

## **PENYEBARAN PENCEMAR UDARA DI KOTA YOGYAKARTA**

**Waluyo Eko Cahyono**

Pusat Sains dan Teknologi Atmosfer  
Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional  
Jl. Dr. Djundjuna 133 Bandung 40173  
E-mail: cahyo9@gmail.com

**Abstrak:** Pencemaran udara di kota-kota besar telah menyebabkan menurunnya kualitas udara sehingga mengganggu kenyamanan bahkan telah menyebabkan terjadinya gangguan kesehatan. Untuk mengetahui penyebaran pencemar udara di kota Yogyakarta telah dilakukan pengukuran di permukaan dan pemantauan dengan satelit sebagai pembanding. Penelitian ini bertujuan untuk mengontrol seberapa besar pencemar udara yang terjadi di kota Yogyakarta bila dibandingkan dengan baku mutu kualitas udara yang ditetapkan oleh Pemerintah Daerah Istimewa Yogyakarta (DIY). Pencemar udara yang dianalisis meliputi konsentrasi sulfur dioksida (SO<sub>2</sub>) dan nitrogen dioksida (NO<sub>2</sub>) periode 2006-2015 hasil pengukuran BLH DIY serta data satelit OMI 2008 dan 2015 dari NASA. Analisis yang dilakukan adalah analisis non-parametrik. Nilai konsentrasi SO<sub>2</sub> yang diperoleh dari 21 lokasi di kota Yogyakarta selama Maret 2006 hingga Agustus 2015, tertinggi beradadi Perempatan Mirota Kampus dengan nilai mencapai 0,026 ppm, sedang nilai terendah di Simpang lima Karangnongko Wates, Kulon Progo dengan nilai sebesar 0,004 ppm. Konsentrasi NO<sub>2</sub> nilai tertinggi beradadi Depan Ruko Jantidengan nilai mencapai 0,033 ppm, sedang nilai terendah beradadi Simpang lima Karangnongko Wates, Kulon Progo dengan nilai sebesar 0,013 ppm. Nilai konsentrasi SO<sub>2</sub> dan NO<sub>2</sub> masih dalam batasan aman (dibawah baku mutu). Konsentrasi NO<sub>2</sub> dari satelit OMI pada Maret 2008 dan Maret 2015 di kota Yogyakarta menunjukkan konsentrasi NO<sub>2</sub> pada Maret 2015 relatif lebih tinggi dibandingkan Maret 2008.

**Kata Kunci:** penyebaran, pencemar udara, sulfur dioksida, nitrogen dioksida dan baku mutu

### **PENDAHULUAN**

Pencemaran udara perkotaan di Indonesia menunjukkan kecenderungan meningkat dalam dekade terakhir. Ekonomi kota yang tumbuh yang ditandai dengan laju urbanisasi yang tinggi telah mendorong peningkatan kebutuhan energi yang pada akhirnya menyebabkan bertambahnya buangan sisa energi. Aktivitas transportasi, industri, jasa, dan kegiatan lainnya yang meningkat, telah pula meningkatkan buangan sisa kegiatan-kegiatan tersebut ke udara. Pencemaran udara sudah menjadi masalah yang serius di kota-kota besar di Indonesia. Dampaknya terhadap kesehatan dan kesejahteraan manusia serta pada ekosistem telah menimbulkan kerugian ekonomi yang sangat besar sehingga perlu untuk segera ditangani.

Di Indonesia, biaya ekonomi akibat pencemaran udara yang dihitung dalam biaya kesehatan dan kehilangan produktivitas diperkirakan akan mencapai sedikitnya US\$ 400 juta per tahun pada tahun 2015 (ADB, 2002) jika tidak dilakukan langkah-langkah pencegahan dan pengendalian.

Pencemaran udara merupakan salah satu masalah kesehatan yang sangat penting. Pencemaran udara ini berpotensi untuk mempengaruhi tingkat kesehatan masyarakat, antara lain dapat menimbulkan berbagai penyakit bahkan dapat menyebabkan kematian. Penyakit yang ditimbulkan ini bergantung pada peningkatan jumlah bahan pencemar yang terkandung di udara. Sedangkan mereka yang rentan terhadap dampak pencemaran i udara adalah mereka yang sangat muda, sangat tua atau mereka yang sebelumnya memang telah menderita penyakit paru dan jantung.

