

ANALISIS RISIKO KESEHATAN LINGKUNGAN (ARKL) AKIBAT TRANSPORTASI KENDARAAN BERMOTOR DI KOTA SURABAYA

Isa Ma'rufi

Dosen Bagian Kesehatan Lingkungan dan Kesehatan Keselamatan Kerja
Fakultas Kesehatan Masyarakat, Universitas Jember
Jl Kalimantan 37 Jember 68121, Telp. (0331) 337878, Fax (0331) 322995
isa_marufi@yahoo.com

Abstract

Environmental Health Risk Assessment (EHRA) is an approach to calculate or predict the risk to human health, including the identification of the uncertainty factors, a search on a particular exposure, taking into account the inherent characteristics of concern agent and the characteristics of specific target. This research is a descriptive study of risk agents are SO₂, H₂S, NO₂ and TSP. The experiment was conducted in the main streets of Surabaya City to look at the risk of environmental health caused by air pollution motor vehicles. Variables in this study are the identification of hazards, identification of sources, analysis of exposure, dose-response analysis, risk characterization, environmental health risk management. The results of the study to the levels of risk agents showed that the highest SO₂ levels in Bundaran Waru Road is 4.3 mg/m³, the highest levels of H₂S in the Bundaran Waru is 2.10, the highest levels of NO₂ in A. Yani Road is 4.1, and the highest TSP levels at the Bundaran Waru is 2.46. Overall the RQ value for each risk agent in this study area according to more than 1 (one), it means that some of the gas in the air that comes from motor vehicles are very risky and requires control.

Key words: EHRA, risk quotient, motor vehicle, risk agent.

Abstrak

Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan (ARKL) merupakan suatu pendekatan untuk menghitung atau memprediksi risiko pada kesehatan manusia, termasuk identifikasi terhadap adanya faktor ketidakpastian, penelusuran pada paparan tertentu, memperhitungkan karakteristik yang melekat pada agen yang menjadi perhatian dan karakteristik dari sasaran yang spesifik. Jenis penelitian ini adalah penelitian deskriptif dengan *risk agent* adalah SO₂, H₂S, NO₂ dan TSP. Penelitian dilaksanakan di jalan-jalan utama Kota Surabaya untuk melihat risiko kesehatan lingkungan akibat pencemaran udara kendaraan bermotor. Variabel pada penelitian ini adalah identifikasi bahaya, identifikasi sumber, analisis paparan, analisis dosis-respon, karakterisasi risiko, manajemen risiko kesehatan lingkungan. Hasil penelitian untuk kadar *risk agent* menunjukkan bahwa kadar SO₂ tertinggi di Jalan Bundaran Waru sebesar 4,3 mg/M³, kadar H₂S tertinggi di Bundaran Waru yaitu 2.10, kadar NO₂ tertinggi di Jalan A. Yani yaitu 4.1, dan kadar TSP tertinggi di Bundaran Waru yaitu 2.46. Secara keseluruhan nilai RQ untuk setiap *risk agent* di lokasi studi menurut seluruhnya menunjukkan di atas 1 (satu), hal itu berarti beberapa gas di udara yang berasal dari kendaraan bermotor sangat berisiko dan membutuhkan pengendalian.

Kata kunci: ARKL, tingkat risiko, kendaraan bermotor, risk agent.

PENDAHULUAN

Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan (ARKL) adalah salah satu alat pengelolaan risiko yang digunakan untuk melindungi kesehatan pada masyarakat akibat efek dari lingkungan yang buruk. Peraturan perundang-undangan Indonesia menyebutkan bahwa ARKL merupakan pendekatan ADKL. Landasan hukum ARKL untuk ADKL yaitu PerMenLH No. 08 Tahun 2006 tentang Pedoman Penyusunan Amdal dan KepMenKes No. 876/Menkes/SK/VIII/2001 tentang Pedoman Teknis ADKL. ARKL yang digunakan sebagai pendekatan ADKL merupakan alat untuk mengenal, memahami, dan meramalkan kondisi dan karakteristik lingkungan yang berpotensi menimbulkan risiko kesehatan sebagai dasar untuk menyusun atau mengembangkan pengelolaan dan pemantauan risiko kesehatan lingkungan. ARKL juga merupakan suatu metode yang *adequate* untuk

melakukan kajian dampak kesehatan kasus-kasus pencemaran secara umum (Rahman, 2007).

