

## ANALISIS RISIKO KESEHATAN PAJANAN *BENZENE* PADA PEKERJA DI BAGIAN LABORATORIUM INDUSTRI PENGOLAHAN MINYAK BUMI

**Dewi Kartikasari, Nurjazuli, Mursid Rahardjo**

Bagian Kesehatan Lingkungan, Fakultas Kesehatan Masyarakat  
Universitas Diponegoro  
Email: dekartikas17@gmail.com

**Absrtact** :*Benzene (C<sub>6</sub>H<sub>6</sub>) is a compound produced from petroleum distillation process. Workers in the laboratories of petroleum revinery unit industry are individuals at risk due to exposure to benzene. The purpose of this research is to estimate the health risks of benzene exposures mainly via inhalation in continuous time. This research did at laboratory of PT. Pertamina RU IV Cilacap. This research was descriptive research with environmental health risks analysis method. Total sample were 51 respondents. Benzene concentration measurements was at 8 points in laboratory. The anthropometric characteristics include weight gain, long exposure, exposure frequency, and duration of exposure. The measures include the analysis of hazard identification, dose-response analysis, exposure analysis, risk characteristics, and risk management. The results of the average concentration of benzene from 8 point was 0,287 mg/m<sup>3</sup>. The average yield intake of all workers on non-carcinogenic effects was 0.0027 mg/kg/day. The average of workers intakes of carcinogenic effect was 0.0039 mg/kg/day. A total of 19 respondents (37.35) had risk of non-carcinogenic effects (because  $RQ > 1$ ) in realtime exposure and 100% were risk on lifetime exposure. At the carcinogenic effects 20 respondents (39.2%) had a risk of carcinogenic effect (because  $ECR > 10^{-4}$ ) in realtime exposure and 100% were risk on lifetime exposure. Levels of benzene in the air environment of the lab in 2016 may lead to non- cancer health risks and cancer . It is necessary to risk management by reducing the concentration of benzene , reducing the length of exposure , reducing the frequency of exposure , or reducing the duration of exposure.*

Keywords: *benzene, laboratory, risk, non-cancer, cancer*  
Bibliography: 51 (1975-2015)

### PENDAHULUAN

Salah satu industri yang berkembang pesat saat ini adalah industri minyak dan gas bumi (Migas). Salah satu bahan kimia yang berbahaya yang terkandung dalam produk yang dihasilkan industri migas adalah kandungan *benzene*. Menurut *Agency for Toxic Substances and Disease Register (ATSDR)*, bahan kimia berbahaya dan beracun yang terdapat di dalam

kandungan minyak yaitu benzena, toluene, xylene, ethylene, TPH (*Total Petroleum Hydrocarbon*), dan *Polycyclic Aromatic Hydrocarbon (PAHs)*. Dari keenam bahan kimia tersebut pajanan *benzene* yang berdampak serius bagi kesehatan.<sup>1</sup>

Benzena merupakan senyawa hidrokarbon aromatik rantai tertutup tidak jenuh. Mempunyai nama lain *benzol, cyclohexatrane, phenyl hydride, atau coal naphta*.<sup>2</sup>

Sumber benzena di udara ambien meliputi asap rokok, pembakaran dan penguapan bensin yang mengandung benzena (lebih dari 5%), industri petrokimia, serta proses pembakaran.<sup>3</sup> *Benzene* masuk kedalam tubuh terutama dalam bentuk uap melalui inhalasi, dan absorpsi terutama melalui paru paru. Sekitar 40-60% jumlah yang diinhalasi dan selebihnya kontak langsung dengan kulit. Sebesar 90% dari kasus keracunan *benzene* ditempat kerja melalui saluran pernapasan karena selama 8 jam sehari mereka akan menghirup udara sebanyak  $\pm 8 \text{ m}^3$  setiap hari.<sup>4,5</sup> Pada tingkat permulaan, pajanan *benzene* berpengaruh terhadap susunan syaraf yaitu dengan tanda-tanda utama mengantuk, pusing, sakit kepala, vertigo, dan kehilangan kesadaran.<sup>6,1</sup>

PT. Pertamina (Persero) *Refinery Unit* (RU) IV Cilacap merupakan salah satu lokasi unit pengolahan PT. Pertamina (Persero) yang memiliki kapasitas terbesar dan terlengkap fasilitasnya di Indonesia. Kapasitas produksi PT. Pertamina (Persero) RU IV Cilacap sebesar 348.000 barrel/hari. Produk awal atau minyak mentah hingga produk jadi dari seluruh unit kilang di analisis dan dievaluasi mutunya oleh bagian Laboratorium Kilang PT Pertamina RU IV Cilacap.

