

# Korelasi Penyebaran Emisi SO<sub>2</sub> Industri Pengilangan Migas dengan Kualitas Lingkungan Udara di Sekitarnya

## Correlation between Dispersion of SO<sub>2</sub> Emissions from The Oil and Gas Refinery with The Surrounding Air Quality

Agustini<sup>1</sup>, Haryoto Kusnopranto<sup>2</sup> dan Djoko M. Hartono<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Ilmu Lingkungan, Fakultas Pasca Sarjana Universitas Indonesia; <sup>2</sup>Departemen Kesehatan Lingkungan, Fakultas Kesehatan Masyarakat dan Program Studi Ilmu Lingkungan, Fakultas Pasca Sarjana, Universitas Indonesia; <sup>3</sup>Departemen Teknologi Lingkungan, Fakultas Teknik Universitas Indonesia  
E-mail: aini.agustini@yahoo.com

Teregistrasi I tanggal 06 Januari 2014; Diterima setelah perbaikan tanggal 26 Februari 2014  
Disetujui terbit tanggal: 30 April 2014

### ABSTRAK

Keberadaan industri pengilangan minyak bumi berperan penting dalam penyediaan bahan bakar minyak (BBM) nasional. Aktivitas yang berlangsung dalam proses pengolahan minyak bumi menjadi BBM membutuhkan bahan bakar fosil yang pada akhirnya akan mengemisikan pencemar udara ke udara ambien, salah satunya yaitu SO<sub>2</sub>. Saat ini semua kegiatan kilang migas telah melakukan upaya pengelolaan lingkungan guna menjaga keberlangsungan fungsi lingkungan, termasuk lingkungan udara, namun pada kenyataannya masyarakat masih merasakan dampak dari keberadaan polutan di udara ambien. Mengingat konsentrasi SO<sub>2</sub> ambien di suatu tempat tergantung dari penyebaran emisi SO<sub>2</sub> dari sumbernya, maka perlu diketahui korelasi penyebaran emisi SO<sub>2</sub> dari industri pengilangan migas dengan kualitas lingkungan udara di sekitarnya. Tujuan studi ini adalah mengetahui korelasi penyebaran emisi SO<sub>2</sub> dari industri pengilangan migas dengan kualitas lingkungan udara di sekitarnya, khususnya konsentrasi SO<sub>2</sub> udara ambien. Lokasi studi ini adalah wilayah sekitar RU VI Balongan, Kabupaten Indramayu. Metode yang digunakan adalah metode potong lintang (*cross sectional study*). Interpretasi hasil perhitungan korelasi memberikan nilai "r" sebesar satu. Hal ini bermakna adanya korelasi yang sangat kuat. Pernyataan ini konsisten dengan nilai p sebesar 0,021 yang berarti korelasi di antara dua variabel tersebut bermakna dengan arah korelasi positif yang menunjukkan nilainya searah.

**Kata kunci:** korelasi, penyebaran emisi SO<sub>2</sub>, kilang migas.

### ABSTRACT

*The existence of petroleum refining industry plays an important role in the supply of fuel oil nationwide. Activities that take place in the processing of petroleum into fuel require fossil fuels that will eventually emit air pollutants into the ambient air, one of which is SO<sub>2</sub>. Currently all of the activities of oil and gas refineries have been making efforts in order to safeguard environmental management environmental functions, including air environment, but in reality people are still feeling the effects of the presence of pollutants in ambient air. Given the ambient SO<sub>2</sub> concentration at a point depends on the spread of SO<sub>2</sub> emissions from the source, it is necessary to know the correlation spread of SO<sub>2</sub> emissions from oil refining industry with the quality of the air in the surrounding environment. The objective of this study*

was to determine the correlation spread of SO<sub>2</sub> emissions from oil refining industry with the quality of the air in the surrounding environment, particularly the ambient air concentrations of SO<sub>2</sub>. The study area is the area around RU VI Balongan, Indramayu district. The method used is the method of cross-sectional. Interpretation of the results of the correlation calculations gives a value of "r" for one. This means that a very strong correlation. This statement is consistent with the p value of 0.021, which means the correlation between the two variables significantly positive correlation with the direction that shows its value in the same direction.

**Keywords:** correlation, the spread of SO<sub>2</sub> emissions, oil and gas refineries.

## I. PENDAHULUAN

Keberadaan industri pengilangan minyak bumi berperan penting dalam penyediaan bahan bakar minyak (BBM) nasional. Aktivitas yang berlangsung dalam proses pengolahan minyak bumi menjadi BBM membutuhkan bahan bakar fosil yang pada akhirnya akan mengemisikan pencemar udara ke udara ambien. Udara ambien yang mengandung pencemar udara dapat berdampak negatif pada kesehatan manusia yang menghirupnya, misalnya iritasi mata, infeksi saluran pernafasan akut, dan kanker. Dampak ini akan semakin besar mengingat target pemenuhan ketersediaan BBM Nasional yang terus meningkat yang berarti meningkat pula kegiatan pengolahan migas berikut emisinya.

Berdasarkan hasil laporan pemantauan kegiatan industri migas yang dilakukan Kementerian Lingkungan Hidup tahun 2003, menunjukkan bahwa emisi yang dikeluarkan dari kegiatan industri migas melebihi baku mutu hingga empat kali lipat (KLH 2004). Hasil pendataan beban emisi dari beberapa sektor industri tahun 2010, khususnya industri migas dan pembangkit dapat dilihat pada Tabel 1. Tabel 1 memperlihatkan proporsi emisi dari masing-masing kegiatan tersebut. Industri pengilangan memiliki beban emisi lebih besar dibandingkan eksplorasi migas (KLH 2011). Hal ini mengindikasikan kegiatan industri migas berpotensi menyebabkan penurunan kualitas udara ambien.

Industri pengilangan migas sebagai salah satu sumber emisi pencemar udara memiliki kontribusi pada kualitas udara di sekitarnya. Penurunan kualitas lingkungan udara masih dirasakan masyarakat sekitar industri pengilangan migas, meskipun industri pengilangan migas telah melakukan upaya pengelolaan lingkungan udara sesuai dengan dokumen Rencana Pengelolaan Lingkungan Hidup (RKL) dan Rencana Pemantauan Lingkungan Hidup (RPL). Melihat hal tersebut maka perlu diketahuinya korelasi penyebaran emisi SO<sub>2</sub> dari kegiatan industri pengilangan migas dengan kualitas lingkungan udara di sekitarnya, sehingga diperoleh gambaran tentang penyebaran emisi dan pengelolaan lingkungan udara yang tepat.

