

INVESTIGASI PENGARUH KONDISI LALU LINTAS DAN ASPEK METEOROLOGI TERHADAP KONSENTRASI PENCEMAR SO₂ DI KOTA SEMARANG

Titik Istirokhatun*, Ita Tetriana Agustini, Sudarno

Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro,
Jl. Prof. Soedarto, SH, Kampus Undip Tembalang, Semarang, Indonesia 50275
Email: * titik.istirokhatun@undip.ac.id

ABSTRACT

The presence of air pollution in ambient air is closely related to the incidence of adverse reactions affecting human health. One of harmful pollutants and potentially major cause health problems is sulfur dioxide (SO₂). The number of vehicles that are passing and queuing on the crossroads because of traffic light can affect the concentration of SO₂. Besides, in these locations there are a lot of road users which are potentially exposed by contaminants, so information about the concentration of SO₂ is important to know. This study aimed to investigate the impact of meteorological factors and the number of vehicles on SO₂ concentrations. Impinger was used for air sampling, and pararosaniline method was used for determining SO₂ concentration. Sampling and calculation of the number of passing vehicles were performed 3 times ie in the morning, afternoon and evening. Based on the results of the study, the highest concentrations of SO₂ were on the range of 15-21 mg/Nm³.

Keywords: SO₂ concentration, meteorology, number of vehicle

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Transportasi merupakan sarana yang digunakan manusia untuk berbagai kepentingan sekaligus berfungsi sebagai media yang digunakan untuk mengatasi kesenjangan jarak antara tempat asal dan tujuan pemenuhan kebutuhan. Seiring berkembangnya zaman, alat transportasi dalam hal ini kendaraan bermotor juga mengalami peningkatan tidak hanya dari sisi kualitas, melainkan juga kuantitas. Data yang diperoleh dari UP3AD Semarang menyebutkan bahwa tahun 2013 di kota Semarang tercatat sebanyak 542.253 unit kendaraan bermotor (UP3AD, 2013). Kenyataan ini tentu saja menyebabkan pencemar udara yang diemisikan dari sumber garis (*line source*) ini semakin meningkat. Polusi udara dengan konsentrasi tinggi sangat merugikan karena dapat berefek buruk pada kesehatan, termasuk peningkatan morbiditas dan mortalitas (Anderson, *et. al.* 2001). Sementara itu, kendaraan bermotor di kota-kota besar diketahui sebagai penyumbang pencemar udara terbesar, di mana 70-83% pencemaran udara di perkotaan

disebabkan oleh aktivitas kendaraan bermotor (EPA, 2012 dan Kusminingrum, 2008).

Di antara faktor-faktor yang mempengaruhi konsentrasi pencemar udara yang lain, ketinggian sumber emisi dari permukaan tanah merupakan salah satu yang perlu mendapatkan perhatian, di mana semakin tinggi titik emisi maka kemungkinan polutan mengalami pengenceran di udara semakin besar, sehingga konsentrasi yang akan diterima oleh objek paparan akan menurun. Pada konsentrasi yang sama, maka pencemar yang dikeluarkan dari sumber yang lebih tinggi memiliki potensi dilusi dan dispersi lebih besar dibanding sumber emisi dengan jarak yang lebih dekat dengan permukaan tanah. Sedangkan pencemar udara dari sektor transportasi diemisikan dengan jarak yang dekat dengan permukaan tanah. Oleh karena itu perhatian pada sektor ini harus mendapat porsi yang besar karena tingkat resiko yang diterima oleh objek yang terpapar pencemar yang cukup tinggi.

Sulfur dioksida (SO₂) adalah gas yang memiliki karakteristik tidak berwarna (*colorless*), namun berbau yang cukup kuat. Gas ini merupakan senyawa sulfur utama