Berdasarkan data dari Dinas kesehatan Provinsi DIY, pola penyakit pasien yang diindikasikan sebagai dampak polusi udara mempunyai tingkat proporsi yang cukup tinggi terhadap total pola penyakit pasien. Menurut Profil Kesehatan Provinsi DI Yogyakarta 2004 proporsi infeksi akut pernafasan atas adalah 22%, penyakit lain saluran pernafasan atas 7,7% dan asma 2,2%. (Anonim, 2006).

Beberapa faktor yang menyebabkan terjadinya pencemaran udara adalah laju urbanisasi yang tinggi, ketimpangan dalam penataan ruang, pertumbuhan ekonomi yang mengubah gaya hidup sehingga menambah

konsumsi energi dan meningkatkan motorisasi, tingginya ketergantungan pada minyak bumi, dan kurangnya perhatian masyarakat.

Sumber pencemaran udara yang utama di perkotaan adalah transportasi dan industri. Transportasi memberi kontribusi 70% dari total emisi pencemar oksida nitrogen ( $\text{NO}_x$ ), sedangkan industri merupakan kontributor terbesar emisi pencemar sulfur dioksida ( $\text{SO}_2$ ) yaitu 70%. (Anonim, 2006). Pencemar-pencemar yang diemisikan dari sumber pencemaran dapat bereaksi lebih lanjut di udara menghasilkan pencemar udara sekunder yang bisa lebih berbahaya.

Gas nitrogen oksida ( $\text{NO}_x$ ) ada dua macam, yaitu gas nitrogen monoksida (NO) dan gas nitrogen dioksida ( $\text{NO}_2$ ). Kedua macam gas tersebut mempunyai sifat yang sangat berbeda dan keduanya sangat berbahaya bagi kesehatan. Gas  $\text{NO}_2$  bila mencemari udara mudah diamati dari baunya yang sangat menyengat dan warnanya coklat kemerahan. Sifat racun (toksisitas) gas  $\text{NO}_2$  empat kali lebih kuat daripada toksisitas gas NO. Organ tubuh yang paling peka terhadap pencemaran gas  $\text{NO}_2$  adalah paru-paru. Paru-paru yang terkontaminasi oleh gas  $\text{NO}_2$  akan membengkak sehingga penderita sulit bernafas yang dapat mengakibatkan kematiannya. Gas NO akan menjadi lebih berbahaya apabila gas itu teroksidasi oleh oksigen sehingga menjadi gas  $\text{NO}_2$ . (Wardhana, 2004)

Sebagian besar pencemaran udara oleh gas belerang oksida ( $\text{SO}_x$ ) berasal dari pembakaran bahan bakar fosil, terutama batubara. Ada dua macam gas belerang oksida ( $\text{SO}_x$ ), yaitu  $\text{SO}_2$  dan  $\text{SO}_3$ . Dalam hal ini pembakaran akan menghasilkan gas  $\text{SO}_2$  yang lebih banyak daripada gas  $\text{SO}_3$ . Daya iritasi  $\text{SO}_2$  pada setiap orang ternyata tidak sama. Ada orang yang sensitif dan sudah akan mengalami iritasi apabila terkena  $\text{SO}_2$  berkonsentrasi 1-2 ppm, namun ada pula orang yang baru akan mengalami iritasi tenggorokan apabila terkena  $\text{SO}_2$  berkonsentrasi 6 ppm. (Wardhana, 2004)

Untuk itu pengukuran konsentrasi pencemar udara sangat penting untuk memprediksi bahaya yang dapat terjadi. Oleh karena itu dalam penelitian ini bertujuan untuk mengontrol seberapa besar pencemar udara yang terjadi di kota Yogyakarta bila dibandingkan dengan baku mutu kualitas udara yang ditetapkan oleh Pemerintah Daerah Istimewa Yogyakarta