## II. METODOLOGI

Metodologi yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode potong lintang (*cross sectional study*) yaitu suatu penelitian yang bertujuan untuk mempelajari dinamika hubungan atau korelasi antara variabel bebas dan terikat, dengan cara observasi atau pengumpulan data sekaligus pada suatu saat.

Data yang diperoleh akan diolah dengan menyusun data secara *time series*. Data diolah dengan menggunakan komputer dengan perangkat pengolah data yang sesuai. Program yang digunakan untuk mengolah data statistik adalah program *Statistical Product and Service Solution* (SPSS) versi 16. Hasil

**Tabel 1**  
**Proporsi beberapa kegiatan Energi dan Migas terhadap emisi gas rumah kaca dan pencemar udara**

Bidang Usaha	Emisi tahun 2010 (Ton/Tahun)							
	CH <sub>4</sub> (CO <sub>2</sub> e)	CO <sub>2</sub>	N <sub>2</sub> O (CO <sub>2</sub> e)	Total CO <sub>2</sub> e	NO <sub>x</sub>	SO <sub>x</sub>	VOC	PM
Eksplorasi Migas	24.788,38	571.330,60	573,91	594.562,27	1.901,38	11,05	1.696,09	41,1
Pengilangan	22.283,26	44.315,80	35.753.233,07	6.695.659,365	14.755,55	5.148,76	79.868,53	1.166,09
PLTU		11279,621		11.279.620,74	169.041,99	245.759,95		174.112,93

Sumber : KLH, 2011

pengolahan data disajikan dalam bentuk tabel, grafik dan narasi.

Data meteorologi berupa arah dan kecepatan angin digunakan sebagai input untuk membuat *wind rose*. Program yang digunakan untuk mengolah data angin dalam penelitian ini adalah *WRPlot View* yang *output*-nya menunjukkan kekuatan, arah, dan frekuensi angin selama periode yang diamati. Arah angin yang ditampilkan dalam diagram *wind rose* menjadi petunjuk arah penyebaran konsentrasi polutan di udara ambien.

Analisis bivariat dilakukan dengan menggunakan uji korelasi yang bertujuan untuk menguji kemaknaan hubungan antara penyebaran konsentrasi emisi SO<sub>2</sub> dengan konsentrasi SO<sub>2</sub> di udara ambien. Interpretasi hasil uji korelasi didasarkan pada kekuatan korelasi (*r*), nilai *p*, dan arah korelasi (Dahlan 2004). Interpretasi dari nilai masing-masing parameter dapat dilihat pada Tabel 2.

### III. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### A. Pola Emisi SO<sub>2</sub> dari Kilang

Untuk mengetahui bagaimana pola emisi gas SO<sub>2</sub> di RU VI Balongan dilakukan pengamatan terhadap dua belas sumber emisi sebagaimana tercantum dalam Tabel 3. Hasil tujuh kali pemantauan pada kedua belas titik emisi selama kurun waktu tahun 2006 sampai dengan 2013 dapat dilihat pada Gambar 1, 2, dan 3.

Gambar 1 memperlihatkan semua titik pantau emisi yang bersumber dari proses *heater* dan *boiler*.

Pemantauan 1 adalah pemantauan pada semester I tahun 2006. Pemantauan 2 adalah pemantauan pada semester II tahun 2006. Pemantauan 3 adalah pemantauan pada semester II tahun 2007. Pemantauan 4 adalah pemantauan pada semester I tahun 2009. Pemantauan 5 adalah pemantauan pada semester II tahun 2010. Pemantauan 6 adalah pemantauan pada semester II tahun 2012. Pemantauan 7 adalah pemantauan pada semester I tahun 2013.

Secara umum terlihat konsentrasi emisi tertinggi terjadi pada pemantauan ke-4, yaitu semester I tahun 2009 di sumber emisi UE 9, yaitu *boiler* F sebesar 340 mg/Nm<sup>3</sup>, diikuti UE 3, Unit 12/14 (GO/LCO) sebesar 332 mg/Nm<sup>3</sup>. Konsentrasi emisi semakin menurun pada pemantauan-pemantauan berikutnya.

Gambar 2 memperlihatkan hasil pemantauan emisi SO<sub>2</sub> dari kegiatan *Catalytic Cracking Unit* dan *Sulfur Plant* pada RU VI Balongan dalam kurun waktu tahun 2006 sampai dengan 2013. Konsentrasi tertinggi terjadi pada pemantauan kedua, semester II tahun 2006, yaitu emisi dari sulfur plant sebesar 3452 mg/Nm<sup>3</sup>. Seperti pada *boiler*, setelah tahun 2009, emisi mengalami penurunan dan dipertahankan untuk tidak melebihi baku mutu.

Gambar 3 memperlihatkan emisi SO<sub>2</sub> rerata dari RU VI Balongan selama tahun 2006 sampai dengan 2013. Konsentrasi rerata tertinggi terjadi pada pemantauan kedua, semester II tahun 2006. Konsentrasi emisi sebelum tahun 2009 tampak naik turun dan mengalami penurunan setelah tahun 2009. Secara keseluruhan konsentrasi emisi RU VI memiliki kecenderungan menurun.

