

## ANALISIS RISIKO KONSENTRASI $SO_2$ DAN $PM_{2,5}$ TERHADAP PENURUNAN KAPASITAS FUNGSI PARU PENDUDUK DI SEKITAR KAWASAN INDUSTRI MAKASSAR

### RISK ASSESSMENT OF CONCENTRATION $SO_2$ AND $PM_{2,5}$ TO DECREASED PULMONARY FUNCTION CAPACITY IN MAKASSAR INDUSTRIAL REAL ESTATE

Anwar Daud<sup>1)</sup> dan Blego Sedionoto<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup>Fakultas Kesehatan Masyarakat, Universitas Hasanuddin Makassar

<sup>2)</sup>Fakultas Kesehatan Masyarakat, Universitas Mulawarman Samarinda

Email: <sup>1)</sup>phenvi@gmail.com; <sup>2)</sup>blego\_kesling@yahoo.com

dikirim 10 Agustus 2010, diterima setelah perbaikan 9 November 2010

**Abstrak:** Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui factor risiko Konsentrasi  $SO_2$  dan  $PM_{2,5}$  terhadap penurunan kapasitas fungsi paru penduduk sekitar KIMA. Jenis penelitian ini adalah Observasional dengan menggunakan pendekatan Studi kasus kelola. Sampel dalam penelitian ini adalah sebanyak 15 orang yang bermukim dengan radius 100-250 dan sebanyak 16 orang yang bermukim dengan radius 300-500 m dari PT. KIMA. Data yang diperoleh dalam penelitian ini diolah dengan menggunakan uji Odd Rasio. Hasil penelitian diperoleh bahwa umur merupakan faktor risiko terhadap penurunan kapasitas fungsi paru dengan ( $OR=38$ ), IMT bukan faktor risiko terhadap penurunan kapasitas fungsi paru ( $OR=0,16$ ), lama tinggal faktor risiko terhadap penurunan kapasitas fungsi paru ( $OR=1,37$ ), Rokok merupakan faktor risiko terhadap penurunan kapasitas fungsi paru ( $OR=14,25$ ), konsentrasi  $PM_{2,5}$  dan  $SO_2$  merupakan risiko terhadap penurunan kapasitas fungsi paru ( $OR=5,83$  dan  $OR=1,62$ ). Jadi penurunan fungsi paru pada penduduk yang bermukim dengan radius kurang dari 300 meter dari Kawasan Industri Makassar mempunyai risiko lebih besar dibandingkan dengan yang tinggal lebih dari 300 meter. Kepada masyarakat yang tinggal dengan radius kurang dari 300 meter agar memperbaiki ventilasi rumahnya, dengan memasang filter mat agar udara yang mengandung debu atau partikel yang masuk ke dalam rumah bisa tersaring.

**Kata kunci:** penilaian risiko,  $SO_2$ ,  $PM_{2,5}$ , dan Fungsi Paru.

**Abstract:** The objective of this study was to find out the relationship between  $PM_{2,5}$  and  $SO_2$  concentration to pulmonary function capacity decreased around the KIMA. The study was observational with Case Control Study. Sample of this study is 15 participant with a radius of 100-250 and 16 participant living with a radius 300-500 m from the PT. KIMA. Data obtained in this study were processed using Odd Ratio. The result showed that age, length of living and smoking is risk factors lung function capacity decreased ( $OR=38$ ,  $OR=1,37$ , and  $OR=14,25$ ), Body Mass Index is no risk factor for lung function capacity ( $OR=0,16$ ), the concentration of  $PM_{2,5}$  and  $SO_2$  is risk of lung function capacity decreased ( $OR=5,83$ , and  $OR=1,62$ ) Thus reduction lung function in people who living with a radius of less than 300 meters from the Makassar Industrial Area have a higher risk compared with those living more than 300 meters. To the people who living with a radius of less than 300 meters in order to improve ventilation by installing a mat filter house so that air containing dust or particles that get into the house can be filtered.

**Keywords:** risk assessment,  $SO_2$ ,  $PM_{2,5}$ , and Lung function.

## PENDAHULUAN

$PM_{2,5}$  dengan diameter kurang dari  $2,5 \mu m$  diyakini oleh para pakar lingkungan dan kesehatan masyarakat sebagai pemicu timbulnya infeksi saluran pernapasan,  $PM_{2,5}$  dapat mengendap pada saluran pernapasan daerah alveoli. Paparan akut  $SO_2$  konsentrasi tinggi dapat menyebabkan trakeobronkitis berat yang ditandai dengan edema mukosa membran,

eksudasi masif, ulserasi, perdarahan dan nekrosis; juga dapat menyebabkan bronkitis atau bronkiolitis akut dan alveolitis Pemeriksaan fisik akibat pajanan akut SO<sub>2</sub> yaitu hiperemia mukosa faring, melemahnya suara napas, batuk dan mengi. Gambaran foto toraks sering terlihat normal tapi pada saat serangan akan terlihat hiperinflasi. Pemeriksaan faal paru pada penderita asma kerja karena terpajan gas SO<sub>2</sub> akan menunjukkan penurunan volume ekspirasi paksa pada detik pertama (VEP1) dan ratio VEP1/kapasitas vital paksa (KVP) (Munthe *et al.*, 2003).