Berdasarkan hasil monitoring PT. Pertamina RU IV Cilacap yang bekerja sama dengan Laboratorium Hiperkes dan K3 DKI Jakarta pada september 2012 didapatkan kadar *benzene* di area Laboratorium kilang sebesar 0,06 – 0,8467 ppm. Menurut hasil observasi, sebagian besar pekerja yang bekerja di laboratorium tidak menggunakan APD dan melakukan aktivitas makan di dalam Laboratorium.

Sampel uji berupa minyak mentah dan produk jadi baik produk BBM maupun non BBM dapat menguap pada suhu dan tekanan tertentu dari mulai proses pengambilan sampel, penyimpanan sampel, hingga pengujian sampel. Selain itu dalam beberapa jenis pengujian sampel diperlukan proses pembakaran atau pemanasan pada sampel uji, hal ini dapat menyebabkan *benzene* menguap ke udara sehingga memiliki risiko untuk menimbulkan efek yang merugikan bagi kesehatan pekerja. Keberadaan *benzene* di udara area laboratorium yang melebihi dosis aman dapat membahayakan kesehatan pekerja yang bekerja di area tersebut karena sifatnya yang toksik/beracun.

## METODE PENELITIAN

Jenis penelitian yang digunakan pada penelitian ini adalah penelitian deskriptif dengan pendekatan analisis risiko kesehatan lingkungan (desain prediksi- *Risk Analysis paradigma*), yang digunakan untuk menilai dan melakukan prediksi yang akan terjadi akibat adanya pajanan terhadap bahan kimia berbahaya yaitu *benzene* di udara lingkungan kerja. Langkah yang dilakukan dalam metode ini terdiri dari identifikasi bahaya (*hazard identification*), analisis dosis-respon (*dose-response assessment*), analisis pemajanan (*exposure assessment*), dan karakterisasi risiko (*risk characterization*).

Subyek dalam penelitian ini adalah seluruh pekerja di bagian Laboratorium yang bekerja di Laboratorium Utama PT. Pertamina RU IV Cilacap. Dengan jumlah pekerja sebanyak 85 pekerja. Obyek yang digunakan dalam penelitian ini adalah ambien udara yang ada di

area kerja Laboratorium PT. Pertamina RU IV Cilacap. besar sampel yaitu sebanyak 46 pekerja. Sampel obyek yang digunakan pada penelitian ini yaitu udara di area kerja bagian Laboratorium Utama dan Laboratorium *Petrochemical and Gas* PT. Pertamina RU IV Cilacap.

Data primer terdiri dari data hasil pengukuran konsentrasi *benzene* pada sampel udara di lingkungan kerja bagian Laboratorium PT. Pertamina RU IV Cilacap dan data kuesioner. Data sekunder terdiri dari Data dosis referensi inhalasi (RfC) untuk pajanan *benzene* yang diambil dari data yang telah dikeluarkan oleh IRIS (2007) yaitu sebesar 0,03 mg/m<sup>3</sup> (0,009 ppm) atau setelah dikonversi adalah 0,0085 mg/kg/hari. Serta, data dosis referensi *Cancer Slope Factor* untuk inhalasiberdasarkan EPA 0,055 (mg/kg/hari)<sup>-1</sup>.

Analisis bdata terdiri dari analisis univariat, perhitungan nilai *intake*, perhitungan nilai risiko karsinogenik, dan perhitungan nilai risiko non karsinogenik.

## **HASIL DAN PEMBAHASAN** **Identifikasi Bahaya**

Sumber bahaya *benzene* di laboratorium terdapat pada sampel uji. Sampel uji berupa minyak mentah dan produk jadi baik produk BBM maupun non BBM dapat menguap pada suhu dan tekanan tertentu dari mulai proses pengambilan sampel, penyimpanan sampel, hingga pengujian sampel. Selain itu dalam beberapa jenis pengujian sampel diperlukan proses pembakaran atau pemanasan pada sampel uji, hal ini dapat menyebabkan *benzene* menguap ke udara sehingga memiliki risiko untuk menimbulkan efek yang merugikan bagi kesehatan pekerja.

