

# **PENDEKATAN MODEL KRUSKAL-WALLIS PADA PENENTUAN KONSENTRASI PM<sub>10</sub> BERDASARKAN DATA KECEPATAN ANGIN DI KOTA SURABAYA (7°16'LU, 112°43'BT)**

**Iis Sofiati**

**Pusat Sains dan Teknologi Atmosfer - LAPAN**

**Jl. Dr. Junjunan 133, Bandung 40173**

**email: sofiati07@gmail.com**

## **ABSTRACT**

*Meteorological parameters are an important factor that will influence the process of transformation and transportation of pollutants in the atmosphere. Meanwhile, the concentration of PM<sub>10</sub> is one important element in determining the air quality in one area. The purpose of this study is to get the amount of PM<sub>10</sub> concentration by wind speed model approach to complement the data gaps in the current PM<sub>10</sub> concentration measurements in an observation area. In this study does not discuss the source of PM<sub>10</sub> itself. The method used is to perform the Kruskal-Wallis model approach in the form by multi-variant linear method. At this model approach method applies only to the data with a short time period, whereas for a rather long time period will result in a very small value, so it does not approach the measurement results. The results shows that the best value of the output model or approach the observed value occurred in 2011, with a correlation coefficient of 0,86; while for 2007 the smallest value of the correlation coefficient is only 0,27. As for the 2008, 2009 and 2010 amounted to 0,72; 0,60; and 0,40 respectively. Apparently, the Kruskal-Wallis model approach produces a good correlation with the observed value, if the completeness of the daily data above 85%, because the model is highly dependent on the value of the wind speed and the number of measurements at each observation.*

*Keywords: Kruskal-Wallis model, wind speed, wind direction, PM<sub>10</sub> concentration.*

## **ABSTRAK**

Parameter meteorologi merupakan faktor penting yang akan mempengaruhi proses transformasi dan transportasi polutan di atmosfer. Sementara itu, konsentrasi PM<sub>10</sub> merupakan salah satu unsur penting dalam menentukan kualitas udara di suatu

daerah. Tujuan penelitian ini adalah mendapatkan besaran konsentrasi PM10 dari besaran kecepatan angin secara pendekatan model untuk melengkapi kekosongan data pada saat pengukuran konsentrasi PM10 di suatu daerah pengamatan. Dalam penelitian ini tidak dibahas sumber dari PM10 itu sendiri. Metoda yang digunakan adalah dengan melakukan pendekatan model *Kruskal-Wallis* berupa metoda linier multi varian. Pada metoda ini pendekatan model berlaku hanya untuk data dengan perioda waktu yang pendek, sedangkan untuk perioda waktu agak panjang, akan menghasilkan nilai yang sangat kecil sehingga tidak mendekati hasil pengukuran. Dari hasil terlihat bahwa nilai terbaik dari keluaran model atau mendekati nilai observasi terjadi tahun 2011, dengan koefisien korelasi sebesar 0,86. Untuk tahun 2007 nilai koefisien korelasinya terkecil hanya sebesar 0,27. Sedangkan untuk tahun 2008, 2009, dan 2010 sebesar 0,72; 0,60; dan 0,40 berturut-turut. Ternyata, pendekatan model *Kruskal-Wallis* menghasilkan korelasi yang baik dengan nilai observasi, jika kelengkapan data harian diatas 85%, karena model tersebut sangat tergantung dari besarnya nilai kecepatan angin dan banyaknya pengukuran pada setiap pengamatan.

Kata kunci: Model *Kruskal-Wallis*, kecepatan angin, arah angin, konsentrasi PM10.

