

HUBUNGAN VARIASI BULANAN POLUTAN DAN KONDISI METEO DI KOTA SURABAYA

Dessy Gusnita
Pusat Sains dan Teknologi Atmosfer
Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional
Email: gusnita@yahoo.com

ABSTRAK

Pembangunan kota Surabaya telah memberikan banyak pengaruh terhadap lingkungan khususnya atmosfer kota Surabaya. Tujuan penelitian ini adalah menganalisis pengaruh iklim (suhu) dan meteorologi (kelembaban relatif, kecepatan angin) terhadap konsentrasi polutan (SO_2 , NO_2 , CO, PM10 dan O_3) dengan menggunakan data bulan Januari tahun 2009 hingga Desember 2010 di Kota Surabaya. Studi mengungkapkan bahwa polutan bervariasi secara bulanan selama tahun 2009 dan 2010. Dari analisis polutan-polutan udara ambien di Kota Surabaya selama periode tahun 2009 dan 2010 menunjukkan terjadi peningkatan konsentrasi polutan NO_2 sebesar 42,5%, konsentrasi SO_2 meningkat 24%. Sedangkan konsentrasi ozon selama periode tersebut mengalami penurunan konsentrasi sebesar 38%. Tidak ada polutan yang mempunyai hubungan yang signifikan dengan kelembaban relatif kecuali O_3 . Berdasarkan hasil, disimpulkan bahwa sumber utama PM10 bersumber dari emisi kendaraan bermotor.

Kata kunci: polutan, temperatur, kecepatan angin, Surabaya

ABSTRACT

The development of the Surabaya city has given many influences on the environment especially atmosphere of Surabaya City. Aim of this research is to analyse the influence of climate (temperature) and meteorology (relative humidity, the wind speed) to concentration of pollutant (SO_2 , NO_2 , CO, PM10 and O_3) by using data in January in 2009 till December 2010 in Surabaya City. The study revealed that pollutant had variation from month to month. From the analysis of air pollutants in the Surabaya City for the period in 2009 and 2010 showed concentration increase of NO_2 pollutant i.e. 42.5%, SO_2 i.e. 24%. Whereas concentration of ozone

for this period decreased 38%. No pollutant which had significantly relation with relative humidity except O₃. Based on results, it was concluded that the main source of PM10 was originated from motor vehicles emissions.

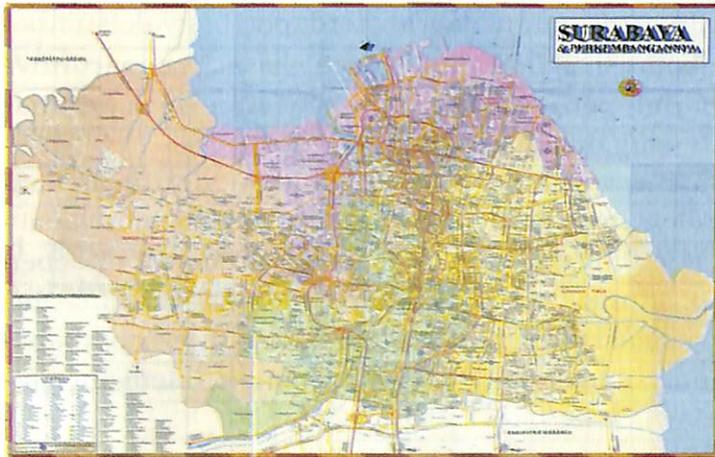
Keywords: pollutant, temperature, wind speed, Surabaya

1 PENDAHULUAN

Surabaya dengan batas wilayah 7°1' LS 112° 45' BT merupakan wilayah perkotaan dengan jumlah penduduk mencapai 3.024.321 jiwa pada tahun 2011. Batas Wilayah Sebelah Utara: Selat Madura; Sebelah Timur: Selat Madura; Sebelah Selatan: Kab. Sidoarjo; dan Sebelah Barat: kab. Gresik. Kelembaban udara rata-rata minimum 42% dan maksimum 96%, Temperatur rata-rata minimum 23,3 °C dan maksimum 35,2 °C. Curah Hujan rata-rata 183,2mm curah hujan di atas 200mm terjadi pada bulan Desember-Mei. Kecepatan angin rata-rata 7,0 knot dan kecepatan maksimum 26,3 Knot (SLHD Kota Surabaya 2011).

Kota Surabaya merupakan kota terbesar ke dua di Indonesia setelah Jakarta. Sebagai kota besar dengan aktivitas perekonomian, perdagangan dan industri yang cukup tinggi, hal ini tentunya akan memberikan konsekwensi logis terhadap pencemaran di kota Surabaya. Kota Surabaya merupakan kota yang memiliki aktivitas industri dan perdagangan komersial yang cukup dinamis. Sebagai konsekwensi kemajuan dan aktivitas kota Surabaya tersebut memberikan pengaruh terhadap polusi udara di kota tersebut. Salah satu dampak yang diakibatkan oleh kegiatan-kegiatan tersebut adalah pencemaran udara di kota Surabaya.