Menurut Louvar(1998), ARKL merupakan kerangka ilmiah untuk memecahkan permasalahan lingkungan dan kesehatan. US-EPA mendefinisikan ARKL adalah evaluasi ilmiah dampak kesehatan potensial yang dapat terjadi karena pajanan zat tertentu atau campurannya pada kondisi spesifik (US-EPA, 1998). Sedangkan PPCS mendefinisikan ARKL merupakan proses memprakirakan risiko pada suatu organisme, sistem atau (sub) populasi sasaran, dengan segala ketidakpastian yang menyertainya, setelah terpajan oleh agen tertentu, dengan memerhatikan karakteristik agen dan sasaran yang spesifik (IPCS 2004).

Kadar pencemaran udara ditentukan oleh adanya zat-zat seperti karbon monoksida, debu/partikel, sulfur dioksida, nitrogen oksida, dan hidrokarbon. Zat-zat tersebut dapat mengakibatkan dampak yang merugikan bagi kesehatan manusia seperti sakit kepala, sesak nafas, iritasi mata, batuk, iritasi saluran pernafasan, rusaknya paru-paru, bronkhitis, dan menimbulkan kerentanan terhadap virus influenza. Selain manusia zat-zat tersebut juga dapat menimbulkan kerusakan pada tanaman, misalnya zat NO₂ dapat menimbulkan bintik-bintik pada daun sampai mengakibatkan rusaknya tunas daun. Pencemaran udara juga akan menimbulkan kerusakan pada bangunan, misalnya asam sulfat yang terbentuk sebagai hasil reaksi antara SO₃ dengan uap air yang dapat menyebabkan terjadinya hujan asam (BAPPEDA, 2001).

Udara dimana di dalamnya terkandung sejumlah oksigen, merupakan komponen esensial bagi kehidupan, baik manusia maupun makhluk hidup lainnya. Udara merupakan campuran dari gas, yang terdiri dari sekitar 78% Nitrogen, 20% Oksigen; 0,93% Argon; 0,03% Karbon Dioksida (CO₂) dan sisanya terdiri dari Neon (Ne), Helium (He), Metan (CH₄) dan Hidrogen (H₂). Udara dikatakan "Normal" dan dapat mendukung kehidupan manusia apabila komposisinya seperti tersebut diatas. Sedangkan apabila terjadi penambahan gas-gas lain yang menimbulkan gangguan serta perubahan komposisi tersebut, maka dikatakan udara sudah tercemar/terpolusi (Kastiyowati, 2003).

Pencemaran udara disamping berdampak langsung bagi kesehatan manusia/individu, juga berdampak tidak langsung bagi kesehatan. Efek SO₂ terhadap *vegetasi* dikenal dapat menimbulkan pemucatan pada bagian antara tulang atau tepi daun. Emisi oleh Fluor (F), Sulfur Dioksida (SO₂) dan Ozon (O₃) mengakibatkan gangguan proses asimilasi pada tumbuhan. Pada tanaman sayuran yang terkena/mengandung pencemar Pb yang pada akhirnya memiliki potensi bahaya kesehatan masyarakat apabila tanaman sayuran tersebut dikonsumsi oleh manusia (Kastiyowati, 2003).

Pencemaran udara di Kota Surabaya semakin mengkhawatirkan. Hal tersebut terutama akibat berkembangnya jumlah kendaraan dan pembangunan kota yang tidak ramah lingkungan. Tingginya tingkat pencemaran udara di Surabaya disebabkan pertambahan jumlah kendaraan yang tidak sebanding dengan pembangunan jalan. Hal tersebut didukung pula dengan tidak adanya peraturan pembatasan penggunaan kendaraan. Selain itu, pembangunan gedung-gedung tidak sepenuhnya memperhatikan dampak kelancaran lalu lintas. Akibatnya, bermunculan titik rawan kemacetan seperti, di daerah Waru, Jalan Diponegoro, dan Jalan Ahmad Yani.

Berdasarkan pemantauan kualitas udara ambien Dinas Lingkungan Hidup Pemerintah Kota Surabaya, kategori udara yang tidak sehat semakin hari mengalami pertambahan. Sedangkan, udara yang sehat justru berkurang. Kategori tersebut berdasarkan pengukuran dari lima stasiun pemantauan kualitas udara ambien. Sebagai gambaran, selama bulan Mei

2002 terdapat delapan hari udara berkualitas baik. Sedangkan pada bulan Oktober tidak ada sama sekali. Selain itu, indikator lain yang dapat digunakan untuk mengukur pencemaran udara tersebut adalah Indeks Standar Pencemar Udara (ISPU). Udara dapat dikategorikan berkualitas baik memiliki ISPU (0-50). Sedangkan, kualitas udara berbahaya bernilai ISPU (300-500). Selama bulan Mei nilai ISPU rata-rata adalah 62,42. Sedangkan, selama bulan Oktober naik menjadi 84,60. Antoro mengatakan, polutan yang tersebar di udara tersebut berpotensi besar dihirup masyarakat dan jika turun hujan, zat pencemar akan terserap oleh tanah (Kompas, 6 Februari 2003).

