

**PENGARUH POLUSI UDARA TERHADAP FUNGSI PARU  
PADA POLISI LALU LINTAS DI SURAKARTA**

**SKRIPSI**

**Untuk Memenuhi Persyaratan Memperoleh  
Gelar Sarjana Kedokteran**



**SETIYAWAN NURBIANTARA**

**G0005178**

**FAKULTAS KEDOKTERAN  
UNIVERSITAS SEBELAS MARET  
SURAKARTA**

**2010**

*commit to user*



*commit to user*

## PERNYATAAN

Dengan ini menyatakan bahwa dalam skripsi ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu Perguruan Tinggi, dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah dan disebutkan dalam daftar pustaka.



Surakarta, Agustus 2010

Setiyawan Nurbiantara

NIM. G005178

**ABSTRAK****Pengaruh Polusi Udara terhadap Fungsi Paru Polisi Lalu Lintas di Surakarta.**

Setiyawan Nurbiantara

**Tujuan:** Kemajuan peradaban telah menggeser perkembangan industri ke arah penggunaan mesin-mesin, dan alat-alat transportasi berat. Pemanfaatan teknologi untuk memenuhi kebutuhan manusia yang semakin kompleks, ternyata menimbulkan berbagai masalah lingkungan. Salah satu masalah yang di timbulkan adalah polusi udara akibat emisi gas buang kendaraan bermotor. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh polusi udara terhadap fungsi paru polisi lalu lintas di Surakarta.

**Metode Penelitian :** Penelitian ini merupakan penelitian observasional analitik dengan pendekatan *cross sectional*. Sampel penelitian ini adalah polisi Lalu Lintas yang bekerja di satuan Lalu Lintas Kepolisian Kota besar Surakarta sebanyak 41 orang dengan rincian sebanyak 25 bekerja di lapangan dan 16 bekerja di dalam kantor. Polisi lalu lintas tersebut diperiksa dengan autspirometer untuk mengetahui fungsi parunya . Pemeriksaan Spirometri dilakukan di kantor Satuan Lalu Lintas dan di Pos-pos Polisi lalu Lintas yang tersebar sepanjang jalan Slamet Riyadi Solo. Fungsi paru diukur dengan alat spirometer dengan acuan adalah % FVC untuk mengetahui apakah fungsi paru normal atau tidak. Pengukuran polusi Udara dilakukan di 2 titik yaitu di bundaran Gladak jalan Slamet Riyadi dan Persimpangan Rumah Sakit Panti Waluyo. Pengukuran Polusi udara dilakukan antara jam 10.00 WIB sampai dengan Pukul 14.00 WIB. Pengukuran dilakukan dengan menggunakan alat dari Laboratorium Pusat MIPA UNS dan parameter yang diukur adalah  $\text{NO}_2$ ,  $\text{SO}_2$ ,  $\text{NH}_3$ , TSP,  $\text{O}_3$ ,  $\text{H}_2\text{S}$  dan Pb.

**Hasil Penelitian:** Hasil pengukuran autspirometer menunjukkan dari 41 orang 23 orang memiliki %FVC < 80 % dan 18 orang memiliki %FVC  $\geq$  80. Dari 23 orang tersebut 18 orang adalah polisi lalu lintas yang bekerja di lapangan dan 5 orang bekerja di kantor. Sedangkan dari 18 orang yang memiliki nilai %FVC  $\geq$  80 % 7 orang bekerja di lapangan dan 11 orang bekerja di kantor. Dari hasil perhitungan didapatkan bahwa dengan Interval kepercayaan 95% didapatkan *odds ratio* 5,65 dan confidence interval antara 1,43-22,28 dan dengan Uji  $\chi^2$  didapatkan  $p$  value =  $0,01 < \alpha = 0,05$  dimana pengaruh polusi udara terhadap fungsi paru polisi adalah signifikan.

**Simpulan:** Simpulan penelitian ini adalah ada pengaruh polusi udara terhadap fungsi paru polisi lalu lintas di Surakarta.

---

**Kata kunci:** Polusi udara, Fungsi Paru, %FVC, Polisi Lalu Lintas

## ABSTRACT

### **Air Pollution Effects to the Traffic Police Lung Function at Surakarta**

Setiyawan Nurbiantara

**Objectives :** Progress of civilization have shifted growth of industry up at usage machinery vehicles and heavy transportation appliances. Exploiting of technology to fulfill requirement of the human is complex progressively, actually generate various environmental problem. One of the problem in generating is air pollution effect of gas emission throw away the motor vehicle. The aim of this research is to find out if there any effect of air pollution to traffic policemen in Surakarta

**Method :** This was observational analytic research with cross sectional approach. Sample of this research is laboring traffic police in Satuan Lalu Lintas Kepolisian Kota big Surakarta counted 41 people with detail counted 25 working in field and 16 working in the office. Their lung function measured by auto spirometer from Pramita Laboratory and HIPERKES. Examination of Spirometry done in office of traffic police unit and in police post spread over traffic through the street of Slamet Riyadi Solo. Lung Function measured by spirometer and for reference is % FVC to know Lung Function. The air Pollution measured in 2 point that is in Gladak Circle at street Slamet Riyadi and crossroads of Panti Waluyo Hospital. Measurement of air pollution done around 10.00 am up to 14.00 pm. Air pollution parameter : NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, NH<sub>3</sub>, TSP, O<sub>3</sub>, H<sub>2</sub>S dan Pb were measured by MIPA central Laboratory.

**Results :** Auto spirometer Measurement result showed from 41 people of 23 people have % FVC < 80 % and 18 people have % FVC ≥ 80%. From the 23 people 18 people are laboring traffic police in field and 5 people work in office. In another way from 18 the people have the value % FVC ≥ 80 % 7 people work in field and 11 people work in office. The statistical calculation result got that with Interval trust of 95% got odds ratio 5,65 and confidence interval between 1,43-22,28 and with Uji X<sup>2</sup> got P value = 0,01 < α = 0,05 where that means there is significance the influence of air pollution to lung function of traffic police in Surakarta.

**Conclusion :** According to this research, we concluded that there is influence of Air pollution to the lung function of traffic police in Surakarta.

---

**Key Word :** Air Pollution, Lung Function, %FVC, Traffic Police

## PRAKATA

Segala puji bagi Allah, yang tidak ada sesembahan yang berhak diibadahi selain Allah, dengan rahmat dan pertolongan-Nya, penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “**Pengaruh Polusi Udara terhadap Fungsi Paru pada Petugas Polisi Lalu Lintas di Surakarta**”. Shalawat dan salam semoga tercurah kepada Rasulullah SAW dan orang-orang yang senantiasa mengikuti sunnahnya.

Dalam penyusunan skripsi ini, penulis banyak menemui kendala dan hambatan, namun berkat bimbingan, arahan dan bantuan berbagai pihak, penulis dapat menyelesaikannya. Untuk itu perkenankanlah dengan setulus hati penulis menyampaikan rasa terima kasih kepada:

1. Prof. Dr. H. AA Subiyanto, dr., MS, Selaku Dekan Fakultas Kedokteran Universitas Sebelas Maret Surakarta.
2. Kapoltabes Surakarta dan Satuan Lalu Lintas Poltabes Surakarta beserta jajarannya yang telah memberikan kesempatan kepada kami untuk melakukan penelitian sehingga dapat berjalan dengan lancar tanpa suatu kendala apapun.
3. Muthmainah, dr., MKes, Selaku Ketua Tim Skripsi Universitas Sebelas Maret Surakarta dan staf mbak Eny dan Mas Nardi yang dengan sabar membantu kami hingga tersusun skripsi ini.
4. Isna Qadrijati ,dr., MKes., selaku pembimbing Utama yang penuh dengan kesabaran telah membimbing kami dari awal sampai terusnya skripsi ini dengan baik.
5. Sri Wahjono dr., MKes., selaku pembimbing pendamping yang dengan sabar membimbing kami hingga skripsi tersusun dengan baik.
6. DR. Hartono, dr., MSi., sebagai penguji dalam ujian ini yang telah memeberikan pengarahan sehingga skripsi yang kami susun menjadi lebih baik.
7. DR. Kijatno, dr., M.Or.,PFK,AIFO sebagai penguji pendamping yang telah menguji kami dengan penuh kesabaran dari awal hingga akhir.
8. Terima kasih untuk Ibu, Mas Gandung dan keluarga, Mbak Kanah,Mbak Wied, Mbak Je, Dik Gung atas doa, semangat sehingga skripsi ini bisa terselesaikan dengan baik tanpa suatu halangan apapun
9. Terima kasih teruntuk Arinda tercinta dan keluarga yang telah membantu sehingga skripsi ini dapat disusun dengan lancar.
10. Kami ucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya untuk anak-anak Kos Orange (Ole, David, Fadly, Indra, Ocha ), Dika, Pak Karno dan anak kost Nurul Fikri dan semua pihak yang telah memberikan semangat,dan berbagai bantuan sehingga skripsi ini dapat tersusun dengan baik.

Penulis berharap semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi yang berkepentingan khususnya dan bagi pembaca umumnya. Penulis menyadari bahwa masih banyak kekurangan, karenanya kritik dan saran sangat diharapkan.

Surakarta, Agustus 2010

Setiyawan Nurbiantara

*commit to user*

## DAFTAR ISI

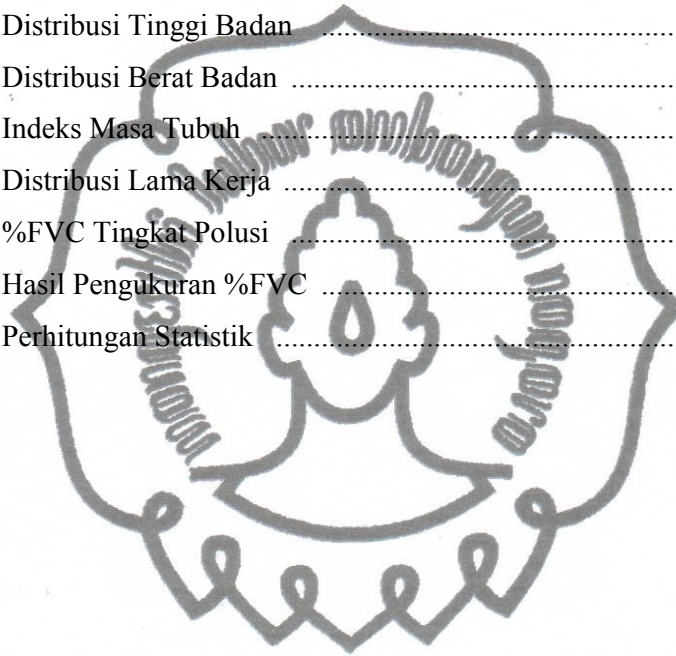
PRAKATA .....	vi
DAFTAR ISI .....	vii
DAFTAR TABEL .....	ix
DAFTAR GAMBAR .....	x
DAFTAR LAMPIRAN .....	xi
<b>BAB I PENDAHULUAN</b>	
A. Latar Belakang Masalah .....	1
B. Rumusan Masalah .....	2
C. Tujuan Penelitian .....	2
D. Manfaat Penelitian .....	3
<b>BAB II LANDASAN TEORI</b>	
A. Tinjauan Pustaka .....	4
1. Polusi Udara .....	4
a. Definisi .....	4
b. Sumber Polusi Udara .....	4
c. Polutan Udara Spesifik yang Berpengaruh terhadap Kesehatan .....	7
d. Tingkat Konsentrasi Polusi Udara .....	10
e. Dampak Polusi Udara terhadap Kesehatan .....	13
2. Fungsi Paru .....	14
a. Anatomi dan Fisiologi Pernapasan .....	14
b. Volume dan Kapasitas Paru .....	19
c. Faktor yang Mempengaruhi Kapasitas Paru .....	21
d. Pengukuran Fungsi Paru .....	24
e. Mekanisme Polusi Mempengaruhi Fungsi Paru .....	29
B. Kerangka Pemikiran .....	32
C. Hipotesis .....	33

BAB III	METODE PENELITIAN	
A.	Jenis Penelitian	34
B.	Lokasi dan Waktu Penelitian	34
C.	Subjek Penelitian	34
D.	Populasi dan Sampel	35
E.	Teknik Sampling	36
F.	Rancangan Penelitian	37
G.	Alat dan Bahan Penelitian	39
H.	Teknik Analisis Data	41
BAB IV	HASIL PENELITIAN	
A.	Tingkat Polusi Udara	48
B.	Karakteristik Responden	50
C.	Hasil Pengukuran Fungsi Paru	46
D.	Perhitungan Pengaruh Polusi Udara terhadap Fungsi Paru	47
BAB V	PEMBAHASAN	
A.	Tingkat Polusi Udara	48
B.	Karakteristik Responden	50
C.	Hubungan Polusi Udara dan Fungsi Paru	52
BAB VI	SIMPULAN DAN SARAN	
A.	Simpulan	58
B.	Saran	58
DAFTAR PUSTAKA		60