yang diemisikan ke atmosfer. Seluruh proses pembakaran menggunakan bahan bakar berkadar sulfur akan mengemisikan gas SO_2 ke atmosfer. Gas ini merupakan salah satu polutan udara yang penting karena dapat menyebabkan bronchitis dan penyakit gangguan saluran pernafasan yang lainnya. Lebih lanjut gas ini dapat bereaksi dengan senyawa lain dan membentuk polutan sekunder (*secondary pollutant*) berupa partikel halus yang dapat menembus bagian sensitif paru-paru sehingga memperburuk penyakit pernafasan sekaligus memperparah penyakit jantung eksisting (Faiz, 1996 dan Tasić, 2013). Selain itu, gas ini juga merupakan kontributor hujan asam yang utama. Sektor transportasi menyumbang sekitar 5% dari seluruh pencemar SO_2 yang ada di udara (pada beberapa negara bahkan hingga 17%) dengan perincian bahwa kendaraan berbahan bakar diesel memproduksi SO_2 per liter lebih banyak dibandingkan bensin (Kebin, et al 2002). Di atmosfer SO_2 teroksidasi membentuk asam sulfat H_2SO_4 , yang kemudian tergabung dan terdeposisi basah (*wet deposition*) melalui hujan asam, atau terdeposisi kering (*dry deposition*) dalam bentuk partikulat halus (*fine particles*). Keduanya lebih lanjut dapat menyebabkan peningkatan keasaman pada tanah dan air permukaan (ESA, 2000), sehingga informasi mengenai keberadaan SO_2 di udara ambien menjadi penting untuk diketahui.

Salah satu sarana dan prasarana dari transportasi darat yaitu jalan raya dan lampu lalu lintas. Menurut UU No.22/2009 alat pemberi isyarat lalu lintas adalah lampu yang mengendalikan arus lalu lintas yang terpasang di persimpangan jalan, tempat penyebrangan pejalan kaki (*zebra cross*), dan tempat lainnya. Antrian kendaraan di lampu lalu lintas yang berada di persimpangan jalan sangat memungkinkan terjadinya peningkatan konsentrasi pencemar udara. Peralnya, emisi kendaraan bermotor pada saat kendaraan bermotor tersebut dalam keadaan mesin menyala namun kendaraan dalam posisi berhenti (*idling*) lebih buruk kualitasnya. Kadar emisi gas buangan pada saat berhenti dapat mencapai dua kali lipat dibandingkan emisi gas buangan pada saat kendaraan berjalan normal (Rima, 2004 dan EPA, 2012).

Semarang dipilih sebagai objek studi karena kota tersebut merupakan ibukota

Propinsi Jawa Tengah. Sementara itu, tiga persimpangan jalan yang digunakan sebagai objek studi yaitu Jalan Karangrejo Raya (A), Jalan Sukun Raya (B) dan Jalan Prof. Soedharto (C). Ketiga lokasi terletak di kecamatan Banyumanik dan Tembalang, serta dekat dengan perguruan tinggi terkemuka di yaitu Universitas Diponegoro, Semarang. Selain itu, ketiga persimpangan tersebut terletak di jalan kolektor, dan berdasarkan RTRW Kota Semarang, kawasan Tembalang dan Banyumanik dapat memungkinkan terjadinya peningkatan konsentrasi gas pencemar, karena Tembalang yang dialokasikan sebagai kawasan pendidikan mengharuskan adanya kemudahan akses untuk transportasi sehingga dapat disimpulkan banyaknya kendaraan yang melintas keluar masuk kawasan tersebut dapat meningkatkan konsentrasi gas pencemar salah satunya di persimpangan Jalan Prof Soedharto yang merupakan salah satu gerbang memasuki Universitas Diponegoro Semarang. Sedangkan kawasan Banyumanik yang merupakan *entrace point* Kota Semarang dari arah selatan, memungkinkan banyaknya kendaraan bermotor yang melintasi daerah tersebut salah satunya adalah persimpangan Jalan Sukun Raya dan Jalan Karangrejo Raya.

Selain jumlah kendaraan, penelitian ini juga menempatkan faktor meteorologi sebagai salah satu objek studi. Meteorologi adalah ilmu atmosfer yang mempelajari karakteristik elemen cuaca. Parameter ini berpengaruh besar pada dispersi dan penyisihan pencemar udara secara alami (Verma and Desai, 2008). Dengan demikian, informasi meteorologi merupakan hal yang sangat penting dalam menentukan langkah-langkah pengendalian pencemaran udara dari berbagai sumber pencemar baik industri maupun sistem transportasi. Oleh karena itu meteorologi menjadi faktor penting yang dipelajari. Berdasarkan teori inilah maka dalam penelitian ini diinvestigasi hubungan faktor meteorologi yang meliputi suhu, kelembaban udara dan kecepatan angin terhadap konsentrasi SO_2 . Keterkaitan antara jumlah kendaraan yang melintas pada tiap persimpangan jalan juga menjadi bagian penting dari studi ini.