## 1. PENDAHULUAN

Di kota-kota besar polusi atmosfer merupakan konsekuensi logis dari kondisi yang ada karena besarnya jumlah unsur yang diemisikan ke atmosfer, terutama dari kendaraan dan industri (Kelly dkk., 1994). Dalam keadaan lain, emisi dari pembakaran sampah dan kebakaran hutan juga dapat melepaskan berbagai variabilitas konsentrasi unsur yang terkontaminasi diatas jumlah yang diperbolehkan (Kelly dkk., 1994; Van Der W. dkk., 1996). Polusi udara dengan konsentrasi tinggi menyebabkan efek yang merugikan kesehatan termasuk peningkatan morbiditas atau mortalitas dan menciptakan masalah yang signifikan untuk monumen bersejarah, bahan bangunan atau biota perkotaan. Pada saat yang sama jumlah kendaraan yang masuk kota dari kota sekitarnya meningkat secara substansial. Perubahan ini memberikan kesempatan untuk menganalisis pengaruh sumber utama polusi udara terhadap kualitas udara perkotaan dalam waktu yang relatif singkat. Situasi tercemarnya atmosfer menjadi jauh lebih buruk

ketika kondisi meteorologi mempercepat penyebaran kontaminasi.

Pengaruh beberapa parameter meteorologi pada konsentrasi partikel dan komposisi kimianya akan mempengaruhi kualitas udara di suatu daerah dan dampaknya secara langsung terhadap manusia. Untuk alasan tersebut, perlu dilakukan penelitian tentang besarnya konsentrasi PM<sub>10</sub> (partikel dengan diameter <10 µm) sebagai salah satu unsur dalam penentuan kualitas udara diantaranya di kota padat penduduk dan transportasi seperti Kota Surabaya. Karena keterbatasan sarana penelitian, sekarang ini pengukuran polutan secara langsung hanya dilakukan di beberapa kota besar. Oleh karena itu, dalam penelitian ini dilakukan perhitungan dengan pendekatan model yang sangat bermanfaat untuk menentukan konsentrasi PM<sub>10</sub> pada saat hanya data meteorologi seperti kecepatan dan arah angin yang tersedia dalam suatu pengamatan.

## **2 TINJAUAN PUSTAKA**

Dari beberapa penelitian telah diperoleh korelasi antara konsentrasi PM<sub>10</sub> dan beberapa aspek meteorologi untuk menjelaskan karakteristiknya di atmosfer, prinsip sumber emisi, dan prediksi dari polutannya seperti hasil penelitian Deacon dkk., (1997) yang menganalisa dan menginterpretasi pengukuran *Suspended Particulate Matter* (SPM) daerah sub-urban di Inggris. Analisis ini menunjukkan pentingnya diteliti konsentrasi PM<sub>10</sub> dari emisi kendaraan sebagai kontributor, dan sumber utama pada pencemaran udara dan mengkonfirmasi perbandingan konsentrasi PM<sub>10</sub> dengan emisi karbon monoksida dari lalu lintas jalan. Kemudian Seika dkk., (1998) mengembangkan model dispersi perkotaan *Ambient Background Model* (ABM) dengan metoda Gaussian di London. Selanjutnya Triantafyllou (2001), yang menganalisa polutan PM<sub>10</sub> sebagai fungsi dari klimatologi sinoptik di daerah industri sekitar pegunungan. Dalam penelitian ini dianalisa kondisi meteorologi selama siang hari dengan konsentrasi PM<sub>10</sub> yang tinggi, dan dilakukan di lembah gunung Eordea.

Beberapa penelitian telah mengindikasikan bahwa konsentrasi PM<sub>10</sub> dalam udara ambien terpengaruh oleh parameter meteorologi seperti kecepatan dan arah angin, radiasi matahari, kelembaban relatif, tekanan, dan suhu (Van Houdt

dkk., 1987; Prendez dkk., 1995; Burton dkk., 1996; Man dan Shih, 2001; Alexandrova dkk., 2003).

### 3. DATA DAN METODOLOGI

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data harian konsentrasi PM1, data harian kecepatan dan arah angin untuk tahun 2007 sampai 2011 di Kota Surabaya ( $7^{\circ}16'LU, 112^{\circ}43'BT$ ).