## DAFTAR TABEL

Tabel 1. Standar Baku Pencemar Udara .....	10
Tabel 2. Indeks Standar Pencemar Udara .....	12
Tabel 3. Hasil Pengukuran Polutan .....	42
Tabel 4. Distribusi dan Frekuensi Umur .....	43
Tabel 5. Distribusi Tinggi Badan .....	44
Tabel 6. Distribusi Berat Badan .....	44
Tabel 7. Indeks Masa Tubuh .....	45
Tabel 8. Distribusi Lama Kerja .....	45
Tabel 9. %FVC Tingkat Polusi .....	46
Tabel 10. Hasil Pengukuran %FVC .....	47
Tabel 11. Perhitungan Statistik .....	47



DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Kerangka Pemikiran ..... 32  
Gambar 2. Rancangan Penelitian ..... 37



## DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran 1. Hasil Pengukuran Responden Fungsi Paru di Kepolisiann Kota Besar Surakarta
- Lampiran 2. Ethical Clearance dan Informed Consent
- Lampiran 3. Tabel Sebaran Frekuensi %FVC, Umur, Berat Badan, Tinggi Badan
- Lampiran 4. Hasil Uji Chi Square SPSS
- Lampiran 5. Laporan Pengujian Polusi Udara
- Lampiran 6. Contoh Hasil Pemeriksaan Autosprometry
- Lampiran 7. Surat Ijin Peminjaman Alat
- Lampiran 8. Surat Ijin Penelitian dan pengambilan Sampel
- Lampiran 9. Surat Keterangan Pelaksanaan Penelitian
- Lampiran 10. Gambar-gambar Penelitian

## **BAB I**

### **PENDAHULUAN**

#### **A. LATAR BELAKANG MASALAH**

Kemajuan peradaban telah menggeser perkembangan industri ke arah penggunaan mesin-mesin dan alat-alat transportasi berat (Arifiani, 2004). Alat-alat transportasi bermesin baik udara, laut, maupun darat digunakan untuk membantu mobilitas manusia dalam melaksanakan tugasnya pemanfaatan teknologi untuk memenuhi kebutuhan manusia yang semakin kompleks, ternyata menimbulkan berbagai masalah lingkungan. Di kota-kota besar pencemaran udara lebih banyak disebabkan pembuangan limbah industri dan limbah kendaraan bermotor. Kedua faktor tersebut adalah faktor utama pencemaran udara di kota-kota besar (Yusad, 2003).

Salah satu masalah yang di timbulkan adalah polusi udara akibat emisi gas buang kendaraan bermotor. Kendaraan bermotor memiliki pengaruh terbesar atas memburuknya polusi udara yang terjadi. Polusi semacam ini biasanya mempengaruhi kualitas udara di luar ruangan secara umum. Baik kendaraan yang modern maupun kendaraan yang tidak layak pakai. Senyawa pencemar yang berbahaya berupa emisi gas buang kendaraan bermotor antara lain gas Karbon monoksida (CO), berbagai senyawa hidrokarbon, berbagai oksida nitrogen (NOx) dan sulfur (SOx), dan partikulat debu termasuk timbel

(Pb). Serta banyak gas lain selain yang berasal dari asap kendaraan juga berbahaya bagi kesehatan manusia (Republika Online,2009).

Polusi udara selain terjadi di luar ruangan juga dapat terjadi di dalam ruangan tertutup. Bahkan, studi *United State Environmental Protection Agency* (US EPA) tentang peluang manusia terpapar polusi mengindikasikan bahwa derajat polusi dalam ruang bisa dua sampai lima kali lebih tinggi dibandingkan dengan polusi luar ruang. Lembaga EPA tersebut juga menempatkan polusi udara dalam ruang sebagai satu dari lima besar polusi yang berisiko mengancam kesehatan masyarakat modern. Polusi di dalam ruang in dapat terjadi dimana saja baik itu di rumah, hotel, kantor bahkan sekolah. Banyak sekali bahan-bahan berbahaya di dalam ruang yang mudah terhirup. Di dalam ruang yang tertutup bisa terjadi akumulasi berbagai rdikal bebas yang sangat berbahaya bagi manusia (USEPA,2009).

Masalah polusi merupakan masalah yang berbahaya bagi kehidupan manusia baik yang berkatifitas di dalam maupun di luar ruang. Polusi udara telah memerikan implikasi negatif terhadap kesehatan manusia secara luas. Polusi udara telah memicu berbagai penyakit seperti infeksi saluran pernafasan, kanker maupun jantung (Yusad,2003). Bagi polisi yang bekerja di tempat dengan polusi yang tinggi tentunya hal ini sangat berbahaya. Polisi menjadi sangat rentan terhadap bahaya kesehatan yang ditimbulkan oleh adanya polusi udara. Oleh karena itulah maka perlu adanya perlindungan bagi polisi agar mereka bisa terhindar dari akibat yang ditimbulkan oleh polusi (Kapanlagi,2008).

## **B. RUMUSAN MASALAH**

Apakah ada pengaruh polusi udara terhadap fungsi paru petugas polisi lalu lintas di Surakarta?

## **C. TUJUAN PENELITIAN**

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui apakah ada pengaruh polusi udara terhadap fungsi paru petugas polisi lalu lintas di Surakarta.

## **D. MANFAAT PENELITIAN**

### 1. Manfaat Teoritis

Penelitian ini diharapkan dapat menambah wawasan keilmuan tentang dampak kesehatan akibat polusi udara yang ada di dalam ruang terbuka dan ruang tertutup, sehingga dapat memberikan pengetahuan dan menambah wawasan ilmu pengetahuan.

### 2. Manfaat Praktis

a. Penelitian ini diharapkan memberikan gambaran dampak polusi udara terhadap kesehatan khususnya fungsi paru, sehingga menjadi informasi bagi masyarakat dan pemerintah dan Kepolisian Republik Indonesia khususnya.

b. Penelitian ini diharapkan dapat menambah wawasan mengenai dampak lingkungan akibat Polusi udara terhadap lingkungan dan kesehatan manusia.

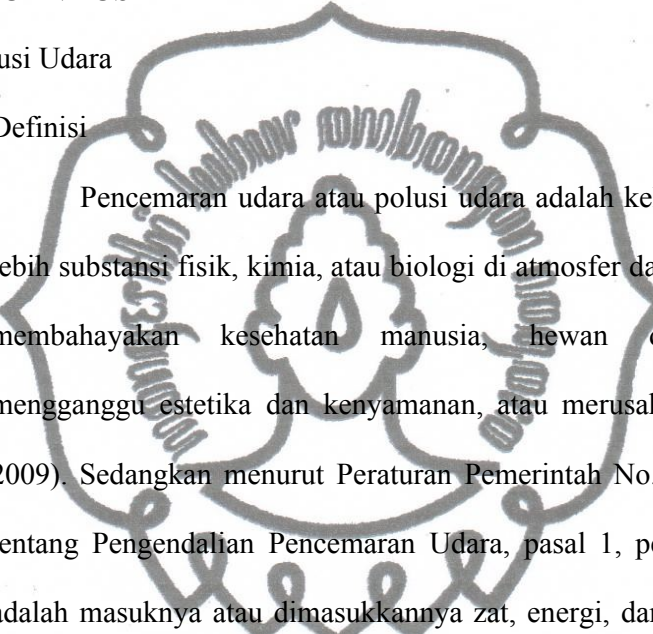
## BAB II

### LANDASAN TEORI

#### A. TINJAUAN PUSTAKA

##### 1. Polusi Udara

###### a. Definisi



Pencemaran udara atau polusi udara adalah kehadiran satu atau lebih substansi fisik, kimia, atau biologi di atmosfer dalam jumlah yang membahayakan kesehatan manusia, hewan dan tumbuhan, mengganggu estetika dan kenyamanan, atau merusak properti (EPA, 2009). Sedangkan menurut Peraturan Pemerintah No. 41 Tahun 1999 tentang Pengendalian Pencemaran Udara, pasal 1, pencemaran udara adalah masuknya atau dimasukkannya zat, energi, dari komponen lain ke dalam udara ambien oleh kegiatan manusia, sehingga mutu udara turun sampai ke tingkat tertentu yang menyebabkan udara ambien tidak dapat memenuhi fungsinya.

Pencemaran udara dapat dibagi menjadi dua jenis, pencemaran udara primer dan pencemaran udara sekunder. Pencemar primer adalah substansi pencemar yang ditimbulkan langsung dari sumber pencemaran udara. Karbon monoksida adalah sebuah contoh dari pencemar udara primer karena CO merupakan hasil dari pembakaran. Pencemar sekunder adalah substansi pencemar yang terbentuk dari

reaksi pencemar-pencemar primer di atmosfer. Pembentukan ozon dalam smog fotokimia adalah sebuah contoh dari pencemaran udara sekunder (EPA, 2009).

#### b. Sumber Polusi Udara

Secara garis besar sumber polusi udara dapat dibagi dua kategori sebagai berikut (EPA, 2009):

1) *Anthropogenic* (aktivitas manusia) terutama yang berkaitan dengan pembakaran berbagai jenis bahan bakar, yaitu:

Sumber stasioner (sumber yang diam) termasuk susunan asap dari pembangkit tenaga listrik, fasilitas manufaktur (pabrik) dan insinerator sampah, serta *furnaces* dan jenis bahan bakar-pembakaran perangkat pemanas.

(a) Sumber yang mobile (bergerak) termasuk kendaraan bermotor, kapal laut, pesawat terbang dan efek suara.

(b) *Chemicals*, debu dan pembakaran terkontrol dalam praktek pengelolaan pertanian dan kehutanan.

(c) Uap dari cat, *hair spray*, pernis, semprot aerosol dan larutan

(d) Sampah endapan di *landfills*, yang menghasilkan methane.

Methane tidak beracun namun sangat mudah terbakar dan dapat berupa bahan peledak campuran dengan udara. Methane juga yang menyebabkan keadaan sesak nafas dan dapat menggantikan oksigen di ruang tertutup. Asphyxia atau dapat



menyebabkan mati lemas jika oksigen konsentrasi berkurang ke 19,5% di bawah oleh beratnya

(e) Militer, seperti senjata nuklir, gas beracun dan perang kuman peroketan.

## 2) Sumber Alam

(a) Debu dari sumber-sumber alam, biasanya besar bidang tanah dengan sedikit atau tanpa vegetasi.

(b) Methane, dikeluarkan dari pencernaan makanan oleh binatang misalnya sapi.

(c) Dari gas radon radioaktif busuk di bumi. Radon adalah zat tak berwarna, tanpa bau, terjadi secara alami, gas mulia radioaktif yang dibentuk dari peluruhan dari radium. Hal ini dianggap membahayakan kesehatan. Radon gas dari sumber-sumber alam dapat menumpuk di gedung-gedung, khususnya di daerah-daerah dibatasi seperti di bawah tanah dan yang kedua yang paling sering menyebabkan kanker paru-paru, setelah rokok merokok.