## METODE PENELITIAN

### 2.1. Data Pengukuran di Permukaan

- Pencemar udara yang dianalisis meliputi konsentrasi sulfur dioksida ( $\text{SO}_2$ ) dan nitrogen dioksida ( $\text{NO}_2$ )
- Kedua parameter tersebut diperoleh dari 21 lokasi pengamatan yang berada di kota Yogyakarta dalam periode waktu Maret 2006 hingga Maret 2015 (setiap tahunnya hanya diwakili 2-3 bulan sesuai dengan ketersediaan data yang diperoleh dari website BLH Provinsi DIY. Daftar lokasi pengamatan dapat dilihat pada Tabel 1.
- Analisis yang digunakan adalah analisis non-parametrik, karena data cenderung tidak berdistribusi normal. Sebagian data pencemar udara tersebut pada beberapa lokasi tidak tersedia. Untuk melengkapi data tersebut dilakukan estimasi menggunakan metode Expectation-Maximization (EM) dengan demikian data dapat lengkap.
- Data diproses secara statistik untuk mengetahui nilai mean, median, minimum dan maksimum setiap titik/lokasi pengukuran untuk melihat besaran pencemar udara serta mengetahui fluktuasi atau kenaikannya dari 2006-2015

### 3.2. Data Satelit

- Sumber data  $\text{SO}_2$  dan  $\text{NO}_2$  dari <http://mirador.gsfc.nasa.gov/>
- Diambil dari satelit OMI, dengan resolusi data: Spasial :  $0.25^\circ \times 0.25^\circ$
- Temporal : Harian
- Plot dilakukan untuk Pulau Jawa ( $-9^\circ$  sampai  $-5^\circ$  LS dan  $105^\circ$  sampai  $115^\circ$  BT), karena resolusi spasial data yang kurang tinggi
- Visualisasi diproses dengan Matlab dan Grads untuk data 2008 dan 2015

**Tabel 1.** Lokasi Pengamatan

A	Depan Ruko Bayeman, Jl. Wates
B	Depan Kantor Kec. Jetis, Jl. P. Diponegoro
C	Depan Ruko Janti
D	Depan Kantor Stasiun TVRI, Jl. Magelang
E	Depan Pizza Hut, Jl. Jend. Sudirman
F	Depan Mirota, Jl. Godean
G	Depan Hotel Matahari, Jl. Parangtritis
H	Depan Hotel Shapir, Jl. Solo
I	Depan RS PKU Muhammadiyah
J	Depan Kampus STTL, Jl. Gedongkuning
K	Depan Pasar Beringharjo
L	Perempatan Mirota Kampus
M	Depan Pasar Sepeda, Jl. Menteri Supeno
N	Depan Toko Besi Jl. Bantul
O	Jl. Kaliurang
P	Depan GKBI Medari, Jl. Magelang
Q	Simpang tiga Toyan Wates, kulon Progo
R	Simpang lima Karangnongko Wates, Kulon Progo
S	Simpang empat Wojo, Jl. Imogiri Barat, Bantul
T	Simpang empat Druwo, Jl. Parangtritis
U	Depan Kampus UPN Veteran Ring Road Utara

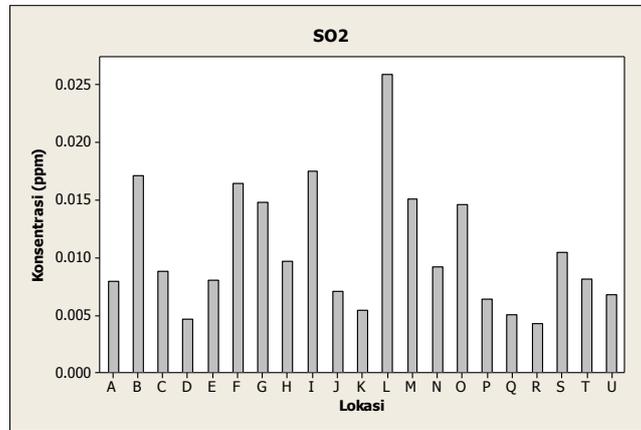
## HASIL DAN PEMBAHASAN

Pencemar udara yang dianalisis meliputi sulfur dioksida ( $\text{SO}_2$ ) dan nitrogen dioksida ( $\text{NO}_2$ ) sebagai unsur indikator pencemaran udara dari sumber industri dan kendaraan bermotor di perkotaan.

