



**UNIVERSITAS INDONESIA**

**ANALISIS RISIKO PAJANAN BENZO(a)PYRENE  
PADA POLISI YANG BERTUGAS DI JALAN RAYA  
MARGONDA KOTA DEPOK  
TAHUN 2008**

**TESIS**

**OLEH :  
ENDANG SUSMIATI  
NPM 0606020190**

**PROGRAM STUDI ILMU KESEHATAN MASYARAKAT  
FAKULTAS KESEHATAN MASYARAKAT  
UNIVERSITAS INDONESIA**

**DEPOK, 2008**

**PROGRAM PASCA SARJANA  
PROGRAM STUDI ILMU KESEHATAN MASYARAKAT  
FAKULTAS KESEHATAN MASYARAKAT  
KESEHATAN LINGKUNGAN**

Endang Susmiati

**Analisis Risiko Paparan Benzo(a)Pyrene Pada Polisi Yang Bertugas Di Jalan Raya Margonda Kota Depok**

xi + 101 hal, 25 tabel, 4 gambar, 6 lampiran

**ABSTRAK**

Pencemaran udara dapat terjadi, baik dalam ruangan maupun di luar ruangan, dipedesaan maupun perkotaan. Sumber utama pencemaran udara perkotaan adalah transportasi, dengan debu sebagai bahan pencemar udara yang dominan. Mobilitas kendaraan yang tinggi akan meningkatkan konsentrasi BaP di udara. BaP merupakan salah satu zat pencemar udara yang diakibatkan oleh pembakaran yang tidak sempurna dari bahan bakar kendaraan bermotor.

Tujuan penelitian ini adalah mengetahui tingkat risiko akibat paparan benzo(a)pyrene di udara di jalan raya pada polisi yang bertugas di Jalan Raya Margonda Kota Depok. Penelitian ini dilakukan terhadap populasi berisiko polisi yang bertugas di jalan raya sebanyak 46 orang dan 46 orang sebagai pembandingan (polisi yang bertugas di kantor Polres Depok). Desain penelitian ini adalah Cross-Sectional dengan uji hipotesis dan perhitungan secara kuantitatif prakiraan risiko kesehatan. Untuk memperkirakan risiko kesehatan diukur konsentrasi debu TSP dan konsentrasi BaP selama 1 shift kerja, serta informasi tentang sumber, lama paparan dan frekuensi paparan serta karakteristik individu (umur, jenis kelamin dan berat badan).

Hasil penelitian menunjukkan rata-rata konsentrasi debu TSP pada polisi yang bertugas di jalan raya  $0,82405 \text{ mg/m}^3$  (SD=0,2025), pada pembandingan  $0,08854 \text{ mg/m}^3$  (SD=0,0053). Rata-rata konsentrasi BaP pada polisi yang bertugas di jalan raya  $0,3887 \text{ } \mu\text{g/m}^3$  (SD=0,0489), pada pembandingan  $0,0500 \text{ } \mu\text{g/m}^3$  (SD=0,0000). Hasil dari analisis regresi logistik menunjukkan faktor yang berhubungan dengan tingkat risiko kesehatan pada polisi yang bertugas di jalan raya adalah paparan BaP yang bersumber dari jumlah kendaraan yang melewati jalan raya.

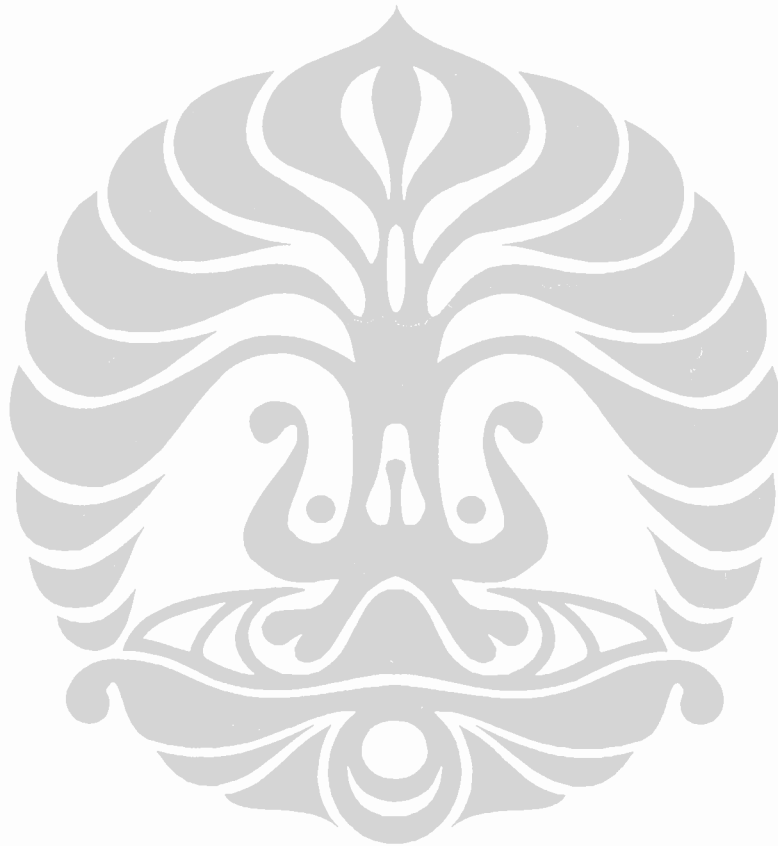
Perkiraan besar risiko kanker rata-rata sebesar 2,6 per 10.000 penduduk. Persentase pada polisi yang bertugas di jalan raya telah melampaui ambang batas risiko kanker ( $\geq 1$  per 10.000) sebesar 97,8%, pada pembandingan 2,2%. Persentase pada polisi yang bertugas di jalan raya telah melampaui ambang batas risiko nonkanker akibat debu TSP ( $RQ \geq 1$ ) sebesar 97,8%, pada pembandingan 2,2%. Polisi yang bertugas di jalan raya mempunyai tingkat risiko kesehatan (kanker dan nonkanker) yang lebih tinggi dibandingkan dengan polisi yang bertugas di kantor, ditunjukkan dengan nilai OR = 2025 (95%CI : 122.841 – 33381.638).

Hasil analisis risiko kesehatan diketahui bahwa apabila polisi yang mendapat asupan (dosis per satuan waktu) paparan Benzo(a)Pyrene sebesar  $0,39 \text{ } \mu\text{g/m}^3$  diasumsikan terjadi seumur hidup, maka polisi tersebut akan mendapatkan risiko kanker sebesar  $2,6 \times 10^{-4}$  (diperkirakan akan ada 2,6 tambahan kasus per 10.000 penduduk).

Pemerintah pusat maupun daerah perlu memikirkan cara untuk penurunan konsentrasi BaP di udara dengan mengendalikan sumber paparan, sehingga dapat mencegah

terjadinya kanker paru. Pihak kepolisian perlu melakukan tindakan preventif dengan melakukan general cek up terutama deteksi dini kanker, meninjau kembali jadwal kerja, dan menertibkan untuk selalu memakai APD.

**Kata Kunci** : Pencemaran udara, sumber pencemaran, debu TSP, BaP, analisis risiko kanker dan nonkanker.



**MASTER DEGRE PROGRAM  
STUDY OF PUBLIK HEALTH SCIENCE PROGRAM  
FAKULTY OF PUBLIC HEALTH  
ENVIRONMENTAL HEALTH EPIDEMIOLOGY**

Endang Susmiati

**Risks Analysis Study of Benzo(a)Pyrene exposure to policemen working at Margonda Street Depok City**

xi + 101 pages, 25 tables, 4 pictures, 6 appendices.

**ABSTRACT**

Air pollution happens everywhere, inside even outside the building, at city side also at country side. At the city, the main source of air pollution is transportation residue, which are flying particles are dominant. High mobility of transportation vehicles increases Benzo(a)Pyrene concentration in the air. Benzo(a)Pyrene is an incomplete fuel product

This study aims to identify the risk of BaP exposure on policemen in duty at Margonda Street Depok City. Study population consists of 46 policemen in street duty compared to 46 other policemen who did not at streets (doing jobs at Depok Police Resort Office). This cross-sectional design with hypothetical analysis and quantitative calculation of presumptive health risk. TSP flying objects and BaP concentration were measured in one period of work to presume the health risk. Some other data also were collected especially about the source, frequency and duration of exposure beside of individual characteristic, ie; age, gender and weight.

This study revealed that there are significant differences in TSP concentration for policemen working at the street ( $0.82405 \text{ mg/m}^3$ ;  $SD = 0.2025$ ) compared to those working in the office ( $0.08854 \text{ mg/m}^3$ ;  $SD = 0.0053$ ) and BaP concentration average for those at the street ( $0.3887 \text{ } \mu\text{g/m}^3$ ;  $SD = 0.0489$ ), compared to those in the office ( $0.0500 \text{ } \mu\text{g/m}^3$ ;  $SD = 0.0000$ ). Logistic regression analysis results that correlating risk factor for policemen work at the street was BaP exposed from vehicles.

Presumptive cancer risk in average is 2.6 per 10.000 population. Percentage of policemen who work at the street had cancer risk above the borderline ( $\geq 1$  per 10.000) was 97.8% while in the other group was 2.2%. Ninety seven point eight (97,8%) of policemen work at the street had had TSP concentration greater than noncancer risk line ( $RQ \geq 1$ ) compared to 2.2%. Odds ratio of health risk for those working at the street was greater than those working in the office ( $OR = 2025$ ;  $95\%CI : 122.841 - 33381.638$ ). This study did not cover many other factors influencing cancer risk like seasonal, wind flow, etc; and there is a chance to do more work.

Local and central government need more effort to reduce BaP concentration in the air by controlling source of exposure to prevent lung cancer. Police department should apply preventive care by general check up regularly to detect cancer, reanalysing work schedules and enforce the use of protection apparatus.

**Key words:** air pollution, pollutant source, TSP, BaP, cancer and noncancer risks analysis.



UNIVERSITAS INDONESIA

**ANALISIS RISIKO PAJANAN BENZO(a)PYRENE  
PADA POLISI YANG BERTUGAS DI JALAN RAYA  
MARGONDA KOTA DEPOK  
TAHUN 2008**

Tesis ini diajukan sebagai  
salah satu syarat untuk memperoleh gelar  
**MAGISTER KESEHATAN MASYARAKAT**

Oleh :  
**ENDANG SUSMIATI**  
NPM 0606020190

**PROGRAM STUDI ILMU KESEHATAN MASYARAKAT  
FAKULTAS KESEHATAN MASYARAKAT  
UNIVERSITAS INDONESIA**

**DEPOK, 2008**

**PERNYATAAN PERSETUJUAN**

**Tesis dengan judul**

**ANALISIS RISIKO PAJANAN BENZO(a)PYRENE  
PADA POLISI YANG BERTUGAS DI JALAN RAYA  
MARGONDA KOTA DEPOK  
TAHUN 2008**

Telah disetujui, diperiksa dan dipertahankan dihadapan Tim Penguji Tesis Program  
Pascasarjana Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Indonesia.

Depok, 16 Juli 2008

Komisi Pembimbing

Ketua



(Drs. Bambang Wispriyono, Apt., PhD)

Anggota



(Prof. Haryoto Kusnoputranto, dr, SKM, Dr-PhD)

**PANITIA SIDANG UJIAN TESIS  
PROGRAM STUDI ILMU KESEHATAN MASYARAKAT  
FAKULTAS KESEHATAN MASYARAKAT  
UNIVERSITAS INDONESIA**

Depok, 16 Juli 2008

Ketua



(Drs. Bambang Wispriyono, Apt., PhD)

Anggota



(Prof. Haryoto Kusnopranto, dr, SKM, Dr PH)



(drg. Ririn Arminingsih W., M.Kes.)



(I Gusti Gede Djestawana, SKM, M.Kes.)



(Dr. Sonny Priajaya Warouw, SKM, M.Kes.)

## RIWAYAT HIDUP

Nama : Endang Susmiati

Tempat/Tanggal Lahir : Tulungagung, 05 November 1976

Alamat : Perum Depok Maharaja Blok S5 No. 4  
Jl. H. Muhtar Kelurahan Rangkapan Jaya  
Kecamatan Pançoranmas Depok  
Telp (021) 77880829

Status Keluarga : Menikah

Alamat Instansi : Inspektorat IV Gedung Depkes Blok A Lt. 4  
Ruang 406 Jl. HR. Rasuna said Blok X5 Kapling  
No. 4-9 Kuningan Jakarta

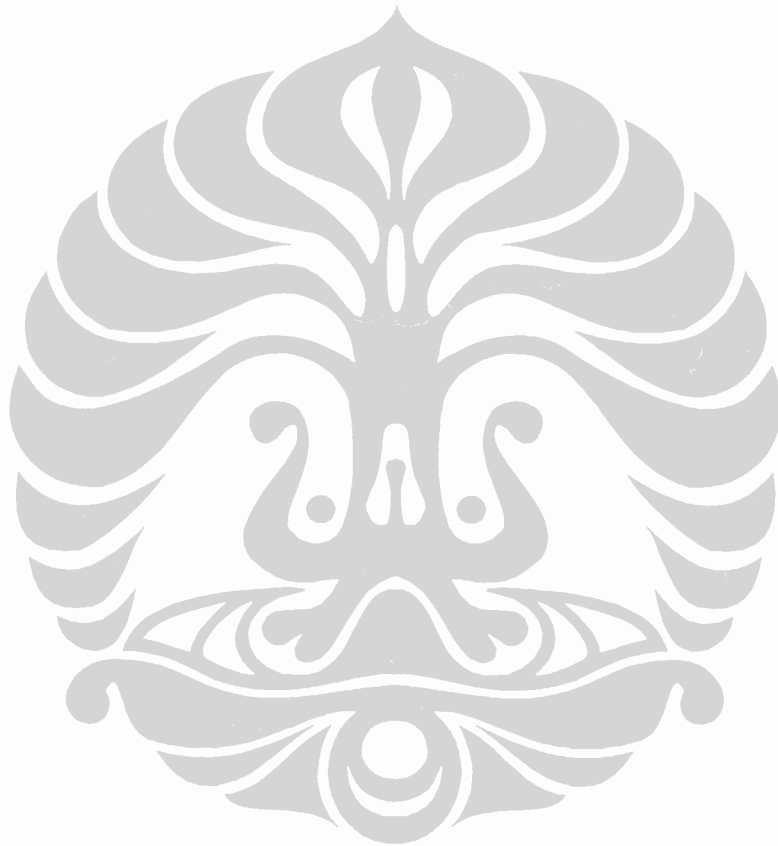
**Riwayat Pendidikan :**

1. SDN Dukuh Gondang Tulungagung , lulus tahun 1989
2. SMPN 1 Gondang Tulungagung , lulus tahun 1992
3. Sekolah Menengah Analis Kesehatan Bhakti Husada , lulus tahun 1996
4. STIKES Tri Mandiri Sakti Bengkulu , lulus tahun 2005
5. Mahasiswa Program Pascasarjana IKM UI , tahun 2006-sekarang



**Riwayat Pekerjaan :**

1. Laboratorium Klinik Wijaya Kediri , tahun 1996-1998
2. Laboratorium Rumah Sakit Bhayangkara Bengkulu , tahun 1999-2000
3. Balai Laboratorium Kesehatan Daerah Prov. Bengkulu, tahun 2001-2005
4. Inspektorat Jenderal Depkes RI , tahun 2006-sekarang



## KATA PENGANTAR

Alhamdulillah, segala puji dan syukur saya panjatkan kehadirat Alloh SWT yang tidak pernah berhenti melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya, sehingga saya dapat menyelesaikan tesis ini. Secara tulus saya mengucapkan terimakasih kepada kedua orang tua saya yang telah mendidik dan membimbing serta doa yang selalu dipanjatkan untuk saya selama ini. Terima kasih yang tidak terhingga untuk suamiku tercinta Ir. Puguh Wahyoedi yang dengan tulus selalu memberikan dorongan moril dan materi serta doa yang dipanjatkan selama saya menyelesaikan kuliah, serta buah hati saya yang tersayang Dalfaryan Wahyu Nabila Putra dan Hafizh Wahyu Rafflesia Putra.

Pada kesempatan ini saya ingin menyampaikan terima kasih kepada Bapak Bambang Wispriyono, Apt.,PhD, yang diantara kesibukannya sebagai Dekan Akademik tetap bersedia menjadi pembimbing utama saya dan banyak memberikan arahan dan masukan yang sangat berharga untuk menyempurnakan tesis ini.

Rasa hormat dan terima kasih saya sampaikan kepada Prof. dr. Haryoto Kusnoputranto, SKM, Dr.PH, atas kesediannya menjadi pembimbing dan diantara kesibukannya telah membaca tesis ini dengan teliti dan memberikan masukan yang sangat berarti

Terima kasih kepada ibu drg.Ririn Arminsih W., yang telah bersedia menjadi penguji dan telah banyak memberikan bimbingan dan masukan yang sangat berguna, juga kepada Bapak I Gusti Gede Djestawana, SKM, M.Kes., diantara kesibukannya sebagai Inspektur di Inspektorat Departemen Kesehatan RI dan sebagai atasan saya

telah meluangkan waktu menjadi penguji dan banyak memberikan kesempatan, dorongan kepada saya dalam menyelesaikan kuliah.

Terima kasih saya sampaikan juga kepada Bapak Dr. Sonny Priajaya Warouw, SKM, M.Kes., yang telah bersedia menjadi penguji dan dari hasil disertasi beliau saya mendapatkan banyak masukan dan inspirasi untuk kesempurnaan tesis ini.

Terima kasih kepada seluruh dosen dan staf jurusan Kesehatan Lingkungan, staf sekretariat dan staf perpustakaan Ilmu Kesehatan Masyarakat FKM-UI yang telah memberikan ilmu dan bekal bagi kelancaran belajar saya dan penulisan tesis ini.

Terima kasih saya sampaikan kepada Kepala Polres Kota Depok dan seluruh anggota yang telah memberikan izin dan bersedia menjadi responden dalam penelitian saya.

Terima kasih saya sampaikan kepada Bapak Sumadi, SKM, dan Bapak Fouri dari Laboratorium Balai Hiperkes DKI Jakarta, yang telah banyak membantu saya dalam pengumpulan sample debu dan pengukurannya di laboratorium.

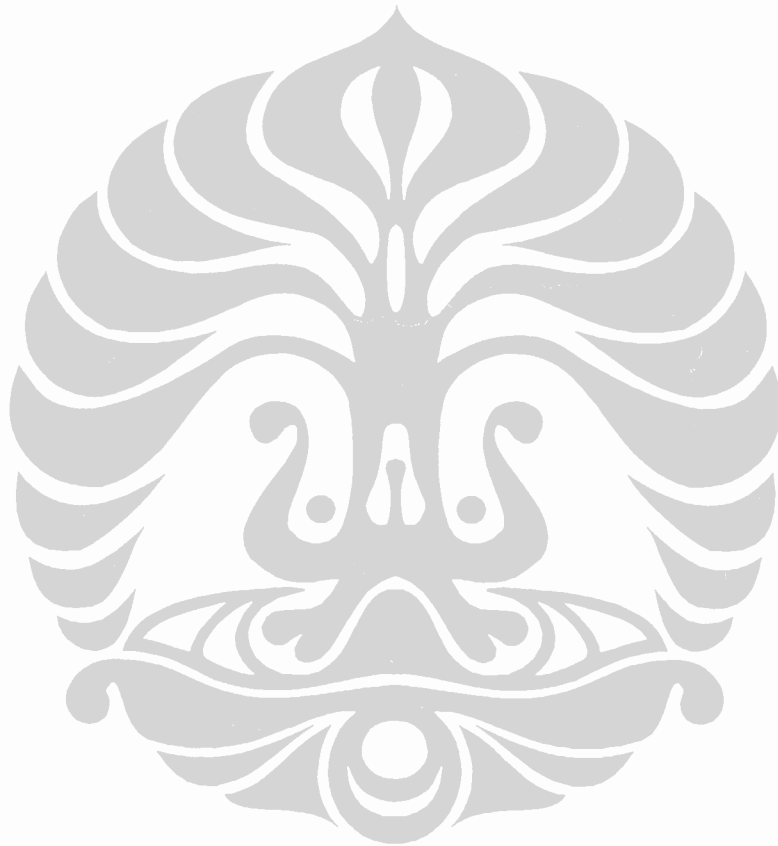
Ucapan terima kasih juga saya sampaikan kepada Ibu dra. Ernawati, MSi., dari Laboratorium Kesehatan Daerah DKI (Lab Doping) yang banyak membantu dalam pengukuran BaP di laboratorium.

Terima kasih banyak saya ucapkan kepada teman-teman kuliah di Epidemiologi Kesehatan Lingkungan, yang banyak memberikan dukungan, masukan dan semangat serta kebersamaan kita selama ini.

Dan masih banyak lagi ucapan terima kasih yang ingin saya sampaikan kepada semua pihak yang telah membantu saya, namun tidak bisa saya sebutkan satu persatu. Untuk itu saya mohon maaf dan pada kesempatan ini saya mengucapkan terima kasih. Semoga Allah SWT membalas semua kebaikan yang telah anda berikan, Amien.

Depok, Juli 2008

Penulis



## DAFTAR ISI

Judul	Halaman
ABSTRAK	
HALAMAN JUDUL	
LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING	
LEMBAR PERSETUJUAN PENGUJI	
RIWAYAT HIDUP	
KATA PENGANTAR	
DAFTAR ISI	
DAFTAR TABEL	
DAFTAR GAMBAR	
<b>BAB 1 PENDAHULUAN</b>	
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Perumusan Masalah.....	4
1.3. Pertanyaan Penelitian.....	5
1.4. Tujuan Penelitian.....	6
1.4.1. Tujuan Umum.....	6
1.4.2. Tujuan Khusus.....	6
1.5. Manfaat Penelitian.....	6
1.6. Ruang Lingkup Penelitian.....	7
<b>BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA</b>	
2.1. Pencemaran Udara.....	8
2.1.1. Definisi.....	8
2.1.2. Karakteristik Pencemaran Udara.....	8
2.1.3. Sumber Pencemaran Udara.....	9
2.1.4. Jenis Pencemaran Udara.....	10

2.2.	Pencemaran Udara Perkotaan.....	10
2.2.1.	Emisi Gas Buang Kendaraan Bermotor.....	12
2.2.2.	Jenis Gas Buang.....	14
2.2.3.	Faktor yang Mempengaruhi Komposisi Gas Buang.....	18
2.3.	Polisiklik Aromatik Hidrokarbon (PAH).....	18
2.4.	Benzo(a)Pyrene (BaP).....	19
2.4.1.	Sumber Paparan BaP.....	20
2.4.2.	Konsentrasi PAH dan BaP di Udara <i>Ambient</i> .....	21
2.4.3.	Dampak BaP Udara Terhadap Kesehatan.....	23
2.4.4.	Efek Karsinogenesis.....	26
2.4.5.	Struktur Aktivasi BaP.....	28
2.4.6.	Toksikokinetik BaP.....	28
2.5.	Analisis Risiko Kesehatan.....	29
2.5.1.	Identifikasi Bahaya ( <i>Hazard</i> Potensial dan Manajemen Model).....	33
2.5.2.	Analisis Paparan ( <i>Exposure Assessment</i> ).....	34
2.5.3.	Analisis Efek ( <i>Effect Assessment</i> ).....	36
2.5.4.	Karakteristik Risiko ( <i>Risk Characterization</i> ).....	39
<b>BAB 3</b>	<b>KERANGKA TEORI DAN KERANGKA KONSEP</b>	
3.1.	Kerangka Teori.....	41
3.2.	Kerangka Konsep.....	42
3.3.	Hipotesis.....	43
3.4.	Definisi Operasional.....	43

## BAB 4 METODE PENELITIAN

4.1.	Desain Penelitian.....	46
4.2.	Tempat dan waktu Penelitian.....	46
4.3.	Populasi dan Sampel.....	46
4.3.1.	Populasi.....	46
4.3.2.	Sampel.....	47
4.4.	Bahan dan Cara Kerja.....	50
4.4.1.	Cara Pengumpulan Sampel.....	50
4.4.2.	Pengukuran Konsentrasi BaP.....	51
4.4.3.	Perhitungan Risiko Kanker.....	53
4.4.4.	Perhitungan Risiko Nonkanker.....	55
4.5.	Pengolahan dan Analisa Data.....	57
4.5.1.	Pemasukan (Entry) Data.....	58
4.5.2.	Analisa Data.....	58
4.6.	Langkah Pelaksanaan Penelitian.....	60

## BAB 5 HASIL PENELITIAN

5.1.	Cakupan Unit Penelitian.....	61
5.2.	Karakteristik Responden.....	61
5.2.1.	Karakteristik Umur, Jenis Kelamin, dan Tingkat Pendidikan.....	61
5.2.2.	Distribusi Berat Badan Responden.....	63
5.3.	Gambaran Sumber Paparan BaP.....	63
5.3.1.	Jumlah Kendaraan yang Melalui Jalan Margonda.....	63
5.3.2.	Kebiasaan Merokok, Makan Makanan Bakar Bahan Bakar Masak dan APD.....	64

5.4.	Gambaran Kualitas Udara Debu TSP dan Konsentrasi BaP.....	67
5.4.1.	Konsentrasi debu TSP.....	67
5.4.2.	Konsentrasi BaP.....	68
5.5.	Perkiraan Risiko Kesehatan.....	69
5.5.1.	Perkiraan Risiko Kanker.....	69
5.5.2.	Perkiraan Risiko Nonkanker.....	71
5.6.	Uji Normalitas.....	72
5.6.1.	Perbedaan rata-rata konsentrasi Debu TSP dan BaP Antara Polisi yang Bertugas di Jalan Raya dan Pembanding.....	73
5.7.	Faktor yang Mempengaruhi Tingkat Risiko Kesehatan.....	74
5.7.1.	Lama Pajanan.....	74
5.7.2.	Jumlah Kendaraan, Suhu Udara, Kelembaban, Kecepatan Aliran Udara dan Jumlah Rokok.....	75
5.7.3.	Kebiasaan Merokok, Makan Makanan Bakar Bahan Bakar Masak dan APD.....	77
5.8.	Peran Berbagai Variabel (Analisis Multivariat) Terhadap Risiko Kesehatan.....	80
5.9.	Hubungan Polisi Yang Bertugas di Jalan Raya Dengan Tingkat Risiko Kesehatan.....	82
<b>BAB 6 PEMBAHASAN</b>		
6.1.	Keterbatasan Penelitian.....	83
6.2.	Sumber Pajanan BaP.....	83
6.2.1.	Jumlah Kendaraan yang Melalui Jalan Margonda.....	83
6.2.2.	Kebiasaan Merokok.....	84
6.2.3.	Makan Makanan Bakar.....	85



6.2.4. Sumber Paparan Lainnya.....	86
6.3. Kualitas Udara Debu TSP dan BaP.....	87
6.3.1. Konsentrasi Debu TSP.....	87
6.3.2. Konsentrasi BaP.....	88
6.3.3. Perbedaan Rata-Rata Konsentrasi Debu TSP Antara Polisi yang Bertugas di Jalan Raya Dan Pembanding.....	89
6.3.4. Perbedaan Rata-Rata Konsentrasi BaP Antara Polisi yang Bertugas di Jalan Raya Dan Pembanding.....	90
6.4. Faktor yang Mempengaruhi Tingkat Risiko Kesehatan.....	91
6.4.1. Lama Paparan.....	91
6.4.2. Jumlah Kendaraan, Suhu Udara, Kelembaban, Kecepatan Aliran Udara dan Jumlah Rokok.....	92
6.4.3. Kebiasaan Merokok, Makan Makanan Bakar Bahan Bakar Masak dan APD.....	94
6.5. Peran Berbagai Variabel (Analisis Multivariat) Terhadap Risiko Kesehatan.....	94
6.6. Karakteristik Risiko Kesehatan.....	95
6.6.1. Perkiraan Risiko Kanker.....	95
6.6.2. Perkiraan Risiko Nonkanker.....	97
6.7. Hubungan Polisi Yang Bertugas di Jalan Raya Dengan Tingkat Risiko Kesehatan.....	98
<b>BAB 7 KESIMPULAN DAN SARAN</b>	
7.1. Kesimpulan.....	99
7.2. Saran.....	101

DAFTAR PUSTAKA  
LAMPIRAN

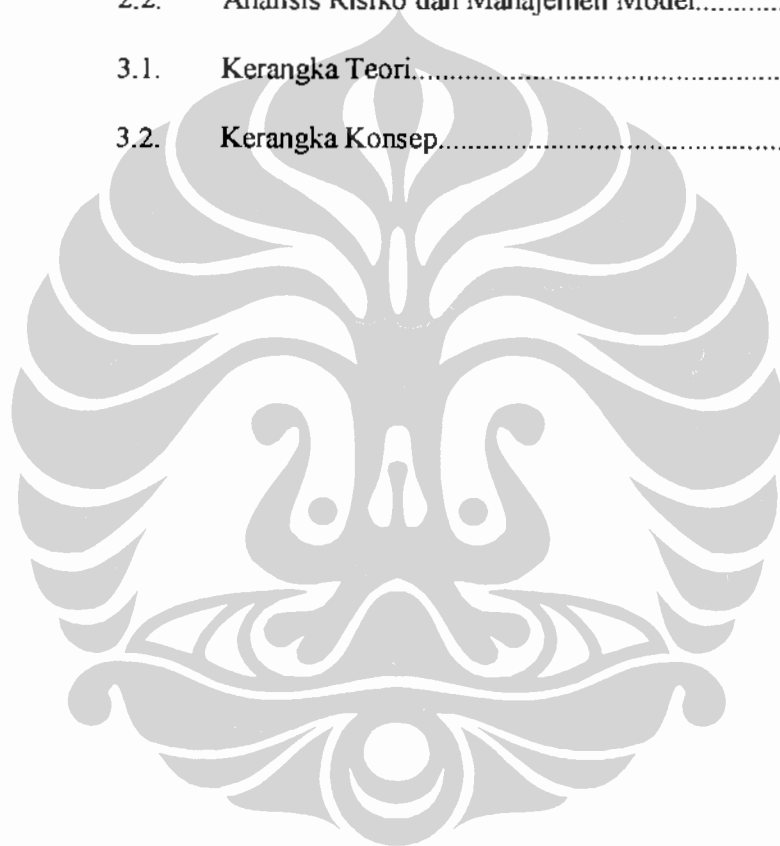
## DAFTAR TABEL

Nomor Tabel		Halaman
2.1.	Komposisi Emisi Pencemaran Udara di Kota-Kota Besar di Indonesia.....	12
2.2.	Klasifikasi Tingkat Paparan BaP di Tempat Kerja.....	23
2.3.	Aspek-Aspek yang Perlu Diperhatikan Dalam Analisis Paparan.....	35
3.1.	Definisi Operasional.....	43
5.1.	Distribusi Frekuensi Karakteristik Responden Analisis Risiko Paparan BaP pada Polisi yang Bertugas di Jalan Raya (46 Orang) Dan Pembanding (46 Orang).....	62
5.2.	Distribusi Frekuensi Berat Badan Responden Analisis Risiko Paparan BaP pada Polisi yang Bertugas di Jalan Raya (46 Orang) Dan Pembanding (46 Orang).....	63
5.3.	Distribusi Frekuensi Jumlah Kendaraan yang Melalui Jalan Margonda Kota Depok Selama Satu Shift.....	64
5.4.	Distribusi Frekuensi Status Merokok, Makan Makanan Bakar, Bahan Bakar Masak di Rumah, dan Penggunaan APD pada Polisi yang Bertugas di Jalan Raya dan Pembanding .....	66
5.5.	Hasil Pemeriksaan Konsentrasi Debu TSP Pada Lima Lokasi Penelitian.....	67
5.6.	Distribusi Frekuensi Debu TSP Pada Polisi yang Bertugas di Jalan Raya dan Pembanding .....	68
5.7.	Hasil Pemeriksaan Konsentrasi BaP Pada Lima Lokasi Penelitian.....	68
5.8.	Distribusi Frekuensi BaP Pada Polisi yang Bertugas di Jalan Raya dan Pembanding .....	69
5.9.	Hasil Perhitungan Risiko Kanker (Menggunakan Slope Faktor RAIS=0,83).....	70

5.10.	Hasil Perhitungan Risiko Kanker (Menggunakan Slope Faktor CalEPA=7,3).....	71
5.11.	Hasil Perhitungan Risiko Nonanker RQ (Sepanjang Hayat).....	72
5.12.	Uji Normalitas Kolmogorov Smirnov.....	73
5.13.	Distribusi Perbedaan Rata-Rata Konsentrasi Debu TSP dan BaP pada Polisi Pada Polisi yang Bertugas di Jalan Raya dan Pembanding.....	74
5.14.	Distribusi Perbedaan Lama Paparan pada Polisi Pada Polisi yang Bertugas di Jalan Raya dan Pembanding.....	75
5.15.	Distribusi Perbedaan Rata-Rata Jumlah Kendaraan, Suhu Udara, Kelembaban Udara, Kecepatan Aliran Udara dan Jumlah Rokok Pada Polisi yang Bertugas di Jalan Raya dan Pembanding.....	77
5.16.	Hubungan Kebiasaan Merokok, Kebiasaan Makan Makanan Bakar, Bahan Bakar Masak dan APD Dengan Tingkat Risiko Kanker.....	78
5.17.	Hubungan Kebiasaan Merokok, Kebiasaan Makan Makanan Bakar, Bahan Bakar Masak dan APD Dengan Tingkat Risiko Nonkanker.....	79
5.18.	Hasil Pemilihan Kandidat Variabel untuk Analisis Multivariat.....	80
5.19.	Model Awal Analisis Regresi Logistik Dengan Variabel Dependen Tingkat Risiko Kesehatan (Kanker dan Nonkanker).....	81
5.20.	Model Akhir Analisis Regresi Logistik Dengan Variabel Dependen Tingkat Risiko Kesehatan (Kanker dan Nonkanker).....	81
5.21.	Hubungan Polisi yang Bertugas di Jalan Raya Dengan Tingkat Risiko Kesehatan.....	82

## DAFTAR GAMBAR

Nomor Gambar	Halaman
2.1. Langkah-Langkah Dalam Analisis Kesehatan.....	31
2.2. Analisis Risiko dan Manajemen Model.....	32
3.1. Kerangka Teori.....	41
3.2. Kerangka Konsep.....	42



# BAB 1

## PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang

Pembangunan nasional pada dasarnya bertujuan untuk kesejahteraan rakyat, membuka lapangan kerja, dan percepatan pembangunan di daerah. Namun kegiatan pembangunan ini juga menimbulkan dampak negative seperti ketidakseimbangan lingkungan, pencemaran lingkungan, erosi, banjir, longsor. Pencemaran lingkungan ini dapat mengakibatkan terjadinya gangguan kesehatan masyarakat.

Pencemaran lingkungan meliputi pencemaran udara, pencemaran air, pencemaran tanah dan pemajanan di tempat kerja. Pencemaran udara adalah masuknya zat pencemar (berbentuk gas-gas dan partikel kecil/*aerosol*) ke dalam udara. Masuknya zat pencemar ke dalam udara dapat secara alamiah, misalnya asap kebakaran hutan, akibat gunung berapi, debu meteorit dan pancaran garam dari laut, juga sebagian besar disebabkan oleh kegiatan manusia, misalnya akibat aktivitas transportasi, industri, pembuangan sampah, baik akibat proses dekomposisi ataupun pembakaran serta kegiatan rumah tangga (Soedomo, 2001).

Pencemaran udara dapat terjadi dimana-mana, baik dalam ruangan (*indoor pollution*) maupun di luar ruangan (*outdoor pollution*). Pencemaran di luar ruangan (*outdoor pollution*) berasal dari emisi kendaraan bermotor, industri, perkapalan dan proses alamiah oleh makhluk hidup. Sumber pencemaran udara dapat diklasifikasikan menjadi sumber diam dan sumber bergerak, sumber diam terdiri dari pembangkit listrik, industri dan rumah tangga. Sedangkan sumber bergerak adalah aktivitas lalu lintas kendaraan bermotor dan transportasi laut. Dari data badan pusat

statistik (BPS) tahun 1999, di beberapa propinsi terutama di kota-kota besar seperti Medan, Surabaya dan Jakarta, emisi kendaraan bermotor merupakan kontribusi terbesar terhadap konsentrasi NO<sub>2</sub> dan CO di udara yang jumlahnya lebih dari 50% (Sudrajat, 2005).

Pertambahan jumlah penduduk di Indonesia diperkirakan setiap tahunnya sekitar 1,4 persen. Angka kesakitan dan kematian selain diakibatkan oleh penyakit infeksi, *new emerging diseases* seperti *avian influenza*, *re-emerging diseases* yaitu penyakit-penyakit lama yang muncul kembali, juga diakibatkan oleh penyakit tidak menular yang peningkatannya secara bermakna seperti : Diabetes, Jantung, dan Kanker. Penyakit tidak menular adalah penyakit tidak menular dan bukan proses infeksi yang mempunyai factor risiko dan mengakibatkan kecacatan dan kematian, tetapi penyakit tidak menular merupakan penyakit yang dapat dicegah bila faktor risiko dikendalikan (Depkes RI, 2007).

Data survey kesehatan rumah tangga (SKRT) menunjukkan proporsi kematian akibat penyakit tidak menular meningkat dari 25,41% tahun 1980 meningkat menjadi 48,53% tahun 2001. Proporsi kematian akibat kardiovaskuler meningkat dari 9,10 % pada tahun 1986 menjadi 26,30 % pada tahun 2001. Stroke meningkat dari 5,50 % pada tahun 1986 menjadi 11,50 % pada tahun 2001. Sedangkan kematian akibat penyakit kanker meningkat dari 3,40 % pada tahun 1980 meningkat menjadi 6,00 % pada tahun 2001 (Depkes,2003)

Kanker paru merupakan penyakit ganas yang mewakili 12,30 % dari seluruh kasus kanker di dunia. Kanker paru ini merupakan penyebab utama kematian kanker pada umumnya, yaitu sebesar 1,10 juta kematian setiap tahun atau 17,8% dari seluruh kematian akibat kanker. Sampai saat ini belum ditemukan pengobatan yang

efektif terhadap kanker paru, dan *survival rate* untuk hidup dalam 5 tahun penderita kanker paru kurang dari 15%. Diperkirakan minimal 75% kasus kanker disebabkan oleh bahan kimia. Kanker paru secara umum akibat dari pemajanan yang cukup lama dari campuran bahan karsinogen di lingkungan, pola hidup (*life style*), diet dan faktor dalam diri manumur (WHO,2005).

Pertumbuhan kendaraan bermotor di Indonesia semakin hari semakin bertambah dengan pesat. Jumlah kendaraan bermotor di Indonesia pada tahun 2000-2003 rata-rata bertambah sebesar 12% pertahun dengan kombinasi 73% sepeda motor, 15% mobil penumpang, 9,50 % bus, dan 3% truk. Rata-rata pertumbuhan mobil di Jakarta mencapai 600 unit per hari, belum termasuk sepeda motor serta jenis kendaraan lain (Sudrajat,2005).