**Tabel 3.1** Ketersediaan data konsentrasi PM10, arah dan kecepatan angin

Tahun	Banyaknya bulan	Kelengkapan data harian PM10 (%)	Kelengkapan data harian Arah&kec. angin (%)
2007	10	35	100
2008	9	85	100
2009	6	70	100
2010	11	50	100
2011	8	90	100

Metoda yang digunakan adalah melakukan perhitungan dengan menggunakan pendekatan model *Kruskal-Wallis* (dalam Bravo, dkk., 2006). Persamaan pendekatan model yang dipakai adalah:

$$y' = a_1T + a_2WM + a_3WD_1 + a_4WD_2 + a_5WD_3 + a_6WD_4 + \varepsilon \dots (1)$$

dengan  $y'$  adalah konsentrasi PM10,  $T$  adalah hari pengamatan yang berurutan,  $WM$  adalah kecepatan angin dalam m/det,  $WD$  adalah arah angin, dan  $\varepsilon$  adalah nilai error, jika ada. Koefisien  $a_1, a_2, a_3, \dots, a_6$  diperoleh dengan metoda *least squares*, dan setelah melalui perhitungan, nilai koefisien tersebut dimasukkan dalam persamaan (1), sehingga pendekatan model menjadi:

$$y' = (-0,026T \pm 0,007) - (8,34WM \pm 5,77) + (20,3WD_1 \pm 3,06) + (29,1WD_2 \pm 6,44) + (29,1WD_2 \pm 5,46) + (22,5WD_3 \pm 6,18) \dots (2)$$

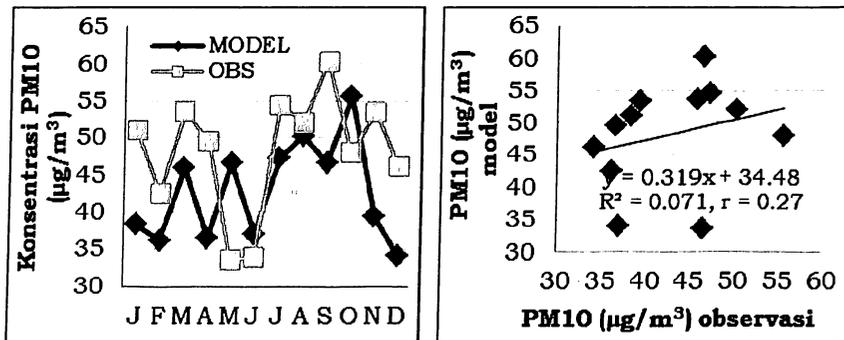
Karena arah angin merupakan variabel diskrit yaitu variabel yang nilainya mempunyai dua kutub berlawanan, dalam hal ini  $WD_1, WD_2, WD_3,$  dan  $WD_4$ , dan hanya bernilai 0 (nol) atau 1 (satu) tergantung dari mana arah angin berasal.

Dengan  $WD_1$  = variabel arah angin Utara,  $WD_2$  = variabel arah angin Timur,  $WD_3$  = variabel arah angin Selatan, dan  $WD_4$  = variabel arah angin Barat. Pada saat angin bertiup dari Utara ( $315^\circ$ - $45^\circ$ ), variabel  $WD_1$  bernilai satu dan  $WD_2=WD_3=WD_4= 0$ . Pada saat angin bertiup dari Timur ( $45^\circ$ - $135^\circ$ ), variabel  $WD_2=1$  dan  $WD_1=WD_3=WD_4=0$ , demikian seterusnya dan berlaku untuk variabel sisa selanjutnya, dengan mengingat bahwa  $WD_3$  dan  $WD_4$  sebagai variabel arah angin Selatan dan Barat, berturut-turut. Dalam penelitian ini hanya menganalisis arah dan kecepatan angin sesuai dengan pendekatan model *Kruskal-Wallis*, tetapi Bravo (2006) melakukan analisis pada semua parameter meteorologi.