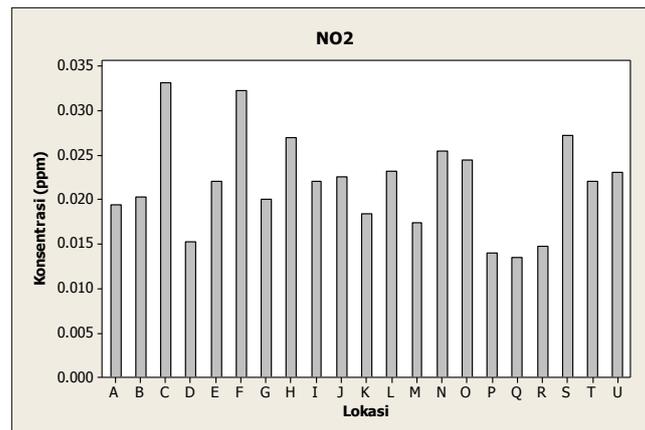
Untuk mempermudah dalam visualisasinya ditampilkan diagram batang yang merupakan salah satu metode dalam statistik deskriptif yang digunakan untuk membandingkan nilai variabel berdasarkan kategori tertentu.

Dari hasil perhitungan menunjukkan bahwa median terbesar dari  $\text{SO}_2$  yang diperoleh dari 21 lokasi di kota Yogyakarta selama Maret 2006 hingga Agustus 2015, berada pada lokasi L (Perempatan Mirota Kampus) dengan nilai mencapai 0,026 ppm (**Gambar. 1**). Hal ini sesuai dengan lingkungan perkotaan yang banyak dilakukan pembakaran bahan bakar fosil. Zat-zat pencemar udara yang paling sering dijumpai di lingkungan perkotaan adalah:  $\text{SO}_2$ , NO dan  $\text{NO}_2$ , CO,  $\text{O}_3$ , SPM (=Suspended Particulate Matter) dan Pb (Timbal).  $\text{SO}_2$  berperan dalam terjadinya hujan asam dan polusi partikel sulfat aerosol. Sebagian besar pencemaran udara oleh gas belerang oksida ( $\text{SO}_x$ ) berasal dari pembakaran bahan bakar fosil, terutama batubara. Ada dua macam gas belerang oksida ( $\text{SO}_x$ ), yaitu  $\text{SO}_2$  dan  $\text{SO}_3$ . Dalam hal ini pembakaran akan menghasilkan gas  $\text{SO}_2$  yang lebih banyak daripada gas  $\text{SO}_3$ . Walaupun gas  $\text{SO}_2$  lebih dominan akan tetapi per temuannya dengan udara yang mengandung oksigen akan menghasilkan gas  $\text{SO}_3$ . (Cahyono, Pembakaran bahan bakar fosil di sumber-sumber yang menetap, mengarah terbentuknya produksi  $\text{SO}_2$ , NO dan  $\text{NO}_2$  serta Pb. (Yusad, 2003). Adapun nilai terendah berada pada lokasi R (Simpang lima Karangnongko Wates, Kulon Progo) dengan nilai sebesar 0,004 (**Gambar 1**) yang merupakan daerah pinggir kota. Pada **Gambar 2** menunjukkan bahwa median terbesar dari  $\text{NO}_2$  yang diperoleh dari 21 lokasi di Yogyakarta