Hasil pemeriksaan emisi kendaraan bermotor di Indonesia yang dilakukan oleh Swisscontact menunjukkan kurang dari 50% kendaraan yang memenuhi Nilai Ambang Batas Emisi Nasional. Kondisi emisi kendaraan umum rata-rata lebih buruk dibanding non kendaraan umum. Hasil pemeriksaan pada tahun 2002 terhadap kendaraan umum meliputi; taksi, angkutan kota, mikrolet, mikro bus, bus sedang, bus besar dan truk besar menunjukkan dari 244 kendaraan umum yang diperiksa ada 200 (82%) yang tidak lulus uji emisi (Dollaris, 2005 dalam Warouw, 2007).

Pemakaian bahan bakar minyak oleh kendaraan bermotor akan mengemisikan campuran bahan kimia yang kompleks dan mengandung ratusan jenis bahan kimia dalam bentuk gas, padat, maupun cair. Akumulasi dari keberadaan gas buang hasil pembakaran tersebut dapat menimbulkan dampak negatif bagi manumur dan lingkungan sekitar. Zat-zat yang diemisikan oleh knalpot kendaraan bermotor meliputi antara lain partikel-partikel debu (*suspended particulate matter*) dengan

ukuran yang beragam, SO<sub>2</sub>, CO, NO, VOC (*volatile organic compound*) dan Pb (dari bahan bakar yang mengandung timah hitam).

*Benzo(a)pyrene* (BaP) merupakan anggota senyawa *polisiklik aromatic hidrokarbon* (PAH) yang bersifat *karsinogen* dan *tumorigen* serta termasuk bahan pencemar toksik di udara. PAH adalah bahan pencemar toksik di udara yang terbentuk dari proses pembakaran tidak sempurna dari bahan-bahan organik. Sumber pajanan PAH adalah asap dari *exhaust* kendaraan bermotor, asap dari bahan bakar kayu di perumahan, pembangkit listrik tenaga batu bara, dan asap rokok.

Sumber utama emisi BaP diperkotaan adalah kendaraan yang tidak dilengkapi dengan *catalytic converter*. Sumber lain dari emisi BaP adalah pembakaran sampah organik (*incinerator*), proses industri, dan sumber pencemar dalam ruang (*indoor*) seperti penggunaan kayu bakar sebagai bahan bakar dalam rumah dan asap rokok. Proses metabolisme BaP dalam tubuh manusia dapat diekskresikan dalam bentuk 1-hydroxypyrene atau 1-OHP dalam urin (Paul, 1996).

Peningkatan penduduk akan diikuti oleh semakin meningkatnya kebutuhan di bidang transportasi, sehingga konsentrasi BaP di udara juga akan meningkat. BaP dapat menyebabkan penyakit kanker. Polisi yang bertugas di Jalan Raya merupakan kelompok yang berisiko tinggi terpajan BaP. Di Kota Depok belum pernah dilakukan penelitian tentang risiko kesehatan pajanan BaP, sehingga perlu dilakukan penelitian analisis risiko kesehatan pajanan BaP.

## 1.2. Rumusan Masalah

Rumusan masalah penelitian ini adalah semakin tingginya pencemaran udara di perkotaan, dimana sumber utama pencemaran udara diperkotaan adalah



transportasi. Mobilitas kendaraan yang tinggi akan meningkatkan konsentrasi BaP di udara. BaP merupakan salah satu zat pencemar udara yang diakibatkan oleh pembakaran yang tidak sempurna dari bahan bakar kendaraan bermotor, termasuk bensin tanpa timbal. BaP dapat menyebabkan penyakit kanker. Peningkatan pajanan BaP akan mengakibatkan peningkatan dampak atau risiko kesehatan terhadap petugas (Polisi) yang bertugas di jalan raya, sehingga perlu di analisis :

1. Besar konsentrasi BaP di udara di Jalan Raya Kota Depok
2. Besar konsentrasi debu TSP di udara di Jalan Raya Kota Depok
3. Besar tingkat risiko kesehatan akibat pajanan benzo(a)pyrene di udara di Jalan Raya pada Polisi yang bertugas di Jalan Raya Kota Depok Tahun 2008.
4. Besar pengaruh variable-variabel lain ( karakteristik responden, perilaku dan lingkungan lainnya) terhadap tingkat risiko.

### **1.3. Pertanyaan Penelitian**

1. Berapa besar konsentrasi BaP di udara di Jalan Raya Kota Depok
2. Berapa besar konsentrasi debu TSP di udara di Jalan Raya Kota Depok
3. Seberapa besar tingkat risiko kesehatan akibat pajanan benzo(a)pyrene di udara di Jalan Raya pada Polisi yang bertugas di Jalan Raya Kota Depok Tahun 2008.
4. Seberapa besar pengaruh variable-variabel lain ( karakteristik responden, perilaku dan lingkungan lainnya) terhadap tingkat risiko kesehatan.

## **1.4. Tujuan Penelitian**

### **1.4.1. Tujuan Umum**

Mengetahui tingkat risiko kesehatan akibat pajanan Benzo(a)Pyrene di udara di Jalan Raya pada Polisi yang bertugas di Jalan Raya Kota Depok Tahun 2008.

### **1.4.2. Tujuan Khusus**

1. Mengetahui konsentrasi BaP di udara di Jalan Raya Kota Depok.
2. Mengetahui konsentrasi debu TSP di udara di Jalan Raya Kota Depok
3. Mengetahui perkiraan risiko kanker dan non kanker akibat pajanan BaP di udara di Jalan Raya pada Polisi yang bertugas di Jalan Raya Kota Depok Tahun 2008.
4. Mengetahui besar pengaruh variable-variabel lain ( Umur, jenis kelamin, berat badan, jumlah kendaraan bermotor, bahan bakar masak, suhu, kecepatan aliran udara, kebiasaan merokok, makanan, lama pajanan, frekuensi pajanan dan durasi pajanan) terhadap tingkat risiko kesehatan.

## **1.5. Manfaat Penelitian**

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat, agar dapat diketahuinya gambaran sumber pajanan BaP, tingkat konsentrasi debu TSP, konsentrasi BaP di udara, perkiraan tingkat risiko kesehatan khususnya pada Polisi yang bertugas di jalan raya. Sehingga dapat dijadikan dasar bagi pengambil keputusan (kebijakan) baik pemerintah pusat (Depkes), bagi Pemerintah Kota Depok dan *stakeholder* (PT. Jasa Marga, perusahaan otomotif) dalam merencanakan dan melakukan pengendalian dampak pencemaran udara BaP. Selain itu dapat digunakan sebagai bahan acuan

bagi peneliti selanjutnya, terutama penelitian yang berhubungan dengan BaP. Dan yang paling utama dapat memberikan pengalaman yang sangat berharga bagi peneliti untuk menambah pengalaman dan pengetahuan dalam menganalisis risiko pajanan BaP di udara.

#### 1.6. Ruang Lingkup Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Jalan Margonda Kota Depok, karena Jalan Margonda merupakan daerah yang aktivitas transportasinya cukup padat. Di ambil 3 titik di jalan Margonda Kota Depok di pilih lokasi yang paling macet, dan 3 titik di lingkungan kantor Polres Depok sebagai pembandingan. Pengukuran konsentrasi TSP dilakukan secara bersamaan dengan pengukuran suhu, kelembaban, kecepatan aliran udara dan wawancara pada Polisi yang bertugas di Jalan Raya dan sebagai pembandingan adalah Polisi selain anggota pengatur di lingkungan kantor Polres Kota Depok.

Hasil data yang diperoleh kemudian di analisa lebih lanjut dengan prinsip-prinsip analisis risiko (*risk assessment*). Penelitian ini tidak menganalisis tingkat pajanan dalam tubuh manumur (*biomarker*).

## **BAB 2**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1. Pencemaran Udara**

##### **2.1.1. Definisi**

Definisi menurut Peraturan Pemerintah RI Nomor 41 tahun 1999 tentang pengendalian Pencemaran Udara pasal 1, ayat (1), adalah sebagai berikut :

Pencemaran udara adalah masuknya atau dimasukkannya zat energi, dan atau komponen lain kedalam udara ambien oleh kegiatan manusia, sehingga mutu udara ambien turun sampai ke tingkat tertentu yang menyebabkan udara ambien tidak dapat memenuhi fungsinya.

##### **2.1.2. Karakteristik Pencemar Udara**

Menurut Pudjiastuti, (1998) pencemar yang terdapat di udara ada yang berasal dari benda mati seperti debu, gas, asap, uap. Ada pula yang berasal dari mikroorganisme seperti bakteri, virus, jamur dan makhluk hidup seperti tepung sari atau debu yang berasal dari hewan atau tumbuhan.

Sifat-sifat fisik pencemar dibagi dalam 4 bagian, sebagai berikut :

- a. Gas, yaitu bentuk wujud yang tidak mempunyai bangun sendiri, melainkan mengisi ruang tertutup pada keadaan suhu dan tekanan normal. Tingkat wujudnya bisa diubah menjadi cair atau padat hanya dengan kombinasi meninggikan tekanan dan menurunkan suhu. Sifat gas pada umumnya tidak terlihat, dalam konsentrasi rendah tidak berbau, tidak berwarna dan berdifusi mengisi seluruh ruangan.

- b. Uap, yaitu hasil penguapan dari zat, yang dalam keadaan biasa berbentuk zat padat atau zat cair dan yang dapat dikembalikan ke wujud semula, baik hanya dengan meninggikan tekanan atau dengan menurunkan suhu.
- c. Debu, yaitu partikel zat padat, yang berasal dari bahan organik maupun anorganik. Debu yang terhisap oleh manusia (*Respirable Particulate Matter* = RPM) berukuran sampai dengan 10  $\mu\text{m}$ , sedangkan debu yang berukuran di atas 10  $\mu\text{m}$  tidak dapat terhisap oleh manusia (Non RPM).
- d. Asap, biasanya dianggap partikel zat karbon yang berukuran kurang dari 0,5  $\mu\text{m}$ , sebagai akibat pembakaran tak sempurna bahan mengandung karbon.

Konsentrasi pencemar di udara tergantung kepada kondisi cuaca. Kecepatan dan arah angin berhembus, distribusi suhu vertikal dan kelembaban adalah unsur-unsur yang berperan dalam perubahan cuaca. Kecepatan angin mempengaruhi distribusi pencemar. Konsentrasi pencemar akan berkurang jika angin kencang dan membagikan pencemar ini secara mendatar atau tegak lurus (Sastrawijaya, 1991).

Masalah pencemaran udara bukanlah masalah yang ringan karena dampak yang ditimbulkan sangat luas dan merugikan manusia baik secara langsung maupun tidak langsung.

### 2.1.3. Sumber Pencemaran Udara

Sumber pencemaran dapat merupakan kegiatan yang bersifat alamiah (*natural*) dan kegiatan manusia (*antropogenik*). Sumber-sumber pencemaran akibat kegiatan manusia adalah aktivitas transportasi, industri, dari persampahan, baik akibat proses dekomposisi ataupun pembakaran dan rumah tangga.

Pencemaran udara akibat kegiatan transportasi yang sangat penting adalah akibat kendaraan bermotor di darat. Kendaraan bermotor merupakan sumber pencemaran udara yaitu dengan dihasilkannya gas CO, NO<sub>x</sub>, hidrocarbon, SO<sub>2</sub> dan tetraetil lead, yang merupakan bahan logam timah yang ditambahkan ke dalam bensin berkualitas rendah untuk meningkatkan nilai oktan guna mencegah terjadinya letupan pada mesin. Parameter-parameter penting akibat aktivitas ini adalah CO, partikulat, NO<sub>x</sub>, HC, Pb dan SO<sub>x</sub> (Soedomo, 2001).

Sumber pencemaran udara yang utama di wilayah Jabodetabek adalah transportasi dan sumber tidak bergerak (pembangkit listrik dan industri). Transportasi diperkirakan menyumbangkan 76% dari total emisi pencemar oksida nitrogen (NO<sub>x</sub>), sedangkan pembangkit listrik dan industri merupakan kontributor terbesar emisi pencemar sulfur dioksida (SO<sub>2</sub>), yaitu sekitar 79%. Sedangkan untuk emisi hidrokarbon (HC) dan karbon monoksida (CO), transportasi merupakan kontributor utama (lebih dari 90%) (Soedomo, 1992).

#### **2.1.4. Jenis Pencemaran Udara**

Dilihat dari ciri fisik, bahan pencemar udara dapat berupa :

- a. Partikel (debu, aerosol, timah hitam)
- b. Gas (CO, NO<sub>x</sub>, SO<sub>x</sub>, H<sub>2</sub>S, Hidrokarbon)
- c. Energi (suhu dan kebisingan)

Bahan pencemar udara dapat dibagi menjadi dua bagian (Pudjiastuti, L,998) :

1. Pencemar Primer, adalah zat kimia yang langsung mengkontaminasi udara dalam konsentrasi yang membahayakan. Zat tersebut berasal dari komponen udara

alamiah seperti karbon dioksida, yang meningkat diatas konsentrasi normal, atau sesuatu yang tidak biasanya ditemukan dalam udara, misalnya timbal (Pb).

2. Pencemar sekunder, adalah senyawa kimia berbahaya yang terbentuk di atmosfer melalui reaksi kimia diantara berbagai komponen di udara.

## 2.2. Pencemaran Udara Perkotaan

Daerah perkotaan merupakan salah satu sumber utama pencemaran udara, yang sangat besar peranannya dalam masalah pencemaran udara. Beberapa sumber pencemaran udara yang dapat ditemui dalam daerah perkotaan antara lain; transportasi (kendaraan bermotor), industri, sumber pencemaran domestik dan sumber diam serta sumber bergerak lainnya.

Kronologis fenomena pencemaran udara yang ada, menunjukkan kaitan yang erat antara aktivitas manusia (antropogenik) yang semakin berkembang dari waktu ke waktu (Soedomo, 2001). Pencemaran udara transportasi dipengaruhi oleh pertumbuhan kendaraan bermotor yang semakin hari semakin bertambah dengan pesat. Jumlah kendaraan bermotor di Indonesia pada tahun 2000-2003 rata-rata bertambah sebesar 12% pertahun dengan komposisi 73% sepeda motor, 15% mobil penumpang, 9% bus dan 3% truk (BPS, 2004).

Gambaran distribusi pencemaran udara perkotaan dapat dilihat dari inventarisasi emisi di lima kota yaitu Jakarta, Surabaya, Bandung, Semarang dan Medan yang menunjukkan bahwa sektor transportasi merupakan sumber yang paling besar kontribusinya, khususnya dalam hal CO, THC, Nox, dan Pb. Sektor industri merupakan sektor kedua yang terbesar, diikuti oleh rumah tangga dan pengelolaan sampah kota.

Tabel 2.1 Komposisi Emisi Pencemaran Udara di kota-kota besar di Indonesia

Pencemaran Udara	Total ton/tahun	Transportasi %	Permukiman %	Persampahan %	Industri %
<b>Jakarta</b>					
CO	378.200,40	98,8	0,1	1,0	0,1
NOx	20.964,70	73,4	9,6	1,1	15,9
SOx	28.238,60	26,5	10,7	0,2	62,6
Hidrokarbon	15.429,70	88,9	2,2	7,7	1,2
Partikulat	7.382,00	44,1	33,0	8,4	14,6
<b>Surabaya</b>					
CO	54.800,00	96,8	0,3	2,6	0,3
NOx	5.650,00	66,6	21,5	1,7	43,2
SOx	14,10	1,7	10,6	0,1	87,6
Hidrokarbon	3.100,00	71,0	7,4	17,2	4,4
Partikulat	6.225,60	12,6	51,2	8,6	27,7
<b>Bandung</b>					
CO	93.300,00	97,4	0,1	2,4	0,1
NOx	2.800,00	56,3	11,1	3,0	29,0
SOx	2.092,50	12,6	18,8	0,7	68,0
Hidrokarbon	220,00	78,5	2,2	17,5	1,8
Partikulat	1.121,10	27,4	33,2	19,4	20,0
<b>Semarang</b>					
CO	50.108,70	98,8	0,1	1,1	Tidak ada data
NOx	3.319,30	82,5	16,3	1,2	
SOx	2.204,50	63,5	36,2	0,3	
Hidrokarbon	2.329,90	87,6	4,0	8,4	
Partikulat	1.377,00	41,2	51,1	7,6	
<b>Medan</b>					
CO	46.381,00	99,8	0,2	0,0	Tidak ada data
NOx	2.925,30	76,1	23,9	0,0	
SOx	2.030,10	49,0	51,0	0,0	
Hidrokarbon	7.365,00	25,3	74,7	0,0	
Partikulat	1.373,90	33,3	66,6	0,1	

Sumber: Soedomo, 2001

### 2.2.1. Emisi Gas Buang Kendaraan Bermotor

Pemakaian bahan bakar minyak oleh kendaraan bermotor akan mengemisikan campuran bahan kimia yang kompleks dan mengandung ratusan jenis bahan kimia dalam bentuk gas, padat, maupun cair. Akumulasi dari keberadaan gas buang hasil pembakaran tersebut dapat menimbulkan dampak negatif bagi manumur dan lingkungan sekitar. Zat zat yang diemisikan oleh knalpot kendaraan bermotor meliputi antara lain partikel partikel debu (*suspended particulate matter*) dengan



ukuran yang beragam, SO<sub>2</sub>, CO, NO<sub>2</sub>, VOC (*volatile organic compound*) dan Pb (dari bahan bakar yang mengandung timah hitam). Disamping itu akan dikeluarkan juga campuran senyawa organik toksik seperti benzen, yolen, etilbenzene, xylene, senyawa hidrokarbon tak terbakar (*unburned Hydrocarbon*), dan kelompok (PAH). Termasuk dalam senyawaan PAH ini antara lain adalah BaP yang bersifat karsinogen dan *tumoregen* (Dollaris, 2005 dalam Warouw, 2007).

Hasil dari survei uji emisi kendaraan bermotor di berbagai tempat menunjukkan bahwa pemenuhan nilai ambang batas emisi Provinsi DKI Jakarta rata-rata kurang dari 50%. Bahkan untuk kendaraan umum, lebih dari 80% kendaraan yang diuji tidak memenuhi ambang batas emisi. Dari hasil pemeriksaan emisi yang bersifat acak, kondisi emisi kendaraan umum rata-rata lebih buruk dibanding non kendaraan umum. Hasil pemeriksaan pada tahun 2002 terhadap kendaraan umum meliputi taxi, angkutan kota, mikrolet, mikro bus, bus sedang, bus besar, dan truk besar menunjukkan dari 224 kendaraan umum yang diperiksa ada 220 (82%) yang tidak lulus uji emisi NAB Kepmen LH No. 35/1993 (Dollaris, 2005 dalam Warouw, 2007).

Tingginya angka ketidaklulusan uji emisi tersebut disebabkan oleh beberapa faktor diantaranya adalah:

- a. Sistem kontrol emisi kendaraan bermotor tidak diterapkan,
- b. Pelaksanaan Pengujian Kendaraan Bermotor (PKB) berkala atau uji kelaikan jalan untuk kendaraan umum dan niaga belum efektif,
- c. Pemeriksaan emisi kendaraan di jalan sebagai bagian dari penegakan hukum (terkait dengan pemenuhan persyaratan kelaikan jalan) belum diterapkan,

- d. Kendaraan bermotor tidak dipasang katalis karena tidak tersedianya bahan bakar yang sesuai untuk penggunaan katalis tersebut,
- e. Penggunaan kendaraan berteknologi rendah emisi yang menggunakan bahan bakar alternatif masih belum memadai,
- f. Pemahaman tentang manfaat perawatan kendaraan secara rutin yang dapat menurunkan emisi dan meningkatkan ekonomi bahan bakar masih kurang,
- g. Disinsentif terhadap kendaraan-kendaraan yang termasuk dalam kategori penghasil emisi terbesar belum diperkenalkan.

### **2.2.2. Jenis Gas Buang**

Kendaraan bermotor merupakan salah satu sumber pencemaran udara yang penting di daerah perkotaan. Emisi yang paling signifikan dari kendaraan bermotor ke atmosfer berdasarkan massa adalah gas  $\text{CO}_2$  dan uap air yang dihasilkan dari pembakaran bahan bakar yang berlangsung sempurna. Pembakaran yang sempurna dapat dicapai dengan tersedianya suplai udara yang berlebih. Namun demikian, kondisi pembakaran yang sempurna dalam mesin kendaraan jarang terjadi. Sebagian kecil dari bahan bakar dioksidasi menjadi karbon monoksida ( $\text{CO}$ ). Sebagian hidrokarbon ( $\text{HC}$ ) juga diemisikan dalam bentuk uap dan partikel karbon dari butiran-butiran sisa pembakaran bahan bakar. Hampir semua bahan bakar mengandung zat-zat 'pencemar' dengan kemungkinan pengecualian bahan bakar sel (hidrogen) dan hidrokarbon ringan seperti metana ( $\text{CH}_4$ ).

Di antara zat-zat pencemar tersebut adalah sulfur yang dioksidasi menjadi sulfur dioksida ( $\text{SO}_2$ ) pada proses pembakaran, dan kadang menjadi sulfat yang dapat membantu proses nukleisasi partikel (pembentukan partikel) dalam gas buang. Zat-

zat pencemar lainnya seperti vanadium dalam oli tidak dapat terbakar, atau mengandung produk pembakaran yang memiliki tekanan uap yang rendah sehingga mendorong pembentukan partikel lebih jauh. Senyawa-senyawa timbel organik (dalam bensin bertimbel) juga membentuk partikel dalam gas buang. Pada akhirnya, pada temperatur pembakaran yang tinggi, gas nitrogen ( $N_2$ ) di dalam atmosfer dan senyawa nitrogen yang dikandung dalam bahan bakar dioksidasi menjadi oksida nitrit (NO) dan nitrogen dioksida ( $NO_2$ ) (UAQ-i SDP, 2006).

#### **2.2.2.1. Debu Partikulat**

Partikulat adalah zat padat/cair yang halus, dan tersuspensi di udara, misalnya embun, debu, asap, fumes dan fog. Debu adalah zat padat berukuran antara 0,1 – 25 mikron, sedangkan fumes adalah zat padat hasil kondensasi gas, yang biasanya terjadi setelah proses penguapan logam cair. Dengan demikian fumes berukuran sangat kecil, yakni kurang dari 1,0 mikron. Asap adalah karbon (C) yang berdiameter kurang dari 1,0 mikron, akibat pembakaran hidrat karbon yang kurang sempurna, demikian pula halnya dengan jelaga. Jadi partikulat ini dapat terdiri atas zat organik dan zat anorganik.

Sumber partikulat atmosfer adalah debu yang memasuki atmosfer karena terbawa oleh angin, apakah itu pembakaran batu bara, minyak bumi dan lainnya yang dapat menghasilkan jelaga (partikulat yang terdiri atas karbon dan lain-lain zat yang melekat padanya). Sumber lain adalah segala proses yang menimbulkan debu seperti pabrik semen, industri metalurgi, industri konstruksi, industri bahan makanan dan juga kendaraan bermotor.

Satu partikulat jelaga dapat terdiri atas ribuan kristal-kristal yang saling berhubungan. Pada setiap kristal dapat melekat ratusan PAH (Polycyclic Aromatic Hydrocarbon), yang sering bersifat karsinogenik. PAH karsinogenik yang pernah ditemukan dalam jelaga adalah benzo(a)pyrene (BaP) (Slamet, 1994).

#### 2.2.2.2. Nitrogen Oksida

Nitrogen oksida yang terdapat di atmosfer adalah NO, NO<sub>2</sub> ataupun N<sub>2</sub>O. Baik NO maupun N<sub>2</sub>O didapat dalam udara yang tidak tercemar, sedangkan N<sub>2</sub>O adalah zat yang tidak pernah ada di dalam udara yang murni. Sumber utama nitrogen oksida adalah pembakaran. Di Amerika Serikat, kendaraan bermotor diperkirakan memberi kontribusi 50% terhadap kadar nitrogen oksida atmosfer setiap tahunnya. Kendaraan bermotor memproduksi nitrogen oksida dalam bentuk NO sebanyak 98%. Di dalam udara NO ini akan berubah menjadi NO<sub>2</sub>. NO<sub>2</sub> adalah gas yang toksis bagi manusia. Efek yang terjadi tergantung pada dosis serta lamanya pemaparan yang diterima seseorang.

#### 2.2.2.3. Sulfur Oksida (SO<sub>x</sub>)

Senyawa sulfur oksida yang penting antara lain adalah dioksida (SO<sub>2</sub>) dan sulfur trioksida (SO<sub>3</sub>). Pada manusia sulfur oksida dapat menimbulkan iritasi pada membran lendir saluran pernafasan dan memperparah penyakit pernafasan seperti bronkitis dan pneumonia. Kondisi ini semakin parah di daerah yang berdebu dimana terdapat partikulat dalam konsentrasi tinggi. Sulfur dioksida dan molekul asam sulfat cenderung menghentikan kemampuan bulu getar sepanjang saluran pernafasan yang bertugas menyaring debu partikel. Sebagian sulfur dioksida juga terikat dengan

partikulat dan menyebabkan iritasi pada paru-paru. Dalam jangka waktu yang lama, partikulat dan sulfur dioksida dapat merusak paru-paru (WHO, 2005a).

#### **2.2.2.4. Hidrokarbon (HC)**

Sumber hidrokarbon utama adalah asap kendaraan bermotor. Hidrokarbon total yang ada di dalam atmosfer menunjukkan korelasi yang positif dengan kepadatan lalu lintas. Kebanyakan hidrokarbon yang didapat adalah metan. Selain itu didapat sekitar 10 senyawa hidrokarbon lainnya yang didapat dalam jumlah yang cukup banyak. Sekalipun hidrokarbon tersebut merupakan gas yang toksis bagi manusia, dalam situasi udara bebas, tidak menimbulkan masalah yang serius, kecuali bagi mereka yang terpapar oleh jelaga yang mengandung hidrokarbon yang bersifat karsinogenik. Apabila pemaparan terjadi berulang kali, dan berlangsung cukup lama, maka risiko untuk mendapatkan kanker menjadi bertambah.

#### **2.2.2.5. Karbon monoksida**

Karbon monoksida merupakan hasil pembakaran tidak sempurna bahan-bahan karbon atau bahan yang mengandung karbon. Pembakaran gas alam atau minyak bumi dapat menghasilkan sampai 5% karbon monoksida. Gas ini dengan hemoglobin darah membentuk karboksihemoglobin sehingga tidak dapat mengikat lagi oksigen yang diperlukan oleh sel-sel jaringan tubuh. Afinitas karbon monoksida dibandingkan oksigen untuk bersenyawa dengan hemoglobin darah lebih tinggi berkisar 300 kali.

### 2.2.3. Faktor Yang Mempengaruhi Komposisi Gas Buang

Komposisi gas buang kendaraan bermotor tergantung dari jenis bahan bakar yang digunakan, jenis dan kondisi mesin kendaraan dan kondisi iklim. Bahan bakar yang digunakan terutama mengandung hidrokarbon. Pada kondisi pembakaran yang sempurna hidrokarbon akan bereaksi dengan oksigen dan menghasilkan uap air ( $H_2O$ ) dan karbon dioksida ( $CO_2$ ). Nitrogen akan melalui mesin kendaraan dan tidak akan mempengaruhi proses pembakaran.

Pada kenyataannya proses pembakaran sempurna sulit tercapai, walaupun mesin kendaraan yang paling canggih sekalipun. Sehingga tetap akan terjadi pembakaran tidak sempurna yang akan menghasilkan gas buang yang bersifat toksik terhadap manusia dan lingkungan. Hal ini sesuai dengan hukum Termodinamika ke-dua : " tidak ada sistem perubahan energi yang betul-betul efisien ". Faktor penting lain yang mempengaruhi jumlah dan jenis gas buang kendaraan bermotor adalah ratio atau perbandingan jumlah udara dan bahan bakar (A/F ratio) dalam mesin bahan bakar kendaraan bermotor. Secara teoritis kondisi ideal A/F dicapai pada 14,7 / 1 , yaitu, kondisi untuk emisi optimal, dengan bahan bakar yang ekonomis dan kinerja mesin yang maksimal yaitu sekitar 14,7 pounds udara untuk setiap 1 pound bahan bakar. Suatu pembakaran sempurna memerlukan 11,5 pounds gas karbon, 34,5 pounds Hidrogen dan 4,3 pounds Sulfur (*Health Effect Institute, 1998 dalam Warouw, 2007*).

### 2.3. Polisiklik Aromatik Hidrokarbon (PAH)

Polisiklik aromatik hidrokarbon (PAH) atau disebut juga Polycyclic Organic Matter (POM) adalah bahan pencemar toksik di udara yang terbentuk dari proses

pembakaran tidak sempurna bahan – bahan organik. Sumber pajanan PAH adalah asap dari exhaust kendaraan bermotor, asap dari bahan bakar kayu perumahan, pembangkit listrik tenaga batu bara, dan asap rokok.

Sumber umum PAH berbentuk gas bila berat molekul di bawah 230 gram per mol, dan dalam bentuk partikel bila berat molekulnya di atas 230 gram per mol. PAH mempunyai rumus molekul  $C_{20}H_{12}$  dan terdiri lebih dari 100 campuran (*compounds*). PAH adalah zat yang mempunyai lebih dari satu ring benzene dan mempunyai titik didih  $\geq 100^{\circ}C$ . PAH umumnya tidak berwarna, putih, atau berbentuk padat berwarna kuning kehijauan (ATSDR, 2001).

Sumber utama pajanan PAH di luar ruangan (*outdoor*) adalah dari emisi kilang minyak, mesin-mesin industri, pabrik kertas dan pembakaran kayu. PAH juga dapat terbentuk dari proses pembakaran yang bersifat alamiah (*natural*), seperti kebakaran hutan dan kegiatan gunung berapi. Sedangkan sumber pencemaran PAH di dalam ruangan (*indoor*) adalah asap rokok, kayu sebagai bahan bakar dapur dan infiltrasi dari luar ruangan (CARB, 1994).

Beberapa PAH bersifat karsinogen (menyebabkan kanker) dan bersifat toksik terhadap gen. Hasil oksidasi dari metabolis PAH adalah yang dapat menyebabkan kanker. Pajanan PAH di lingkungan terutama dalam bentuk ikatan pada debu partikulat di udara, selain itu dapat melalui emisi uap (*vapors*) (ATSDR, 2004).

#### **2.4. Benzo(a)Pyrene (BaP)**

BaP adalah suatu zat pencemar yang berada di lingkungan bersama senyawa PAH yang lain sebagai suatu produk pembakaran yang tidak sempurna. BaP dapat ditemukan dalam debu di udara dalam ukuran yang kecil yang dihasilkan dari proses

pembakaran misalnya asap kendaraan bermotor, asap pembakaran kayu untuk masak, debu dari pembakaran batu bara pada pembangkit listrik tenaga batu bara, pembakaran sampah (*incenerator*) dan proses pembakaran lainnya (IPCS,2004).

BaP adalah suatu polisiklik aromatik hidrokarbon (PAH), hasil pembakaran bahan bakar fosil yang tidak sempurna. Didapat di dalam asap rokok, gas buang kendaraan bermotor, dan jelaga (partikulat yang terdiri atas karbon dan lain-lain zat yang melekat padanya). BaP cepat menghilang dalam udara segera terkena cahaya. BaP dan senyawa-senyawa PAH lainnya bersifat karsinogenik dan merupakan mutagen yang potent (Slamet, 1994).

BaP digunakan sebagai indikator pencemaran PAH, karena telah terbukti dan cukup data toksikologinya. BaP bersifat karsinogen pada binatang dan pada manumur (CASRN,50-32-8).

Pada binatang percobaan BaP telah terbukti sebagai agen kanker, mutasi gen, agen tumor, agen neoplastis dan teratogen. Pada manumur dapat menyebabkan kanker darah, kulit, kanker paru, dapat merusak perkembangan janin dan kemungkinan menyebabkan kerusakan reproduksi (MSDS, 2004).

#### **2.4.1. Sumber Pajanan BaP**

Sumber utama pencemaran udara diperkotaan adalah akibat dari kegiatan kendaraan bermotor yang tidak menggunakan "*catalytic converter*" baik yang menggunakan bensin maupun solar dan dari aspal jalanan. Sumber pajanan lainnya adalah emisi dari proses pembakaran batu bara, inenerator sampah, tempat pembuangan sampah berbahaya, asap rokok, makanan yang dibakar seperti roti, padi, daging, air minum yang tercemar BaP, dan dari kegiatan alam seperti kebakaran



hutan/lahan dan gunung meletus (TRAIS, 2005.). *Catalytic converter* adalah peralatan yang dapat mereduksi polutan gas buang kendaraan bermotor sampai dengan 90% (Peraturan Pemerintah RI, 1999).

#### 2.4.2. Konsentrasi PAH dan BaP di Udara Ambien

Gambaran konsentrasi BaP di udara ambien dari beberapa penelitian dan kegiatan monitoring di berbagai negara adalah sebagai berikut :

1. Hasil penelitian Warouw, (2007), di DKI Jakarta pada tahun 2007 pada petugas jalan tol di jabotabek, Jakarta. Menunjukkan nilai konsentrasi rata-rata BaP yang diperiksa dari debu personal sebesar 3,9348  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , konsentrasi I-OHP rata-rata sebesar 1089,05 ng/gr dan perkiraan besar risiko kanker sebesar 11,8 per 10.000 ( $\text{NAB} \geq 1$  per 10.000).
2. Hasil penelitian Maitre, (2002), di Kota Grenoble Perancis, pada polisi yang bertugas di jalan raya pada tahun 2002, nilai BaP yang diperiksa dari debu personal pada musim panas 0,10  $\text{ng}/\text{m}^3$ , dan pada musim dingin sebesar 0,28  $\text{ng}/\text{m}^3$ .
3. Hasil penelitian cross sektional dari Franco, (1998), di Genoa Itali melaporkan konsentrasi BaP yang memajani polisi lalulintas rata-rata 3,67  $\text{ng}/\text{m}^3$ , konsentrasi ini 70 kali lebih tinggi dibandingkan referen sebesar 0,05  $\text{ng}/\text{m}^3$ .
4. Menurut The United States Environmental Protection Agency (U.S. EPA) rata-rata konsentrasi PAH di Amerika tahun 1984-1991 diberbagai kota di Amerika yaitu sebesar 8,4  $\text{ng}/\text{m}^3$  (U.S. EPA, 2005a).
5. Hasil penelitian Zmirau, (2000), di kota Greboble Perancis pada tahun 2000 menunjukkan nilai rata-rata BaP sebesar 0,67  $\text{ng}/\text{m}^3$  (95% CI 0-2,1  $\text{ng}/\text{m}^3$ ).

6. Hasil penelitian Regina, di Jerman menggunakan data tahun 1990-1998, menunjukkan rata-rata konsentrasi BaP di lokasi transportasi (traffic)  $1,8 \text{ ng/m}^3$ , di daerah industri sebesar  $1,3 \text{ ng/m}^3$ , dan di daerah urban  $1,3 \text{ ng/m}^3$ , sedangkan di daerah rural sebesar  $0,92 \text{ ng/m}^3$  (Fretmenn, et al, 2002).
7. Penelitian yang dilakukan oleh Thongsanit, (2003), di Kota Bangkok Thailand, menunjukkan ada 20 PAH teridentifikasi dari sampel debu partikulat, dan mempunyai konsentrasi rata-rata  $60 \text{ ng/m}^3$ , komponen PAH yang dominan adalah Benzo(e)pyrene, dengan rata-rata konsentrasi sebesar  $8 \text{ ng/m}^3$ .

Konsentrasi BaP yang dianjurkan oleh beberapa peraturan antara lain (USEPA, 2005a) :

1. *National Institute Occupational Safety and Health (NIOSH)* menetapkan batas konsentrasi untuk *Immediate Dangerous Level for Health (IDLH)* adalah sebesar  $80 \text{ ng/m}^3$  (*coal tar pitch volatiles benzo(a)pyrene*).
2. *Occupational Safety and Health (OSHA)* menetapkan nilai *Permissible Exposure Level (PEL)* dan *American Conference of Governmental Industrial Hygienist (ACGIH)* menetapkan nilai *Threshold Limit Value (TLV)* sebesar  $0,2 \text{ mg/m}^3$  (*coal tar pitch volatiles benzene soluble*).
3. NIOSH menetapkan nilai REL  $0,1 \text{ mg/m}^3$  (*coal tar pitch volatiles benzo(a)pyrene*).
4. Estimasi konsentrasi BaP ambien tahunan di California berdasarkan data monitoring dari tahun 1988 sampai dengan 1989 adalah sebesar  $0,53 \text{ ng/m}^3$  (CARB, 1994).

Klasifikasi tingkat pajanan BaP di tempat kerja yang dikemukakan oleh WHO pada tahun 1996 yang merupakan modifikasi dari Lindstedt dan Sollenberg adalah sebagai berikut;

Tabel 2.2 Klasifikasi Tingkat Pajanan BaP di tempat Kerja

No	Tingkat pajanan	Konsentrasi BaP
1.	Sangat tinggi	$> 10 \mu\text{g}/\text{m}^3$
2.	Tinggi	$1 - 10 \mu\text{g}/\text{m}^3$
3.	Sedang	$0,1 - 1 \mu\text{g}/\text{m}^3$
4.	Rendah	$0,01 - 0,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$
5.	Sangat rendah	$< 0,01 \mu\text{g}/\text{m}^3$

Sumber : WHO, 1996

#### 2.4.3. Dampak BaP Udara Terhadap Kesehatan

Dampak kesehatan pemajanan PAH pertama kali dilaporkan oleh Pott pada tahun 1775, yang menggambarkan susceptibilitas pekerja cerobong di Inggris terhadap kanker srotal. Buletin pada tahun 1892 menyimpulkan kanker saluran pernafasan lebih tinggi pada kohort pekerja dibandingkan populasi umum. Gustavsson et al melaporkan studi pada pekerja pembersih cerobong asap di Swedia yang terpajan BaP dengan konsentrasi  $\leq 9 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , terdapat peningkatan yang signifikan pada tumor paru yang diobservasi, dengan standard mortality rate (SMR) sebesar 2,06. Castantino, tahun 1995 melaporkan penganan pada kohort lebih dari 5000 pekerja yang terpajan PAH dari pabrik "coke" yang diikuti selama 30 tahun menunjukkan (IPCS, 1995):

1. Terdapat korelasi yang cukup kuat antara risiko kanker saluran pernafasan dengan konsentrasi dan lama pajanan PAH.

2. Adanya peningkatan risiko kanker paru yang signifikan (SMR, 1,95)
3. Dengan upaya pengendalian emisi yang dilakukan dan pembatasan pemajanan di tempat kerja menunjukkan adanya penurunan rate kanker saluran pernafasan.

Perhitungan beberapa peneliti mengindikasikan kebiasaan merokok mempunyai kontribusi hanya sebesar 20% terhadap excess risiko kanker paru (IPCS 1995).

#### **2.4.3.1. Irritasi dan alergi**

BaP, anthracene dan naphthalene merupakan bahan iritan. BaP dan anthracene dilaporkan sebagai sensitizers (IPCS 1995).

#### **2.4.3.2. Efek kronis (non kanker)**

Hasil studi epidemiologi pemajanan inhalasi BaP dan debu partikulat lain pada pekerja dilaporkan dapat menyebabkan efek pada saluran pernafasan. Pemajanan BaP melalui oral dapat menimbulkan efek kesehatan terhadap darah dan hati, serta menimbulkan respos hipersensitif ringan pada kulit manusia dan binatang (ATSDR, 1995).