Wilayah Pengukuran



Gambar 1.1 Peta wilayah Surabaya

2 TINJAUAN PUSTAKA

Di wilayah perkotaan kontribusi partikel polutan primer berasal dari sumber pencemar transportasi dan industri. Di antara beberapa sumber antropogenik, polusi dari kendaraan bermotor merupakan sumber utama dari total polusi udara perkotaan. Walaupun demikian adanya peningkatan teknologi kendaraan bermotor memainkan peranan penting dalam mengurangi sumber emisi dari kendaraan. Sebagian besar permasalahan polusi udara ditentukan oleh faktor meteorologi, yang dipahami dengan derajat polusi udara yang bervariasi. Sangat penting untuk memahami relasi variabel meteorologi dan konsentrasi polutan karena pengaruh fluktuasi temperatur dan faktor meteorologi lainnya.

Cuaca dan iklim bukan penyebab pencemaran udara tetapi keadaan atmosfer membuat pengaruh yang besar terhadap difusi bahan pencemar baik secara horizontal maupun vertical (Suharsono, 1985). Tetapi iklim dan cuaca berperan dalam penyebaran, pengangkutan, pengenceran dan perubahan bentuk polutan yang dikeluarkan oleh sumber pencemar.

Kondisi cuaca tertentu akan menyebabkan terjadinya akumulasi dan pemekatan konsentrasi polutan sehingga

membahayakan bagi manusia, hewan tumbuhan dan bangunan. Walaupun iklim dan cuaca bukan penyebab polusi udara, namun jika di suatu daerah terdapat banyak sumber pencemar maka kondisi iklim dan cuaca besar pengaruhnya terhadap penyebaran, pengangkutan, pengenceran serta perubahan bentuk polutan yang dikeluarkannya.

Beberapa studi telah dilakukan untuk melihat pengaruh meteorologi terhadap polusi udara antara lain hasil penelitian Mayer (1999) menyatakan, pencemaran udara di beberapa kota di seluruh dunia menunjukkan bahwa dengan meningkatnya industrialisasi dan tenaga kerja, terjadi pertambahan rata-rata pencemar yang dengan serius akan mengancam kesehatan manusiawi.

Selain itu Snchez-Ccoyllo dan Andrade (2002) meneliti pengaruh kondisi meteorologi atas perilaku konsentrasi polutan selama periode tertentu di kota Sao Paulo. Di studi ini, dilihat tingginya konsentrasi nilai pencemar disebabkan karena sirkulasi angin yang lemah, kelembaban relatif yang rendah dan ketiadaan hujan.

3 DATA DAN METODOLOGI

Metodologi yang dilakukan pada penelitian ini adalah dengan menganalisis data sekunder hasil olahan BPLHD Propinsi Surabaya yang menggunakan *The Integrated Air Quality Management for Metropolitan Area* untuk mendapatkan konsentrasi polutan PM₁₀, CO, NO₂ dan SO₂ serta ozon di udara ambien. Periode data polutan yang akan dianalisis dimulai dari bulan Januari tahun 2009 hingga bulan Desember tahun 2010. Sedangkan data meteorologi kota Surabaya yang akan di korelasikan dengan data polutan adalah data temperatur, kelembaban relatif serta kecepatan angin (*wind speed*) yang diperoleh dari *Wyoming University* dengan mengunduh melalui website: <http://weather.uwyo.edu/upperair/sounding.html>

