

ANALISIS RISIKO KESEHATAN PEKERJA DI RUMAH PEMOTONGAN HEWAN AKIBAT PAJANAN GAS AMONIA

Risk Analysis of Health Workers in Slaughterhouses Due to Ammonia Gas Exposure

Umi Salamah dan Retno Adriyani

Departemen Kesehatan Lingkungan Fakultas Kesehatan Masyarakat
Universitas Airlangga
umi.salamah21@yahoo.com

Abstrak: Rumah pemotongan hewan merupakan salah satu bagian dari industri peternakan. Industri peternakan merupakan penghasil emisi amonia di atmosfer. Amonia memiliki dampak negatif terhadap kesehatan masyarakat dan lingkungan. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis risiko kesehatan pada pekerja di rumah pemotongan hewan akibat pajanan gas amonia. Penelitian dilaksanakan dengan rancangan *cross-sectional* dan data dianalisis dengan metode analisis risiko kesehatan lingkungan (ARKL). Populasi pada penelitian adalah pekerja rumah pemotongan hewan di bagian pemotongan, teknik, sanitasi dan IPAL yang berjumlah 35 orang. Pengukuran gas ammonia dilakukan dengan menggunakan metode *Spektrofotometer-Nessler* pada panjang gelombang 440 nm. Sampel udara diambil pada empat titik. Hasil penelitian ini menunjukkan konsentrasi terbesar adalah 0,0259 ppm (0,01806 mg/m³) dan terendah adalah 0,004364 ppm (0,00303 mg/m³). Berdasarkan analisis risiko kesehatan lingkungan diketahui bahwa nilai RQ sebesar 0,002781. Kesimpulan dari penelitian ini adalah pajanan gas amonia pada populasi berisiko dengan berat badan 55 Kg di Rumah Pemotongan Hewan Pegirian masih dalam batas aman untuk frekuensi 250 hari/tahun hingga 30 tahun mendatang. Saran yang dapat diberikan adalah perusahaan perlu memperbaiki manajemen pengelolaan limbah sebagai sumber emisi amonia di rumah pemotongan hewan.

Kata kunci: analisis risiko kesehatan lingkungan, amonia, rumah pemotongan hewan

Abstrack: *Slaughterhouses was one part of the livestock industry. The livestock industry was a producer of ammonia emissions in the atmosphere. Ammonia has a negative impact on public health and the environment. This study aims to analyze the health risks to workers in slaughterhouses caused by ammonia gas exposure. The research design in this research was an observational research with cross-sectional design that used environmental health risk assessment (EHRA). The population of this research was workers in slaughterhouse, technique, sanitation and IPAL that consisting of 35 peoples. The measurement of ammonia gas was calculated used Spectrophotometer-Nessler method with wavelength 440 nm. The Air samples was taken at four points in the slaughterhouses Pegirian area. The result of the research indicated that the concentration of ammonia highest in slaughterhouses Pegirian of 0.025972 ppm (0.01806 mg/m³) and concentration ammonia lowest of 0.004364 ppm (0.00303 mg/m³). Based on the analysis of environmental health risks in mind that the value of RQ by 0.002781. The conclusion of this research is the exposure to ammonia gas at-risk population with 55 Kg weight at slaughtering houses Pegirian still within safe limits for the frequency of 250 days / year to 30 years. Advice that can be given is the need to improve the management company waste management as a source of ammonia emissions in slaughterhouses.*

Keywords: *environmental health risk assessment, ammonia, slaughterhouse*

PENDAHULUAN

Peningkatan jumlah penduduk mengakibatkan peningkatan kebutuhan bahan pokok. Salah satunya adalah peningkatan kebutuhan bahan makanan. Salah satu bahan makanan yang mengalami peningkatan adalah sumber protein hewani berupa daging.

Terjadinya peningkatan terhadap kebutuhan daging mengakibatkan peningkatan perkembangan industri peternakan. Industri peternakan memiliki risiko bahaya bagi pekerjanya.

Risiko bisa ditimbulkan karena faktor usia, pendidikan maupun perilaku individu. Selain itu, dapat disebabkan oleh faktor lain seperti pajanan gas beracun di tempat kerja atau adanya benda-benda tajam. Kegiatan di industri peternakan merupakan salah satu penyumbang emisi amonia di atmosfer. Sektor peternakan di Indonesia merupakan salah satu penyumbang emisi gas rumah kaca yang jika tidak ditanggulangi dengan tepat dan cepat akan timbul bencana yang tidak diinginkan (Herawati, 2012). Sektor peternakan merupakan salah satu kontributor emisi gas rumah

kaca antropogenik yang menghasilkan jumlah amonia (NH_3) cukup besar, yang menyebabkan nitrifikasi tanah dan pengasaman yang diproduksi oleh ternak (Mail, dkk, 2010).