**Tabel 2**  
Panduan interpretasi hasil uji hipotesis

No.	Parameter	Nilai	Interpretasi
1.	Kekuatan korelasi ( <i>r</i> )	0,00 – 0,199	tingkat hubungan sangat lemah
		0,20 – 0,399	tingkat hubungan lemah
		0,40 – 0,599	tingkat hubungan sedang
		0,60 – 0,799	tingkat hubungan kuat
		0,80 – 1,000	tingkat hubungan sangat kuat
2.	Nilai <i>p</i>	<i>p</i> < 0,05	Terdapat korelasi yang bermakna antara dua variabel yang diuji
		<i>p</i> > 0,05	Tidak terdapat korelasi yang bermakna antara dua variabel yang diuji
3.	Arah korelasi	+ (positif)	Searah. Semakin besar nilai satu variabel, semakin besar pula nilai variabel lainnya.
		- (negatif)	Berlawanan arah. Semakin besar nilai satu variabel, semakin kecil nilai variabel lainnya.

sumber: Dahlan, 2004

Baku mutu emisi SO<sub>2</sub> untuk kegiatan yang bersumber dari *heater* dan *boiler* menurut PerMenLH No. 13 tahun 2009 tentang Baku Mutu Emisi Sumber Tidak Bergerak Bagi Usaha dan/atau Kegiatan Minyak Dan Gas Bumi adalah sebesar 1200mg/Nm<sup>3</sup>. Terlihat dari keseluruhan titik pantau emisi dari kegiatan *heater* dan *boiler* pada RU VI Balongan mengeluarkan gas SO<sub>2</sub> dengan konsentrasi di bawah baku mutu selama kurun waktu pemantauan dari tahun 2006 sampai dengan 2013.

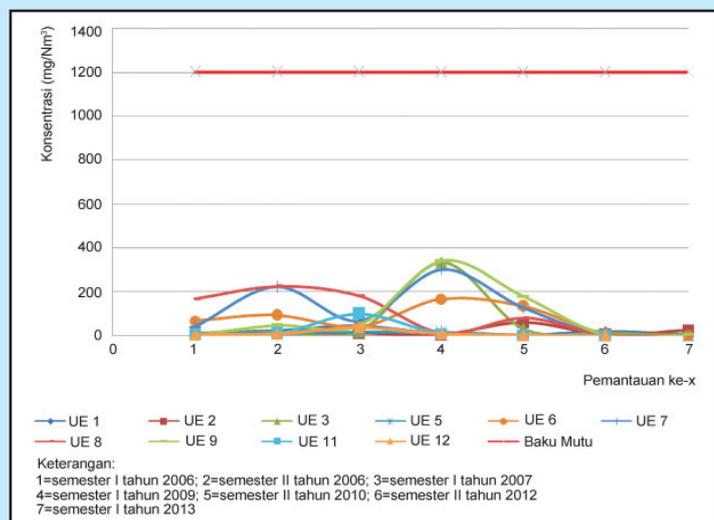
Baku mutu emisi SO<sub>2</sub> dari kegiatan *Catalytic Cracking Unit* dan *Sulfur Plant* menurut PerMenLH No. 13 tahun 2009 adalah sebesar 1500 mg/Nm<sup>3</sup>. Terlihat emisi SO<sub>2</sub> dari unit RCU (UE 4) selama pemantauan tidak melebihi baku mutu yang ditetapkan. Emisi SO<sub>2</sub> dari *sulfur plant* (UE 10) pada awal kurun waktu pemantauan memiliki konsentrasi yang melebihi baku mutu. Seiring waktu pada pemantauan berikutnya tampak ada perbaikan kualitas emisi dari sulfur plant dengan adanya penurunan konsentrasi emisi, namun masih memiliki pola naik turun. Dua pemantauan terakhir, yaitu tahun 2012 dan 2013 memperlihatkan emisi yang cenderung mendekati nilai baku mutu yang ditetapkan.

Gambar 1, 2 dan 3 memperlihatkan pola yang hampir serupa. Konsentrasi emisi sebelum tahun 2009 tampak naik turun bahkan ada yang melebihi baku mutu. Hal ini dinyatakan juga dalam laporan pemantauan kegiatan industri migas yang dilakukan Kementerian Lingkungan Hidup tahun 2003, bahwa emisi yang dikeluarkan dari kegiatan industri migas melebihi baku mutu hingga empat kali lipat (KLH, 2004). Emisi mengalami penurunan setelah tahun 2009, yang mana pada tahun tersebut Undang-undang No. 32 Tahun 2009 tentang Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup dan PerMenLH No. 13 tahun 2009 diterbitkan oleh pemerintah. Hal ini menunjukkan upaya pemerintah dalam menginternalkan komponen lingkungan ke dalam mekanisme pasar melalui pendekatan pengaturan langsung (*command and control regulatory approach*). Pendekatan ini

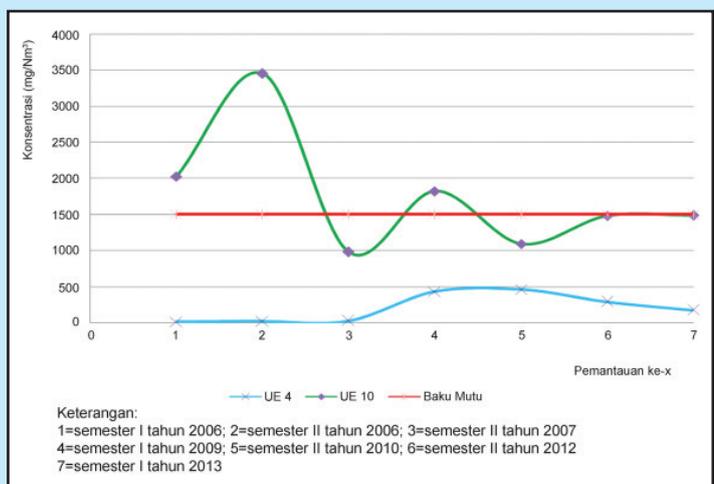
**Tabel 3**  
Lokasi sumber emisi SO<sub>2</sub> RU VI Balongan

No.	Kode	Lokasi	Baku Mutu SO <sub>2</sub> (mg/Nm <sup>3</sup> )
1	UE 1	Unit 11 (DTU)	1200
2	UE 2	Unit 12/13 (AHU)	1200
3	UE 3	Unit 14/21 (GO/LCO)	1200
4	UE 4	Unit 15 (RCU)	1500
5	UE 5	Unit 22 (HTU)	1200
6	UE 6	Boiler A/B	1200
7	UE 7	Boiler C/D	1200
8	UE 8	Boiler E	1200
9	UE 9	Boiler F	1200
10	UE 10	Unit 25 (Sulfur Plant)	1500
11	UE 11	Unit 31 (NHT)	1200
12	UE 12	Unit 32 (Platforming)	1200