(d) Asap dan karbon monoksida dari kebakaran alami

(e) Aktivitas gunung berapi, yang memproduksi belerang, klorin, dan partikel-partikel abu.

c. Polutan Udara Spesifik yang Berpengaruh terhadap Kesehatan

1) *Particulate Matter* (PM)

Penelitian epidemiologis pada manusia dan model pada hewan menunjukkan PM<sub>10</sub> (termasuk di dalamnya partikulat yang berasal dari diesel/DEP) memiliki potensi besar merusak jaringan tubuh. Data epidemiologis menunjukkan peningkatan kematian serta eksaserbasi/serangan yang membutuhkan perawatan rumah sakit tidak hanya pada penderita penyakit paru (asma, penyakit paru obstruktif kronis, pneumonia), namun juga pada pasien dengan penyakit kardiovaskular/jantung dan diabetes. Anak-anak dan orang tua sangat rentan terhadap pengaruh partikulat/polutan ini, sehingga pada daerah dengan kepadatan lalu lintas/polusi udara yang tinggi biasanya morbiditas penyakit pernapasan (pada anak dan lanjut usia) dan penyakit jantung/kardiovaskular (pada lansia) meningkat signifikan. Penelitian lanjutan pada hewan menunjukkan bahwa PM<sub>10</sub> dapat memicu inflamasi paru dan sistemik serta menimbulkan kerusakan pada endotel pembuluh darah (vascular endothelial dysfunction) yang memicu proses atherosclerosis dan infark miokard/serangan jantung koroner. Paparan lebih besar dalam jangka panjang juga dapat memicu terbentuknya kanker (paru ataupun leukemia) dan kematian pada janin. Penelitian terbaru dengan follow up hampir 11 tahun menunjukkan bahwa paparan polutan (termasuk PM<sub>10</sub>) juga dapat mengurangi fungsi paru bahkan

pada populasi normal di mana belum terjadi gejala pernapasan yang mengganggu aktivitas (Goss *et al.*, 2004)

## 2) Ozon

Ozon merupakan oksidan fotokimia penting dalam trofosfer. Terbentuk akibat reaksi fotokimia dengan bantuan polutan lain seperti NO<sub>x</sub>, dan Volatile organic compounds. Paparan jangka pendek/akut dapat menginduksi inflamasi/peradangan pada paru dan mengganggu fungsi pertahanan paru dan kardiovaskular. Paparan jangka panjang dapat menginduksi terjadinya asma, bahkan fibrosis paru. Penelitian epidemiologis pada manusia menunjukkan paparan ozon yang tinggi dapat meningkatkan jumlah eksaserbasi/serangan asma (Gold, 2005).

## 3) Sulfur oxides (SO<sub>x</sub>)

Belerang dioksida, senyawa kimia dengan formula SO<sub>2</sub> yang dihasilkan oleh gunung berapi dan dalam berbagai proses industri. Sejak batu bara dan minyak bumi sering mengandung senyawa belerang, mereka menghasilkan pembakaran belerang dioksida. Oksidasi lebih lanjut dari SO<sub>2</sub>, biasanya di hadapan katalisator seperti NO<sub>2</sub>, bentuk H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, sehingga hujan asam. Ini adalah salah satu penyebab untuk kekhawatiran atas dampak lingkungan dari penggunaan bahan bakar ini sebagai sumber daya (Holleman *et al.*, 2005).

#### 4) Nitrogen oxides (NO<sub>x</sub>)

Nitrogen dioksida adalah hasil emisi dari pembakaran suhu tinggi. Nitrogen dioksida merupakan senyawa kimia dengan rumus NO<sub>2</sub>. Salah satu dari beberapa nitrogen oxides. Berwarna cokelat kemerahan dan merupakan gas beracun yang memiliki karakteristik tajam dan bau. NO<sub>2</sub> adalah salah satu gas paling memberikan dampak polusi udara (WHO, 1997).

#### 5) Karbon monoksida

Karbon monoksida memiliki sifat, tak berbau, tak berwarna dan sangat beracun. Gas ini merupakan gas hasil pembakaran yang tak sempurna dari batu bara atau kayu. Kendaraan bermotor merupakan sumber karbon monoksida (USEPA, 2009).

#### 6) *Volatile organic compounds* (VOC)

VOC merupakan polutan udara di luar ruangan yang sangat penting. Dalam bidang ini mereka sering dibagi ke dalam kategori terpisah methane (CH<sub>4</sub>) dan non-methane (NMVOCs). Methane gas rumah kaca yang memberikan kontribusi untuk meningkatkan pemanasan global. Di dalam NMVOCs, yang termasuk dalam golongan senyawa aromatik seperti bensol, toluene dan xylene dicurigai sebagai karsinogen dan dapat mengakibatkan leukemia melalui paparan berkepanjangan *1,3-butadiene* adalah senyawa berbahaya lainnya yang sering digunakan dalam industry (USEPA, 2009).

## d. Tingkat Konsentrasi Polusi Udara

Standar Baku Pencemar Udara menurut Keputusan Kepala Bapedal No. 107 Tahun 1997 Batas Indeks Satuan Pencemar Udara dalam satuan SI sebagai berikut :

**Tabel 1.** Standar Baku Pencemar Udara

Indeks Standar Pencemar Udara	24 jam PM <sub>10</sub> µg/m <sup>3</sup>	24 jam SO <sub>2</sub> µg/m <sup>3</sup>	8 jam CO µg/m <sup>3</sup>	1 jam O <sub>3</sub> µg/m <sup>3</sup>	1 jam NO <sub>2</sub> µg/m <sup>3</sup>
50	50	80	5	120	(2)
100	150	365	10	235	(2)
200	350	800	17	400	1130
300	420	1600	34	800	2260
400	500	2100	46	1000	3000
500	600	2620	57,5	1200	3750

Pencemaran udara menurut badan pengendali dampak lingkungan dihitung dengan cara berikut :

$$I = I_a - I_b / X_a - X_b (X_x - X_b) + I_b$$

Keterangan:

- i. I = ISPU terhitung
- ii. I<sub>a</sub> = ISPU batas atas
- iii. I<sub>b</sub> = ISPU batas bawah
- iv. X<sub>a</sub> = Ambien batas atas
- v. X<sub>b</sub> = Ambien batas bawah
- vi. X<sub>x</sub> = Kadar ambien nyata hasil pengukuran

WHO *Inter Regional Symposium on Criteria for Air Quality and Method of Measurement* telah menetapkan beberapa tingkat konsentrasi polusi udara dalam hubungan dengan akibatnya terhadap kesehatan maupun lingkungan pada tahun 1964 sebagai berikut:

- 1) Tingkat I. Konsentrasi dan waktu paparan yang tidak ditemui akibat apa-apa, baik secara langsung maupun tidak langsung.
- 2) Tingkat II. Konsentrasi yang mungkin dapat ditemui iritasi pada pencaindera, akibat berbahaya pada tumbuh-tumbuhan, pembatasan penglihatan atau akibat-akibat lain yang merugikan pada lingkungan (*adverse level*).
- 3) Tingkat III. Konsentari yang mungkin menimbulkan hambatan pada fungsi-fungsi faali yang vital serta perubahan yang mungkin dapat menimbulkan penyakit menahun atau pemendekan umur (*serious level*).
- 4) Tingkat IV. Konsentrasi yang mungkin menimbulkan penyakit akut atau kematian pada golongan populasi yang peka (*emergency level*).

Sedangkan menurut Keputusan Menteri Lingkungan hidup No.45 tahun 1997 tentang Indeks Standar Pencemar Udara dibagi menjadi sebagai berikut:

**Tabel 2.** Indeks Standar Pencemar Udara

Kategori	Rentang	Penjelasan
Baik	0-50	Tingkat kualitas udara yang tidak memberikan efek bagi kesehatan manusia atau hewan dan tidak berpengaruh pada tumbuhan, bangunan atau nilai estetika.
Sedang	51-100	Tingkat kualitas udara yang tidak berpengaruh pada kesehatan manusia ataupun hewan tetapi berpengaruh pada tumbuhan yang sensitif, dan nilai estetika.
Tidak Sehat	101-199	Tingkat kualitas udara yang bersifat merugikan pada manusia ataupun kelompok hewan yang sensitif atau bisa menimbulkan kerusakan pada tumbuhan ataupun nilai estetika
Sangat Tidak Sehat	200-299	Tingkat kualitas udara yang dapat merugikan kesehatan pada sejumlah segmen populasi yang terpapar
Berbahaya	300-lebih	Tingkat kualitas udara berbahaya yang secara umum dapat merugikan kesehatan yang serius.

#### e. Dampak Polusi Udara terhadap Kesehatan

Secara umum, mekanisme terjadinya gangguan kesehatan akibat polusi udara dapat dijelaskan sebagai berikut:

- 1) Timbulnya reaksi radang/inflamasi pada paru. (Rückerl R *et al.*, 2007).
- 2) Terbentuknya radikal bebas/stres oksidatif, misalnya PAH (*Polyaromatic Hydrocarbons*) (Kai-Jen Chuang *et al.*, 2007).
- 3) Modifikasi ikatan kovalen terhadap protein penting intraselular seperti enzim-enzim yang bekerja dalam tubuh (Kai-Jen Chuang *et al.*, 2007).
- 4) Komponen biologis yang menginduksi inflamasi/peradangan dan gangguan sistem imunitas tubuh (Kai-Jen Chuang *et al.*, 2007).
- 5) Stimulasi sistem saraf otonom dan nosioreseptor yang mengatur kerja jantung dan saluran napas.
- 6) Efek adjuvant (tidak secara langsung mengaktifkan sistem imun) terhadap sistem imunitas tubuh (Unni Cecilie Nygaard, 2005).
- 7) Efek procoagulant yang dapat mengganggu sirkulasi darah dan memudahkan penyebaran polutan ke seluruh tubuh (Gilmour *et al.*, 2005).

Gangguan kesehatan akibat polusi atau pencemaran udara akan mempengaruhi segi kehidupan manusia baik secara jangka pendek maupun jangka panjang. Gangguan Jangka Pendek (Yusad, 2004), antara lain:



- 1) Perawatan di rumah sakit, kunjungan ke UGD atau kunjungan rutin dokter, akibat penyakit yang terkait dengan pernapasan.
- 2) Berkurangnya aktivitas harian akibat sakit.
- 3) Jumlah absensi (pekerjaan ataupun sekolah).
- 4) Gejala akut (batuk, sesak, infeksi saluran pernapasan).
- 5) Perubahan fisiologis (seperti fungsi paru-paru dan tekanan darah).

Sedangkan gangguan kesehatan akibat polusi ini akan berpengaruh jangka panjang (Rob Beelen, 2008) pada beberapa hal sebagai berikut:

- 1) Kematian seseorang karena penyakit pernapasan.
- 2) Meningkatnya masalah penyakit paru-paru kronik (asma atau penyakit paru obstruktif kronis).
- 3) Gangguan pertumbuhan dan perkembangan janin
- 4) Kanker.

## 2. Fungsi paru

### a. Anatomi dan Fisiologi Pernafasan

#### 1) Anatomi

Menurut Ganong (2003) anatomi pernapasan terdiri dari :

##### a) Rongga hidung

Hidung merupakan saluran pernapasan udara yang pertama, mempunyai 2 lubang (*kavum nasi*), dipisahkan oleh sekat hidung (*septumnasi*). Rongga hidung ini dilapisi oleh selaput lendir yang sangat kaya akan pembuluh darah dan

bersambung dengan faring dan dengan semua selaput lendir semua sinus yang mempunyai lubang masuk ke dalam rongga hidung. Rongga hidung mempunyai fungsi sebagai panyaring udara pernapasan oleh bulu hidung dan menghangatkan udara pernapasan oleh mukosa (Ganong, 2003).

b) Faring / tekak

Faring atau tekak merupakan tempat persimpangan antara jalan pernapasan dan jalan makanan. Faring atau tekak terdapat di bawah dasar tengkorak, di belakang rongga hidung dan mulut setelah depan ruas tulang leher (Ganong, 2003).

Dalam faring terdapat tuba eustachii yang bermuara pada nasofarings. Tuba ini berfungsi menyeimbangkan tekanan udara pada kedua sisi membran timpani, dengan cara menelan pada daerah laringofarings bertemu sistem pernapasan dan pencernaan. Udara melalui bagian anterior ke dalam laring, dan makanan lewat posterior ke dalam esofagus melalui epiglotis yang fleksibel (Ganong, 2003).

Faring mempunyai fungsi sebagai saluran bersama bagi sistem pernapasan maupun pencernaan.

c) Laring

Laring merupakan saluran udara dan bertindak sebagai pembentukan suara yang terletak di depan bagian faring sampai ketinggian vertebra servikalis dan masuk ke dalam trakea

dibawahnya. Pangkal tenggorokan itu dapat ditutup oleh sebuah empang tenggorok yang disebut epiglotis yang terdiri dari tulang-tulang rawan yang berfungsi pada waktu kita menelan makanan menutupi laring (Ganong, 2003).