BAHAN DAN METODE

Bahan

Bahan-bahan yang diperlukan untuk pembuatan larutan penjerap yaitu merkuri (II) klorida, kalium klorida, dan EDTA. Sementara bahan-bahan yang diperlukan untuk analisa kadar SO₂ adalah: natrium metabisulfid, iod, kalium iodida, merkuri (II) iodida, asam klorida, natrium tio sulfat, asam sulfamat, asam fosfat, pararosanilin hidroklorida, formaldehida, natrium asetat trihidrat, dan asam asetat glasial. Semua bahan yang digunakan tersebut merupakan kualitas p.a dan diperoleh dari Merck, Jerman.

Metode

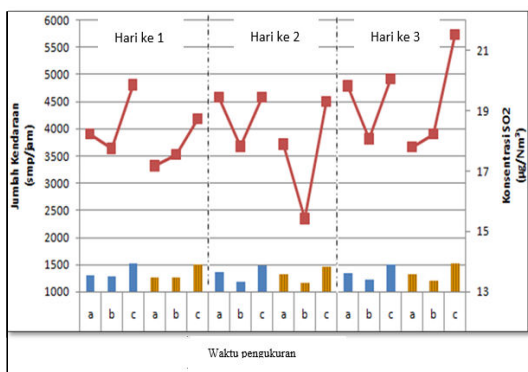
Penelitian dilakukan dengan sampling di lapangan dan analisis laboratorium. Pengambilan sampel SO₂ dilaksanakan selama 2 minggu, dengan memperhatikan faktor meteorologi yaitu suhu, kelembaban dan kecepatan angin. Tempat penelitian yang terpilih adalah 3 persimpangan jalan

yang ada di Kota Semarang yaitu Jalan Karangrejo Raya (A), Jalan Sukun Raya (B) dan Jalan Prof. Soedharto (C).

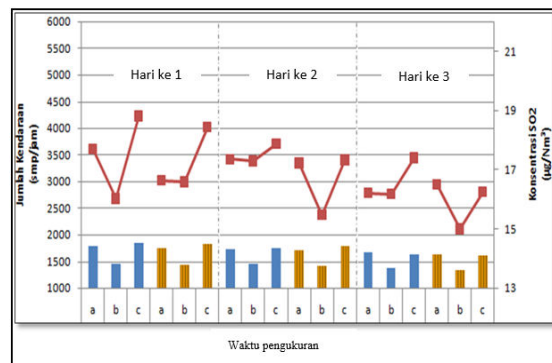
Perhitungan dan pengolahan data menggunakan program *Microsoft Excel* dan program SPSS versi 16 untuk menganalisis hubungan dan pengaruh suhu, kelembaban udara dan kecepatan angin terhadap konsentrasi SO₂ di udara ambien. Program SPSS juga digunakan untuk mendapatkan perbandingan konsentrasi SO₂ yang terjadi pada ketiga lokasi penelitian. Waktu pengambilan sampel dilakukan selama 12 hari dengan 3 kali waktu pengukuran yaitu *peak hour* pada pagi, siang dan sore hari, masing-masing selama 1 jam.

Sampling dilakukan menggunakan *Air Sample Impinger* dengan barometer dan anemometer sebagai alat pendukung. Uji konsentrasi dilakukan berdasarkan pada SNI 19-7119.7-2005, menggunakan spektrofotometer dengan metode pararosanilin-udara ambien.

