

## PERBEDAAN KAPASITAS VITAL PARU KARYAWAN BERDASARKAN KONSENTRASI PARTIKULAT PM DI UNIVER- SITAS DIAN NUSWANTORO SEMARANG

Rizkiawan Adi Nugroho\*), Eni Mahawati\*\*), Eko Hartini \*\*)

\*) Alumni S1 Kesehatan Masyarakat Fakultas Kesehatan Universitas Dian Nuswantoro

\*\*) Prodi S1 Kesehatan Masyarakat Fakultas Kesehatan Universitas Dian Nuswantoro

Email: riz\_nugroho@plasa.com; ema\_rafafi@yahoo.com; eko\_hartini@yahoo.com

### ABSTRACT

*The quality of air particulate  $PM_{2,5}$  in work environment will effect to dust concentration and eventually affect employee's lungs capacity. Based on previous research by AQM in 2011 which sampled in Dian Nuswantoro University of Semarang, the average of  $PM_{2,5}$  concentration in lecturer room of Engineering Faculty was  $23,23 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , Health Faculty  $27,55 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , Computer Faculty  $113,11 \mu\text{g}/\text{m}^3$  and TVKU  $51,42 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . These results indicate how the level of  $PM_{2,5}$  as one of the particulates was able to infiltrate the lungs and disturb the value of lungs vital capacity. This study was aimed to determine the difference of vital capacity of employee's lungs based on particulate concentration  $PM_{2,5}$  in Dian Nuswantoro University Semarang.*

*This is an analytical research with observation method and measurement of lung vital capacity and  $PM_{2,5}$  with cross sectional approach. The samples were 34 UDINUS employees who met the inclusion criteria. The statistical test to determine the difference between independent variables with the dependent variable was the Mann-Whitney Test.*

*Based on the result showed that the frequency of lung vital capacity can be described as follows: Severe Restrictive 11,8%, Moderate Restrictive 35,3%, Mild Restrictive 14,7% dan normal 38,2% while the frequency of  $PM_{2,5}$  particulate concentration were 32,4 % qualified and 67,6% below standard. Mann-Whitney test result showed there's no significant difference in lung vital capacity for the employees who were in the workplace with qualified  $PM_{2,5}$  concentration or not qualified  $PM_{2,5}$  concentration with  $p$  value 0,938.*

*From the research, it was known that there was no difference of vital capacity of employee's lungs based on particulate concentration  $PM_{2,5}$  in the workplace. It was recommended that measuring of  $PM_{2,5}$  concentration and employee's lung vital capacity was done simultaneously. It was advisable to carry out the measurement of  $PM_{2,5}$  concentration in the room at high risk exposure for dust and smoke cigarretes.*

**Keywords** : lung vital capacity, Particulate  $PM_{2,5}$

### ABSTRAK

Kualitas udara partikulat  $PM_{2,5}$  di lingkungan kerja akan berpengaruh terhadap konsentrasi debu dan akhirnya mempengaruhi kapasitas vital paru karyawan. Berdasarkan penelitian sebelumnya oleh AQM pada tahun 2011 dengan sampel di Universitas Dian Nuswantoro Semarang, rata-rata konsentrasi  $PM_{2,5}$  di ruang dosen Fakultas Teknik adalah  $23,23 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , Fakultas Kesehatan  $27,55 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , Fakultas Komputer  $113,11 \mu\text{g}/\text{m}^3$  dan TVKU  $51,42 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Hasil ini menunjukkan bagaimana tingkat  $PM_{2,5}$  sebagai salah satu partikulat mampu menyusup ke paru-paru dan mengganggu nilai kapasitas vital paru-paru. Penelitian ini bertujuan untuk

mengetahui perbedaan kapasitas vital paru-paru karyawan berdasarkan konsentrasi partikulat  $PM_{2,5}$  di Universitas Dian Nuswantoro Semarang.