Dalam laring terdapat pita suara yang berfungsi dalam pembentukan suara. Suara dibentuk dari getaran pita suara. Tinggi rendah suara dipengaruhi panjang dan tebalnya pita suara. Dan hasil akhir suara ditentukan oleh perubahan posisi bibir, lidah dan palatum mole (Ganong, 2003).

d) Batang tenggorok

Batang tenggorok atau trakea merupakan lapisan dari laring yang dibentuk oleh 16 sampai dengan 20 cincin terdiri dari tulang rawan yang berbentuk seperti kaki kuda (huruf C ). Trakea dilapisi epitel bertingkat dengan silia dan sel goblet. Sel goblet menghasilkan mukus dan silia berfungsi menyapu pertikel yang berhasil lolos dari saringan di hidung, kearah faring untuk kemudian ditelan diludahkan dibatukkan. Panjang trakea 9-10 cm dan dibelakang terdiri dari jaringan ikat yang dilapisi oleh otot polos. Batang tenggorok dapat berfungsi dalam mengeluarkan benda-benda asing yang masuk bersama udara pernapasan yang dilakukan oleh sel-sel bersilia (Ganong, 2003).

e) Cabang tenggorok

Cabang tenggorok merupakan lanjutan dari trakea, ada 2 buah yang terdapat pada ketinggian vertebra torakalis ke 4 dan ke 5. Bronkus mempunyai struktur serupa dengan trakea dan dilapisi oleh jenis sel yang sama (Ganong, 2003).

Bronkus kanan lebih pendek dan lebih besar dan terdiri dari 6-8 cincin, punya 3 cabang. Bronkus kiri lebih panjang dan ramping, dan terdiri dari 9-12 cincin punya 2 cabang. Bronkus bercabang-cabang yang lebih kecil disebut bronchiolus dan terdapat gelembung paru atau gelembung hawa/alveoli (Ganong, 2003).

f) Paru

Paru merupakan sebuah alat tubuh yang sebagian besar terdiri dari gelembung (gelembung hawa/alveoli). Gelembung ini terdiri dari sel-sel epitel dan endotel. Pada lapisan inilah terjadi pertukaran udara, oksigen masuk ke dalam darah dan karbondioksida dikeluarkan dari darah.

Pembagian paru ada 2, yaitu paru kanan terdiri dari 3 lobus (belah paru), lobus pulmo dekstrasuperior, lobus media dan lobus superior. Tiap lobus tersusun oleh lobulus. Tiap lobus terdiri dari belahan-belahan yang lebih kecil bernama segmen (Ganong, 2003).

Paru terletak pada rongga dada datarannya menghadap ke tengah rongga dada atau kavum mediastinum. Pada bagian tengah itu terdapat tumpuk paru/hilus. Pada mediastinum depan terletak jantung. Paru dibungkus oleh selaput yang bernama pleura. Pleura dibagi menjadi 2, yaitu :

(1) *Pleura viseral* (selaput dada pembungkus) yaitu selaput paru yang langsung membungkus paru.

(2) *Pleura parietal*, yaitu selaput yang melapisi rongga dada sebelah luar. Antara kedua pleura ini terdapat rongga (kavum pleura). Dalam paru terdapat alveoli yang berfungsi dalam pertukaran gas O<sub>2</sub> dengan CO<sub>2</sub> dalam darah (Ganong, 2003).

## 2) Fisiologi

Pernapasan paru merupakan pertukaran oksigen dan karbondioksida yang terjadi pada paru. Fungsi paru adalah tempat pertukaran gas oksigen dan karbondioksida pada pernapasan melalui paru/pernapasan eksterna. Oksigen dihirup melalui hidung dan mulut. Saat bernafas oksigen masuk melalui trakea dan pipa bronchial ke alveoli dan dapat erat berhubungan dengan darah di dalam kapiler pulmonalis (Ganong, 2003).

Proses pernapasan dibagi empat peristiwa (Guyton, 1997), yaitu:

- a) Ventilasi pulmonal yaitu masuk keluarnya udara dari atmosfer ke bagian alveoli dari paru.
  - b) Difusi oksigen dan karbondioksida di udara masuk ke pembuluh darah di sekitar alveoli.
  - c) Transpor oksigen dan karbondioksida di darah ke sel.
  - d) Pengaturan ventilasi.
- b. Volume dan Kapasitas Paru
- 1) Volume Paru

Menurut Guyton (1997:604) volume paru dapat diuraikan sebagai berikut :

- a) Volume Alun nafas (tidal)

Adalah volume yang dapat diinspirasi atau diekspirasi setiap kali bernafas normal besarnya kira-kira 500 mL pada rata-rata orang dewasa.

- b) Volume cadangan Inspirasi

Adalah volume udara ekstra yang dapat diinspirasi setelah dan di atas volume alun napas normal yang dan biasanya mencapai 3000 mL.

c) Volume cadangan ekspirasi

Adalah jumlah udara ekstra yang dapat diekspirasi oleh ekspirasi kuat pada akhir ekspirasi alun napas normal. Jumlah normalnya adalah sekitar 1100 mL.

d) Volume residu

Yaitu volume udara yang masih tetap berada dalam paru setelah ekspirasi paling kuat. Volume ini besarnya kira-kira 1200 mL

2) Kapasitas Paru

Menurut Guyton (1997), kapasitas paru dapat diuraikan sebagai berikut :

a) Kapasitas inspirasi

Adalah jumlah udara yang dapat dihirup oleh seseorang, dimulai pada tingkat ekspirasi normal dan pengembangan paru sampai jumlah maksimum (kira-kira 3500 mL).

b) Kapasitas residu fungsional

Adalah jumlah udara yang tersisa dalam paru pada akhir ekspirasi normal (kira-kira 2300 mL).

c) Kapasitas paru total

Adalah volume maksimum di mana paru dapat dikembangkan sebesar mungkin dengan inspirasi paksa (kira-kira 5800 mL).

d) Kapasitas vital paru

Kapasitas vital paru sama dengan volume cadangan inspirasi ditambah volume alun napas dan volume cadangan ekspirasi. Ini

adalah jumlah udara maksimum yang dapat dikeluarkan seorang dari paru, setelah terlebih dahulu mengisi paru secara maksimum dan dikeluarkan sebanyak-banyaknya (kira-kira 4600 mL).

Kapasitas vital paru adalah jumlah udara maksimum pada seseorang yang berpindah pada satu tarikan napas. Kapasitas ini mencakup volume cadangan inspirasi, volume tidal dan cadangan ekspirasi. Nilainya diukur dengan menyuruh individu melakukan inspirasi maksimum, kemudian menghembuskan sebanyak mungkin udara di dalam parunya ke alat pengukur (Corwin, 2001).

#### c. Faktor yang Mempengaruhi Kapasitas Paru

Fungsi paru dapat dipengaruhi hal-hal berikut :

##### 1) Umur

Kebutuhan zat tenaga terus meningkat sampai akhirnya menurun setelah usia 40 tahun berkurangnya kebutuhan tenaga tersebut dikarenakan telah menurunnya kekuatan fisik. Dalam keadaan normal, usia juga mempengaruhi frekuensi pernapasan dan kapasitas paru. Frekuensi pernapasan pada orang dewasa antara 16-18 kali permenit, pada anak-anak sekitar 24 kali permenit sedangkan pada bayi sekitar 30 kali permenit. Walaupun pada orang dewasa pernapasan frekuensi pernapasan lebih kecil dibandingkan dengan anak-anak dan bayi, akan tetapi KVP pada orang dewasa



lebih besar dibanding anak-anak dan bayi. Dalam kondisi tertentu hal tersebut akan berubah misalnya akibat dari suatu penyakit, pernapasan bisa bertambah cepat dan sebaliknya (Syaifudin, 1997).

## 2) Jenis kelamin

Menurut Guyton (1997) volume dan kapasitas seluruh paru pada wanita kira-kira 20 sampai 25 persen lebih kecil daripada pria dan lebih besar lagi pada atletis dan orang yang bertubuh besar daripada orang yang bertubuh kecil dan astenis. Menurut Jan Tambayong (2001) disebutkan bahwa kapasitas paru pada pria lebih besar yaitu 4,8 L dibandingkan pada wanita yaitu 3,1 L.

## 3) Riwayat penyakit

Kondisi kesehatan dapat mempengaruhi kapasitas vital paru seseorang. Kekuatan otot-otot pernapasan dapat berkurang akibat sakit. Terdapat riwayat pekerjaan yang menghadapi debu akan mengakibatkan pneumonokiosis dan salah satu pencegahannya dapat dilakukan dengan menghindari diri dari debu dengan cara memakai masker saat bekerja (Suma'mur, 1996).

## 4) Riwayat pekerjaan

Riwayat pekerjaan dapat digunakan untuk mendiagnosis penyakit akibat kerja. Riwayat pekerjaan yang menghadapi debu berbahaya dapat menyebabkan gangguan paru (Suma'mur, 1996).

Hubungan antara penyakit dengan pekerjaan dapat diduga dengan adanya riwayat perbaikan keluhan pada akhir minggu atau hari libur diikuti peningkatan keluhan untuk kembali bekerja, setelah bekerja ditempat yang baru atau setelah digunakan bahan baru di tempat kerja. Riwayat pekerjaan dapat menggambarkan apakah pekerja pernah terpapar dengan pekerjaan berdebu, hobi, pekerjaan pertama, pekerjaan pada musim-musim tertentu dan lain-lain (Mukhtar Ikhsan, 2002).

5) Kebiasaan merokok

Merokok dapat menyebabkan perubahan struktur dan fungsi saluran pernapasan dan jaringan paru. Kebiasaan merokok akan mempercepat penurunan faal paru (Sumardiyono, 2007).

6) Kebiasaan olah raga

Faal paru dan olahraga mempunyai hubungan yang timbal balik, gangguan faal paru dapat mempengaruhi kemampuan olahraga. Sebaliknya, latihan fisik yang teratur atau olahraga dapat meningkatkan faal paru. Seseorang yang aktif dalam latihan akan mempunyai kapasitas aerobik yang lebih besar dan kebugaran yang lebih tinggi serta kapasitas paru yang meningkat (Guyton, 1997).

Kapasitas vital paru dapat dipengaruhi oleh kebiasaan seseorang melakukan olahraga. Olah raga dapat meningkatkan aliran darah melalui paru-paru sehingga menyebabkan oksigen dapat berdifusi ke dalam kapiler paru dengan volume yang lebih

besar atau maksimum. Kapasitas vital pada seorang atletis lebih besar daripada orang yang tidak pernah berolahraga (Guyton, 1997).

Menurut Guyton (1997) kebiasaan olahraga akan meningkatkan kapasitas paru dan akan meningkat 30 – 40 %.

#### 7) Status gizi

Tanpa makan dan minum yang cukup kebutuhan energi untuk bekerja diambil dari cadangan sel tubuh. Kekurangan makanan yang terus menerus akan menyebabkan susunan fisiologis terganggu.

#### d. Pengukuran Fungsi Paru

Pengukuran fungsi paru merupakan sebuah pengukuran untuk mengetahui fungsi paru dengan peralatan maupun teknik yang khusus. Ada beberapa cara untuk mengukur fungsi paru di antaranya yaitu:

- 1) Spirometri
- 2) Provokasi Bronkus (Bronkoprovokasi)
- 3) *Forced Residual Capacity Test* (FRC test)
- 4) Tes Difusi gas
- 5) Tes Ekspirasi NO

## 1) Spirometri

### a) Definisi

Merupakan teknik paling umum yang dilakukan untuk memeriksa fungsi paru. Spirometri dapat digunakan untuk mendiagnose dan monitoring penyakit dan gejala yang berhubung dengan pernapasan, untuk startifikasi resiko preoperative, dan sebagai alat di riset epidemiologi. Alat yang digunakan biasanya disebut dengan spirometer.

### b) Jenis Spirometer

Secara garis besar terdapat 2 tipe spirometer yaitu:

- (1) Berdasarkan Volume
- (2) Pneumotach

### c) Indikasi Spirometri

Indikasi Spirometri adalah:

#### (1) Diagnostik

- (a) Mengevaluasi Gejala : Nyeri dada, dyspnea, Orthopnea, Wheezing dan lainnya
- (b) Mengevaluasi Tanda: Deformitas dinding dada, Sianosis, melenahnya Suara jantung, Penurunan kecepatan ekspirasi, Overinflasi dan lainnya.
- (c) Evaluasi tes laboratorium : Abnormalitas test Radiologi, Hiperkapnia, Hipoxemia, *Polycytemia*.
- (d) Mengukur efek penyakit terhadap fungsi paru

(e) Screening terhadap orang –orang dengan yang memiliki resiko terkena penyakit paru.

(f) Pemeriksaan rutin.

(2) Monitoring

(a) Assesemen terapi intervensi.

(b) Menggambarkan Perjalanan penyakit yang berefek terhadap Fungsi paru.

(c) Monitoring pekerja yang beresiko terhadap agen agen yang menyebabkan luka pada paru-paru.

(d) Monitoring efek samping obat yang toksik terhadap pulmo.

(3) Evaluai kelainan atau kecacatan

(a) Assesmen pasien pada bagian rehabilitasi medik.

(b) Menganalisis resiko sebagai bagian dari evaluasi asuransi.