Sumber: Pertamina 2010<sup>4</sup>



**Gambar 1**  
Emisi SO<sub>2</sub> dari proses *Heater* dan *Boiler* selama 2006-2013



**Gambar 2**  
Emisi SO<sub>2</sub> dari RCU dan *sulfur plant* selama 2006-2013

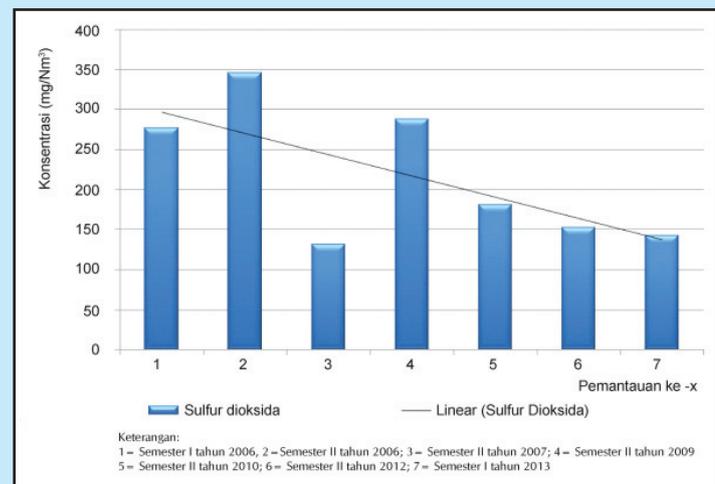
melibatkan sistem baku mutu lingkungan yang dipaksakan melalui peraturan perundang-undangan (Suparmoko & Ratnaningsih 2011). Pada industri pengilangan migas ini, terlihat berfungsi menekan laju emisi yang dikeluarkan industri, sampai di bawah baku mutu yang ditetapkan.

Terlihat secara keseluruhan pada Gambar 3, emisi SO<sub>2</sub> dari RU VI Balongan memiliki kecenderungan turun. Hal ini menunjukkan adanya upaya perbaikan kualitas emisi SO<sub>2</sub> dari pihak pengelola RU VI Balongan. Upaya tersebut salah satunya adalah pengoperasian unit *Amine Treater* dengan kapasitas 18.522 Nm<sup>3</sup>/H yang berfungsi untuk menyerap sulfur di *off gas* (Pertamina 2010).

### B. Penyebaran Emisi

RU VI Balongan merupakan salah satu bentuk sumber emisi tidak bergerak sehingga faktor meteorologi, khususnya arah dan kecepatan angin memiliki peran dalam menyebarkan emisinya. Gambar 4 sampai dengan 10 memperlihatkan sebaran arah angin utama (*downwind*) per tahun mulai dari tahun 2007 sampai dengan 2013. Gambar 11 memperlihatkan sebaran arah angin selama kurun waktu tahun 2007 sampai dengan 2013.

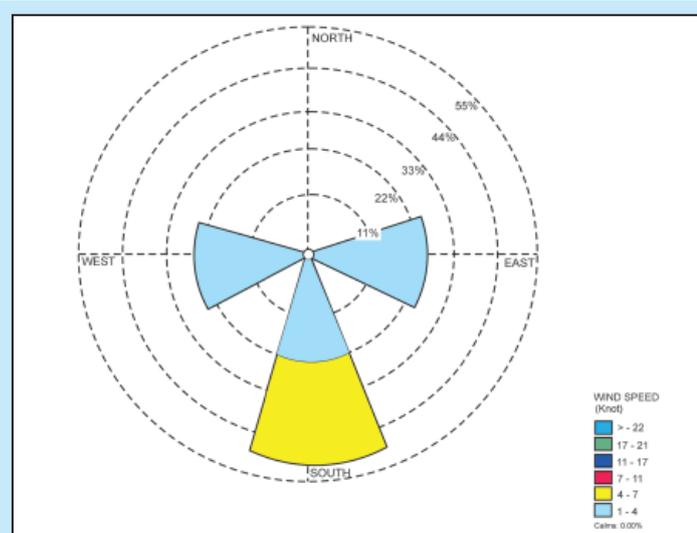
Diagram *windrose* pada Gambar 4-11 menunjukkan distribusi arah angin utama dalam delapan arah mata angin. Arah angin yang ditunjukkan merupakan arah sumber angin bertiup. Arah angin dominan pada tahun 2007 bertiup dari selatan menuju utara, di mana di utara kilang terdapat Desa Balongan. Tahun 2008-2012 distribusi arah angin utama bertiup dari timur ke barat, di mana di barat kilang terdapat Desa Sukaurip. Pada tahun 2013, tepatnya bulan Januari-Oktober 2013 arah angin utama berhembus dari utara ke selatan, di mana di selatan kilang terdapat Desa Majakerta. Selama kurun waktu tahun 2007-2013, arah angin utama berhembus dari timur ke barat (Gambar 11). Arah angin utama yang digambarkan dalam gambar 4-11, menunjukkan ada tiga arah angin dengan tiga desa tujuan yaitu selatan ke utara (Desa Balongan), timur ke



**Gambar 3**  
Emisi SO<sub>2</sub> rata-rata dari RU VI Balongan selama 2006-2013

**Tabel 4**  
Distribusi arah angin utama tahun 2007-2013

Tahun Pengamatan	Lokasi Arah Angin Dominan	
2007	Ds. Balongan	Selatan – Utara
2008	Ds. Sukaurip	Timur – Barat
2009	Ds. Sukaurip	Timur – Barat
2010	Ds. Sukaurip	Timur – Barat
2011	Ds. Sukaurip	Timur – Barat
2012	Ds. Sukaurip	Timur – Barat
2013	Ds. Majakerta	Utara – Selatan