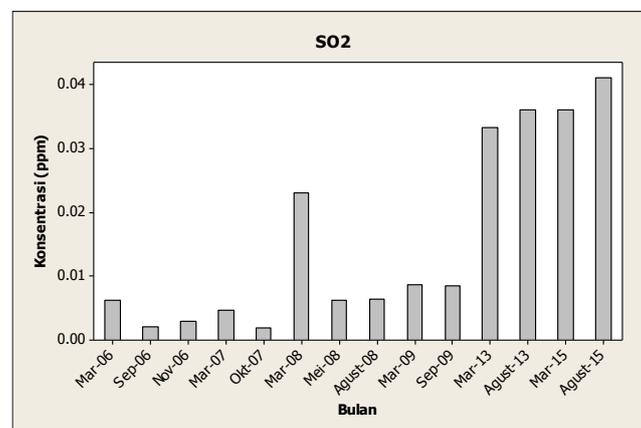
selama Maret 2006 hingga Agustus 2015, nilai tertinggi beradapada lokasi C (Depan Ruko Janti) dengan nilai mencapai 0,033 ppm yang merupakan daerah dengan relatif padat kendaraan bermotor, sedang nilai terendah beradapada lokasi R (Simpang lima Karangnongko Wates, Kulon Progo) dengan nilai sebesar 0,013 ppm.  $\text{NO}_2$  berperan terhadap polusi partikel dan deposit asam dan prekursor ozon yang merupakan unsur pokok dari kabut fotokimia. Asap dan debu termasuk polusi partikel. Ozon, CO, SPM, dan Pb seluruhnya telah dibuktikan memberi pengaruh yang merugikan terhadap kesehatan manusia.



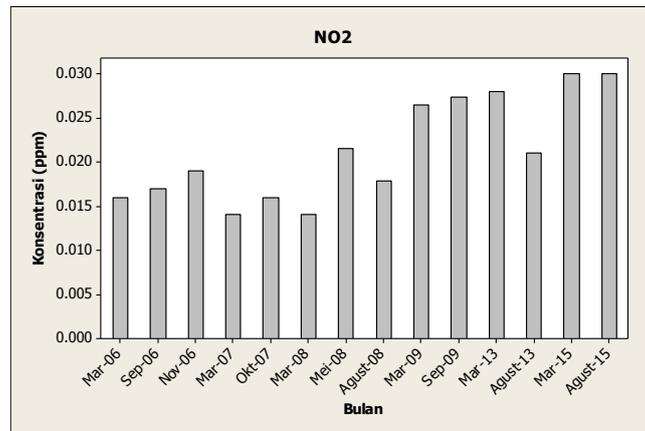
**Gambar 1.** Diagram batang median  $\text{SO}_2$  berdasarkan lokasi



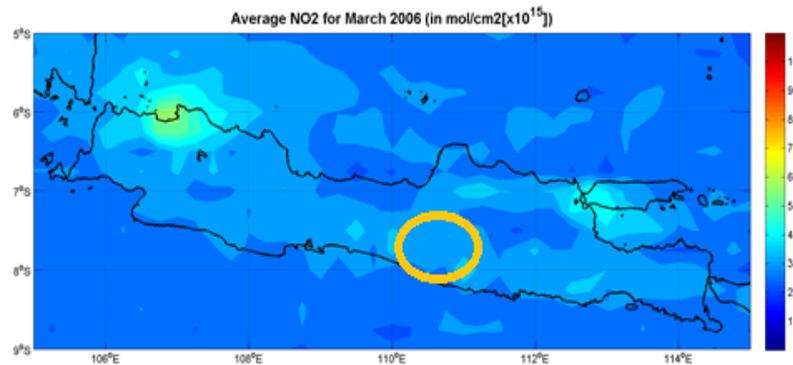
**Gambar 2.** Diagram batang median  $\text{NO}_2$  berdasarkan lokasi



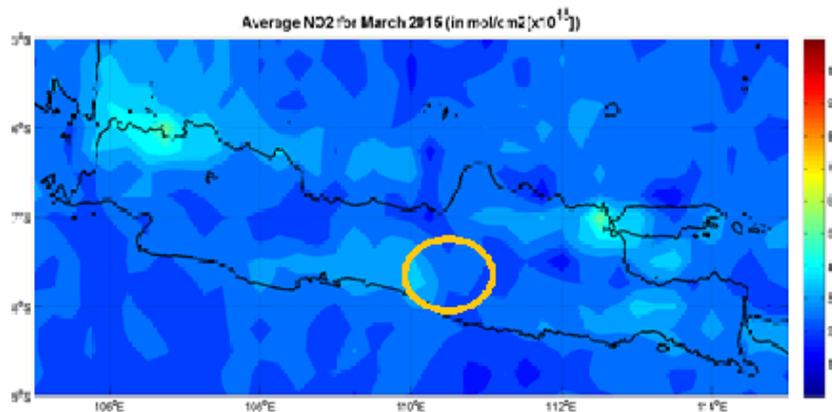
**Gambar 3.** Diagram batang median SO<sub>2</sub> berdasarkan waktu