(c) Assesmen untuk alasan legal.

(4) Kesehatan Masyarakat

(a) Survei epidemiologi.

(b) Perbandingan status kesehatan suatu poulasi pada lingkungan yang berbeda.

(c) Validasi atas komplain subjektif dalam pekerjaan maupun lingkungan.

(d) Derivasi atas perhitungan referensial pemeriksaan spirometer dan menggambarkan fungsi mekanis dari saluran pernafasan ukuran terbesar sampai medium.

## 2) Bronkoprovokasi

Teknik ini dipakai untuk menentukan hiperekatifitas non spesifik saluran nafas adalah suatu mekanisme atas gejala atipikal dari rongga dada. Dalam prosedur ini digunakan methacholine dan histamin sebagai bahan provokasi .

## 3) *Forced Expiratory Volume 1* (FEV1) dan *Forced Volume Capacity* (FVC)

FEV 1 secara luas digunakan sebagai parameter untuk menghitung Fungsi mekanis dari paru. Pada orang normal FEV1 menempati bagian terbesar dalam Volume ekshalasi. Normalnya Besarnya FEV1 adalah antara 75 % - 85% dari FVC parameter ini digunakan untuk sebagai acuan untuk mengukur restriksi dan obstruksi dari saluran nafas. Pada penyakit obstruktif FEV1 sangat berkurang sangat disproporsional diabandingkan dengan FVC dan penurunan rasio FEV1/FVC menunjukkan limitasi aliran udara dalam saluran pernafasan. Pada Penyakit restriktif FEV1, FVC, dan kapasitas total paru semuanya menurun dan rasio FEV1/FVC normal atau meningkat.

FVC merupakan ukuran volume paru dan sering menurun pada penyakitnya yang menyebabkan pengecilan paru. Proses yang

disebut dengan restriksi di dalamnya termasuk kelainan parenkim paru seperti Fibrosis. Akurasi dari pengukuran FVC adalah 60%.

#### 4) *Forced Residual Capacity Test*

Teknik ini dilakukan dengan mengukur dilusi gas atau *plethysmography*. Test dilusi gas dapat memakai Sirkuit helium terbuka maupun sirkuit helium tertutup. Sedangkan teknik *plethysmography* dilakukan berdasarkan hukum Boyle. Yang mengukur gas pada temperatur konstan.

#### 5) Tes Difusi Gas

Prinsip ini digunakan dengan prinsip difusi gas terhadap darah. Pengukuran fungsi difusi gas merupakan pengukuran fungsi paru pada tingkat molekuler. Dalam teknik ini yang dipakai sebagai alat ukur adalah kapasitas difusi paru terhadap Karbon monoksida (*Diffusing capacity of the lung for carbon monoxide/DL<sub>CO</sub>*). DL<sub>CO</sub> merupakan ukuran interaksi antara permukaan alveolar, perfusi kapiler alveolar, jaringan kapiler, volume kapiler, konsentrasi hemoglobin dan tingkat CO terhadap hemoglobin.

Dengan sejumlah penyederhanaan, test klinis untuk mengukur DL<sub>CO</sub> didasarkan pada suatu perbandingan antara pengambilan dari karbon monoksida di mililiter per menit dibagi oleh rata-rata tekanan yang rongga gigi tentang karbon monoksida. Dengan demikian, DL<sub>CO</sub> dinyatakan sebagai uptake dari karbon monoksida per mililiter dari gas pada temperatur dan tekanan baku, kering, per

menit, dan per milimeter tekanan air raksa dari karbon monoksida. Pada prinsipnya kapasitas difusi paru-paru adalah jumlahan seluruh kapasitas difusi dari komponen membran paru-paru dan kapasitas volume kapiler darah paru.

e. Mekanisme Polusi Mempengaruhi Fungsi Paru

Inhalasi bahan-bahan polutan berbahaya dapat menyebabkan berbagai efek terhadap paru. Penurunan fungsi paru diakibatkan berbagai peristiwa patofisiologis. Menurut Guyton (1997) inhalasi bahan-bahan yang mengiritasi bronkus dan bronkiolus dapat menyebabkan kekacauan mekanisme pertahanan saluran pernafasan normal sehingga terjadi kelumpuhan silia pernapasan dan terjadi sekresi mucus yang berlebihan. Hal tersebut selanjutnya diperparah dengan terjadinya oedema dan peradangan pada epitel bronkiolus. Selanjutnya terjadi obstruksi pada saluran pernafasan yang menyebabkan udara terperangkap di dalam saluran pernafasan. Adanya Infeksi dan obstruksi ini dapat menyebabkan destruksi alveoli paru. Obstruksi dan destruksi ini tentunya sangat mempengaruhi kapasitas dan volume paru.

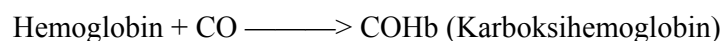
Selain itu sistem imun juga berpengaruh terhadap fungsi paru seseorang. Pembentukan antibodi akibat paparan zat-zat polutan dapat menyebabkan teraktivasi sistem imun. Terjadi pembentukan antibodi Ig E dalam jumlah yang abnormal saat manusia terpapar berbagai zat polutan. Pembentukan antibodi ini disebabkan oleh antigen yang melekat pada sel mast yang kemudian bereaksi sehingga terjadi sekresi



berbagai zat, yaitu histamine, zat anafilaksi yang bereaksi lambat, factor kemotaktik eosinofilik dan bradikinin. Efek gabungan dari zat-zat tersebut akan menghasilkan edema lokal pada bronkiolus dan skeresi mucus pada lumen bronkiolus. Selain itu juga terjadi spasme otot polos brokiolus yang kemudian berakibat terjadinya peningkatan tahanan saluran nafas (Guyton, 1997).

Selain itu di udara Karbon monoksida (CO) terdapat dalam jumlah yang sangat sedikit, hanya sekitar 0,1 ppm. Di daerah perkotaan dengan lalu lintas yang padat konsentrasi gas CO berkisar antara 10-15 ppm. Sudah sejak lama diketahui bahwa gas CO dalam jumlah banyak (konsentrasi tinggi) dapat menyebabkan gangguan kesehatan bahkan juga dapat menimbulkan kematian (Dimas, 2009).

Karbon monoksida (CO) apabila terhirup ke dalam paru-paru akan ikut peredaran darah dan akan menghalangi masuknya oksigen yang dibutuhkan oleh tubuh. Hal ini dapat terjadi karena gas CO bersifat racun, ikut bereaksi secara metabolis dengan darah (hemoglobin) :

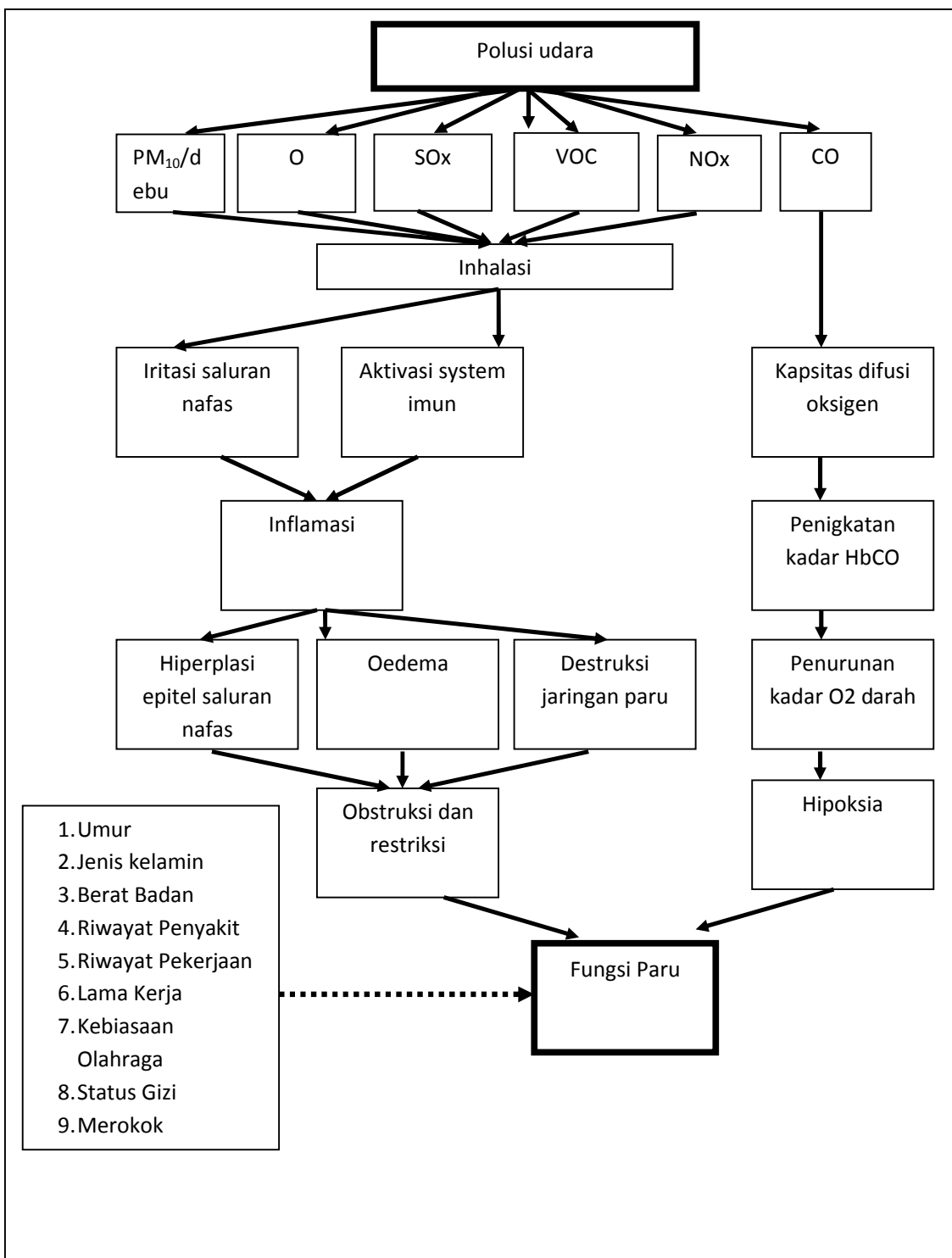


Ikatan karbon monoksida dengan darah (karboksihemoglobin) lebih stabil daripada ikatan oksigen dengan darah (oksihemoglobin). Keadaan ini menyebabkan darah menjadi lebih mudah menangkap gas CO dan menyebabkan fungsi vital darah sebagai pengangkut oksigen terganggu. Dalam keadaan normal konsentrasi CO di dalam darah

berkisar antara 0,2% sampai 1,0%, dan rata-rata sekitar 0,5%. Di samping itu kadar CO dalam darah dapat seimbang selama kadar CO di atmosfer tidak meningkat dan kecepatan pernafasan tetap konstan (Graham,2002).



**B. Kerangka Pemikiran**



**Gambar 1.** Kerangka Pemikiran

*commit to user*

Keterangan: Kotak tebal : Variable yang diteliti

Kotak tipis : Faktor yang mempengaruhi fungsi paru

### C. Hipotesis

Ada pengaruh polusi udara terhadap fungsi paru petugas polisi lalu lintas di Surakarta.



### BAB III

## METODE PENELITIAN

#### A. Jenis Penelitian

Penelitian ini merupakan jenis penelitian observasional analitik yaitu mencari hubungan antar variabel risiko dan efek yang analisisnya untuk menentukan ada tidaknya hubungan antar variabel (Ahmad Pratiknyo Watik, 2003).

Berdasarkan pendekatannya, maka penelitian ini menggunakan pendekatan *Cross Sectional* karena variabel sebab dan akibat yang terjadi pada objek penelitian diukur atau dikumpulkan dalam waktu yang bersamaan dan dilakukan pada situasi saat yang sama (Notoadmodjo, 1993).

#### B. Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada bulan Mei-Agustus 2010 pada Polisi Lalu Lintas di Bagian Satuan Lalu Lintas Kepolisian Kota Besar Surakarta.

#### C. Subjek Penelitian

Subjek penelitian ini adalah Petugas Polisi Lalu Lintas Kepolisian Kota Besar Surakarta.

#### D. Populasi dan Sampel

##### 1. Populasi

Populasi penelitian ini adalah seluruh Polisi Lalu Lintas Kepolisian Kota Besar Surakarta yang berjumlah 72 orang.