**Gambar 4**  
Arah angin utama tahun 2007  
(Sumber: BMKG, data diolah, 2007)

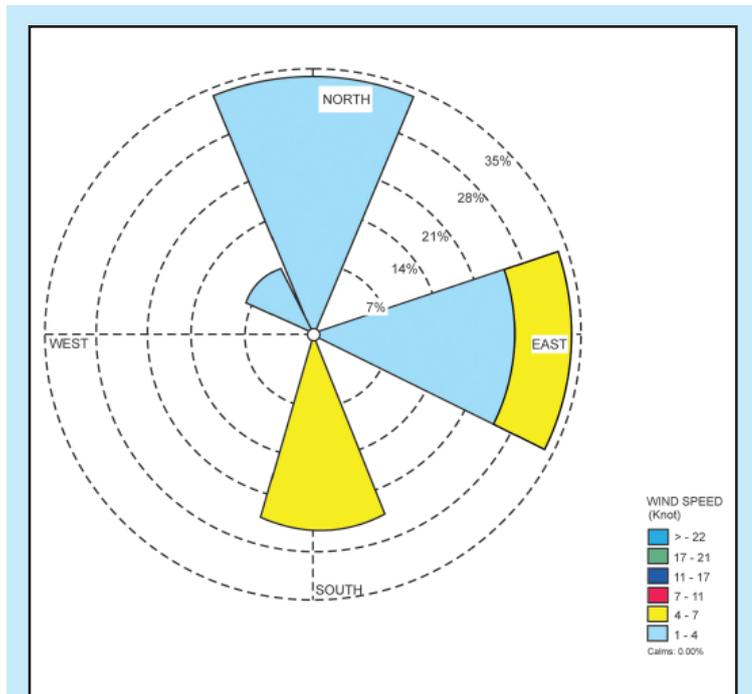
barat (Desa Sukaurip), dan utara ke selatan (Desa Majakerta). Arah angin utama tersebut disajikan dalam Tabel 4.

Tabel 4 dan Gambar 11 memperlihatkan arah angin utama selama kurun waktu tahun 2007 sampai dengan Oktober 2013 bertiup dari timur ke barat. Letak daerah penelitian yang berada di daerah pesisir, di mana berbatasan dengan Laut Jawa di sebelah timur menunjukkan angin utama yang terjadi dipengaruhi oleh angin laut. Pada skala mikro dengan orde jangkauan sampai dengan satuan kilometer atau sering pula disebut skala lokal, faktor meteorologis lokal sangat besar pengaruhnya seperti angin darat dan angin laut di daerah pantai (Soedomo 2001). Arah persebaran  $SO_2$  tergantung arah angin utama pada saat tersebut (Bakar 2006). Arah angin utama yang berasal dari timur menjadikan Desa Sukaurip yang berada di sebelah barat kilang menjadi tujuan utama dari persebaran emisi  $SO_2$  dari kilang.

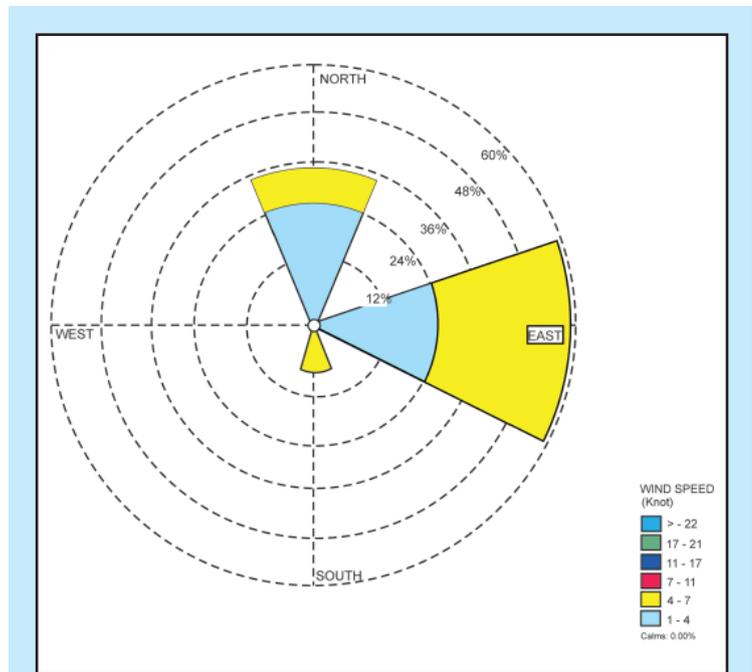
### C. Penyebaran Konsentrasi $SO_2$ Udara Ambien

RU VI Balongan melakukan pemantauan kualitas udara ambien per enam bulan sekali atau per semester. Titik pemantauan kualitas udara ambien terdiri dari tujuh titik yaitu Desa Majakerta, Pantai Majakerta, Desa Sukareja, Desa Sukaurip, Desa Balongan, Tegal Sembrada dan Tapak Proyek. Untuk mengetahui pola konsentrasi  $SO_2$  udara ambien digunakan data pemantauan tahun 2006 sampai dengan 2013, diperoleh delapan data pemantauan sebagaimana disajikan dalam Tabel 5.

Gambar 12 memperlihatkan semua titik pantau udara ambien untuk parameter  $SO_2$ . Pemantauan 1 adalah pemantauan pada semester I tahun 2006. Pemantauan 2 adalah pemantauan pada semester II tahun 2006. Pemantauan 3 adalah pemantauan pada semester I tahun 2007. Pemantauan 4 adalah pemantauan pada semester II tahun 2007. Pemantauan 5 adalah pemantauan pada semester I tahun 2009. Pemantauan 6 adalah pemantauan pada semester II tahun 2010. Pemantauan 7 adalah pemantauan pada



**Gambar 5**  
Arah angin utama tahun 2008  
(Sumber: BMKG, data diolah, 2008)



**Gambar 6**  
Arah angin utama tahun 2009  
(Sumber: BMKG, data diolah, 2009)

semester II tahun 2012. Pemantauan 8 adalah pemantauan pada semester I tahun 2013.

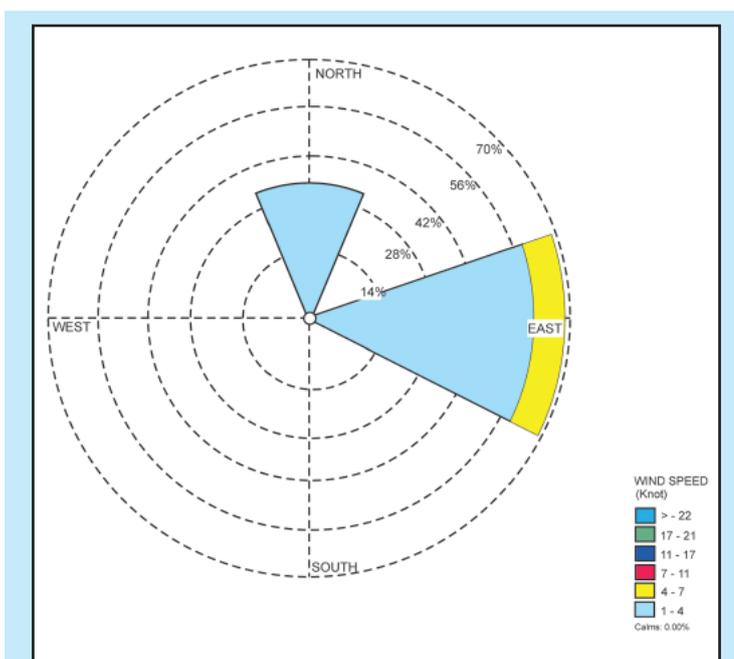
**Tabel 5**  
**Konsentrasi SO<sub>2</sub> udara ambien (µg/m<sup>3</sup>) hasil pemantauan tahun 2006-2013**