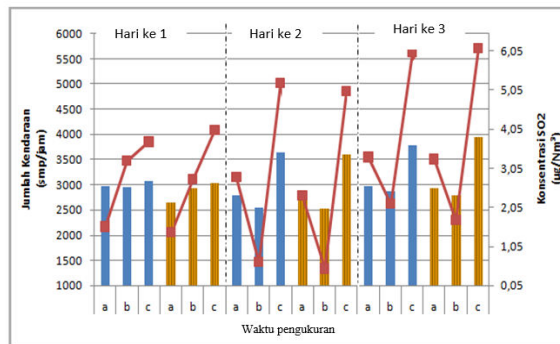
HASIL DAN PEMBAHASAN



(A)

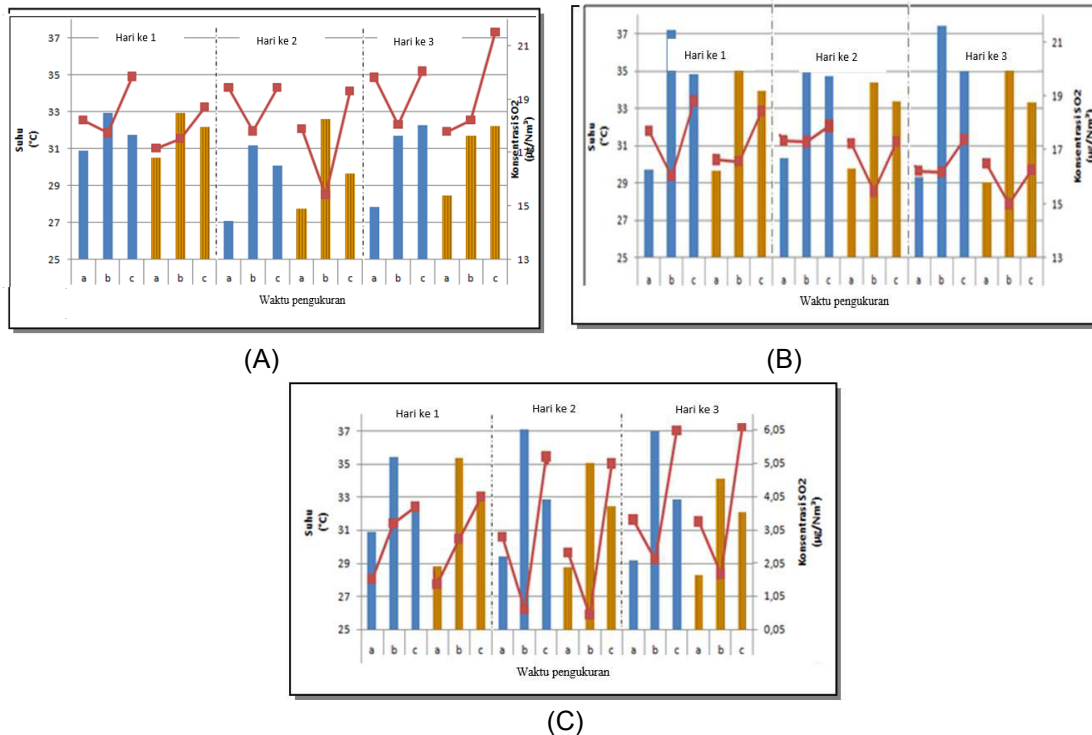


(B)



(C)

Gambar 1. Hubungan antara konsentrasi SO₂ dengan jumlah kendaraan (A) Jl. Karangrejo Raya, (B) Jl. Sukun Raya, (C) Jl. Prof. Soedharto