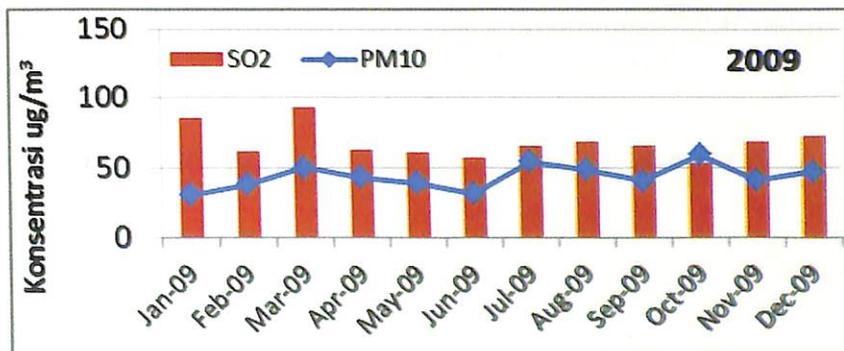
4 HASIL DAN PEMBAHASAN

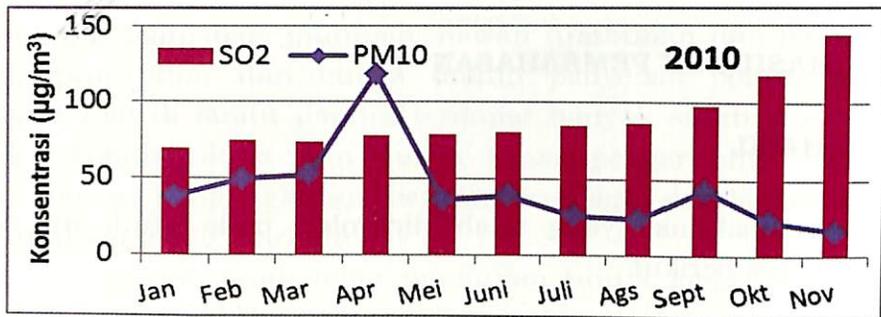
4.1. HASIL

Hasil-hasil yang telah diperoleh pada studi ini adalah sebagai berikut:

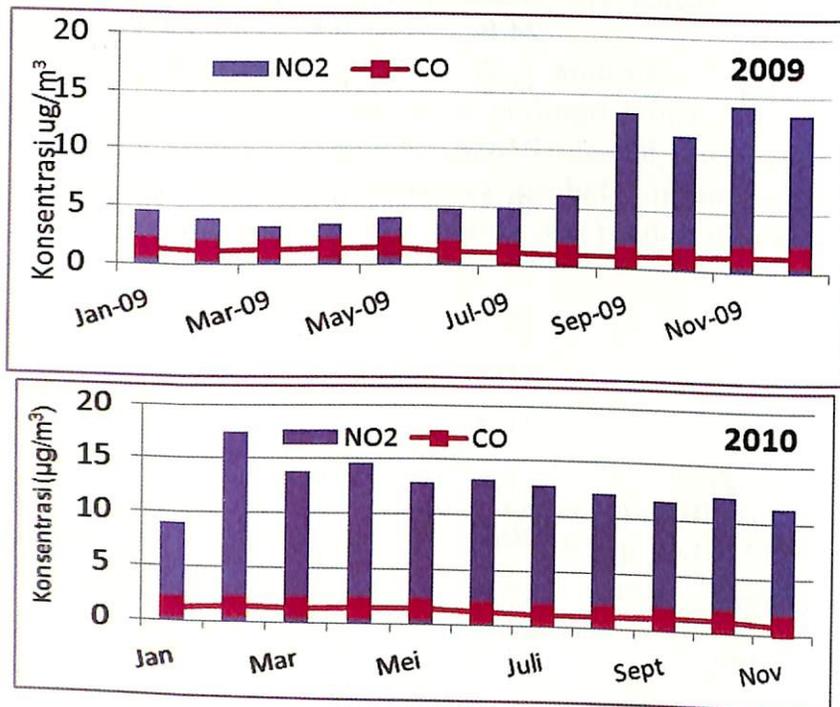
Tabel 4.1 Rata-rata bulanan temperatur dan RH (tahun 2009-tahun 2010)

Bulan	2009		2010	
	T (°C)	RH(%)	T (°C)	RH(%)
Januari	24,8	92	24,3	89
Februari	26,4	81	25	96
Maret	27,6	82	23,2	91
April	26,4	95	24	92
Mei	24,8	93	27	78
Juni	24,4	94	27,2	96
Juli	21,8	93	22,8	91
Agustus	21,2	85	22,2	84
September	21,8	66	24	91
Oktober	20,9	82	27,2	89
November	19,4	83	23,2	96
Desember	21,7	85	24,4	94