#### **2.4.3.3. Efek reproduktif dan pertumbuhan**

Berbagai penelitian pada binatang percobaan mengidentifikasi pemajanan BaP melalui oral dapat menginduksi toksisitas reproduktif, penurunan angka kelahiran dan tingkat fertilitas (kesuburan). Efek terhadap pertumbuhan meliputi penurunan rata-rata berat badan anak dan penurunan peluang hidup (viabilitas) (ATSDR, 1995).

#### 2.4.3.4. Risiko Kanker

Berbagai penelitian pada binatang melalui berbagai jalur pemajanan seperti oral, inhalasi dan kulit, menyimpulkan bahwa BaP epidemiologi melaporkan peningkatan kanker paru pada manumur yang terpajan emisi oven dengan bahan bakar batu bara, emisi tar dari penutupan atap rumah dan asap rokok, karena emisi tersebut mengandung campuran PAH (ATSDR, 1995).

Berbagai penelitian pada binatang dilaporkan bahwa pemajanan BaP melalui inhalasi dan oral menyebabkan tumor saluran pernafasan, leukimia dan dapat menyebabkan tumor paru (ATSDR, 1995).

Menurut Muchlinski, 2003, karsinogen kimia seperti BaP tidak ada batas aman terendah (*non threshold value*) yang tidak menimbulkan efek kesehatan, karena setiap jumlah yang masuk dalam tubuh akan berpotensi menyebabkan kanker.

Nilai estimasi unit risk inhalasi BaP yang dikeluarkan oleh *Risk Assesment Information System* adalah sebesar 0,88 per  $\text{mg}/\text{m}^3$ . Nilai estimasi tersebut berdasarkan studi yang dilakukan oleh thyssen et al, 1981 (RAIS, 2005) pada hamster Syrian yang diberi pajanan inhalasi BaP sebesar 0; 2,2; 9,5 dan 46,5  $\text{mg}/\text{m}^3$  konsentrasi BaP selama 4,5 jam/hari selama 10 hari, kemudian 3 jam/hari selama 675 hari. Pada kelompok kontrol dan kelompok perlakuan yang diberi 2,2  $\text{mg}/\text{m}^3$  tidak terbentuk tumor. Sedangkan pada kelompok perlakuan yang diberi 9,5  $\text{mg}/\text{m}^3$  dan 46,5  $\text{mg}/\text{m}^3$  terjadi perkembangan tumor nasal cavity, larinx, trachea dan pharinx. Pada kelompok perlakuan yang diberi 46,5  $\text{mg}/\text{m}^3$  terjadi perkembangan tumor saluran pencernaan bagian atas, dan tumor saluran pernafasan (Warouw,2007).

Pada studi epidemiologi yang dilakukan US EPA pada pekerja "coke oven" menghasilkan risiko relatif paru kanker sebesar 15,7. Besar kanker paru pada

populasi umum adalah  $10^{-4}$  s/d  $10^{-5}$  per 1 ng BaP setiap  $m^3$  udara yang dihitung dengan pemejanaan seumur hidup, atau sekitar satu kasus pada 10.000 penduduk (WHO,1987).

Pott dalam WHO *Air Quality Guidelines for Europe* dilaporkan pernah menghitung risiko kematian akibat kanker saluran pernafasan, yaitu diperoleh hasil sebesar 1% kematian per  $\mu g/m^3$  di tempat kerja setelah terpajan BaP selama 25 tahun. Hasil perhitungan pada populasi umum yang terpajan 1 ng/  $m^3$  BaP dalam waktu 50 tahun menyebabkan 5 kematian dikarenakan kanker saluran pernafasan per 100.000 penduduk (WHO,1987).

#### **2.4.5. Efek karsinogenesis**

Karsinogenesis merupakan istilah yang digunakan secara luas untuk pembentukan tumor. Dengan kata lain istilah ini tidak hanya mencakup keganasan epitelia (karsinoma) tetapi juga tumor ganas (sarkoma) dan tumor-tumor jinak. Karsinogen dapat dikelompokkan menjadi karsinogen genotoksik dan epigenetik (non- genotoksik) Sebagian besar karsinogen kimia yang dikenal saat ini, misalnya polisiklik aromatik hidrokarbon (PAH), amin aromatik, hidrokarbon berhalogen, nitrosamin, sikasin, aflatoksin B, alkaloid piroasilidin, safrol dan tioamin (Lu, 1995).

##### **2.4.4.1. Klasifikasi Karsinogen**

Klasifikasi bahan kimia karsinogen antara lain di keluarkan oleh *International Agency for Research on Cancer* dan oleh *American Conference of Governmental Industrial Hygienist*.

#### 2.4.4.1.1. Klasifikasi dari *International Agency for Research on Cancer (IARC)*

**Group 1** : Bahan kimia yang bersifat karsinogen terhadap manusia.  
(*Carcinogenic to human : sufficient evidence of carcinogenicity*)

**Group 2A** : Bahan kimia yang diperkirakan bersifat karsinogen terhadap manusia. (*Probably carcinogenic to humans: limited human evidence, sufficient evidence in experimental animals*).

**Group 2B** : Bahan kimia yang diduga bersifat karsinogen terhadap manusia. (*Possibly carcinogenic to humans : limited evidence in humans in the absence of sufficient evidence in experimental animal*).

**Group 3** : Bahan kimia yang tidak diklasifikasikan bersifat karsinogen terhadap manusia. (*Not classifiable as to carcinogenicity to humans*).

**Group 4** : Bahan kimia tersebut diperkirakan tidak bersifat karsinogen terhadap manusia. (*Probably not carcinogenic to humans*).

#### 2.4.4.1.2. Klasifikasi dari *American Conference of Governmental Industrial Hygienist (ACGIH)*

**A1** : Bahan kimia terbukti bersifat karsinogen terhadap manusia (*Confirmed Human-carcinogen*) berdasarkan studi epidemiologi.

**A2** : Bahan kimia diduga bersifat karsinogen (*Suspected Human Carcinogen*) berdasarkan hewan percobaan, tetapi belum cukup data untuk dapat dikategorikan bersifat karsinogen terhadap manusia.

**A3** : Bahan kimia bersifat karsinogen terhadap hewan percobaan, tetapi belum diketahui terhadap manusia (*Confirmed animal carcinogen with unknown relevance to humans*).

A4 : Bahan kimia yang belum cukup bukti untuk dikalsifikasikan sebagai karsinogen terhadap manumur ataupun hewan.

A5 : Tidak diperkirakan karsinogen terhadap manumur.

#### 2.4.5. Struktur aktivasi BaP

Dari percobaan yang dilakukan pada hewan, disimpulkan bahwa PAH adalah bahan kimia yang bersifat mutagenik dan karsinogenik. Komposisi PAH yang potensial karsinogenik adalah PAH yang memiliki minimal empat (4) ring benzene yang dapat membentuk formasi teluk (bay) atau disebut juga daerah "fjord" (Sims & Grover, 1974; Thanker, 1985; Bostrom et al, 2002 dalam Warouw, 2007).

Interaksi antara *ah*-reseptor atau reseptor lain yang sejenis merupakan salah satu mekanisme penting dalam proses aktivasi promotor oleh PAH (Poland, 1982, bostrom, 2002). Ketidaktepatan aktivitas *an-reseptor* karena PAH akan menginduksi bermacam-macam efek biologi, termasuk differensiasi da promosi tumor. Hal ini telah dapat dijelaskan oleh berbagai penelitian eksperimental pada hewan percobaan. Kemampuan atau pengaruh PAH sebagai agen promotor dilaporkan sangat kuat dalam proses peningkatan potensi kanker, berdasarkan percobaan pada hewan dengan dosis yang tinggi (Warouw, 2007).

#### 2.4.6. Toksikokinetik BaP

BaP dapat diabsorpsi dalam tubuh manumur melalui inhalasi, kulit dan juga ingestion. BaP merupakan substansi yang bersifat karsinogenik pada manumur, dan dapat merusak genetik serta dapat menimbulkan toksisitas reproduksi pada manumur (ICSC :0104, 1998). Karakteristik fisik dan kimia BaP memungkinkan BaP untuk



dapat diserap dan ditransportasi melalui sirkulasi sistemik. Asupan BaP dapat melalui gastrointestinal dan melalui inhalasi dalam bentuk aerosol atau partikel. Distribusi pada organ dan jaringan dapat terjadi dalam waktu beberapa menit (*Env. Health in the work place*, 2001).

Ekskresi BaP dapat melalui urin sebagai metabolit yang terlarut dalam air, dapat juga diekskresikan melalui *enterohepatic recycling* (ekskresi *birinary* setelah *reabsorpsi* dalam sirkulasi sistemik). BaP dapat juga didistribusi melalui plasenta kepada janin (*fetus*) (WHO, 1996).

## 2.5. Analisis Risiko Kesehatan

Risiko adalah prakiraan probabilitas bahwa suatu dampak yang merugikan kesehatan mungkin terjadi sebagai akibat paparan zat-zat kimia dalam jumlah dan dengan jalur paparan tertentu (IPCS, 2004). Risiko juga didefinisikan sebagai dugaan frekuensi efek-efek yang tidak diinginkan yang muncul akibat paparan suatu bahan berbahaya (Li, 1995).

Analisis risiko kesehatan (*health risk assessment*) adalah suatu proses memperkirakan masalah kesehatan yang mungkin timbul dan besarnya akibat yang ditimbulkan pada suatu waktu tertentu. Analisis risiko kesehatan merupakan satu bagian dalam kerangka risk analisis yang meliputi 3 bagian berkesinambungan yaitu analisis risiko (*risk assessment*), manajemen risiko (*risk management*) dan komunikasi risiko (*risk communication*) (IPCS, 2004). Analisis risiko dapat diartikan juga sebagai suatu proses yang intens untuk menghitung atau memperkirakan risiko paparan suatu agen terhadap organisme sasaran, sistem atau sub-populasi, termasuk

identifikasi ketidakpastian yang menyertainya, dengan memperhatikan karakteristik agen dan karakteristik spesifik dari sistem sasaran (IPCS, 2004).

Analisis risiko pada awalnya digunakan dalam bidang pengendalian radiasi, selanjutnya analisis risiko yang intensif dilakukan untuk menyelidiki kasus kematian kanker akibat kebocoran pusat reaktor nuklir pada tahun 1975. Teknik analisis ini kemudian diadopsi oleh *Food and Drug Administration* Amerika Serikat, dan pada tahun 1976 US-EPA menerbitkan pedoman tentang analisis risiko karsinogen, yang kemudian disempurnakan pada tahun 1986. Pada tahun 70-an OSHA (*Occupational Safety and Health Administration*) juga telah mengadopsi analisis risiko untuk menganalisis bahan kimia yang spesifik (Louvar, 1998).

Analisis risiko meliputi identifikasi dan kuantifikasi risiko yang mungkin dapat terjadi yang diakibatkan oleh pajanan bahan berbahaya, dengan memperhitungkan kemungkinan terjadinya efek yang membahayakan kesehatan manumur (BPOM, 2001).

Saat ini analisis risiko digunakan untuk berbagai bahaya lingkungan, termasuk bahaya fisik dan biologis yang dapat menimbulkan efek yang merugikan bagi manumur dan kerusakan lingkungan. Analisis risiko merupakan suatu alat untuk mengelola risiko, dimana risiko adalah peluang atau probabilitas terjadinya efek merugikan pada suatu organisme, sistem atau sub-populasi yang disebabkan oleh pemajanan suatu agen dan kondisi lingkungannya. Sedangkan bahaya (*hazard*) adalah sifat melekat pada suatu risk agent atau situasi yang berpotensi menimbulkan efek merugikan pada organisme, sistem atau sub-sistem yang terpajan agen yang bersangkutan (IPCS, 2004).

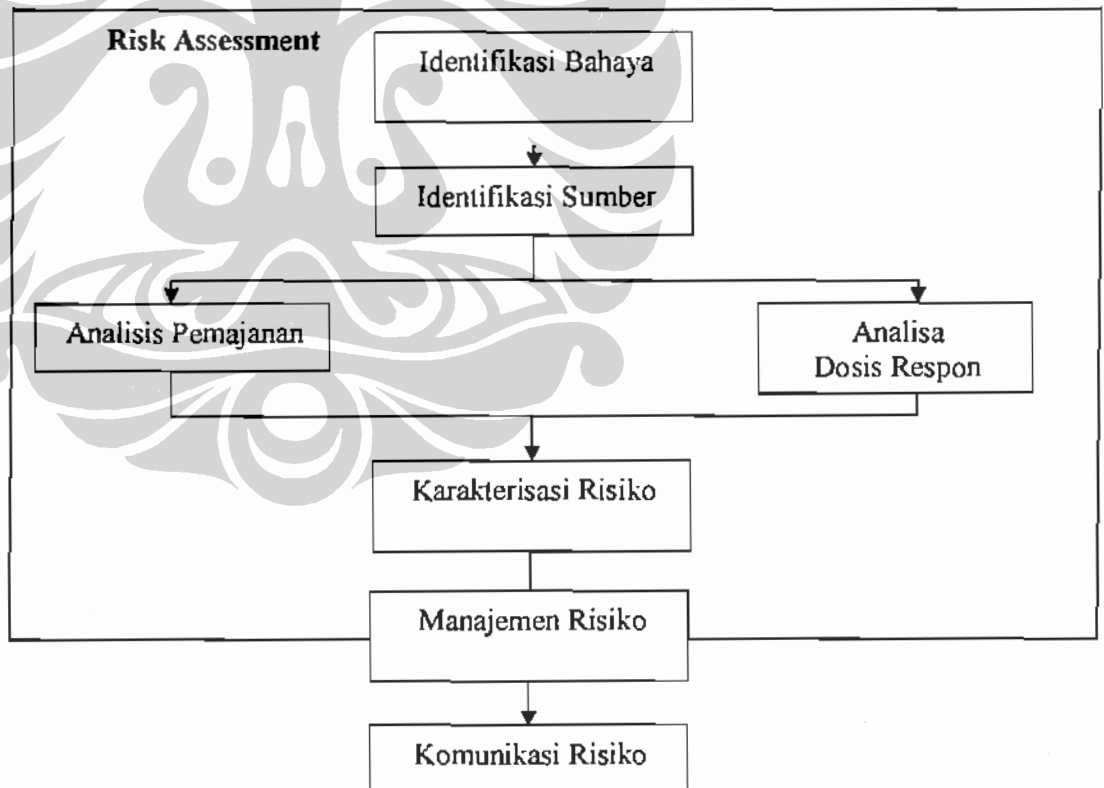
Analisis risiko bertujuan untuk menilai dan memperkirakan risiko kesehatan manumur yang mungkin terjadi. Analisis risiko dapat dilakukan pada pemajanan lingkungan yang telah terjadi, dengan efek merugikan yang sudah atau belum terjadi. Hasil dari analisis risiko ini sangat bermanfaat untuk melindungi manumur dari kemungkinan efek yang merugikan dari suatu bahan berbahaya (BPOM, 2001a).

Langkah-langkah dalam analisis risiko kesehatan meliputi 3 bagian, yaitu ;

1. *Risk assessment*,
2. Manajemen risiko, dan
3. Komunikasi risiko.

Langkah-langkah analisis risiko dapat di lihat pada gambar 1 sebagai berikut:

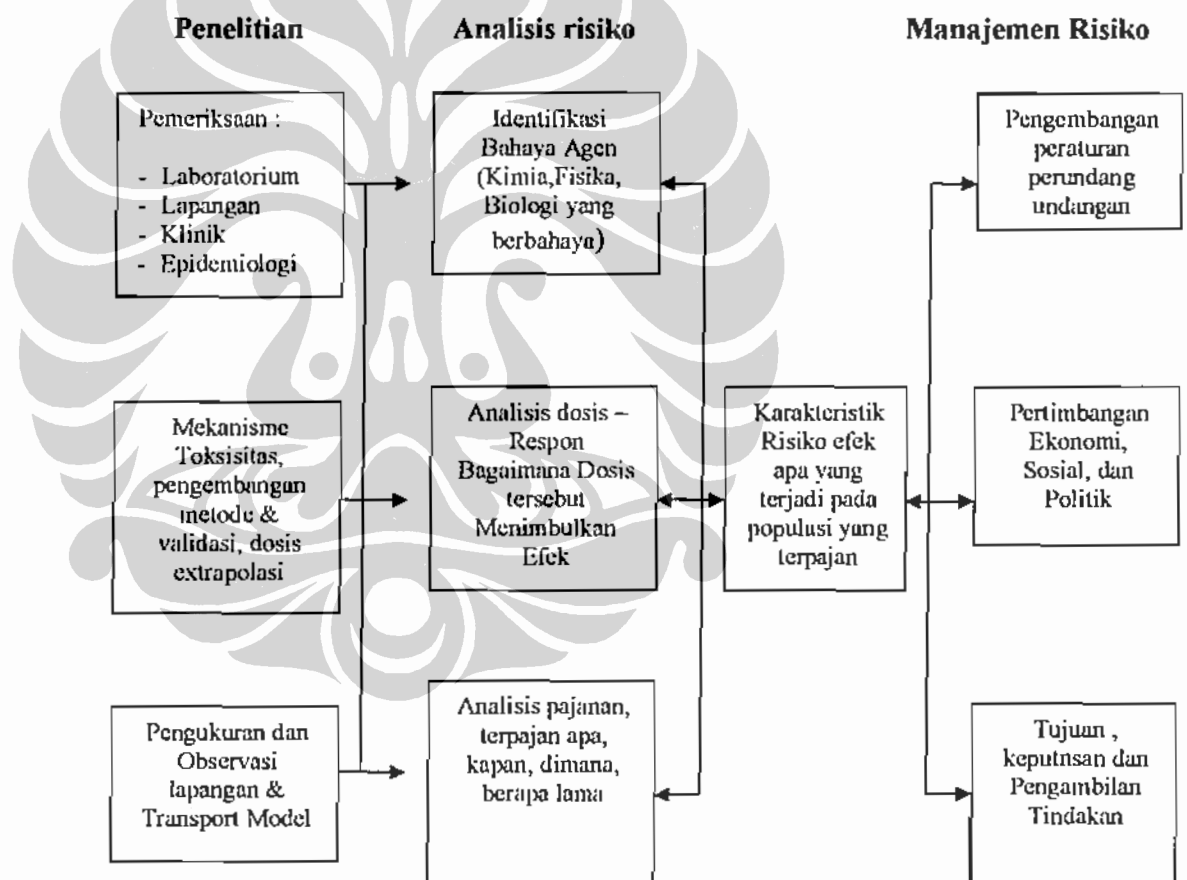
Gambar 2.1 : Langkah-langkah dalam Analisis Kesehatan



Sumber : Adopsi dari Louvar, 1998, *Health and Environment Risk Analysis, Fundamental with Application* vol.2. New Jersey, p.5

Louvar dan Louvar (1998) dalam Rahman, dkk (2004), menggambarkan analisis risiko kesehatan terdiri dari 4 (empat) langkah, yaitu : (1) identifikasi bahaya (hazard identification), (2) Analisis pajanan (*Exposure assessment*), (3) Analisis dosis-respon (*dose-respons assessment*) dan (4) Karakteristik risiko ( *risk characterization*). Selanjutnya dalam buku *Report on Risk Assessment in the Federal Government, National research Council* (1983) dalam Kolluru (1996), model analisis kesehatan di gambarkan sebagai berikut :

Gambar 2.2 : Analisis Risiko dan Manajemen Model



### 2.5.1. Identifikasi Bahaya (*Hazard Potential dan Manajemen Model*)

Identifikasi bahaya adalah langkah identifikasi efek yang merugikan atau kapasitas yang dimiliki suatu bahan yang dapat menyebabkan kerugian (BPOM RI, 2001a), dalam hal ini bahaya pajanan BaP. Identifikasi bahaya adalah upaya untuk mengenali struktur dan komposisi yang melekat dalam risk agen serta efek yang merugikan kesehatan. Bahaya diidentifikasi sebagai zat-zat toksik yang berpotensi menimbulkan gangguan kesehatan (Rahman, 2004). Identifikasi ini dilakukan untuk menentukan mana saja yang dapat ditetapkan sebagai indikator bahaya kimia, biologi dan fisik. Penetapan ini dilakukan dengan pemilahan dan penentuan prioritas yang menggunakan pendekatan *Chemicals of Concern (COCs)* atau *Site-Specific Chemistry* (Kolluru, 1996) yang didasarkan pada beberapa faktor berikut :

- a. Toksisitas, *Slope Faktor (SF)* untuk karsinogenik dan dosis referensi (RfD) untuk non karsinogenik.
- b. Konsentrasi *risk agent* dalam media yang dibandingkan dengan background levelnya, apakah jumlahnya melimpah dalam media lingkungan.
- c. Konsentrasi *risk agent* dalam media yang dibandingkan dengan baku mutu, nilai ambang batas, *guideline* atau sejenisnya yang berlaku.
- d. Apakah frekuensi *risk agent* yang ada menyebar luas di media lingkungan.
- e. Bagaimana nasib (*fate*) dan perjalanan *risk agent*, seperti kelarutan, persistensi (waktu paruh) dan bioakumulasinya.
- f. Apakah jalur pajanannya lengkap, melalui udara, tanah, air dalam, air permukaan, sedimen dan makanan.

### 2.5.2. Analisis Pemajanan ( *Exposure Assessment* )

Pemajanan adalah proses yang menyebabkan organisme kontak dengan bahaya. Pemajanan adalah penghubung antara bahaya dan risiko. Pemajanan dapat terjadi karena risk agent terhirup dalam udara, tertelan bersama air atau makanan, terserap melalui kulit atau kontak langsung dalam kasus radiasi (Kolluru, 1996). Pada tahap ini dilakukan identifikasi tentang dosis atau jumlah yang diterima seseorang, *intake* (asupan) yang masuk melalui *inhalasi* (saluran pernafasan). *Intake* (asupan) adalah jumlah asupan yang diterima individu per berat badan per hari (Louvar & Louvar, 1998).

Analisis pemajanan digunakan untuk menentukan dosis *risk agent* yang diterima oleh individu sebagai asupan (*intake*) yang dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut (Kolluru, et al, 1996) :

$$I = \frac{C R t_E f_E D_t}{W_b t_{avg}}$$

- I = Asupan inhalasi (*intake*), jumlah *risk agent* yang diterima individu per satuan berat badan setiap hari,  $\mu\text{g}/\text{kg}\cdot\text{hari}$
- C = Konsentrasi risk agent,  $\mu\text{g}/\text{m}^3$
- R = Laju inhalasi ( $0,83\text{ m}^3/\text{jam}$  untuk orang dewasa)
- $t_E$  = Waktu pajanan harian, jam/hari
- $f_E$  = Frekuensi pajanan tahun, jam/hari
- $D_t$  = Durasi pajanan (proyeksi), tahun
- $W_b$  = Berat badan, kg
- $t_{avg}$  = Periode waktu rata-rata, 30 tahun x 365 hari/tahun (untuk non kanker) atau 70 tahun x 365 hari/tahun (untuk kanker).

Analisis pemajanan dapat dilakukan dengan menetapkan konsentrasi pajanan. Penetapan emisi, jalur dan laju perpindahan suatu bahan kimia menggambarkan keadaan dan ukuran populasi yang terpajan, tinggi rendah pajanan dan lama pajanan.

Hal ini perlu dilakukan untuk mendapatkan konsentrasi pajanan atau dosis pajanan yang mengenai populasi manumur (BPOM RI, 2001a).

Pemajanan atau *exposure* adalah suatu bagian *integral* dan penting dalam suatu urutan kejadian efek kesehatan. Analisis pemajanan dilakukan untuk mengevaluasi konsentrasi, jumlah atau intensitas suatu risk agen di dalam media lingkungan tertentu sehingga dapat mencapai sasaran atau reseptor (organisme, sistem atau sub-populasi). Dalam analisis pemajanan ditetapkan jalur atau rute pemajanan utama, dapat melalui *inhalasi*, *ingesti* atau *absorpsi*, sedangkan media lingkungan yang dilalui *risk agent* dapat berupa udara, air, tanah, makanan atau minuman. Selain itu juga dibutuhkan data mengenai waktu, frekuensi, lama pemajanan, karakteristik manumur sasaran (*anthropometri*) dan pola aktivitas sasaran (Sexton, dalam IPCS, 1995a).

Ada beberapa aspek penting yang perlu diperhatikan dalam melakukan penilaian terhadap analisis pemajanan, adalah sebagai berikut (WHO, 2000) :

Tabel 2.3 : Aspek-aspek yang perlu diperhatikan dalam analisis pajanan

No	Aspek-Aspek	Keterangan
1	Agent	Biologis, kimia dan fisika Agent tunggal, berganda dan campuran
2.	Sumber	Antropogenik atau non antropogenik, area atau titik, bergerak atau diam, indoor atau outdoor.
3.	Media pembawa ( <i>carrier medium</i> )	Air, udara, tanah, debu, makanan, produk
4.	Jalur pajanan ( <i>exposure path way</i> )	Makan makanan yang terkontaminasi, menghirup udara yang terkontaminasi, menyentuh permukaan benda.
5.	Rute pajanan	Inhalasi, kontak kulit, ingesti, rute berganda

Tabel 2.3 : Aspek-aspek yang perlu diperhatikan dalam analisis pajanan

6.	Konsentrasi pajanan	Mg/kg (makanan), mg/liter (air), $\mu\text{m}/\text{m}^3$ (udara), $\mu\text{m}/\text{cm}^3$ (permukaan terkontaminasi), % (berat)
7.	Durasi	Detik, menit, jam, hari, minggu, bulan, tahun, seumur hidup.
8.	Frekuensi	Kontinue, intermiten, bersiklus, acak
9.	Latar pajanan	Lingkungan kerja atau bukan lingkungan kerja, pemukiman atau bukan pemukiman, indoor atau outdoor.
10.	Populasi terpajan	Populasi umum, sub populasi, individu
11.	Lingkup geografis	Tempat atau sumber spesifik, lokal, regional, nasional, internasional, global.
12.	Kerangka waktu	Masa lalu, sekarang. Masa depan, trend

### 2.5.3. Analisis Efek (*Effect Assessment*)

Analisis efek adalah perkiraan hubungan antara dosis atau tingkat pemajanan bahan pada suatu organisme, dengan insidensi dan tingkat efek yang diakibatkannya. Termasuk diskripsi hubungan kuantitatif antara derajat pemajanan terhadap suatu bahan kimia dengan derajat efek toksik (BPOM RI, 2001a).

Hubungan dosis respon yang berbeda dapat diamati pada bahan yang sama, karena efek toksik dipengaruhi oleh jumlah asupan bahan kimia atau dosis yang diabsorpsi, frekuensi pemajanan dan waktu. Pada analisis risiko kesehatan manusia (*Human Health Risk Assessment*), risiko yang dikaji hanya terpusat pada manusia. Oleh karena itu ketidakpastian dalam analisis risiko kesehatan manusia hanya terbatas pada variasi jalur pemajanan dan perbedaan sensitivitas setiap individu (BPOM RI, 2001a). Sehingga konsep risiko mengandung pengertian probabilitas yang disebut RfD. RfD bukan dosis yang *acceptable*, melainkan hanya referensi saja.



jika dosis yang diterima manumur melebihi RfD maka probabilitas untuk mendapat risiko juga bertambah (Rahman, 2004).

Ketika suatu agen dapat masuk kedalam tubuh baik melalui *intake* ataupun *uptake*, maka jumlah yang masuk dideskripsikan sebagai dosis. Terdapat beberapa jenis dosis yang berhubungan dengan estimasi pajanan, yaitu dosis potensial, dosis terapan (*applied dose*), *internal dose*, dan *biologically effective (target) dose*. Hubungan antara dosis dengan penyakit atau kesakitan sangat dipengaruhi oleh pola hubungan kurva dosis-respon karena mekanisme *farmakodinamik* dan faktor *susceptibility* seperti status kesehatan, nutrisi, stress dan predisposisi genetik (IPCS, 1995a).

Hubungan dosis-respon menyatakan tingkat toksisitas suatu risk agen terhadap reseptor biologis. Data toksisitas biasanya diperoleh dari penelitian eksperimental pada hewan percobaan (*bioassay*), epidemiologi, uji klinik dan biomolekuler. Respons atau efek yang timbul oleh suatu dosis dapat bervariasi mulai tidak teramati yang sifatnya *reversible*, kerusakan organ menetap, kelainan fungsi organ menetap sampai kematian.

Dosis-respon atau efek dosis suatu zat toksik menunjukkan tingkat toksisitas zat tersebut, dan dinyatakan sebagai (Rahman, 2004) :

- 1) Tingkat pajanan paling tinggi yang efek biologinya tidak teramati (*No observed Adverse Effect Level, NOAEL*).
- 2) Tingkat pajanan paling rendah yang efek biologinya teramati (*Low observed Adverse Effect Level, LOAEL*).
- 3) Efek-efek temporer dan permanan atau dosis efektif, seperti iritasi mata atau saluran pernafasan.

- 4) Luka permanent
- 5) Efek fungsional kronik
- 6) Efek mematikan.

RfD ditetapkan dengan membagi NOAEL dengan UF (*Uncertainty Factor*) x MF (*modifying Factor*) (Louvar & Luovar, 1998) dalam (Rahman, dkk, 2004) adalah sebagai berikut :

$$RfD = \frac{NOAEL}{UF1 \times UF2 \times MF}$$

UF1 = 10 untuk variasi sensitivitas dalam populasi manumur

UF2 = 10 untuk ekstrapolasi toksisitas dari hewan ke manumur

UF3 = 10 bila NOAEL diturunkan dari uji hayati subkronik (non kronik)

UF4 = 10 bila LOAEL digunakan untuk menggantikan NOAEL

$0 < MF < 10$  merupakan *profesional judgment* terhadap kualitas dan kelengkapan data studi toksisitas.

Analisis pemajanan dan analisis dosis-respon digunakan untuk membuat karakterisasi risiko. Karakter risiko umumnya dinyatakan dalam 2 hal yaitu sebagai berikut (IPCS, 2004):

1. Efek nonkanker, risiko kuantitatif nonkanker dinyatakan *hazard Index* atau *Risk Quotient*, yaitu jumlah intake atau asupan risk agen per dosis acuan (*reference Dose*).
2. Efek karsinogenik, risiko dinyatakan sebagai risiko kanker yang diestimasi dari perkalian antara dosis harian yang diterima (*actual human dose*) dengan *slope factor* yang diperoleh dari pemodelan dosis-respon. Risiko kanker adalah probabilitas individu mengalami suatu jenis kanker akibat pemajanan zat

karsinogen, biasanya dihitung untuk risiko kanker sepanjang hayat (*life time cancer risk*).

Hasil karakterisasi risiko perlu ditindaklanjuti dengan kegiatan sebagai berikut :

1. Merumuskan tingkat risiko (kanker dan non kanker) menurut intake minimum. Intake maksimum disebut sebagai *worst scenario*, sedangkan intake minimum sebagai *best scenario*.
2. Estimasi tingkat risiko pada berbagai konsentrasi, jumlah suatu intensitas agen risiko dan waktu pajanan.
3. penetapan nilai-nilai standar berbasis kesehatan. Nilai-nilai ini perlu ditindaklanjuti melalui proses legislasi atau regulasi menjadi standar kualitas lingkungan seperti baku mutu atau nilai ambang batas.

Selain pernyataan kuantitatif, karakterisasi risiko perlu juga dirumuskan secara kualitatif, antara lain penjelasan mengenai bukti bahwa agen risiko yang dikaji aman digunakan dalam kondisi-kondisi tertentu, saran-saran untuk menghindari, meminimalisasi atau mengurangi dan menghindari pajanan (IPCS, 2004).

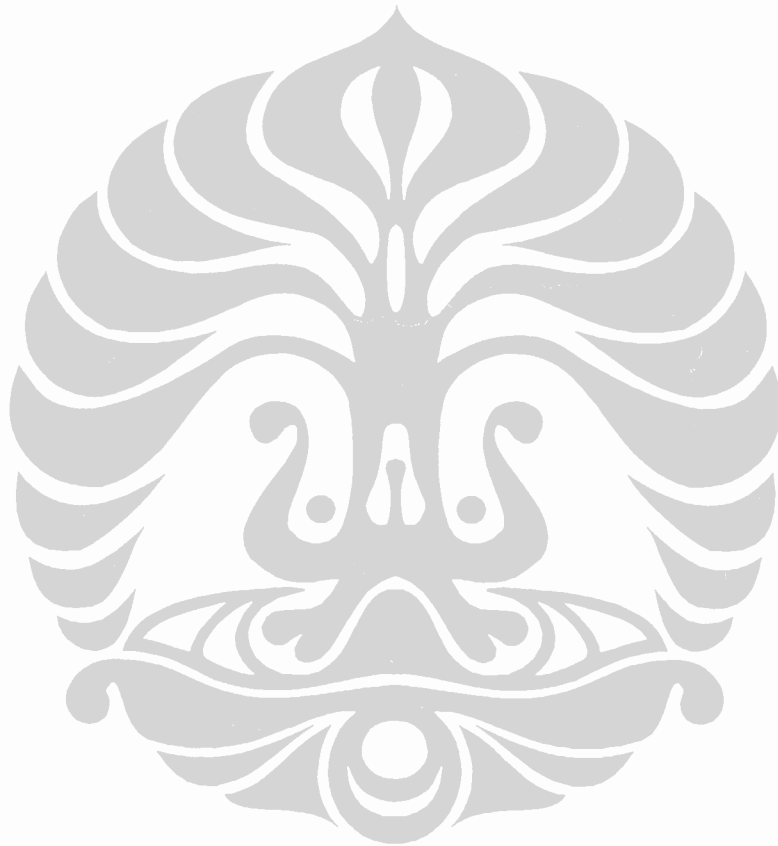
#### **2.5.4. Karakteristik Risiko (*Risk Characterization*)**

Karakteristik risiko adalah perkiraan suatu risiko yang merugikan yang dapat terjadi pada manumur, akibat dari pajanan. Perkiraan tersebut dapat dilakukan melalui estimasi risiko, yaitu kuantifikasi probabilitas terjadinya risiko berdasarkan identifikasi bahaya, analisis efek dan analisis pajanan. Untuk menganalisis risiko pajanan pada manumur (*intake*) dibandingkan dengan dosis acuan (*reference dose*) atau RfD. Ratio antara intake dengan RfD dikenal dengan bilangan risiko (*Risk Quotients*) disingkat RQ.

RQ dihitung berdasarkan rumus berikut :

$$RfD = \frac{\text{Intake (mg/kg x hari)}}{\text{RfD (mg/kg x hari)}}$$

Jika  $RQ \leq 1$  menunjukkan indikasi tidak adanya kemungkinan terjadinya efek yang merugikan, sedangkan jika nilai  $RQ > 1$  maka menunjukkan indikasi adanya kemungkinan terjadinya risiko efek yang merugikan (Rahman, dkk, 2004).



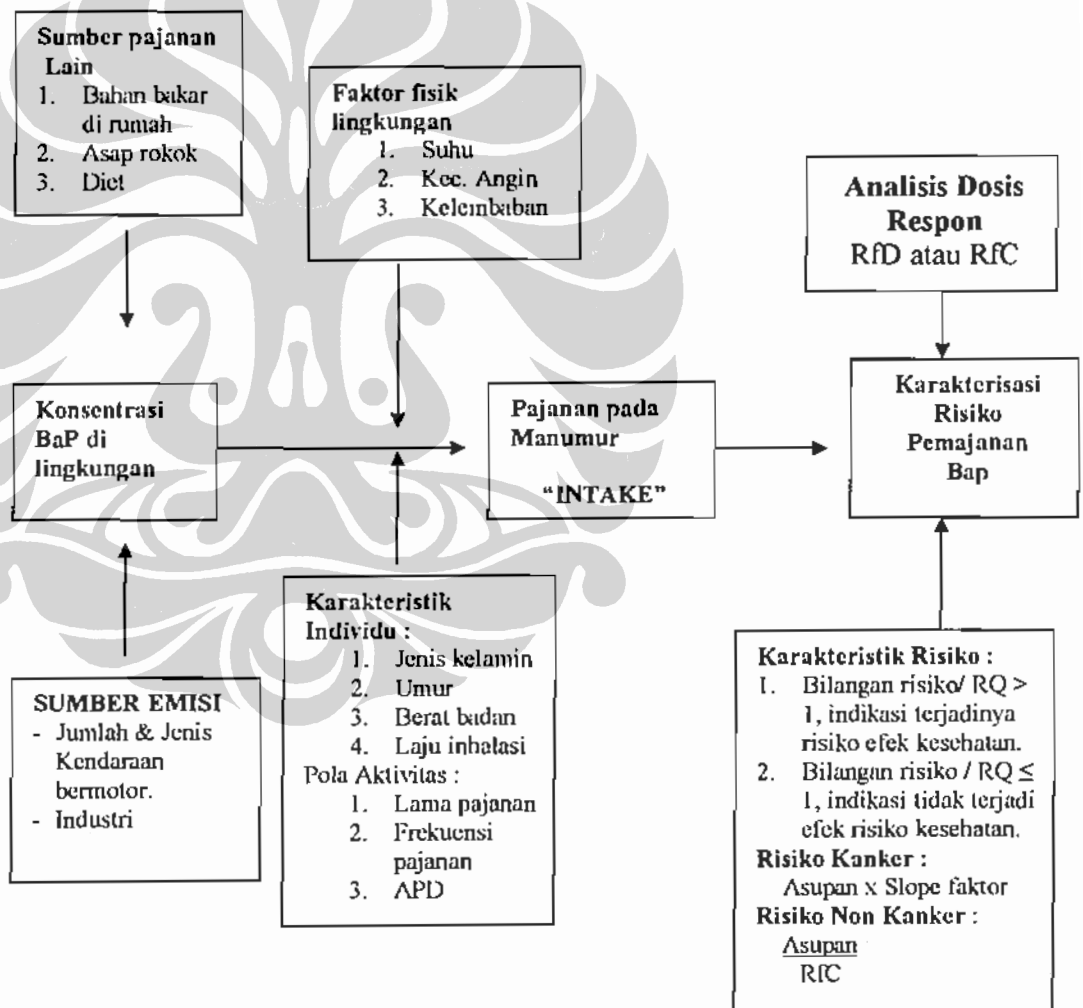
## BAB 3

### KERANGKA TEORI DAN KERANGKA KONSEP

#### 3.1. Kerangka Teori

Berdasarkan tinjauan pustaka sebelumnya, maka dapat disusun suatu kerangka teori risiko pajanan BaP mulai dari sumber, keberadaan zat di lingkungan, sampai terhadap efek kesehatan manumur adalah sebagai berikut :

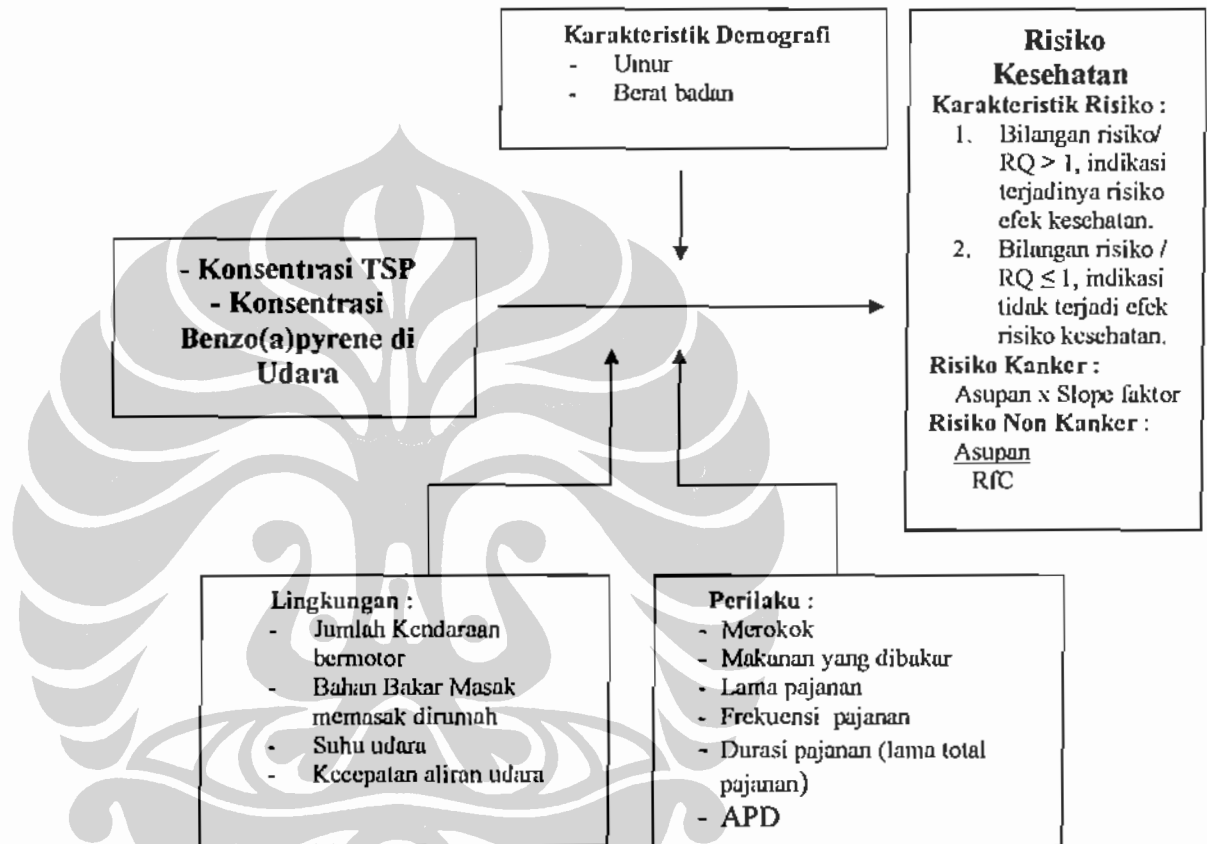
Gambar 3.1 Kerangka Teori



### 3.2. Kerangka Konsep

Berdasarkan kerangka teori disusun suatu kerangka konsep yang akan diteliti dalam penelitian, adalah sebagai berikut :

Gambar 3.2. Kerangka Konsep



Dari kerangka konsep diatas, variable independen yang akan diteliti adalah konsentrasi benzo(a)pyrene di udara dan dependen yaitu tingkat risiko kesehatan. Faktor-faktor yang dapat mempengaruhi konsentrasi benzo(a)pyrene di udara dengan tingkat risiko kesehatan pada populasi yang diteliti adalah factor demografi, factor lingkungan dan factor perilaku.