**Gambar 4.** Diagram batang median NO<sub>2</sub> berdasarkan waktu



**Gambar 5.** Konsentrasi NO<sub>2</sub> dari satelit OMI pada Maret 2008



**Gambar 6.** Konsentrasi NO<sub>2</sub> dari satelit OMI pada Maret 2015

Pada **Gambar 3** menunjukkan bahwa median terbesar dari SO<sub>2</sub> yang diperoleh dari 21 lokasi di Yogyakarta selama maret 2006 hingga Agustus 2015, nilai tertinggi berada pada bulan Agustus 2015 dengan nilai mencapai 0,04 ppm Adapun nilai terendah berada pada bulan Oktober 2007 dengan nilai sebesar 0,002 ppm. Nilai baku mutu konsentrasi SO<sub>2</sub> adalah 0,340 ppm dengan demikian dapat dilihat bahwa tidak ada nilai yang melebihi baku

mutu, sehingga dapat dikatakan bahwa konsentrasi  $\text{SO}_2$  di kota Yogyakarta masih dalam batas aman.  $\text{SO}_2$  adalah unsur penting atmosfer di daerah udara tercemar. Gas ini dipancarkan ke troposfer sebagai akibat dari fenomena antropogenik dan alami (Cahyono, 2011).

Berdasarkan **gambar 4** menunjukkan bahwa median terbesar dari  $\text{NO}_2$  yang diperoleh dari 21 lokasi di Yogyakarta selama Maret 2006 hingga Agustus 2015, nilai tertinggi beradaptasi bulan Maret dan Agustus 2015 dengan nilai mencapai 0,03 ppm yang berkaitan dengan padatnya transportasi. Sumber emisi gas buang dari proses pembakaran bahan bakar motor menghasilkan gas buang yang secara teoritis mengandung unsur  $\text{H}_2\text{O}$  (air), HC (hidro karbon), gas CO (karbon monoksida),  $\text{CO}_2$  (karbon dioksida), dan  $\text{NO}_x$  (senyawa nitrogen oksida),  $\text{NO}_2$ , serta  $\text{SO}_2$  (Jalaluddin, et.al., 2013). Sektor transportasi sebagai tulang punggung aktivitas manusia mempunyai kontribusi yang cukup besar bagi pencemaran udara berupa 73 % dari  $\text{NO}_x$  (Budiyono, 2001). Adapun nilai terendah beradaptasi bulan Maret 2007 dengan nilai sebesar 0,014 ppm. Nilai akumulasi konsentrasi  $\text{NO}_2$  adalah 0,212 ppm. Berdasarkan **gambar 4** dapat dilihat bahwa tidak ada nilai yang melebihi baku mutu, sehingga dapat dikatakan bahwa konsentrasi  $\text{NO}_2$  di kota Yogyakarta masih dalam batas aman. Kondisi ini perlu dijaga karena pencemaran udara perkotaan yang diakibatkan oleh emisi kendaraan telah menjadi keprihatinan akibat paparan dari tingkat yang lebih tinggi seperti SPM, SO,  $\text{NO}_x$  dan organik lainnya (Caselles et al., 2002). Pengaruh asap kendaraan terhadap udara di kota besar telah menjadi ancaman bagi kesehatan manusia. Dampak asap kendaraan mengakibatkan kondisi tubuh menurun seperti tekanan darah tinggi, pusing, iritasi mata, gangguan jantung, memicu asma dan kanker paru-paru, batuk bahkan dapat mengurangi reproduksi dan gangguan fungsi ginjal (Zaini, 2008). Dengan demikian menjadi perhatian semua pihak untuk mitigasi pencemaran udara dengan memperhatikan besarnya emisi pencemar udara kendaraan bermotor di jalan yang dipengaruhi oleh tiga faktor yaitu volume total kendaraan bermotor, karakteristik kendaraan bermotor, kondisi umum lalu lintas saat itu. (Asdrizas, 2008)

Pada **gambar 5 dan 6** adalah hasil konsentrasi  $\text{NO}_2$  dari satelit OMI pada Maret 2008 dan Maret 2015. Pada lingkaran kuning merupakan daerah DIY Yogyakarta menunjukkan konsentrasi  $\text{NO}_2$  yang rendah di bandingkan kota besar lainnya seperti Jakarta dan Surabaya serta pada Maret 2015 relatif lebih tinggi konsentrasinya dibandingkan Maret 2015.