Lokasi Pemantauan	2006		2007		2009	2010	2012	2013
	SMT I	SMT II	SMT I	SMT II	SMT I	SMT II	SMT II	SMT I
Desa Majakerta	10.35	13.03	3.00	40.00	70.00	5.00	29.40	30.83
Pantai Majakerta	5.40	14.53	2.00	41.00	69.00	70.10	26.00	48.31
Ds. Sukareja	5.34	9.70	1.00	33.00	58.00	5.00	26.00	28.04
Ds. Sukaurip	-	2.91	2.00	50.00	80.00	5.00	57.40	27.38
Ds. Balongan	6.62	11.94	1.00	34.00	60.00	5.00	26.00	26.00
Ds. Tegal Sembrada	-	5.87	2.00	41.00	72.00	5.00	50.30	26.00
Tapak Proyek	10.86	20.13	4.00	33.00	-	5.00	29.10	31.15

Sumber: Laporan RKL-RPL RU VI Balongan

Hasil pemantauan dalam kurun waktu tahun 2006-semester I tahun 2013 sebagaimana tergambar dalam Gambar 12 menunjukkan konsentrasi SO<sub>2</sub> ambien memiliki kecenderungan naik di semua titik pantau. Nilai konsentrasi tertinggi secara umum, terpantau pada pemantauan 5, yaitu pemantauan pada semester I tahun 2009. Baku mutu udara ambien mengacu pada Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No. 41 Tahun 1999 tentang Pengendalian Pencemaran Udara. Nilai ambang batas untuk parameter SO<sub>2</sub> adalah sebesar 900 µg/m<sup>3</sup> untuk pengukuran selama satu jam atau 365 µg/m<sup>3</sup> untuk pengukuran selama dua puluh empat jam. Gambar 12 memperlihatkan konsentrasi SO<sub>2</sub> di tiap titik pemantauan selama periode pemantauan. Terlihat secara umum konsentrasi SO<sub>2</sub> pada keseluruhan titik pantau memiliki nilai di bawah baku mutu yang berlaku, namun memiliki kecenderungan naik.

Untuk mengetahui korelasi penyebaran emisi SO<sub>2</sub> dengan konsentrasi SO<sub>2</sub> udara ambien, penelitian ini menggunakan data pemantauan di tiga titik dari tujuh titik yang dipantau yaitu Desa Majakerta, Desa Sukaurip, dan Desa Balongan. Pemilihan ketiga lokasi pemantauan ini didasarkan pada distribusi arah angin utama. Lokasi titik pemantauan dengan konsentrasi SO<sub>2</sub> rerata tertinggi dapat dilihat pada Tabel 6.



**Gambar 7**  
**Arah angin utama tahun 2010**  
(Sumber: BMKG, data diolah, 2010)

#### D. Korelasi Penyebaran Emisi SO<sub>2</sub> dengan Konsentrasi SO<sub>2</sub> Udara Ambien

Perhitungan korelasi penyebaran emisi SO<sub>2</sub> dengan konsentrasi SO<sub>2</sub> udara ambien dilakukan untuk menjawab atau menentukan kebenaran hipotesis penelitian yaitu ada korelasi antara penyebaran emisi SO<sub>2</sub> dengan konsentrasi SO<sub>2</sub> di udara ambien. Semakin dominan penyebaran emisi SO<sub>2</sub> ke suatu tempat, maka semakin tinggi konsentrasi SO<sub>2</sub> di udara ambien pada tempat tersebut.

**Tabel 6**  
**Konsentrasi SO<sub>2</sub> udara ambien (µg/m<sup>3</sup>) di lokasi penelitian tahun 2007-2013**

Lokasi	Arah	2007			2009			2010			2012	2013
		Smt		Re-rata	Smt		Re-rata	Smt		Re-rata	Smt II	Smt I
		I	II		I	II		I	II			
Majakerta	S	3	40	21.5	70	107	88.5	0.17	5	2.59	29.4	30.8 <sup>1)</sup>
Sukaurip	B	2	50	26.0 <sup>1)</sup>	80	196	138.0 <sup>1)</sup>	0.29	5	2.65 <sup>1)</sup>	57.4 <sup>1)</sup>	27.4
Balongan	U	1	34	17.5	60	203.8	131.9	0.17	5	2.59	26.0	26.0

Keterangan: <sup>1)</sup> Konsentrasi tertinggi; S=Selatan; B=Barat; U=Utara

Tabel 7 memperlihatkan lokasi titik pemantauan dengan konsentrasi SO<sub>2</sub> rerata tertinggi dan lokasi arah angin utama pada tahun pemantauan. Berdasarkan data ini, dihitung nilai korelasinya dengan menggunakan metode Lambda.

Hasil perhitungan korelasi lokasi arah angin utama dan lokasi titik pemantauan dengan konsentrasi SO<sub>2</sub> rerata tertinggi yang ditunjukkan pada tabel 4.9 memberikan nilai r sebesar 1 (satu). Hal ini bermakna adanya korelasi yang sangat kuat. Pernyataan ini konsisten dengan nilai p sebesar 0,021 yang berarti korelasi di antara dua variabel tersebut bermakna dengan arah korelasi positif yang menunjukkan nilainya searah. Ini berarti, semakin dominan arah angin ke suatu lokasi, semakin tinggi konsentrasi SO<sub>2</sub> udara ambien di lokasi tersebut.