Penelitian yang dilakukan di Perumahan Bukit Palm Cilegon Indah dalam pengukuran 24 jam menunjukkan polutan partikel PM<sub>2,5</sub> lebih besar dari 65µg/m<sup>3</sup> (Suhariyono *et al.*, 2004). Penelitian Lagorio *et al.* (2005) di Roma menunjukkan adanya korelasi antara meningkatnya konsentrasi PM<sub>2,5</sub> dengan kelainan/gangguan fungsi paru.

Kementerian Negara Lingkungan Hidup melaporkan bahwa kualitas udara pada parameter SO<sub>2</sub> di 30 kota di Indonesia menunjukkan Kota Makassar termasuk kota yang mengalami kenaikan konsentrasi SO<sub>2</sub> dalam pemeriksaan 3 tahun berturut-turut yaitu 23,10µg/m<sup>3</sup> (2006), 29,52 µg/m<sup>3</sup> (2007), 45,29µg/m<sup>3</sup> (2008), sedangkan hasil pengukuran kualitas udara ambient kota Makassar khususnya di kawasan PT. KIMA untuk parameter SO<sub>2</sub> dan TSP dari data tahun 1999 menunjukkan 30.70 µg/m<sup>3</sup> (pagi) 41.03 µg/m<sup>3</sup>(Sore) untuk parameter SO<sub>2</sub> dan 457.12 µg/m<sup>3</sup> (pagi) 572.71 µg/m<sup>3</sup> (sore) sedangkan tahun 2000 menunjukkan 20.99 µg/m<sup>3</sup> pagi 25.53 µg/m<sup>3</sup> sore 112.24 µg/m<sup>3</sup> malam untuk parameter SO<sub>2</sub> dan 59.61 µg/m<sup>3</sup> 178.84 µg/m<sup>3</sup> 119.23 µg/m<sup>3</sup> untuk parameter TSP (KNLH, 2008), dan belum adanya peneliti temukan data penyukuran khusus parameter PM<sub>2,5</sub> (Anonim, 2008)

Hasil Susenas tahun 2001 melaporkan prevalensi penyakit sistem pernafasan sebesar 12,7 %. Di Kota Makassar angka kematian akibat asthma sekitar 229 kasus dan bronchitis pneumonia sekitar 62 kasus. Data bidang pelayanan kesehatan Kota Makassar tentang 10 pola penyakit terbesar tahun 2007 menunjukkan penyakit saluran pernafasan akut berjumlah 121.623 kasus (18,8 %) menempati urutan ke-2. (Dinkes Kota Makassar, 2008).

Kawasan Industri Makassar (KIMA) merupakan pusat kegiatan industri terbesar di Sulawesi Selatan dengan jumlah perusahaan yang beroperasi aktif 188 perusahaan yang terdiri dari 168 (89,4%) industri yang berpotensi menghasilkan bahan pencemar seperti PM<sub>2,5</sub>, dan SO<sub>2</sub> dengan jangka waktu yang panjang juga akan berdampak pada kesehatan masyarakat setempat terutama penurunan fungsi paru sehingga perlunya penelitian yang mendalam untuk membuktikan hubungan konsentrasi PM<sub>2,5</sub> dan SO<sub>2</sub> dengan penurunan kapasitas fungsi paru penduduk sekitar KIMA.

## **DESAIN DAN VARIABEL PENELITIAN**

### **Lokasi Penelitian**

Lokasi penelitian ini pada pemukiman sekitar Kawasan Industri Makassar dengan radius kurang dari 100-250 dan 300-500 meter.

### **Desain Penelitian dan Variabel Penelitian**

Jenis Penelitian ini adalah penelitian observasional dengan pendekatan studi kasus kelola (*case control study*) yaitu suatu rancangan penelitian yang mempelajari dinamika hubungan antara faktor-faktor risiko dengan efek pada waktu yang lampau. Variabel penelitian ini terdiri dari variabel independen dan variabel dependen, variabel independen meliputi konsentrasi PM<sub>2,5</sub> dan SO<sub>2</sub> serta faktor lainnya (umur, lama tinggal, kebiasaan merokok dan BMI). dan variabel dependennya adalah penurunan kapasitas fungsi paru.

