NO₂ sebesar 94.05 µg/m³. Hasil uji beda nyata menggunakan *Independent Sample T Test* menunjukkan nilai *Sig. (2-tailed)* 0.016 < 0.05, yang berarti bahwa rata-rata konsentrasi NO₂ di lokasi bervegetasi berbeda nyata dengan rata-rata konsentrasi NO₂ di lokasi tidak bervegetasi.

Rata-rata konsentrasi NO₂ pada jarak 0 m dari sumber emisi di lokasi bervegetasi adalah 35.91 µg/m³, kemudian meningkat pada titik 10 m (38.02 µg/m³) dan menurun pada jarak 75 m (27.12 µg/m³). Konsentrasi rata-rata NO₂ pada jarak 0 m dari jalan di lokasi tidak bervegetasi mencapai 145.63 µg/m³ selanjutnya mengalami penurunan pada 10 m (87.79 µg/m³), dan kembali menurun pada jarak 75 m dari jalan (51.72 µg/m³). Secara umum, konsentrasi gas NO₂ pada kedua lokasi memiliki kecenderungan menurun dari sumber emisi (0 m) ke lokasi yang lebih jauh. Hal ini sesuai dengan penelitian Sulistijorini (2009) bahwa secara alami NO₂ mengalami difusi dan dispersi ke wilayah yang lebih luas sehingga terjadi penurunan konsentrasi. Rata-rata konsentrasi NO₂ pada masing-masing titik pengukuran disajikan pada Gambar 3.



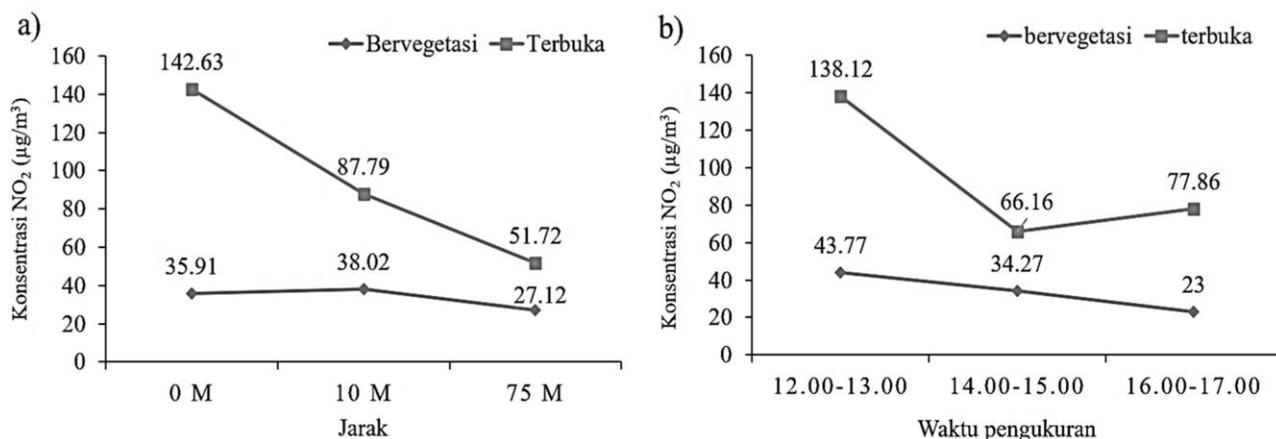
Gambar 2 Kondisi lokasi pengambilan sampel gas NO₂ (a) lokasi bervegetasi dan (b) lokasi tidak bervegetasi

Tabel 1 Volume kendaraan dan kondisi iklim mikro lokasi penelitian

Waktu Sampling	Iklim Mikro			Arah angin	Vol.Kendaraan (unit)
	Suhu udara (°C)	Kelembaban udara (%)	Kecepatan angin (ms ⁻¹)		
Lokasi bervegetasi					
12.00-13.00	33.65	47.79	0.74	utara	4 156
14.00-15.00	32.90	52.71	1.34	utara	3 775
16.00-17.00	30.56	59.86	1.28	utara	2 759
Lokasi tidak bervegetasi					
12.00-13.00	34.98	48.86	0.88	utara	9 031
14.00-15.00	34.77	51.64	1.26	utara	8 853
16.00-17.00	31.53	60.00	0.99	utara	8 504