Keberadaan *benzene* di udara area laboratorium yang melebihi dosis aman dapat membahayakan kesehatan pekerja yang bekerja di area tersebut karena sifatnya yang toksik/beracun.

Wawancara dilakukan kepada 51 responden. Berturut-turut hasil wawancara mengenai keluhan penyakit responden adalah pusing sebanyak sebanyak 11 responden (21,6%), sesak napas 13,7%, mudah marah 21,6%, mual 11,8%, dan gangguan tidur 17,6%. Berdasarkan persentase dari data-data tersebut responden paling banyak mengalami keluhan pusing dan mudah marah yaitu 21,6%.

Dampak kesehatan yang diakibatkan oleh pajanan *benzene* disebabkan oleh beberapa hal yaitu besarnya dosis pajanan, lama pajanan, dan ras atau keturunan dari setiap individu. Semakin besar dosis pajanan yang diterima individu maka semakin besar dampak kesehatan yang muncul akibat pajanan bahan berbahaya.<sup>7</sup>

## **Analisis Dosis Respon**

Untuk risiko non karsinogenik digunakan nilai dosis referensi untuk inhalasi (RfC) yang ditetapkan oleh IRIS (*Integrated Risk Information System*) dari US-EPA yaitu sebesar 0,03 mg/ m<sup>3</sup>. Setelah dikonversi adalah sebesar 0,0085 mg/kg/hari. Sedangkan, untuk risiko karsinogenik digunakan nilai *Cancer Slope Factor* (CSF) yaitu sebesar 0,027 (mg/kg/hari)<sup>-1</sup>. Nilai ini merupakan nilai yang telah ditetapkan oleh IRIS, US EPA yang merupakan nilai tetap untuk setiap populasi.

Dalam penelitian ini yang digunakan adalah rute inhalasi sehingga nilai dosis respon untuk efek non karsinogenik yang digunakan adalah nilai RfC

(Reference Concentration). RfC bukan merupakan dosis yang acceptable melainkan hanya referensi saja, jika dosis yang diterima manusia melebihi RfC, maka probabilitas untuk mendapatkan risiko juga lebih besar.<sup>8</sup>

### Analisis Pemajanan

**Tabel 1 Hasil Pengujian Kualitas Udara (Benzene) di Laboratorium PT. Pertamina RU IV Cilacap oleh Laboratorium Pengujian Balai Hiperkes dan Keselamatan Kerja Disnakertrans DKI Jakarta 29 Juni 2016**

No.	Lokasi	Hasil (ppm)	NAB* (ppm)
1.	Meja pengamatan 1	0,01123	0,5
2.	Meja pengamatan 2	0,00625	0,5
3.	Shelter D	0,16911	0,5
4.	Ruang KR	0,05954	0,5
5.	Meja Pengamatan 3	0,13905	0,5
6.	Meja Pengamatan 4	0,18747	0,5
7.	Meja Analisa Litbang	0,07366	0,5
8.	Ruang Administrasi	0,06973	0,5
<b>Mean</b>		<b>0,08950</b>	
<b>Median</b>		<b>0,07170</b>	
<b>Modus</b>		<b>0,006</b>	
<b>Skewness</b>		<b>0,277</b>	
<b>Maksimum</b>		<b>0,187</b>	
<b>Minimum</b>		<b>0,006</b>	

Berdasarkan hasil di atas data konsentrasi *benzene* di Laboratorium berdistribusi normal, sehingga nilai yang digunakan untuk perhitungan sebagai konsentrasi *benzene* adalah nilai mean dari data tersebut. Nilai mean dari data konsentrasi *benzene* yang didapat adalah  $0,08950 \approx 0,09$  ppm.

**Tabel 2 Distribusi Karakteristik Antropometri Pekerja Laboratorium PT. Pertamina RU IV Cilacap Tahun 2016**

Variabel	Mean	Median	Modus
Berat badan	67	66	70

Variabel	Mean	Median	Modus
Lama pajanan	8	8	8
Frekuensi pajanan	264,92	267	255
Durasi pajanan	12,55	35	12,55

Berat badan pekerja Laboratorium PT. Pertamina RU IV Cilacap 67 kg dengan nilai standar deviasi sebesar 1,2. Seluruh pekerja di Laboratorium PT. Pertamina RU IV Cilacap memiliki pola waktu pajanan terpajan *benzene* yang sama dalam satu hari yaitu 8 jam/hari. Frekuensi rata-rata adalah 265 hari/tahun. Sedangkan, durasi pajanan rata-rata sebesar 12,55 tahun.