### **Populasi dan Sampel Penelitian**

Populasi dalam penelitian ini adalah seluruh penduduk Kelurahan Daya yang tinggal menetap di sekitar Kawasan Industri Makassar dengan radius antara 100-250 dan 300-500 meter. Sampel Penelitian adalah kepala rumah tangga atau yang mewakili dan bermukin secara menetap di Kawasan Industri Makassar dengan radius 100-250 meter sebanyak 16 orang yaitu berada di RT 02 (RW 02) dan masyarakat yang bermukin dengan radius 300-500 sebanyak 15 orang yang berada di RT 04 (RW 03).

### **Pengumpulan Data**

#### **Pengukuran Konsentrasi PM<sub>2,5</sub> dengan Impaktor Bertingkat**

Pengukuran Konsentrasi Partikel Udara Metode baku pengukuran konsentrasi partikel udara PM<sub>10</sub>/PM<sub>2,5</sub> menggunakan pencuplik udara yang dilengkapi impaktor bertingkat Andersen untuk memisahkan udara berdiameter lebih kecil dari 10 µm dan 2,5µm. Partikel yang lolos dari impaktor akan mengendap pada filter selulosa berdiameter 8,1 cm, beratnya ditimbang menggunakan timbangan elektronik orde µg. Impaktor dihubungkan dengan flowmeter, manometer dan pompa hisap. Pengukuran TSP sama dengan PM<sub>10</sub>/PM<sub>2,5</sub> perbedaannya hanya pada pompa dan jenis filternya. TSP menggunakan pompa air sampler dengan laju alir 35 liter permenit, filter menggunakan fibre glass diameter 47 mm dan waktu sampling 60 menit sedangkan waktu sampling PM<sub>10</sub>/PM<sub>2,5</sub> 180 menit.

#### **Pengukuran Sulfur Dioksida**

Gas sulfur dioksida (SO<sub>2</sub>) diserap dengan menggunakan pompa hisap dengan media penyerap cairan kalium atau natrium tetrakloromercurat (TCM) selanjutnya akan terbentuk senyawa stabil non volatile dikloro sulfit merkurat. Penambahan larutan pararosanilin akan menyebabkan terbentuknya warna merah yang diserap pada panjang gelombang 575 nm menggunakan spektrofotometer.

#### **Pemeriksaan Faal Paru**

Alat yang digunakan adalah spirometer Analyzer SN 42942 Kent ME12AZ ENGLAND.

#### **Analisa Data**

Hasil pengukuran konsentrasi PM<sub>2,5</sub> dan SO<sub>2</sub> serta data hasil wawancara dengan kuesioner akan diolah secara manual (alat tulis menulis) serta menggunakan program computer. Data yang telah dikumpulkan kemudian diklasifikasikan dan dikelompokkan berdasarkan karakteristiknya masing-masing. Data kontinue berupa skala rasio dijadikan data kategorial untuk menyamakan skala data lainnya, yang nantinya dapat diuji dengan tes statistik non parametrik meliputi konsentrasi PM<sub>2,5</sub> dan SO<sub>2</sub>, umur, lama tinggal/pajanan, kebiasaan merokok dan BMI dihubungkan dengan penurunan fungsi kapasitas paru berdasarkan faktor risiko.

## **HASIL DAN PEMBAHASAN**

Hasil pengukuran konsentrasi SO<sub>2</sub> dan PM<sub>2,5</sub> sesuai tabel 1 menunjukkan bahwa lokasi 1 yaitu radius antara 100-250 meter dari kawasan PT. KIMA dengan konsentrasi PM<sub>2,5</sub> melebihi baku mutu udara ambient yaitu 67,71 sedangkan lokasi yang lainnya yaitu lokasi 2 (RW 03) dan lokasi 3 (RW 02) dengan radius antara 300-500 meter dari PT. KIMA masing-masing 26,17 µg/Nm<sup>3</sup> dan 29,67 µg/Nm<sup>3</sup> dibawah baku mutu, sedangkan untuk parameter SO<sub>2</sub> seluruh lokasi pengukuran masih dibawah baku mutu udara ambient.

**Tabel 1.** Hasil pengukuran konsentrasi PM<sub>2,5</sub> dan SO<sub>2</sub> di KIMA 2010.

No	Parameter	Satuan	Baku mutu Ambien	Hasil Pengukuran		
				Lokasi 1	Lokasi 2	Lokasi 3
1	Partikel(PM <sub>2,5</sub> )	µg/m <sup>3</sup>	65	67,71	26,17	29,67
2	Sulfur Oksida (SO <sub>2</sub> )	µg/m <sup>3</sup>	260/jam	30,63	25,31	21,84

(Sumber: data primer, 2010)

Keterangan BM: Baku Mutu Udara Ambien berdasarkan PP RI No.41 tahun 1999.