Sumber: PT Jasa Marga, PT JLJ dan hasil pengamatan

Konsentrasi NO₂ pada pukul 12.00-13.00 WIB di tidak bervegetasi maupun pada jalur bervegetasi menghasilkan konsentrasi yang lebih tinggi dibandingkan dengan konsentrasi pada pukul 14.00-15.00 WIB dan pukul 16.00-17.00 WIB. Namun, hasil pengukuran konsentrasi gas NO₂ pada pukul 14.00-15.00 WIB di tidak bervegetasi turun pada pukul 12.00-13.00 WIB dan kembali naik pada pukul 16.00-17.00 WIB. Hasil penelitian sesuai dengan Fardiaz (1992) yang



Gambar 3 Konsentrasi rata-rata NO₂ berdasarkan (a) jarak dari sumber emisi dan (b) waktu pada masing-masing lokasi penelitian

menjelaskan bahwa konsentrasi NO₂ pada siang hari meningkat akibat sinar ultraviolet dari matahari yang disebabkan karena reaksi NO primer menjadi NO₂ sekunder. Variasi konsentrasi NO₂ pada beberapa waktu pengukuran juga sesuai dengan penelitian Gasmi *et al.* (2017) yang menyebutkan bahwa konsentrasi NO₂ berkaitan dengan interaksi antara arus lalu lintas dan tingkat ozon. Semakin banyak arus lalu lintas maka semakin banyak pula NO yang dipancarkan dan bereaksi dengan ozon yang membentuk NO₂.

Analisis Perubahan Konsentrasi Gas NO₂

Uji korelasi dalam penelitian ini bertujuan mencari hubungan jumlah kendaraan, jarak, serta hubungan kecepatan angin terhadap konsentrasi NO₂ ambien di lokasi bervegetasi dan di lokasi tidak bervegetasi (Tabel 2). Hasil analisis menggunakan *Rank Spearman* menunjukkan bahwa terdapat hubungan yang signifikan antara volume kendaraan dengan konsentrasi NO₂ di lokasi bervegetasi. Tingkat kekuatan hubungan (korelasi) antara volume kendaraan dengan konsentrasi NO₂ adalah sebesar 0.843 atau sangat kuat. Angka koefisien korelasi dari hasil uji bernilai positif, sehingga hubungan volume kendaraan dengan konsentrasi NO₂ bersifat searah yang berarti semakin tinggi volume kendaraan maka konsentrasi NO₂ menjadi semakin tinggi.

Hasil uji korelasi menunjukkan bahwa jarak berkorelasi signifikan dengan konsentrasi NO₂ di lokasi terbuka (nilai signifikansi 0.023 < 0.05). Dari uji korelasi menggunakan *Rank Spearman*, diperoleh angka koefisien korelasi sebesar -0.738, yang berarti tingkat kekuatan hubungan (korelasi) antara jarak dengan konsentrasi NO₂ adalah sebesar 0.738 atau kuat. Angka koefisien korelasi dari hasil uji bernilai negatif, sehingga hubungan jarak dengan konsentrasi NO₂ bersifat tidak searah yang berarti semakin besar jarak maka konsentrasi NO₂ menjadi semakin rendah.