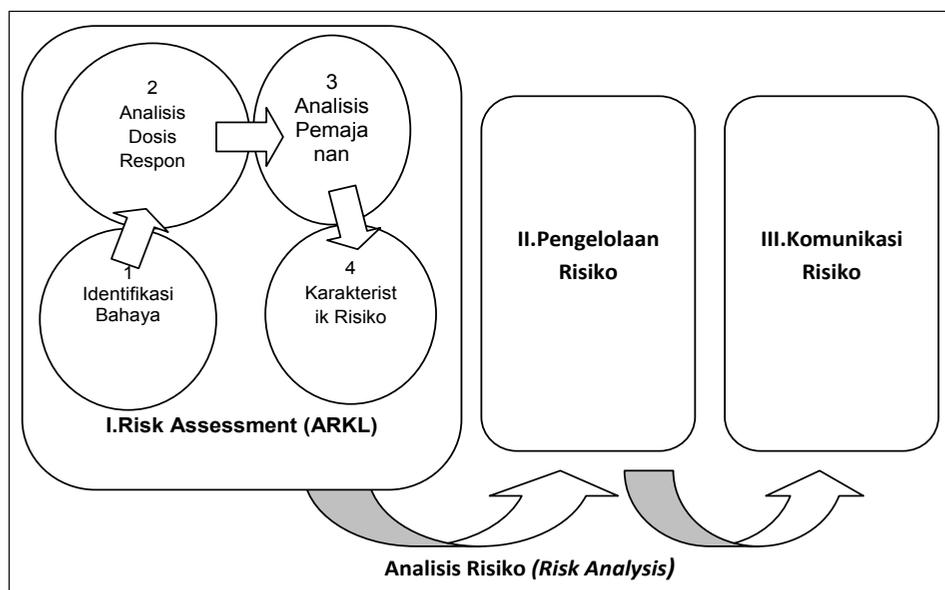
Salah satu industri peternakan adalah rumah pemotongan hewan (RPH). RPH melakukan pemotongan hewan yang biasa dikonsumsi manusia kecuali unggas. Kegiatan di RPH meliputi pemotongan hewan, pembersihan lantai tempat pemotongan, pembersihan kandang penampung, pembersihan kandang isolasi dan atau pembersihan isi perut atau air sisa perendaman. Limbah RPH dapat berupa urin, feses, rumen atau isi lambung, darah, daging atau lemak dan hasil cucian. Rumah pemotongan hewan merupakan salah satu penghasil emisi amonia dengan konsentrasi nitrogen yang tinggi (Pagans dkk, 2005). Hal ini dikarenakan limbah yang sebagian besar adalah kotoran hewan banyak mengandung nitrogen. Nitrogen tersebut dikonversi menjadi amonia. Amonia yang berasal dari kotoran dapat menimbulkan kerugian pada kesehatan maupun kualitas lingkungan (Panetta dkk. 2005).

Amonia penting bagi metabolisme mamalia untuk DNA, RNA, sintesis protein dan untuk menjaga keseimbangan asam-basa. Efek merugikan dari pajanan amonia yang berlebihan disebabkan karena sifat iritan dan korosif. Sehingga pajanan gas amonia memungkinkan timbulnya dampak terhadap kesehatan pekerja di RPH berupa keluhan kesehatan maupun

gangguan kesehatan. Menurut Depkes RI (2013), keluhan kesehatan merupakan keadaan seseorang yang mengalami gangguan kesehatan atau kejiwaan yang bisa terjadi karena penyakit akut atau kronis, kecelakaan, kriminalitas atau sebab lain. Keluhan kesehatan tidak selalu mengganggu aktivitas sehari-hari, namun terjadinya keluhan dan jenis keluhan yang dialami dapat menggambarkan derajat kesehatannya.

Berdasarkan teori dari H.L Blum secara garis besar status kesehatan dipengaruhi oleh empat faktor yaitu lingkungan, gaya hidup (perilaku), pelayanan kesehatan dan keturunan. Faktor lingkungan mempengaruhi sebanyak 45%, faktor perilaku 30%, faktor pelayanan kesehatan 20% dan faktor keturunan 5% (Hapsari dkk, 2009). Faktor lingkungan dalam penelitian ini adalah lingkungan kerja yang diindikasikan adanya pajanan gas amonia.

Amonia masuk ke dalam tubuh manusia melalui inhalasi, oral, kulit dan atau mata. Amonia yang terhirup dapat merusak saluran pernapasan terutama saluran pernapasan bagian atas. Saluran pernapasan yang terkena amonia akan mengalami pembengkakan sehingga terjadi penyempitan pada saluran pernapasan. Hal ini menyebabkan terganggunya pernapasan manusia. Jika yang terangsang amonia adalah saluran lendir maka akan keluar sekret (cairan getah) sehingga menghambat pernapasan dan mengakibatkan sesak napas. Pendarahan pada



Gambar 1.
Bagan Alir Penerapan ARKL
Sumber: Purnama (2012)

saluran pernapasan dapat terjadi jika jaringan yang terangsang mengalami kerusakan dan darah dapat keluar bersama batuk. Iritasi karena amonia dapat terjadi pada hidung dan faring namun tidak terjadi pada trakea, hal ini menunjukkan bahwa amonia disimpan pada saluran pernapasan atas (*Health Protection Agency, 2007*).

Pajanan melalui oral bukan jalur yang relevan untuk amonia dalam bentuk gas namun amonia dalam bentuk cair dapat masuk ke dalam tubuh manusia melalui oral. Orang yang menelan amonia (amonium hidroksida) dapat menimbulkan gejala atau tanda-tanda gangguan kesehatan termasuk nyeri pada mulut, tenggorokan dan dada, air liur berlebihan dan luka bakar alkali dengan cepat dan luas pada saluran *aerodigestive*. Hal tersebut terjadi pada beberapa kasus bunuh diri dengan mengonsumsi sedikitnya 20–25 ml larutan amonia 6% (*Health Protection Agency, 2007*).