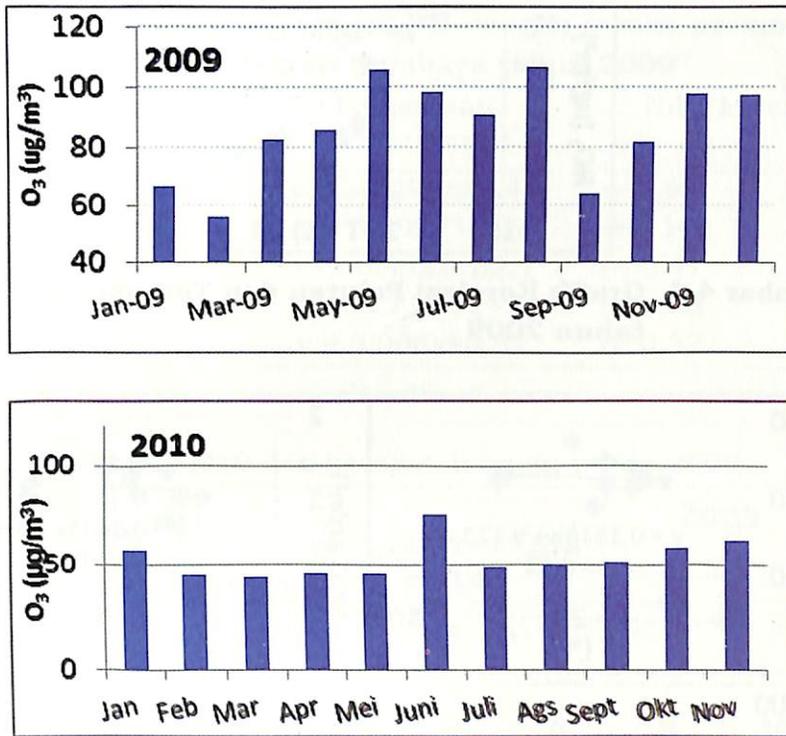




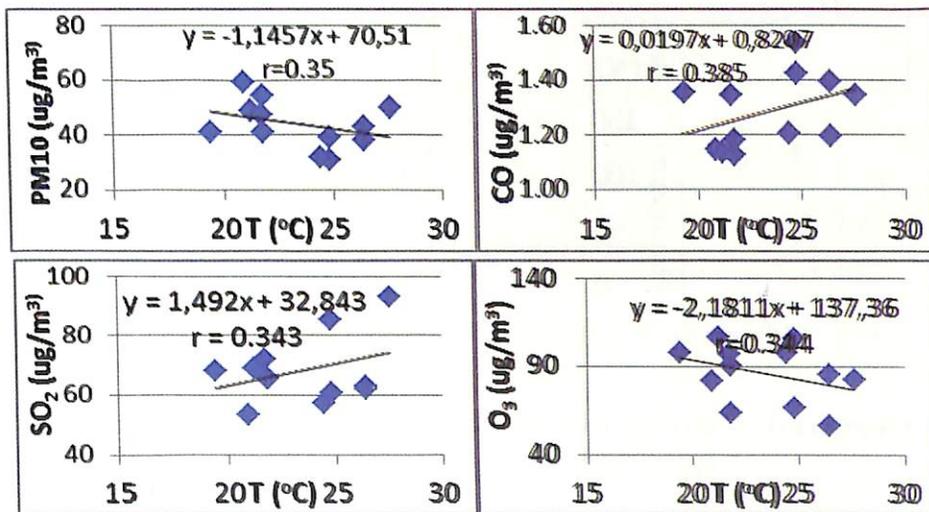
Gambar 4.1 Konsentrasi polutan SO₂ dan PM10 di udara ambien tahun 2009 (atas) dan tahun 2010 (bawah)

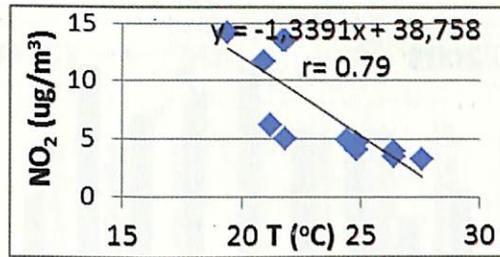


Gambar 4.2 Konsentrasi NO₂ dan CO tahun 2009 (atas) dan tahun 2010 (bawah)