Hasil uji regresi linier pengaruh variabel-variabel yang diamati pada penelitian ini menggunakan *software SPSS 24* disajikan pada Tabel 3. Dari Tabel 3 terlihat bahwa hasil analisis regresi volume kendaraan terhadap konsentrasi NO₂ ambien di lokasi bervegetasi menunjukkan nilai signifikansi sebesar 0.005 (*sign.*

Tabel 2 Hasil analisis korelasi variabel volume kendaraan, jarak, dan kecepatan angin terhadap konsentrasi NO₂

Variabel	Lokasi bervegetasi		Lokasi tidak bervegetasi	
	Koefisien	Signifikansi	Koefisien	Signifikansi
Vol. kendaraan	0.843**	0.004	0.211	0.584
Jarak	-0.316	0.407	-0.738*	0.023
Kecepatan angin	-0.478	0.338	-0.598	0.210

Keterangan :

** Korelasi bersifat signifikan pada angka signifikansi sebesar 0.01

* Korelasi bersifat signifikan pada angka signifikansi sebesar 0.05

Tabel 3 Hasil analisis regresi variabel volume kendaraan, jarak, dan kecepatan angin terhadap konsentrasi NO₂

Variabel	R	R square	Signifikansi	Persamaan Regresi
Volume kendaraan	0.840	0.706	0.005	Y = 16.534 + 0.014x
Jarak	0.363	0.132	0.337	Y = 42.471 - 4.395x
Kecepatan angin	0.812	0.660	0.050	Y = 69.911 - 29.416x

<0.05), berarti H₀ ditolak, yang berarti ada pengaruh signifikan antara volume kendaraan dengan konsentrasi NO₂ di lokasi bervegetasi. Pengaruh variabel volume kendaraan terhadap konsentrasi NO₂ di lokasi bervegetasi (*R square*) adalah 0.706 atau 70.6 % sedangkan sisanya sebesar 29.4 % dipengaruhi faktor lain. Angka koefisien regresi dari hasil uji bernilai positif, sehingga hubungan antara volume kendaraan dengan konsentrasi NO₂ di lokasi bervegetasi bersifat searah, yang berarti semakin besar volume kendaraan maka konsentrasi NO₂ di lokasi bervegetasi menjadi semakin besar pula.

Hasil uji regresi antara jarak dengan konsentrasi NO₂ di lokasi bervegetasi menunjukkan tidak terdapat pengaruh signifikan antara jarak dari sumber emisi dengan konsentrasi NO₂ di lokasi bervegetasi. Angka koefisien korelasi dari hasil uji bernilai negatif, sehingga hubungan jarak dengan konsentrasi NO₂ bersifat tidak searah yang berarti semakin besar jarak maka konsentrasi NO₂ di lokasi bervegetasi menjadi semakin rendah.

Hasil uji pengaruh antara kecepatan angin dengan konsentrasi NO₂ di lokasi bervegetasi menghasilkan nilai *R* sebesar 0.812 dan *R square* sebesar 0.660 yang berarti pengaruh variabel kecepatan angin terhadap konsentrasi NO₂ di lokasi bervegetasi adalah sebesar 66 % sedangkan sisanya sebesar 34 % dipengaruhi faktor lain yang tidak diteliti. Angka koefisien regresi dari hasil uji bernilai negatif, sehingga hubungan antara kecepatan angin dengan konsentrasi NO₂ di lokasi bervegetasi bersifat tidak searah yang berarti semakin besar kecepatan angin maka konsentrasi NO₂ di lokasi bervegetasi menjadi semakin rendah. Nilai signifikansi sebesar 0.050 (*sign.* > 0.05) menunjukkan bahwa kecepatan angin berpengaruh signifikan terhadap konsentrasi NO₂ di lokasi bervegetasi.