**Tabel 2.** Hasil analisis risiko antara variabel independen terhadap variabel dependen.

No	Variabel	Sig	OR	95% Confidence Interval	
				Lower	Upper
1	Umur VS Paru	0,000	38,00	4,530	318,784
2	Lama tinggal VS Paru	1,000	1,37	0,254	7,392
3	Rokok VS Paru	0,006	14,25	2,069	98,140
	BMI VS Paru	0,067	0,16	0,023	1,087
5	PM <sub>2,5</sub> VS Paru	0,052	5,83	1,119	30,403
6	SO <sub>2</sub> VS paru	0,070	1,63	0,355	7,434

Tabel 2 menunjukkan bahwa analisis risiko antara variabel independen (umur, lama tinggal, kebiasaan merokok, indeks massa tubuh (BMI), PM<sub>2,5</sub> dan SO<sub>2</sub>) terhadap variabel dependen (penurunan kapasitas fungsi paru) dapat dilihat pada uraian berikut:

#### Hubungan PM<sub>2,5</sub> dengan Penurunan Kapasitas Fungsi Paru

Hasil analisis dengan uji *Odd Ratio* diperoleh nilai OR = 5,83 artinya orang yang tinggal di dekat kawasan industry Makassar dengan radius antara 100-250 meter mempunyai risiko 5,8 kali lebih besar dibandingkan dengan orang yang tinggal dengan radius antara 300-500 lebih dari PT. KIMA Makassar.

Penelitian ini sesuai dengan penelitian Lagorio di Roma yang menyatakan bahwa penurunan indeks fungsi paru-paru (FVC dan/atau FEV1) terkait dengan meningkatnya konsentrasi PM<sub>2,5</sub> (Lagorio *et al.*, 2006). Demikian juga penelitian Christopher H. Goss di Washington tahun 1999 dan 2000 dalam penelitian kohort menyatakan untuk setiap kenaikan PM<sub>2,5</sub> sebesar 10 µg/m<sup>3</sup>, terjadi penurunan FEV1 sebesar 24 ml (Goss *et al.*, 2004).

Sebaliknya Penelitian ini tidak selaras dengan penelitian Hartog dan kawan-kawan pada tahun 2009 di empat kota Eropa (Helsinki, Athena, Amsterdam dan Birmingham) pada 135 pasien dengan asma atau penyakit paru obstruktif kronik (PPOK), yang mencakup periode studi dari > 1 tahun, menunjukkan tidak ada asosiasi yang konsisten antara fungsi paru-paru dengan rata-rata PM<sub>2,5</sub> dan PM<sub>10</sub> dalam pengukuran 24 jam di dalam maupun di luar rumah (Hartog *et al.*, 2009). Demikian juga penelitian Sunyer dan kawan-kawan di Eropa menunjukkan tidak ada hubungan yang signifikan PM<sub>2,5</sub> fungsi paru (Sunyer *et al.*, 2008).

Hal ini juga tidak selaras dengan hasil penelitian Prasetya (2008) tentang hubungan konsentrasi partikel debu dengan kapasitas paru yang bermukim disekitar Pabrik Semen Tonasa Pangkep untuk nilai FEVI dan FVC masing masing dengan nilai *p value* = 0,655 dan *p value* = 0,271 dengan nilai *p value* > 0,05 yang menunjukkan tidak ada hubungan antara konsentrasi debu dengan kapasitas paru penduduk yang bermukim sekitar Pabrik semen Tonasa.

Hasil pengukuran  $PM_{2,5}$  pada tiga lokasi pengamatan terbukti hasil pengukuran pada dua lokasi penelitian masih dibawah baku mutu udara ambiens yaitu pada lokasi 2 (RW 03) dan lokasi 3 (RW 02) masih masing masing  $26,17 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$  dan  $29,67 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$ . Sedangkan lokasi 1 yaitu kawasan PT KIMA dengan konsentrasi  $PM_{2,5}$  melebihi baku mutu udara ambien yaitu  $67,71 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$  hal ini dapat dipengaruhi oleh karekteristik partikulat, Karakteristik Partikel Udara Ambien termasuk diantaranya ukuran, distribusi ukuran, bentuk kepadatan, kelengketan, sifat korosif, reaktivitas dan toksisitas. Salah satu karakteristik yang paling penting dari partikel udara ambien adalah distribusi ukuran partikel udara ambien. Ukuran partikel merupakan parameter terpenting untuk memberi ciri perilaku partikel udara ambien. Semua sifat partikel udara ambien sangat bergantung pada ukuran partikel (Tracey, 2006; Ayres, 2006).