Penelitian ini merupakan penelitian analitik dengan metode observasi dan pengukuran kapasitas vital paru dengan pendekatan *cross sectional*. Sampel yang digunakan adalah 34 karyawan UDINUS yang memenuhi kriteria inklusi. Uji statistik untuk menentukan perbedaan antara variabel bebas dengan variabel terikat adalah uji Mann-Whitney.

Berdasarkan hasil penelitian menunjukkan bahwa frekuensi kapasitas vital paru-paru responden masing-masing kategori, yaitu Restriksi Berat 11,8 %, 35,3 % Restriksi Sedang, Restriksi Ringan 14,7% dan normal 38,2%. Sedangkan konsentrasi  $PM_{2,5}$  memenuhi standar 32,4% dan tidak memenuhi standar 67,6%. Hasil uji Mann-Whitney menunjukkan bahwa tidak ada perbedaan kapasitas vital paru yang signifikan bagi karyawan yang berada di tempat kerja dengan kualifikasi konsentrasi  $PM_{2,5}$  memenuhi standar dan tidak memenuhi standar nilai  $p = 0.938$ .

Dari hasil penelitian, diketahui bahwa tidak ada perbedaan kapasitas vital paru karyawan berdasarkan konsentrasi  $PM_{2,5}$  di tempat kerja. Dianjurkan agar pemeriksaan konsentrasi  $PM_{2,5}$  dan kapasitas vital paru karyawan dilakukan secara bersamaan. Disarankan untuk melakukan pengukuran konsentrasi  $PM_{2,5}$  pada ruangan yang beresiko tinggi terpapar debu dan asap rokok.

**Kata kunci** : kapasitas vital paru-paru, Particulate  $PM_{2,5}$

## PENDAHULUAN

Udara sebagai salah satu komponen lingkungan merupakan kebutuhan yang paling utama untuk mempertahankan kehidupan. Metabolisme dalam tubuh makhluk hidup tidak mungkin berlangsung tanpa oksigen di udara. Selain oksigen terdapat pula zat-zat lain yang terkandung di udara yaitu karbon monoksida, karbondioksida, formaldehid, jamur, virus dan sebagainya. Zat-zat tersebut jika masih dalam batas-batas tertentu masih dapat dinetralsir, tetapi jika sudah melampaui batas maka proses netralisir akan terganggu. Peningkatan konsentrasi zat-zat tersebut disebabkan oleh aktivitas manusia.<sup>1</sup>

Udara dapat dikelompokkan menjadi udara luar ruangan (*outdoor air*) dan udara dalam ruangan (*indoor air*). Kualitas udara dalam ruangan sangat berpengaruh terhadap kesehatan manusia, karena hampir 90% hidup manusia berada dalam ruangan.<sup>1</sup> Sebanyak 400 sampai 500 juta orang, khususnya di negara yang sedang berkembang sedang berhadapan dengan

masalah polusi udara dalam ruangan.<sup>2</sup> Di Amerika, isu polusi udara dalam ruang ini mencuat ketika EPA pada tahun 1989 mengumumkan studi polusi udara dalam ruangan lebih berat daripada diluar ruangan. Polusi ini bahkan bisa menurunkan produktivitas kerja hingga senilai USD \$10 milyar.<sup>3</sup>

Sumber penyebab polusi udara di dalam ruangan antara lain yang berhubungan dengan bangunan itu sendiri, perlengkapan dalam bangunan, kondisi bangunan, suhu, kelembaban, pertukaran udara dan hal-hal yang berkaitan dengan perilaku orang-orang yang berada di dalam ruangan, misalnya merokok. Lingkungan yang bebas kontaminasi, pada kenyataannya sangat sulit tercapai. Meskipun demikian, pencapaian kualitas udara di dalam ruang secara optimal harus diusahakan agar sesuai dengan persyaratan kesehatan lingkungan. Pemerintah Indonesia telah mengatur persyaratan kualitas udara dalam ruang yaitu dengan Keputusan Menteri Kesehatan RI

No.1077/MENKES/PER/V/2011. Dalam keputusan tersebut dinyatakan bahwa stadrat kadar  $PM_{2,5}$  dalam ruangan sebesar  $35 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .<sup>4</sup>