Telah banyak penjelasan mengenai efek iritasi akibat pajanan amonia tetapi belum ditemukan korelasinya dengan tingkat pajanan (Swotinsky dkk, 1990). Dampak negatif dari amonia dapat diperkirakan besar risiko kesehatannya. Untuk mengetahui seberapa besar risiko kesehatan yang ditimbulkan oleh pajanan gas pencemar udara tersebut, perlu adanya pendekatan yang disebut dengan Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan (ARKL).

Menurut KEPMENKES No. 876/Menkes/VIII/2001 tentang Pedoman Teknis Analisis Dampak Lingkungan (ADKL), ARKL merupakan suatu pendekatan untuk mencermati potensi besarnya risiko yang dimulai dengan mendeskripsikan masalah lingkungan yang telah dikenal dan melibatkan penetapan risiko pada kesehatan manusia yang berkaitan dengan masalah lingkungan yang bersangkutan. Analisis risiko kesehatan biasanya berhubungan dengan masalah lingkungan saat ini atau di masa lalu.

ARKL merupakan pendekatan yang digunakan untuk melakukan penilaian risiko kesehatan di lingkungan dengan *output* adalah karakterisasi risiko (dinyatakan sebagai tingkat risiko) yang menjelaskan apakah agen risiko/parameter lingkungan berisiko terhadap kesehatan masyarakat atau tidak (Purnama, 2012). Bagan alir penerapan ARKL ditunjukkan pada Gambar 1.

Risk Assessment (ARKL)

Kemenkes RI (2011), dalam pedoman Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan (ARKL) menjelaskan bahwa pada dasarnya ARKL hanya

mengenal empat langkah yaitu identifikasi bahaya, analisis dosis respons (dalam literatur lain disebut karakteristik bahaya), analisis pemajanan dan karakterisasi risiko. Sebagai tindak lanjut dari pelaksanaan ARKL, pedoman tersebut juga memuat pengelolaan dan komunikasi risiko.

Tahapan pertama dalam ARKL adalah identifikasi bahaya. Identifikasi bahaya digunakan untuk mengetahui secara spesifik agen risiko yang berpotensi menyebabkan gangguan kesehatan bila tubuh terpajan. Sebagai pelengkap dalam identifikasi bahaya dapat ditambahkan gejala gangguan kesehatan yang terkait erat dengan agen risiko yang akan dianalisis. Tahapan ini harus menjawab pertanyaan jenis agen risiko spesifik yang berbahaya, di media lingkungan, agen risiko eksisting, besar kandungan/konsentrasi agen risiko di media lingkungan dan gejala kesehatan yang potensial.

Tahapan kedua adalah analisis dosis-respons (*dose-response assessment*) yaitu menetapkan nilai-nilai kuantitatif toksisitas *risk agent* untuk setiap bentuk spesi kimianya. Menurut Keputusan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 876/Menkes/SK/VII/2001 dalam analisis *dose-response* diidentifikasi daya racun yang terkandung dalam suatu bahan untuk menjelaskan suatu kondisi pemajanan (cara, dosis, frekuensi dan durasi) oleh suatu agen yang berhubungan dengan timbulnya dampak terhadap kesehatan.

Analisis dosis-respons yaitu mencari nilai RfD, dan/atau RfC, dan/atau SF dari agen risiko yang menjadi fokus ARKL, serta memahami efek apa saja yang mungkin ditimbulkan oleh agen risiko tersebut pada tubuh manusia.

RfD merupakan dosis referensi dan RfC adalah konsentrasi referensi yaitu nilai yang dijadikan referensi untuk nilai yang aman pada efek non karsinogenik suatu agen risiko, sedangkan SF (*slope factor*) adalah referensi untuk nilai yang aman pada efek karsinogenik. Nilainya diperoleh dari berbagai sumber penelitian. Tahapan kedua ini juga dimaksudkan untuk mengetahui jalur pajanan agen risiko masuk ke dalam tubuh manusia

Tahapan ketiga adalah analisis pemajanan. Pada tahap ini mengukur atau menghitung *intake*/asupan dari agen risiko. Untuk menghitung *intake* digunakan persamaan atau rumus yang berbeda. Data yang digunakan untuk melakukan perhitungan dapat berupa data primer (hasil pengukuran konsentrasi agen risiko pada media lingkungan yang dilakukan

Tabel 1.
Notasi Rumus Perhitungan Intake Nonkarsinogenik (I_{nk})