Partikel di atmosfer dalam bentuk suspensi, yang terdiri atas partikel– partikel padat cair. Ukuran partikel dari 100 mikron hingga kurang dari 0,01 mikron. Terdapat hubungan antara ukuran partikel polutan dengan sumbernya. Partikel sebagai pencemar udara mempunyai waktu hidup yaitu pada saat partikel masih melayang-layang sebagai pencemar di duara sebelum jatuh ke bumi. Waktu hidup partikel berkisar antara beberapa detik sampai beberapa bulan. Sedangkan kecepatan pengendapannya tergantung pada ukuran partikel, massa jenis partikel serta arah dan kecepatan angin yang bertiup. (Agus dan Budi, 2006; Fitriani, 2008; Tracey, 2006; Ayres, 2006).

Kondisi konsentrasi  $PM_{2,5}$  pada pemukiman sekitar PT KIMA berbeda dengan pengukuran  $PM_{2,5}$  pada pemukiman di Kecamatan Cilegon sebagaimana penelitian P3KRBINBATAN bekerja sama dengan BAPEDAL Banten melakukan penelitian pengukuran partikel udara di kecamatan Ciwandan (desa Randakari dan desa Cilodan) dan kecamatan Cilegon (Perumahan Bukit Palm Indah), dan dibandingkan dengan baku mutu udara ambien (PP RI No. 41/1999). Hasil pengukuran konsentrasi TSP dan  $PM_{10}/PM_{2,5}$  di desa Cilodan, Randakari dan Bukit Palm lebih besar daripada baku mutu udara ambien yang ditetapkan dalam PP RI No. 41/1999. Berdasarkan standar ISPU (Indeks Standard Pencemar Udara), konsentrasi TSP dan  $PM_{10}/PM_{2,5}$  ini termasuk dalam kategori berbahaya bagi semua populasi yang terpapar (Suhariyono *et al.*, 2004). Hal ini dapat dipengaruhi kondisi iklim maupun besarnya sumber polutan penghasil buangan  $PM_{2,5}$ .  $PM_{2,5}$  melebihi baku mutu udara ambiens yaitu  $67,71$  di kawasan PT KIMA sedangkan lokasi yang lainnya itu lokasi 2 (RW 03) dan lokasi 3 (RW 02) masing-masing  $26,17 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$  dan  $29,67 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$  dibawah baku mutu udara ambiens artinya belum berdampak langsung pada gangguan sistem pernafasan dengan mengacu pada indes ISPU untuk  $PM_{2,5}$  yang mengganggu kesehatan adalah  $> 65 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$  (BAPEDAL, 1999 dalam Agus dan Budi, 2006; Bartra, 2007; Envi. Science, 2006; Ayres, 2006).

### **Hubungan $SO_2$ dengan Penurunan Kapasitas Fungsi Paru**

Dari hasil analisis risiko dengan uji *Odd Ratio* diperoleh nilai  $OR=1,63$ , artinya orang yang tinggal di sekitar PT. KIMA dengan radius antara 100-250 meter 1,63 kali lebih berisiko dibandingkan dengan orang yang tinggal dengan radius antara 300-500 meter lebih. Karena nilai CI lower kurang dari 1 maka yang terjadi sebaliknya. Konsentrasi  $SO_2$  pada kedua lokasi pemukiman masih dibawah baku mutu udara ambiens dan dari analisa uji statistik tidak berhubungan dengan gangguan fungsi paru hal ini sesuai dengan analisa bahwa  $SO_2$  berdampak pada gangguan fungsi paru karena sifat iritannya dan sifat iritan ini dipengaruhi sifat korosif polutan diudara sedangkan sifat korosif dipengaruhi kelembaban udara daerah tersebut sedangkan kelembaban udara daerah penelitian cukup rendah yaitu 43% di RW 02 dan 44% di RW 03 sesuai analisa bahwa kelembaban udara yang relatif rendah ( $< 60\%$ ) di daerah tercemar  $SO_2$  akan mengurangi efek korosif dari bahan kimia tersebut sedangkan pada

kelembaban relative lebih atau sama dengan 80% di daerah tercemar SO<sub>2</sub> akan terjadi peningkatan efek korosif SO<sub>2</sub> tersebut (Holgate, 2007; Prinn, 2005; Ayres, 2006).