Faktor demografi yang diteliti adalah umur, dan berat badan. Faktor lingkungan terdiri dari jumlah kendaraan bermotor, bahan bakar memasak, suhu

udara, kelembaban udara, dan kecepatan aliran udara. Faktor perilaku yang diteliti adalah lama pajanan, frekuensi pajanan, durasi pajanan, status merokok dan makanan yang dibakar serta pemakaian alat pelindung diri.

### 3.3. Hipotesis

1. Konsentrasi BaP di udara ambient di jalan raya lebih tinggi dari pada konsentrasi BaP di lingkungan kantor Polres.
2. Ada perbedaan risiko antara responden yang terpajan tinggi (polisi yang bertugas di jalan raya) dengan responden yang terpajan rendah (polisi yang bertugas di lingkungan kantor Polres), dimana polisi yang bertugas di jalan raya lebih berisiko terhadap gangguan kesehatan yaitu risiko kanker dan non kanker.

### 3.4. Definisi Operasional

Variabel dependen yang akan diukur adalah tingkat risiko kesehatan (kanker dan nonkanker), sedangkan variabel independen adalah konsentrasi debu TSP, konsentrasi BaP, umur, berat badan, jumlah kendaraan bermotor, bahan bakar masak dirumah, suhu, kecepatan aliran angin, status merokok, makan makanan baker, lama pajanan, frekuensi pajanan, durasi pajanan, pemakaian alat pelindung diri, dan asupan. Definisi operasional seluruh variable dapat dilihat pada table 3.1 berikut ini :

Tabel 3.1. Definisi Operasional

No	Variabel	Definisi Operasional	Cara Pengukuran dan satuan	Skala Ukur
1	Debu TSP ( <i>Total Suspended Particulat</i> )	Berat debu total terhirup yang diukur pada zona pernafasan selama shif kerja	Pengumpulan menggunakan alat pompa isap yang dilengkapi filter Satuan : $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Rasio

No	Variabel	Definisi Operasional	Cara Pengukuran dan satuan	Skala Ukur
2	Konsentrasi BaP	Konsentrasi BaP dalam sampel debu TSP yang dikumpulkan selama satu shif kerja	Pengukuran menggunakan HPLC di laboratorium Satuan:nanogram/m <sup>3</sup>	Rasio
3	Umur	Umur responden pada waktu wawancara penelitian	Kuesioner Satuan : tahun	Rasio
4	Berat badan	Berat badan responden pada waktu wawancara penelitian	Kuesioner Satuan : Kg	Rasio
5	Jumlah kendaraan bermotor	Adalah banyaknya kendaraan yang melalui jalan raya, selama 1 shif kerja	Data sekunder Satuan = jumlah kendaraan	Rasio
6	Bahan bakar dirumah	Bahan bakar utama untuk masak dirumah responden (minyak tanah, gas, kayu bakar, lain-lain)	Kuesioner 0 = gas 1 = minyak tanah, lain-lain	Nominal
7	Suhu	Adalah suhu di tempat kerja selama 1 shif kerja	Menggunakan alat thermo-anemo digital meter Satuan = °C	Rasio
8	Kecepatan aliran angin	Adalah kecepatan aliran udara rata-rata selama kerja	Diukur menggunakan alat thermo-anemo digital meter Satuan = meter/detik	Rasio
9	Status merokok	Pernyataan responden mengenai kebiasaan merokok Tidak merokok = tidak pernah merokok / tidak merokok dalam 1 tahun terakhir Merokok = merokok	Kuesioner 0 = tidak merokok 1 = merokok	Nominal



No	Variabel	Definisi Operasional	Cara Pengukuran dan satuan	Skala Ukur
10	Makanan	Pernyataan responden mengenai makan makanan yang dibakar Makan = makan makanan bakar dalam 1 minggu terakhir Tidak makan = tidak makan makanan bakar dalam 1 minggu terakhir	Kuesioner 0 = tidak makan 1 = makan	Nominal
11	Lama pajanan	Jumlah waktu pajanan di tempat kerja (selama 1 shif)	Kuesioner Satuan : jam/hari	Rasio
12	Frekuensi pajanan	Jumlah waktu pajanan dalam seminggu	Kuesioner Satuan : hari/minggu	Rasio
13	Durasi pajanan	Jumlah total waktu pajanan yang telah dilalui	Kuesioner Satuan: jam	Rasio
14	Alat Pelindung Diri (APD)	Pernyataan responden mengenai penggunaan alat pelindung diri (masker) Mamakai = selalu memakai & digunakan saat pengumpulan data Tidak ada = tidak memakai & tidak digunakan saat pengumpulan data.	Kuesioner & observasi 0 = memakai 1 = tidak memakai	nominal
15	Asupan BaP (intake BaP)	Perhitungan jumlah agent (BaP) yang masuk dalam tubuh per Kg BB per hari	Rumus perhitungan Satuan : $\mu\text{g}/\text{Kg} \times \text{hari}$	Rasio
16	Risiko kanker	Perkiraan besar risiko kanker, dihitung dengan asupan BaP x nilai estimasi kanker (slope faktor)	Perhitungan Satuan : perkiraan jumlah kasus per penduduk	Rasio
17	Risiko non kanker	Perkiraan besar risiko non kanker TSP yang dihitung dengan perbandingan antara asupan dengan konsentrasi referen	Perhitungan RQ = asupan/konsentrasi referen $\text{RQ} \geq 1 = \text{berisiko}$ $\text{RQ} < 1 = \text{tidak berisiko}$	Ordinal

## BAB 4

### METODE PENELITIAN

#### 4.1. Desain Penelitian

Desain penelitian yang digunakan adalah desain *cross-sectional* (potong lintang) yang dilanjutkan dengan analisis risiko.

#### 4.2. Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian dilaksanakan di Jalan Raya Margonda Kota Depok selama 4 bulan, terhitung mulai tahap pembuatan proposal sampai dengan analisis data (hasil penelitian). Pengumpulan data dilaksanakan pada bulan April tahun 2008.

#### 4.3. Populasi dan sampel

##### 4.3.1. Populasi

Populasi penelitian adalah Polisi yang bertugas di Jalan Raya Margonda Kota Depok. Setiap titik diperiksa debu TSP dan konsentrasi BaP di dalam debu tempat kerja. Untuk memperkirakan risiko masing-masing responden dikumpulkan informasi mengenai lama pemajanan, frekuensi pemajanan, kemungkinan pajanan di luar jam kerja dan karakteristik individu seperti umur, jenis kelamin, berat badan, rokok dan makanan.

Kriteria inklusi responden adalah Polisi yang bertugas di Jalan Raya minimal 1 tahun. Sebagai pembanding adalah Polisi yang bertugas di kantor dan telah bekerja minimal 1 tahun.

#### 4.3.2. Sampel

Pengambilan sample dalam penelitian ini dilakukan di 3 (tiga) titik di Jalan Margonda dan 2 (dua) titik di lingkungan kantor satuan lalu lintas Polres Kota Depok.

Jumlah sample yang akan di ambil dalam penelitian ini berdasarkan uji hipotesis beda rata-rata 2 (dua) kelompok independent (Lemeshow, 1997) adalah sebagai berikut :

$$n = \frac{2\sigma^2 (Z_{1-\alpha/2} + Z_{1-\beta})^2}{(\mu_1 - \mu_2)^2}$$

Karena  $\sigma^2$  tidak diketahui, maka  $\sigma^2$  diperkirakan dari varian gabungan sebagai berikut :

$$Sp^2 = \frac{[(n_1 - 1) S_1^2 + (n_2 - 1) S_2^2]}{(n_1 - 1) + (n_2 - 1)}$$

Dengan menggunakan derajat kemaknaan 5%, kekuatan uji 80% dan menggunakan uji 2 sisi. Di Indonesia penelitian tentang analisis risiko BaP di pintu tol Jabotabek (Warouw, 2007) diperoleh hasil standar deviasi konsentrasi BaP pada kelompok terpajan dengan jumlah sampel 46 sebesar 2,0495  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , dan standar deviasi konsentrasi BaP pada kelompok pembanding dengan jumlah sampel 46 sebesar 0,6309  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Dari hasil penelitian ini jika dihitung untuk perhitungan pengambilan sampel, diperoleh sampel sebesar 18 orang sehingga tidak dijadikan referensi karena dianggap jumlah sampel tersebut terlalu sedikit untuk penelitian *cross sectional*.

Referensi yang digunakan dalam penelitian ini adalah penelitian di Taipei Taiwan. Dipilih Negara Taiwan karena Negara tersebut menurut *Energy Information Administration* adalah Negara yang mempunyai kepadatan penduduk yang tinggi dan kilang minyak yang banyak, Taiwan mengalami pencemaran yang tinggi dengan peringkat 119 dari 143 negara yang diperiksa (Wiki, 1998). Keadaan geografis tersebut tidak jauh beda dengan keadaan geografis di Indonesia. Penelitian tersebut adalah penelitian biomarker pada petugas gardu tol di Taipei Taiwan dengan hasil diketahui standar deviasi konsentrasi 1 – OHP pada kelompok terpajan dengan jumlah sampel 47 sebesar 0,073 ng/gr kreatinin, dan standar deviasi 1 – OHP pada kelompok pembanding dengan jumlah sampel 27, sebesar 0,037 ng/gr kreatinin. Dengan rata-rata 1 – OHP kelompok terpajan sebesar 0,117 ng/gr kreatinin dan rata-rata 1-OHP pada kelompok pembanding sebesar 0,073 ng/gr kreatinin (Ching-Huangi, et al, 2001), dari hasil tersebut maka dapat dihitung jumlah sampel sebagai berikut :

$$Sp^2 = \frac{[(47 - 1) 0,073^2 + (27 - 1) 0,037^2]}{(47 - 1) + (27 - 1)}$$

$$= 0,00379$$

$$n = \frac{2 \times 0,00379 (1,96 + 0,84)^2}{(0,073 - 0,037)^2}$$

$$= 45,8$$

Sehingga diperlukan minimal 46 orang dari kelompok yang terpajan dan 46 orang dari kelompok pembanding.

Berdasarkan perhitungan diatas maka jumlah sampel minimal yang diperlukan adalah sebanyak 92 sampel.

#### 4.3.3. Cara Sampling

Langkah pengambilan sampel (responden) pada Polisi adalah sebagai berikut : Lokasi (titik sampling) dipilih secara purposive, berdasarkan observasi yang lokasinya paling macet, diperoleh 3 titik sebagai lokasi sampling,

- a. Pada setiap titik dilakukan pengumpulan sample sebanyak 16 orang responden, yang bertugas pada shif pagi.
- b. Penetapan responden dilakukan dengan undian terhadap petugas yang bertugas pada hari penelitian.
- c. Pada setiap responden, dilakukan wawancara, pengukuran sampel udara selama shif kerja.

Langkah pengambilan sampel (responden) pada pembanding adalah sebagai berikut :

- a. Lokasi pada 2 (dua) titik di lingkungan kantor satuan lalu lintas Polres Kota Depok, responden dipilih secara undian terhadap polisi yang bertugas di kantor satuan lalu lintas yang hadir pada hari penelitian sebanyak 46 orang.
- b. Pada setiap titik dilakukan pengumpulan sampel sebanyak 23 orang responden.
- c. Pada setiap responden, dilakukan wawancara, pengukuran sampel udara selama kerja.

#### **4.4. Bahan dan Cara Kerja**

##### **4.4.1. Cara Pengumpulan Sampel**

###### **1. Pengumpulan data di lapangan**

Pengumpulan data dan informasi dilapangan meliputi: pengukuran konsentrasi debu TSP, suhu, kelembaban, kecepatan angin di titik lokasi dan wawancara terhadap responden. Pengumpulan data konsentarsi debu TSP menggunakan pompa isap dengan kertas filter, pengukuran suhu menggunakan Thermometer, pengukuran kecepatan angin menggunakan anemometer, dan wawancara menggunakan kuesioner. Semua alat yang digunakan sudah di kalibrasi. Tenaga pelaksana pengumpul data adalah peneliti dibantu petugas ahli dari laboratorium Balai Hiperkes DKI Jakarta.

###### **2. Prosedur pengumpulan sample debu TSP**

Kertas filter Whatman yang akan digunakan berukuran diameter 37 mm dengan porositas 2  $\mu$ m. Filter yang sudah dikeringkan dalam incubator pada suhu 110°C selama 15 menit, kemudian didinginkan dalam eksikator, dan ditimbang (a gram).

Filter dipasang pada alat pompa isap, kecepatan alir motor pompa penghisap diatur antara 960 L at 2.0 L/menit (Q l/menit). Pompa diaktifkan selama 8 jam. Filter dikeluarkan dari pompa isap kemudian dikeringkan dalam incubator dan ditimbang kembali. Perbedaan berat dihitung per debit aliran. Setelah filter ditimbang kemudian dianalisis kadar BaPnya dengan alat HPLC/FC di laboratorium.

#### 4.4.2. Pengukuran Konsentrasi BaP

##### 1. Bahan dan Standar

- 1) Aquabidest dan aquadest
- 2) Methanol special untuk chromatography dari BDH, No. Cat: 10158 6B/Merk
- 3) Asam asetat glacial dari BDH, ANALAR, No. Cat: 10001 5N/Merk.
- 4)  $\beta$ -glucuronidase dari helix Pomatia, dari SIGMA G-7017
- 5) Buffer Asetat 2M pH 5
- 6) Fase gerak : Aquabidest dan methanol, sebelum digunakan terlebih dahulu disaring dengan kertas Whatman Cellulose Nitrat Membrane Filter 0,45  $\mu$ m.
- 7) Standart BaP dari Aldric
- 8) Extran 5%
- 9) Larutan NaCl.

##### 2. Instrumen dan Peralatan

- 1) Alat gelas
- 2) Masker
- 3) Tabung penutup ulir plastic yang berdiameter dalam Teflon ukuran 15 mm x 16 mm, pyrex atau setara.
- 4) Tes tube 1,6 x 10 cm, Pyrex untuk turbo vap
- 5) Labu ukur
- 6) Pipet-pipet seperti soccorex, tranferpette dan dispensette atau setara yang terkalibrasi, ditetapkan volumenya antara 10-100 $\mu$ l, 20-200 $\mu$ l, 50-500 $\mu$ l, 0,5-5ml.
- 7) Timbangan analitis Sartorius AG. MC 210P Max 210 gram
- 8) Rotary Shakers: Model No. RSM 6 Made in Ratem Instrument Australia. Kapasitas 20 tabung reaksi.

- 9) Waterbath : ditetapkan suhunya adalah 50°C. GRANT, SUB. 14
- 10) Centrifuge, SAVANT AES 2110. Integrated Speed Vac, kapasitas 32 tabung 18 x 150 mm atau lebih pendek.
- 11) Turbo vap
- 12) Rotary evaporators (BUCHI), kapasitas 6 tabung reaksi
- 13) Spatula
- 14) Pipet pastur panjang dan pendek, sekali pakai
- 15) Glass ball sedang
- 16) Yellow tips
- 17) Pompa nitrogen
- 18) Pembuka dan penutup sampel vial akhir dari HP
- 19) Vial sample akhir dan tutup vial dari HP
- 20) Insert 100 µl dari HP
- 21) Sep-Pak C18 cartridges dari waters, part No. WAT054955.
- 22) Terumo syringe 10 ml
- 23) Kertas Whatman Syringe filter 0,45 µm, Cat, No. 6750 2504.
- 24) High Pressure Liquid Chromatography (HPLC) dari Water 2695 Alliance  
dilengkapi dengan :
  - CPU (computer) : IBM Intel Pentium 4
  - Printer : HP Psc 1315
  - Software : Empower
  - Detektor : Fluorecence



### 3. Kondisi HCLC / FD

Kolom : BDS Hypersil C 18

Diameter : 4,6 x 250 mm

Ketebalan : 5  $\mu$ m

Flow rate : 1 ml/min

Fase gerak : B : Aquabidest

C : Acetonitril

Run time : 20 menit

Volume : 30  $\mu$ l

Suhu kolom : 25°C

### 4. Prosedur Pemeriksaan

#### 1) Persiapan pemeriksaan

- a. Pembuatan larutan standar BaP
- b. Ekstraksi sampel

#### 2) Pengukuran Konsentrasi

Konsentrasi BaP diukur dengan menggunakan HPLC/FD, kadar BaP dari masing-masing sediaan ditentukan dari suatu kurva kalibrasi standar yang dibuat terpisah, dengan kadar yang sama. Kemudian kadar dalam sampel dihitung dengan menggunakan persamaan garis linier  $Y = mx$

#### 4.4.3 Perhitungan Risiko Kanker

Perhitungan asupan (*Intake*) menggunakan formula sebagai berikut :

$$I = \frac{C R t_E f_i D_i}{W_b t_{avg}}$$

I	= Asupan inhalasi (intake), jumlah <i>risk agent</i> yang diterima individu per satuan berat badan setiap hari, $\mu\text{g}/\text{kg}\cdot\text{hari}$
C	= Konsentrasi risk agent, $\mu\text{g}/\text{m}^3$
R	= Laju inhalasi ( $0,83\text{ m}^3/\text{jam}$ untuk orang dewasa)
tE	= Waktu pajanan harian, jam/hari
fE	= Frekuensi pajanan tahun, jam/hari
Dt	= Durasi pajanan (proyeksi), tahun
Wb	= Berat badan, kg
tavg	= Periode waktu rata-rata (untuk kanker menggunakan 70 tahun)

Risiko kanker dihitung dengan rumus sebagai berikut (Louvar, 1998) :

$$\text{Risiko kanker} = \text{Asupan (kronis)} \times \text{Slope faktor}$$

Slope faktor merupakan suatu nilai toksik yang menunjukan potensi karsinogenik dari suatu bahan yang sudah diketahui sebagai "*probable human carcinogenic*". Suatu nilai toksik (*Slope Faktor*) didefinisikan sebagai hubungan kuantitatif antara dosis dan respon, yang merupakan perkiraan (estimasi) besar peluang seseorang (individu) berkembang menjadi kanker karena terpajan (seumur hidup) oleh suatu agen kanker yang potensial (Louvar, 1998).

*Slope factor* adalah : risiko dibagi dengan dosis, dengan rumus sebagai berikut :

$$\text{SF} = \text{Risiko} / \text{mg}/\text{kg}\text{ hari}$$

Dalam menghitung efek karsinogenik diasumsikan nilai *slope faktor* adalah konstan, sehingga risiko secara langsung berhubungan dengan intake, dapat dilihat pada rumus sebagai berikut :

$$\text{Risiko} = \text{CDI} \times \text{SF}$$

- Risiko adalah probabilitas seseorang mendapat kanker
- CDI adalah asupan harian rata-rata yang diproyeksikan dialami oleh seseorang atau populasi selama seumur hidup (70 tahun), dengan satuan ( $\text{mg}/\text{kg}/\text{hari}$ )

Nilai Slope faktor :

1. Nilai slope faktor inhalasi BaP yang dikeluarkan oleh *Risk Assessment Information System* adalah sebesar 0,88 per  $\text{mg}/\text{m}^3$  (RAIS, 2005)
2. Nilai slope faktor inhalasi BaP yang dikeluarkan oleh California Environmental Protection Agency (CalEPA) adalah sebesar  $7,3 (\text{mg}/\text{kg}/\text{d})^{-1}$  BaP (US-EPA, IRIS, 2005).

Nilai ambang batas risiko kanker yang dapat diterima diadopsi dari *US-EPA*, yaitu *satu kasus kanker per sepuluh ribu penduduk* (Louvar, 1998).

#### 4.4.4 Perhitungan Risiko Non Kanker

Karakteristik tingkat bahaya kesehatan nonkanker secara kuantitatif dinyatakan sebagai *Risk Quotient*. *Risk Quotient* (RQ) adalah intake dibandingkan dengan konsentrasi referen. *Risk Quotient* (RQ)  $\geq 1$  dianggap berisiko, karena intake melampaui ambang batas konsentrasi referen.

Risiko nonkanker yang diperhitungkan dalam analisis risiko pemajanan BaP ini adalah risiko terhadap pajanan debu TSP. Karena belum tersedia referen untuk BaP.

Perhitungan Asupan Debu

$$I = \frac{C R t_F f_F D_t}{W_b t_{\text{avg}}}$$

- I = Asupan inhalasi (intake), jumlah *risk agent* yang diterima individu per satuan berat badan setiap hari,  $\mu \text{g}/\text{kg}/\text{xhari}$
- C = Konsentrasi risk agent,  $\mu \text{g}/\text{m}^3$
- R = Laju inhalasi ( $0,83 \text{ m}^3/\text{jam}$  untuk orang dewasa)

tE	= Waktu pajanan harian, jam/hari
fE	= Frekuensi pajanan tahun, jam/hari
Dt	= Durasi pajanan (proyeksi), tahun
Wb	= Berat badan, kg
tavg	= Periode waktu rata-rata

Penelitian ini menggunakan referensi dari penelitian Chen, 1998 untuk menentukan NOAEL (*No observed advers effect Level*). Penelitian tersebut dilakukan pada anak umur sekolah, dimana NOAEL debu PM10 sebesar 0,11 mg/m<sup>3</sup>. Agar dapat dikonversi ke dalam volume inhalasi orang dewasa, maka dilakukan koreksi dari 4,4 l/menit menjadi 7,5 l/menit. Demikian juga untuk berat badan dikoreksi dari 70 menjadi 65 kg. Secara keseluruhan koreksi inhalasi dan berat badan dinyatakan sebagai faktor koreksi (fk) sebagai berikut :

$$FK = \frac{7,5}{4,4} \times \frac{55}{30} \times \frac{70}{50} = 3,97$$

$$\text{NOAEL PM10} = 0,11 \text{ mg/m}^3 \times 64/22,4 \times 273 \text{ mg}/298 \text{ m}^3 \times 20 \text{ m}^3/70 \text{ kg} = 0,08 \text{ mg/kg/hari}$$

NOAEL PM10 koreksi = 3,97 x 0,82 mg/kg/hari = 0, 33 mg/kg/hari selanjutnya untuk mendapatkan NOAEL TSP maka dilakukan konversi nilai NOAEL PM10 ke TSP berdasarkan refrensi bahwa TSP dapat dihitung atas dasar 68% TSP berdasarkan refrensi bahwa TSP dapat dihitung atas dasar 68% TSP adalah PM10 (Petters, et al, 2000).

$$\text{Sehingga NOAEL TSP} = \frac{100}{68} \times 0,3266 \text{ mg/kg/hari} = 0,4803 \text{ mg/kg hari}$$

Penentuan konsentrasi referen debu TSP berdasarkan penelitian Chen et al, 1998 yaitu membagi NOAEL dengan faktor ketidakpastian (UF) dan faktor modifikasi (MF), dengan ketentuan sebagai berikut :

UF1 = 10 untuk variasi sensitivitas dalam populasi manumur

UF2 = 10 untuk ekstrapolasi toksisitas dari hewan ke manumur

UF3 = 10 bila NOAEL diturunkan dari uji hayati subkronik (non kronik)

UF4 = 10 bila LOAEL digunakan untuk menggantikan NOAEL

$0 < MF < 10$  merupakan *profesional judgment* terhadap kualitas dan kelengkapan data studi toksisitas.

Penelitian tersebut adalah *cross-sectional* sehingga MF digunakan = 1. Sehingga penentuan konsentrasi referen ditetapkan menggunakan UF = 10 dan MF = 1. UF1 tidak diperlukan karena menggunakan 2 variasi etnis Hakka dan Taiwan, sehingga variabilitas sensitivitas pada populasi dapat terwakili. UF2 tidak diperlukan karena penelitian ini merupakan penelitian yang dilakukan pada polisi yang bertugas di jalan raya dan pembanding. UF3 juga tidak diperlukan karena penelitian tersebut bukan hasil uji hayati.

$$RfC = \frac{0.4803 \text{ mg / kg /hari}}{10 \times 1} = 0,04803 \text{ mg / kghari}$$

#### 4.5. Pengolahan dan Analisis Data

Analisis statistik dilakukan dengan perhitungan kuantifikasi risiko non kanker dan risiko karsinogenik akibat pemajanan debu TSP dan benzo(a)pyrene.

#### 4.5.1 Pemasukan (*Entry*) Data

Data data yang telah dihitung tersebut kemudian dimasukkan dalam komputer dengan tahapan sebagai berikut :

- *Editing*, yaitu kegiatan pengecekan terhadap semua isian kuisioner yang telah dikumpulkan yang dilakukan setelah pengambilan data di lapangan dan uji laboratorium telah selesai. Kegiatan ini untuk memastikan bahwa data yang diperoleh adalah " bersih " yaitu data tersebut semua terisi, konsistensi, relevan, dan dapat dibaca dengan baik.
- *Codeing*, kegiatan pengkajian dilakukan setelah semua data dikumpulkan dan dilakukan sesuai kebutuhan untuk keperluan analisis statistik dengan komputer.
- *Cleaning*, yaitu kegiatan pembersihan data untuk pengecekan kembali terhadap data yang sudah dimasukkan ke dalam computer. Kegiatan ini dilakukan dengan melihat distribusi frekuensi dari masing masing variabel yang diteliti dengan melihat kelogisannya. Ini dilakukan untuk melihat adanya ketidak lengkapan data (*missing* ) dan kemungkinan adanya kejanggalan informasi.

#### 4.5.2. Analisis Data

##### 4.5.2.1. Analisis Univariat.

Analisis univariat ini dilakukan untuk memperoleh gambaran pada masing masing variabel, data data, disajikan dalam bentuk tabel frekuensi maupun diagram - diagram frekuensi. Sejauh memungkinkan dimanfaatkan juga untuk uji statistik diskriptif yang sesuai.

Dalam analisis ini digunakan ukuran nilai tengah, mean, median, nilai minimal, maksimal, dan nilai skewness untuk data numerik, dan distribusi frekuensi dengan ukuran persentase ( proporsi) untuk data katagorik dengan batas CI 95% .

Selain itu dilakukan atau dilanjutkan dengan perhitungan Kuantifikasi risiko non kanker dan risiko karsinogenik, akibat pemajanan debu dan BaP .

#### **5.5.2.2. Analisis Bivariat**

Analisis bivariat ini dilakukan untuk mengetahui hubungan antar dua variabel yaitu, antara masing masing variabel independen pemajanan (BaP), dengan variabel dependen tingkat risiko kesehatan. Analisis bivariat menggunakan uji beda 2 (dua) mean independent (non parametrik/ Mann-Whitney U) untuk mengetahui perbedaan rata-rata dua kelompok data independen (Hastono, 2007), yaitu kelompok yang terpajan tinggi (polisi yang bertugas di jalan raya) dan kelompok terpajan rendah (polisi yang bertugas di lingkungan kantor polres). Uji Chi-Square digunakan untuk menguji hubungan antara polisi yang bertugas di jalan raya dengan perkiraan risiko kanker dan nonkanker. Interpretasi hasil analisis adalah sebagai berikut apabila diperoleh nilai  $p < \alpha$  maka disimpulkan terdapat hubungan yang signifikan, tetapi bila nilai  $p > \alpha$  maka disimpulkan tidak terdapat hubungan yang signifikan.

#### **5.5.2.3. Analisis Multivariat**

Analisis ini dilakukan untuk melihat hubungan antara beberapa variabel independen dengan variabel dependen, dan untuk mendapatkan satu model akhir dari analisis dengan menggunakan analisis regresi logistik.

#### 4.6. Langkah Pelaksanaan Penelitian

Penelitian dilaksanakan dalam 7 langkah sebagai berikut :

1. Mengurus perizinan
2. Pembuatan instrument dan uji coba instrument
3. Persiapan lapangan
4. Pengumpulan data dan supervise
5. Pemarksaan sample di laboratorium
6. Analisis data
7. Penyusunan laporan





## BAB 5

### HASIL PENELITIAN

#### 5.1. Cakupan Unit Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Jalan Raya Margonda Kota Depok dengan responden sebanyak 46 orang responden yaitu Polisi yang bertugas pada shif pagi di Jalan Raya Margonda. Dimana pengambilan sample debu TSP dan Benzopyrene dilaksanakan pada 3 titik, yaitu: Simpang Juanda, Depan Terminal Depok dan Depan Margo City. Sedangkan untuk kelompok pembanding adalah polisi yang bertugas di kantor polres kota Depok sebanyak 46 orang responden dan pengambilan sample debu TSP dan Benzopyrene dilaksanakan pada 2 titik pada kantor tersebut. Semua responden, baik polisi yang bertugas di Jalan Raya Margonda dan polisi yang bertugas di kantor Polres Kota Depok memenuhi kriteria inklusi yaitu masa kerja  $\geq 1$  tahun.

#### 5.2. Karakteristik Responden

##### 5.2.1. Karakteristik Jenis kelamin , Umur dan Tingkat pendidikan

Gambaran karakteristik responden meliputi jenis kelamin, umur, dan tingkat pendidikan, adalah sebagai berikut : sebagian besar responden berjenis kelamin laki laki, yaitu sebanyak 78 orang ( 84,8%) dan 14 orang (15,2%) perempuan. Pada polisi yang bertugas di jalan raya, semua responden adalah laki laki sebanyak 46 orang (100%), sedangkan pada kelompok pembanding responden laki laki sebanyak 32 orang ( 69,6%) dan perempuan sebanyak 14 orang ( 30,4%).

Karakteristik umur responden berkisar antara 20 tahun sampai dengan 51 tahun. dengan persentase terbanyak berumur 35 tahun atau lebih, yaitu sebanyak 48,9%. Tingkat pendidikan responden terendah SLTA dan tertinggi S1, dengan perincian : sebanyak 86 orang (93,5%) berpendidikan SLTA dan sebanyak 6 orang (6,5%) berpendidikan S1. Pada polisi yang bertugas di jalan raya sebagian besar 44 orang (95,7%) berpendidikan SLTA, sedangkan yang berpendidikan S1 berjumlah 2 orang (4,3%). Pada kelompok pembanding sebanyak 42 orang (91,3%) berpendidikan SLTA dan berpendidikan S1 sebanyak 4 orang (8,7%). Karakteristik responden secara terinci dapat dilihat pada tabel 5.1 berikut ini.

Tabel 5.1. Distribusi frekuensi karakteristik responden analisis risiko pemajanan BaP pada polisi yang bertugas di jalan raya (46 orang) dan pembanding (46 orang)

Karakteristik Responden	polisi yang bertugas di jalan raya (46 orang)		pembanding (46 Orang)		gabungan (92 orang)	
	Jumlah	%	Jumlah	%	Jumlah	%
1. Jenis Kelamin						
a. Perempuan	0	0	19	39,6	31	31,3
b. Laki-laki	46	100,0	2	60,4	68	68,7
2. Umur						
a. 19-24	7	15,2	9	19,6	16	17,4
b. 25-29	6	13,0	6	13,0	12	13,0
c. 30-34	9	19,6	10	21,7	19	20,7
d. 35->	24	52,2	21	46,7	45	48,9
3. Pendidikan						
a. SLTA	44	95,7	42	91,3	86	93,5
b. S1	2	4,3	4	8,7	6	6,5

### 5.2.2. Distribusi Berat Badan Responden

Data berat badan sangat diperlukan dalam analisis risiko kesehatan, karena merupakan denominator dalam perhitungan dosis suatu agen pencemar yang masuk dalam tubuh. Gambaran distribusi berat badan responden berkisar antara 50 kg sampai dengan 100 kg, dengan rata rata berat badan responden yang disurvei sebesar 69,78 kg. Rata-rata berat badan pada Polisi yang bertugas di jalan raya sebesar 73,63 kg dan pada pembanding sebesar 65,93 kg. Gambaran distribusi berat badan responden dapat dilihat pada tabel 5.2 berikut ini.

Tabel 5.2. Distribusi frekuensi berat badan responden analisis risiko pemajanan BaP pada polisi yang bertugas di jalan raya dan pembanding

Keterangan	Polisi yang bertugas di jalan raya	Pembanding	Gabnngan
1. Min	53	50	50
2. Max	100	80	100
3. Rata-rata	73,63	65,93	69,78
4. Median	75,00	67,00	69,00
5. Standar Deviasi	10,339	7,655	9,839
6. Varian	106,905	58,596	96,809

### 5.3. Gambaran Sumber Pajanan BaP

#### 5.3.1. Jumlah kendaraan Yang Melalui Jalan Margonda

Kendaraan bermotor merupakan sumber pajama BaP yang potensial, terutama kendaraan yang menggunakan bahan bakar organik tanpa timbal, serta tidak menggunakan katalitik converter. Gambaran jumlah kendaraan yang melalui Jalan Margonda selama satu shif kerja saat penelitian berkisar antara 16.000 kendaraan dan maksimal 640.000 kendaraan, dengan nilai rata rata 182.521,74 kendaraan.

Gambaran jumlah kendaraan yang melalui jalan margonda selama satu shif kerja dapat dilihat pada Tabel 5.3 sebagai berikut .

Tabel 5.3. Distribusi frekuensi jumlah kendaraan yang melalui Jalan Margonda Kota Depok selama satu shif

Keterangan	Jumlah Kendaraan/8 jam
1. Min	16.000
2. Max	640.000
3. Rata-rata	182.521.74
4. Median	140.000.00
5. Standar Deviasi	152.975.632
6. Varian	23.401.543.961.353

### 5.3.2. Kebiasaan Merokok, Makanan Bakar, bahan Bakar Masak, dan Penggunaan Alat Pelindung Diri.

Selain kendaraan bermotor, rokok juga merupakan sumber pajanan BaP yang mempengaruhi tingkat risiko kesehatan akibat BaP. Hasil penelitian ini menunjukkan gambaran kebiasaan merokok pada Polisi yang bertugas di jalan raya dilakukan oleh 29 orang (63%) dan pada pembanding dilakukan oleh 13 orang (28,3%). Gambaran tersebut memperlihatkan baik pada Polisi yang bertugas di jalan raya maupun pembanding mempunyai risiko yang hampir sama terpajan BaP dari asap rokok. Namun demikian Polisi yang bertugas di jalan raya menghisap rokok lebih banyak dari pada pembanding. Polisi yang bertugas di jalan raya yang menghisap rokok lebih dari 10 batang perhari sebanyak 18 orang (39,23%), dan pada pembanding sebanyak 6 orang (13,04%).

Bahan makanan yang dibakar juga mengandung BaP yang akan menambah tingkat risiko kesehatan akibat BaP. Hasil penelitian ini menunjukkan pada Polisi yang bertugas di jalan raya dan pembanding mempunyai kebiasaan makan makanan bakar yang sama. Makanan bakar tersebut antara lain, sate, ikan bakar, roti bakar, dan lain lain. Sebanyak 25 orang ( 54,3%) Polisi yang bertugas di jalan raya yang disurvei mengkonsumsi makanan yang dibakar dalam 1 minggu terakhir, dan pada pembanding sebanyak 24 orang (52,2 %).

Bahan bakar yang digunakan untuk masak di rumah akan menambah tingkat pajanan BaP pada seseorang. Bahan bakar yang paling tinggi tingkat pajanan BaP adalah kayu bakar. Pada Polisi yang bertugas di jalan raya 73,9 % menyatakan menggunakan gas sebagai bahan bakar utama dirumah dan sebesar 26,1% menggunakan minyak tanah, serta tidak ada yang menggunakan kayu bakar. Sedangkan pada pembanding 80,4% menggunakan gas, 19,6% menggunakan minyak tanah.

Penggunaan alat pelindung diri dapat mencegah dan mengurangi pajanan BaP dalam tubuh, terutama pada Polisi yang bertugas di jalan raya. Polisi yang bertugas di jalan raya yang menggunakan alat pelindung diri (masker) saat bekerja sebanyak 35 orang (76,1%) dan yang tidak memakai masker sebanyak 11 orang (23,9%), sehingga konsentrasi BaP di dikeluarkan kendaraan dapat langsung terhirup oleh Polisi yang bertugas di jalan raya yang tidak memakai masker.

Distribusi kebiasaan merokok, makan makanan bakar, bahan bakar dirumah dan penggunaan alat pelindung diri pada Polisi yang bertugas di jalan raya dan pembanding dapat dilihat pada tabel 5.4 berikut ini.