Notasi	Arti notasi	Satuan	Nilai Default
I_{nk} (<i>Intake</i>)	Jumlah konsentrasi agen risiko (mg) yang masuk ke dalam tubuh manusia dengan berat badan tertentu (kg) setiap harinya	mg/kg × hari	Tidak ada nilai default
C (<i>Concentration</i>)	Konsentrasi agen risiko pada media udara (udara ambien)	mg/m ³	Tidak ada nilai default
R (<i>Rate</i>)	Laju inhalasi atau banyaknya volume udara yang masuk setiap jamnya	m ³ /jam	Dewasa: 0,83 m ³ /jam Anak-anak (6–12 tahun): 0,5 m ³ /jam
tE (<i>time of exposure</i>)	Lamanya atau jumlah jam terjadinya pajanan setiap harinya	jam/hari	– Pajanan pada pemukiman: 24 jam/hari – Pajanan pada lingkungan kerja: 8 jam/hari – Pajanan pada sekolah dasar: 6 jam/hari
fE (<i>frequency of exposure</i>)	Lamanya atau jumlah hari terjadinya pajanan setiap tahunnya	hari/tahun	– Pajanan pada pemukiman: 350 hari/tahun – Pajanan pada lingkungan kerja: 250 hari/tahun
Dt (<i>duration time</i>)	Lamanya atau jumlah tahun terjadinya pajanan	tahun	Residensial (pemukiman)/ pajanan seumur hidup: 30 tahun
Wb (<i>weight of body</i>)	Berat badan manusia / Populasi/kelompok populasi	kg	– Dewasa asia / Indonesia: 55 Kg – Anak-anak: 15 Kg
$tavg(nk)$ (<i>time average</i>)	Periode waktu rata-rata	hari	30 tahun × 365 hari/tahun = 10.950 hari

Sumber: Purnama, 2012

di lapangan oleh peneliti) atau data sekunder (pengukuran konsentrasi agen risiko pada media lingkungan yang dilakukan oleh pihak lain yang dipercaya seperti BLH, Dinas Kesehatan, LSM, dan sebagainya), dan asumsi yang didasarkan pertimbangan yang logis atau menggunakan nilai *default* yang tersedia.

Penelitian ini fokus terhadap pajanan melalui jalur inhalasi dengan efek nonkarsinogenik (dikarenakan amonia bersifat iritan) pada pekerja yang terpajan sehingga rumus yang digunakan adalah sebagai berikut:

$$I_{nk} = \frac{C \cdot R \cdot tE \cdot fE \cdot Dt}{Wb \cdot tavg}$$

Tahapan keempat adalah karakterisasi risiko. Pada tahapan ini menetapkan tingkat risiko dengan kata lain menentukan apakah risiko pada konsentrasi tertentu yang dianalisis berisiko menimbulkan gangguan kesehatan atau tidak.

Tahapan ini membandingkan *intake* dengan dosis konsentrasi agen risiko tersebut. Karakterisasi untuk efek non karsinogenik dinyatakan dalam notasi RQ . Rumus yang digunakan adalah sebagai berikut

$$RQ = \frac{I}{RfC}$$

Keterangan:

I (*Intake*): Intake yang dihitung pada rumus pertama
 RfC (*Reference Concentration*): Nilai referensi agen risiko pada pemajanan inhalasi

Pengelolaan Risiko

Menurut Keputusan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 876/Menkes/SK/VII/2001 pengelolaan risiko adalah upaya yang secara sadar dilakukan untuk mengendalikan risiko. Pengelolaan risiko dirumuskan berdasar pada hasil analisis risiko dan acuan lain: tujuan pengelolaan, faktor sosial – politik, teknologi

pengendalian yang tersedia, analisis manfaat dan biaya risiko yang dapat diterima, dan dampak kesehatan yang dapat diterima.

Hal-hal pokok dalam pengelolaan risiko meliputi pengelolaan risiko melibatkan banyak pihak, risiko berada pada setiap tingkat proses mulai dari rencana sampai akhir kegiatan, maka pengelolaan risiko harus memilih dimana pengelolaan terbaik akan dilakukan, pengelolaan risiko harus dilaksanakan melalui penetapan keputusan, penetapan parameter lingkungan dan peraturan pendukungnya; dan risiko itu harus dikomunikasikan sehingga dapat menurunkan dampak yang ditimbulkannya.

Menurut Keputusan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 876/Menkes/SK/VII/2001, pengelolaan risiko merupakan upaya untuk mengendalikan risiko dampak pada tingkat yang tidak membahayakan. Umumnya meliputi 3 langkah: (a) partisipasi masyarakat, (b) pengendalian bahaya, dan (c) pemantauan risiko. Pengendalian diarahkan kepada dua sasaran, yaitu: (a) pengendalian pada sumbernya dan (b) pengendalian pajanan.

Manajemen risiko tidak termasuk dalam langkah ARKL, namun tindak lanjut yang harus dilakukan bila hasil karakterisasi risiko menunjukkan risiko yang tidak aman. Manajemen risiko adalah cara atau metode yang akan digunakan untuk mencapai batas aman tersebut. Cara manajemen risiko meliputi beberapa pendekatan yaitu pendekatan teknologi, pendekatan sosial-ekonomis, dan pendekatan institusional (Purnama, 2012).

Komunikasi Risiko

Menurut Keputusan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 876/Menkes/SK/VII/2001, komunikasi risiko merupakan upaya untuk menginformasikan dan menyarankan masyarakat tentang hasil analisis risiko dan dampaknya, mendengar reaksi mereka, dan melibatkan mereka dalam perencanaan pengelolaan risiko. Komunikasi risiko adalah tindak lanjut dari pelaksanaan ARKL dan merupakan tanggung jawab dari pihak yang menyebabkan terjadinya risiko (Purnama, 2012).