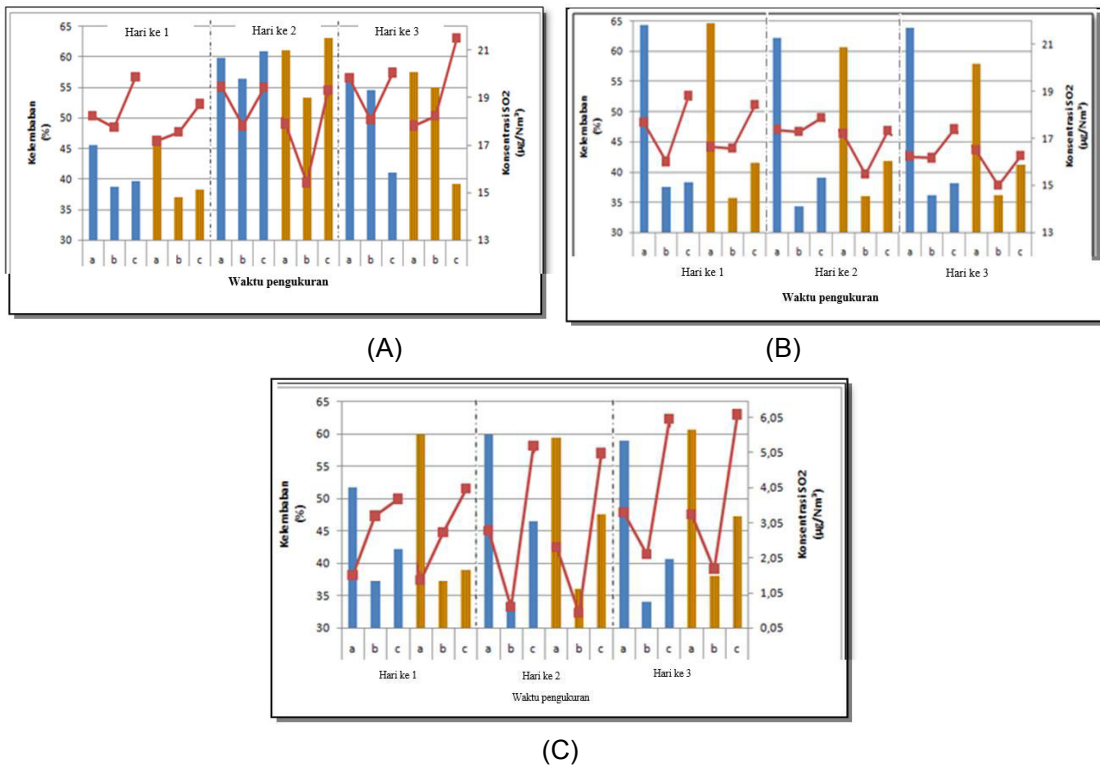


Gambar 2. Hubungan antara konsentrasi SO_2 dengan suhu di (A) Jl. Karangrejo Raya, (B) Jl. Sukun Raya, (C) Jl. Prof. Soedharto

Grafik pada Gambar 1 menunjukkan perbedaan jumlah kendaraan yang melintas pada ketiga persimpangan jalan. Perbedaan ini dikarenakan peruntukan pada 3 jalan tersebut yang juga berbeda. Terlihat jumlah kendaraan yang melintasi jalan (A) berkisar 1100-1500 spm/jam, sedangkan pada jalan (B) sebanyak 1300-1800 spm/jam dan jalan (C) mencapai 2500-3900 spm/jam. Walaupun jumlah kendaraan di jalan (C) lebih banyak dibandingkan dengan dua jalan lainnya, konsentrasi SO_2 jauh lebih kecil yaitu hanya berkisar $0,4-6 \mu g/Nm^3$ sedangkan konsentrasi SO_2 di jalan (A) Karangrejo Raya sebesar $15-21 \mu g/Nm^3$. Hal ini disebabkan karena jenis kendaraan yang berbahan bakar solar di Jalan Karangrejo Raya lebih banyak dibandingkan di Jalan Ngesrep Timur V. Berdasarkan BPLHD Propinsi DKI Jakarta, kendaraan bermotor yang berbahan bakar solar seperti truk berkontribusi sebanyak 85% dalam menghasilkan SO_2 dibandingkan dengan kendaraan bermotor yang berbahan bakar bensin yang hanya sekitar 15%.

Temperatur tertinggi terukur pada hari ke 1 pada Jalan A yaitu suhu tertinggi yaitu $32,95^\circ C$ dengan konsentrasi SO_2 yang