Tabel 5.4. Distribusi frekuensi Status merokok, makan makanan bakar, bahan bakar masak di rumah dan Penggunaan APD pada Polisi yang bertugas di jalan raya dan Pemanding

Karakteristik Responden	polisi yang bertugas di jalan raya		pemanding		gabungan	
	Jumlah	%	Jumlah	%	Jumlah	%
<b>1. Status merokok</b>						
a. Tidak merokok	17	37,0	33	71,7	50	54,3
b. Merokok	29	63,0	13	28,3	42	45,7
Jumlah	46	100,0	46	100,0	92	100,0
<b>2. Jumlah rokok</b>						
a. < 10 batang	11	60,8	7	87,0	18	42,9
b. > 10 batang	18	39,2	6	13,0	24	57,1
Jumlah	29	100,0	13	100,0	42	100,0
<b>3. Makan makanan bakar</b>						
a. Tidak makan	21	45,7	22	47,8	43	46,7
b. Makan	25	54,3	24	52,2	49	53,3
Jumlah	46	100,0	46	100,0	92	100,0
<b>4. Bahan bakar utama</b>						
Masak di rumah						
a. Minyak tanah	12	26,1	9	19,6	21	22,8
b. Gas	34	73,9	37	80,4	71	77,2
c. Kayu bakar	0	0	0	0	0	0
Jumlah	46	100,0	46	100,0	92	100,0
<b>5. Pemakaian alat pelindung diri</b>						
a. Tidak memakai	11	23,9				
b. Memakai	35	76,1				
Jumlah	46	100,0				

## 5.4. Gambaran kualitas udara Debn TSP dan konsentrasi BaP

### 5.4.1. Konsentrasi Debu TSP

Berdasarkan hasil pengukuran dari konsentrasi debu TSP udara ambient pada lima (5) titik pengukuran diketahui bahwa konsentrasi yang paling tinggi terdapat pada titik depan detos dan yang paling rendah pada titik kantor II (pembanding). Pengukuran konsentrasi debu TSP dapat dilihat pada tabel 5.5 berikut ini :

Tabel 5.5. Hasil pemeriksaan konsentrasi debu TSP pada lima lokasi penelitian

	Nama Lokasi	Hasil Pengujian (mg/m <sup>3</sup> )
1.	Detos	1,11458
2.	Terminal Depok	0,76042
3.	Simpang Juanda	0,62499
4.	Kantor I	0,09375
5.	Kantor II	0,08333

Gambaran konsentrasi debu TSP pada Polisi yang bertugas di jalan raya berkisar antara 0,62 mg/m<sup>3</sup> sampai dengan 1,11 mg/m<sup>3</sup>, dengan rata rata sebesar 0,82 mg/m<sup>3</sup>. Pada kelompok pembanding konsentrasi debu TSP terlihat lebih rendah dibanding dengan Polisi yang bertugas di jalan raya, yaitu: berkisar antara 0,08 mg/m<sup>3</sup> sampai dengan 0.09 mg/m<sup>3</sup> dengan rata rata sebesar 0,09 mg/m<sup>3</sup>. Gambaran distribusi konsentrasi debu TSP pada polisi yang bertugas di jalan raya dan pembanding dapat dilihat pada tabel 5.6 berikut ini.

Tabel 5.6 Distribusi frekuensi debu TSP pada Polisi yang bertugas di jalan raya dan pembanding

Keterangan	Polisi yang bertugas di jalan raya	Pembanding	Gabungan
1. Min	0,62499	0,08333	0,08333
2. Max	1,11458	0,09375	1,11458
3. Rata-rata	0,8240459	0,08854	0,4562929
4. Median	0,7604200	0,08854	0,35937
5. Standar Deviasi	0,20247963	0,00526757	0,396252226

#### 5.4.2. Konsentrasi BaP

Berdasarkan hasil pengukuran dari laboratorium, konsentrasi BaP udara ambient pada lima (5) titik pengukuran diketahui bahwa konsentrasi yang paling tinggi terdapat pada titik simpang Juanda dan yang paling rendah pada titik kantor (pembanding). Pengukuran konsentrasi BaP dapat dilihat pada tabel 5.7 berikut ini :

Tabel 5.7 Hasil pemeriksaan konsentrasi BaP pada lima lokasi penelitian

Nama Lokasi	Hasil Pengujian ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )
1. Detos	0,32
2. Terminal Depok	0,40
3. Simpang Juanda	0,44
4. Kantor I	0,05
5. Kantor II	0,05

Gambaran distribusi konsentrasi BaP pada Polisi yang bertugas di jalan raya berkisar antara 0.32 samapai 0.44  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  dengan rata rata sebesar 0,39  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Pada kelompok pembanding terlihat lebih rendah yaitu berkisar antara 0,05  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  sampai 0,05  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  dengan rata rata sebesar 0,05  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Berdasarkan klasifikasi WHO ,konsentrasi BaP rata rata pada Polisi yang bertugas di jalan raya sudah termasuk



katagori pajanan sedang, sedangkan pada pembanding termasuk dalam katagori pajanan rendah (WHO,1996). Distribusi konsentrasi BaP pada Polisi yang bertugas di jalan raya dan Pembanding dapat dilihat pada tabel 5.8 berikut ini.

Tabel 5.8 Distribusi frekuensi BaP pada Polisi yang bertugas di jalan raya dan pembanding

Keterangan	Polisi yang bertugas di jalan raya	Pembanding	Gabungan
1. Min	0,32	0,05	0,05
2. Max	0,44	0,05	0,44
3. Rata-rata	0,3887	0,0500	0,2193
4. Median	0,4000	0,0500	0,1850
5. Standar Deviasi	0,04893	0,00000	0,17372

## 5.5. Perkiraan Risiko Kesehatan

### 5.5.1. Perkiraan Risiko Kanker

Efek karsinogenik dihitung dengan menggunakan lama pajanan sepanjang hayat (*life time*) selama 70 tahun. Perhitungan asupan (*intake*) menggunakan data rata-rata dari hasil survey pada polisi yang bertugas di jalan raya, dengan kadar rata-rata sebesar 0,3887 ug/m<sup>3</sup>. Perhitungan *intake* BaP pada Polisi yang bertugas di jalan raya adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 \text{Konsentrasi BaP (C)} &= 0,3887 \text{ ug/m}^3 \\
 &= 0,3887 \times 10^{-3} \text{ ug/m}^3 \\
 &= 0,000389 \text{ mg/m}^3 \\
 \\
 \text{Laju inhalasi (R)} &= 20 \text{ m}^3/\text{hari} \\
 &= 0,83 \text{ m}^3/\text{jam (orang dewasa)} \\
 \\
 \text{Lama pajanan perhari(tE)} &= 8,2 \text{ jam/hari} \\
 \\
 \text{Lama hari kerja pertahun (IE)} &= 336 \text{ hari/tahun}
 \end{aligned}$$

Lama pajanan seluruhnya (Dt) = 70 tahun

Berat badan (Wb) = 73,63 kg

$$\begin{aligned} \text{Asupan BaP} &= \frac{(0,000389 \text{ mg/kg}) \times (0,83 \text{ m}^3/\text{jam}) \times (8,2 \text{ jam/hari}) \times (336 \text{ hari/tahun}) \times (70 \text{ tahun})}{(73,63 \text{ kg}) \times (70 \text{ tahun} \times 336 \text{ hari/tahun})} \\ &= 0,3596 \times 10^{-1} \text{ mg/kg} \times \text{hari} \end{aligned}$$

Perhitungan risiko kanker menggunakan beberapa nilai *slope factor* yaitu dari *Risk Assessment Information System* (RAIS) dan California EPA (CalEPA). Hasil perhitungan dengan menggunakan *slope factor* RAIS diketahui perkiraan risiko kanker sebesar  $= 0,3596 \times 10^{-1} \text{ mg/kg} \times \text{hari} \times 0,88 = 0,3 \times 10^{-1}$ , sedangkan dari hasil perhitungan SF CalEPA diketahui perkiraan risiko kanker sebesar  $= 0,3596 \times 10^{-1} \text{ mg/kg} \times \text{hari} \times 7,3 = 2,6 \times 10^{-1}$ .

Hasil perhitungan perkiraan risiko kanker sebesar  $2,6 \times 10^{-1}$  dapat diinterpretasikan: bahwa "diperkirakan akan ada 2,6 tambahan kasus kanker per 10.000 penduduk, (jika pajanan  $0,3887 \text{ ug/m}^3$  BaP diasumsikan terjadi seumur hidup)". Dimana jumlah kasus maksimum yang diterima menurut US-EPA adalah 1 (satu) kasus kanker per 10.000 penduduk. Sehingga dapat disimpulkan bahwa polisi yang bertugas di jalan raya sudah melewati batas risiko.

Hasil perhitungan risiko kanker pada masing-masing responden dapat dilihat pada tabel 5.9 dan tabel 5.10 berikut ini :

Tabel 5.9. Hasil perhitungan risiko kanker (menggunakan SF RAIS = 0,88)

Risiko kanker	Risiko > 1 per 10.000		Risiko < 1 per 10.000	
	Jumlah	%	Jumlah	%
1. Polisi yang bertugas di jalan raya	0	0,0	46	100,0
2. Pembanding	0	0,0	46	100,0

Tabel 5.10. Hasil perhitungan risiko kanker (menggunakan SF CalEPA = 7,3)

Risiko kanker	Risiko > 1 per 10.000		Risiko < 1 per 10.000	
	Jumlah	%	Jumlah	%
1. Polisi yang bertugas di jalan raya	45	97,8	1	2,2
2. Pembanding	1	2,2	45	97,8

### 5.5.2. Perkiraan Risiko Nonkanker

Manifestasi efek sistemik nonkanker yang potensial dihitung dengan lama pajanan 30 tahun (Louvar, 1998). Risiko nonkanker yang diperhitungkan dalam analisis risiko pemajanan BaP ini adalah risiko terhadap pajanan debu TSP. Perhitungan risiko nonkanker spesifik untuk BaP tidak bisa dilakukan karena berdasarkan penelusuran literatur tidak ditemukan nilai konsentrasi referen untuk perhitungan risiko BaP nonkanker.

Perhitungan asupan debu TSP proyek sepanjang hayat (life time) pada polisi yang bertugas di jalan raya menggunakan data rata-rata, adalah sebagai berikut :

$$\text{Konsentrasi BaP (C)} = 0,82405 \text{ mg/m}^3$$

$$\text{Laju inhalasi (R)} = 20 \text{ m}^3/\text{hari}$$

$$= 0,83 \text{ m}^3/\text{jam (orang dewasa)}$$

$$\text{Lama pajanan perhari (tE)} = 8,2 \text{ jam/hari}$$

$$\text{Lama hari kerja pertahun (fE)} = 336 \text{ hari/tahun}$$

$$\text{Lama pajanan seluruhnya (DI)} = 30 \text{ tahun}$$

$$\text{Berat badan (Wb)} = 73,63 \text{ kg}$$

$$\text{Asupan BaP} = \frac{0,82405 \text{ mg/kg} \times (0,83 \text{ m}^3/\text{jam}) \times (8,2 \text{ jam/hari}) \times (336 \text{ hari/tahun}) \times (30 \text{ tahun})}{(73,63 \text{ kg}) \times (30 \text{ tahun} \times 336 \text{ hari/tahun})}$$

$$= 0,0762 \text{ mg/kg} \times \text{hari}$$

$$\text{Risk Quotient (RQ)} = \text{Asupan} / \text{konsentrasi referen}$$

$$= 0,0762/0,04803$$

$$= 1,59$$

Nilai RQ sepanjang hayat menggunakan nilai rata-rata diperoleh hasil 1,59 ( $\geq 1$ ) maka disimpulkan bahwa pemajanan debu TSP pada polisi yang bertugas di jalan raya sudah dianggap berisiko kesehatan nonkanker, sehingga perlu segera dilakukan upaya pengendaliannya.

Hasil perhitungan RQ pada masing-masing responden pada polisi yang bertugas di jalan raya sebanyak 45 orang (97,8%) mempunyai nilai RQ  $\geq 1$  dan sebanyak 1 orang (2,2%) mempunyai nilai RQ  $\leq 1$ , sedangkan pada kelompok pembanding sebanyak 1 orang (2,2%) mempunyai nilai RQ  $\geq 1$  dan sebanyak 45 orang (97,8%) mempunyai nilai RQ  $\leq 1$ . Distribusi nilai RQ sepanjang hayat pada polisi yang bertugas di jalan raya dan pembanding dapat dilihat pada tabel 5.11 berikut ini :

Tabel 5.11 Hasil perhitungan risiko nonkanker RQ (sepanjang hayat)

Risiko kanker	Risiko > 1 per 10.000		Risiko < 1 per 10.000	
	Jumlah	%	Jumlah	%
1. Polisi yang bertugas di jalan raya	45	97,8	1	2,2
2. Pembanding	1	2,2	45	97,8

### 5.6. Uji Normalitas

Untuk mengetahui perbedaan rata-rata konsentrasi pada polisi yang bertugas di jalan raya dan pada kelompok pembanding, menggunakan Uji Beda rata-rata

( uji t ) dengan syarat memenuhi uji normalitas (  $p > 0,05$ ). Hasil uji normalitas pada Polisi yang bertugas di jalan raya dan pada pembanding dapat dilihat dalam table 5.12 berikut ini :

Tabel 5.12 Uji normalitas ( kolmogorov smirnov) untuk debu TSP dan BaP

Nama Variabel	p value
1. Debu TSP	0,000
2. BaP	0,000

Dari hasil uji Normalitas diketahui bahwa nilai p value  $< 0,05$ , hasil tersebut menunjukkan tidak normal, maka tidak bisa menggunakan analisis parametrik (uji t test). Sehingga digunakan uji non parametrik (Mann-Whitney U).

#### **5.6.1. Perbedaan rata rata konsentrasi debu TSP dan BaP Antara Polisi yang bertugas di jalan raya dan pembanding**

Berdasarkan hasil uji Mann-Whitney diketahui nilai rata rata konsentrasi debu TSP pada Polisi yang bertugas di jalan raya dengan pembanding berbeda bermakna ( $p < 0,05$ ), serta nilai rata rata BaP pada Polisi yang bertugas di jalan raya berbeda bermakna dengan pembanding ( $p < 0,05$ ). Hasil uji beda rata rata TSP dan BaP antara Polisi yang bertugas di jalan raya dan pembanding dapat dilihat pada table 5.13 berikut ini.

Tabel 5.13 Distribusi perbedaan rata-rata konsentrasi debu TSP dan BaP pada polisi yang bertugas di jalan raya dan pembanding

Variabel	Polisi yang bertugas Jalan raya	Pembanding	<i>p value</i>
1. Konsentrasi debu TSP (rata-rata)	0,82405 mg/m <sup>3</sup>	0,08854 mg/m <sup>3</sup>	0,000
2. Konsentrasi BaP (rata-rata)	0,3887 ug/m <sup>3</sup>	0,0500 ug/m <sup>3</sup>	0,000

## 5.7. Faktor Yang Mempengaruhi Tingkat Risiko Kesehatan

### 5.7.1. Lama Paparan

Lama paparan akan mempengaruhi jumlah agen BaP masuk ke dalam tubuh. Jumlah total lama paparan merupakan perhitungan lama paparan yang dialami perhari (jam), lama kerja perminggu, dan lama kerja keseluruhan. Gambaran distribusi lama kerja perhari pada polisi yang bertugas di jalan raya berkisar antara 8 jam sampai 12 jam perhari, dengan rata-rata 8,2 jam. Pada pembanding distribusi lama kerja perhari terlihat lebih lama dibanding pada polisi yang bertugas di jalan raya yaitu berkisar antara 8 jam sampai dengan 15 jam perhari dengan rata-rata 13,89 jam perhari.

Gambaran distribusi lama kerja perminggu pada polisi yang bertugas di jalan raya berkisar 7 hari perminggu. Sedangkan pada pembanding distribusi lama kerja perminggu yaitu berkisar antara 6 hari sampai dengan 7 hari perminggu dengan rata-rata 6,76 hari perminggu.

Gambaran distribusi lama waktu kerja keseluruhan pada polisi yang bertugas di jalan raya berkisar 1 sampai dengan 26 tahun, dengan rata-rata sebesar 5,13 tahun. Sedangkan pada pembanding distribusi lama waktu kerja keseluruhan yaitu berkisar antara 1 sampai dengan 26 tahun dengan rata-rata 6,3 tahun. Berdasarkan hasil uji

Mann-Whitney U disimpulkan ada perbedaan yang bermakna antara lama pajanan perhari dan lamam kerja perminggu dengan tingkat risiko kanker dan non kanker ( $p < 0,05$ ). Gambaran lama kerja perhari, hari perminggu dan lama kerja keseluruhan daat dilihat pada tabel 5.14 berikut ini :

Tabel 5.14 Distribusi perbedaan rata-rata lama pajanan pada polisi yang bertugas di jalan raya dan pembanding

Variabel	Polisi yang bertugas Jalan raya	Pembanding	Gabungan	<i>p value</i>
1. Lama kerja per hari (jam)	8,2	13,89	11,04	0,000
2. Lama kerja per minggu (hari)	7	6,76	6,88	0,000
3. Lama Kerja keseluruhan (tahun)	5,13	6,3	5,72	0,225

### 5.7.2. Jumlah Kendaraan, Suhu Udara, kelembaban Udara, Kecepatan Aliran Udara dan Jumlah Rokok

Kendaraan yang melewati jalan Margonda merupakan sumber pajanan BaP pada polisi yang bertugas di jalan raya. Rata-rata jumlah kendaraan yang melewati jalan Margonda selama satu shif sebanyak 182.521,74 kendaraan. Hal ini menunjukkan cukup tingginya risiko pajanan BaP oleh kendaraan. Berdasarkan hasil uji Mann-Whitney U disimpulkan ada perbedaan yang bermakna antara jumlah kendaraan yang lewat dengan tingkat risiko kanker dan non kanker ( $p < 0,05$ ).

Gambaran distribusi suhu udara pada polisi yang bertugas di jalan raya berkisar  $26,70^{\circ}\text{C}$  sampai dengan  $31,20^{\circ}\text{C}$ , dengan rata-rata sebesar  $28,07^{\circ}\text{C}$ . Sedangkan pada pembanding distribusi suhu udara yaitu berkisar antara  $26,40^{\circ}\text{C}$  sampai dengan  $26,70^{\circ}\text{C}$ , dengan rata-rata sebesar  $26,55^{\circ}\text{C}$ . Berdasarkan hasil uji

Mann-Whitney U disimpulkan ada perbedaan yang bermakna antara suhu udara dengan tingkat risiko kanker dan non kanker ( $p < 0,05$ ).

Gambaran distribusi kelembaban udara pada polisi yang bertugas di jalan raya berkisar 58 sampai dengan 80, dengan rata-rata sebesar 72,93. Sedangkan pada pembandingan distribusi kelembaban udara yaitu berkisar antara 67 sampai dengan 81, dengan rata-rata sebesar 74. Berdasarkan hasil uji Mann-Whitney U disimpulkan tidak ada perbedaan yang bermakna antara kelembaban udara dengan tingkat risiko kanker dan non kanker ( $p > 0,05$ ).

Gambaran distribusi kecepatan aliran udara pada polisi yang bertugas di jalan raya berkisar 1,05 sampai dengan 2,56, dengan rata-rata sebesar 1,65. Sedangkan pada pembandingan distribusi kecepatan aliran udara yaitu berkisar antara 0,06 sampai dengan 0,06 dengan rata-rata sebesar 0,06. Berdasarkan hasil uji Mann-Whitney U disimpulkan ada perbedaan yang bermakna antara kecepatan aliran udara dengan tingkat risiko kanker dan non kanker ( $p < 0,05$ ).

Gambaran distribusi jumlah rokok yang dirokok oleh polisi yang bertugas di jalan raya berkisar 0 batang sampai dengan 24 batang, dengan rata-rata sebesar 7,22 batang. Sedangkan pada pembandingan distribusi jumlah rokok yang dirokok yaitu berkisar antara 0 sampai dengan 36 batang dengan rata-rata sebesar 2,87 batang. Berdasarkan hasil uji Mann-Whitney U disimpulkan ada perbedaan yang bermakna antara jumlah rokok yang dirokok dengan tingkat risiko kanker dan non kanker ( $p < 0,05$ ).

Gambaran distribusi berat badan pada polisi yang bertugas di jalan raya berkisar 50 kg sampai dengan 100 kg, dengan rata-rata sebesar 73,63 kg. Sedangkan pada pembandingan distribusi berat badan yaitu berkisar antara 50 kg sampai dengan



80 kg dengan rata-rata sebesar 65,93 kg. Berdasarkan hasil uji Mann-Whitney U disimpulkan ada perbedaan yang bermakna antara berat badan dengan tingkat risiko kanker dan non kanker ( $p < 0,05$ ). Gambaran jumlah kendaraan, suhu udara, kelembaban udara, kecepatan aliran udara, jumlah rokok dan berat badan dapat dilihat pada tabel 5.15 berikut ini :

Tabel 5.15 Distribusi perbedaan rata-rata jumlah kendaraan, suhu udara, kelembaban udara, kecepatan aliran udara dan jumlah rokok pada polisi yang bertugas di jalan raya dan pembanding terhadap tingkat risiko kanker dan nonkanker

Variabel	Polisi yang bertugas Jalan raya	Pembanding	Gahungan	p value
1. Jumlah kendaraan	182.521,74	0	182.521,74	0,000
2. Suhu udara	28,070	16,55	27,31	0,000
3. Kelembaban udara	72,93	74	73,47	0,010
4. Kecepatan aliran udara	1,6537	0,06	0,8568	0,000
5. Jumlah rokok	7,22	2,87	5,04	0,001
6. Berat badan	73,63	65,93	69,78	0,000

### 5.7.3. Kebiasaan Merokok, Kebiasaan Makan Makanan Bakar, Bahan Bakar Masak, dan APD

Berdasarkan hasil analisis Chi Square rata-rata kebiasaan merokok menunjukkan hubungan yang bermakna ( $p < 0,05$ ) dengan tingkat risiko kesehatan (risiko kanker dan non kanker). Sedangkan untuk kebiasaan makan makanan yang dibakar dan penggunaan bahan bakar memasak di rumah tidak menunjukkan hubungan yang bermakna ( $p > 0,05$ ). Untuk bahan bakar utama yang digunakan untuk memasak tidak menunjukkan hubungan yang bermakna ( $p > 0,05$ ). Dan untuk penggunaan alat pelindung diri menunjukkan hubungan yang bermakna dengan

tingkat risiko kanker dan nonkanker ( $p < 0,05$ ). Hubungan kebiasaan merokok, makan makanan yang dibakar dan bahan bakar masak yang digunakan antara Polisi yang bertugas di jalan raya dan pembanding dengan risiko kanker dan nonkanker dapat dilihat pada table 5.16 dan 5.17 berikut ini.

Tabel 5.16 Hubungan kebiasaan merokok, kebiasaan makan makanan bakar, bahan bakar masak, dan APD pada polisi yang bertugas di jalan raya dan pembanding dengan tingkat risiko kanker

Variabel	Risiko Kanker				Total		p value	OR 95% Confidence Interval		
	Tidak berisiko		Berisiko		n	%		value	lower	Upper
	n	%	n	%	n	%				
<b>1. Kebiasaan merokok</b>										
- Tidak	33	66,0	17	34,0	50	100,0				
- Merokok	13	31,0	29	69,0	42	100,0	0,002	4,330	1,800	10,416
<b>2. Kebiasaan makan</b>										
Makanan bakar										
- Tidak	22	51,2	21	48,8	43	100,0				
- Makan	24	49,0	25	51,0	49	100,0	1,000	1,091	0,481	2,476
<b>3. Bahan bakar masak</b>										
- Gas	37	52,1	34	47,9	71	100,0				
- Selain gas	9	42,9	12	57,1	21	100,0	0,619	1,451	0,544	3,873
<b>4. APD</b>										
- Tidak	1	2,9	34	97,1	35	100,0				
- Memakai	45	78,9	12	21,1	57	100,0	0,001	0,008	0,001	0,063

Hasil analisis hubungan antara kebiasaan merokok dengan tingkat risiko kanker menunjukkan hubungan yang bermakna dengan nilai OR = 4,33, dengan

demikian dapat diinterpretasikan bahwa polisi yang merokok mempunyai peluang 4 kali untuk mendapat risiko kanker dibandingkan dengan yang tidak merokok.

Tabel 5.17 Hubungan kebiasaan merokok, kebiasaan makan makanan bakar, bahan bakar masak, dan APD pada polisi yang bertugas di jalan raya dan pembandingan dengan tingkat risiko non kanker

Variabel	Risiko Non Kanker Tidak berisiko		Berisiko		Total n	p value	OR 95% Confidence Interval		
	n	%	n	%			value	lower	Upper
<b>1. Kebiasaan merokok</b>									
a. Tidak	32	64,0	18	36,0	50	100,0			
b. Merokok	14	33,3	28	66,7	42	100,0	0,007	3,556	1,500 8,429
<b>2. Kebiasaan makan</b>									
Makanan bakar									
a. Tidak	21	58,8	22	51,2	43	100,0			
b. Makan	25	51,0	24	49,0	49	100,0	1,000	1,091	0,481 2,476
<b>3. Bahan bakar masak</b>									
a. Gas	36	50,7	35	49,3	71	100,0			
b. Selain gas	10	47,6	11	52,4	21	100,0	0,619	1,451	0,544 3,873
<b>4. APD</b>									
a. Tidak	1	2,9	34	97,1	35	100,0			
b. Memakai	45	78,9	12	21,1	57	100,0	0,001	0,008	0,001 0,063

Hasil analisis hubungan antara kebiasaan merokok dengan tingkat risiko nonkanker menunjukkan hubungan yang bermakna dengan nilai OR = 3,56, dengan demikian dapat diinterpretasikan bahwa polisi yang merokok mempunyai peluang 4 kali untuk mendapat risiko nonkanker dibandingkan dengan yang tidak merokok.

### 5.8. Peran Berbagai Variabel (Multivariat) Terhadap Tingkat Risiko Kesehatan

Peran berbagai variabel secara bersama-sama (Kualitas udara, lingkungan, perilaku dan karakteristik demografi) terhadap tingkat risiko kesehatan (kanker dan Nonkanker) diuji menggunakan analisis regresi logistik.

Pada pemilihan variabel yang akan diikutkan ke dalam analisis multivariat adalah variabel yang mempunyai nilai  $p < 0,25$ , variabel yang diikutkan adalah variabel konsentrasi BaP, konsentrasi TSP, suhu udara, kecepatan aliran udara, berat badan, jam kerja setiap hari, hari bekerja dalam seminggu, jumlah rokok, jumlah kendaraan, kebiasaan merokok dan pemakaian APD.

Tabel 5.18 Hasil pemilihan kandidat variabel untuk analisis multivariat

No	Variabel	p value	Kesimpulan
1.	Konsentrasi BaP	0,000	Signifikan, diikutkan analisis multivariat
2.	Konsentrasi debu TSP	0,000	Signifikan, diikutkan analisis multivariat
3.	Suhu udara	0,000	Signifikan, diikutkan analisis multivariat
4.	Kelembaban udara	0,568	Tidak signifikan
5.	Kecepatan aliran udara	0,000	Signifikan, diikutkan analisis multivariat
6.	Umur	0,344	Tidak signifikan
7.	Berat badan	0,000	Signifikan, diikutkan analisis multivariat
8.	Lama bekerja	0,354	Tidak signifikan
9.	Lama kerja perhari	0,000	Signifikan, diikutkan analisis multivariat
10.	Lama kerja perminggu	0,000	Signifikan, diikutkan analisis multivariat
11.	Jumlah rokok	0,011	Signifikan, diikutkan analisis multivariat
12.	Jumlah kendaraan	0,000	Signifikan, diikutkan analisis multivariat
13.	Kebiasaan merokok	0,121	Signifikan, diikutkan analisis multivariat
14.	Kebiasaan makan Makanan bakar	0,834	Tidak signifikan
15.	Bahan bakar masak	0,804	Tidak signifikan
16.	APD	0,000	Signifikan, diikutkan analisis multivariat

Semua variabel yang mempunyai nilai p value  $< 0,25$  secara bersama-sama dilakukan analisis dengan menggunakan analisis regresi logistik dengan variabel dependen tingkat risiko kesehatan (risiko kanker dan non kanker). Kemudian secara bertahap dikeluarkan variabel yang mempunyai nilai  $p > 0,05$  sampai diperoleh

variabel yang mempunyai nilai  $p < 0,05$ . Hasil dari analisis regresi logistik dapat dilihat dalam tabel 5.19 dan tabel 5.20 berikut ini :

Tabel 5.19 Model awal analisis regresi logistik dengan variabel dependen tingkat risiko kanker dan nonkanker.

	B	S.E.	Wald	df	Sig.	Exp(B)	95.0% C.I. for EXP(B)	
							Lower	Upper
Konsentrasi BaP	606,631	202.795,842	0,000	1	0,998	2.862E+263	0,0000	
Konsentrasi TSP	-301,355	155.654,828	0,000	1	0,998	0,000	0,000	
suhu	50,978	20.894,121	0,000	1	0,998	13783028870244 920000000,000	0,000	
Kecepatan aliran Udara	41,393	21.929,133	0,000	1	0,998	94746731830306 3.000,000	0,000	
Lama kerja perhari	6,085	2.828,419	0,000	1	0,998	439,029	0,000	
Lama kerja perminggu	-0,457	11.899,492	0,000	1	1,000	0,633	0,000	
Kebiasaan merokok	-33,381	11.995,438	0,000	1	0,998	0,000	0,000	
Jumlah rokok	-0,063	884,053	0,000	1	1,000	0,939	0,000	
Jumlah kendaraan	,000	0,027	0,000	1	0,997	1,000	0,949	1,054
APD	-2,986	16.387,122	0,000	1	1,000	0,050	0,000	
Constant	-1455,835	536.910,576	0,000	1	0,998	0,000		

Tabel 5.20 Model akhir analisis regresi logistik dengan variabel dependen tingkat risiko kanker dan nonkanker

No.	Variabel	B	pvalue	OR
1.	Konsentrasi BaP	22.342	0,001	28,224
	Constant	-4.622	0,001	20,298

Hasil model akhir analisis regresi logistik dapat diketahui bahwa variabel yang berpengaruh terhadap tingkat risiko kesehatan (kanker dan non kanker) adalah pajanan BaP dengan nilai OR = 28,22. dengan demikian dapat diinterpretasikan bahwa pajanan BaP mempunyai peluang mendapat risiko kesehatan (kanker dan nonkanker) 28 kali dibanding dengan yang terpajan rendah BaP. Sehingga dengan demikian pada model akhir analisis logistik ganda diperoleh persamaan sebagai berikut :

$$\text{Logit Odds Risiko kesehatan} = -4.622 + 22.342 (\text{Konsentrasi BaP}).$$

### 5.9. Hubungan Polisi yang Bertugas Di Jalan Raya dengan Tingkat Risiko Kesehatan (Kanker dan Nonkanker)

Hubungan polisi yang bertugas di jalan raya dan pembanding dengan tingkat risiko kanker dan non kanker diuji dengan Chi-square. Hasil analisis hubungan Chi-square diketahui terdapat hubungan yang bermakna ( $p < 0,05$ ) antara polisi yang bertugas di jalan raya dengan tingkat risiko kanker dan nonkanker. Nilai OR diperoleh sebesar 2.025,0 (95% CI 122.841 – 33.381.638). Hasil analisis Hubungan polisi yang bertugas di jalan raya dengan tingkat risiko kesehatan dapat dilihat dalam tabel 5.21 berikut :

Tabel 5.21 Hubungan polisi yang bertugas di jalan raya dengan tingkat risiko kesehatan

Variabel	Risiko kesehatan				Total		p value	OR 95% Confidence Interval		
	Tidak berisiko		Berisiko		n	%		value	lower	Upper
	n	%	n	%						
a. Kantor	45	97,8	1	2,2	46	100,0				
b. Jalan	1	2,2	45	97,0	46	100,0	0,001	2.025.000	22.8410 33.381.638	

Dengan demikian dapat diinterpretasikan bahwa polisi yang bertugas di jalan raya mempunyai peluang 2.025 kali untuk mendapat risiko kanker dan nonkanker.

## BAB 6

### PEMBAHASAN

#### 6.1. Keterbatasan Penelitian

Dalam penelitian ini terdapat keterbatasan-keterbatasan, antara lain :

1. Desain penelitian ini adalah cross sectional, yaitu rancangan penelitian yang pengamatan dan pengukuran variabel *independen* dan variabel *dependen* dilakukan dalam waktu bersamaan atau dilakukan sesaat. Desain ini tidak dapat menjelaskan hubungan kausal dari variabel yang diteliti.
2. Pengukuran debu TSP dan BaP hanya dilakukan pada beberapa titik (udara *ambient*), mengingat keterbatasan dana.
3. Adanya kemungkinan bias informasi. Beberapa pertanyaan kuesioner sangat tergantung kemampuan daya ingat responden (*recall bias*).

#### 6.2. Sumber Paparan BaP

##### 6.2.1. Jumlah Kendaraan bermotor

Sumber utama pencemaran udara diperkotaan adalah transportasi. Mobilitas kendaraan yang tinggi akan meningkatkan konsentrasi BaP di udara. BaP merupakan salah satu zat pencemar udara yang diakibatkan oleh pembakaran yang tidak sempurna dari bahan bakar kendaraan bermotor, termasuk bensin tanpa timbal serta tidak menggunakan katalitik *converter*. Peningkatan paparan BaP akan mengakibatkan peningkatan dampak atau risiko kesehatan terhadap petugas (Polisi) yang bertugas di jalan raya.

Polisi yang bertugas di jalan raya merupakan kelompok yang berisiko tinggi karena sumber pajanan utama BaP berupa kendaraan yang melalui Jalan Raya Margonda cukup tinggi, ditambah tingginya kebiasaan merokok dan makan makanan yang dibakar. Hasil penelitian ini menunjukkan jumlah kendaraan yang melalui Jalan Raya Margonda pada satu shif saat penelitian berkisar antara 16.000 kendaraan dan maksimal 640.000 kendaraan, dengan nilai rata rata 18.2521,74 kendaraan. Jumlah kendaraan bermotor di Indonesia pada tahun 2000-2003 rata-rata bertambah sebesar 12% pertahun dengan komposisi 73% sepeda motor, 15% mobil penumpang, 9% bus dan 3% truk (BPS, 2004).

Volume kendaraan yang tinggi dengan emisi yang buruk, menyebabkan risiko BaP menjadi lebih besar. Kondisi emisi kendaraan di Indonesia dewasa ini masih belum baik. Data hasil pemeriksaan emisi kendaraan yang dilakukan oleh Swiss contact tahun 2002 menunjukkan 82% dari kendaraan yang diperiksa tidak lulus uji emisi dan 80% tidak memenuhi NAB Kep Men LH NO.35 Tahun 1993 (Dollaris, 2005).

#### **6.2.2. Kebiasaan Merokok**

Kebiasaan merokok baik pada petugas pintu tol maupun kelompok pembanding cukup tinggi, hal ini akan lebih meningkatkan jumlah asupan BaP pada Polisi yang bertugas di jalan raya dimana akan memperparah tingkat risiko kesehatannya. Wallace (1992) menyatakan bahwa sumber partikulat utama partikel indoor adalah merokok sedangkan memasak peringkat kedua (Purwana, 1999).

Hasil penelitian ini menunjukkan kebiasaan merokok setiap hari pada Polisi yang bertugas di jalan raya sebesar (63%) dan pada pembanding sebesar (28,3%).



Pada Polisi yang bertugas di jalan raya sebanyak 39,2% menyatakan merokok lebih dari 10 batang perhari, sedangkan pada pembanding sebesar 13,0 % yang menyatakan biasa merokok lebih dari 10 batang perhari.

Kebiasaan merokok di Indonesia masih cukup tinggi, sehingga dapat menambah pajanan BaP pada petugas tol maupun pembanding, Menurut data dari USDA , pada tahun 2002, jumlah rokok yang dihisap penduduk Indonesia mencapai lebih 200 miliar batang, dan meningkat menjadi 230 milyar batang pertahun pada tahun 2006. Menurut data Susenas, 2001, gambaran prevalensi merokok di kalangan orang dewasa di pedesaan adalah sebesar 67,0% sedangkan di perkotaan sebanyak 58,3%. Berdasarkan jenis kelamin, dilaporkan sebanyak 54,5% penduduk laki laki perokok dan hanya 1,2% perempuan yang merokok.

Pajanan asap rokok dirumah juga merupakan sumber pajanan, data survey nasional (Susenas, 2001) menunjukkan sebanyak 92,0% dari perokok menyatakan biasa merokok di dalam rumah, ketika bersama anggota rumah tangga lainnya. Dengan demikian sebagian besar anggota rumah tangga merupakan perokok pasif, yang akan menambah pajanan BaP.

### **6.2.3. Kebiasaan Makan Makanan Bakar**

Dalam analisis risiko kesehatan pajanan BaP perlu memperhatikan diet atau kebiasaan makan. Khususnya makanan yang mengandung BaP seperti makanan yang dibakar. Suatu penelitian quasi eksperimental melalui intervensi diet makanan menunjukkan bahwa peningkatan diet BaP terkendali parallel dengan peningkatan eliminasi metabolit BaP yaitu 1-OHP urin (Buckley dalam Warouw, 2007).

Hasil penelitian ini menunjukkan gambaran pola makan makanan yang diperkirakan mengandung BaP pada Polisi yang bertugas di jalan raya maupun pada pembanding hampir sama. Pada Polisi yang bertugas di jalan raya yang makan makanan bakar satu minggu terakhir sebanyak (54,3%) dan pada kelompok pembanding sebanyak (52,2%). Hal ini menunjukkan adanya kemungkinan peningkatan pajanan BaP dari sumber makanan, baik pada polisi yang bertugas di jalan raya maupun pembanding.

#### **6.2.4. Sumber Pajanan BaP lainnya**

Sumber pajanan BaP potensial lainnya adalah pencemaran udara dalam ruangan (*indoor*) yaitu asap yang berasal dari bahan bakar di dapur (CARB, 1994). Berbagai penelitian pada binatang melalui berbagai jalur pajanan seperti oral, inhalasi dan kulit, menyimpulkan bahwa BaP epidemiologi melaporkan peningkatan kanker paru pada manumur yang terpajan emisi oven dengan bahan bakar batu bara, emisi tar dari penutupan atap rumah dan asap rokok, karena emisi tersebut mengandung campuran PAH (ATSDR, 1995).

Hasil penelitian ini menunjukkan sebanyak (22,80%) responden menyatakan menggunakan bahan bakar utama dirumah adalah minyak tanah, (77,20%) menggunakan gas. Gambaran di atas menunjukkan penggunaan kayu bakar tidak ada baik pada Polisi yang bertugas di jalan raya dan pembanding.

Sumber pajanan BaP lainnya adalah kegiatan industri dan pertambangan, antara lain tambang batu bara, pabrik arang batu, pembuatan aspal jalan, kilang minyak, incinerator, cerobong asap, besi tuang, alumunium, plastic. Disamping itu sumber yang berasal dari proses yang bersifat alamiah, seperti kebakaran hutan dan

aktifitas gunung berapi. Suatu penelitian yang dilakukan di Polandia menunjukkan pajanan PAH di daerah industri (Kota Selesia) yang terdapat pertambangan batu bara, pabrik coke oven, dan industri lainnya merupakan daerah pajanan tertinggi dan hasil pemeriksaan 1-OHP tertinggi diseluruh Eropa. Lingkungan kerja dan tempat tinggal Polisi yang bertugas di jalan raya dan pembanding dalam penelitian ini tidak ada indikasi terdapatnya sumber pajanan seperti tersebut diatas.