METODE PENELITIAN

Penelitian ini merupakan penelitian observasional deskriptif dengan rancangan penelitian *cross sectional*. Lokasi penelitian

dilakukan di rumah potong hewan Pegirian Surabaya. Waktu penelitian dilakukan pada bulan November 2013 hingga Juli 2014. Pengambilan data primer dilakukan sebanyak dua kali. Pengambilan data primer yang pertama adalah pengambilan data kebiasaan merokok dan keluhan kesehatan yang terkait dengan pajanan gas amonia, dilakukan pada Juni 2014. Dari kebiasaan merokok merupakan variabel pengganggu dalam penelitian ini. Pengambilan data kedua adalah untuk mengambil sampel udara yang dilakukan pada bulan Juli 2014.

Populasi penelitian adalah seluruh pekerja di rumah potong hewan Pegirian Surabaya. Penentuan sampel menggunakan metode *purposive sampling* karena subjek terpilih merupakan orang yang memiliki risiko terbesar untuk terpajan amonia secara langsung. Sampel manusia pada penelitian ini adalah pekerja pada bagian pemotongan, teknik, sanitasi dan IPAL. Besar sampel berjumlah 35 orang. Sedangkan sampel lingkungan yang diteliti adalah gas amonia yang diambil pada empat titik yaitu tempat pemotongan sapi ke-1 (lokasi ini berdekatan dengan kandang sapi dan jalur masuk sapi yang akan disembelih), tempat pemotongan sapi ke-2 dan jeroan (ruang jeroan ini adalah tempat pengeluaran rumen dari lambung sapi yang baru saja dipotong), tempat penyimpanan rumen dan IPAL (titik ini diindikasikan sebagai sumber gas amonia terbesar karena merupakan tempat kotoran atau limbah dari kegiatan dikumpulkan) dan tempat pemotongan babi. Pengambilan sampel udara dilakukan 2 kali. Pada setiap titik *sampling* dilakukan pengukuran pada pukul 03.00 WIB dan 07.45 WIB. Waktu pengambilan sampel udara disesuaikan dengan jam kerja dari sampel manusia (pekerja). Dimana terdapat pekerja yang bekerja pada pukul 01.00 WIB hingga 09.00 WIB, 05.30 WIB hingga 11.30 WIB dan 07.30 WIB hingga 14.00 WIB. Pengukuran konsentrasi gas amonia menggunakan alat *midget impinger* dan dianalisis menggunakan metode *spectrophotometer nessler* pada panjang gelombang 440 nm. Pengukuran dilakukan selama 15 menit pada masing-masing titik *sampling*.

Hasil rata-rata NH_3 yang telah diperoleh dikonversikan ke dalam persamaan model konversi *Canter* dengan waktu pencuplikan 8 jam. Pencuplikan waktu menggunakan 8 jam karena rata-rata lama kerja pekerja dalam sehari adalah 8 jam. Persamaan konversi *Canter* dalam Sutra (2009) sebagai berikut:

$$C_1 = C_2 \left(\frac{t_2 t_2}{t_1 t_1} \right)^p$$

C_1 = Konsentrasi udara rata-rata dengan lama pencuplikan 8 jam

C_2 = Konsentrasi udara rata-rata dengan lama pencuplikan 1/4 jam

t_1 = Lama pencuplikan 8 jam

t_2 = Lama pencuplikan 1/4 jam

p = Faktor konversi dengan nilai 0,17

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menganalisis risiko kesehatan lingkungan (ARKL) konsentrasi amonia serta keluhan kesehatan pekerja di Rumah Potong Hewan Pegirian Surabaya. Penelitian ini memperkirakan tingkat risiko kesehatan akibat pajanan gas amonia dari populasi berisiko. Data pajanan gas amonia diperoleh dari hasil pengukuran gas amonia dari udara di wilayah RPH. Konsentrasi gas amonia yang terukur dinyatakan sebagai *risk agent* yang masuk ke dalam tubuh manusia melalui inhalasi. Pengolahan data menggunakan perhitungan analisis risiko yaitu dengan menghitung asupan (*intake*), untuk mengetahui tingkat risiko terhadap populasi terpajan. Analisis data dilakukan secara deskriptif yaitu dengan menggambarkan besar risiko gangguan kesehatan yang kemungkinan akan dialami oleh pekerja di Rumah Potong Hewan Pegirian Surabaya akibat pajanan gas amonia.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan Identifikasi Bahaya

Bahaya yang diidentifikasi adalah gas amonia. Gas amonia di RPH diperoleh dari adanya dekomposisi limbah dari kegiatan di RPH. Hasil pengukuran konsentrasi gas amonia di Rumah Potong Hewan Pegirian Surabaya disajikan pada Tabel 2.

Berdasarkan pengukuran yang telah dilakukan diketahui bahwa konsentrasi gas amonia pada ke empat titik pengukuran berada di bawah NAB (Nilai Ambang Batas) oleh Keputusan Menteri Kesehatan Nomor 1405/MENKES/SK/XI/2002 yaitu 25 ppm. Konsentrasi gas merupakan kepekatan gas. Jumlah gas dinyatakan dalam mol (n). Dari rumus Persamaan rumus untuk gas

ideal diperoleh dengan menggabungkan hukum Charles, Avogadro dan Boyle, sebagai berikut:

$$PV = nRT$$

Keterangan:

V = Volume gas

P = Tekanan

n = mol

T = Suhu

R = Konstanta

Diketahui bahwa jika volume udara mengalami peningkatan maka konsentrasi gas akan mengalami peningkatan. Jika suhu udara mengalami penurunan maka konsentrasi gas akan mengalami peningkatan begitu sebaliknya. Pada penelitian ini adalah konsentrasi gas amonia mengalami penurunan seiring dengan peningkatan suhu.