Debu merupakan partikulat padat yang berukuran antara 1 mikron sampai dengan 100 mikron. Partikulat debu respirable 1- 3 mikron atau  $PM_{2,5}$  dapat terhirup dan mencapai daerah alveoli pada sistem pernapasan manusia, akibatnya gangguan pada organ paru dan pernapasan antara lain batuk, nafas berbunyi / mengi, sesak nafas dan rasa berat didada.<sup>5</sup>

Kualitas partikulat udara  $PM_{2,5}$  di lingkungan kerja berdampak terhadap konsentrasi debu dan akhirnya akan mempengaruhi kapasitas vital paru pekerja. Pada penelitian Anwar Daud dan Blego Sedionoto tentang pengaruh konsentrasi  $PM_{2,5}$  dan  $SO_2$  terhadap penurunan kapasitas fungsi paru tahun 2010 menunjukkan hasil bahwa terjadi penurunan fungsi paru pada penduduk yang tinggal diarea radius kurang dari 300 meter dari Kawasan Industri Makasar.<sup>6</sup>

Menurut penelitian AQM (Air Quality Monitoring) tahun 2011 yang dilakukan terhadap tempat tempat umum di Kota Semarang yang beberapa diantaranya mengambil titik sampling di Universitas Dian Nuswantoro (Gedung D, Gedung C, Gedung B dan TVKU). Menunjukkan kadar  $PM_{2,5}$  di Ruang Dosen Fakultas Teknik  $23,23 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , Fakultas Kesehatan  $27,55 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Kondisi yang parah terjadi pada ruang dosen FIK dimana kadar rata-rata  $PM_{2,5}$  adalah  $113,11 \mu\text{g}/\text{m}^3$  karena banyak dosen dan karyawan yang merokok di dalam ruangan dan di TVKU yang kadarnya  $51,42 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , karena masih banyak aktifitas merokok di dapur TVKU. Nilai ini sudah lebih tinggi dari baku mutu yaitu  $35 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Hasil penelitian ini menunjukkan tingginya kadar  $PM_{2,5}$ , salah satu indikator bahwa udara tercemar partikulat yang sangat kecil yang dapat masuk ke dalam saluran pernapasan bagian dalam.<sup>7</sup>

Berdasarkan hal-hal tersebut diatas, maka perlu dilakukan penelitian lebih lanjut tentang perbedaan kapasitas vital paru karyawan berdasarkan konsentrasi partikulat  $PM_{2,5}$  di kampus Universitas Dian Nuswantoro Semarang.

## METODE

Desain penelitian ini adalah penelitian analitik dengan pendekatan *cross sectional*. Populasi penelitian ini adalah seluruh karyawan UDINUS yang berada di ruang kerja Fasilkom, Fakultas Kesehatan, Fakultas Teknik dan TVKU sebanyak 51 orang. Sampel diambil secara *systematic random sampling* sehingga diperoleh sampel sebanyak 34 orang.

Pengumpulan data dilakukan dengan pengisian kuesioner dan pengukuran kapasitas vital paru menggunakan alat *Spirometri Spirobank G-USB*. Analisis data dilakukan dengan *uji Mann-Whitney* untuk mengetahui perbedaan kapasitas vital paru karyawan berdasarkan konsentrasi partikulat  $PM_{2,5}$  dengan nilai kemaknaan 5 %.

## HASIL

Lokasi Penelitian berada di wilayah kampus Universitas Dian Nuswantoro Semarang tepatnya berada di Fakultas Ilmu Komputer, Fakultas Kesehatan, Fakultas Teknik dan TVKU. Fakultas Ilmu Komputer berada di gedung D, ruangan dosen Fakultas Ilmu Komputer berada di gedung D lantai 1. Disamping ruangan terdapat tempat untuk merokok (*smoking area*) tetapi jarang digunakan, terdapat beberapa karyawan yang sering merokok di dalam ruangan. Fakultas Teknik berada di gedung B, ruangan dosen dan staff berada di lantai 2, dengan luas  $\pm 50\text{m}^2$ . Bangunan dinding terbuat dari tembok dengan kombinasi sekat papan kayu. Dengan ruangan yang tidak begitu luas, tiga buah pendingin ruangan cukup untuk sirkulasi udara di dalamnya. Fakultas Kesehatan