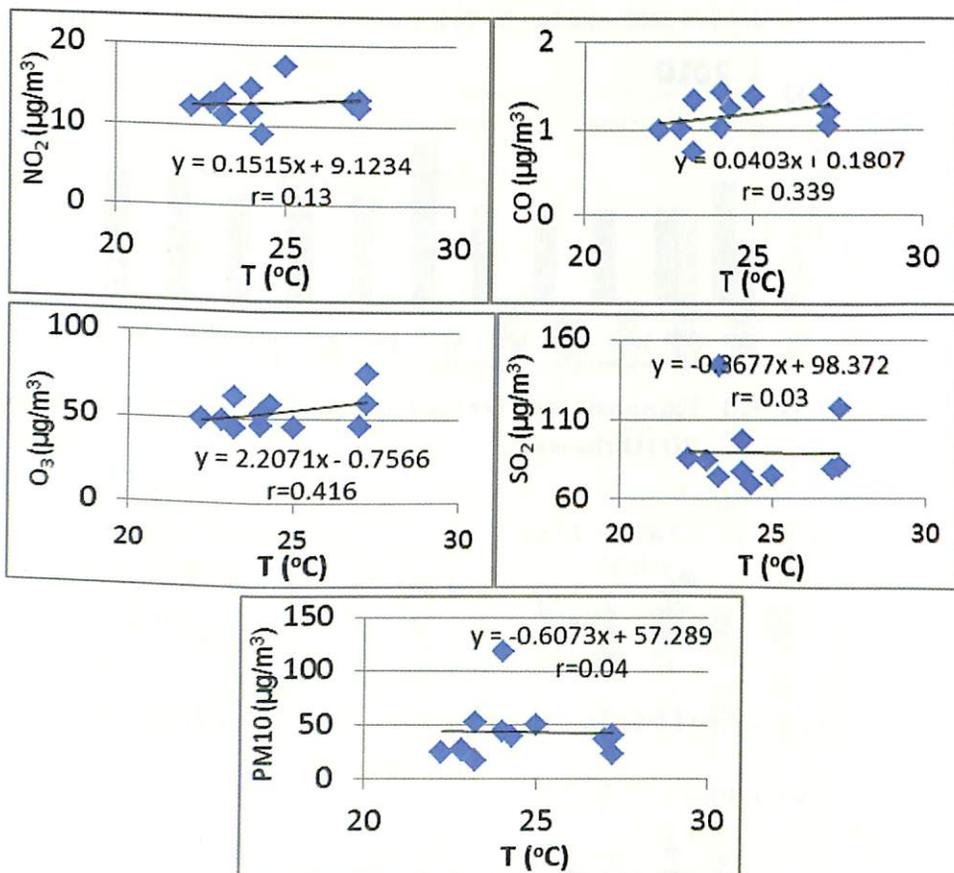


Gambar 4.3 Konsentrasi Ozon tahun 2009 (atas) dan tahun 2010 (bawah)





Gambar 4.4 Grafik Korelasi Polutan dan Temperatur pada tahun 2009

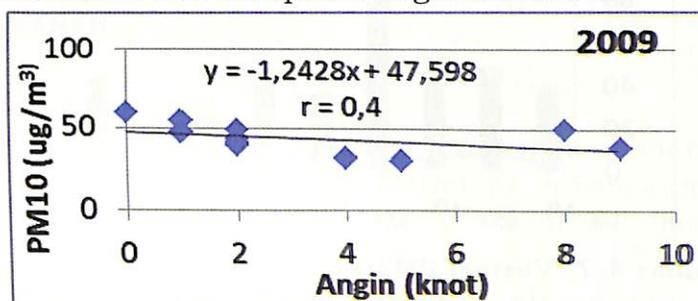


Gambar 4.5 Grafik Korelasi Polutan dan Temperatur pada tahun 2010

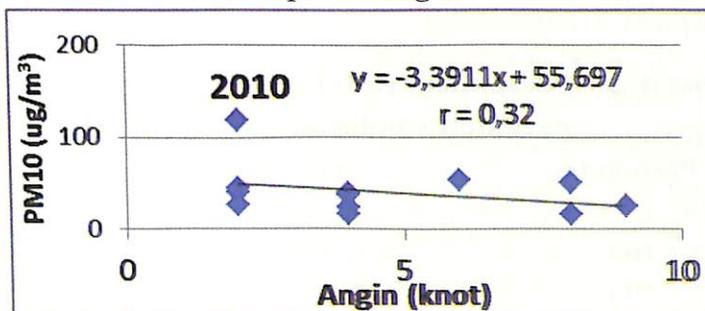
Tabel 4.2 Persamaan Korelasi RH dengan semua parameter polutan di kota Surabaya tahun 2009

Parameter	Persamaan	Nilai korelasi
NO ₂	$y = -0,29x+30.43$	$r=0,56$
SO ₂	$y = 0.49x+34.27$	$r=0.148$
PM10	$y= - 0.49x + 82.1$	$r= 0.47$
O ₃	$y= -0.71x + 142$	$r= 0,36$
CO	$y = 0,006x+0,81$	$r= 0,37$

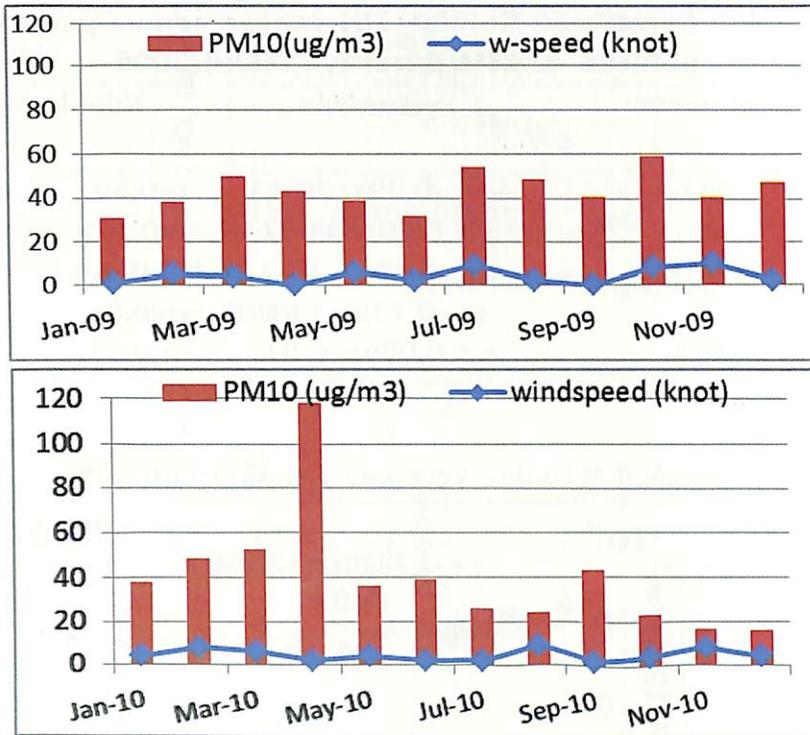
a. Korelasi PM10 dan kecepatan angin tahun 2009