Amonia adalah salah satu bahan kimia yang terdapat di atmosfer secara alami maupun di produksi oleh manusia. Amonia merupakan gas yang tidak berwarna dan berbau tajam yang terdiri atas satu molekul nitrogen dan tiga molekul hidrogen. Komposisi amonia di udara bersih adalah $1 \times 10^{-6}\%$.

Sebagian besar amonia di lingkungan berasal dari pemecahan alami pupuk kandang, tanaman dan hewan mati. Emisi amonia mulai terjadi dari sumber terkecil yaitu pertanian dan peternakan serta dipengaruhi oleh kondisi meteorologi.

Amonia merupakan kunci penting dalam siklus nitrogen di alam dan mikroba merupakan sumber utama pembentukan amonia. Emisi senyawa nitrogen memiliki pengaruh terhadap kualitas udara. Siklus nitrogen dapat terganggu karena dua kebutuhan utama manusia. Kebutuhan pertama adalah untuk memperoleh energi yang mengarah kepada emisi nitrogen oksida di udara.

Kebutuhan kedua adalah kebutuhan pangan yang mengarah ke pertanian dan emisi amonia (Aneja, dkk., 2000).

Pada dasarnya amonia mempunyai peran penting untuk tanaman, hewan dan kehidupan manusia serta dapat ditemukan di air, tanah dan udara. Emisi amonia menjadi masalah lingkungan karena dapat menimbulkan bau, eutrofikasi pada air permukaan dan kontaminasi nitrat terhadap air tanah. Bau yang tidak menyenangkan karena gas amonia dapat dideteksi pada konsentrasi

Tabel 2.
Hasil Pengukuran Konsentrasi Gas Amonia di Rumah Pemotongan Hewan Pegirian Surabaya Tahun 2014

Titik Sampling	Waktu Pengukuran	NH ₃ (ppm)	NH ₃ Konversi 8 jam (ppm)
Titik Sampling 1	03.05–03.20	0,011672	0,006475
	07.42–07.57	0,010423	0,005783
Titik Sampling 2	03.20–03.35	0,020487	0,011366
	08.03–08.18	0,017054	0,009461
Titik Sampling 3	03.42–03.57	0,025972	0,014409
	08.27–08.42	0,021119	0,011716
Titik Sampling 4	04.07–04.22	0,005025	0,002788
	08.51–09.06	0,004364	0,002421

Keterangan: NAB berdasarkan Keputusan Menteri Kesehatan Nomor 1405/MENKES/SK/XI/2002 yaitu 25 ppm

rendah. Pada konsentrasi amonia yang cukup tinggi akan membahayakan vegetasi. Eutrofikasi pada air permukaan karena amonia dikarenakan tingginya kandungan amonia dalam air sehingga menyebabkan penurunan kualitas badan air. Eutrofikasi dapat mengganggu fungsi normal dari ekosistem sehingga menyebabkan oksigen di dalam air yang dibutuhkan oleh ikan dan makhluk hidup lainnya berkurang. Emisi gas buang amonia antropogenik berkontribusi terhadap terjadinya hujan asam dan pengasaman ekosistem (Steinfeld, *et al.*, 2006).

Amonia dihasilkan dari hidrolisis urea, yang dikatalisis oleh enzim urease yang dihasilkan oleh mikroorganisme dalam feses. Nitrogen organik dalam feses dapat diubah menjadi amonium (NH₄⁺) oleh mikroorganisme melalui proses mineralisasi atau sebaliknya (imobilisasi). Melalui proses amonifikasi yang dilakukan oleh mikroorganisme dalam siklus nitrogen, protein mengalami deaminasi dan menghasilkan amonia (NH₃) yang dilepaskan di lingkungan atau diasimilasi ke dalam jaringan mikroorganisme. Amonia yang terdapat di dalam air akan membentuk keseimbangan dengan ion amonium. Kesetimbangan reaksi tersebut dapat berubah jika terjadi perubahan pH di dalam air. Kenaikan pH akan meningkatkan jumlah NH₃ dan menurunkan NH₄⁺. Pada pH yang tinggi sebagian NH₃ akan menguap ke atmosfer (Ngwabie, 2011).

Menurut Bittman (2009), bahan yang mengandung amonia lebih rentan terhadap penguapan dalam kondisi alkali daripada pada kondisi asam (pKa = 9.2). Reaksi pajanan NH₃ ini

mempercepat ketika suhu meningkat atau ketika konsentrasi NH₄⁺ meningkat.