Tujuan dari studi analisis risiko kesehatan lingkungan akibat pencemaran kendaraan bermotor di Kota Surabaya adalah pertama, memperkirakan tingkat risiko kesehatan warga yang tinggal di pinggir jalan utama di Kota Surabaya. Kedua, mengidentifikasi lokasi studi yang dilakukan berstatus aman untuk dihuni masyarakat atau tidak. Dan ketiga, merumuskan pengelolaan dan pengendalian risiko kesehatan jika lokasi studi tidak aman untuk dihuni masyarakat

METODOLOGI

Jenis penelitian ini adalah penelitian deskriptif dengan risk agent adalah SO₂, H₂S, NO₂ dan TSP. Penelitian dilaksanakan di jalan-jalan utama kota Surabaya untuk melihat risiko kesehatan lingkungan akibat pencemaran udara kendaraan bermotor. Variabel pada penelitian ini adalah identifikasi bahaya, identifikasi sumber, analisis pajanan, analisis dosis-respon, karakterisasi risiko, manajemen risiko kesehatan lingkungan. Karakteristik risiko dinyatakan dengan tingkat risiko (*Risk Quotient*) merupakan pembagian antara asupan inhalasi (*I*) dan *reference concentration* (*RfC*). Selain itu untuk menentukan asupan inhalasi dibutuhkan juga parameter antropometri (berat badan dan laju inhalasi), pola aktivitas (waktu, frekuensi dan durasi pajanan) dan sebagainya. Tingkat risiko dihitung dengan persamaan 1 dan asupan inhalasi (*I*) dihitung dengan menggunakan persamaan 2 (Louvar and Louvar, 1998).

$$RiskQuotient(RQ) = \frac{I}{RfC} \quad (1)$$

$$I = \frac{CRt_E f_E D_t}{W_b t_{avg}} \quad (2)$$

Keterangan :

- I = asupan inhalasi (mg *risk agent*/kg berat badan individu/hari)
- C = konsentrasi risk agent di udara (mg *risk agent*/M³ udara)
- R = laju inhalasi (M³ udara/jam)
- t_E = lama pajanan (jam/hari)
- f_E = frekuensi pajanan, 350 hari/tahun untuk nilai default residensial
- D_t = durasi pajanan, 30 tahun untuk default bagi populasi residensial
- W_b = berat badan individu (kg)
- t_{avg} = perioda waktu rata-rata (D_t 365 hari/tahun untuk nonkarsinogen, 70 tahun, 365 hari/tahun untuk karsinogen)

Kesimpulan: R>1= berisiko terhadap kesehatan; R<1 = tidak berisiko terhadap kesehatan

Manajemen risiko kesehatan lingkungan dilakukan dengan empat elemen utama, yaitu evaluasi risiko, pengendalian emisi dan pajanan dan pemantauan risiko. Manajemen risiko dihitung dengan menggunakan rumus:

1. Konsentrasimaksimal yang amandikonsumsimanusia (C max aman).
2. Lajukonsumsimaksimal yang amanbagimanusia (R max aman)
3. Asumsi yang digunakanadalah RQ= 1

Perhitungan konsentrasi aman dan laju konsumsi aman adalah:

$$R = \frac{RfC \times W \times t}{C \times f \times D} \quad (3)$$

Metode pengambilan keputusan adalah:

1. Apabila konsentrasi awal > konsentrasi max.aman, maka perlu dilakukan langkah-langkah untuk menurunkan konsentasi, memperbaiki kondisi lingkungan, dll.
2. Apabila laju asupan awal > laju asupan max.aman, maka perlu dilakukan langkah-langkah untuk menurunkan laju asupan dengan mengurangi waktu tinggal/waktu papar, dll.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pengukuran terhadap *Risk agent* pencemar udara akibat kendaraan bermotor di jalan utama Kota Surabaya menunjukkan bahwa kadar SO₂ tertinggi di jalan bundaran waru sebesar 4,3 mg/M³, kadar H₂S tertinggi di bundaran waru yaitu 2.10, kadar NO₂ tertinggi di jalan A. Yani yaitu 4.1, dan kadar TSP tertinggi di bundaran waru yaitu 2.46, lebih jelas bisa dilihat pada tabel 1.