b. Korelasi PM10 dan kecepatan angin tahun 2010



Gambar 4.6 Korelasi PM10 dan kecepatan angin (a) tahun 2009 dan (b) tahun 2010



Gambar 4.7 Variasi PM10 dan kecepatan angin di Surabaya tahun 2009 (atas) dan tahun 2010 (bawah)

Tabel 4.3 Persamaan Korelasi *wind speed* dengan semua parameter polutan di kota Surabaya tahun 2010

Parameter	Persamaan	Nilai korelasi
NO ₂	$y = 0,13x + 12,264$	$r = 0,16$
SO ₂	$y = 2,04x + 79,9$	$r = 0,24$
PM10	$y = -0,39x + 55$	$r = 0,32$
O ₃	$y = -0,7x + 56,7$	$r = 0,2$
CO	$y = -0,02x + 1,25$	$r = 0,21$

Tabel 4.4 Persamaan Korelasi *wind speed* dengan semua parameter polutan di kota Surabaya tahun 2009

Parameter	Persamaan	Nilai korelasi
NO ₂	$y = -0,84x + 10,03$	$r = 0,54$
SO ₂	$y = 1,94x + 61,66$	$r = 0,48$
PM10	$y = -1,24x + 47,6$	$r = 0,4$
O ₃	$y = -3,1x + 96,06$	$r = 0,53$
CO	$y = 0,004x + 1,27$	$r = 0,08$

4.2. PEMBAHASAN

Tren variabel meteorologi

Trend variabel meteorologi rata-rata bulanan temperatur dan kelembaban relatif (RH) di kota Surabaya di rangkum pada Tabel 4.1. Tabel 4.1 menunjukkan bahwa selama bulan April tahun 2009, kota Surabaya memiliki RH sebesar 95%, lebih lembab dibanding RH bulan Agustus yaitu sebesar 85%. Temperatur rata-rata tertinggi selama tahun 2009 terjadi pada bulan Maret sebesar 27°C, sementara tahun 2010 Temperatur rata-rata tertinggi terjadi pada bulan Juni yaitu sebesar 27,2°C.

Selanjutnya dilakukan analisis rata-rata bulanan variasi konsentrasi lima polutan di kota Surabaya yang disajikan pada Gambar 4.1 - Gambar 4.3.

Gambar 4.1 menunjukkan konsentrasi rata-rata bulanan SO₂ tahun 2009 bervariasi dari 53,2-93,2 µg/m³ dengan nilai maksimum terjadi pada bulan Maret dan minimum terjadi pada bulan Juni. Sementara PM10 pada tahun 2010 maksimum terjadi pada bulan April dengan konsentrasi mencapai 118 µg/m³ dan minimum terjadi pada bulan November 16 µg/m³ dimana Nilai SO₂ menunjukkan angka maksimum hingga mencapai 140 µg/m³ pada bulan November. Tingginya konsentrasi SO₂ diduga berasal dari emisi dari kendaraan berbahan bakar solar. Karena menurut data, jumlah mobil solar di kota Surabaya lebih banyak dan lebih diminati masyarakat karena hemat bahan bakar (SLHD kota Surabaya, 2011). Sesuai dengan data konsentrasi SO₂ tahun 2009 dan 2010, maka di ketahui bahwa tahun 2010 konsentrasi SO₂ di udara ambien mengalami peningkatan dibanding tahun 2009.

Sebagai prekursor ozon, NO_2 dan CO menunjukkan konsentrasi yang cukup tinggi pada bulan September hingga Desember pada tahun 2009 (Gambar 4.2), konsentrasi ini berbanding terbalik dengan konsentrasi ozon pada bulan tersebut. Sementara pada tahun 2010 konsentrasi NO_2 maksimum terjadi pada bulan Februari.

Gambar 4.3 menunjukkan Konsentrasi ozon tertinggi di kota Surabaya selama tahun 2009 terjadi pada bulan Mei dan Agustus, hal ini disebabkan karena kondisi pada bulan tersebut terdapat sejumlah radiasi matahari yang cukup tinggi, yang merupakan variabel penting dalam reaksi foto oksidasi. Sedangkan pada tahun 2010 konsentrasi ozon tertinggi terjadi pada bulan Juni. Ozon yang diproduksi di atmosfer adalah hasil fotooksidasi beberapa prekursor gas yaitu CO , CH_4 dan NMHC dengan adanya NO_x yang cukup.