Tingginya konsentrasi gas amonia pada tempat penyimpanan rumen dan IPAL dapat disebabkan oleh berbagai faktor. Penyimpanan rumen merupakan tempat penyimpanan sisa-sisa rumen, kotoran ternak dan limbah hasil kegiatan pemotongan hewan. Selama proses penyimpanan, terjadi proses dekomposisi oleh mikroorganisme yang mengakibatkan terbentuknya amonia, nitrit, nitrat dan asam sulfida. Pada bagian IPAL merupakan tempat pengolahan air limbah yang termasuk di dalamnya darah, pencucian lantai, kotoran sapi, pencucian alat dan saluran air limbah dikumpulkan. Pada limbah di rumah pemotongan hewan terdapat reaksi kimia dalam bentuk Hb (hemoglobin) + H⁺ (*bacteria*) → C_(ppt) (karbon) + H₂S + NH₃ yang merupakan hasil dari metabolisme bakteri yang memberi perubahan fisik di atas air limbah yang disebabkan oleh campuran hidrogen sulfida dan gas amonia (Coker, dkk., 2001).

Berdasarkan hasil pengukuran yang dilakukan di Rumah Pemotongan Hewan Pegirian didapatkan konsentrasi amonia di bawah nilai ambang batas yang ditetapkan oleh Keputusan Menteri Kesehatan Nomor 1405/MENKES/SK/XI/2002 yaitu 25 ppm. Pada penelitian ini diketahui bahwa konsentrasi amonia tertinggi adalah 0,014409 ppm (0,004502 mg/m³) dan terendah adalah 0,002421 ppm (0,001683 mg/m³). Berdasarkan hasil pengukuran diketahui bahwa rata-rata konsentrasi gas amonia di Rumah Pemotongan Hewan Pegirian Surabaya adalah 0,006442 ppm (0,004479 mg/m³).

Analisis Dosis Respons

Pada tahapan analisis dosis respons ini adalah menentukan hubungan antara dosis suatu agen dengan efek kesehatan dengan menetapkan kuantitas toksisitas risk agen. Toksisitas dinyatakan sebagai dosis referensi (RfC) karena pajanan melalui inhalasi. Konsentrasi referensi (RfC) gas amonia adalah 0,3 mg/m³ (EPA, 2013). Nilai RfC hanya sebagai referensi, jika dosis yang diterima manusia melebihi RfC, maka kemungkinan untuk mendapatkan risiko juga lebih besar. Namun dosis RfC tidak otomatis mengganggu kesehatan dan sebaliknya dosis di bawah RfC tidak otomatis aman karena RfC diturunkan dengan menyertakan unsur-unsur ketidakpastian. Suatu toksik yang RfCnya kecil berarti risiko kesehatan yang dapat ditimbulkan besar (Taqwim, 2013).

Analisis Pemajanan

Dalam analisis pemajanan yang dilakukan adalah mengukur atau menghitung *intake*/asupan dari agen risiko. Nilai *intake* adalah nilai yang menunjukkan dosis sebenarnya yang diterima oleh pekerja setiap hari per kilo berat badan. Gas amonia yang berasal dari rumah pemotongan hewan menyebar melalui udara dan terpajan kepada pekerja. Untuk pajanan gas amonia melalui inhalasi dengan efek kesehatan bersifat non karsinogenik rumus yang digunakan adalah sebagai berikut:

$$I_{nk} = \frac{C \cdot R \cdot t \cdot f \cdot E \cdot Dt}{Wb \cdot t_{avg}}$$

Rate atau laju inhalasi yang digunakan pada penelitian ini adalah 0,83 m³/jam yaitu nilai *default* yang digunakan untuk orang dewasa dengan durasi pajanan *lifetime* atau durasi pajanan seumur hidup. Pada pajanan non karsinogenik periode waktu rata-rata selama 30 tahun untuk orang dewasa. Sedangkan *time of exposure* yang digunakan adalah pajanan pada lingkungan kerja yaitu 8 jam/ hari. Berat badan adalah rerata berat badan pada dewasa asia/Indonesia yaitu 55 kg (*default*).

Perhitungan *intake* nonkarsinogenik (I_{nk}) gas amonia pada pemajanan jalur inhalasi dapat dihitung dengan menggunakan rumus berikut:

$$I_{nk} = \frac{0,01009 \frac{mg}{m^3} \times 0,83 \frac{m^3}{jam} \times 8 \frac{jam}{hari} \times 250 \frac{hari}{tahun} \times 30 \text{ tahun}}{55 \text{ kg} \times 10.950 \text{ hari}}$$

$$I_{nk} = 0,00037 \text{ mg/kg hari}$$

Karakterisasi Risiko

Karakteristik risiko dilakukan dengan membandingkan/membagi *intake* dengan dosis /konsentrasi agen risiko tersebut. Variabel yang digunakan untuk menghitung tingkat risiko adalah *intake* (yang didapatkan dari analisis pemajanan) dan dosis referensi (*RfD*)/konsentrasi referensi (*RfC*). Efek amonia terhadap kesehatan manusia adalah bersifat iritan sehingga perhitungan yang digunakan adalah perhitungan tingkat risiko non karsinogenik yang dinyatakan dalam notasi *Risk Quotien* (*RQ*). Menurut Nukman dkk (2005), faktor yang paling menentukan nilai *RQ* adalah konsentrasi *risk agent*.

$$RQ = \frac{I}{RfC}$$

$$RQ = \frac{0,000374 \frac{mg}{kg} \text{ hari}}{0,3 \text{ mg} / \text{m}^3}$$

$$RQ = 0,001233$$

Tingkat risiko dinyatakan dalam angka atau bilangan desimal tanpa satuan. Tingkat risiko dikatakan AMAN bilamana *intake* ≤ *RfD* atau *RfC*nya atau dinyatakan dengan $RQ \leq 1$. Tingkat risiko dikatakan TIDAK AMAN bilamana *intake* > *RfD* atau *RfC*nya atau dinyatakan dengan $RQ > 1$ (Pramana, 2012)