### **Hubungan Umur dengan Penurunan Kapasitas Fungsi Paru**

Dari hasil analisis risiko dengan uji *Odd Ratio* diperoleh nilai OR=38, artinya orang yang berumur lebih 55 tahun keatas dan tinggal di Kawasan Industri Makassar dengan radius antara 100-250 meter lebih berisiko 38 kali mengalami penurunan kapasitas fungsi paru dibandingkan dengan orang yang berumur kurang dari 55 tahun dan tinggal di Kawasan Industri Makassar dengan radius 300-500 meter lebih. Hal ini sesuai dengan penelitian Fitriani 2009, menunjukkan hasil uji statistik dengan memakai chi-square test ( $X^2$ ) pada taraf kepercayaan 95% atau  $\alpha=0,05$  diperoleh nilai  $p=0,000$  pada umur responden, 27 tahun menunjukkan ada hubungan antara umur dengan kapasitas paru pekerja PT. Lumpue Indah Kota Pare-Pare. Umur berhubungan dengan proses penuaan atau bertambahnya umur. Semakin tua seseorang maka semakin besar kemungkinan terjadi penurunan fungsi paru (Joko Suyono, (2001): 218). Seiring pertambahan umur kapasitas paru-paru akan menurun, orang yang berumur 30 tahun keatas kapasitas paru-parunya rata-rata 3000 ml sampai 3500 ml sedangkan kapasitas paru-paru orang berusia 50-an kurang dari 3000 ml dan pada usia lebih dari 20 tahun fungsi paru orang normal akan menurun sesuai bertambahnya umur (Setiawan, 2004 dalam Ekawaty, 2008).

Pada orang dewasa jumlah pernafasannya antara 16-18 kali per menit, pada anak-anak sekitar 24 kali per menit sedangkan pada bayi kira-kira 30 kali per menit. Walaupun pada pernapasan pada orang dewasa lebih sedikit daripada anak-anak dan bayi, akan tetapi kapasitas vital paru orang dewasa lebih besar dibandingkan dengan anak-anak dan bayi. Dalam keadaan tertentu keadaan tersebut akan berubah misalnya akibat dari suatu penyakit, pernafasan bisa bertambah cepat dan sebaliknya (Holgate, 2007; Prinn, 2005).

### **Hubungan Lama Tinggal dengan Penurunan Kapasitas Fungsi Paru**

Dari hasil analisis risiko dengan uji *Odd Ratio* diperoleh nilai OR=1,37, artinya orang yang tinggal lebih dari 5 tahun keatas di Kawasan Industri Makassar dengan radius antara 100-250 meter lebih berisiko 1,37 kali mengalami penurunan kapasitas fungsi paru dibandingkan dengan orang yang lama tinggal kurang dari 5 tahun dan tinggal di Kawasan Industri Makassar dengan radius 300-500 meter lebih. Namun karena nilai CI nya dengan batas bawah kurang dari 1 (0,254-7,392) maka dinyatakan tidak berisiko. Hal ini sesuai dengan penelitian Ekawaty, 2008 hasil uji hubungan lama tinggal penduduk sekitar Pabrik Semen Tonasa untuk  $\geq 5$  tahun dengan nilai  $pvalue=0,376$  maka  $pvalue > 0,05$  menunjukkan tidak ada hubungan bermakna lama tinggal dan kapasitas paru penduduk yang bermukim sekitar Pabrik Semen Tonasa. Hal ini tidak sesuai dengan teori bahwa besarnya pajanan suatu polutan dipengaruhi lamanya pajanan polutan tersebut demikian juga semakin besar pajanan juga semakin berpengaruh terhadap gangguan fungsi paru.

Indikator tingginya PM<sub>2,5</sub> pada sumber polutan (lokasi 1) 67,71  $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$  lebih besar dari baku mutu lingkungan dan mendekati 50% tingkat cemaran udara ambien pada pemukiman penduduk, demikian juga pencemaran SO<sub>2</sub> pada pemukiman yang mendekati besarnya cemaran pada titik 1 yaitu 30,63  $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ , menjadi hal yang berbahaya bagi penduduk yang tinggal lama dilokasi pemukiman yang terpapar polutan udara adanya akumulasi polutan yang menjadi *risk agent* dari pajanan terus menerus PM<sub>2,5</sub> maupun SO<sub>2</sub> dapat menjadi faktor risiko bagi kesehatan (Trisnawati, 2007).

### **Hubungan Indeks Massa Tubuh dengan Penurunan Kapasitas Fungsi Paru**

Dari hasil analisis risiko dengan uji *Odd Ratio* diperoleh nilai  $OR=0,16$ , artinya orang yang mempunyai BMI di Kawasan Industri Makassar dengan radius antara 100-250 meter tidak berisiko, bahkan BMI merupakan faktor protektif terhadap penurunan kapasitas fungsi paru dibandingkan dengan orang tinggal di Kawasan Industri Makassar dengan radius 300-500 meter lebih.