Hubungan Polutan Udara dengan Beberapa variabel Meteorologi

Diantara sejumlah polutan, CO menunjukkan korelasi yang cukup tinggi dengan beberapa variabel Meteorologi. Sementara polutan lainnya tidak memperlihatkan korelasi yang cukup signifikan

1. Pengaruh Temperatur

Pada Gambar 4.4 disajikan hasil hubungan temperatur dengan lima parameter polutan pada tahun 2009. Hasil analisis menunjukkan bahwa CO dan SO_2 menunjukkan korelasi (+) dengan temperatur. Sementara polutan lainnya (PM_{10} , O_3 , dan NO_2) menunjukkan korelasi (-) dengan temperatur. SO_2 terkait erat dengan temperatur dan CO yang berkorelasi (+) dengan temperatur.

Hasil analisis temperatur udara dengan konsentrasi ozon di udara ambien tahun 2009 di Surabaya menunjukkan korelasi yang negatif (-), umumnya korelasi ozon dan temperatur berkorelasi positif. Begitu pula dengan NO_2 yang merupakan precursor ozon, menunjukkan korelasi negatif dengan temperatur. Sehingga hal ini tentunya memerlukan kajian lebih lanjut karena berkaitan dengan proses reaksi pembentukan ozon.

Korelasi Temperatur dengan Polutan di Surabaya tahun 2010

Dari hasil korelasi temperatur dan konsentrasi polutan untuk tahun 2010, terdapat korelasi negatif (-) antara polutan PM10 dan SO₂ dengan temperatur. Sementara untuk polutan NO₂, CO dan O₃ menunjukkan hubungan positif (+) dengan temperatur.

Studi menunjukkan bahwa kondisi meteorologi (kecepatan angin, temperatur, dan RH) juga mempengaruhi tingkat konsentrasi polusi udara. Kecepatan angin yang kuat mempengaruhi arah perputaran polutan yang efektif khususnya di wilayah lembah (tidak terjadi inverse termal). Sementara inversi temperatur yang kuat juga terkait dengan tingginya konsentrasi polutan di suatu wilayah.

Gambar 4.5 menunjukkan hasil korelasi polutan-polutan SO₂ dan PM10 di kota Surabaya menunjukkan korelasi negatif (-) dengan temperatur, hal ini disebabkan karena SO₂ sebagai prekursor dari PM10, sehingga konsentrasi kedua polutan tersebut memiliki hubungan yang erat. Berdasarkan penelitian yang disebutkan sebelumnya, terlihat bahwa hasil studi yang dilakukan di kota Surabaya berbeda dengan studi sebelumnya mengingat kota Surabaya merupakan wilayah dekat laut yang tentu saja kondisi iklimnya pun berbeda dengan penelitian sebelumnya yang merupakan wilayah lembah.

2. Pengaruh Kelembaban Relatif (RH)

Hasil korelasi lima parameter polutan dengan kelembaban relatif (RH) disajikan pada Tabel 4.2 untuk melihat hubungan semua polutan dengan RH.

Dari persamaan yang disajikan pada Tabel 4.2 di atas diketahui bahwa korelasi dari semua parameter polusi udara di Surabaya dengan RH pada tahun 2009 menunjukkan bahwa terdapat korelasi positif (+) untuk senyawa SO₂ dan CO. Hal ini sejalan dengan penelitian yang telah dilakukan Turyanti A dan Santikayasa (2006), dimana korelasi RH dengan CO menunjukkan korelasi positif dengan nilai sebesar 0,41. Sementara korelasi RH dengan polutan lainnya (NO₂, PM10 dan O₃) menunjukkan hubungan negatif (-). Jadi dengan kata lain kenaikan RH akan menaikkan konsentrasi polutan SO₂ dan CO di kota Surabaya. Sedangkan pengaruh RH menurunkan polutan lainnya (PM10, NO₂ dan O₃).

3. Pengaruh Angin

Antara kecepatan angin dan PM10 menunjukkan hubungan korelasi negatif yang kurang signifikan, baik untuk tahun 2009 maupun tahun 2010. Hal ini disajikan pada Gambar 6a & Gambar 6b.

Gambar 4.7 menunjukkan korelasi PM10 dan kecepatan angin, dimana pada Gambar 4.7 tersebut terlihat sangat signifikan penurunan jumlah PM10 dengan semakin tingginya kecepatan angin (hubungan korelasi negatif). Gambar 4.7 (atas) menunjukkan variasi bulanan konsentrasi PM10 dan kecepatan angin di kota Surabaya selama tahun 2009 dan Gambar 4.7 (bawah) menunjukkan variasi bulanan konsentrasi PM10 dan kecepatan angin di kota Surabaya selama tahun 2010. Dengan kata lain semakin tinggi kecepatan angin maka akan menurunkan konsentrasi polutan di suatu wilayah.