#### 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

##### 4.1 HASIL

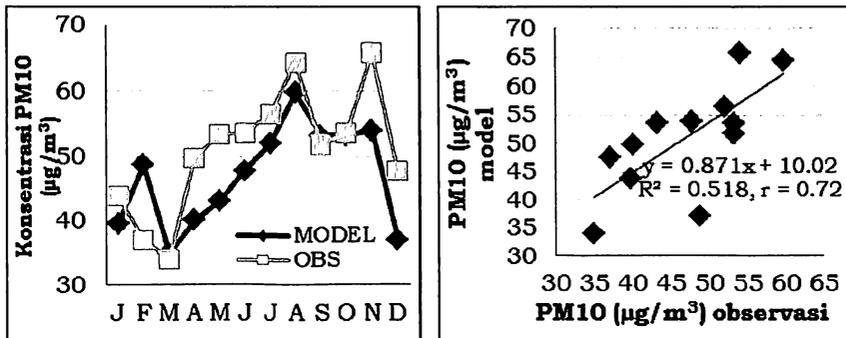
Besarnya nilai konsentrasi PM10 yang dihasilkan dari perhitungan dengan menggunakan pendekatan model *Kruskal-Wallis* yang dituliskan dalam persamaan (2) dan dibandingkan dengan hasil observasi ditunjukkan pada Gambar 1.



**Gambar 1.** Perbandingan distribusi bulanan konsentrasi PM10 berdasarkan perhitungan menggunakan pendekatan model dengan observasi (kiri), dan korelasinya (kanan), untuk tahun 2007.

Dari hasil terlihat bahwa nilai hasil observasi relatif lebih besar dibandingkan dengan pendekatan model seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1 (kiri). Dari observasi, nilai maksimum sebesar  $60,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$  terjadi pada bulan September dan minimum sebesar  $33,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$  terjadi pada bulan Mei. Sedangkan dari perhitungan dengan pendekatan model nilai maksimum

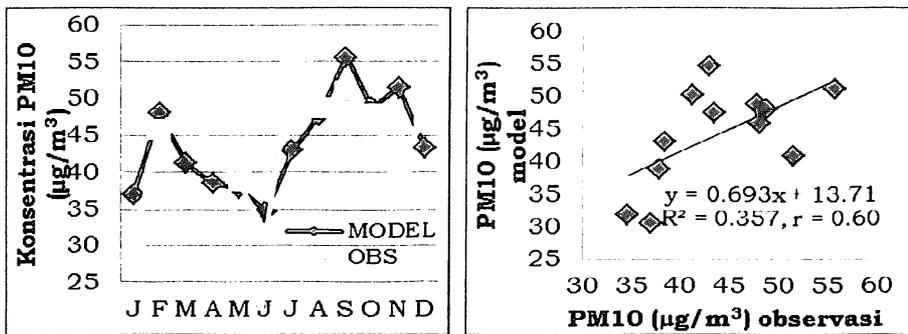
sebesar  $55,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$  terjadi pada bulan Oktober dan minimum sebesar  $34,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$  terjadi pada bulan Desember. Selama tahun 2007, hasil observasi terlihat lebih besar dibandingkan dengan pendekatan model untuk sembilan bulan (Januari, Februari, Maret, April, Juli, Agustus, September, November, dan Desember), dan lebih kecil untuk tiga bulan (Mei, Juni, dan Oktober). Gambar 1 (kanan) menunjukkan korelasi hasil perhitungan dengan pendekatan model dan observasi, dengan nilai koefisien korelasi sebesar 0,27.