##### 2. Sampel

Sampel Penelitian Ini adalah Polisi pada Bagian Satuan Lalu Lintas Kepolisian Kota Besar Surakarta yang bekerja di lapangan maupun di kantor dengan dengan Kriteria Sebagai berikut :

###### a. Kriteria Inklusi

Laki – laki Umur 20-55 tahun, lama kerja sebagai Polisi Lalu Lintas minimal 1 tahun, kebiasaan olahraga teratur.

###### b. Kriteria Eksklusi

Sedang dalam Perawatan Medis, merokok, Asthma, mengkonsumsi obat-obatan atau jamu, tidak sedang dalam perawatan pasca operasi thorak dan abdomen.

Berdasarkan lokasi kerja dibagi dalam 2 kelompok besar dengan ketentuan sebagai berikut:

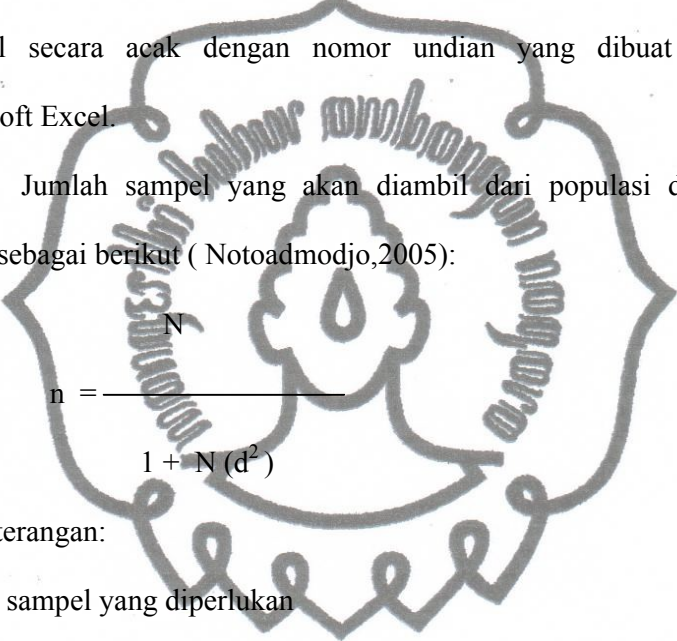
Kelompok 1: Responden yang bekerja di lapangan (jalan raya, pos polisi).

Kelompok 2: Responden yang bekerja di dalam ruangan tertutup (kantor).

## E. Teknik Sampling

Teknik sampling yang dilakukan adalah dengan teknik *Simple random sampling*. Yaitu dengan pendataan populasi aktual kemudian dihitung jumlah sampel yang diambil dengan menggunakan rumus di bawah. Setelah jumlah sampel diketahui jumlahnya maka setiap individu dalam populasi akan diambil secara acak dengan nomor undian yang dibuat menggunakan Microsoft Excel.

Jumlah sampel yang akan diambil dari populasi diambil dengan rumus sebagai berikut ( Notoadmodjo,2005):


$$n = \frac{N}{1 + N(d^2)}$$

Keterangan:

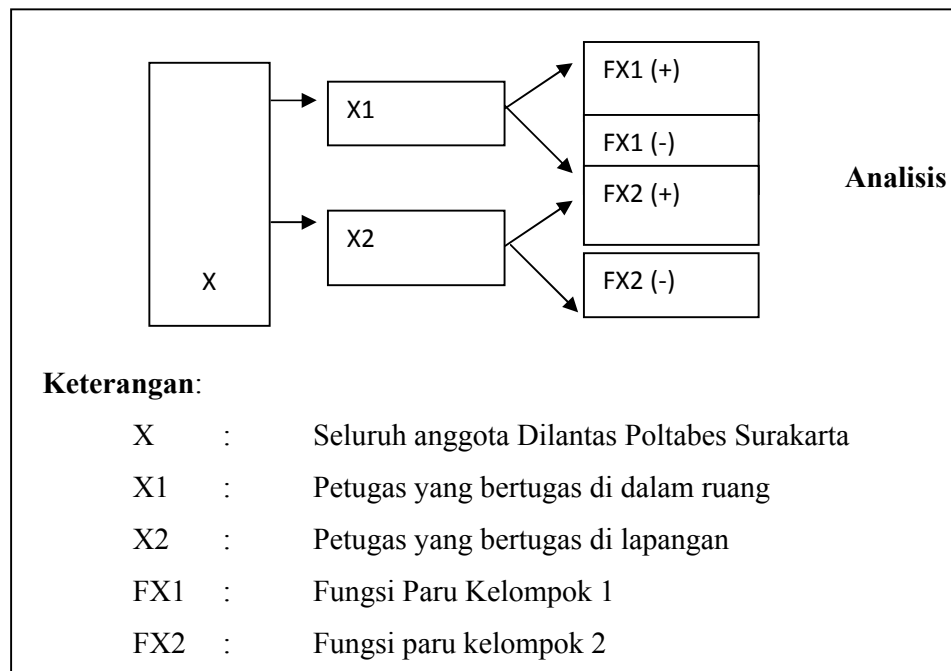
n = sampel yang diperlukan

N = populasi studi

d = derajat kemaknaan

maka dapat dihitung jumlah sampel. Jumlah Polisi Lalu Lintas di Kota Surakarta yang memenuhi kriteria sebesar  $\pm 72$  dan derajat kemaknaan 5 % sehingga diperoleh jumlah sampel 61 orang. Dan dari jumlah tersebut yang secara sukarela mengikuti penelitian berjumlah 41 orang. Maka total sampel yang ada adalah 41 orang yang terdiri atas 16 Polisi Lalu Lintas yang bekerja di kantor dan 25 polisi yang bekerja di lapangan (pos polisi).

## F. Rancangan Penelitian



**Gambar 2.** Rancangan Penelitian

### 1. Identifikasi Variabel

a. Variabel bebas : Polusi Udara

b. Variabel terikat : Fungsi paru

c. Variabel luar :

1) Variabel luar yang dapat dikendalikan: umur, jenis kelamin, penyakit infeksi, gangguan pernafasan, riwayat minum jamu/obat-obatan.

2) Variabel luar yang tidak dapat dikendalikan: kondisi sosial ekonomi, dan kondisi sosial budaya masyarakat.



## 2. Definisi Operasional

### a. Variabel bebas: Polusi Udara

Polusi Udara merupakan konsentrasi setiap partikel atau zat tertentu yang disebut dengan polutan di udara baik di luar maupun di dalam ruangan dalam jumlah yang melebihi ambang keamanan yang bisa mempengaruhi fungsi paru. Konsentrasi dapat diukur dengan alat penguji kualitas udara AQMS dengan satuan  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  atau ppm dan pengukuran dilakukan selama minimal 1 jam pengukuran pada setidaknya 2 titik pada suatu wilayah.

Pada penelitian ini hasil pengukuran yang diperoleh dalam  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  atau ppm akan dihitung dan dikonversikan ke dalam skala ISPU sehingga bisa diketahui tingkat polusi udara dan bisa dikategorikan dalam 2 kelompok yaitu:

- 1) Kelompok 1 kualitas udara Baik jika konsentrasi parameter polusi  $\leq \text{NAB}$
- 2) Kelompok 2 kualitas udara Buruk jika konsentrasi parameter polusi  $> \text{NAB}$

Dari hasil pengukuran tersebut maka skala pengukuran tingkat polusi udara ini adalah Skala Ordinal.

### b. Variabel terikat : Fungsi Paru

Fungsi paru merupakan volume dan kapasitas paru yang menggambarkan fungsi dan volume paru dalam sistem pernafasan. Fungsi Paru diukur dengan Spirometer yang dapat diukur dengan alat

Autospirometer dengan satuan mililiter (mL). Hasil pengukuran Fungsi paru dalam penelitian ini adalah FEV1 dan FVC dengan satuan mililiter (mL)/ Liter dan kemudian dihitung persentasenya berdasarkan nilai acuan normal kapasitas paru dan kemudian hasilnya akan didapatkan dalam %FVC.

Dalam Pengukuran ini hasil pengukuran Fungsi paru dibagi dalam 2 kriteria yaitu :

- 1) Fungsi Paru normal bila Kapasitas Volume Total (FVC) paru  $\geq$  80%
- 2) Fungsi paru abnormal bila kapasitas volume total paru  $<$  80%

Sehingga skala pengukuran yang digunakan adalah skala ordinal.

#### **G. Alat dan Bahan Penelitian**

##### 1. Bahan

Udara ruang terbuka dan udara dalam ruang kantor

##### 2. Alat

a. Autospirometer untuk mengukur Fungsi Paru

b. Alat Uji Kualitas Udara

##### 3. Cara Kerja

a. Subjek

Sebelum dilakukan penentuan sampel, dilakukan pendataan tentang karakteristik responden (umur, jenis kelamin, tinggi

badan, berat badan dsb.) dengan mengedarkan kuesioner maupun data yang terkait dengan kriteria subjek. Responden yang memenuhi kriteria kemudian diambil sampel secara *Simple Random Sampling*. Dengan menggunakan angka acak yang dibuat dengan Microsoft Excel.

b. Pengukuran tingkat polusi udara

Pengukuran tingkat polusi udara dilakukan dengan alat Pengukur kualitas udara AQMS (*Air Quality Measurement System*) Laboratorium MIPA pusat UNS. Pengukuran dilakukan selama minimal 1 jam kemudian dicatat dalam bentuk laporan.

Peralatan pemantau secara otomatis (AQMS), peralatan ini dapat melakukan pemantauan kualitas udara ambien secara kontinyu, dan menghasilkan data per 30 menit atau dapat disetting sesuai dengan kebutuhan. Parameter yang dipantau alat ini adalah Hidrocarbon (HC), Karbon monoksida (CO), debu, timbal, NOx serta Sulfur dioksida (SO<sub>2</sub>).

Sedangkan dalam penelitian setiap parameter diukur dan kemudian dihitung sesuai dengan rumus untuk mengetahui tingkat polusi udara dari setiap zat.

Hasil pengukuran yang didapatkan kemudian dianalisis di Sub Laboratorium Kimia MIPA.

c. Pengukuran Fungsi Paru

Setelah sampel ditetapkan lalu dilakukan pengukuran Fungsi Paru dengan Spirometer. Spirometer Memberikan dua nilai yaitu nilai

yang diharapkan dan nilai aktual. Nilai Aktual ( FVC,FEV1) didapat berdasarkan Inspirasi dan Ekspirasi maximum dari subjek. Test Fungsi paru dilakukan pada posisi duduk atau berdiri dan diusahakan senyaman mungkin. Bagian *Mouthpieces* alat disterilkan terlebih dahulu sebelum pengukuran dilakukan. Subjek diperintahkan untuk melakukan inspirasi dan Ekspirasi dengan sekuat-kuatnya (maksimum). Pengukuran ini dilakukan tiga kali dan kemudian dirata-rata untuk mendapatkan hasil pemeriksaan yang dapat diterima.

Parameter yang dipakai dalam Pengukuran ini adalah FEV1 (*Forced Expiratory Volume in 1st second*) dan FVC (*Forced Volume Capacity*). Hasil yang didapatkan kemudian dicatat dan dihitung.

#### H. Teknik Analisis Data

Data yang diperoleh kemudian diolah dan dihitung :

1. Uji Homogenisasi Variabel
2. Uji Normalitas
3. *Odds ratio*
4. *Confidence Interval*
5. Tes  $X^2$  untuk menentukan kekuatan hubungan pengaruh

Data diolah dengan program komputer SPSS (*Statistical Product and Service Solution*) 16.0 for Windows.

## BAB IV

### HASIL PENELITIAN

#### A. Tingkat Polusi Udara

Tingkat polusi udara diukur dilakukan di dua tempat dengan menggunakan instrument dan alat dari Laboratorium MIPA Pusat UNS. Titik pengukuran dilakukan di depan patung Slamet Riyadi Bundaran Gladak dan di persimpangan jalan di Depan Rumah Sakit Panti Waluyo. Pengukuran dan pengambilan sampel dilakukan selama 1 jam pada setiap titik. Parameter yang diukur oleh alat adalah:

1. SO<sub>2</sub>
2. NO<sub>2</sub>
3. O<sub>3</sub>
4. H<sub>2</sub>S
5. NH<sub>3</sub>
6. TSP (Debu), Timbal (Pb).

**Tabel 3.** Hasil Pengukuran Polutan

Parameter	Titik 1 : Gladak ( $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ )	Titik 2: Panti Waluyo ( $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ )	Dalam Kantor	Baku mutu ( $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ )	ISPU
SO <sub>2</sub>	3,493	3,929	-	632	< 50
NO <sub>2</sub>	15,61	26,46	-	316	< 50
O <sub>3</sub>	31,07	37,66	-	200	< 50
H <sub>2</sub> S	< 0,001	< 0,001	-	0,02	< 50
NH <sub>3</sub>	< 0,006	0,008	-	2,0	< 50
<b>TSP</b>	<b>112,3</b>	<b>399</b>	<b>40,3*</b>	<b>230</b>	<b>152</b>
Pb	0,117	0,234	0,0065*	2	< 50

Satuan pengukuran untuk SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub>, TSP, Pb :  $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$

Satuan pengukuran Untuk H<sub>2</sub>S dan NH<sub>3</sub> : ppm

\*) Hasil pengukuran di dalam kantor pada penelitian yang lain sebelumnya

Dari hasil pengukuran yang telah dilakukan parameter yang melebihi standar baku mutu adalah TSP (PM/Debu) pada titik 2 di depan RS Panti Waluyo yaitu sebesar  $399 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$ . Jika dirata-rata dengan titik kedua maka didapatkan nilai  $255 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$  dan didapatkan masih lebih tinggi diatas standar baku.