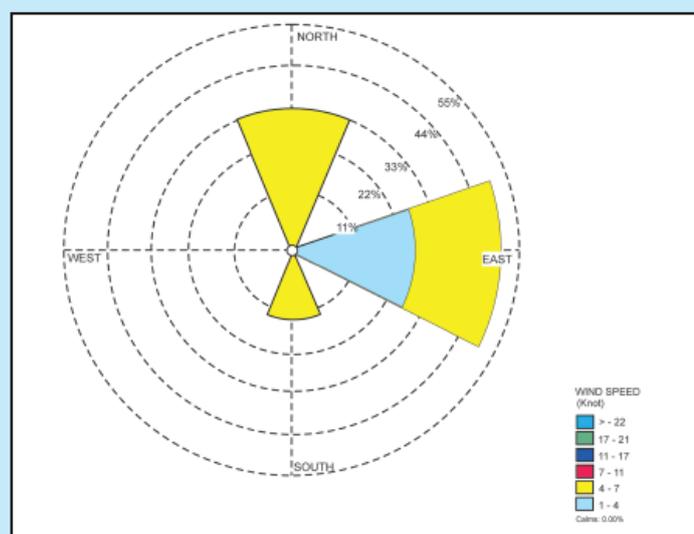
Baku mutu udara ambien mengacu pada Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No. 41 Tahun 1999 tentang Pengendalian Pencemaran Udara. Nilai ambang batas untuk parameter SO<sub>2</sub> adalah sebesar 900 µg/m<sup>3</sup> untuk pengukuran selama satu jam atau 365 µg/m<sup>3</sup> untuk pengukuran selama dua puluh empat jam. Terlihat secara umum konsentrasi SO<sub>2</sub> pada keseluruhan titik pantau memiliki nilai di bawah baku mutu yang berlaku, namun memiliki kecenderungan naik. Berbeda dengan konsentrasi emisi yang memiliki kecenderungan turun. Hal ini dapat dijelaskan dengan adanya siklus biogeokimia yang memungkinkan terjadinya akumulasi dari suatu zat dalam lingkungan. Sebagai nutrisi yang bergerak melalui siklus biogeokimia, emisi SO<sub>2</sub> akan masuk ke udara ambien dan siklus selanjutnya. Ada kemungkinan senyawa ini menumpuk di

**Tabel 7**  
**Lokasi konsentrasi SO<sub>2</sub> rerata tertinggi dan lokasi arah angin utama tahun 2007-2013**

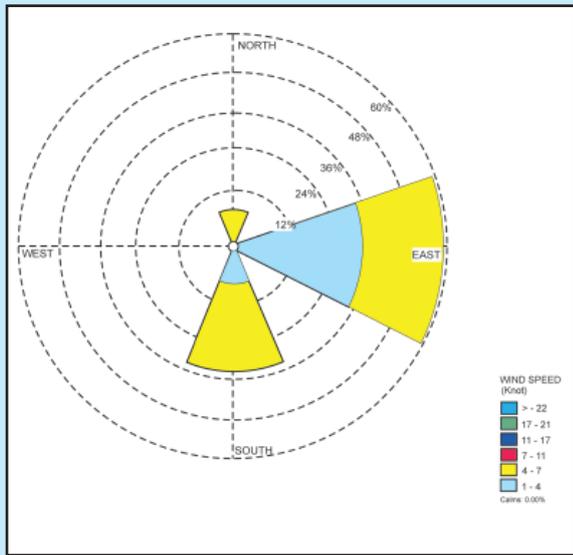
Tahun Pengamatan	Lokasi			
	Arah Angin Utama		SO <sub>2</sub> Udara Ambien Tertinggi	
2007	Ds. Balongan	Utara	Ds. Sukaurip	Barat
2009	Ds. Sukaurip	Barat	Ds. Sukaurip	Barat
2010	Ds. Sukaurip	Barat	Ds. Sukaurip	Barat
2012	Ds. Sukaurip	Barat	Ds. Sukaurip	Barat
2013	Ds. Majakerta	Selatan	Ds. Majakerta	Selatan

**Tabel 8**  
**Hasil perhitungan korelasi lokasi arah angin utama dan konsentrasi SO<sub>2</sub> tertinggi**

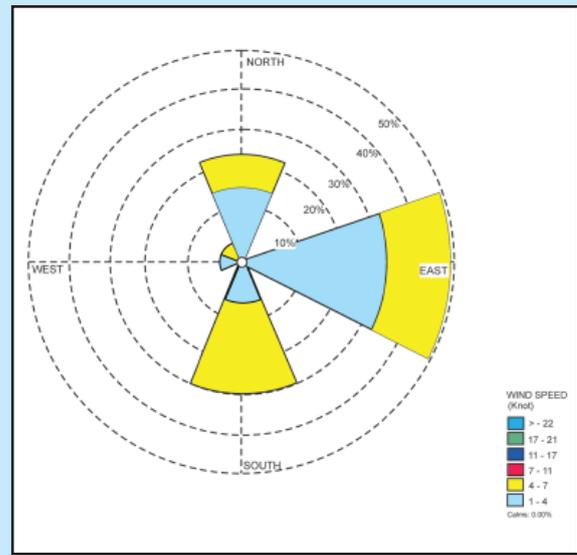
No.	Parameter	Hasil Perhitungan	Batasan Nilai	Interpretasi
1	Kekuatan korelasi (r)	1	0,80 – 1,000	tingkat hubungan sangat kuat
2	Nilai p	0,021	p < 0,05	Terdapat korelasi yang bermakna antara dua variabel yang diuji
3	Arah korelasi	+	+(positif)	Searah. Semakin besar nilai satu variabel, semakin besar pula nilai variabel lainnya.