**Gambar 2** Sama seperti Gambar 1, tetapi untuk tahun 2008

Hasil pendekatan yang lebih baik terlihat untuk tahun 2008 seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2. Dari hasil inipun terlihat bahwa rata-rata nilai observasi lebih besar dibandingkan dengan pendekatan model. Sama seperti tahun 2007, selama tahun 2008 hasil observasi terlihat lebih besar dibandingkan dengan pendekatan model untuk delapan bulan (Januari, April, Mei, Juni, Juli, Agustus, November, dan Desember), dan lebih kecil untuk empat bulan (Februari, Maret, September, dan Oktober). Dari observasi, nilai maksimum sebesar  $65,9 \mu\text{g}/\text{m}^3$  terjadi pada bulan November dan minimum sebesar  $33,9 \mu\text{g}/\text{m}^3$  terjadi pada bulan Maret. Sedangkan dari perhitungan dengan pendekatan model nilai maksimum sebesar  $59,8 \mu\text{g}/\text{m}^3$  terjadi pada bulan Agustus dan minimum sebesar  $33,9 \mu\text{g}/\text{m}^3$  terjadi pada bulan Maret. Korelasi hasil perhitungan dengan pendekatan model dan observasi ditunjukkan pada Gambar 2 (kanan), dengan nilai koefisien korelasi sebesar 0,72. Dengan demikian didapat bahwa fluktuasi besar kecilnya nilai dari kedua hasil tersebut menunjukkan kecenderungan yang hampir sama.

Analisa selanjutnya untuk tahun 2009 seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3 (kiri), dimana dari hasil observasi, nilai maksimum sebesar  $54,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$  terjadi pada bulan Juli dan minimum sebesar  $30,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$  terjadi pada bulan Januari. Sedangkan dari perhitungan dengan pendekatan model nilai maksimum sebesar  $55,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$  terjadi pada bulan September dan minimum sebesar  $42,9 \mu\text{g}/\text{m}^3$  terjadi pada bulan Juni. Kemudian korelasi hasil perhitungan dengan pendekatan model dan observasi ditunjukkan pada Gambar 3 (kanan), dengan nilai koefisien korelasi sebesar 0,60. Untuk tahun 2009 hasil observasi terlihat lebih besar dibandingkan dengan pendekatan model untuk delapan bulan (Maret, April, Mei, Juni, dan Desember), dan lebih kecil untuk empat bulan (Februari, Juni, September, dan November).