Tabel 1. Konsentrasi gas dan debu di Jalan Utama Kota Surabaya

No.	Daerah/Lokasi	Konsentrasi Gas dan Debu (diolah dalam mg/M ³)			
		SO ₂	H ₂ S	NO ₂	TSP
1	Bundaran waru	4.3	2.10	3.7	2.46
2	Jalan A. Yani (depan Polda)	3.8	1.30	4.1	2.12
3	Jalan A. Yani (depan RSAL)	3.4	1.70	2.8	1.83
4	Jalan Darmo (depan masjid Alfalah)	4.2	1.20	3.3	2.35
5	Jalan Perak	3.3	1.50	3.5	2.07

Nilai *default* untuk parameter antropometri dan pola aktivitasnya mengacu terhadap tabel 2 berikut ini.

Tabel 2. Nilai *default* untuk parameter antropometri

Reseptor	Laju Inhalasi (m ³ /jam)	F. Paparan (jam)	Berat Badan (Kg)	Durasi Paparan (thn)	Frekuensi (hari/thn)
Anak – anak	0,5 ^a	18 (6 jam sekolah diluar lokasi) ^c	15 ^a	2 ^c	350 ^a
Dewasa (IRT)	0,83 ^a	24 ^c	55 ^b	2 ^c	350 ^a
Pekerja	0,83 ^a	14 (10 jam bekerja diluar lokasi) ^c	70 ^a	2 ^c	350 ^a

Sumber : ^a U.S.EPA 1990, ^b Nukman et al (2005), ^c Asumsi penulis

Untuk menghitung *risk quotient* dibutuhkan nilai dosis responnya (*RfC*, mg/kg/hari), adapun nilainya tersebut tercantum dalam tabel 3 dibawah ini :

Tabel 3. Nilai Dosis Responnya *Risk Agent*

No.	Agen Risiko	RfC	Efek Kritis dan Sumber Data (Referensi)
1.	SO ₂	2,6E-2	Gangguan saluran pernafasan (Nukman et al., 2005; Rahman et al., 2008; US-EPA, 1990a)
2.	NO ₂	2E-2	Gangguan saluran pernafasan (Kolluru, 1996; US-EPA, 1990a)
3.	H ₂ S	2E-3	Lesi nasal lendir olfaktori pada uji hayati tikus inhalasi subkronik (Brenneman, James, Gross, & Dorman, 2000). Revisi terbaru 28 Juli 2003.
4.	TSP	2,42	Gangguan saluran pernafasan (Nukman et al., 2005; Rahman et al., 2008; US-EPA, 1990a)

Sumber : Data *on-line* diperoleh dari IRIS per 2 Mei 2010.

Karakteristik risiko dihitung berdasarkan setiap segmen populasi dengan nilai default untuk laju inhalasi, berat badan, durasi pajanan dan frekuensi mengacu terhadap tabel.4. Sedangkan untuk periode waktu rata-ratanya (t_{avg}) adalah 6 tahun (365hari/tahun) untuk subpopulasi anak-anak dan 30 tahun (365hari tahun) untuk subpopulasi dewasa (ibu rumah tangga) serta pekerja. Berikut ini adalah tabel yang menyajikan nilai-nilai RQ secara keseluruhan.

Tabel 4. Tingkat Risiko (RQ) SO₂, NO₂, H₂S, dan TSP untuk populasi anak – anak, dewasa (IRT) dan pekerja dengan W_b 15 kg, 55 kg dan 70 kg dan f_E 350 hari/tahun