berada di gedung C lantai 5. Dengan desain pondasi beton, atap eternit, lantai keramik, dinding penyekat antar ruangan terbuat dari papan kayu. Kondisi udara di tiap ruangan sangat bersih. TVKU adalah sebuah TV pendidikan Jawa Tengah yang dikelola Universitas Dian Nuswantoro Semarang, berada di gedung E lantai 2. Kondisi udara di tiap ruangan sangat bersih dan tidak lembab karena cukup ventilasi dan pendingin ruangan yang menyebar di hampir setiap sudut ruangan.

Dalam penelitian ini diambil sampel sebanyak 34 karyawan yang berada di Fakultas Ilmu Komputer, Fakultas Teknik, Fakultas Kesehatan, dan TVKU di Universitas Dian Nuswantoro Semarang. Karakteristik

responden yang terpilih sebagai berikut :

1. Umur  
Dari hasil penelitian di peroleh bahwa rata-rata umur responden adalah 34,59 tahun dengan *range* umur antara 22 – 51 tahun.
2. Jenis Kelamin  
Dari hasil penelitian diketahui bahwa sebagian besar responden berjenis kelamin perempuan dengan persentase sebesar 58,8 %
3. Masa Kerja  
Dari hasil penelitian di peroleh bahwa rata-rata masa kerja responden adalah 9,02 tahun dengan *range* masa kerja antara 1 – 22 tahun.
4. Kebiasaan Olahraga  
Dari hasil penelitian di peroleh bahwa

Tabel 1. Karakteristik Responden

No	Karakteristik	f	%
1	Jenis Kelamin		
	a. Laki-laki	14	41,2
	b. Perempuan	20	58,8
2	Jenis Olahraga		
	a. Senam	8	23,5
	b. Lari	3	8,8
	c. Renang	3	8,8
	d. Sepeda	2	5,9
	e. Jalan Santai	17	50
	f. Badminton	1	2,9
3	Lama Olahraga		
	a. < 30 menit	2	5,9
	b. ≥ 30 menit	32	94,1
4	Gangguan Pernafasan		
	a. Tidak sakit	26	76,5
	b. Sakit	8	23,5
5	Kapasitas Vital Paru		
	a. <i>Severe Restrictive</i>	4	11,8
	b. <i>Moderate Restrictive</i>	12	35,3
	c. <i>Mild Restrictive</i>	5	14,7
	d. <i>Normal</i>	13	38,2
6	Paparan Rokok di ruangan		
	a. Tidak	22	64,7
	b. Sering	5	14,7
	c. Kadang-kadang	7	20,6
7	Konsentrasi PM <sub>2,5</sub>		
	a. Memenuhi baku mutu	11	32,5
	b. Tidak memenuhi baku mutu	23	67,6

semua responden atau 100% sering melakukan olahraga dengan waktu antara 15 – 180 menit tiap kali olahraga per minggu. Dari hasil penelitian, responden paling banyak melakukan olahraga jalan santai sebesar 50%, sisanya senam 23,5%, lari dan renang masing-masing 8,8%, bersepeda 5,9% dan badminton 2,9%.

5. Riwayat Penyakit Pernafasan

Dari hasil penelitian diketahui bahwa ada responden yang pernah ataupun masih menderita penyakit pernafasan yaitu sebanyak 23,5 %. Dari 23,5% yang pernah atau masih menderita penyakit pernafasan, yang paling banyak diderita responden adalah influenza sebanyak 14,7%, sisanya 5,8% batuk dan 2,9% menderita asma.

6. Kapasitas Vital Paru

Dari hasil pemeriksaan kapasitas vital paru diketahui sebesar 38,2% responden dalam keadaan normal, tetapi sisanya dalam keadaan *severe restrictive*, *moderate restrictive* dan *mild restrictive*.