Berdasarkan metode analisis risiko kesehatan lingkungan, risiko terhadap kesehatan dapat dihitung melalui dua kategori yaitu pajanan waktu sebenarnya (*realtime*) dan waktu sepanjang hayat (*lifetime*). Waktu *realtime* yang digunakan dalam penelitian ini adalah waktu massa kerja pekerja bekerja di Laboratorium PT. Pertamina RU IV Cilacap. Sedangkan waktu *lifetime* menggunakan nilai default 30 tahun waktu proyeksi, karena menurut EPA (1991), 30 tahun adalah masa diperkirakan efek non kanker termanifestasi pada manusia. Data yang dibutuhkan dalam perhitungan *intake* adalah konsentrasi *benzene*, laju asupan, berat badan, lama pajanan, frekuensi pajanan, dan durasi pajanan.

1) *Intake* rata-rata efek non karsinogenik

*Intake rata-rata (Ir)*

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

$$= \frac{0,09 \times 0,83 \times 8 \times 265 \times 12,55}{67 \times 30 \times 365 \text{ hari}}$$

$$= \frac{1987,47}{73365}$$



$$= 0,027 \frac{mg}{kg} / hari$$

2) *Intake* rata-rata efek karsinogenik

*Intake rata-rata (Ir)*

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

$$= \frac{0,09 \times 0,83 \times 8 \times 265 \times (12,55 + 30)}{67 \times 70 \times 365 \text{ hari}}$$

$$= \frac{6738,39}{1711850}$$

$$= 0,0039 \frac{mg}{kg} / hari$$

Dari perhitungan di atas didapat hasil *intake* rata-rata efek non kanker pada pekerja Laboratorium PT. Pertamina RU IV Cilacap adalah 0,027 mg/kg/hari. Sedangkan, nilai *intake* rata-rata efek karsinogenik adalah 0,0039 mg/kg/hari. Perhitungan pajanan *intake realtime* efek non karsinogenik maupun karsinogenik durasi pajanan yang digunakan adalah masa kerja dalam tahun pekerja bekerja di Laboratorium PT. Pertamina RU IV Cilacap. Sedangkan, dalam perhitungan pajanan *intake lifetime* efek non karsinogenik maupun karsinogenik durasi pajanan yang digunakan adalah masa kerja dalam tahun pekerja bekerja di Laboratorium PT. Pertamina RU IV Cilacap ditambah 30 tahun proyeksi yang ditetapkan oleh EPA.

#### Karakteristik Risiko

**Tabel 3 Distribusi Risk Quotient Pajanan Realtime pada Pekerja di Laboratorium PT. Pertamina RU IV Cilacap Tahun 2016**

	Risk Quotient	Jumlah	
		Orang	Persentase
RQ Realtime	RQ > 1	19	37,3
	RQ ≤ 1	32	62,7
Total		51	100

Berdasarkan perhitungan RQ pada 51 responden didapatkan bahwa untuk pajanan *realtime* sebanyak 37,3% responden memiliki risiko efek kesehatan non kanker, karena memiliki nilai RQ>1. Sedangkan, sebanyak 62,7% responden tidak memiliki risiko efek kesehatan non kanker, karena memiliki nilai RQ≤1.

**Tabel 4 Distribusi Risk Quotient Pajanan Lifetime pada Pekerja di Laboratorium PT. Pertamina RU IV Cilacap Tahun 2016**

	Risk Quotient	Jumlah	
		Orang	Persentase
RQ Lifetime	RQ > 1	51	100,0
	RQ ≤ 1	0	0
Total		51	100

Berdasarkan tabel diatas didapatkan bahwa untuk pajanan *lifetime*, sebanyak 51 responden atau seluruhnya (100%) memiliki risiko pajanan non kanker.