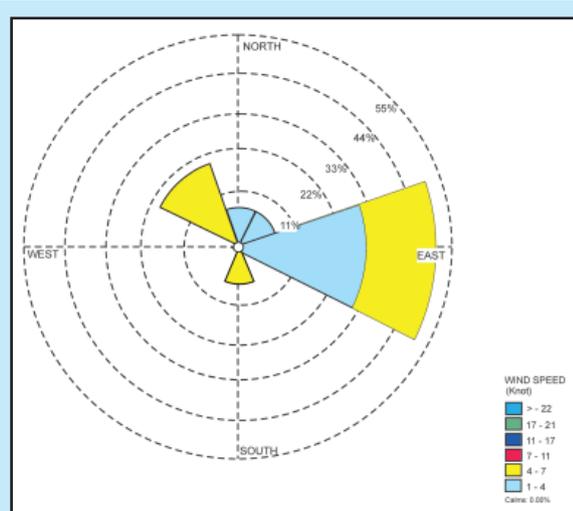
**Gambar 8**  
**Arah angin utama tahun 2011**  
 (Sumber: BMKG, data diolah, 2011)



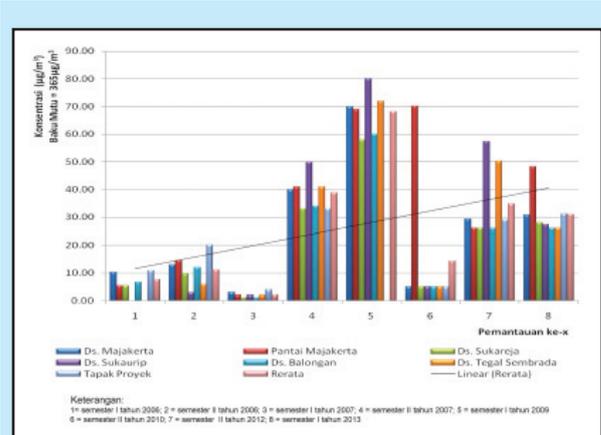
**Gambar 9**  
Arah angin utama tahun 2012  
(Sumber: BMKG, data diolah, 2012)



**Gambar 11**  
Arah angin utama tahun 2007-2013  
(Sumber: BMKG, data diolah, 2007 - 2013)



**Gambar 10**  
Arah angin utama tahun 2013  
(Sumber: BMKG, data diolah, 2013)



**Gambar 12**  
Trend konsentrasi SO<sub>2</sub> udara ambient  
hasil pemantauan tahun 2006-2013

satu bagian dari siklus dan tetap di sana selama periode waktu yang berbeda (Miller & Spoolman 2010). Begitu pula keberadaan faktor meteorologi yang menyebabkan adanya dinamika dispersi dan perpindahan dari zat di dalam udara. Polusi udara yang serius di suatu tempat tidak dapat semata-mata disebabkan oleh meningkatnya emisi tapi kondisi meteorologi harus dipertimbangkan. Parameter meteorologi yang mempengaruhi peningkatan polutan adalah temperatur, kelembaban, dan angin (Ramadan dkk. 2008).

Memperhatikan keberadaan siklus biogeokimia dan dinamika dispersi dan transport suatu zat di lingkungan udara, para pengemisi polutan ke udara perlu melakukan upaya yang bijak guna menghindari dampak yang lebih besar di masa yang akan datang. Meskipun kondisi lingkungan memungkinkan polutan gas untuk ditambah melalui peningkatan volume udara dan akibatnya mungkin efektif dalam menurunkan konsentrasi polutan permukaan tanah, namun hal ini tidak mengurangi jumlah polutan yang dilepaskan. Kondisi lingkungan tidak dapat mempengaruhi kekuatan sumber atau jumlah polutan

yang dipancarkan tetapi hanya dapat mengurangi dampak dari polutan. Sebagai penghasil polutan, industri tidak dapat lagi mendapatkan kembali kontrol dari dispersi, sekali diemisikan, dispersi polutan harus dianggap sebagai upaya terakhir dalam strategi pengurangannya (Wahab 2003).

#### IV. KESIMPULAN

Hasil penelitian menunjukkan ada korelasi antara penyebaran emisi  $SO_2$  dengan konsentrasi  $SO_2$  di udara ambien. Semakin dominan penyebaran emisi  $SO_2$  ke suatu tempat, maka semakin tinggi konsentrasi  $SO_2$  di udara ambien pada tempat tersebut. Hal ini ditunjukkan dengan nilai  $r$  sebesar 1 (satu) dan  $p$  sebesar 0,021 yang bermakna adanya korelasi yang sangat kuat dengan arah korelasi positif. Semakin tinggi konsentrasi  $SO_2$  di udara ambien akan semakin memperburuk kualitas udara, namun mengacu pada Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No. 41 Tahun 1999 tentang Pengendalian Pencemaran Udara, secara umum konsentrasi  $SO_2$  di udara ambien sekitar lokasi penelitian masih dibawah baku mutu.

#### KEPUSTAKAAN

**Bakar**, 2006, *Persebaran kualitas udara pada daerah industri migas*. Skripsi. Departemen Geografi FMIPA. Universitas Indonesia. Jakarta

**Dahlan, M.**, 2004, *Statistika untuk kedokteran dan kesehatan : uji hipotesis dengan menggunakan SPSS program 12 jam*. PT. Arkans. Jakarta

**Kementerian Lingkungan Hidup (KLH)**, 2004, *Laporan akhir penilaian kinerja kegiatan pengolahan dan UPPDN migas*. KLH. Jakarta.

**Kementerian Lingkungan Hidup (KLH)**, 2011, *Status lingkungan hidup Indonesia tahun 2010*. KLH. Jakarta.

**Miller, G.T., & Spoolman, S.E.**, 2010, *Environment science. 13th Edition*. Brooks/Cole Cengage Learning. Belmont. USA.

**Pertamina**, 2010, *Laporan RKL-RPL RU VI Balongan, semester II tahun 2010*. Pertamina RU VI Balongan. Indramayu.

**Ramadan, A.A., Al-Sudairawi, M., Alhajraf, S. & Khan, A.R.**, 2008, *Total  $SO_2$  Emissions from Power Stations and Evaluation of their Impact in Kuwait Using a Gaussian Plume Dispersion Model*. American Journal of Environmental Sciences 4 (1): 1-12.

**Soedomo M.**, 2001, **Pencemaran udara**. Penerbit Institut Teknologi Bandung. Bandung.

**Suparmoko, M., & Ratnaningsih, M.**, 2011, *Ekonomika lingkungan*. BPFE-Yogyakarta. Yogyakarta.

**Wahab, S. A. A.**, 2003,  *$SO_2$  Dispersion and Monthly Evaluation of the Industrial Source Complex Short-Term (ISCST32) Model at Mina Al-Fahal Refinery, Sultanate of Oman*. Environmental Management Vol. 31, No. 2, pp. 276–291. Springer-Verlag New York Inc.