### **6.3. Kualitas udara debu TSP dan BaP**

#### **6.3.1. Konsentrasi debu TSP**

Gambaran konsentrasi debu TSP pada Polisi yang bertugas di jalan raya dan pembanding berkisar antara  $0,62 \text{ mg/m}^3$  sampai dengan  $1,11 \text{ mg/m}^3$  dengan rata rata sebesar  $0,82 \text{ mg/m}^3$  ( $824 \text{ } \mu\text{g/m}^3$ ). Rata rata konsentrasi debu TSP pada Polisi yang bertugas di jalan raya dan pembanding tersebut 9,3 kali lebih tinggi dibanding kelompok pembanding. Pada kelompok pembanding konsentrasi debu TSP berkisar antara  $0,08 \text{ mg/m}^3$  sampai dengan  $0,09 \text{ mg/m}^3$  dengan rata rata sebesar  $0,09 \text{ mg/m}^3$  ( $88,54 \text{ } \mu\text{g/m}^3$ ). Bila dibandingkan rata rata TSP pada Polisi yang bertugas di jalan raya dengan standar NAB debu TSP Ambient ( $230 \text{ } \mu\text{g/m}^3$ ) Kepmenkes RI No.1405/Menkes/SK/XI/02 tentang lingkungan telah melampaui. Rata rata TSP Polisi yang bertugas di jalan raya telah mencapai 3,6 kali dari NAB tersebut. sedangkan pada pembanding masih dibawah standar NAB debu TSP indoor ( $150 \text{ } \mu\text{g/m}^3$ ).

Beberapa penelitian yang pernah dilakukan di kota kota besar di Indonesia melaporkan sector transportasi merupakan sumber pencemaran udara yang dominan (ADB, 2002). Bahan pencemar udara yang utama diperkotaan adalah debu. Laporan

dari BPLHD Propinsi DKI Jakarta tahun 2004 menunjukkan konsentrasi debu TSP pada bulan-bulan tertentu telah melampaui ambang batas standar ambient ( $>230 \text{ ng/m}^3$ ). Demikian pula hasil penelitian analisis dan manajemen risiko kesehatan pencemaran udara : Studi kasus di sembilan kota besar padat transportasi (Medan, Palembang, Jakarta, Bandung, Semarang, Yogyakarta, Surabaya, Banjarmasin dan Makasar) menunjukkan hasil konsentrasi TSP pada 9 kota tersebut berkisar antara  $0,09 \text{ mg/m}^3$  sampai dengan  $1,97 \text{ mg/m}^3$ , dengan prakiraan risiko non kanker akibat debu TSP lebih besar dibanding risiko non kanker akibat bahan pencemar udara lainnya seperti  $\text{SO}_2$ ,  $\text{NO}_2$ , dan Pb.

Hasil penelitian yang dilakukan pada petugas pintu tol jabotabek menunjukkan nilai rata-rata konsentrasi TSP pada petugas pintu tol sebesar  $1,38 \text{ mg/m}^3$  dan rata-rata konsentrasi TSP pada kelompok pembanding sebesar  $0,68 \text{ mg/m}^3$  (Warouw, 2007). Dengan demikian rata-rata konsentrasi TSP pada petugas pintu tol dan pembanding lebih tinggi dari pada rata-rata konsentrasi TSP pada penelitian ini. Hal ini disebabkan karena pembanding pada penelitian ini berada pada kantor yang menggunakan AC dan tidak ada yang merokok dalam ruangan tersebut.

### 6.3.2. Konsentrasi BaP

Gambaran konsentrasi BaP pada Polisi yang bertugas di jalan raya berkisar antara  $0,32 \text{ } \mu\text{g/m}^3$  sampai  $0,44 \text{ } \mu\text{g/m}^3$  dengan rata-rata sebesar  $0,39 \text{ } \mu\text{g/m}^3$ . Sedangkan konsentrasi BaP pada dua kelompok pembanding adalah sama  $0,05 \text{ } \mu\text{g/m}^3$ . Dengan demikian diketahui bahwa konsentrasi BaP rata-rata pada Polisi yang bertugas di jalan raya 7,8 kali lebih tinggi dibandingkan konsentrasi BaP pada kelompok pembanding. Konsentrasi BaP rata-rata pada Polisi yang bertugas di jalan

raya, menurut Klasifikasi tingkat pajanan BaP di tempat kerja (WHO, 1996) dikategorikan tingkat pajanan sedang (antara 0,1 - 1  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ).

Hasil penelitian ini mendekati hasil data monitoring ambien tahunan di California dari tahun 1988 sampai dengan 1989, dimana estimasi konsentrasi BaP adalah sebesar 0,53  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Hasil penelitian yang dilakukan pada petugas pintu tol jabotabek menunjukkan nilai rata-rata konsentrasi BaP pada petugas pintu tol sebesar 3,93  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  dan rata-rata konsentrasi BaP pada kelompok pembanding sebesar 0,59  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  (Warouw, 2007). Dengan demikian rata-rata konsentrasi BaP pada petugas pintu tol dan pembanding lebih tinggi dari pada rata-rata konsentrasi BaP pada penelitian ini. Hal ini disebabkan karena pembanding pada penelitian ini berada pada kantor yang menggunakan AC dan tidak ada yang merokok dalam ruangan tersebut, sehingga pajanan BaP sangat kecil.

### **6.3.3. Perbedaan Konsentrasi Debu TSP Pada Polisi yang Bertugas Di Jalan Raya Dengan Pembanding.**

Hasil penelitian ini menunjukkan konsentrasi debu TSP rata-rata pada Polisi yang bertugas di jalan raya lebih tinggi 9,3 kali dari konsentrasi pada kelompok pembanding (rata-rata konsentrasi debu TSP pada Polisi yang bertugas di jalan raya sebesar 0,82  $\text{mg}/\text{m}^3$  sedangkan pada pembanding sebesar 0,09  $\text{mg}/\text{m}^3$ ).

Penelitian ini sejalan dengan hasil penelitian yang dilakukan pada petugas pintu tol jabotabek menunjukkan nilai rata-rata konsentrasi debu TSP pada petugas pintu tol berbeda secara bermakna dengan rata-rata konsentrasi debu TSP pada

kelompok pembanding, dimana pada petugas pintu tol lebih tinggi 2 kali daripada kelompok pembanding (Warouw, 2007).

Perbedaan konsentrasi debu TSP antara polisi yang bertugas di jalan raya dengan pembanding pada penelitian ini lebih besar daripada penelitian pada petugas pintu tol, hal ini disebabkan karena pada penelitian ini pembanding berada pada ruangan yang ber *Air Conditioner* (AC) dan tidak ada polisi yang merokok dalam ruangan tersebut. Sedangkan pada petugas pintu tol, pembanding pada kantor kelurahan yang didalamnya terdapat banyak orang yang merokok dan merupakan ruangan yang terbuka.

#### **6.3.4. Perbedaan Konsentrasi BaP Pada Polisi yang Bertugas Di Jalan Raya Dengan Pembanding**

Konsentrasi BaP rata-rata pada polisi yang bertugas di jalan raya 7,8 kali lebih tinggi dibandingkan dengan konsentrasi rata-rata pada kelompok pembanding, dimana konsentrasi BaP rata-rata pada Polisi yang bertugas di jalan raya sebesar  $0,3887 \mu\text{g}/\text{m}^3$  dan pada pembanding sebesar  $0,05 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Hasil penelitian yang dilakukan pada petugas pintu tol jabotabek menunjukkan nilai rata-rata konsentrasi BaP pada petugas pintu tol berbeda secara bermakna dengan rata-rata konsentrasi BaP pada kelompok pembanding, dimana pada petugas pintu tol lebih tinggi 6,6 kali daripada kelompok pembanding (Warouw, 2007).

Perbedaan konsentrasi BaP antara polisi yang bertugas di jalan raya dengan pembanding pada penelitian ini lebih besar daripada penelitian pada petugas pintu tol, hal ini disebabkan karena pada penelitian ini pembanding berada pada ruangan

yang ber *Air Conditioner* (AC) dan tidak ada polisi yang merokok dalam ruangan tersebut. Sedangkan pada perugas pintu tol, pembanding pada kantor kelurahan yang didalamnya terdapat banyak orang yang merokok dan merupakan ruangan yang terbuka.

Penelitian lain diketahui bahwa polisi lalu lintas yang terpajan BaP rata-rata 3,67  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  lebih tinggi 70 kali dari kelompok pembanding dengan rata-rata 0,05  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  (Franco *et al.*, 1998).

#### **6.4. Faktor yang Mempengaruhi Tingkat Risiko Kesehatan.**

##### **6.4.1. Lama Paparan**

Analisis paparan dapat dilakukan dengan menetapkan konsentrasi paparan. Penetapan emisi, jalur dan laju perpindahan suatu bahan kimia menggambarkan keadaan dan ukuran populasi yang terpajan, tinggi rendah paparan dan lama paparan. Hal ini perlu dilakukan untuk mendapatkan konsentrasi paparan atau dosis paparan yang mengenai populasi manufaktur (BPOM RI, 2001a).

Dalam rangka memperkirakan jumlah bahan kimia yang masuk ke dalam tubuh diperlukan informasi mengenai berapa lama suatu populasi terpajan suatu bahan kimia, berapa banyak jumlah bahan kimia yang memajani, bagaimana pola serta cara pemajannya.

Dalam penelitian ini lama paparan mempunyai pengaruh untuk meningkatkan prakiraan risiko kesehatan (kanker dan nonkanker) dengan ditunjukkan oleh  $p < 0,05$  untuk paparan jam perhari dan jumlah hari dalam seminggu. Semakin lama polisi terpajanan BaP, maka akan lebih meningkatkan risiko kesehatan polisi tersebut.

#### **6.4.2. Jumlah Kendaraan, Suhu Udara, kelembaban Udara, Kecepatan Aliran Udara dan Jumlah Rokok**

Kendaraan yang melewati jalan Margonda merupakan sumber pajanan BaP pada polisi yang bertugas di jalan raya. Rata-rata jumlah kendaraan yang melewati jalan margonda selama satu shif sebanyak 182.521,74 kendaraan. Hal ini menunjukkan cukup tingginya risiko pajanan BaP oleh kendaraan. Berdasarkan hasil analisis disimpulkan ada perbedaan yang bermakna antara jumlah kendaraan yang lewat dengan tingkat risiko kanker dan non kanker ( $p < 0,05$ ). Hasil penelitian pada petugas pintu tol menunjukkan bahwa jumlah kendaraan mempunyai peranan mempengaruhi konsentrasi 1-OHP, dimana semakin tinggi jumlah kendaraan maka semakin tinggi konsentarsi 1-OHP dengan nilai  $R^2$  sebesar 0,13 (Warouw, 2007).

Gambaran distribusi suhu udara pada polisi yang bertugas di jalan raya berkisar  $26,7^{\circ}\text{C}$  sampai dengan  $31,2^{\circ}\text{C}$ , dengan rata-rata sebesar  $28,07^{\circ}\text{C}$ . Sedangkan pada pembanding distribusi suhu udara yaitu berkisar antara  $26,40^{\circ}\text{C}$  sampai dengan  $26,70^{\circ}\text{C}$ , dengan rata-rata sebesar  $26,55^{\circ}\text{C}$ . Berdasarkan hasil analisis disimpulkan ada perbedaan yang bermakna antara suhu udara dengan tingkat risiko kanker dan non kanker ( $p < 0,05$ )

Gambaran distribusi kelembaban udara pada polisi yang bertugas di jalan raya berkisar 58 sampai dengan 80, dengan rata-rata sebesar 72,93. Sedangkan pada pembanding distribusi kelembaban udara yaitu berkisar antara 67 sampai dengan 81, dengan rata-rata sebesar 74. Berdasarkan hasil analisis disimpulkan ada perbedaan yang bermakna antara kelembaban udara dengan tingkat risiko kanker dan non kanker ( $p < 0,05$ ).



Gambaran distribusi kecepatan aliran udara pada polisi yang bertugas di jalan raya berkisar 1,05 sampai dengan 2,56, dengan rata-rata sebesar 1,65. Sedangkan pada pembandingan distribusi kecepatan aliran udara yaitu berkisar antara 0,06 sampai dengan 0,06 dengan rata-rata sebesar 0,06.

Gambaran distribusi jumlah rokok yang dirokok oleh polisi yang bertugas di jalan raya berkisar 0 batang sampai dengan 24 batang, dengan rata-rata sebesar 7,22 batang. Sedangkan pada pembandingan distribusi jumlah rokok yang dirokok yaitu berkisar antara 0 sampai dengan 36 batang dengan rata-rata sebesar 2,87 batang. Berdasarkan analisis statistik disimpulkan ada perbedaan yang bermakna antara jumlah rokok yang dirokok dengan tingkat risiko kanker dan non kanker ( $p < 0,05$ ).

Hasil penelitian variabel jumlah kendaraan, suhu udara, kelembaban udara, kecepatan aliran udara terhadap tingkat risiko kesehatan, mendukung hasil penelitian yang dilakukan oleh Zhu, 2001 yang melaporkan konsentrasi PAH sangat berhubungan dengan intensitas kendaraan, temperatur, dan kecepatan aliran udara.

Volume kendaraan yang tinggi dengan emisi yang buruk menyebabkan risiko BaP menjadi lebih besar. Kualitas emisi kendaraan di Indonesia dewasa ini masih belum baik. Data hasil pemeriksaan Swiss Contact tahun 2002 menunjukkan sebagian besar (lebih dari 80%) yang diperiksa tidak lulus uji emisi dan tidak memenuhi NAB Kep Men LH No.35 tahun 1993 (Dollaris, 2005 dalam Warouw, 2007)

#### **6.4.3. Kebiasaan Merokok, Kebiasaan Makan Makanan Bakar, Bahan Bakar Masak, dan APD**

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa kebiasaan merokok merupakan sumber pajanan BaP, dimana pada polisi yang bertugas di jalan raya terdapat 63,0% yang merokok dan jumlah rokok pada yang bertugas di jalan raya berkisar 0 batang sampai dengan 24 batang, dengan rata-rata sebesar 7,22 batang. Sedangkan pada pembanding distribusi jumlah rokok yang dirokok yaitu berkisar antara 0 sampai dengan 36 batang dengan rata-rata sebesar 2,87 batang. Kebiasaan merokok mempunyai hubungan dengan tingkat risiko kesehatan.

Sejalan dengan penelitian pada polisi lalu lintas di Genoa Itali bahwa konsentrasi 1-OHP (biomarker BaP) berhubungan dengan merokok, *environmental tobacco smoke* (ETS), dan partikel debu (Franco, 1998).

Penelitian lain pada petugas pintu tol di jabotabek menunjukkan perbedaan yang bermakna antara rata-rata 1-OHP pada yang merokok dengan yang tidak merokok (Warouw, 2007).

Sedangkan untuk kebiasaan makan makanan yang dibakar dan penggunaan bahan bakar memasak dirumah tidak menunjukkan perbedaan yang bermakna ( $p>0,05$ ). Dan untuk penggunaan alat pelindung diri menunjukkan hubungan yang bermakna dengan tingkat risiko kanker dan nonkanker ( $p<0,05$ ).

#### **6.5. Peran Berbagai Variabel (Multivariat) Terhadap Tingkat Risiko Kesehatan**

Hasil penelitian ini dapat diketahui bahwa variabel yang berpengaruh terhadap tingkat risiko kesehatan (kanker dan non kanker) adalah pajanan BaP

dengan nilai 28,22. dengan demikian dapat diinterpretasikan bahwa pajanan BaP mempunyai peluang mempunyai prakiraan risiko kesehatan (kanker dan nonkanker) 28 kali dibanding dengan yang tidak terpajan BaP.

Hasil penelitian yang dilakukan pada petugas pintu tol jabotabek menunjukkan bahwa konsentrasi BaP merupakan variabel utama yang berpengaruh terhadap 1-OHP urin pada petugas pintu tol (Warouw, 2007).

## 6.6. Karakteristik Risiko

### 6.6.1. Karakteristik Risiko Kanker

Perkiraan risiko kanker merupakan hasil perhitungan asupan BaP dikalikan dengan nilai estimasi risiko kanker (*slope factor*) yang diadopsi dari beberapa badan international.

Hasil perhitungan asupan (*intake*) BaP pada Polisi yang bertugas di jalan raya menggunakan data rata-rata konsentrasi BaP sebesar  $0,39 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , diperoleh nilai asupan BaP sebesar  $0,36 \times 10^{-4} \text{ mg}/\text{kg} \times \text{hari}$ . Nilai estimasi (SF) yang digunakan adalah dari RAIS (sebesar  $0,88 \text{ mg}/\text{kg}/\text{hari}$  dan dari California-EPA sebesar  $7,30 \text{ mg}/\text{kg}/\text{hari}$  BaP).

Hasil perhitungan risiko kanker dengan menggunakan nilai SF RAIS diperoleh nilai risiko karsinogenik sebesar 0,30 per 10.000. Dan dengan menggunakan nilai SF dari California-EPA diperoleh nilai risiko karsinogenik sebesar 2,60 per 10.000. Dua perhitungan tersebut angka risiko karsinogenik tertinggi adalah sebesar 2,60 per 10.000. Yang dapat diinterpretasikan akan ada 2,60 tambahan kasus kanker per 10.000 penduduk (jika pemajanan BaP sebesar  $0,39 \mu\text{g}/\text{m}^3$  diasumsikan terjadi seumur hidup). Menurut US-EPA, jumlah kasus maksimal

yang dapat diterima adalah 1 (satu) kasus per 10.000 penduduk. Sehingga dapat disimpulkan bahwa risiko kanker pada polisi yang bertugas di jalan raya sudah melewati batas risiko.

Dua perhitungan risiko kanker tersebut di atas standar RAIS merupakan standar yang longgar, sedangkan standar dari California-EPA merupakan standar yang ketat. Hasil perhitungan risiko kanker pada masing-masing responden (menggunakan *Slope Factor* RAIS 0,88), tidak ada Polisi yang bertugas di jalan raya yang mempunyai risiko karsinogenik di atas batas yang diperbolehkan (1 per 10.000).

Hasil perhitungan risiko kanker dengan menggunakan *Slope factor* Cal-EPA pada masing-masing responden, menunjukkan sebanyak 45 orang (97,8%) Polisi yang bertugas di jalan raya telah melampaui nilai ambang batas yang diperbolehkan (<1 per 10.000), sedangkan pada pembanding sebanyak 1 orang (2,2%) yang melampaui ambang batas yang dapat diterima.

Penetapan baku mutu kualitas udara sebaiknya menggunakan standar yang ketat atau dikenal dengan *Primary Standard*. Peraturan yang ada di Indonesia saat ini adalah peraturan yang mengatur udara ambien yaitu PP No. 41 tahun 1999 mengenai pengendalian Pencemaran udara. Peraturan ini hanya mengatur tentang baku mutu udara ambien dan belum ada baku mutu yang mengatur untuk parameter PAH dan BaP.

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa pajanan BaP pada Polisi yang bertugas di jalan raya diperkirakan akan menimbulkan risiko kanker, sehingga perlu dilakukan upaya tindak lanjut. Upaya yang perlu diprioritaskan adalah upaya yang

bersifat promotif dan preventif, agar risiko kanker yang akan terjadi dapat diminimalisasi.

Penelitian lain pada petugas pintu tol menunjukkan hasil perhitungan risiko kanker menggunakan SF RAIS diperoleh risiko karsinogenik sebesar 1,40 per 10.000, sedangkan dari perhitungan menggunakan SF dari CalEPA diperoleh nilai risiko karsinogenik sebesar 11,80 per 10.000 (Warouw, 2007).

#### **6.6.2. Karakteristik Risiko Non Kanker**

Hasil perhitungan untuk risiko nonkanker pada Polisi yang bertugas di jalan raya menggunakan data rata-rata pajanan proyeksi pajanan sepanjang hayat (30 tahun untuk nonkanker) diperoleh nilai  $RQ \geq 1$ . Besar RQ menggunakan proyeksi pemajanan sepanjang hayat diperoleh nilai sebesar 1,59, hal ini menunjukkan bahwa pemajanan debu TSP pada polisi yang bertugas di jalan raya sudah perlu mendapat perhatian untuk pengendaliannya.

Kemudian hasil perhitungan RQ yang dilakukan terhadap masing-masing responden menunjukkan bahwa pada polisi yang bertugas di jalan raya lebih tinggi dibandingkan dengan pembanding. Hasil perhitungan perkiraan risiko nonkanker pada 46 polisi yang bertugas di jalan raya diketahui sebanyak 45 orang (97,80%) mempunyai risiko kesehatan nonkanker ( $RQ \geq 1$ ) sedangkan pada kelompok pembanding yaitu polisi yang bertugas di kantor polres sebanyak 1 orang (2,20%) ada yang mempunyai risiko nonkanker.

Konsentrasi kadar debu TSP rata-rata pada polisi yang bertugas di jalan raya pada penelitian ini adalah sebesar  $0.82405 \text{ mg/m}^3$ , angka ini sudah melewati nilai ambang batas yang ditetapkan oleh Kepmenkes RI tahun 2002 tentang lingkungan

## BAB 7

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 7.1. Kesimpulan

Hasil analisis risiko kesehatan diketahui bahwa apabila polisi yang mendapat asupan (dosis per satuan waktu) paparan Benzo(a)Pyrene sebesar  $0,39 \text{ ug/m}^3$  diasumsikan terjadi seumur hidup, maka polisi tersebut akan mendapatkan risiko kanker sebesar  $2,6 \times 10^{-4}$  (diperkirakan akan ada 2,6 tambahan kasus per 10.000 penduduk). Dan dari penelitian ini dapat diuraikan hasilnya sebagai berikut :

1. Konsentrasi BaP pada Polisi yang bertugas di jalan raya berkisar antara  $0,32$  sampai  $0,44 \text{ ug/m}^3$  dengan rata rata sebesar  $0,39 \text{ ug/m}^3$ . Pada kelompok pembanding terlihat lebih rendah yaitu berkisar antara  $0,05 \text{ ug/m}^3$  sampai  $0,05 \text{ ug/m}^3$  dengan rata rata sebesar  $0,05 \text{ ug/m}^3$ . Berdasarkan klasifikasi WHO ,konsentrasi BaP rata rata pada Polisi yang bertugas di jalan raya sudah termasuk katagori pajanan sedang ( $0,1-1,0 \text{ ug/m}^3$  ) sedangkan pada pembanding termasuk dalam katagori pajanan rendah ( $0,01-0,1 \text{ ug/m}^3$ ) (WHO,1996).
2. Konsentrasi debu TSP pada Polisi yang bertugas di jalan raya berkisar antara  $0,63 \text{ mg/m}^3$  sampai dengan  $1,11 \text{ mg/m}^3$ , dengan rata rata sebesar  $0,82 \text{ mg/m}^3$  ( $824,05 \text{ ug/m}^3$ ). Pada kelompok pembanding konsentrasi debu TSP terlihat lebih rendah dibanding dengan Polisi yang bertugas di jalan raya, yaitu : berkisar antara  $0,08 \text{ mg/m}^3$  sampai dengan  $0,09 \text{ mg/m}^3$  dengan rata rata sebesar  $0,09 \text{ mg/m}^3$  ( $88,54 \text{ ug/m}^3$ ).

kerja. Dengan tingginya konsentrasi debu TSP pada polisi yang bertugas di jalan raya, ini akan menyebabkan pula tingginya risiko nonkanker debu TSP (100%), maka untuk itu pemerintah bersama dengan masyarakat perlu untuk melakukan upaya pencegahan dan penanggulangannya.

Penelitian lain pada petugas pintu tol menunjukkan besar RQ menggunakan proyeksi pemajanan sepanjang hayat diperoleh nilai RQ sebesar 2,75, hasil perhitungan risiko nonkanker pada petugas pintu tol diketahui 90,20% mempunyai risiko kesehatan nonkanker, sedangkan pada kelompok pembanding sebesar 68,80% mempunyai risiko kesehatan nonkanker (Warouw, 2007).

#### **6.7. Hubungan Polisi yang Bertugas Di Jalan Raya dengan Tingkat Risiko Kesehatan (Kanker dan Nonkanker)**

Hubungan polisi yang bertugas di jalan raya dan pembanding dengan tingkat risiko kanker dan non kanker diketahui terdapat hubungan yang bermakna ( $p < 0,05$ ) antara polisi yang bertugas di jalan raya dengan tingkat risiko kanker dan nonkanker. Nilai OR diperoleh sebesar 2.025,0 (95% CI 122,84 – 33.381,64). Dengan demikian dapat diinterpretasikan bahwa polisi yang bertugas di jalan raya mempunyai peluang 2.025 kali untuk mempunyai prakiraan risiko kanker dan nonkanker. Hal ini disebabkan karena polisi yang bertugas di jalan raya terpapar langsung oleh agen, sehingga kemungkinannya sangat besar untuk meningkatkan prakiraan risiko kesehatan.

## 7.2. Saran

### 7.2.1. Kepada Pemerintah Pusat dan Daerah

1. Dibuat PERDA tentang kewajiban Pemilik Kendaraan Bermotor untuk melakukan pemeriksaan emisi gas buang dan perawatan kendaraan secara berkala, memakai bahan bakar yang baik, serta meningkatkan penggunaan katalitik konverter pada setiap kendaraan bermotor.
2. Membatasi pembangunan pusat pertokoan baru di jalan Margonda yang membuat meningkatnya aktivitas masyarakat di lokasi tersebut, sehingga akan mengakibatkan kemacetan lalu lintas.
3. Dihidupkan kembali program penghijauan Kota dan Taman kota.
4. Ditetapkan standar baku mutu debu TSP khusus daerah Jawa Barat, dan standar NAB BaP.
5. Depkes mengembangkan program deteksi dini dan pemeriksaan kesehatan khusus kanker paru secara berkala pada pekerja dan masyarakat berisiko, serta mengembangkan promosi kesehatan dan pencegahan kanker paru.

### 7.2.2 Kepada Instansi (Kepolisian)

1. Kepolisian disarankan melakukan pemeriksaan kesehatan berkala dan deteksi dini kanker paru.
2. Untuk mengurangi asupan pajanan BaP, kepolisian disarankan melakukan pengendalian administratif, antara lain dengan pengaturan jam kerja, waktu libur, cuti, dan rotasi kerja, dengan mengacu pada kondisi kesehatan anggota dan lama kerja.



3. Sumber pajanan BaP pada Polisi yang bertugas di jalan raya adalah jumlah kendaraan dengan rata-rata 182.521,74 kendaraan per shif, kebiasaan merokok (63,00%), makanan bakar (54,30%), penggunaan bahan bakar minyak tanah (26,10%) dan bahan bakar gas (73,90%). Sumber pajanan BaP pada pembanding adalah kebiasaan merokok (28,30%), makanan bakar (52,30%), penggunaan bahan bakar minyak tanah (19,60%) dan bahan bakar gas (80,40%).
4. Perkiraan besar risiko kanker akibat pajanan BaP pada polisi yang bertugas di jalan raya sebesar 2,6 per 10.000. Polisi yang bertugas di jalan raya yang telah melampaui nilai ambang batas risiko kanker ( $\geq 1$  per 10.000) sebesar 97,80%, dan pada kelompok pembanding sebesar 2,20%. Polisi yang bertugas di jalan raya dengan risiko penyakit nonkanker akibat debu TSP (Risk Quotion  $\geq 1$ ) sebesar 97,80% dan pada pembanding 2,20%.
5. Variabel yang berpengaruh terhadap tingkat risiko kesehatan (kanker dan non kanker) adalah pajanan BaP dengan nilai 28,22. dengan demikian dapat diinterpretasikan bahwa pajanan BaP sedang mempunyai peluang mempunyai prakiraan risiko kesehatan (kanker dan nonkanker) 28 kali dibanding dengan yang terpajan BaP rendah.
6. Terdapat hubungan yang bermakna ( $p < 0,05$ ) antara polisi yang bertugas di jalan raya dengan tingkat risiko kanker dan nonkanker. Nilai OR diperoleh sebesar 2.025,0 (95% CI 122.841 – 33.381.638). Dengan demikian dapat diinterpretasikan bahwa polisi yang bertugas di jalan raya mempunyai peluang 2.025 kali untuk mempunyai prakiraan risiko kanker dan nonkanker.

3. Dibuat sanksi kepada petugas di jalan raya kalau tidak memakai peralatan / alat bantu di dalam bekerja di lapang ( masker ), guna mengurangi risiko pajanan.
4. Pemeriksaan rutin pada setiap pekerja yang berisiko guna mengurangi atau mengetahui secara dini gejala kanker paru.
5. Membuat pos-pos istirahat yang layak dan terlindung untuk mengurangi polusi udara.
6. Melakukan penyuluhan tentang bahaya yang ditimbulkan akibat polusi udara dan cara pengendalian.

### **7.2.3. Untuk Penembangan Ilmu (Peneliti)**

1. Disarankan untuk melakukan penelitian tentang BaP dengan pengukuran udara (TSP) dan konsentrasi BaP secara personal, sehingga diketahui dengan pasti berapa jumlah asupan BaP setiap individu.
2. Dilakukan penelitian lanjutan dengan desain studi *case control*
3. Melakukan penelitian lanjutan tentang biomarker indikator pajanan BaP, sehingga terdeteksi BaP dalam tubuh dan biomarker pajanan PAH lainnya.

## DAFTAR PUSTAKA

Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR), 2004, *Publik Health Statrment far Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (PAH)*

Agency for Toxic Subtanees and Disease Registry (ATSDR), 2001, Wired[Online].  
Avall from [http:// www.atsdr.cdc.gov/toxprofile/phps69.html](http://www.atsdr.cdc.gov/toxprofile/phps69.html).

Atrisman N, Rahman A, Warouw PJ, 2005, Analisis dan Manajemen Risiko Kesehatan Penebaran Udara : Studi kasus di Sembilan Kota Besar Padat Transportasi, *Jurnal Ekologi Kesehatan*, vol. 4, No. 2. 270-289.

Asri. Umamil D dan Hidayat B, 2005, *Current Transportation Issue in Jakarta and Its Impacts of Environment*. The Eastern Asia Society for Transportation Studies, Vol. 5 : 1792-1798.

Badan Pusat Statistik (BPS), 2004, *Statistik Perhubungan*, Jakarta.

Bahnan, 2006, *Analisis Risiko Kesehatan Konsumen Berdasarkan Konsentrasi Formalin Dalam Tahu di Palembang*, UI, Jakarta.

BPOM RI, 2000, *Metode Analisis PPOMN 2000*, Pusat Pengujian Obat & makanan Nasional, Badan Pengawas Obat & Makanan, Jakarta.

BPOM RI, 2001a, *Aspek Fundamental Kajian & Pengelolaan bahan Kimia*, Direktorat Pengawasas Produk & Bahan Berbahaya, Deputi Bidang Pengawasan Keamanan Pangan & Bahan Berbahaya, Jakarta.

BPOM RI, 2001b, *Pedoman Kajian Risiko Kimia Terhadap Kesehatan*, Direktorat Pengawasan Produk & Bahan Berbahaya, Deputi Bidang Pengawasan Keamanan Pangan & Bahan Berbahaya, Jakarta.

California Air Resources Board & Office of Environmental Health Hazard Assessment (CARB), 1994, Benzo(a)pyrene as a *Toxic Air Contaminant*, p3-9.

Castano-Vinyals G., *et al*, 2004, *Electronic Review, Biomarker of Exposure to Polycyclic Aromatic Hydrocarbons from Environmental Air Pollution*, p2-3.

Ching-Huang Lai, 2004, *Urinary 1-hydroxy-glucoronide as a Biomarker of Exposure to Various Vehicles Exhausts Among Highway Toll-Station Workers in Taipei, Taiwan*, Archives of Environmental Health.

Depkes RI, 2003, *Kebijakan dan Strategi Nasional Pencegahan Penanggulangan Penyakit Tidak Menular*, Jakarta

Depkes RI, Ditjen PPM&PL, 2007, *Informasi Pengendalian Penyakit dan Penyehatan Lingkungan*, Jakarta

Dollaris RS, 2005, pengendalian pencemaran Udara dari Kendaraan Bermotor, UAQ-I, Urban Air Quality Improvement Sector Development Program.

Environment Australia, 1999, *Technical Report No. 2: Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (PAHs) in Australia, Canberra*.

Franco M, 1998, *Urinary of 1-hydroxypyrene as a marker for Exposure to Urban Air Levels of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons, cancer Epidemiology, Biomarker & Prevention*, vol. 7, p. 147-155.

Hastono SP, 2007, *Analisis Data Kesehatan, Basic Data Analysis for Health Research Training*. FKM UI

Kusnoputranto Haryoto, 1995, *Toksikologi Lingkungan*, Universitas Indonesia, Jakarta.

Kolluru, R.V. Bartel & Pitblado, R, 1996, *Risk Assessment and Management Handbook : For Environmental, Health and Safety Profesional*, Mc Graw-Hill, New York.

Li Zheng (Jane), et al, 2004, *Biomonitoring of Human Exposure to Polycyclic Aromatic Hydrocarbons and Diesel Exhaust by Measurement of Urinary Biomarkers*, *Epidemiology*, vol. 15, No. 4.

Louvar Joseph F, Louvar B Diane, 1998, *Health Environmental Risk Analysis : Fundamentals With Applications*, Prentices Hall, New Jersey, USA.

Menteri Negara Lingkungan Hidup, 1993, Kepmen LH No. 35 Tahun 1993 Tentang Ambang Batas Emisi Gas Buang Kendaraan Bermotor.

MSDS, 2004, Physical & Theoretical Chemistry Lab Safety home page, Safety (MSDS) data for benzo(a)pyrene, p. 1-2.

Maitre A, et al, 2002, *Exposure to Carcinogenic Air Pollutants Among Policemen Working Close to Traffic in an Urban Area*, *Scand J Work Environment Health*, vol. 28, No. 6, p. 402.

Menteri Negara Lingkungan Hidup, 1993, Kepmen LH No. 35 Tahun 1993 Tentang Ambang Batas Emisi Gas Buang Kendaraan Bermotor.

Paul S, daehee kang,\* Pornchai sithisarakue, 1996, *Polycyclic Aromatic Hydrocarbon Metabolites in Urine as Biomarker of Exposure and Effect Environmental Health Perspectives*, Vol 104, Supplements October 1996

Pudjiastuti. L, 1998, *Kualitas Udara Dalam Ruang*. Departemen Pendidikan dan Kebudayaan.

Peters, Annette, 2000, Association Between Mortality and Air Pollution In Central Europe, *Environmental Health Perspect*, No. 108, p. 283-287.

Rahman. A, 2004, *Analisis Kualitas Lingkungan, laboratorium Kesehatan Lingkungan*, FKM UI

Risk Assessment Information System (RAIS), 2005, Wired [Online], [http://risk.isd.orln.gov/tox/profile/benzo\(a\)pyrene\\_ragas.shtml](http://risk.isd.orln.gov/tox/profile/benzo(a)pyrene_ragas.shtml)

Sefriany, Reni, 2004, *Penilaian & Pengelolaan Risiko Bahan Kimia di Lingkungan*, Palembang, UI, Jakarta.

Sudrajat. A, 2005, *Pencemaran Udara, Suatu Pendahuluan*. Inovasi Vol. 5/XVII/November 2005

Slamet. S, Juli. 1994, *Kesehatan Lingkungan*. Gajah Mada University Press

Soedomo. M, 1999, *Kumpulan Karya Ilmiah, Pencemaran Udara*, ITB Bandung, 1999.

Soedomo. M, 2001, *Kumpulan Karya Ilmiah, Pencemaran Udara*, ITB Bandung, 2001

The Risk Assessment Information System (TRAIS), 2005, *Toxicity Profile, Toxicity Summary for Benzo(a)Pyrene*, <http://risk.isd.ornl.gov/tox/profile/bap.shtml>

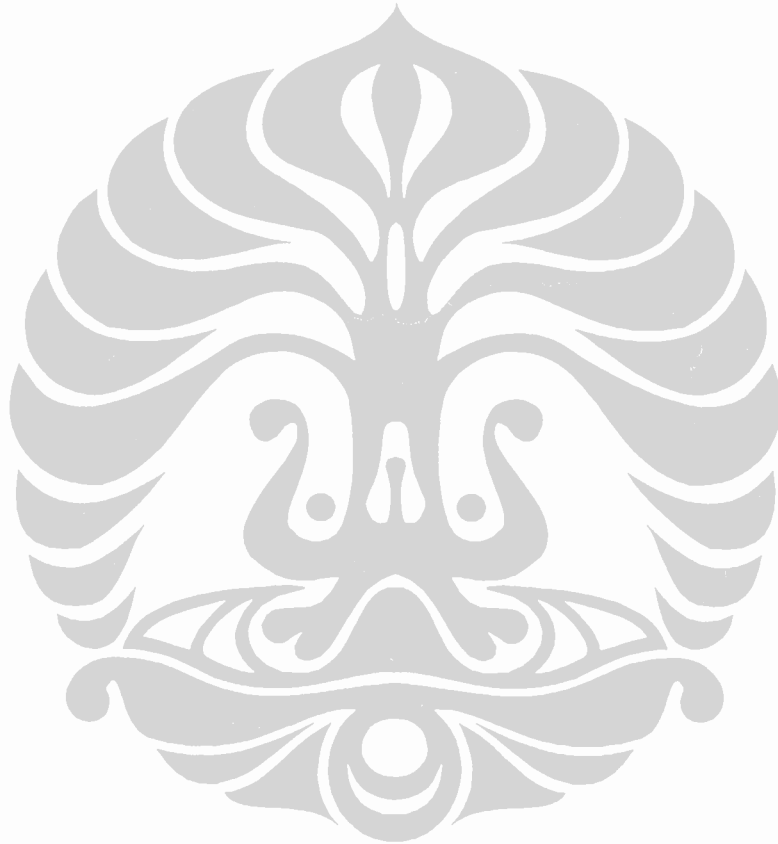
U.S Environmental Protection Agency, 2005, IRIS, *Benzo(a)pyrene (BaP)* (CASRN 50-32-8).

U.S Environmental Protection Agency, 2005, *Polycyclic Organic Matter (POM)*, EPA – Air Toxic Website – *Polycyclic Organic Matter (POM)*.

WHO, 1996, *Biological Monitoring of Chemical Exposure in the Workplace, Guidelines, Geneva*, vol. 2.

WHO, 2005, *Preventing Chronic Diseases a Vital Investment*, Global Report, Geneva.

Warouw. SP, 2007, *Studi Analisis Risiko Kesehatan Pemajanan Karsinogen Benzo(a)Pyrene pada Petugas Pintu Tol di Jabotabek*.







**KUESIONER**

(Untuk Polisi yang bertugas di Jalan Raya Margonda)

**STUDY ANALISIS RISIKO KESEHATAN PEMAJANAN  
BENZO(a)PYRENE PADA POLISI YANG BERTUGAS DI JALAN RAYA  
MARGONDA KOTA DEPOK TAHUN 2008**

I. Data Umum (Pengenalan Tempat / Identitas)	
1. Nama Lokasi	: .....
2. Nama Responden	: .....
3. Umur	: ..... Tahun
4. Jenis Kelamin	: .....
5. Berat badan	: .....
6. Tinggi badan	: .....
7. Alamat Rumah	: .....
	Telp..... HP : .....
B. Pendidikan	: .....

\* Lingkarilah pilihan jawaban anda.