Selanjutnya dari hasil korelasi lima parameter polutan (SO_2 , NO_2 , O_3 , PM10 dan CO) dengan kecepatan angin (*wind speed*) maka diperoleh rangkuman hasil pada Tabel 4.3 dan Tabel 4.4 berikut ini.

Pada Tabel 4.3 kecepatan angin berkorelasi negative (-) dengan polutan CO sebesar -0,2, ini berarti bahwa peningkatan konsentrasi angin akan menurunkan konsentrasi CO di udara ambient. Sementara hasil penelitian Turyanti dan Santikayasa (2006) menyatakan bahwa korelasi polutan CO dengan kecepatan angin adalah sebesar -0,59 di wilayah Bogor. Dengan demikian kondisi meteo di suatu wilayah memiliki pengaruh yang berbeda-beda terhadap kondisi polutan udara di daerah tersebut.

Tabel 4.4 menunjukkan korelasi kecepatan angin dan NO_2 di kota Surabaya tahun 2009 dengan nilai korelasi (-0,54). Rendahnya konsentrasi NO_2 mengindikasikan tingginya kecepatan angin. Disamping itu pula kecepatan angin berperan dalam meningkatkan mixing udara (Dovilė Laurinavičienė, 2008)

5 KESIMPULAN

Dari analisis polutan-polutan udara ambien di Kota Surabaya selama periode tahun 2009 dan 2010 menunjukkan terjadi peningkatan konsentrasi polutan NO_2 sebesar 42,5%, konsentrasi SO_2 meningkat 24%. Dari sejumlah parameter meteorologi, temperatur dan angin merupakan parameter yang sangat menentukan terhadap konsentrasi polutan di kota Surabaya. Berdasarkan hasil yang diperoleh disimpulkan bahwa dari sejumlah parameter meteorologi, maka kecepatan angin merupakan salah satu parameter meteorologi yang dapat menurunkan konsentrasi polutan PM_{10} secara efektif di suatu daerah. Konsentrasi PM_{10} pada tahun 2010 maksimum terjadi pada bulan April dengan konsentrasi mencapai $118\mu\text{g}/\text{m}^3$ dan minimum terjadi pada bulan November $16\mu\text{g}/\text{m}^3$.

DAFTAR RUJUKAN

- Bahattin CELIK (2007), The Relation Between Meteorological factors and Pollutants Concentrations in Karabuk City, *GU Journal of Science*, 20, 87-95.
- Dovilė Laurinavičienė (2008). Nitrogen Dioxide Concentrations and their Relation with Meteorological Conditions and some Environmental Factors in Kaunas. *Environmental Research, Engineering and Management*, No.1(43), P. 21-27
- G. Jayaraman (2007). Seasonal Variation and Dependence on Meteorological Condition of Roadside Pollutant at Delhi, *Env Science An Indian Journal*, 2, 130-138.
- Hargreaves P.R., Leidi A., Grubb H.J., Howe M.T., Mugglestone M.A. (2000). Local and seasobal variations in atmospheric nitrogen dioxide levels at Rothamsted, UK, and relationscips with meteorological conditions. *Atmospheric Environment*, Vol. 34, pp. 843
- <http://weather.uwyo.edu/upperair/sounding.html> (diunduh tanggal 12 Maret 2012).
- Laporan Status Lingkungan Hidup Daerah (SLHD) Kota surabaya, 2011. Surabaya

- Mayer, H. (1999). "Air pollution in cities", *J. Atmospheric Environment*, 33, 4029-4037.
- Plaisance H., Piechocki-Minguy A., Garcia-Fouque S., Galloo J.C. Influence of meteorological factors on the NO₂ measurements by passive diffusion tube. *Atmospheric Environment*, 2004, Vol. 38, p. 573-580.
- Sánchez-Ccoyllo, O. R. and Andrade, M. de F. (2002). "The influence of meteorological conditions on the behavior of pollutants concentrations in Sao Paulo, Brazil", *J. Environmental Pollution*, 116, 257-263.
- Santosa I, 2005, Model Penyebaran Pencemar Udara dari Kendaraan bermotor Menggunakan Metode Volume Terhingga, studi kasus kota Bogor, Sekolah Pascasarjana, IPB
- Satria N, 2006, Pendugaan konsentrasi CO dari Sumber Garis (Transportasi) Menggunakan BOX-MODEL Street Canyon, GM-IPB.
- Suharsono, 1985, Pengaruh Cuaca Dan Iklim terhadap Polusi Udara, Paper Pascasarjana, IPB.

Acknowledgement

Terima kasih kepada Bpk. Ginaldi Ari dari Bidang Teknologi Atmosfer PSTA LAPAN Bandung yang telah membantu dalam pengadaan data polutan di kota Surabaya.