7. Paparan Rokok di Ruang

Dari hasil penelitian didapatkan, sebagian besar responden sebesar 64,7% menyatakan tidak ada yang merokok di dalam ruang

8. Partikulat PM<sub>2,5</sub>

Dari hasil penelitian diketahui sebanyak 32,4% responden berada pada ruang dengan kadar PM<sub>2,5</sub> memenuhi baku mutu dan sebesar 67,6% responden berada pada ruang dengan kadar PM<sub>2,5</sub> tidak memenuhi baku mutu.

**Perbedaan Kapasitas Vital Paru berdasarkan Konsentrasi Partikulat PM<sub>2,5</sub>**

Berdasarkan hasil dari uji normalitas menggunakan Kolmogorov-Smirnov Test menyatakan nilai p 0,032 maka data tersebut diatas tidak normal, selanjutnya dilakukan uji beda nonparametrik menggunakan *Uji Mann-*

*Whitney*. Dari hasil analisis bivariat menggunakan *Uji Mann Whitney* diperoleh nilai p = 0,938 (nilai p>0,05) sehingga Ho diterima dan Ha ditolak, yang berarti tidak ada beda kapasitas vital paru yang signifikan antara karyawan yang berada pada ruang dengan konsentrasi PM<sub>2,5</sub> yang memenuhi dan tidak memenuhi baku mutu.

**PEMBAHASAN**

**Gambaran Deskriptif Paparan Partikulat PM<sub>2,5</sub> di Ruang**

Ruang kerja Universitas Dian Nuswantoro yang diteliti adalah Fakultas Ilmu Komputer, Fakultas Teknik, Fakultas Kesehatan dan TVKU dengan kondisi semua ruang menggunakan pendingin udara. Dalam penelitian ini tidak dilakukan pengukuran kadar partikulat PM<sub>2,5</sub> secara langsung tetapi menggunakan data sekunder yaitu penelitian *Air Quality Monitoring (AQM)* tahun 2011. PM<sub>2,5</sub> adalah partikel debu yang memiliki ukuran diameter 2,5 mikrometer atau kurang. Ukurannya yang sangat kecil sehingga tidak bisa terlihat kasat mata membuat partikel ini mudah menyusup ke dalam saluran pernafasan terkecil. Paparan dalam jangka yang lama dapat meningkatkan pengendapan pada saluran pernafasan daerah bronki dan alveoli sehingga menurunkan pertukaran gas. Berdasarkan Peraturan Menteri Kesehatan No. 1077 tahun 2011 tentang nilai ambang batas kualitas udara untuk PM<sub>2,5</sub> sebesar 35 µg/m<sup>3</sup>.

Pada penelitian *Air Quality Monitoring (AQM)* tahun 2011 terdapat 4 lokasi di Universitas Dian Nuswantoro yang diukur kadar PM<sub>2,5</sub> yaitu di Fakultas Ilmu Komputer sebesar 113,11 µg/m<sup>3</sup>, Fakultas Teknik sebesar 23,23 µg/m<sup>3</sup>, Fakultas Kesehatan sebesar 27,55 µg/m<sup>3</sup> dan TVKU sebesar 51,42 µg/m<sup>3</sup>. Terdapat dua lokasi yang melebihi kadar ambang batas PM<sub>2,5</sub> yaitu di Fakultas Ilmu Komputer dan TVKU, sedangkan dua lokasi lainnya masih berada

dibawah nilai ambang batas.

Debu di ruang kerja Fakultas Ilmu Komputer berasal dari asap rokok karena di ruang dosen FIK masih sering terlihat beberapa orang merokok. Meskipun telah disediakan smoking area tetapi masih ada yang merokok sembunyi-sembunyi di area ruang dosen Fakultas Ilmu Komputer.

### Pengukuran Kapasitas Vital Paru

Kapasitas Vital Paru adalah jumlah udara maksimum pada seseorang yang berpindah pada satu tarikan nafas. Penilaiannya dengan menyuruh probandus (karyawan) melakukan inspirasi maksimum, kemudian menghembuskan sebanyak mungkin udara di dalam parunya ke alat pengukur.