No.	Lokasi	Tingkat Risiko			
		SO ₂	H ₂ S	NO ₂	TSP
A. Anak-anak					
1	Bundaran Waru	21.145	8.9498	23.653	13.105
2	JalanA. Yani (depan Polda)	18.686	5.5403	26.21	11.294
3	Jalan A. Yani (depan RSAL)	16.719	7.2451	17.9	9.7489
4	Jalan Darmo (depan Masjid Al Falah)	20.653	5.1142	21.096	12.519
5	Jalan Perak	16.228	6.3927	22.374	11.027
B. Dewasa (iburumahtangga)					
1	Bundaran Waru	5.7668	2.4408	6.4508	3.5741
2	JalanA. Yani (depan Polda)	5.0963	1.511	7.1482	3.0801
3	Jalan A. Yani (depan RSAL)	4.5598	1.9759	4.8817	2.6588
4	Jalan Darmo (depan Masjid Al Falah)	5.6327	1.511	7.1482	3.0801
5	Jalan Perak	4.2916	1.7435	6.1021	3.0075
C. Pekerja					
1	Bundaran Waru	4.5311	1.9178	5.0685	2.8082
2	JalanA. Yani (depan Polda)	4.0042	1.1872	5.6164	2.4201
3	Jalan A. Yani (depan RSAL)	3.5827	1.5525	3.8356	2.089
4	Jalan Darmo (depan Masjid Al Falah)	4.4257	1.0959	4.5205	2.6826
5	Jalan Perak	3.4773	1.3699	4.7945	2.363

Berdasarkan tabel 4 di atas, secara keseluruhan nilai RQ untuk setiap *risk agent* di lokasi studi menurut segmentasi populasinya seluruhnya menunjukkan diatas 1 (satu). Hal itu berarti beberapa gas di udara yang berasal dari kendaraan bermotor sangat berisiko dan membutuhkan pengendalian. Kemungkinan efek toksisitasnya baru dirasakan 6 (enam) tahun kedepan bagi anak-anak dan 30 tahun bagi ibu rumah tangga serta pekerja laki-laki.

Adapun perbandingan nilai frekuensi RQ persegmentasi populasi di seluruh wilayah jika dirinci, adalah sebagai berikut Anak - anak > Dewasa (Ibu Rumah Tangga) > Pekerja.

Risk quotient untuk SO_2 semuanya berada diatas 1 (satu), yakni berkisar antara 3,477 – 21.145. Perbandingan nilai RQ SO_2 berdasarkan wilayah adalah JalanBundaran Waru >Jalan Darmo >Jalan A. Yani RSAL> Jalan A. Yani Polda > Jalan Perak. Sedangkan untuk *risk quotient* NO_2 adalah berkisar diantara 3,835 – 23,65. Perbandingan nilai RQ untuk NO_2 berdasarkan wilayahnya adalah Jalan Bundaran Waru >Jalan A. Yani RSAL >Jalan A. Yani Polda >Jalan Darmo > Jalan Perak. Adapun nilai frekuensi RQ H_2S berkisar antara 1,09 – 8,95. Perbandingan nilai RQ H_2S berdasarkan wilayahnya adalah Jalan Bundaran Waru >Jalan A. Yani RSAL > Jalan A. Yani Polda >Jalan Darmo > Jalan Perak. Untuk TSP yang berkisar diantara 2,089 – 3,6588. Perbandingan nilai RQ TSP berdasarkan wilayahnya adalah Jalan A. Yani RSAL >Bundaran Waru > Jalan A. Yani Polda >Jalan Darmo > Jalan Perak.

Berdasarkan tabel 4 di atas, *risk agent* menurut *risk quotient*nya yang paling dominan atau besar disetiap jalan utama di Kota Surabaya adalah SO_2 dan yang paling tidak dominan atau kecil adalah H_2S . SO_2 merupakan senyawa oksida belerang yang toksik dan pencemar yang berbahaya bagi kesehatan terutama terhadap orang tua dan penderita yang mengalami penyakit khronis pada sistem pernafasan kardiovaskular. Hal ini karena gas SO_2 yang mudah menjadi asam tersebut menyerang selaput lendir pada hidung, tenggorokan dan saluran napas yang lain sampai ke paru-paru. Serangan gas SO_2 tersebut menyebabkan iritasi pada bagian tubuh yang terkena. Jika terjadi iritasi pada saluran pernapasan, SO_2 dan partikulat bisa menyebabkan pembengkakan membran mukosa. Pembentukan mukosa menimbulkan hambatan aliran udara pada saluran pemapasan. Kondisi ini akan menjadi lebih parah bagi kelompok yang peka, seperti penderita penyakit jantung atau paru - paru, dan para lanjut usia.