**II. DATA KHUSUS**1) Sudah berapa lama anda bekerja di tempat / titik penelitian dilakukan? \_\_\_\_ tahun  
bulan

2) Berapa jam anda bekerja setiap hari? \_\_\_\_\_ jam/hari

3) Berapa hari anda bekerja dalam seminggu? \_\_\_\_\_ Hari/minggu

4) Sebutkan shift kerja anda dalam seminggu

Shift	Senin	Selasa	Rabu	Kamis	Jumat	Sabtu	Minggu
Pagi							
Siang							
Sore							

Shift pagi : Jam.....s/d.....

Shift siang : Jam.....s/d.....

Shift sore : Jam.....s/d.....

5) Apakah anda mempunyai pekerjaan lain diluar instansi tempat anda bekerja?

1. ya 2. tidak

Bila ya, Berapa jam rata-rata anda bekerja diluar instansi tempat anda bekerja)?  
\_\_\_\_\_ Jam/hari, \_\_\_\_\_ hari/mingguSebutkan jenis pekerjaan di luar instansi  
\_\_\_\_\_

6) Apakah di tempat anda bekerja sampingan (radius 1 km) terdapat industri/pabrik/jalan padat lalu lintas/terminal, yang banyak mengeluarkan asap?

Bila Ya, sebutkan jenis industrinya \_\_\_\_\_

7) Apakah ditempat tinggal anda (radius 1 km) terdapat industri/pabrik

Jalan padat lalu lintas/terminal, yang banyak mengeluarkan asap?

- 1) Ya
- 2) Tidak

Bila jawaban Ya, sebutkan jenis industrinya \_\_\_\_\_

8) Apakah anda merasa terganggu dengan debu kendaraan bermotor di tempat kerja?

- 1) Ya
- 2) Tidak

10) Alat pelindung apa saja yang anda miliki untuk pekerjaan anda?

No	Alat pelindung	Ya	Tidak
1.	Masker (penutup hidung/mulut)		
2.	Pakaian kerja lengan panjang		
3.	Sepatu		
4.	Lainnya, sebutkan :		

11) Bagaimana kebiasaan anda memakai alat-alat pelindung diri?

	Tdk pernah	kadang	Selalu
1) Masker (penutup hidung/mulut)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2) Pakaian kerja lengan panjang	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3) Sepatu	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4) Lain-lain, sebutkan : .....	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

12) Apakah saat ini anda mempunyai kebiasaan menghisap rokok atau tembakau?

- 1) Ya, setiap hari
- 2) Kadang-kadang
- 3) Tidak, bila jawaban (tidak), langsung ke pertanyaan no.14

13) Rata-rata berapa batang rokok atau tembakau berikut yang anda hisap tiap hari?  
(Tanyakan semua jenis rokok dan catat jumlah batang/hari untuk setiap jenis)

- 1) Rokok kretek \_\_\_\_\_ batang/hari
- 2) Rokok putih \_\_\_\_\_ batang/hari
- 3) Rokok linting \_\_\_\_\_ batang/hari
- 4) Cangklong \_\_\_\_\_ batang/hari
- 5) Cerutu \_\_\_\_\_ batang/hari
- 6) Lain-lain, sebutkan \_\_\_\_\_ batang/hari

14) Apakah pada masa lalu pernah merokok setiap hari?

- 1) Ya
- 2) Tidak, bila jawaban (tidak), langsung ke pertanyaan no 18

15) Kapan anda berhenti merokok? \_\_\_\_\_

16) Berapa lama anda pernah mempunyai kebiasaan merokok? tahun \_\_\_\_\_

17) Jenis rokok yang pernah anda hisap? (jawaban bisa >1)

- 1) Kretek
- 2) Cerutu
- 3) Rokok putih
- 4) Lain-lain, sebutkan \_\_\_\_\_

18) Apakah dirumah anda ada anggota keluarga yang merokok?

- 1) Ya

2) Tidak,  
 Bila Ya, apakah ada anggota keluarga yang biasa merokok di dalam rumah, berapa jumlah perokoknya? \_\_\_\_\_ Orang

19) Apakah di tempat kerja anda yang merokok dalam ruangan ?

- 1) Ya
- 2) Tidak

Bila Ya, berapa jumlahnya : \_\_\_\_\_ orang

20. Kapan anda terakhir makan jenis makanan sbb :

1) Sate	
2) Steak	
3) Jagung Bakar	
4) Ikan bakar	
5) Makanan yang dibakar lainnya	

21) Dalam 6 bulan terakhir apakah anda pernah sakit yang sangat mengganggu ?

- 1) Ya
- 2) Tidak, bila tidak langsung ke pertanyaan no.24

Bila ya, Mohon sebutkan ? \_\_\_\_\_

22) Apakah anda dalam 6 bulan terakhir anda pernah dirawat di rumah sakit ?

- 1) Ya
- 2) Tidak

Bila ya, kapan dan berapa lama ? \_\_\_\_\_

23) Apakah anda pernah mengeluh hal sbb :

KELUHAN	Ya	Tidak
1) Batuk		
2) Bunyi bising (mengi) saat bernafas		
3) Napas Sesak		
4) Nyeri dada		
5) Berkeringat banyak		
6) Mual, mau muntah		
7) Sakit kepala		
8) Rasa kejang pada otot		
9) Gangguan penglihatan		
10) Sakit pinggang		
11) Sulit buang air kecil		

24) Berapa lama rata-rata anda beraktifitas di luar rumah ? \_\_\_\_\_ Jam/hari

25) Berapa lama rata-rata anda beraktifitas di dalam rumah ? \_\_\_\_\_ Jam/hari

26) Apakah bahan bakar utama yang digunakan untuk masak dirumah ?

- 1) Minyak tanah
- 2) Gas
- 3) Kayu bakar
- 4) Batu bara
- 5) Lain-lain, sebutkan :.....

27) Berapa kira-kira jumlah kendaraan yang melewati lokasi tempat anda bekerja pada saat wawancara dilakukan ?

1) Kendaraan roda dua :.....unit

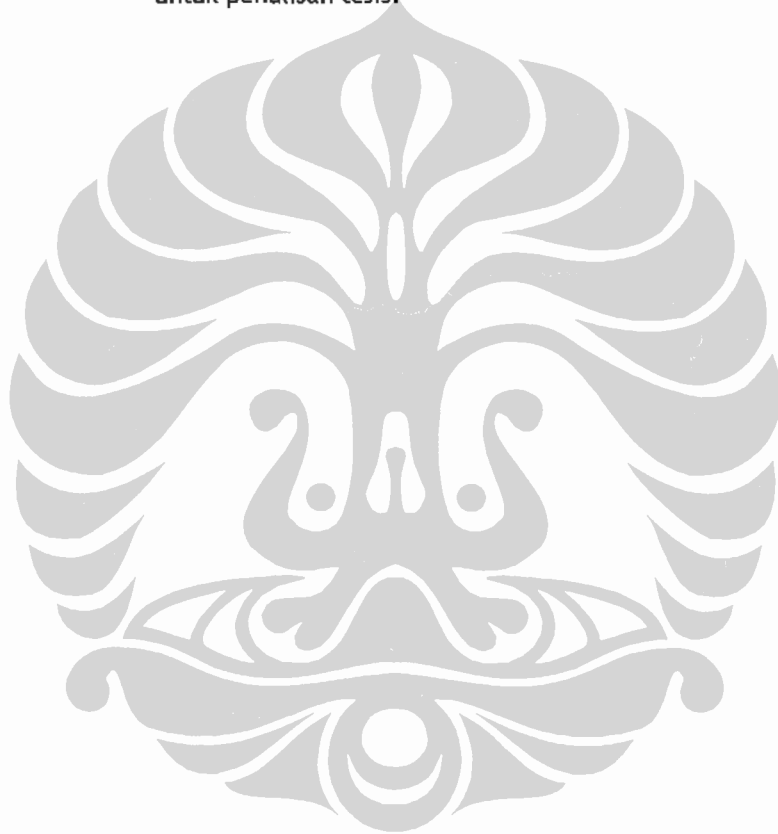
2) Kendaraan roda empat atau lebih : .....unit

28) Saran-saran anda untuk meningkatkan kesehatan dan keselamatan kerja :

---

---

29) Terima kasih atas bantuan Bapak/Ibu dalam memberikan data yang saya perlukan untuk penulisan tesis.



**F 1B**

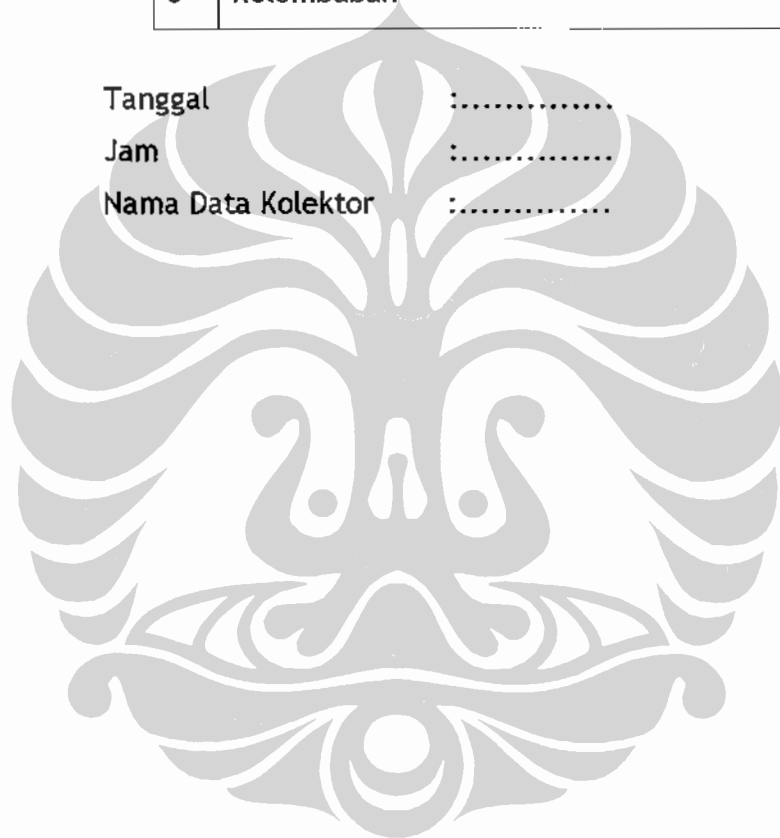
**HASIL PENGUKURAN**

No	Pengukuran	Hasil
1	Suhu Udara Lingkungan Kerja	
2	Kecepatan Aliran Udara	
3	Kelembaban	

Tanggal : .....

Jam : .....

Nama Data Kolektor : .....



**KUESIONER**  
(Untuk Pembanding/ Petugas Administrasi)

**STUDY ANALISIS RISIKO KESEHATAN PEMAJANAN  
BENZO(a)PYRENE PADA POLISI YANG BERTEUGAS DI JALAN RAYA  
MARGONDA KOTA DEPOK TAHUN 2008**

I. Data Umum (Pengenalan Tempat / Identitas)	
1. Nama Lokasi	: .....
2. Nama Responden	: .....
3. Umur	: ..... Tahun
4. Jenis Kelamin	: .....
5. Berat badan	: .....
6. Tinggi badan	: .....
7. Alamat Rumah	: .....
	Telp..... HP : .....
8. Pendidikan	: .....

\* Lingkariilah pilihan jawaban anda.

**II. DATA KHUSUS**

1) Sudah berapa lama anda bekerja di tempat/di bagian administrasi ini ? \_\_\_\_ tahun  
bulan

2) Berapa jam anda bekerja setiap hari ? \_\_\_\_\_ jam/hari

3) Berapa hari anda bekerja dalam seminggu? \_\_\_\_\_ Hari/minggu

4) Apakah anda mempunyai pekerjaan lain diluar instansi tempat anda bekerja ?

1. ya      2. tidak

Bila ya, Berapa jam rata-rata anda bekerja diluar instansi tempat anda bekerja ?  
Jam/hari, \_\_\_\_\_ hari/minggu

Sebutkan jenis pekerjaan di luar instansi  
\_\_\_\_\_

5) Apakah di tempat anda bekerja sampingan (radius 1 km) terdapat industri/pabrik/jalan padat lalu lintas/terminal, yang banyak mengeluarkan asap ?  
Bila Ya, sebutkan jenis industrinya \_\_\_\_\_

6) Apakah ditempat tinggal anda (radius 1 km) terdapat industri/pabrik Jalan padat lalu lintas/terminal, yang banyak mengeluarkan asap ?

1) Ya  
2) Tidak

Bila jawaban Ya, sebutkan jenis industrinya \_\_\_\_\_

7) Apakah anda merasa terganggu dengan debu kendaraan bermotor di tempat kerja ?

1) Ya  
2) Tidak

8) Apakah saat ini anda mempunyai kebiasaan menghisap rokok atau tembakau ?

- 1) Ya, setiap hari
- 2) Kadang-kadang
- 3) Tidak, bila jawaban (tidak), langsung ke pertanyaan no.14

9) Rata-rata berapa batang rokok atau tembakau berikut yang anda hisap tiap hari ?  
(Tanyakan semua jenis rokok dan catat jumlah batang/hari untuk setiap jenis)

- 1) Rokok kretek \_\_\_\_\_ batang/hari
- 2) Rokok putih \_\_\_\_\_ batang/hari
- 3) Rokok linting \_\_\_\_\_ batang/hari
- 4) Cangklong \_\_\_\_\_ batang/hari
- 5) Cerutu \_\_\_\_\_ batang/hari
- 6) Lain-lain, sebutkan \_\_\_\_\_ batang/hari

10) Apakah pada masa lalu pernah merokok setiap hari ?

- 1) Ya
- 2) Tidak, bila jawaban (tidak), langsung ke pertanyaan no 16

11) Kapan anda berhenti merokok ? \_\_\_\_\_

12) Berapa lama anda pernah mempunyai kebiasaan merokok ? tahun \_\_\_\_\_

13) Jenis rokok yang pernah anda hisap ? (jawaban bisa >1)

- 1) Kretek
- 2) Cerutu
- 3) Rokok putih
- 4) Lain-lain, sebutkan \_\_\_\_\_

14) Apakah dirumah anda ada anggota keluarga yang merokok?

- 1) Ya
- 2) Tidak,

Bila Ya, apakah ada anggota keluarga yang biasa merokok di dalam rumah, berapa jumlah perokoknya? \_\_\_\_\_ Orang

15) Apakah di tempat kerja anda yang merokok dalam ruangan ?

- 1) Ya
- 2) Tidak

Bila Ya, berapa jumlahnya : \_\_\_\_\_ orang

16) Kapan anda terakhir makan jenis makanan sbb :

1) Sate	_____
2) Steak	_____
3) Jagung Bakar	_____
4) Ikan bakar	_____
5) Makanan yang dibakar lainnya	_____

17) Dalam 6 bulan terakhir apakah anda pernah sakit yang sangat mengganggu ?

- 1) Ya
- 2) Tidak, bila tidak langsung ke pertanyaan no.24

Bila ya, Mohon sebutkan ? \_\_\_\_\_

18) Apakah anda dalam 6 bulan terakhir anda pernah dirawat di rumah sakit ?

- 1) Ya
- 2) Tidak

Bila ya, kapan dan berapa lama ? \_\_\_\_\_

19) Apakah anda pernah mengeluh hal sbb :

KELUHAN	Ya	Tidak
1) Batuk		
2) Bunyi bising (mengi) saat bernafas		
3) Napas Sesak		
4) Nyeri dada		
5) Berkeringat banyak		
6) Mual, mau muntah		
7) Sakit kepala		
8) Rasa kejang pada otot		
9) Gangguan penglihatan		
10) Sakit pinggang		
11) Sulit buang air kecil		

20) Berapa lama rata-rata anda beraktifitas di luar rumah ? \_\_\_\_\_ Jam/hari

21) Berapa lama rata-rata anda beraktifitas di dalam rumah ? \_\_\_\_\_ Jam/hari

22) Apakah bahan bakar utama yang digunakan untuk masak dirumah ?

- 1) Minyak tanah
- 2) Gas
- 3) Kayu bakar
- 4) Batu bara
- 5) Lain-lain, sebutkan :.....

23) Saran-saran anda untuk meningkatkan kesehatan dan keselamatan kerja :

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_



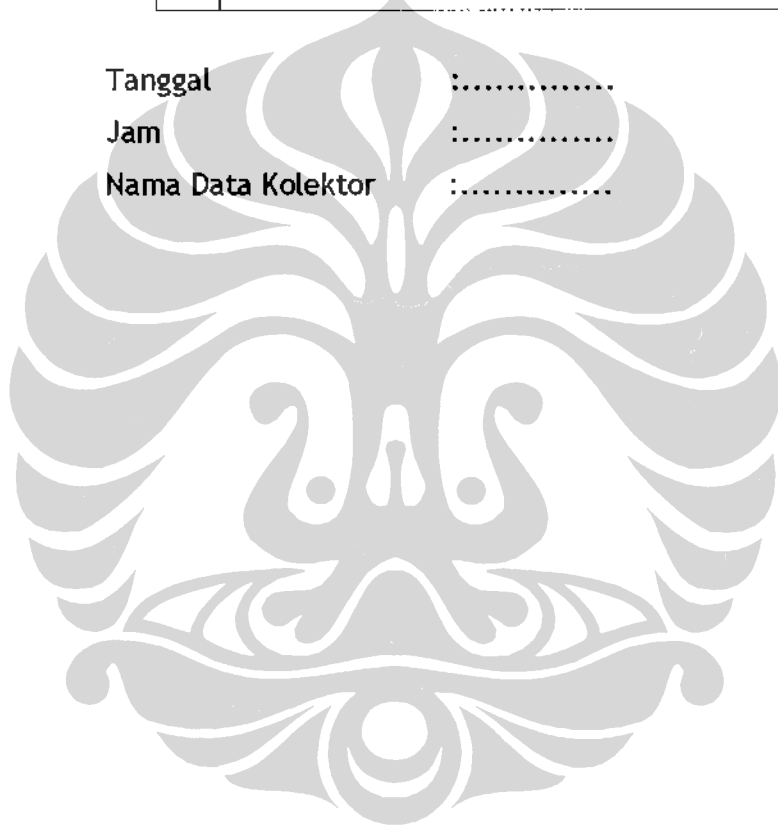
## HASIL PENGUKURAN

No	Pengukuran	Hasil
1	Suhu Udara Lingkungan Kerja	
2	Kecepatan Aliran Udara	
3	Kelembaban	

Tanggal :.....

Jam :.....

Nama Data Kolektor :.....



**LABORATORIUM PENGUJIAN  
BALAI HIPERKES DAN KESELAMATAN KERJA  
DINAS TENAGA KERJA DAN TRANSMIGRASI  
PROPINSI DKI JAKARTA**

Jl. Jen. A. Yani No. 69 – 70, Telp./Fax. 021 - 4240284 Jakarta Pusat 10510

Nomor : /LAB/03/07

Formulir : F.2.10-03.a  
Edisi / revisi : 2/0

**LAPORAN HASIL UJI**

**JENIS PENGUJIAN : KUALITAS UDARA ( KADAR DEBU )**

No	Lokasi	Parameter	Satuan	Hasil Pengujian	Metode	Keterangan
1	Kantor I	Debu	mg/m <sup>3</sup>	0,09375	Gravimetri	
2	Kantor II	Debu	mg/m <sup>3</sup>	0,08333	Gravimetri	
3	Simpang Juanda	Debu	mg/m <sup>3</sup>	0,62499	Gravimetri	
4	Terminal Depok	Debu	mg/m <sup>3</sup>	0,76042	Gravimetri	
5	Detos	Debu	mg/m <sup>3</sup>	1,11458	Gravimetri	

- Hasil pengujian berlaku untuk sampel yang diambil pada waktu/tanggal tersebut di atas

Jakarta, 21 April 2008





PEMERINTAH PROVINSI DAERAH KHUSUS IBUKOTA JAKARTA  
DINAS KESEHATAN  
LABORATORIUM KESEHATAN DAERAH PROVINSI DKI JAKARTA  
LABORATORIUM PEMERIKSAAN DOPING &  
KESEHATAN MASYARAKAT  
(Doping Control & Public Health Laboratory)

Laboratorium  
Pemeriksaan Doping  
(Supervised by :  
Australian Sports Drug  
Testing Laboratory,  
Sydney)

Nomor : 1135/1.770  
Lampiran : 1 (satu) berkas  
Perihal : Hasil Analisis Sampel Penelitian

07 Mei 2008

Kepada

Yth. Ibu. Endang Susmiati  
FKM-UI

Laboratorium  
Kesehatan Masyarakat

- NAPZA
- Mutu Obat,
- Makanan Air
- Toksikologi
- Pestisida
- Mikrobiologi
- Serologi
- Immunologi

Bersama ini kami sampaikan hasil analisis dengan No. Lab. 52.02.04/0039 sebanyak 5 (lima) sampel dengan HPLC yang telah kami terima tanggal 22 April 2008. Apabila diperlukan informasi lebih lengkap mengenai hasil analisis dapat menghubungi kami.

Demikian dapat disampaikan, atas perhatian dan kerjasamanya kami ucapkan terima kasih.

KEPALA LABORATORIUM KESEHATAN DAERAH  
PROVINSI DKI JAKARTA

  
Drs. EATHYA, Apt  
NIP. 140 169 234



PEMERINTAH PROVINSI DAERAH KHUSUS IBUKOTA JAKARTA  
DINAS KESEHATAN  
LABORATORIUM KESEHATAN DAERAH PROVINSI DKI JAKARTA  
LABORATORIUM PEMERIKSAAN DOPING &  
KESEHATAN MASYARAKAT  
(Doping Control & Public Health Laboratory)

Laboratorium  
Pemeriksaan Doping  
(Supervised by :  
Australian Sports Drug  
Testing Laboratory,  
Sydney)

Laboratorium  
Kesehatan Masyarakat

- NAPZA
- Mutu Obat,
- Makanan Alir
- Toksikologi
- Pestisida
- Mikrobiologi
- Serologi
- Immunologi

### HASIL PEMERIKSAAN PENELITIAN

#### PENGAMBILAN SAMPEL

Tanggal : 22 April 2008  
Oleh : Ibu. Endang Susmiati  
Jenis Sampel : Debu

#### PENERIMAAN DI LABORATORIUM

Tanggal : 22 April 2008  
No. Lab. : 52.02.04 / 0039

#### DIKIRIM OLEH

Nama / Instansi : Ibu. Endang Susmiati  
Alamat : FKM-UI  
Pengambilan sampel di luar / atas \*) tanggung jawab LABKESDA

### HASIL LABORATORIUM

No	Nama Sampel	Kadar Benzo@pyrene (ng/ml)	Metode
1	Simpang Juanda	0,44	HPLC
2	Detos	0,32	HPLC
3	Kantor II	0,05	HPLC
4	Terminal Depok	0,40	HPLC
5	Kantor I	0,05	HPLC

Keterangan :  
HPLC : High Performance Liquid Chromatography

Jakarta, 07 Mei 2008

BAGIAN R & D

Dra. ERNAWATI, MSI

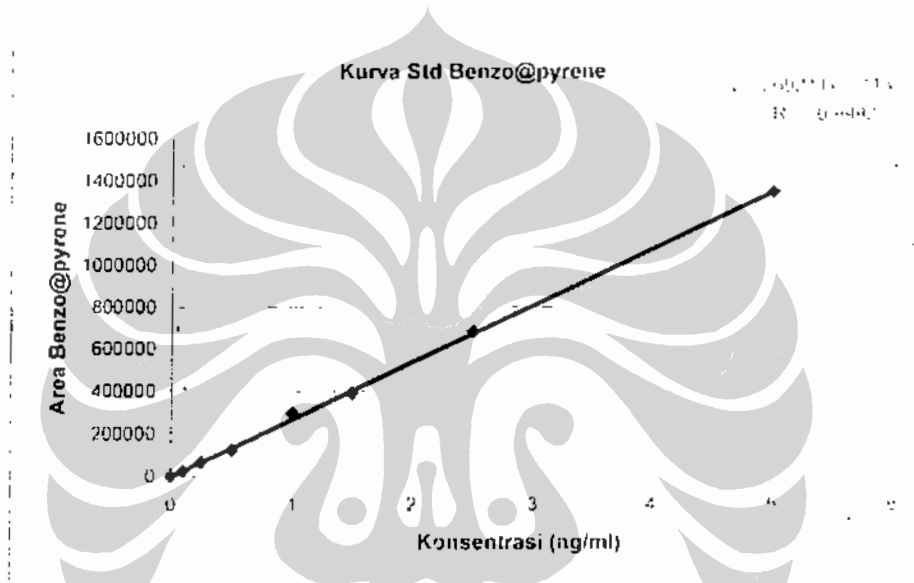
Laporan ini dilarang diperbanyak tanpa persetujuan tertulis dari Labkesda  
This report shall not be reproduced without the written approve from Labkesda

Halaman 2 dari 2

Jl. Rawasari Selatan No. 2 Jakarta 10510  
Telp. : (62-21) 4247408, 4247404, 4247432, 4247387  
Fax. : (62-21) 4247364, E-mail : ipdj3008@rad.net.id

## Kurva Standar Benzo@pyrene

Konsentrasi (ng/ml)	Area <u>Benzo@pyrene</u>	Kadar Penhitungan (ng/ml)
0	0	0
0.1	24330	0.09
0.25	68850	0.25
0.5	123760	0.46
1	297635	1.10
1.5	391130	1.45
2.5	680230	2.52
5	1344100	4.99



## Perhitungan Sampel Benzo@pyrene dalam Debu

Sampel	Area <u>Benzo@pyrene</u>	Kadar Penhitungan (ng/ml)
Sampel 1 (Simpang Juanda)	120890	0.44
Sampel 2 (Detos)	87945	0.32
Sampel 3 (Kantor2 II)	15820	0.05
Sampel 4 (Terminal Depok)	107649	0.40
Sampel 5 (Kantor I)	13760	0.05

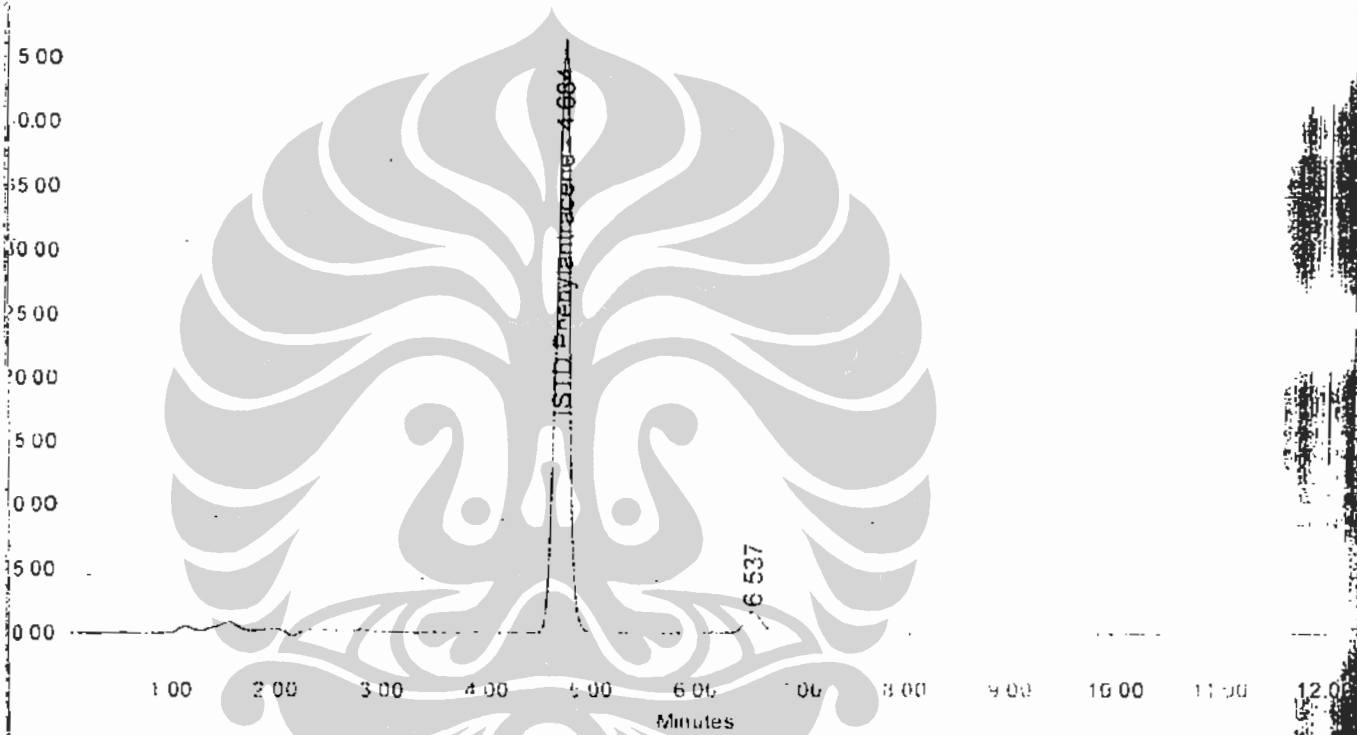
Reported by User System

Project Name Benzo@pyrene

SAMPLE INFORMATION

Sample Name Blanko  
 Sample Type Standard  
 Sample ID 8  
 Injection # 1  
 Injection Volume 30.00 ul  
 Run Time 12.0 Minutes  
 Sample Set Name Sampel Debu

Acquired By System  
 Date Acquired 5/6/2008 4:57:46 PM  
 Acq. Method Set Benzo@pyrene.Metsel 980505  
 Date Processed 5/7/2008 9:21:16 AM  
 Processing Method benzo@pyrene  
 Channel Name 474 Ch1  
 Proc. Chnl Descr Benzo@pyrene



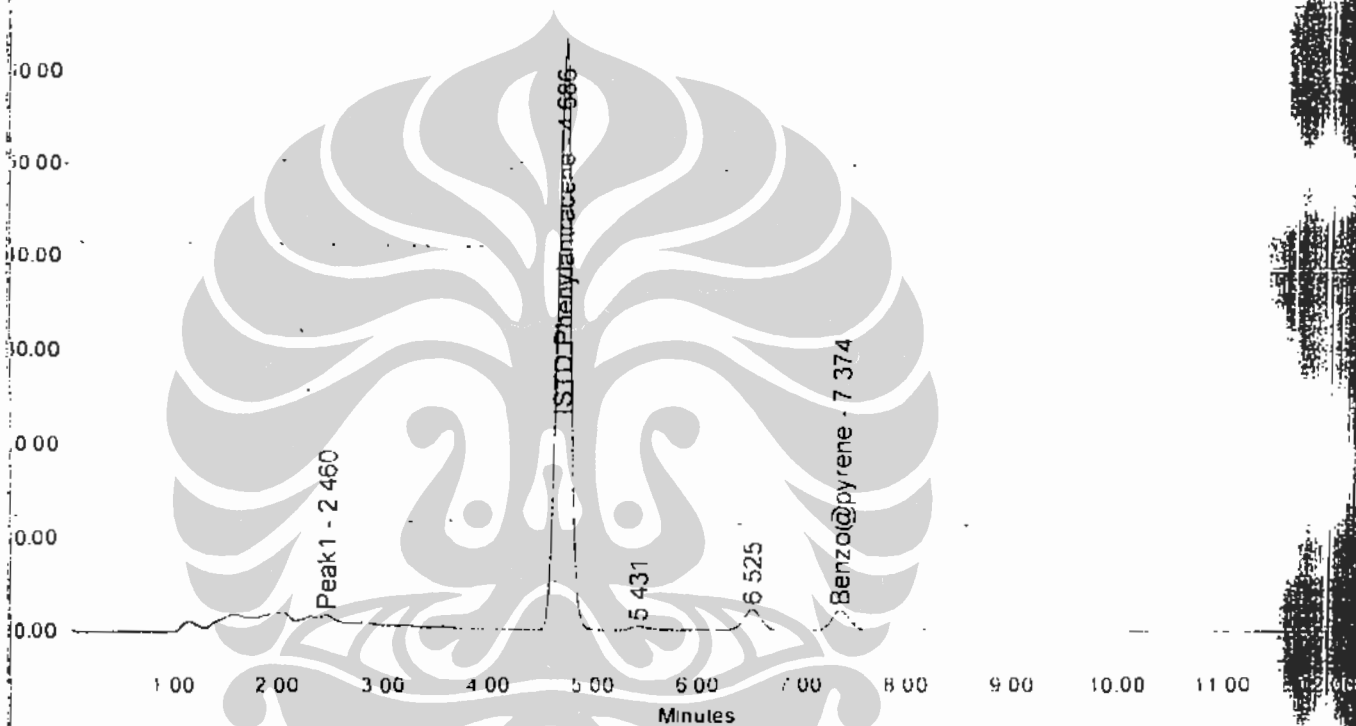
	Peak Name	RT	Area	% Area	Height
1	Peak1	2.461			
2	ISTD Phenylanthracene	4.654	402590	96.72	463.8
3		6.537	17805	4.24	1664
4	Benzo@pyrene	7.390			

Printed by User System

Project Name Benzo@pyrene

**SAMPLE INFORMATION**

Sample Name	Std Mix Benzo@pyrene 0.1 ppb	Acquired By	System
Sample Type	Standard	Date Acquired	5/6/2008 3:13:32 PM
Injection #	1	Acq. Method Set	Benz@pyrene2_MetSet_080505
Injection Volume	30.00 µl	Date Processed	5/7/2008 9:27:10 AM
Injection Time	12.0 Minutes	Processing Method	benzo@
Sample Set Name	Sample Debu	Channel Name	474 Ch1
		Proc. Chnl. Descr.	Benzo@pyrene



	Peak Name	RT	Area	% Area	Height
1	Peak1	2.460	3055	0.50	500
2	ISTD Phenylanthracene	4.666	545890	89.78	63397
3		5.431	8240	1.36	492
4		6.525	26620	4.38	2285
5	Benzo@pyrene	7.374	24330	4.00	2107

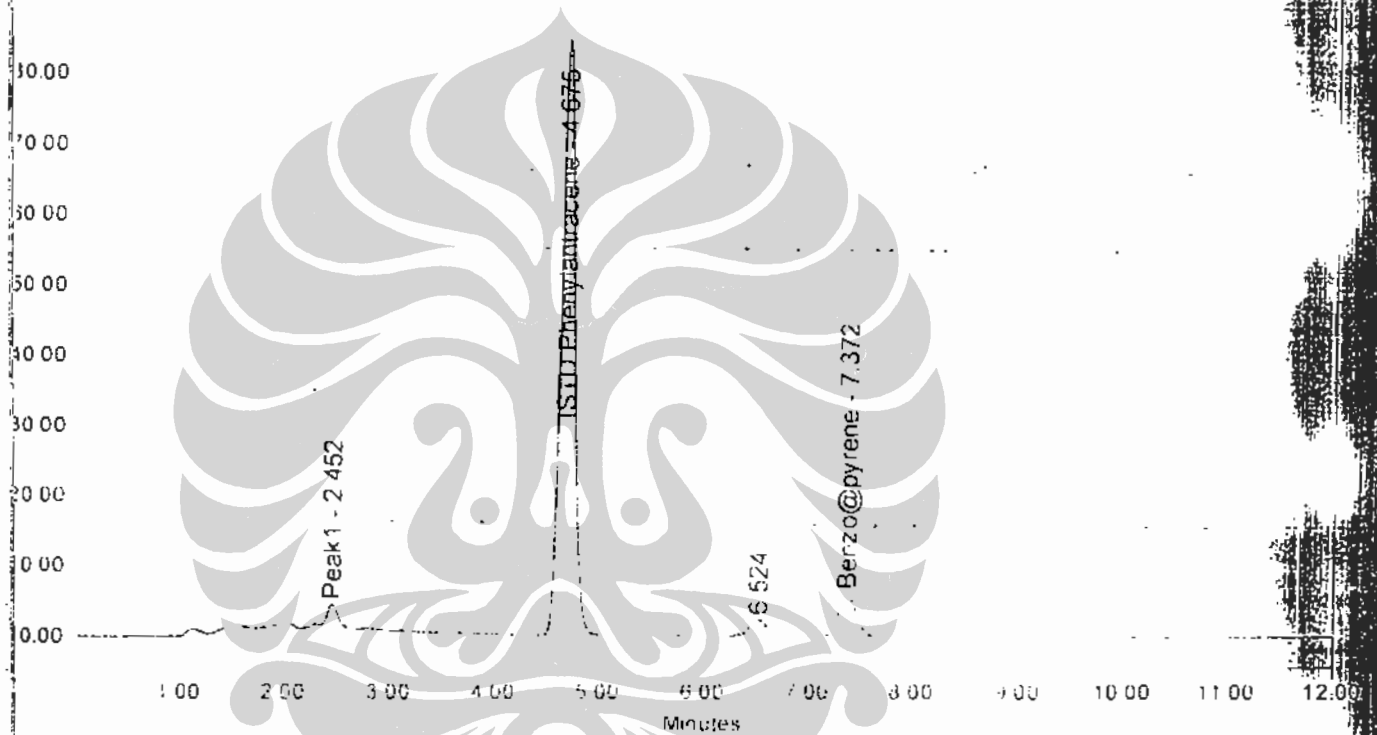
Printed by User System

Project Name Benzo@pyrene

SAMPLE INFORMATION

Sample Name Std Mix Benzo@pyrene 0.25 ppm  
 Sample Type Standard  
 Serial 2  
 Injection # 1  
 Injection Volume 30.00 ul  
 Run Time 12.0 Minutes  
 Sample Set Name Sampel Debu

Acquired By System  
 Date Acquired 5/7/2008 9:29:15 PM  
 Acq. Method Set Benzo@pyrene.Metsel 100905  
 Date Processed 5/7/2008 9:29:15 AM  
 Processing Method Auto  
 Channel Name 474 CH1  
 Proc. Chnl Descr Benzo@pyrene

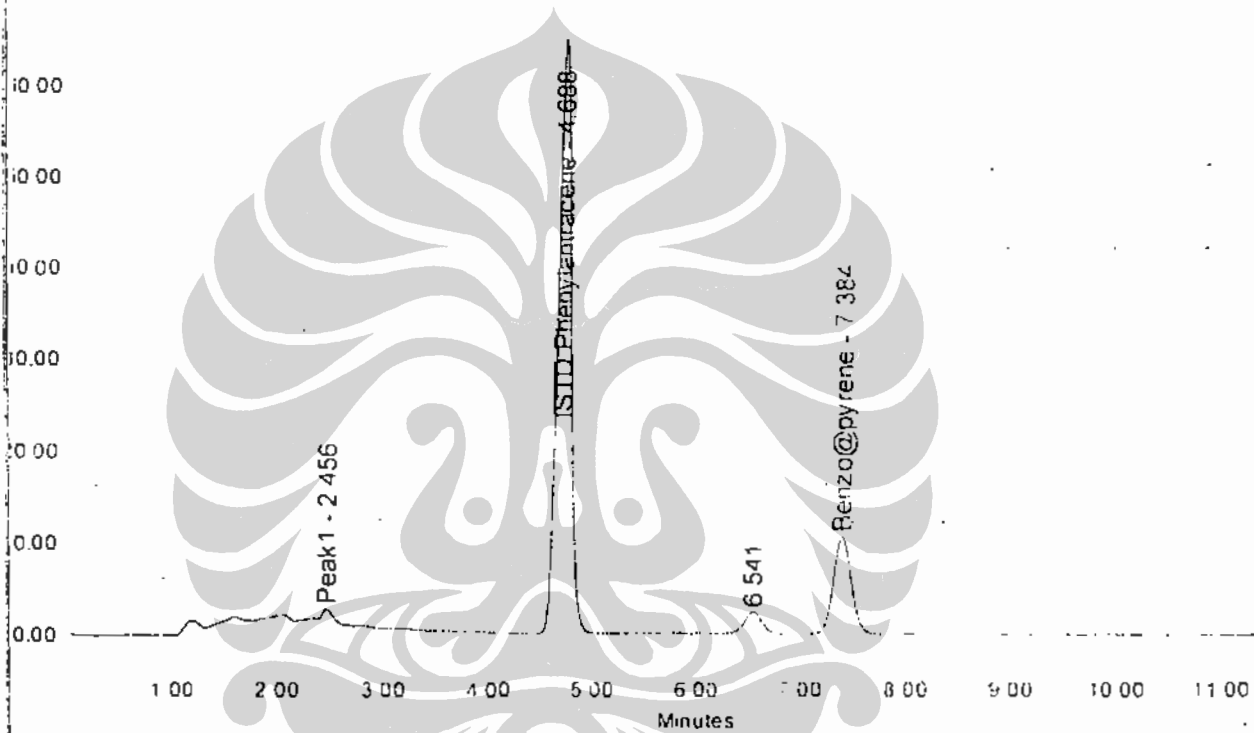


	Peak Name	RT	Area	% Area	Height
1	Peak1	2.452	19770	2.33	3063
2	ISTD Phenylanthracene	4.675	32110	36.45	64907
3		6.524	25990	3.07	2312
4	Benzo@pyrene	7.372	68850	8.13	5953