Fungsi paru yang utama adalah proses respirasi yaitu pengambilan dari udara luar masuk ke dalam saluran pernafasan dan dilanjutkan ke dalam darah. Oksigen digunakan untuk proses metabolisme dan karbondioksida yang terbentuk pada proses tersebut dikeluarkan dari dalam darah ke udara luar. Proses ventilasi ada 3 tahap yaitu ventilasi, difusi, dan perfusi.<sup>8</sup>

Dari hasil pengukuran kapasitas vital paru ternyata sebagian besar responden (61,8%) memiliki gangguan fungsi paru restriktif. Jika terjadi gangguan pada rongga pleura bisa menyebabkan gangguan pada sistem saraf sehingga akan menekan pusat pernafasan yang bisa menyebabkan penyakit pernafasan seperti batuk, asma, influenza dan peradangan saluran pernafasan.<sup>9</sup>

Kelainan ventilasi yang bisa terjadi adalah restriktif dan obstruktif. Restriktif adalah keterbatasan pengembangan paru yang ditandai dengan berkurangnya volume paru, hal ini dapat disebabkan karena gangguan pengembangan paru dari berbagai kelainan baik di dalam (*intrapulmoner*) gangguan maupun diluar paru (*ekstrapulmoner*). Gangguan didalam seperti gangguan pada pleura dan rongga pleura dapat menghambat

perkembangan paru, oleh karena terjadinya penekanan paru. Penekanan ini di timbulkan oleh adanya timbunan udara, cairan, darah atau nanah dalam rongga pleura. Gangguan diluar seperti gangguan *neurologis* yaitu gangguan pada sistem saraf misal pada pemakaian obat narkotika, adanya trauma kepala akan menekan pusat pernafasan di otak, sehingga proses pernafasan terganggu yang mengakibatkan terganggunya transmisi saraf ke otot pernafasan, yang akan menyebabkan gangguan *inspirasi* dan *ekspirasi*.<sup>8</sup>

Sedangkan obstruktif adalah perlambatan atau penyempitan atau gangguan kecepatan aliran udara yang masuk atau keluar dari dalam paru, hal ini dapat terjadi akibat kelainan pada saluran nafas, seperti asma, bronkitis kronis, sumbatan benda asing, tumor di dalam saluran nafas, tetapi dapat juga terjadi karena kelainan *parenkim* paru berupa kurangnya *elastisitas* paru seperti pada *emfisema*. Pada gangguan ventilasi baik obstruction maupun restriction jumlah udara yang masuk ke dalam paru akan berkurang dari normal. Keadaan fungsi paru ini dinilai atau diukur dengan pemeriksaan spirometri.<sup>8</sup>

### Perbedaan Kapasitas Vital Paru berdasarkan Partikulat PM<sub>2,5</sub>

Hasil analisis dengan *Uji Mann Whitney* menunjukkan p value 0,938, artinya tidak ada perbedaan kapasitas vital paru karyawan Universitas Dian Nuswantoro pada ruangan yang memenuhi dan tidak memenuhi baku mutu PM<sub>2,5</sub>.

Penelitian ini sesuai 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 studi lebih 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

diluar rumah.<sup>10</sup> Hasil pengukuran *Air Quality Monitoring* (AQM) tahun 2011 pada empat lokasi pengamatan terbukti dua lokasi penelitian masih dibawah nilai ambang batas kualitas udara yaitu pada Fakultas Teknik dan Fakultas Kesehatan masing-masing 23,23  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  dan 27,55  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , sedangkan dua lokasi lainnya melebihi ambang batas yaitu Fakultas Ilmu Komputer dan TVKU dengan nilai konsentrasi  $\text{PM}_{2,5}$  masing-masing 113,11  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  dan 51,42  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Pada ruangan dengan konsentrasi  $\text{PM}_{2,5}$  melebihi standar diatas 35  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  seperti di ruang dosen Fakultas Ilmu Komputer sebesar 113,11  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  didapatkan bahwa ruangan tersebut sering dipakai untuk merokok oleh beberapa orang, sehingga mungkin kadar debu berasal dari asap orang yang merokok. Dari hasil pengisian kuesioner didapatkan dalam sekali waktu terdapat paling banyak 10 orang merokok secara bersamaan di ruangan tersebut. Salah satu sumber dari  $\text{PM}_{2,5}$  adalah dari hasil proses pembakaran.