## SIMPULAN

Dari hasil perhitungan menunjukkan bahwa median terbesar dari  $\text{SO}_2$  yang diperoleh dari 21 lokasi di kota Yogyakarta selama Maret 2006 hingga Agustus 2015, tertinggi beradaptasi lokasi L (Perempatan Mirota Kampus) dengan nilai mencapai 0,026 ppm. Adapun nilai terendah beradaptasi lokasi R (Simpang lima Karangnongko Wates, Kulon Progo) dengan nilai sebesar 0,004 ppm yang merupakan daerah pinggir kota. Nilai konsentrasi  $\text{SO}_2$  tidak ada nilai yang melebihi baku mutu, sehingga konsentrasi  $\text{SO}_2$  di kota Yogyakarta masih dalam batas aman.

Konsentrasi  $\text{NO}_2$  yang diperoleh dari 21 lokasi di Yogyakarta selama Maret 2006 hingga Agustus 2015, nilai tertinggi beradaptasi lokasi C (Depan Ruko Janti) dengan nilai mencapai 0,033 ppm, sedangkan nilai terendah beradaptasi lokasi R (Simpang lima Karangnongko Wates, Kulon Progo) dengan nilai sebesar 0,013 ppm.

Konsentrasi  $\text{NO}_2$  dari satelit OMI pada Maret 2008 dan Maret 2015 di kota Yogyakarta menunjukkan konsentrasi  $\text{NO}_2$  yang lebih rendah dibandingkan dengan kota besar lainnya seperti Jakarta dan Surabaya serta pada Maret 2015 relatif lebih tinggi konsentrasinya dibandingkan Maret 2015.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kepada BLH Pemerintah DIY Yogyakarta yang telah menyediakan data pencemar udara di situsnya dan kepada Zahra Syahida dan Riris yang telah membantu dalam hal ihwal data dan visualisasi

## DAFTAR PUSTAKA

- ADB, 2002, Technical Cooperation Project Between Indonesia – Asian Development Bank (ADB), Jakarta  
Anonim, 2006. Laporan LSAP Aglomerasi Perkotaan Yogyakarta (APY), Draft  
Final Asdrizas, A. 2008, Gelar Uji Emisi Gas Buang Roda Empat, diakses dari

- <http://www.riau.com> Budiyo, A. 2001, Dampak Pencemaran Udara Pada Lingkungan, Berita Dirgantara, LapanJakarta, Vol. 2 No.1
- Cahyono, W.E. 2011, Kajian Tingkat Pencemaran Sulfur Dioksida dari Industri di Beberapa daerah di Indonesia, Berita Dirgantara, Lapan Jakarta, Vol. 12 No.4
- Caselles, J. C. Colliga and P. Zornoza, 2002, Evaluation of Trace Elements Pollution From Vehicle Emissions In Petunia Plants. Water Air Soil Pollution, 136, 1-9
- Jalaluddin, Asri Gani, A., Darmadi, 2013, Analisis Karakteristik Emisi Gas Buang Pada Sarana Transportasi Roda Dua Kota Banda Aceh Jurnal Teknik Mesin Unsyiah, volume 1, nomor 4, Desember 2013
- Wardhana, W. A., 2004, Dampak Pencemaran Lingkungan, Yogyakarta, Andi Offset
- Yusad, Y. 2003, Polusi Udara Dikota-Kota Besar Dunia, Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Sumatera Utara, ©2003 Digitized by USU digital library. Diakses dari <http://library.usu.ac.id/download/fkm/fkm-yusniwarti.pdf>
- Zaini, J., Dampak Polusi Udara Terhadap Kesehatan, 2008, Inovasi Online, ISSN: 0917-8376, Edisi Vol.10/XX/Maret .