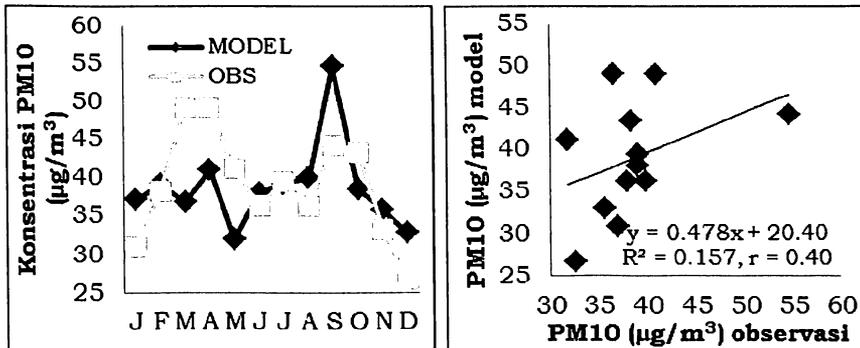


**Gambar 3.** Sama seperti Gambar 1, tetapi untuk tahun 2009

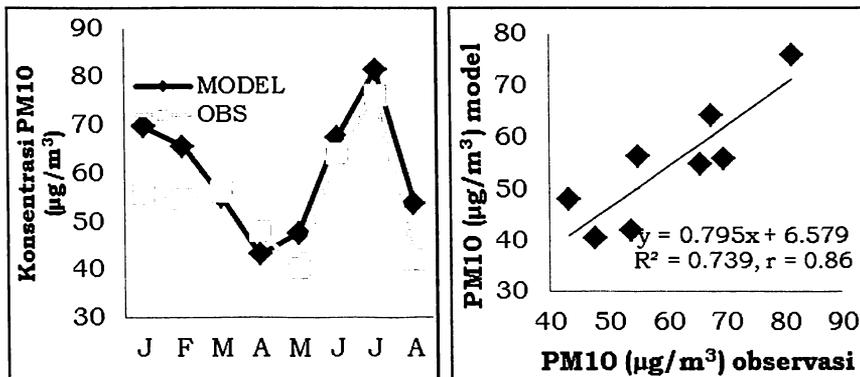
Dengan tahapan analisis yang sama, dihasilkan distribusi bulanan hasil perhitungan dengan pendekatan model dan hasil observasi untuk tahun 2010 seperti yang ditunjukkan oleh Gambar 4. Dilihat dari kecenderungan fluktuasi hasil observasi dengan hasil pendekatan model terlihat sama. Beberapa bulan hasil observasi terlihat lebih besar dibandingkan dengan pendekatan model untuk lima bulan (Maret, April, Mei, Juli, dan Oktober), dan lebih kecil untuk tujuh bulan (Januari, Februari, Juni, Agustus, September, November, dan Desember).

Pada Gambar 4 (kiri) dari hasil observasi didapat nilai maksimum sebesar  $49,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$  terjadi pada bulan April dan minimum sebesar  $26,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$  terjadi pada bulan Desember. Sedangkan dari perhitungan dengan pendekatan model nilai maksimum sebesar  $54,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$  terjadi pada bulan September dan

minimum sebesar  $31,8 \mu\text{g}/\text{m}^3$  terjadi pada bulan Mei. Korelasi hasil perhitungan dengan pendekatan model dan observasi ditunjukkan pada Gambar 4 (kanan), dengan nilai koefisien korelasi sebesar 0,40.



**Gambar 4.** Sama seperti Gambar 1, tetapi untuk tahun 2010



**Gambar 5.** Sama seperti Gambar 1, tetapi untuk tahun 2011

Perhitungan dan analisis yang terakhir untuk tahun 2011, dan data yang tersedia hanya dari bulan Januari sampai Agustus. Dari hasil terlihat bahwa, hasil observasi dibandingkan dengan pendekatan model lebih baik dari hasil sebelumnya seperti yang ditunjukkan pada Gambar 5 (kiri). Dari observasi, nilai maksimum sebesar  $75,9 \mu\text{g}/\text{m}^3$  terjadi pada bulan Juli dan minimum sebesar  $40,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$  terjadi pada bulan Mei. Sedangkan dari perhitungan dengan pendekatan model nilai maksimum sebesar  $81,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$  terjadi pada bulan Juli dan minimum sebesar  $43,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$  terjadi pada bulan April. Selama tahun 2007, hasil observasi terlihat lebih besar dibandingkan dengan pendekatan model untuk dua bulan (Maret dan April), dan lebih kecil untuk enam bulan (Januari, Februari, Mei, Juni, Juli, dan Agustus).