Selain itu, dari hasil observasi ruangan yang telah dilakukan didapatkan hasil di ruang dosen Fasilkom banyak ditemukan debu yang berasal dari tumpukan buku-buku di sudut-sudut lemari dan meja. Meskipun di ruangan ber-AC tetapi lalu lintas orang di ruangan yang ramai, juga ikut menambah intensitas debu di ruangan, karena kemungkinan orang yang keluar masuk ruangan membawa partikel debu dari luar.<sup>5</sup>

Berdasarkan hasil penelitian, 100% responden melakukan kegiatan olahraga rutin setiap minggunya. Kebiasaan responden olahraga dengan minimal 15 menit per minggu ini sangat berpengaruh dalam meningkatkan nilai kapasitas paru. Bila seseorang melakukan olahraga yang teratur sehingga menjadi terlatih maka akan terjadi peningkatan efisiensi pernafasan baik ventilasi, difusi maupun perfusi. Dengan peningkatan efisiensi, maka akan terjadi peningkatan kapasitas dan volume paru.<sup>9</sup>

Berdasarkan hasil pemeriksaan kapasitas vital paru diperoleh hasil bahwa kapasitas vital paru normal lebih banyak ditemukan pada responden pada ruangan dengan konsentrasi  $\text{PM}_{2,5}$  memenuhi baku mutu daripada responden yang berada di ruangan dengan konsentrasi  $\text{PM}_{2,5}$  tidak memenuhi baku mutu. Hal ini menunjukkan kemungkinan paparan dari faktor lain yang mempengaruhi hasil kapasitas vital paru seperti terpapar asap kendaraan bermotor. Kelemahan dalam penelitian ini, hasil pengukuran konsentrasi  $\text{PM}_{2,5}$  yang dilakukan AQM pada tahun 2011 kemungkinan mempunyai perbedaan hasil jika dilakukan pemeriksaan saat penelitian. Pada saat responden mengisi kuesioner tentang frekuensi orang yang merokok di ruangan tidak dapat dipastikan jumlahnya karena tidak ada observasi secara khusus sehingga responden menyatakan keberadaan dan jumlah yang merokok dan tidak merokok di ruangan, dapat menyebabkan bias.

Faktor lain yang mempengaruhi adalah pada saat responden mengisi kuesioner tentang frekuensi orang yang merokok di ruangan. Pada saat peneliti melakukan observasi, di ruangan Fasilkom terdapat beberapa orang yang sedang merokok tetapi responden menyatakan ada yang merokok dan tidak merokok di ruangan, hal ini yang menyebabkan bias pada hasil pengisian kuesioner oleh responden.

Dari hasil pemeriksaan kapasitas vital paru ternyata sebagian besar responden memiliki gangguan fungsi paru restriktif, yang disebabkan karena kualitas udara di sekitar kurang baik, seperti asap rokok dan debu udara kotor di dalam ruangan. Jika terjadi gangguan pada rongga pleura bisa menyebabkan gangguan pada sistem saraf sehingga akan menekan pusat pernafasan di otak yang bisa menyebabkan penyakit pernafasan seperti batuk, asma, influenza dan peradangan saluran pernafasan.