Hasil penelitian ini tidak sesuai dengan penelitian Fitriani (2009) menunjukkan hasil uji statistik dengan memakai chi-square test ( $X^2$ ) pada taraf kepercayaan 95% atau  $\alpha =0,05$  diperoleh nilai *p value* =0,021 ada hubungan bermakna antara IMT (kelompok gizi kurang) terhadap gangguan fungsi paru penduduk pemukiman sekitar Pabrik semen Tonasa Pangkep. Demikian juga hasil penelitian Budi utomo, 2005 pada pekerja tambang batu kapur di Banyumas menunjukkan faktor-faktor instrinsik yang terbukti berhubungan dengan penurunan kapasitas paru adalah indeks masa tubuh kurus ( $OR=25,2$ ; 95% $CI=9,1-224,4$ ). Hal ini sesuai dengan pernyataan bahwa status gizi seseorang dapat mempengaruhi kapasitas vital paru. Orang kurus panjang biasanya kapasitasnya lebih dari orang gemuk pendek. Masalah kekurangan dan kelebihan gizi pada orang dewasa (usia 18 tahun keatas) merupakan masalah penting, karena selain mempunyai resiko penyakit-penyakit tertentu, juga dapat mempengaruhi produktivitas kerja. Oleh karena itu, pemantauan keadaan tersebut perlu dilakukan secara berkesinambungan. Salah satu cara adalah dengan mempertahankan berat badan ideal atau normal.

Berat badan yang berada di bawah batas minimum dinyatakan sebagai *under weight* atau kekurusan, dan berat badan yang berada di atas batas maksimum dinyatakan sebagai *over weight* atau kegemukan. Orang-orang yang berada di bawah ukuran berat normal mempunyai resiko terhadap penyakit infeksi, sementara yang berada diatas ukuran normal mempunyai resiko tinggi terhadap penyakit degeneratif (Nyoman Supriasa, 2001 dalam Trisnawati, 2007).

### **Hubungan Riwayat Penyakit Paru dengan Penurunan Kapasitas Fungsi Paru**

Hal ini sesuai dengan penelitian Widodo (2007) berdasarkan hasil uji *fisher* menunjukkan *p value*=0,22 ( $>0,05$ ) menunjukkan tidak ada hubungan antara riwayat penyakit dan kapasitas fungsi paru pekerja/karyawan perusahaan genteng Malindo Sokka Kebumen.

Hasil penelitian ini tidak sejalan dengan teori dari Suma'mur (1996), yang menyatakan bahwa pneumonokiosis yang disebabkan oleh lingkungan kerja yang berdebu dikarenakan tidak menggunakan masker saat bekerja. Hasil ini juga tidak sesuai dengan teori dari Guyton dan Hall (1997) yang menyatakan bahwa keadaan seperti tuberculosis, emfisema, asma, kanker paru dan pleuritis fibrosa semuanya dapat menurunkan kapasitas vital paru (Widodo, 2007).

Hal ini tidak sesuai dengan penelitian Hanida (2007) yang menunjukkan hasil analisis dengan uji *Chi square* diperoleh nilai *p value* lebih kecil dari 0,05 ( $0,012 < 0,05$ ), yang menyatakan bahwa ada hubungan yang bermakna antara riwayat penyakit paru dengan kapasitas vital paru tukang ojek di Alun-alun Ungaran Kabupaten Semarang dan juga teori ilmiah bahwa kapasitas vital paru akan berkurang pada penyakit paru-paru, pada penyakit jantung (yang menimbulkan kongesti paru-paru) dan kelemahan otot paru-paru (Guyton, 1997 dalam Trisnawati, 2007).

## KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian tentang Analisis risiko konsentrasi  $PM_{2,5}$  dan  $SO_2$  terhadap penurunan Kapasitas Fungsi Paru pada Penduduk Sekitar Kawasan Industri Makassar (KIMA) Makassar, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut; Hasil pengukuran konsentrasi  $PM_{2,5}$  pada titik 1 yaitu  $67,71 \mu g/m^3$  dengan radius antara 100-250 meter, sedangkan padaradius antara 300-500 meter atau titik 2 dan titik 3 masing masing  $26,17 \mu g/m^3$  dan  $29,67 \mu g/m^3$  dan parameter  $SO_2$  titik 1 ( $30,63 \mu g/m^3$ ), titik 2 ( $25,63 \mu g/m^3$ ), dan titik 3 ( $21,84 \mu g/m^3$ ). Faktor umur, lama tinggal dan kebiasaan merokok merupakan faktor risiko terjadinya penurunan kapasitas fungsi paru dengan OR berturut-turut (38,00, 1,37 dan 14,25). Konsentrasi  $PM_{2,5}$  dan  $SO_2$ , merupakan faktor risiko terhadap penurunan kapasitas fungsi paru pada penduduk yang tinggal di Kawasan Industri Makassar dengan OR (5,83 dan 1,62), Indeks Massa Tubuh merupakan faktor protektif terhadap penurunan kapasitas paru pada penduduk yang tinggal kurang 300 meter dari Kawasan Industri Makassar dengan OR = 0,16.