Hasil uji korelasi dan regresi antara konsentrasi NO₂ dengan volume kendaraan dan kecepatan angin dalam penelitian ini sesuai dengan penelitian Camilleri dan Rosalie (2013) yang menunjukkan bahwa kecepatan angin, jenis penggunaan lahan, kepadatan penduduk dan volume lalu lintas adalah semua variabel yang berdampak pada konsentrasi NO₂, sementara kepadatan penduduk, volume lalu lintas dan jenis penggunaan lahan merupakan prediktor signifikan NO₂ di lokasi lalu lintas. Koefisien regresi yang bernilai negatif yang menunjukkan hubungan tidak searah antara kecepatan angin dengan konsentrasi NO₂ juga sesuai dengan yang disampaikan Oke (1987) bahwa kecepatan angin yang rendah berpotensi mengakibatkan tidak tersebarnya pencemar, sehingga mempengaruhi kualitas udara sekitar. Korelasi negatif antara kecepatan angin dengan konsentrasi NO₂ juga sesuai dengan penelitian Agudelo *et al.* (2014) dan Jones *et al.* (2010). Semakin cepat kecepatan angin pada suatu daerah, maka pencampuran polutan dari sumber emisi akan semakin besar, hal ini karena turbulensi udara kuat yang mengakibatkan terjadinya pengenceran sehingga polutan di daerah tersebut akan semakin berkurang. Selain itu, pada kondisi meteorologi baik (atmosfer tidak stabil dan kecepatan angin tinggi) polutan didispersikan dengan cepat, baik secara vertikal maupun horizontal yang menyebabkan terjadinya pengenceran konsentrasi polutan dan penyebaran lebih lanjut (Seinfeld J.H, 1986).

Lebih lanjut, pengaruh simultan antara variabel-variabel yang diamati dilakukan melalui uji regresi linier berganda untuk memprediksi apakah variabel kecepatan angin dan volume secara bersama-sama berpengaruh terhadap konsentrasi NO₂ dan seberapa besar pengaruhnya kedua variabel tersebut terhadap konsentrasi NO₂. Hasil analisis regresi linier berganda pengaruh volume kendaraan dan kecepatan angin (secara bersama-sama) terhadap konsentrasi NO₂ di lokasi penelitian menunjukkan bahwa volume kendaraan dan kecepatan angin (secara simultan) memiliki pengaruh yang

sangat kuat dan signifikan terhadap konsentrasi gas NO₂ ambien. Volume kendaraan dan kecepatan angin secara simultan berpengaruh 96.1 % terhadap konsentrasi NO₂ ambien di lokasi penelitian dan sisanya sebesar 3.9 % dipengaruhi oleh variabel lain yang tidak diteliti.

Hasil uji menunjukkan nilai signifikansi sebesar 0.021 (*sign.* > 0.05) yang berarti terdapat pengaruh signifikan antara volume kendaraan dan kecepatan angin secara simultan (bersama-sama) terhadap konsentrasi NO₂ di lokasi bervegetasi. Koefisien regresi untuk variabel volume kendaraan diperoleh nilai sebesar 0.01 dan variabel kecepatan angin sebesar -14.67. Koefisien regresi volume kendaraan bernilai positif, artinya pada saat volume kendaraan naik maka konsentrasi NO₂ juga akan mengalami kenaikan. Begitu pula pada saat volume kendaraan turun maka konsentrasi NO₂ juga turun. Sedangkan koefisien regresi kecepatan angin bernilai negatif, artinya pada saat kecepatan angin naik maka konsentrasi NO₂ akan menurun. Begitu pula pada saat kecepatan angin turun maka konsentrasi NO₂ akan naik. Dari hasil koefisien maka dapat dibuat model (persamaan) regresi linier berganda dispersi NO₂ di lokasi bervegetasi yaitu $Y = 20.054 + 0.01X_1 - 14.67 X_2$, dimana X_1 adalah jumlah volume kendaraan dan X_2 adalah kecepatan angin.

KESIMPULAN

Hasil penelitian menunjukkan bahwa rata-rata konsentrasi NO₂ di lokasi bervegetasi berbeda nyata dengan rata-rata konsentrasi NO₂ di lokasi tidak bervegetasi. Secara umum, konsentrasi gas NO₂ pada bervegetasi maupun di lokasi tidak bervegetasi memiliki kecenderungan menurun dari sumber emisi (0 m) ke lokasi yang lebih jauh. Volume kendaraan dan kecepatan angin berpengaruh signifikan terhadap konsentrasi NO₂ pada lokasi penelitian. Peningkatan kecepatan angin secara signifikan mengurangi konsentrasi NO₂ sedangkan peningkatan jumlah kendaraan secara signifikan meningkatkan konsentrasi NO₂ di sekitar jalan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih kami sampaikan kepada Pemerintah Daerah Kabupaten Bogor atas beasiswa tugas belajar dan pembiayaan penelitian ini. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada PT JASA MARGA PERSERO dan PT JLJ yang telah mengizinkan kami untuk melakukan penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