## B. Karakteristik Responden

### 1. Umur

Tabel distribusi dan frekuensi umur responden polisi lalu lintas.

**Tabel 4.** Distribusi dan Frekuensi Umur

Umur ( Tahun)	Frekuensi Persentase (%)	
	Dalam ruang	Luar ruang
21- 30	7	4
31- 40	6	10
41 - 50	1	9
51 - 60	2	2
Jumlah	16	25

Dari perhitungan didapatkan rata-rata umur polisi yang diperiksa adalah 37 tahun dan umur paling muda adalah 23 tahun dan paling tua adalah 53 tahun dengan Standar deviasi 8,66.

## 2. Tinggi Badan

Tabel Distribusi tinggi badan responden Polisi Lalu Lintas di Surakarta

**Tabel 5.** Distribusi Tinggi Badan

Tinggi Badan	Frekuensi Persentase (%)	
	Dalam Ruang	Luar Ruang
161 - 170	9	20
171 - 180	6	5
181 - 190	1	0
Jumlah	41	25

Rata – rata tinggi badan polisi yang diteliti adalah 169 cm, dengan standar deviasi 5,00089 dan tinggi badan paling tinggi adalah 181 cm dan paling rendah adalah 161 cm.

## 3. Berat Badan

Daftar distribusi berat badan responden Polisi Lalu Lintas Di Surakarta.

**Tabel 6.** Distribusi Berat Badan

Berata Badan (Kg)	Frekuensi Persentase (%)	
	Dalam ruang	Luar Ruang
51 - 60	3	4
61 - 70	2	9
71 - 80	5	7
81 - 90	5	4
91 - 100	1	0
101 - 110	0	1
Jumlah	16	25

Rata-rata berat badan Polisi Lalu Lintas yang diperiksa adalah 73,49 kg dengan standar deviasi 11,365 dan berat badan minimal adalah 55 kg dan berat badan maksimal adalah 106 kg.

## 4. Indeks Massa Tubuh

Daftar distribusi Indeks Massa Tubuh responden Polisi Lalu Lintas di Surakarta.

**Tabel 7.** Indeks Massa Tubuh

IMT (Kg/m <sup>2</sup> )	Frekuensi Persentase (%)	
	Dalam ruang	Luar ruang
18,5 – 24,9	5	12
25 – 29,9	10	9
30 – 34,9	1	4
Jumlah	16	25

Rata-rata IMT polisi lalu lintas yang diperiksa adalah 25,57 Kg/m<sup>2</sup> dengan standar deviasi 3,18 dan IMT minimal adalah 20,20 kg dan berat badan maksimal adalah 33,83 kg.

## 5. Lama kerja

Tabel Distribusi tinggi badan responden Polisi Lalu Lintas di Surakarta.

**Tabel 8.** Distribusi Lama Kerja

Lama Kerja (tahun)	Frekuensi Persentase	
	Dalam ruang	Luar ruang
1-5	5	2
6-10	5	4
11-15	3	6
16-20	3	13
Jumlah	16	25

Dari hasil penelitian lama kerja rata-rata para Polisi Lalu Lintas adalah 12 tahun dengan lama kerja terendah adalah 2,5 tahun dan tertinggi adalah 20 tahun dengan standar deviasi 5,39



### C. Hasil Pengukuran Fungsi Paru

Fungsi paru diukur dengan Autospirometer dari Pramita Diagnostic Center dan autospirometer Hiperkes/KK. Pengukuran dilakukan dengan memasukkan data umur, tinggi badan, berat badan. Lalu hasil pengukuran akan didapatkan dalam *print out* untuk setiap orang. Hasil pengukuran yang didapat dan digunakan dalam penelitian ini adalah FVC%. Dari hasil pengukuran tersebut 25 orang merupakan Polisi Lalu Lintas yang bekerja di lapangan atau di pos-pos polisi dan 16 orang merupakan polisi yang bekerja di dalam ruangan.

Dan dari hasil pengukuran yang didapatkan kemudian dikelompokkan lagi menjadi 2 kelompok yaitu :

1. %FVC < 80 termasuk kelompok dengan fungsi paru dalam batas normal
2. %FVC  $\geq$  80 maka masuk dalam kelompok tidak normal

Dari pengelompokan itu didapatkan sebagai berikut:

**Tabel 9.** %FVC Tingkat Polusi

		Tingkat Polusi		
		Lapangan	Ruangan	Total
%FVC tidak normal		18	5	23
		72.0%	31.2%	56.1%
Normal		7	11	18
		28.0%	68.8%	43.9%
Total	Count	25	16	41
	% within Tingkat Polusi	100.0%	100.0%	100.0%

**Tabel.10** Hasil Pengukuran %FVC

FVC%	Frekuensi Persentase (%)	
	Dalam ruang	Luar ruang
50 – 59.9	1	1
60 – 69.9	0	3
70 – 70.9	4	12
80 - 100	10	9
Jumlah	16	25

**D. Perhitungan Pengaruh Polusi Udara terhadap Fungsi Paru**

Dengan menggunakan hasil pada table 9 maka dapat dihitung besarnya *odds ratio* fungsi paru yang normal dan tidak normal adalah 5,65 dengan *confidence interval* antara 1,43 – 22,28. Dengan demikian maka didapatkan bahwa ada pengaruh polusi udara terhadap fungsi paru polisi lalu lintas dimana pengaruhnya adalah sebesar 5,65 kali.

Dari hasil diatas maka dilakukan tes  $X^2$  (*Chi Square*) untuk mengetahui apakah pengaruhnya signifikan atau tidak. Dari hasil perhitungan didapatkan hasil sebagai berikut:

**Tabel 11.** Perhitungan Statistik Chi-Square Tests<sup>d</sup>

	Value	df	Asymp. Sig. (2-sided)	Exact Sig. (2-sided)	Exact Sig. (1-sided)	Point Proba bility
Pearson Chi-Square	6.578 <sup>a</sup>	1	.010	.022	.012	
Continuity Correction <sup>b</sup>	5.028	1	.025			
Likelihood Ratio	6.704	1	.010	.022	.012	
Fisher's Exact Test				.022	.012	
Linear-by-Linear Association	6.418 <sup>c</sup>	1	.011	.022	.012	.010

Didapatkan nilai Chi Square adalah 6,578 dengan  $p = 0,01 \leq \alpha$

= 0,05 maka hasil tersebut adalah signifikan.

## BAB V

### PEMBAHASAN

#### A. Tingkat Polusi Udara

Pengukuran polusi udara dilakukan dengan alat pengukur kualitas udara dari laboratorium MIPA Pusat UNS. Pengukuran dilakukan di 2 titik di kota Surakarta yaitu di persimpangan RS Panti Waluyo dan Bundaran Gladak. Pengukuran dilakukan pada pukul 10.00 WIB di Bundaran Gladak dan pada pukul 12.30 WIB di persimpangan RS Panti Waluyo. Pengukuran masing-masing dilakukan selama 1 jam. Dari hasil pengukuran dan analisis dari Laboratorium MIPA Pusat UNS didapatkan hasil pengukuran beberapa parameter antara lain  $\text{NO}_2$ ,  $\text{SO}_2$ ,  $\text{NH}_3$ , TSP, Pb,  $\text{O}_3$ ,  $\text{H}_2\text{S}$ . Dari hasil yang didapatkan parameter TSP memiliki hasil paling tinggi yang melebihi standar baku yaitu sebesar  $399,1 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$  pada titik pengukuran persimpangan RS Panti Waluyo. Sedangkan pengukuran di Bundaran Gladak sebesar  $112,9 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$ . Dari kedua titik tersebut jika dirata-rata maka didapatkan hasil  $255 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$ . Hasil rata-rata tersebut masih di atas standar baku yaitu  $230 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$ . Sedangkan kadar debu udara di dalam ruang di Surakarta yang adalah  $0,00403 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$  menurut penelitian Mardani dkk (2005). Hal ini menunjukkan bahwa kadar polutan di dalam kantor khususnya debu di bawah nilai ambang batas.

Kadar TSP dengan kadar ini membahayakan kesehatan karena bisa menyebabkan terjadinya obstruksi maupun restriksi dari saluran nafas. Sedangkan parameter walaupun dalam kadar yang kecil dan jauh di bawah standar baku tetap dapat membahayakan jika dihirup dalam jangka waktu yang panjang. Hal ini tentu saja sangat berpengaruh terhadap kesehatan paru-paru Polisi Lalu Lintas yang telah bekerja selama 8 jam setiap hari sedangkan mereka bertugas sangat lama di lapangan.

Hasil pengukuran dipengaruhi oleh beberapa faktor antara lain menurut Suma'mur (1997):

1. Suhu Ambien : akan mempengaruhi kelembaban yang ada pada lingkungan polusi sehingga akan meningkatkan reaksi kimia zat-zat tertentu.
2. Kelembaban : Kelembaban akan mempengaruhi jumlah zat yang ada pada lingkungan polusi pada kelembaban tinggi zat-zat tertentu dapat terakumulasi dan sebagian zat tertentu yang lain akan teruarai atau hilang.
3. Tekanan Udara : Pada tekanan udara konsentrasi polutan bisa sangat tinggi dan sebagian yang lain sangat rendah.
4. Cuaca : Kondisi cuaca akan mempengaruhi beberapa faktor yang lain seperti suhu, kecepatan angin dan kelembaban sehingga dengan sendirinya akan merubah konsentrasi polutan pada suatu tempat.
5. Kecepatan dan arah angin : Kecepatan angin akan mempengaruhi pergerakan udara yang akan mempengaruhi jumlah tangkapan partikel – partikel polutan.

6. Adanya gedung atau bangunan dan benda tinggi seperti gedung bertingkat dan pepohonan akan mempengaruhi penyerapan terhadap bahan polutan dimana jika tingkat penyerapan tinggi maka konsentrasi polutan bisa terukur dalam konsentrasi rendah.

## B. Karakteristik Responden

### 1. Umur

Berdasarkan data yang didapatkan diperoleh responden berumur antara 23 sampai 53 tahun dengan rata-rata berumur 37 tahun. Median dari distribusi umur adalah 37 tahun. Dari data frekuensi umur terhadap fungsi paru didapatkan 23 orang memiliki fungsi paru buruk dan 18 orang dengan fungsi paru baik. Dari 23 orang yang memiliki fungsi paru buruk 13 orang berusia  $> 37$  tahun dan 10 orang berusia  $\leq 40$  tahun. Dan dari 18 orang yang memiliki fungsi paru yang baik 13 orang berumur kurang dari 37 tahun dan 5 orang berusia lebih dari 37 tahun.

Menurut Guyton (1997) umur sangat mempengaruhi fungsi paru, semakin bertambah umur semakin berkurang fungsi paru sesuai dengan penurunan fungsi-fungsi tubuh manusia. Semakin bertambah umur fungsi metabolisme tubuh semakin menurun sehingga mempengaruhi kinerja otot-otot manusia termasuk otot-otot pernafasan. Selain itu banyak sekali faktor yang dapat menurunkan fungsi paru oleh karena adanya proses degenerasi sel-sel tubuh.

Menurut penelitian Lestari (2008) ada hubungan antara lama kerja dengan penurunan kapasitas Vital paru-paru pada Polisi Lalu Lintas.

## 2. Berat badan dan tinggi badan

Rata-rata berat badan polisi lalu lintas yang diperiksa adalah 73,49 kg dengan standar deviasi 11,365 dan berat badan minimal adalah 55 kg dan berat badan maksimal adalah 106 kg. Median data adalah 73 kg dengan berat paling rendah adalah 55 kg dan berat paling tinggi adalah 106 kg.