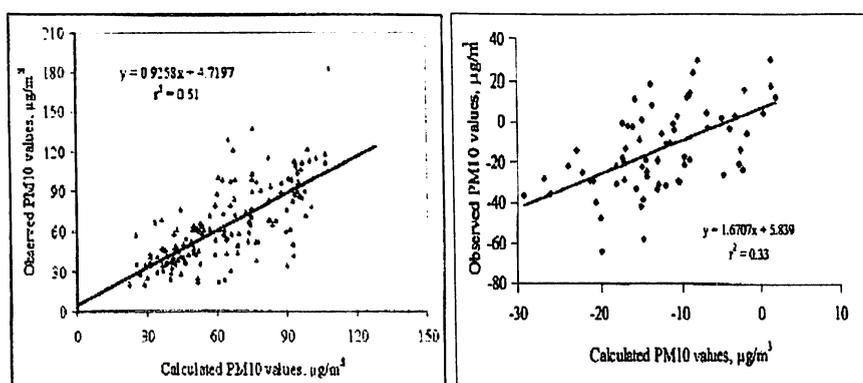
Gambar 5 (kanan) menunjukkan korelasi hasil perhitungan dengan pendekatan model dan observasi, dengan nilai koefisien korelasi yang cukup baik sebesar 0,86. Dari hasil keseluruhan didapat bahwa dari hasil perhitungan dengan menggunakan pendekatan model dan hasil observasi, nilai maksimum rata-rata terjadi pada bulan-bulan kering atau bulan Juli sampai September. Sedangkan nilai minimum terjadi pada bulan-bulan basah atau bulan Desember sampai Maret. Dari hasil terlihat bahwa nilai terbaik dari keluaran model atau mendekati nilai observasi terjadi tahun 2011, dengan koefisien korelasi sebesar 0,86; untuk tahun 2007 nilai koefisien korelasinya terkecil hanya sebesar 0,27. Sedangkan untuk tahun 2008, 2009, dan 2010 sebesar 0,72; 0,60; dan 0,40 berturut-turut.

#### **4.2 PEMBAHASAN**

Pada penelitian ini hanya menganalisis arah dan kecepatan angin sesuai dengan pendekatan model Kruskal-Wallis, tetapi Bravo (2006) melakukan analisis pada semua parameter meteorologi. Nilai koefisien korelasi sebesar 0,86 antara observasi dengan pendekatan model yang terjadi pada tahun 2011, faktor utama yang menyebabkannya adalah kelengkapan data harian, baik untuk konsentrasi PM10 maupun parameter arah dan kecepatan angin, diatas 85%. Karena hasil dari pendekatan model tersebut sangat tergantung dari banyaknya pengukuran pada setiap pengamatan dan besarnya nilai arah dan kecepatan angin. Sebagai perbandingan analisa untuk makalah ini dilihat hasil penelitian yang dilakukan sebelumnya oleh Bravo dkk., 2006, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 6. Dengan menggunakan data konsentrasi PM10 dan parameter meteorologi seperti suhu, kelembaban relatif, tekanan, kecepatan dan arah angin, curah hujan serta radiasi matahari global selama empat tahun (1998-2001) di Kota Meksiko (19°25'LU, 99°07'BT).

Gambar 6 menunjukkan sebagian dari hasil penelitian tersebut, dinyatakan bahwa korelasi hasil perhitungan dengan pendekatan model dan observasi mempunyai nilai determinasi ( $R^2$ ) sebesar 0,51 dan 0,33 seperti yang ditunjukkan pada Gambar 6 kiri dan kanan berturut-turut. Hasil lainnya menyatakan bahwa konsentrasi PM10 menunjukkan variasi musiman, dengan nilai terendah didapat pada bulan Juni sampai

September dan tertinggi pada bulan Desember sampai April, periode tersebut menunjukkan musim hujan dan kemarau berturut-turut. Dengan hasil tersebut menunjukkan bahwa korelasi hasil perhitungan dengan pendekatan model dan observasi menghasilkan nilai yang bervariasi. Dibandingkan dengan hasil dari makalah ini bahwa nilai terbaik dari pendekatan model atau mendekati nilai observasi terjadi tahun 2011, dengan koefisien korelasi sebesar 0,86. Untuk tahun 2007 nilai koefisien korelasinya terkecil hanya sebesar 0,27. Dengan demikian dapat dikatakan bahwa perhitungan dengan menggunakan pendekatan model Kruskal-Wallis cukup baik, dengan mempertimbangkan kelengkapan data pada setiap pengamatan. Kelebihan dari penggunaan perhitungan dengan pendekatan model Kruskal-Wallis adalah pada saat hanya data meteorologi seperti kecepatan dan arah angin yang diukur di daerah pengamatan, konsentrasi PM10 bisa dihitung, sedangkan kekurangannya adalah data harus cukup lengkap dengan ketersediaan data harian diatas 85%.