Efek pajanan akut akibat *benzene* dengan konsentrasi tinggi dapat segera terjadi pada sistem syaraf, kulit, sistem pernapasan dan pencernaan. Yang pertama muncul di pusat sistem saraf adalah efek neurologis. Reaksi anestesi *benzene* di pusat sistem saraf mirip dengan gas anestesi lain, pertama merangsang eksitasi diikuti oleh depresi dan jika pajanan terus terjadi, kematian dapat terjadi karena kegagalan pernapasan.<sup>9</sup>

**Tabel 5 Distribusi ECR Pajanan Realtime pada Pekerja di Laboratorium PT. Pertamina RU IV Cilacap Tahun 2016**

	EC R	Jumlah	
		Oran g	Persentas e
ECR <i>Realtime</i>	EC R > $10^{-4}$	20	39,2
	EC R ≤ $10^{-4}$	31	60,8
Total		51	100

Berdasarkan perhitungan ECR diatas pada 51 responden untuk pajanan *realtime* didapatkan bahwa sebanyak 39,2% responden memiliki risiko efek kanker pada waktu *realtime*. Sedangkan, sebanyak 60,8% responden tidak memiliki risiko efek kanker.

**Tabel 6 Distribusi ECR Pajanan Lifetime pada Pekerja di Laboratorium PT. Pertamina RU IV Cilacap Tahun 2016**

	EC R	Jumlah	
		Oran g	Persenta se
ECRLifeti <i>me</i>	EC R > $10^{-4}$	51	100
	EC R ≤ $10^{-4}$	0	0
Total		51	100

Berdasarkan tabel di atas didapatkan bahwa pada pajanan *lifetime*, 100% atau seluruh responden memiliki risiko efek kanker pada pajanan *lifetime*.

*Benzene* dapat menimbulkan kelainan cytogenetic di dalam sumsum tulang yang akan menyebabkan kanker leukimia. Leukimia adalah suatu keganasan hematologic yang diakibatkan oleh proses neoplastik yang disertai gangguan diferensiasi pada berbagai tingkatan sel induk hemopoetik sehingga terjadi ekspansi progresif dari kelompok sel

ganas ke dalam sumsum tulang kemudian sel leukimia beredar secara sistemik.<sup>9</sup>

### Manajemen Risiko

**Tabel 7 Manajemen Risiko Pajanan Benzene Non Karsinogenik dan Karsinogenik Pajanan Benzene di Laboratorium PT. Pertamina RU IV Cilacap**

Manajem en Risiko	Non Karsinoge nik	Karsinoge nik
Konsentr asi aman	0,118 mg/m <sup>3</sup> (0,04 ppm)	0,058 mg/m <sup>3</sup> (0,02 ppm)
Lama Pajanan aman	3,3 jam/hari	1,6 jam/hari
Frekuens i Pajanan aman	109 hari/tahun	54 hari/tahun
Durasi Pajanan aman	12,35 tahun	6,1 tahun

Tabel di atas menunjukkan bahwa konsentrasi aman *benzene* untuk pekerjaan sepanjang hayat (30 tahun) adalah 0,118 mg/m<sup>3</sup> atau sama dengan 0,03 ppm. Lama pajanan yang aman untuk pajanan sepanjang hayat (30 tahun) adalah 3,3 jam/hari. Frekuensi pajanan yang aman untuk pajanan sepanjang hayat (30 tahun) adalah 109 hari/tahun. Selanjutnya, untuk durasi pajanan yang aman untuk sepanjang hayat (30 tahun) adalah 12,35 tahun. Sedangkan hasil perhitungan manajemen risiko terkait risiko efek karsinogenik akibat *benzene* di Laboratorium PT. Pertamina RU IV Cilacap dihasilkan bahwa konsentrasi aman *benzene* untuk pajanan sepanjang hayat (30 tahun) adalah 0,058 mg/m<sup>3</sup> atau sama dengan 0,02 ppm. Lama pajanan yang aman untuk pekerjaan

sepanjang hayat (30 tahun) adalah 1,6 jam/hari. Frekuensi pajanan aman adalah 54 hari/tahun. Dan durasi pajanan yang aman adalah 6,1 tahun.