terukur $17,742 \mu g/Nm^3$ (titik sampling 1) dan $17,531 \mu g/Nm^3$ (titik sampling 2). Pada Jalan B suhu mencapai $37,4^\circ C$, konsentrasi SO_2 yang terukur sebesar $16,162 \mu g/Nm^3$ sedangkan saat suhu hanya $29,05^\circ C$ konsentrasi SO_2 yang dihasilkan $16,499 \mu g/Nm^3$. Berdasarkan hasil hubungan suhu dengan konsentrasi dapat dilihat bahwa suhu berbanding terbalik dengan konsentrasi SO_2 yang dihasilkan. Ini berarti ketika suhu tinggi konsentrasi SO_2 lebih rendah dibandingkan saat suhu udara tinggi. Hasil yang sama diperoleh oleh Okoroafor (2014) bahwa konsentrasi pencemar menurun seiring dengan meningkatnya temperatur. Hal yang senada dengan hasil penelitian Sheryl (2002) yang menyatakan bahwa korelasi antara fluktuasi konsentrasi gas SO_2 dengan suhu udara nyata bersifat negatif di lokasi dekat pemukiman karyawan, artinya apabila suhu udara tinggi maka konsentrasi SO_2 yang terukur rendah. Namun hal yang berbeda terjadi pada penelitian Budi (2012) yang dalam penelitiannya mengatakan bahwa semakin tinggi suhu udara maka konsentrasi SO_2 yang dihasilkan semakin tinggi pula.

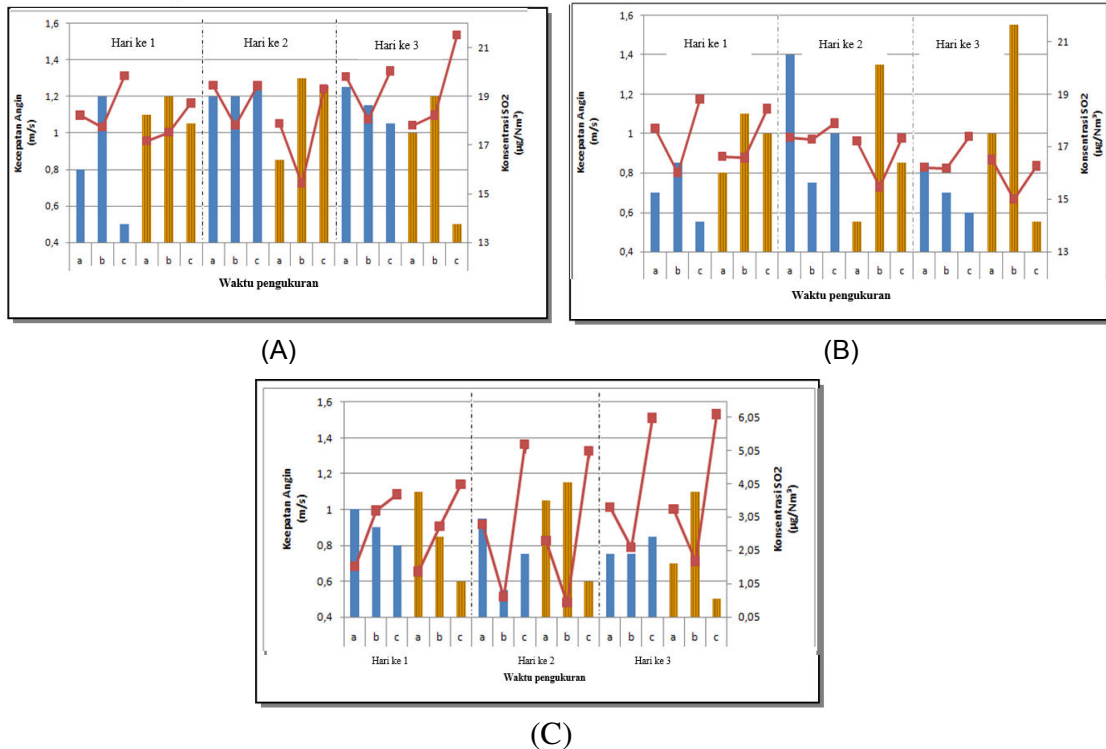


Gambar 3. Hubungan kelembaban udara dengan konsentrasi SO₂ (A) Jl. Karangrejo Raya, (B) Jl. Sukun Raya, (C) Prof. Soedharto