Kemudian rata-rata tinggi badan rata – rata tinggi badan polisi yang diteliti adalah 169 cm, dengan standar deviasi 5,00089 dan tinggi badan paling tinggi adalah 181 cm dan paling rendah adalah 161 cm. Median dari data tinggi badan adalah 169 cm.

Berat badan dan tinggi badan dapat digunakan untuk mengukur status gizi seseorang dalam bentuk Indeks Massa Tubuh (IMT). Status gizi akan mempengaruhi perkembangan badan seseorang termasuk mempengaruhi perkembangan saluran pernafasan dan otot-otot pernafasan. Selain itu dengan status gizi yang buruk akan mengakibatkan sistem imun seseorang turun sehingga mudah terkena penyakit termasuk penyakit yang menyerang fungsi paru (Almatsier,2002)

Penyakit yang dapat menyerang fungsi paru seperti TBC, pneumonia dan asma dapat menurunkan fungsi paru. Karena kapasitas paru berkurang akibat menurunnya fungsi-fungsi saluran pernafasan dan alveoli paru

sehingga jumlah oksigen yang masuk bisa terhambat dan berkurang (Pudjiastuti,2002).

### 3. Lama kerja

Dari hasil penelitian lama kerja rata-rata para polisi lalu lintas adalah 12 tahun dengan lama kerja terendah adalah 2,5 tahun dan tertinggi adalah 20 tahun dengan standar deviasi 5,39.

Semakin lama seseorang bekerja pada lingkungan yang dapat mengurangi fungsi-fungsi fisiologi maka semakin besar kemungkinan terjadi penurunan fungsi organ (Depkes RI, 1994). Paparan polutan dalam jangka lama dapat menyebabkan terjadinya perubahan fungsi paru yang bisa menurunkan fungsi paru seseorang (Wardhana, 2001).

Dilihat dari lama kerja responden maka dapat diprediksi bahwa paparan terhadap polutan debu yang terukur bisa sangat banyak. Rata-rata polisi berjaga di pos polisi adalah 8 jam/hari. Dengan tingkat polutan debu dari hasil pemeriksaan yang begitu tinggi maka dapat ditarik hubungan bahwa polutan debu yang terukur dapat mempengaruhi fungsi paru untuk jangka pendek maupun jangka panjang.

### C. Hubungan Polusi Udara dan Fungsi Paru

Hasil yang didapatkan dalam pengukuran fungsi paru %FVC terendah adalah 58% dan paling tinggi adalah 107%. Dengan median sebesar 78% dan standar deviasi 1,13. Sedangkan hasil pengukuran polusi yang paling jumlahnya melebihi Mutu Baku adalah TSP (*Total Suspended Particulate*)

yang besarnya  $399\mu\text{g}/\text{Nm}^3$  di titik persimpangan RS Panti Waluyo sedangkan di Titik Bundaran Gladak didapatkan hasil sebesar  $112\mu\text{g}/\text{Nm}^3$  jika dirata-rata dari keduanya didapatkan nilai  $251,5\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ .

Dengan derajat kemaknaan 95% *odds ratio* 5,65 dan *confidence interval* antara 1,43-22,28 maka dapat disimpulkan bahwa polusi udara memiliki pengaruh terhadap fungsi paru polisi lalu lintas dilihat dari *odds ratio* yang lebih dari 1 dan diantara nilai *confidence interval*. Hal ini diperkuat dengan uji statistik dengan uji  $X^2$  didapatkan nilai 6,57 dengan  $p=0,01 < \alpha=0,05$  maka hasilnya adalah signifikan. Hal ini senada dengan penelitian Khanal and Shrestha (2005) dengan penelitian yang sama dengan memakai model tertentu di mana hasilnya dikatakan bahwa polusi udara ambien meningkatkan terjadinya gangguan fungsi paru bahkan meningkatkan angka masuk rumah sakit dan kematian akibat gangguan respirasi. Selain itu penelitian yang dilakukan di India yang dilakukan oleh Pereira pada tahun 1999 mengatakan bahwa pada polusi udara di India telah menyebabkan terjadinya gangguan fungsi paru untuk jangka waktu singkat maupun jangka panjang sehingga perlu dilakukan adanya kebijaksanaan untuk mengurangi dampak yang ditimbulkan. Selain itu penelitian Mila (2006) paparan terhadap polutan debu dapat diminimalisir karena terdapat hubungan yang cukup kuat antara pemakaian alat pelindung diri dengan polusi udara. Dan pada penelitian Lestari (2008) yang meneliti kapasitas vital paru Polisi Lalu Lintas di Surabaya menyatakan paparan polusi udara yang lama terhadap Polisi Lalu Lintas dapat menyebabkan terjadinya penurunan kapasitas paru.



TSP ( *Total Suspended Particulate*) atau Partikulat Debu melayang (*Suspended Particulate Matter/SPM*) merupakan campuran berbagai senyawa organik maupaun anorganik yang berukuran < 1 mikron sampai 500 mikron. Partikulat debu tersebut akan melayang di udara dan dapat masuk ke dalam tubuh manusia melalui saluran pernafasan (Depkes, 2003). Secara alamiah partikulat debu dapat dihasilkan dari debu tanah kering yang terbawa oleh angin atau berasal dari muntahan letusan gunung berapi. Pembakaran yang tidak sempurna dari bahan bakar yang mengandung senyawa karbon akan murni atau bercampur dengan gas-gas organik seperti halnya penggunaan mesin disel yang tidak terpelihara dengan baik (Depkes, 2003).

Partikulat debu melayang (SPM) juga dihasilkan dari pembakaran batu bara yang tidak sempurna sehingga terbentuk aerosol kompleks dari butir-butiran tar. Dibandingkan dengan pembakaraan batu bara, pembakaran minyak dan gas pada umumnya menghasilkan SPM lebih sedikit. Kepadatan kendaraan bermotor dapat menambah asap hitam pada total emisi partikulat debu. Demikian juga pembakaran sampah domestic dan sampah komersial bisa merupakan sumber SPM yang cukup penting. Berbagai proses industri seperti proses penggilingan dan penyemprotan, dapat menyebabkan abu berterbangan di udara, seperti yang juga dihasilkan oleh emisi kendaraan bermotor (Depkes, 2003).

Pajanan partikel debu melalu inhalasi di saluran pernafasan ini akan menyebabkan berbagai gangguan fungsi paru sesuai dengan ukuran partikel debu tersebut. Partikel-partikel debu tersebut akan tertimbun di saluran

pernapasan sesuai sifat kimia, fisika maupun biologi dari debu tersebut. Debu diinhalasi dalam bentuk partikel debu solid, atau suatu campuran dan asap. Udara masuk melalui rongga hidung disaring, dihangatkan dan dilembabkan. Ketiga fungsi tersebut disebabkan karena adanya mukosa saluran pernapasan yang terdiri dari epitel toraks bertingkat, bersilia, dan mengandung sel goblet. Partikel debu yang kasar dapat disaring oleh rambut yang terdapat pada lubang hidung, sedangkan partikel debu yang halus akan terperangkap dalam lapisan mukosa. Gerakan silia mendorong lapisan mukosa ke posterior, ke rongga hidung dan ke arah superior menuju faring (Price, 1995). Debu yang berukuran antara 5-10 $\mu$  akan ditahan oleh saluran napas atas, debu yang berukuran 3-5 $\mu$  akan ditahan oleh bagian tengah jalan pernapasan, debu yang berukuran 1-3 $\mu$  merupakan ukuran yang paling berbahaya, karena akan tertahan dan tertimbun (menempel) mulai dari bronkiolus terminalis sampai alveoli dan debu yang berukuran 0,1-1 $\mu$  bergerak keluar masuk alveoli sesuai dengan gerak brown (WHO,1986). Partikel debu yang masuk ke dalam paru-paru akan membentuk fokus dan berkumpul di bagian awal saluran limfe paru. Debu ini akan difagositosis oleh makrofag. Debu yang bersifat toksik terhadap makrofag akan merangsang terbentuknya makrofag baru. Pembentukan dan destruksi makrofag yang terus-menerus berperan penting dalam pembentukan jaringan ikat kolagen dan pengendapan hialin pada jaringan ikat tersebut. Fibrosis ini terjadi pada parenkim paru yaitu pada dinding alveoli dan jaringan ikat intertestial (Price, 1995). Akibat fibrosis paru akan terjadi penurunan elastisitas jaringan paru (pergeseran jaringan

paru) dan menimbulkan gangguan pengembangan paru (Anderson, 1989). Bila pengerasan alveoli mencapai 10% akan terjadi penurunan elastisitas paru yang menyebabkan kapasitas vital paru akan menurun dan dapat mengakibatkan menurunnya suplai oksigen ke dalam jaringan otak, jantung dan bagian-bagian tubuh lainnya (Parker,1982) .

Kelainan paru karena adanya deposit debu dalam jaringan paru disebut pneumoconiosis. Menurut defenisi dari Internasional Labour Organisation (ILO), pneumokoniosis adalah akumulasi debu dalam jaringan paru dan reaksi jaringan paru terhadap adanya akumulasi debu tersebut (WHO,1986). Berdasarkan penyebabnya pneumokoniosis antarlain Silikosis, *Coal worker Penumoconiosis*, *Asbestosis*, *Berryliosis*. Selain itu debu juga dapat menyebabkan adanya Asma akibat Kerja, Kanker Paru akibat kerja dan Bronkitis Industri.

Menurut Goss (2004) pajanan polutan (termasuk PM<sub>10</sub>) juga dapat mengurangi fungsi paru bahkan pada populasi normal di mana belum terjadi gejala pernapasan yang mengganggu aktivitas.. Walaupun demikian beberapa zat yang tidak melebihi baku mutu jika terpapar dalam waktu yang lama dapat menyebabkan gangguan fungsi paru. Ada beberapa alternatif pengendalian (secara teknik dan administrasi) yang bisa dilaksanakan namun mempunyai beberapa kendala. Pilihan yang sering dilakukan adalah melengkapi tenaga kerja dengan alat pelindung diri menjadi suatu keharusan hal ini menjadi suatu keharusan. Hal ini sesuai dengan Undang-Undang No.1 Th 1970 tentang Keselamatan Kerja khususnya pasal 9,12 dan 14 yang mengatur penyediaan

dan penggunaan alat pelindung diri di tempat kerja, baik pengusaha maupun bagi tenaga kerja . Sedangkan Suma'mur (1996) mengatakan penanggulangan terhadap bahaya polusi udara ada beberapa cara antara lain:

1. Memakai alat pelindung diri seperti masker
2. Melakukan pemeriksaan kesehatan secara berkala minimal 6 bulan sekali.
3. Memberikan pembinaan dan pendidikan kepada tenaga kerja dalam menanggulangi bahaya kerja.



## BAB VI

### SIMPULAN DAN SARAN

#### A. Simpulan

Kesimpulan penelitian ini adalah ada pengaruh polusi udara terhadap fungsi paru Polisi Lalu Lintas di Surakarta dengan *Odds ratio* sebesar 6,65 dan Confidence Interval 1,43-22,28

#### B. Saran

1. Bagi Kepolisian Kota Besar Surakarta
  - a. Sebaiknya dilakukan pengamanan diri para anggota satuan lalu lintas dengan memberikan alat pengaman diri berupa masker dalam setiap tugasnya untuk mereduksi adanya resiko penurunan fungsi paru akibat polusi udara.
  - b. Sebaiknya dilakukan pemeriksaan kesehatan rutin minimal 6 bulan sekali untuk mengetahui dan menjaga kondisi kesehatan setiap personil.
  - c. Hendaknya dilakukan rotasi penempatan personil dari pos-pos yang ada agar bisa mengurangi resiko terjadinya gangguan kesehatan.

2. Bagi peneliti selanjutnya

Apabila dilakukan penelitian kembali tentang pengaruh polusi udara terhadap fungsi paru dapat melakukan pengukuran dari setiap jenis

polutan yang ada dan diperiksa dengan system dan alat yang lebih canggih sehingga didapatkan hasil yang lebih baik.

Dan hendaknya diteliti lagi parameter-parameter selain fungsi paru sehingga dapat diketahui pengaruh polusi udara terhadap semua fungsi faal tubuh.

3. Pengendalian sumber Pencemaran antara lain :
  - a. Merawat mesin kendaraan bermotor agar tetap baik misal dengan melakukan servis kendaraan secara berkala.
  - b. Melakukan pengujian emisi secara berkala dan KIR kendaraan.
  - c. Memasang filter pada knalpot.