**Gambar 6.** Korelasi konsentrasi PM10 hasil perhitungan model dan observasi dari bulan Agustus 1998 sampai September 2000 (kiri), dan bulan November 2000 sampai Juni 2001 (kanan) di Kota Meksiko ( $19^{\circ}25'LU$ ,  $99^{\circ}07'BT$ ). (Sumber: Bravo, dkk., 2006).

## 5. KESIMPULAN

Nilai terbaik dari pendekatan model atau mendekati nilai observasi terjadi tahun 2011, dengan koefisien korelasi sebesar 0,86. Sedangkan untuk tahun 2007 nilai koefisien korelasinya terkecil hanya sebesar 0,27. Perhitungan dengan pendekatan model *Kruskal-Wallis* menghasilkan korelasi yang baik dengan

nilai observasi, jika kelengkapan data harian diatas 85%, karena hasil dari pendekatan model tersebut sangat tergantung dari banyaknya pengukuran pada setiap pengamatan dan besarnya nilai arah dan kecepatan angin.

#### DAFTAR RUJUKAN

- Alexandrova, O.A., Boyer, D.L., Anderson, J.R. and Fernando, H.J.S. The Influence of thermally driven circulation on PM10 concentration in salt lake valley, *Atmos. Environ.*, Vol. 37, pp.421-437. 2003.
- Bravo J.L., Amador M.O., and Villalobos P.R. Influence of some meteorological parameters and forest fires on PM10 concentrations in a southwest zone of Mexico valley, *Int. J. Environmental and Pollution*, Vol. 26, pp.142-155, 2006.
- Burton, R.M., Suh,H.H., and Koutrakis, P. Spatial variation in particulate concentrations within metropolitan Philadelphia, *Environ. Sci. Technol.*, Vol. 30, pp.400-407. 1996.
- Deacon, A.R., Derwent, R.G., Harrison, R.M., Middleton, D.R. and Moorcroft, S. Analysis and interpretation of measurements of suspended particulate matter at urban background sites in the United Kingdom, *Sci. Total Environ.*, Vol. 203, pp.17-36, 1997.
- Kelly, T.J., Mukund, R., Spicer, C.W. and Pollack, A.J. Concentration and transformations of hazardous air pollutants, *Environ. Sci. Technol.*, Vol 28, pp.378A-387A, 1994.
- Man, C.K. and Shih, M.Y. Identification of sources of PM10 aerosols in Hong Kong by wind trajectories analysis, *Aerosol Sci.*, Vo. 32, pp.1213-1223, 2001.
- Prendez, M.M., Agidio, M., Tomas, C., Seco, J., Calvo, A. and Romero, H. Correlation between solar radiation and total suspended particulate matter in Santiago, Chile, *Atmos. Environ.*, Vol. 29, pp.1543-1551, 1995.
- Seika, M., Harrison, R.N. and Metz, N. Ambient background model (ABM) development of an urban Gaussian dispersion model and its application to London, *Atmos. Environ.*, vo. 32, pp.1881-1891, 1998.

- Triantafyllou, A.G. PM10 pollution episodes as a function of synoptic climatology in mountains industrial area, *Environ. Pollut.*, Vol. 112, pp.491-500., 2001.
- Van Houdt, J.L., Alink, G.M. and Boleij, J.S.M. Mutagenicity of airborne particles related to meteorological and air pollution parameters, *Sci.Total.environ.*, Vol. 61, pp.23-26, 1987.
- Wal Van Der and Jenssen, L.H.J.M. How contribute emission of PM10 and meteorology to concentration of fine particles in the Netherlands, *J. Aerosol. Sci.*, Vol. 27, pp. S681-S682. 1996.