Data dari Gambar 3 menunjukkan kelembaban udara tertinggi yang terjadi di jalan A sebesar 63,1% dengan konsentrasi SO₂ 19,295 µg/Nm³, kelembaban terendah 37,05% dan nilai konsentrasi SO₂ yang terukur 17,531 µg/Nm³. Kelembaban tertinggi yang terjadi di jalan B yaitu 60,65% dengan nilai konsentrasi SO₂ 3,275 µg/Nm³ dan kelembaban terendah berkisar pada 37,2% dan dengan nilai konsentrasi SO₂ 2,759 µg/Nm³. Dari data tersebut dapat dinyatakan bahwa kelembaban berbanding lurus dengan konsentrasi SO₂. Hasil yang sama ditunjukkan oleh Sheryl (2002). Penelitian Fadhal (2008) menyimpulkan bahwa kelembaban udara tidak berpengaruh langsung terhadap konsentrasi SO₂. Namun hal yang berbeda terjadi pada penelitian Budi (2012) menyatakan bahwa semakin tinggi kelembaban udara maka konsentrasi SO₂ yang dihasilkan semakin rendah

Gambar 4 menunjukkan kecepatan angin terbesar yang terjadi di Jalan Sukun Raya sebesar 1,55 m/s dengan nilai konsentrasi SO₂ yang terukur yaitu 14,986 µg/Nm³. Kecepatan angin terendah 0,55 m/s dengan nilai konsentrasi SO₂ sebesar 18,805 µg/Nm³. Kecepatan angin tertinggi yang terjadi di Jalan Prof. Soedharto

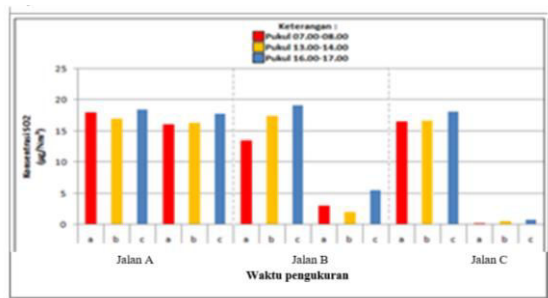
sebesar 1,15 m/s dengan nilai konsentrasi SO₂ yang dihasilkan yaitu 0,477 µg/Nm³ sedangkan kecepatan angin terendah hanya berkisar 0,5 m/s dengan nilai konsentrasi SO₂ yang terukur 6,127 µg/Nm³. Dari hasil sampling di atas dapat disimpulkan bahwa kecepatan angin berbanding terbalik dengan konsentrasi SO₂ yang dihasilkan. Semakin tinggi kecepatan angin, semakin rendah konsentrasi SO₂ yang didapatkan. Hal serupa dihasilkan oleh Budi (2012) yang menyatakan bahwa konsentrasi SO₂ semakin rendah apabila kecepatan angin semakin besar. Hal ini terjadi karena pada kecepatan angin yang besar akan mempercepat terjadinya penurunan konsentrasi SO₂ akibat adanya pergerakan udara maka terjadi suatu proses penyebaran gas SO₂ yang mengakibatkan penurunan konsentrasi SO₂. Ketika angin bergerak dengan kecepatan tinggi, maka pencemar akan terdilusi melalui dispersi (Tasić, et al 2013). Dengan kata lain, peningkatan kecepatan angin akan mempercepat terjadinya dispersi dan dilusi pencemar udara, sehingga tidak akan terkonsentrasi di lokasi tertentu (Desai and Verma, 2008).



Gambar 4. Hubungan kecepatan angin dengan konsentrasi SO_2 (A) Jl. Karangrejo Raya, (B) Jl. Sukun Raya, (C) Prof. Soedharto

Analisa Perbandingan Konsentrasi SO_2 di Jalan A, B, dan C

Berdasarkan Gambar 5, terlihat bahwa konsentrasi SO_2 yang terjadi di Jalan Karangrejo Raya (A) dan Sukun Raya (B) berkisar antara 13-19 $\mu g/Nm^3$ sedangkan konsentrasi SO_2 yang terjadi di C 0,1-5 $\mu g/Nm^3$. Terlihat bahwa konsentrasi SO_2 yang dihasilkan di Jalan A dan Jalan B tidak jauh berbeda dibandingkan dengan konsentrasi SO_2 yang terjadi di Jalan C.



Gambar 5. Diagram Konsentrasi SO_2 di Jalan Karangrejo Raya, Jalan Sukun Raya dan Jalan Prof. Soedharto

Hal ini disebabkan karena Jalan A dan Jalan B berada di lokasi setelah adanya Jalan Tol Jakarta-Semarang sehingga menyebabkan jenis kendaraan yang melintas lebih variatif terutama kendaraan berat yang berbahan bakar solar, sehingga konsentrasi SO_2 di Jalan A dan Jalan B jauh lebih besar dibandingkan di Jalan C.