## KESIMPULAN

1. Konsentrasi *benzene* di Laboratorium PT. Pertamina RU IV Cilacap rata-rata sebesar 0,287 mg/m<sup>3</sup> atau setara dengan 0,09 ppm, konsentrasi *benzene* tersebut masih berada di bawah Nilai Ambang Batas (NAB) berdasarkan Surat Edaran Menteri Tenaga Kerja Nomor SE 01/Men/1997 sebesar 32 mg/m<sup>3</sup> atau 10 ppm.
2. Pada karakteristik antropometri seluruh responden berjenis kelamin laki-laki dengan mayoritas pekerja memiliki interval usia 19-24 tahun dan paling banyak berpendidikan terakhir SMA. Selain itu 33,3% responden adalah perokok aktif.
3. Seluruh pekerja memiliki lama pajanan selama 8 jam/hari, frekuensi pajanan rata-rata 265 hari/tahun, dan durasi pajanan rata-rata responden di Laboratorium PT. Pertamina RU IV Cilacap adalah 12,5 tahun. Sedangkan, rata-rata berat badan responden adalah 67 kg.
4. Berdasarkan perhitungan untuk pajanan *realtime* sebanyak 37,3% responden berisiko efek non karsinogenik, 39,2% responden berisiko efek karsinogenik. Selain itu untuk perhitungan risiko pajanan *lifetime* seluruh responden memiliki risiko pajanan efek non karsinogenik maupun efek karsinogenik. Sedangkan untuk perhitungan pengendalian risiko atau manajemen risiko didapatkan nilai konsentrasi *benzene* aman, lama pajanan,

frekuensi pajanan, dan durasi pajanan, berturut-turut untuk efek non karsinogenik adalah 0,118 mg/m<sup>3</sup> (0,04 ppm), 3,3 jam/hari, 109 hari/tahun, dan 12,35 tahun; untuk risiko efek karsinogenik berturut-turut 0,058 mg/m<sup>3</sup> (0,02 ppm), 1,6 jam/hari, 54 hari/tahu, dan 6,1 tahun.

## SARAN

1. Perusahaan melakukan pengendalian risiko dengan cara menurunkan konsentrasi *benzene* di tempat kerja pada konsentrasi yang aman. Berdasarkan hasil penelitian ini konsentrasi aman *benzene* untuk untuk pajanan efek non karsinogenik sebesar 0,04 ppm dan efek karsinogenik sebesar 0,02 ppm.
2. Pekerja mengenakan APD yang sesuai setiap melakukan uji di laboratorium misalnya memakai masker, sarung tangan, dan jas laboratorium saat melakukan uji.

## DAFTAR PUSTAKA

1. Agency for Toxic Substance and Disease Registry (ATSDR). *Toxicology Profile for Benzene*. Atlanta. 2007 diambil dari <http://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/tp3-c8.pdf> 08 maret 2016 11.05
2. Azhari, Achmad Naufal. Eky Pramitha DP. Nanda Pratiwi. *Leukimia Sebagai Dampak Penggantian Timbal dengan High Octane Mogas Component dalam Bahan Bakar Minyak di Indonesia*. FKM-UI. Depok. 2010
3. World Health Organization. *Air Quality Guidelines for Europe Second Edition*. Copenhagen, 2000. Diunduh dari

- [http://www.euro.who.int/\\_data/assets/pdf\\_file/0005/74732/E71922.pdf](http://www.euro.who.int/_data/assets/pdf_file/0005/74732/E71922.pdf) pada tanggal 23 Maret 2016 pukul 17.47 WIB
4. Elisa, Nine. *Analisis Risiko Paparan Benzene terhadap Kadar Fenol dalam Urin pada Pekerja Pengecatan Mobil di Kabupaten Wonogiri*. Universitas Diponegoro. 2010
  5. World Health Organization (WHO). *Deteksi Dini Penyakit Akibat Kerja*. (alih Bahas: Joko Suyono). Cetakan II. Penerbit EGC. Jakarta, 1986 : 125-135
  6. Maywati, Sri. Siti Novianti. *Kajian Faktor Individu Terhadap Kadar Fenol Urin Pekerja Bagian Pengeleman Sendal*. Jurnal Kesehatan masyarakat. Vol 7 No. 2. 2014
  7. Louvar, Joseph & Louvar, B. *Health and Environmental Risk Analysis Fundamental with Applications (Vol.2)*. USA : Prentice Hall PTR. 1998
  8. Rahman. *Public Health Assessment : Model Kajian Prediktif Dampak Lingkungan dan Aplikasinya Untuk Manajemen Risiko Kesehatan*. Depok. 2007
  9. Bakta, I Made. *Hematologi Klinis Ringkas*. Jakarta: Penerbit Buku Kedokteran ECG. 2003