KESIMPULAN

Berdasarkan perhitungan risiko dan kajian terhadap beberapa *risk agent* di setiap jalan utama di Kota Surabaya, maka dapat ditarik beberapa kesimpulan pertama, kadar SO_2 tertinggi di JalanBundaran Waru sebesar $4,3 \text{ mg}/\text{M}^3$, kadar H_2S tertinggi di Bundaran Waru yaitu 2.10, kadar NO_2 tertinggi di Jalan A. Yani yaitu 4.1, dan kadar TSP tertinggi di Bundaran Waru yaitu 2.46.2. Kedua, *Risk agent* berdasarkan nilai frekuensi karakteristik risikonya yang paling besar rata-rata disetiap jalan utama di Kota Surabaya adalah zat SO_2 dan terendah H_2S . Ketiga, seluruh lokasi jalan utama di Kota Surabaya tidak aman untuk dijadikan tempat tinggal .

Berdasarkan kesimpulan di atas, pengendalian yang paling mendesak adalah dengan menggalakkan program langit biru, menggalakkan penanaman tumbuhan, melarang penduduk untuk bertempat tinggal di sepanjang jalan utama, dan penduduk bisa pindah ke tempat yang lebih aman dari paparan *risk agent* karena manajemen risiko yang dilakukan terkait pengurangan konsentrasi dan waktu pajanan (t_E dan f_E) sudah tidak realistis, atau dapat juga dengan penggunaan masker, namun hanya bersifat sementara.

DAFTAR RUJUKAN

- Anonim. 2012. *Pedoman Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan (ARKL)*. Jakarta: Kementerian Kesehatan Direktorat Jenderal PPM dan PL.
- Antonius Alijoyo. 2005. *Enterprise Risk Management, Pendekatan Praktis*. Edisi Kedua. Jakarta: Ray Indonesia.
- Balitbangkes. 2013. *Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan (ARKL)*. Jakarta: Balitbang Kesehatan Kementerian Kesehatan.
- Kementerian LH. 2013. *Analisis Risiko Lingkungan (ARL)*. Jakarta: Kementerian Lingkungan Hidup.
- ATSDR. 1996. *Guidance for Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR) Health Studies*. US Department of Health and Human service. Available: <http://www.atsdr.cdc.gov/HS/gdl.html>.
- enHealth. 2002. *Environmental Health Risk Assessment: Guidelines for Assessing Human Health Risk from Environmental Hazard*. Canberra: Commonwealth of Australia.
- EPA. 1990. *Exposure Factors Handbook, EPA 600/8-89/043*. Cincinnati, OH: US Environmental Protection Agency.
- 1990a. *Seminar Publication: Risk Assessment, management and Communication of Drinking Water Contamination EPA/625/4-89/024*. Cincinnati, OH: US Environmental Protection Agency.
- IPCS. 2004. *Environmental Health Criteria XXXX: Principles for modeling dose-response for the risk assessment of chemicals (draft)*. Geneva: World Health Organization and International Programme on Chemical safety.
- , 2004. *IPCS Risk Assessment Terminology, Part 1: IPCS/OECD Key generic Terms Used in Chemical Hazard/Risk Assessment; Part 2: IPCS Glossary of key Exposure Assessment Terminology*. Geneva: World Health Organization and International Programme on Chemical safety.
- IRIS. 2012. *Integrated Risk Information System List of Substance*. Available: <http://www.epa.gov/iris/subst/index.html>.
- Kolluru RV. 1996. *Health Risk Assessment: Principles and Practices. In: Risk Assessment and Management Handbook for Environmental, Health, and safety Professionals (Kolluru RV, Bartell s, Pitblado R, Stricoff S, sds)*. New York: McGraw-Hill.
- Louvar JF, Louvar BD. 1998. *Health and Environmental Risk Analysis: Fundamentals with Application*. New Jersey: Prentice Hall.
- Mukono HJ. 2005. *Toksikologi Lingkungan*. Surabaya: Airlangga University Press.
- Mukono HJ. 2000. *Prinsip Dasar Kesehatan Lingkungan*. Surabaya: Airlangga University Press.
- Nukman A, Rahman A, Warouw S, Ichsan M, Setiadi, Akib CR. 2005. *Analisis dan Manajemen Risiko Kesehatan pencemaran Udara: Studi Kasus di Sembilan Kota Besar padat Transportasi*. J Ekolog Kesehatan 4(2):270-289.
- NRC. 1983. *Risk Assessment in the Federal Government: Managing Process*. Washington DC: National Research Council, National Academic of Science Press.
- Rahman A. 2007. *Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan 9Kajian Aspek Kesehatan Masyarakat dalam studi AMDAL dan Kasus-Kasus Pencemaran Lingkungan*. Depok: Pusat kajian Kesehatan Lingkungan dan Industri Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Indoensia.