Agudelo, D.M, Teixeira, E.C., Pereira, F.N. 2014. *Time-series analysis of surface ozone and nitrogen oxides concentrations in*

DWIRAHMAWATI, NASRULLAH, SULISTYANTARA

- an urban area at Brazil*. Atmosfer Pollution Journal. 5:411-420.
- Anttila, P., Tuovinen, J. 2010. *Trends of primary and secondary pollutant concentrations in Finland in 1994-2007*. Atmosfer Environment Journal. 44(1):30-41.
- Anttila, P, Tuovinen, J, Niemi, J.V. 2011. *Primary NO₂ emissions and their role in the development of NO₂ concentrations in a traffic environment*. Atmosfer Environment Journal. 45(4):986-992.
- Badan Pengelolaan Lingkungan Hidup Jakarta. 2012. Laporan Kualitas Udara DKI Jakarta. [terhubung berkala]. http://bplhd.jakarta.go.id/-ispu_all.htm [29 September 2017].
- Badan Pusat Statistik DKI Jakarta. 2015. Statistik Daerah Provinsi DKI Jakarta 2015. [terhubung berkala]. <http://jakarta.bps.go.id/> [29 September 2017].
- Carslaw, D.C. 2005. *Evidence of an increasing NO₂/NO_x emissions ratio from road traffic emissions*. Atmosfer Environment Journal. 39(26):4793-4802.
- Hamra, G.B., Laden, F., Cohen, A.J., Raaschou-Nielsen, O., Brauer, M., Loomis, D. 2015. *Lung Cancer and Exposure to Nitrogen Dioxide and Traffic: A Systematic Review and Meta-Analysis*. Environmental health perspectives. 123(11):1107-1112
- Jones, A.M., Harrison, R.M., Baker, J. 2010. *The wind speed dependence of the concentrations of airborne particulate matter and NO_x*. Atmosfer Environment Journal. 44: 1682-1690.
- Kementerian Lingkungan Hidup Dan Kehutanan Republik Indonesia. 2015. Indeks Kualitas Lingkungan Hidup Indonesia 2014. www.menlh.go.id
- Nasrullah, N., Tatsumoto, H., Misawa, A. 1994. *Effect of roadside planting and road structures on NO₂ concentration near road*. Japan Toxicol Environ Health Journal. 40:328-337.
- Nugraheni P. 2005. Faktor Fisiologis Tanaman yang Menentukan Serapan Polutan Gas NO₂ dan Nilai Visual Jalur Hijau Jalan Kota Surabaya. [tesis] Bogor: Institut Pertanian Bogor, Sekolah Pascasarjana.
- Oeglesby, C.H., Hicks, R.G. 1999. Teknik Jalan Raya. Setianto, P., penerjemah. Jakarta: Gramedia. Terjemahan dari: *Highway Engineering*.
- Sarwono, J. 2006. Metode Penelitian Kuantitatif dan Kualitatif. Yogyakarta. :Graha Ilmu.
- Seinfeld, J.H., Pandis, S.N.2006. Atmospheric Chemistry and Physics : From Air Pollution to Climate Change. Somerset: J Wiley and Sons Inc.
- Sulistijorini. 2009. Keefektifan Dan Toleransi Jenis Tanaman Jalur Hijau Jalan Dalam Mereduksi Pencemar NO₂ Akibat Aktivitas Transportasi. [disertasi] Bogor: Institut Pertanian Bogor, Sekolah Pascasarjana.
- 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*. Earth and Environment Science Journal. 31:1755-1315.
- World Health Organization. 2013. Health Aspects of Air Pollution with Particulate Matter, Ozone and Nitrogen Dioxide.