**SAMPLE INFORMATION**

Sample Name	Std Mix Benzo@pyren 0.5 ppb	Acquired By	System
Sample Type	Standard	Date Acquired	5/7/2008 3:51:45 PM
Injection #	3	Acq. Method Set	Benzo@pyren? Metset 080505
Injection Volume	30.00 ul	Date Processed	5/7/2008 9:27:10 AM
Injection Time	12.0 Minutes	Processing Method	benzo@
Sample Set Name	Sampel Debu	Channel Name	474 CH1
		Proc. Chnl. Descr.	Benzo@pyrene



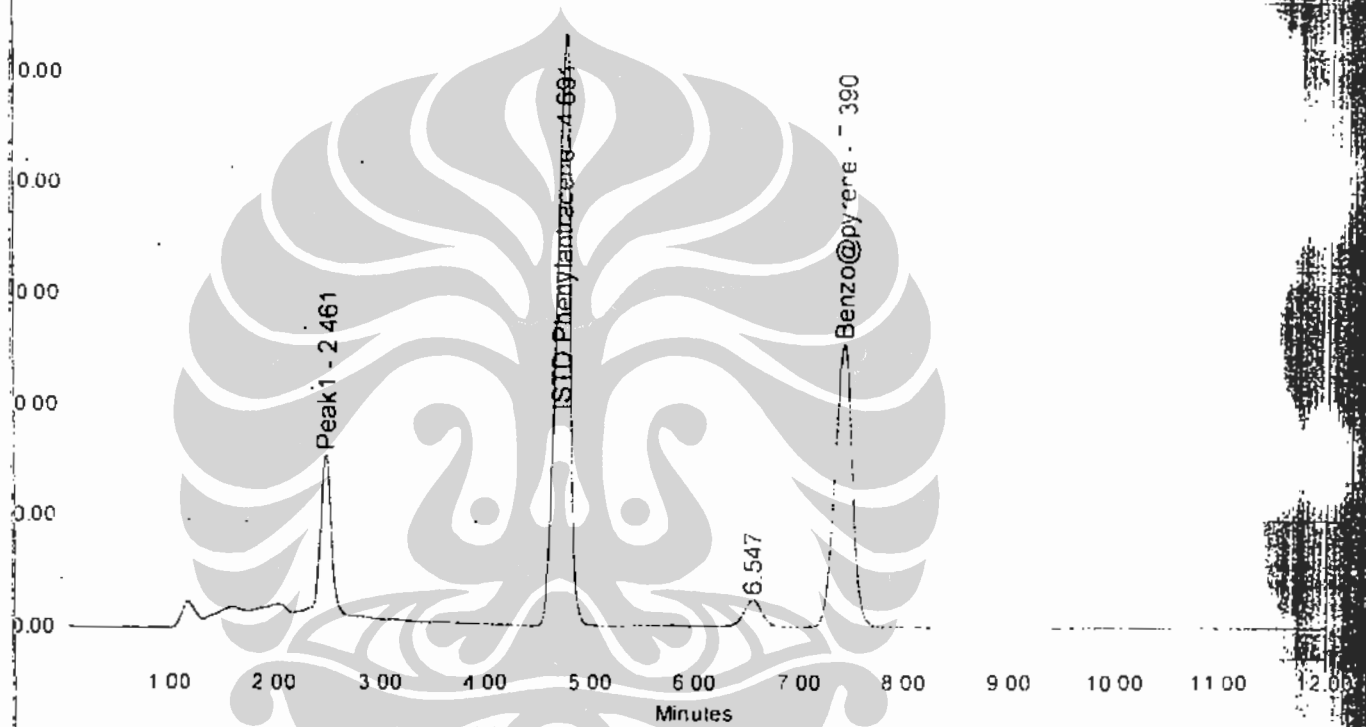
Peak #	Peak Name	RT	Area	% Area	Height
1	Peak1	2.456	8160	1.13	1297
2	ISTD Phenylanthracene	4.688	563195	77.99	85070
3		6.541	26980	3.74	2381
4	Benzo@pyrene	7.384	123760	17.14	10629

Printed by User System

Project Name Benzo@pyren

**SAMPLE INFORMATION**

Sample Name	Std Mix Benzo@pyren 1 ppb Pic	Acquired By	System
Sample Type	Standard	Date Acquired	5/6/2008 4:04:53 PM
Injection #	4	Acq. Method Set	Benz @pyren2_Metser 080505
Injection Volume	30.00 ul	Date Processed	5/7/2008 9:25:19 AM
Injection Time	12.0 Minutes	Processing Method	benzo@
Sample Set Name	Sampel Debu	Channel Name	474 Ch1
		Proc Chnl Descr	Benzo@pyrene



	Peak Name	RT	Area	% Area	Height
1	Peak1	2.461	97790	10.99	14245
2	ISTD Phenylanthracene	4.694	48900	5.55	6384
3		6.547	26960	3.03	2369
4	Benzo@pyrene	7.390	297635	33.44	25529

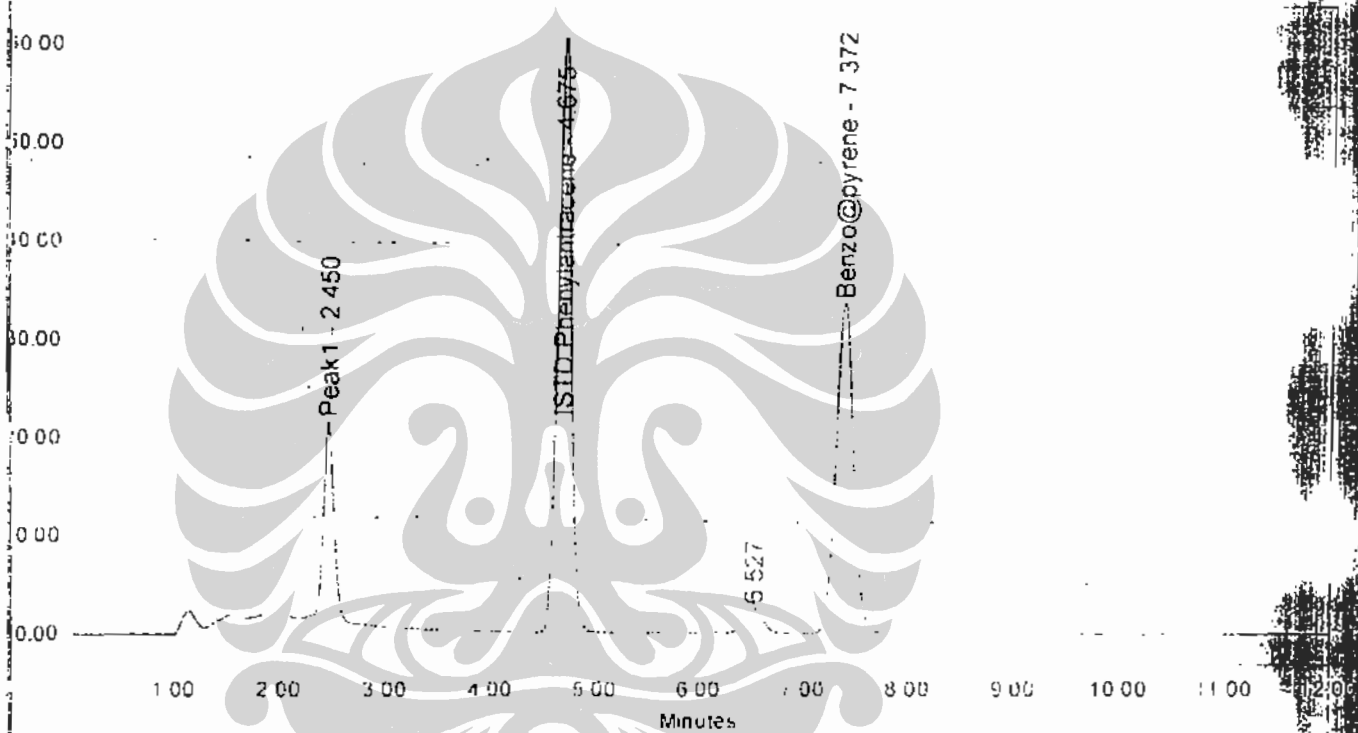
Printed by User System

Project Name: Benzo@pyrene

SAMPLE INFORMATION

Sample Name Std Mix Benzo@pyrene 15 ppb  
 Sample Type Standard  
 Serial 5  
 Injection # 1  
 Injection Volume 30.00 µl  
 Run Time 12.0 Minutes  
 Sample Set Name Sampel Debu

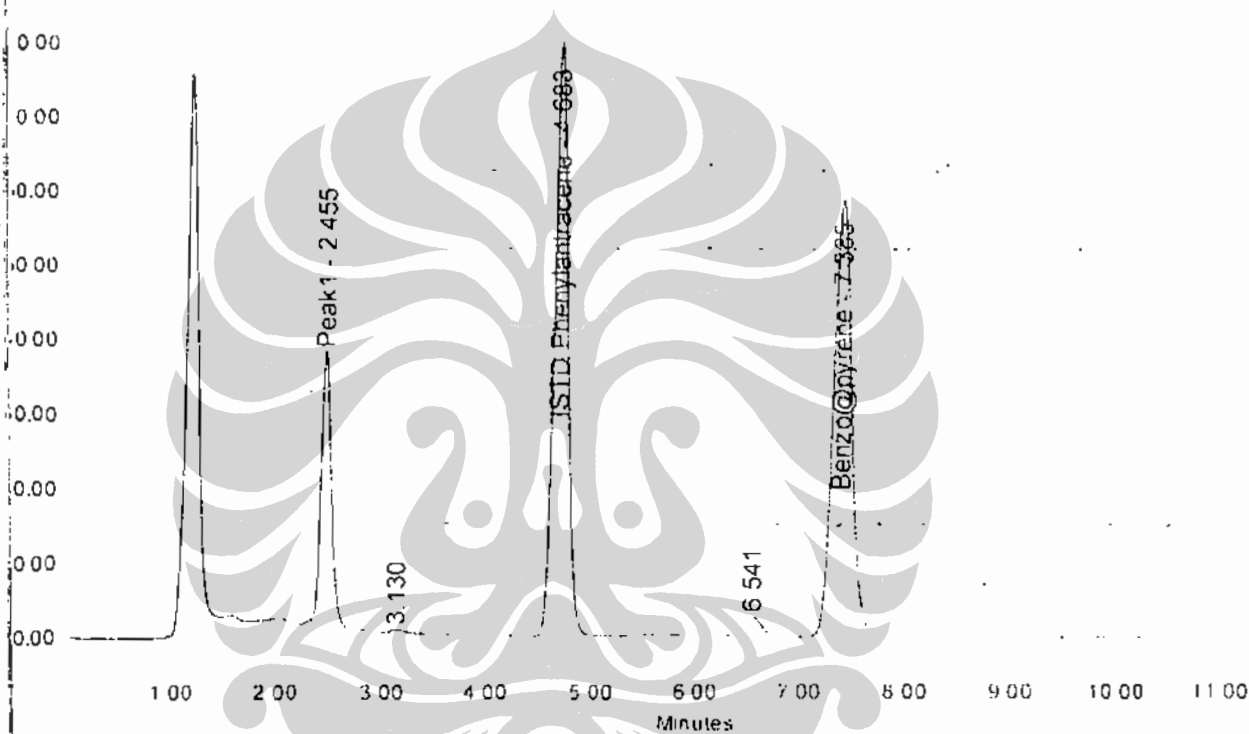
Acquired By System  
 Date Acquired 5/7/2008 1:13:03 PM  
 Inj. Method MetSet  
 Date Processed 5/7/2008 10:10 AM  
 Processing Method benlog  
 Channel Name 474 CH1  
 Proc Chnl Descr Benzo@pyrene



Peak Name	RT	Area	% Area	Height
1 Peak1	2.450	137350	12.65	20174
2 ISTD Pherylantracene	4.675	529285	48.75	60870
3	6.527	28040	2.58	2408
4 Benzo@pyrene	7.372	391130	36.02	33613

SAMPLE INFORMATION

Sample Name	Std Mix Benzo@pyren 2.5 ppb	Acquired By	System
Sample Type	Standard	Date Acquired	5/6/2008 4:31:28 PM
Injection #	6	Acq Method Set	Benz@pyren2_Metset_080505
Injection #	1	Date Processed	5/7/2008 9:27:10 AM
Injection Volume	30.00 ul	Processing Method	benzo@
Run Time	12.0 Minutes	Channel Name	474 Ch1
Sample Set Name	Sampel Debu	Proc Chnl Descr	Benzo@pyrene



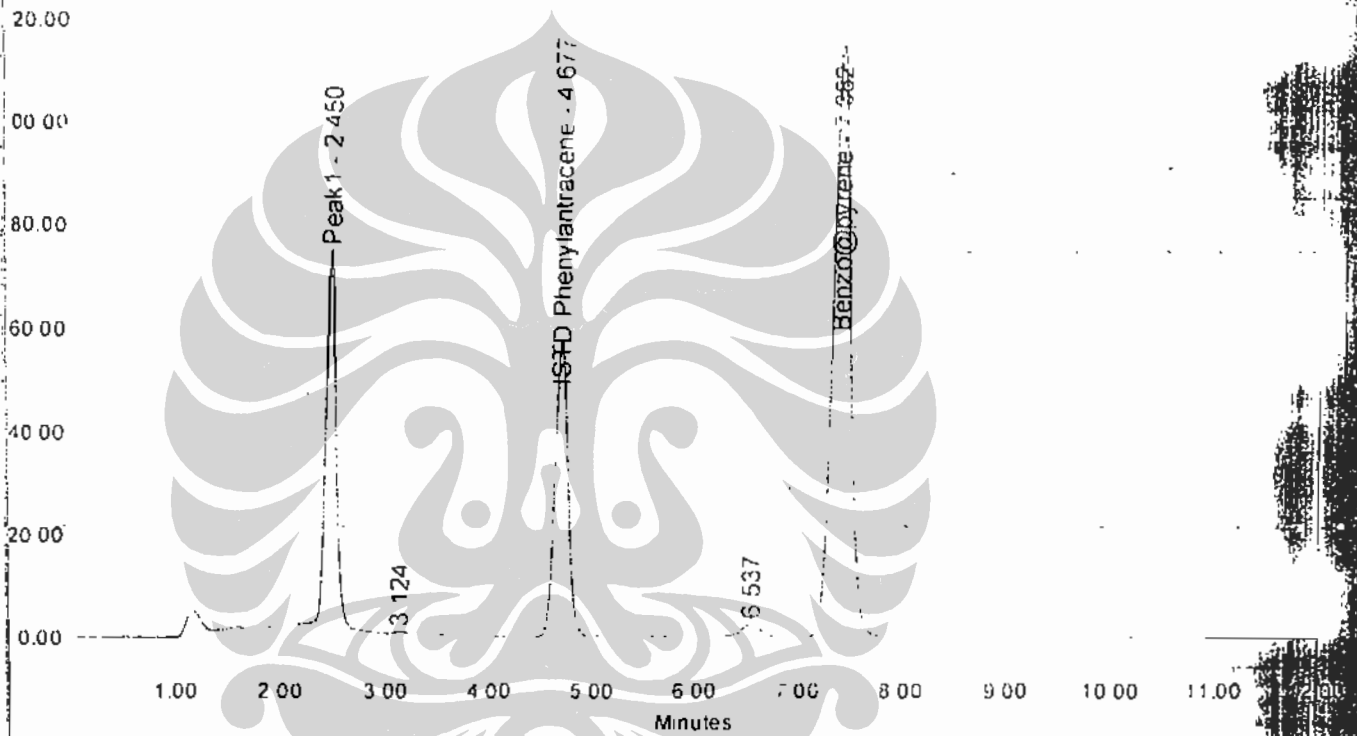
Peak #	Peak Name	RT	Area	% Area	Height
1	Peak1	2.455	250060	15.06	37011
2		3.130	3520	2.21	412
3	ISTD Phenylanthracene	4.683	693320	41.76	79797
4		6.541	33055	1.99	2654
5	Benzo@pyrene	7.385	680230	40.97	58515

Printed by User System

Project Name: Benzo@pyrene

SAMPLE INFORMATION

Sample Name	Std Mix Benzo@pyrene 5 ppb Pic	Acquired By	System
Sample Type	Standard	Date Acquired	5/6/2008 4:44:39 PM
Sample	7	Acq. Method Set	Benzo@pyrene.Metsel 380000
Injection #	1	Date Processed	5/7/2008 9:10 AM
Injection Volume	30.00 ul	Processing Method	benzo@p
Run Time	12.0 Minutes	Channel Name	474 Ch1
Sample Set Name	Sampel Debu	Proc. Chnl. Descr	Benzo@pyrene



Peak Name	RT	Area	% Area	Height
1 Peak1	2.450	489720	20.66	72469
2	3.124	3090	0.13	430
3 ISTD Phenylanthracene	4.677	500290	21.10	51350
4	6.537	33430	1.41	2625
5 Benzo@pyrene	7.382	1344100	56.70	115309

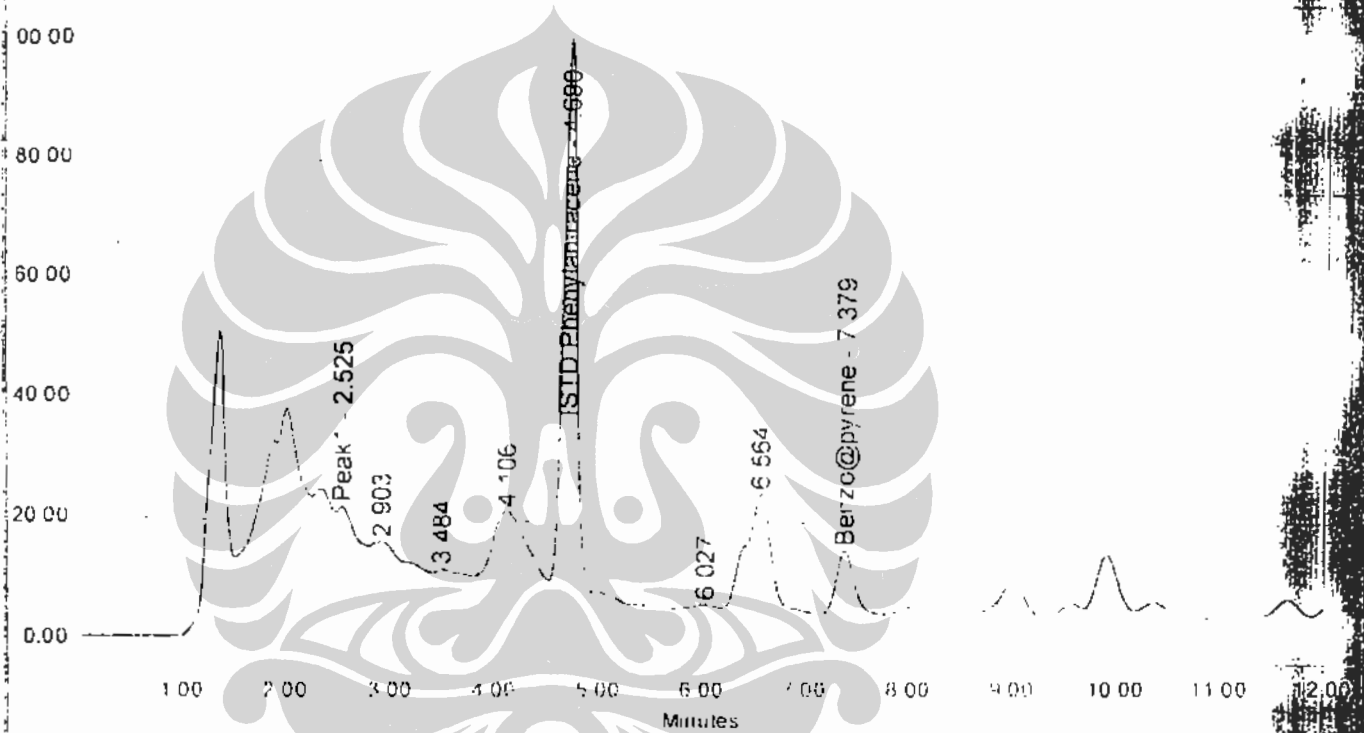
Printed by User System

Project Name: ...

**SAMPLE INFORMATION**

Sample Name Sampel 1 (Simpang Juanda)  
 Sample Type Unknown  
 Sample ID 9  
 Injection # 1  
 Injection Volume 30.00 ul  
 Run Time 12.0 Minutes  
 Sample Set Name Sampel Debu

Acquired By System  
 Date Acquired 5/7/2008 9:10:55 PM  
 Acq. Method Set Benzo@pyrene7\_Metset\_000500  
 Date Processed 5/7/2008 9:11:10 AM  
 Processing Method benzo@  
 Channel Name 474 Ch1  
 Proc. Chnl Descr Benzo@pyrene

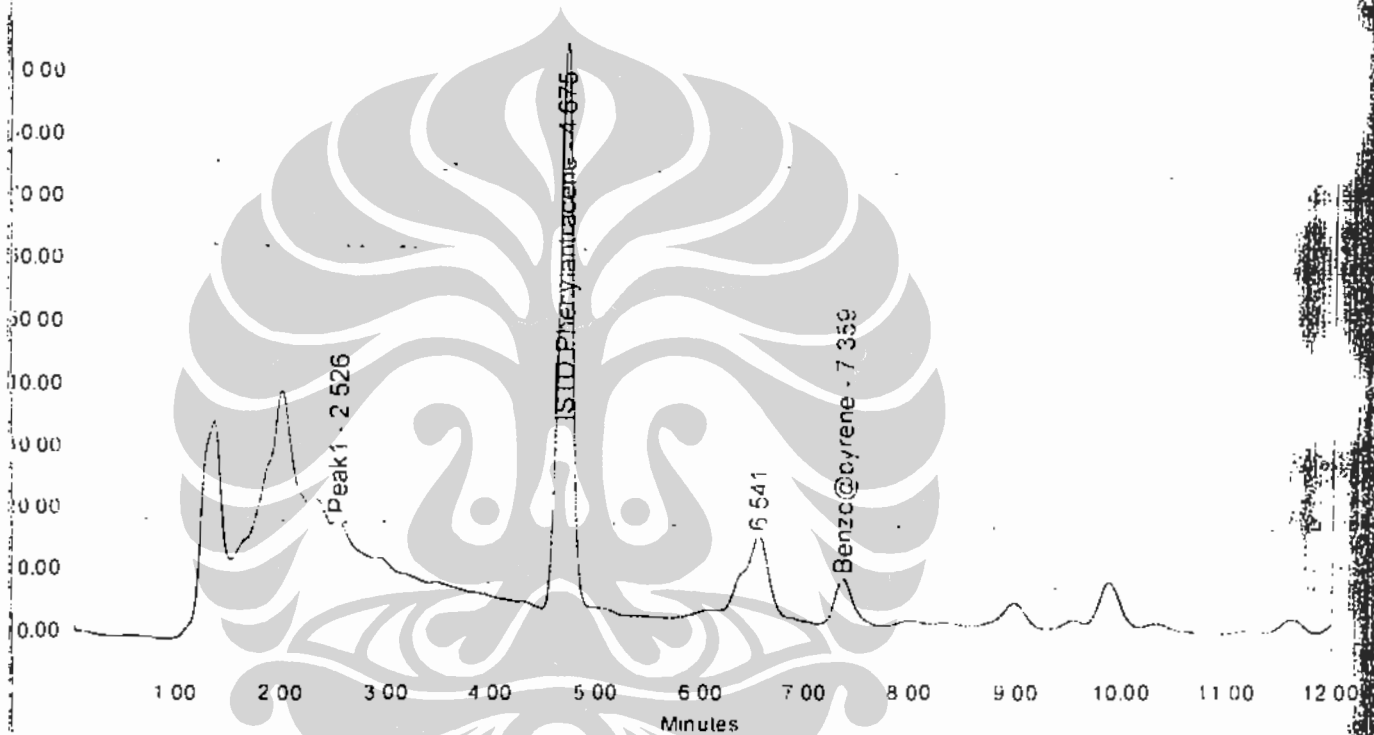


Peak	Peak Name	RT	Area	% Area	Height	Units
1	Peak1	2.525	16510	1.03	2312	
2		2.903	18350	1.14	1704	
3		3.484	5173	0.32	768	
4		4.106	283917	17.64	11980	
5	ISTD Phenylanthracene	4.690	834960	51.88	93042	ppb
6		6.027	6334	0.39	580	
7		6.564	323361	20.09	19179	
8	Benzo@pyrene	7.379	120890	7.51	10317	ppb

**SAMPLE INFORMATION**

Sample Name Sampel 2 (Detos)  
 Sample Type Unknown  
 Volume 10  
 Injection # 1  
 Injection Volume 30.00 ul  
 Run Time 12.0 Minutes  
 Sample Set Name Sampel Debu

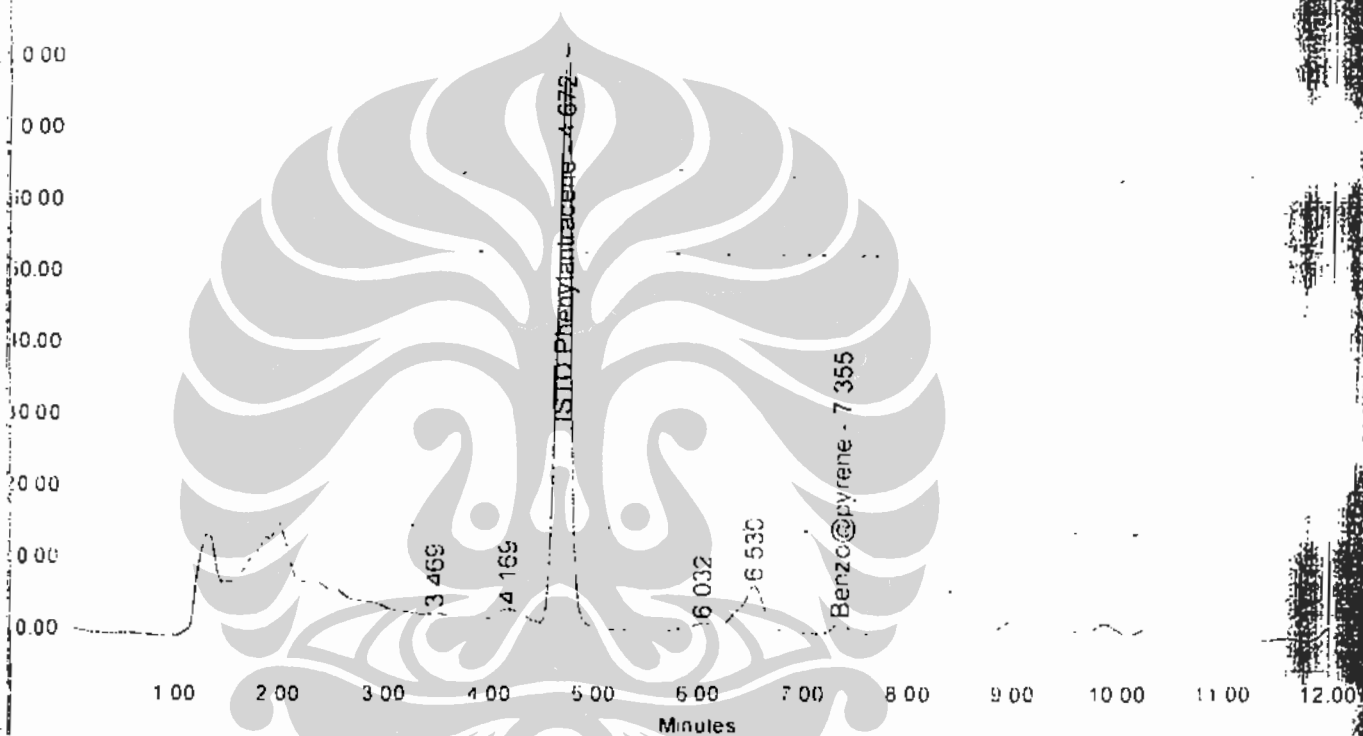
Acquired By System  
 Date Acquired 5/6/2008 5:24:06 PM  
 Acq Method Set Benz@pyrene2\_Metset\_080505  
 Date Processed 5/7/2008 9:27:10 AM  
 Processing Method benzo@  
 Channel Name 4/4 Ch1  
 Proc Chnl Descr Benzo@pyrene



Peak	Peak Name	RT	Area	% Area	Height	Units
1	Peak1	2.526	12770	1.10	1905	
2	ISTD Phenylanthracene	4.675	786920	68.19	91508	ppt
3		6.541	267290	23.10	13699	
4	Benzo@pyrene	7.359	87945	7.60	7224	ppb

SAMPLE INFORMATION

Sample Name	Sampel 3 (Kantor 2 II)	Acquired By	System
Sample Type	Unknown	Date Acquired	5/6/2008 9:37:15 PM
Injection #	11	Acq. Method Set	Benzo@pyrene.Metsel 080000
Injection #	1	Date Processed	5/7/2008 9:11:10 AM
Injection Volume	30.00 ul	Processing Method	benzo@
Run Time	12.0 Minutes	Channel Name	474 Ch1
Sample Set Name	Sampel Debu	Proc. Chnl Descr	Benzo@pyrene



	Peak Name	RT	Area	% Area	Height	Units
1	Peak1	2.461				
2		3.469	2500	0.29	353	
3		4.169	28148	3.25	1599	
4	ISTD Phenylanthracene	4.672	706142	81.66	81284	ppb
5		6.032	12924	1.49	872	
6		6.530	99246	11.48	6240	
7	Benzo@pyrene	7.355	15820	1.83	1416	ppb

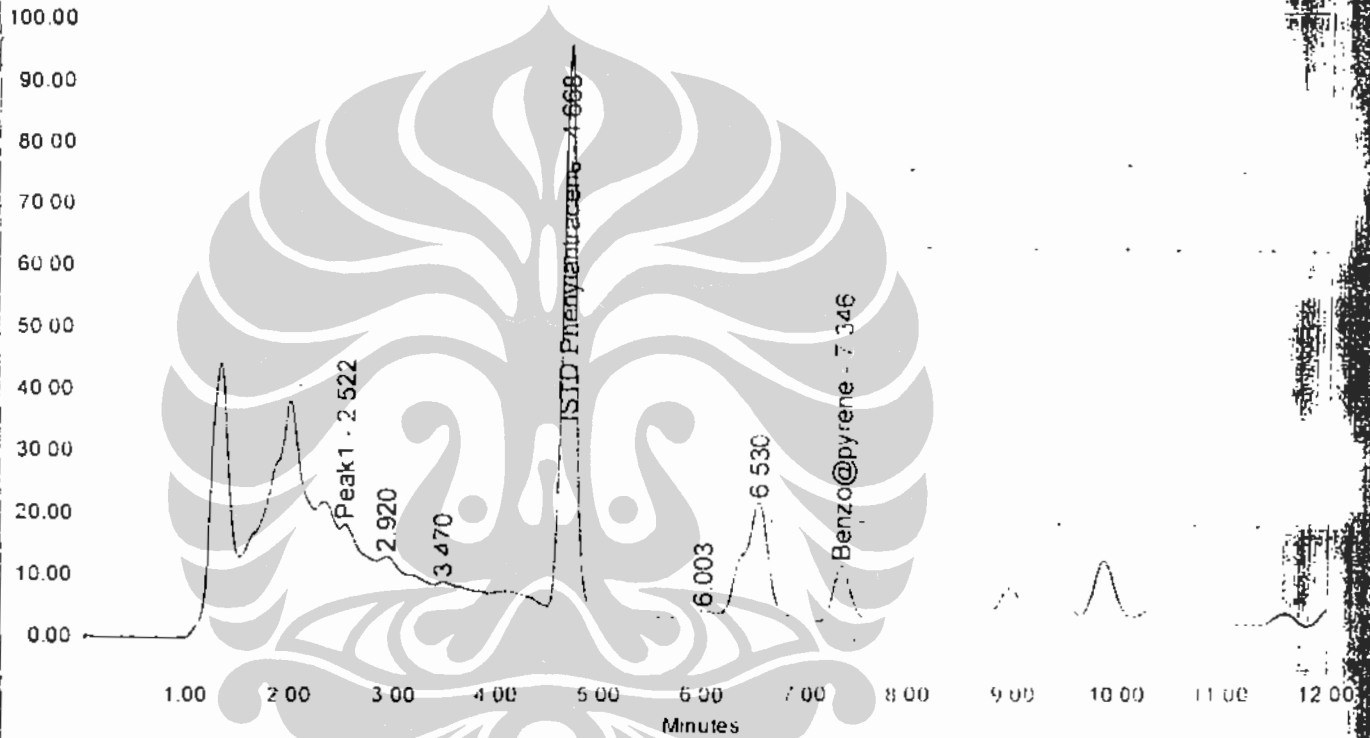


orted by User System

Project Name Benzo@pyren

SAMPLE INFORMATION

Sample Name	Sampel 4 (Terminal Depok)	Acquired By	System
Sample Type	Unknown	Date Acquired	5/6/2008 5:50:23 PM
Sample ID	12	Acq Method Set	Benzo@pyren2_MetSet 080505
Injection #	1	Date Processed	5/7/2008 9:10 AM
Injection Volume	30.00 ul	Processing Method	benzo@
Run Time	12.0 Minutes	Channel Name	474 Ch1
Sample Set Name	Sampel Debu	Proc Chnl Descr	Benzo@pyrene



	Peak Name	RT	Area	% Area	Height	Units
1	Peak1	2.522	12530	0.99	1792	
2		2.920	12470	0.98	1471	
3		3.470	8440	0.66	660	
4	ISTD Phenylanthracene	4.668	778890	61.29	90665	ppb
5		6.003	19579	1.54	1211	
6		6.530	331167	26.06	18912	
7	Benzo@pyrene	7.346	107649	8.47	9062	ppb

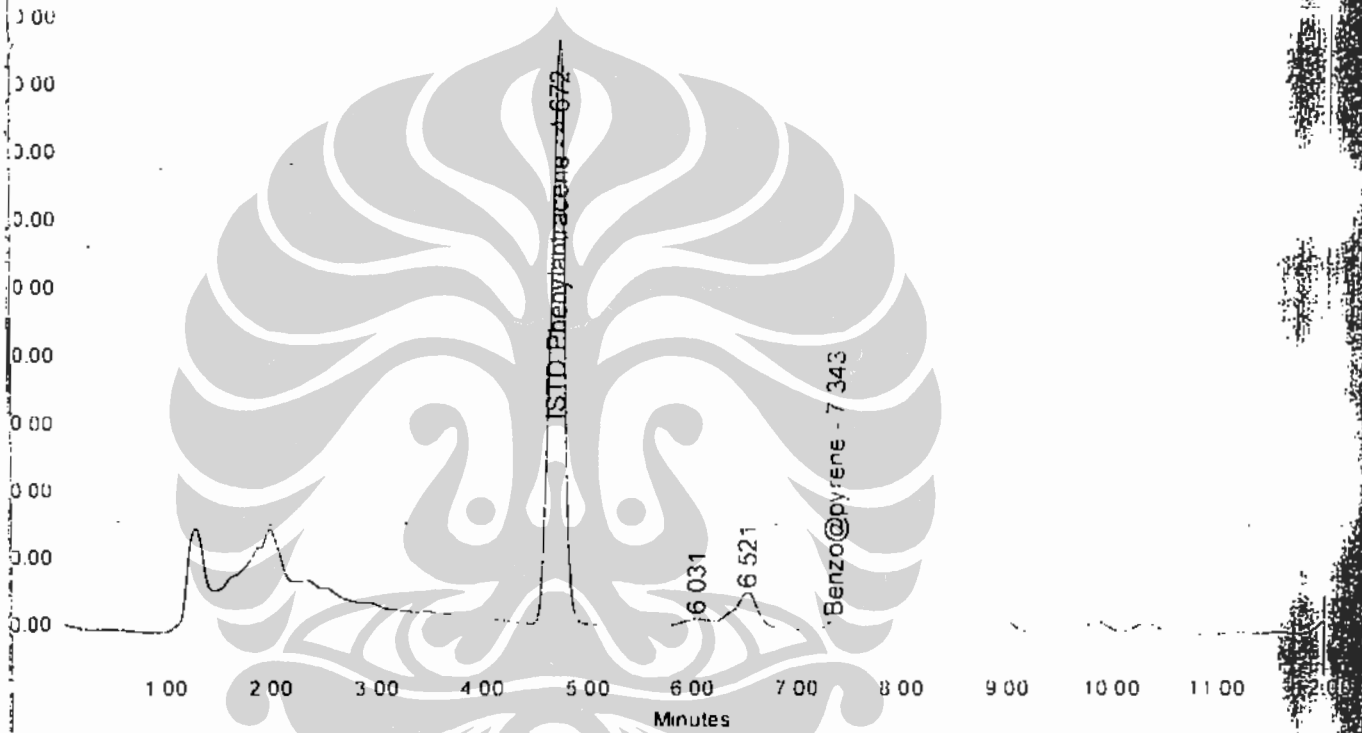
Method by User System

Project Name Benzo@pyrene

**SAMPLE INFORMATION**

Sample Name Sampel 5 (Kantor I)  
 Sample Type Unknown  
 Injection # 13  
 Injection Volume 30.00 ul  
 Run Time 12.0 Minutes  
 Sample Set Name Sampel Debu

Acquired By System  
 Date Acquired 5/6/2008 6:03:34 PM  
 Acq. Method Set Benz@pyrene2\_Metset\_080505  
 Date Processed 5/7/2008 9:27:10 AM  
 Processing Method benzo@  
 Channel Name 474 Ch1  
 Proc. Chnl. Descr Benzo@pyrene



Peak #	Peak Name	RT	Area	% Area	Height	Units
1	Peak1	2.461				
2	ISTD Phenylanthracene	4.672	753650	88.59	36823	ppb
3		6.031	20639	2.37	1165	
4		6.521	82341	9.46	5217	
5	Benzo@pyrene	7.343	13760	1.58	1240	ppb