## Daftar Pustaka

- Agus dan Budi. Pengukuran Partikel Udara (TSP,  $PM_{10}$ , dan  $PM_{2,5}$ ) di sekitar Calon Lokasi PLTN Semenanjung Lemahabang. Pusat Teknologi Limbah Radioaktif-BATAN, Jakarta, 2006.
- Anonim. "Udara dan Atmosfir." Kementerian Negara lingkungan Hidup 2008 [http:// www MenKLH.go.id/pdf](http://www.MenKLH.go.id/pdf) akses Januari 2010.
- Ayres, Peter M. "Air Pollution And Health." Air Pollution Reviews 3 (2006): 69-84.
- Dinkes Kota Makassar. "Sepuluh Pola Penyakit Terbesar di Kota Makassar." Profil Dinkes Kota Makassar, (2008)
- Budi Utomo. "Faktor-Faktor Risiko Penurunan Kapasitas Paru Pekerja Tambang Batu Kapur." Studi Kasus di Desa Darmakradenan Kecamatan Ajibarang Kabupaten Banyumas, (2005).
- Depkes RI. "Parameter Pencemar Udara Dampaknya Terhadap Kesehatan." [http:// www.depkes.go.id/pdf](http://www.depkes.go.id/pdf) akses September 2009.
- Prasetya, Ekawaty. "Hubungan Konsentrasi Partikel Debu dengan Kapasitas Paru Penduduk yang Bermukim di Sekitar Kawasan PT. Semen Tonasa Pangkep." PPS Unhas. Makassar, (2008)
- Fitriani. "Pengaruh Partikel Debu Terhadap Penurunan Fungsi Paru-Paru pada Pekerja Di Pabrik Kerikil PT. Lumpue Indah Kota Pare-Pare." PPS Unhas, (2009)
- Goss. Effect of Ambient Air Pollution on Pulmonary Exacerbations and Lung Function in Cystic Fibrosis. Washington: Seattle, Department of Medicine; Department of Environmental and Occupational Health Sciences; and Department of Biostatistics, University of Washington, 2004.
- Hartog. Lung Function and Indicators of Exposure to Indoor and Outdoor Particulate Matter Among Asthma and COPD Patients. The Netherlands: Utrecht University, 2009.
- Munthe, Eva. Pengaruh Inhalasi Sulfur Dioksida terhadap Kesehatan Paru. Bagian Pulmonologi dan Kedokteran Respirasi, Fakultas Kedokteran Universitas Indonesia/Rumah Sakit Persahabatan, Cermin Dunia Kedokteran No. 138. Jakarta, 2003.
- Suhariyono. "Perkiraan Deposisi Partikel Udara ( $PM_{10}/PM_{2,5}$  Dan TSP ) pada Saluran Pernafasan Penduduk Cilegon Menggunakan Perangkat Lunak Ludep." (2004)
- Sunyer. "Air Pollution and Lung Function in The European." Community Respiratory Health Survey, International Journal of Epidemiology, Oxford University Press, (2008)
- Surat Keputusan Gubernur Sulawesi Selatan Nomor 14 tahun 2003. Tentang Baku Mutu Udara Ambien. Makassar, 2003.
- Tracey, J. Woodruff. "Fine Particulate Matter ( $PM_{2,5}$ ) Air Pollution and Causes of Postneonatal Infant Mortality in California." Environmental Health Perspectives California US 114 (5) (2006).
- Trisnawati, Hanida. "Faktor-Faktor yang Berhubungan dengan Kapasitas Vital Paru Tukang Ojek Di Alun-Alun Ungaran Kabupaten Semarang." Fakultas Ilmu Keolahragaan Jurusan Kesehatan Masyarakat, Universitas Negeri Semarang, (2007)
- Widodo, Tri Adi. "Faktor – Faktor yang Berhubungan dengan Kapasitas Vital Paru pada Pekerja Pembuatan Genteng." (Studi pada Perusahaan Genteng Malindo Sokka Kebumen), Fakultas Ilmu Keolahragaan Jurusan Ilmu Kesehatan Masyarakat, Universitas Negeri Semarang, (2007)

- Bartra, J. "Air Pollution and Allergens." J Investig Allergol Clin Immunol 17 (2) (2007): 3-8.
- Prinn, Ronald G. "Effects of Air Pollution Control on Climate." Joint Program on the Science and Policy of Global Change 77 Massachusetts Avenue, (2005): 2-19.
- Envi. Science. "Air Quality Review & Assessment Updating and Screening Assessment Incorporating Stage 4. Assessment and Action Plan Progress Report (2006): 45-50.
- Holgate. Air Pollution and Health. 2<sup>nd</sup> eds. San Diego London, New York, Sydney, Boston, Tokyo Toronto: Academic Press, (2007): 327-340.