KESIMPULAN

Telah terjadi peningkatan konsentrasi SO_2 yang berpotensi pencemaran udara akibat aktivitas kendaraan bermotor di persimpangan Jalan Karangrejo Raya, Jl. Sukun Raya dan Jl. Prof. Soedharto. Jumlah kendaraan mempengaruhi konsentrasi SO_2 , di mana semakin banyak jumlah kendaraan yang melintas, konsentrasi SO_2 di udara ambient semakin tinggi. Dari faktor meteorologis yang diinvestigasi pada penelitian ini, berupa suhu, kelembaban udara dan kecepatan angin, didapatkan faktor kecepatan angin yang pengaruhnya paling besar terhadap konsentrasi SO_2 , di mana kecepatan angin semakin tinggi, konsentrasi SO_2 semakin rendah.

DAFTAR PUSTAKA

- BPLHD Propinsi DKI Jakarta, 2003.
- Budi, D. I. (2012). *Pengaruh Kecepatan Angin, Kelembaban dan Suhu Udara terhadap Konsentrasi Gas Pencemar SO₂ dalam Udara Ambien Sekitar PT Inti General Yaja Steel Semarang*, Semarang: Program Studi Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Diponegoro
- Environmental Fact Sheet, (2012). *Motor Vehicles and Toxic Air Pollutants*, EPA Office of Transportation and Air Quality, New Hampshire.
- ESA (Ecological Society of America) (2000). *Acid Deposition*, Washington, DC.
- Fadhal, C. B. (2008). *Pengaruh Faktor Meteorologi terhadap Konsentrasi SO₂ (Studi Kasus Gerbang Tol Pasteur Bandung)*. Program Studi Meteorologi, Fakultas Ilmu dan Teknologi Kebumihan ITB.
- Kebin, H.E., Qiang Z. and Hong, H. (2002). *Types and Amounts of Vehicular Emissions, Points Sources of Pollution: Local Effects and Its Control*, EOLSS, UNESCO
- Kusminingrum, N. dan Gunawan, G. (2008). *Polusi Udara Akibat Aktivitas Kendaraan Bermotor di Jalan Perkotaan Pulau Jawa dan Bali*. Laporan penelitian, Puslitbang Jalan dan Jembatan Bandung: Kementerian PU.
- Okoroafor, U. (2014). *Influence of meteorological factors on vehicular emissions during wet season in South-South Nigeria*, Arch. Appl. Sci. Res., 6 (4):162-164
- Rima, Y. D. (2004). *Studi Kualitas Udara di Persimpangan Jalan Berkaitan dengan Antrian Kendaraan Bermotor di Kota Padang*. Tesis, Semarang: Program Studi Magister Ilmu Lingkungan Program Pasca Sarjana Universitas Diponegoro.
- Sheryl, M. S. (2002). *Pengaruh Suhu Udara, Curah Hujan, Kelembaban Udara dan Kecepatan Angin Terhadap Fluktuasi Konsentrasi NO₂, O₃ dan SO₂ di Area PLTP Gunung Salak Sukabumi*. Skripsi, Bogor: Jurusan Geofisika dan Meteorologi, F. MIPA IPB.
- SNI 19-7119.7-2005 Udara Ambien – Bagian 7: *Cara uji kadar sulfur dioksida (SO₂) dengan metoda pararosanilin menggunakan spektrofotometer*.
- Tasić, V., Kovačević, R. and Milošević, N. (2013). *Investigating the Impacts of Winds on SO₂ Concentrations in Bor, Serbia*, J. sustain. dev. energy water environ. syst., 1(2), pp 141-151.
- UP3AD Kota Semarang (2013) <http://dppad.jatengprov.go.id/up3ad-kota-semarang-i/> diakses tanggal 28 April 2016.
- Verma, S. S. and Desai, D. (2008). *Effect of Meteorological Conditions on Air Pollution of Surat City* J. Int. Environmental Application & Science, Vol. 3 (5): 358-367.