Fungsi paru yang utama adalah proses respirasi yaitu pengambilan dari udara luar masuk ke dalam saluran pernafasan dan dilanjutkan ke dalam darah. Oksigen digunakan untuk proses metabolisme dan karbondioksida yang terbentuk pada proses tersebut dikeluarkan dari dalam darah ke udara luar. Proses ventilasi ada 3 tahap yaitu ventilasi, difusi, dan perfusi.<sup>8</sup>

### SIMPULAN

1. Berdasarkan hasil penelitian dari 34 responden untuk jenis kelamin laki-laki sebesar 41,2% dan perempuan sebesar 58,8%.
2. Berdasarkan hasil penelitian didapatkan rata-rata umur responden antara 22 – 51 tahun dengan masa kerja 1 - 22 tahun.
3. Berdasarkan hasil penelitian semua responden (100%) rutin melakukan kegiatan olahraga minimal 30 menit setiap minggunya.
4. Berdasarkan hasil penelitian didapatkan sebanyak 23,5% responden sedang atau pernah mengalami gangguan pernafasan, sisanya 76,5% dalam kondisi sehat.
5. Dari hasil pemeriksaan didapatkan responden dengan kapasitas vital paru normal sebesar 38,2%, dan sisanya sebesar 61,8 % memiliki kapasitas vital paru restriktif.
6. Dari hasil pemeriksaan responden dengan kapasitas vital paru tidak normal didapatkan 11,8% severe restriktif, 35,3% moderate restriktif dan 14,7% mild restriktif.
7. Berdasarkan hasil penelitian sebanyak 32,4% responden berada di ruangan dengan konsentrasi  $PM_{2,5}$  memenuhi baku mutu, sedangkan sisanya sebanyak 67,6% responden berada pada ruangan dengan konsentrasi  $PM_{2,5}$  tidak memenuhi baku mutu.

8. Berdasarkan hasil uji beda Mann-Whitney menunjukkan bahwa tidak ada perbedaan kapasitas vital paru karyawan antara karyawan yang berada pada ruangan yang memenuhi dan tidak memenuhi konsentrasi  $PM_{2,5}$  dengan p value 0,938

### SARAN

1. Bagi pihak kampus Universitas Dian Nuswantoro Semarang sebaiknya mengadakan pemeriksaan konsentrasi  $PM_{2,5}$  pada ruangan yang beresiko tinggi terhadap debu dan atau asap rokok.
2. Memberikan sanksi kepada orang yang merokok di dalam ruangan kerja.
3. Bagi peneliti lain, yang tertarik melanjutkan penelitian ini sebaiknya pemeriksaan kesehatan karyawan dan pengukuran konsentrasi  $PM_{2,5}$  di ruang kerja dilakukan pada saat bersamaan

### DAFTAR PUSTAKA

1. Susanna, D. *Kesehatan dan Lingkungan*, Penerbit Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Indonesia, Depok. 1998.
2. Yoga Chandra. *Polusi Udara dan Kesehatan*. Arcan. Jakarta. 1992.
3. Environmental Protection Agency. *Indoor Air Facts No.4 (revised) Sick Building Syndrome (SBS)*. Environmental Protection Agency, United States //www.epa.gov/iaq/pubs/sbs.html diakses 20 April 2012
4. Keputusan Menteri Kesehatan RI No.1077/MENKES/PER/V/2011 tentang *Pedoman Penyehatan Udara Dalam Ruang*.
5. Aditama, Tjandra Y, *Polusi Udara dan Kesehatan*, Arcan Jakarta. 2002.
6. Anwar Daud dan Blego Sedionoto. *Analisis Resiko Konsentrasi  $SO_2$  dan  $PM_{2,5}$  terhadap Penurunan Kapasitas Fungsi Paru Penduduk di Sekitar Kawasan Industri Makassar*. 2010

7. Nurjanah. *Pengaruh Kebiasaan Merokok dan Olahraga terhadap Kapasitas Vital Paru (studi pada karyawan Universitas Dian Nuswantoro Semarang)*. 2010.
8. Arthur C.G, John E.H. *Fisiologi kedokteran*. Terjemahan Irawati Setiawan. EGC. Jakarta. 1997
9. Guyton A.E., John E. Hall. *Fisiologi Kedokteran*. Terjemahan Irawati Setiawan. EGC. Jakarta. 1997
10. Hartog, et al, *Lung function and indicators of exposure to indoor and outdoor particulate matter among asthma and COPD patients*, Utrecht University, the Netherland. 2009