Dari perhitungan tersebut diketahui bahwa *RQ* untuk pajanan NH₃ (inhalasi) sebesar 0,004479 mg/m³ (0,006442 ppm) pada pekerja dewasa di Rumah Pemotongan Hewan Pegirian Surabaya dengan berat badan 55 kg dan telah terpajan selama 250 hari/tahun hingga 30 tahun mendatang diketahui sebesar 0,001233, maka pajanan NH₃ secara inhalasi pada pekerja dewasa di Rumah Pemotongan Hewan Pegirian Surabaya dengan berat badan 55 kg, masih aman untuk frekuensi pajanan 250 hari/tahun hingga 30 tahun mendatang.

Telah diketahui bahwa gas amonia dapat menimbulkan efek negatif terhadap kesehatan masyarakat. Pada penelitian ini dilakukan pula identifikasi keluhan kesehatan pekerja di Rumah Pemotongan Hewan terkait dengan pajanan NH₃. Keluhan yang diidentifikasi berupa keluhan mata dengan keluhan mata pedih, mata gatal, mata merah, kelopak mata bengkak dan atau penglihatan kabur. Sedangkan keluhan pernapasan dengan keluhan batuk, keluar dahak, mengi dan sesak napas.

Tabel 3.

Distribusi Frekuensi Jenis Keluhan Mata dan Keluhan Pernapasan pada Pekerja Bagian Pemotongan, Teknik, Sanitasi dan IPAL di Rumah Pemotongan Hewan Pegirian Surabaya Tahun 2014

Jenis Keluhan	Jumlah Pekerja yang Mengalami Keluhan	
	n	%
Keluhan Mata		
Mata Pedih	6	17,1
Mata Gatal	4	11,4
Mata Merah	9	25,7
Kelopak Mata Bengkak	1	2,9
Penglihatan Kabur	13	37,1
Keluhan Pernapasan		
Batuk	17	48,6
Dahak	12	34,3
Mengi	0	0,0
Sesak Napas	0	100,0

Distribusi frekuensi responden yang mengalami keluhan iritasi mata dan iritasi saluran pernapasan di Rumah Pemotongan Hewan Pegirian adalah terdapat 22 (62,9%) pekerja mengalami iritasi mata dan 21 (60%) pekerja mengalami iritasi pernapasan. Sedangkan jenis keluhan yang terjadi ditunjukkan pada Tabel 3.

Tabel 3 menunjukkan bahwa sebesar 62,9% responden mengalami keluhan iritasi mata. Jenis keluhan yang dialami adalah 17,1% mengalami mata pedih, 11,4% responden mengalami mata gatal, 25,7% mengalami mata merah, 2,9% mengalami pembengkakan pada kelopak mata dan 37,1% mengalami penglihatan kabur.

Berdasarkan Tabel 3 diketahui bahwa sebesar 60% responden mengalami keluhan pernapasan. Jenis keluhan yang dialami adalah 48,6% dari total responden mengalami batuk, 34,3% dari total responden keluar dahak dan tidak ada responden yang mengalami mengi atau sesak napas.

Pengelolaan Risiko

Dari hasil analisis risiko kesehatan lingkungan diketahui bahwa intake \leq RfC sehingga pajanan amonia sebesar 0,01009 mg/m³ (0,014515 ppm) secara inhalasi pada pekerja di Rumah Pemotongan Hewan Pegirian Surabaya dengan berat badan 55 kg masih aman untuk frekuensi pajanan 250 hari/tahun hingga 30 tahun mendatang. Sehingga tidak perlu adanya pengelolaan risiko.

Jenis ARKL yang digunakan dalam penelitian ini adalah kajian di atas meja. Data yang digunakan dalam penelitian menggunakan nilai *default*, rekomendasi dan/atau asumsi. Sehingga jika data tentang berat badan pekerja diperoleh melalui pengukuran langsung, kemungkinan dapat ditemukan berat badan yang kurang dari 55 kg atau lebih dari 55 kg.

Dalam analisis risiko kesehatan lingkungan, berat badan mempengaruhi besarnya nilai risiko. Besarnya *intake* berbanding lurus dengan nilai konsentrasi bahan kimia, laju asupan, frekuensi pajanan dan durasi pajanan. Sedangkan asupan berbanding terbalik dengan nilai berat badan dan periode waktu rata-rata. Sehingga semakin berat seseorang maka akan semakin kecil risiko kesehatannya (Taqwim, 2013).

Pekerja dengan berat badan 55 kg ke atas akan berada dalam batas aman jika konsentrasi gas amonia masih sama seperti hasil penelitian. Namun jika berat badan pekerja kurang dari 55 kg dikhawatirkan akan meningkatkan risiko bahaya akibat amonia. Untuk mempertahankan berat badan yang ideal diperlukan asupan makanan seimbang serta menerapkan hidup sehat.

Komunikasi Risiko

Menurut Keputusan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 876/Menkes/SK/VII/2001, komunikasi risiko merupakan upaya untuk menginformasikan dan menyarankan masyarakat tentang hasil analisis risiko dan dampaknya, mendengar reaksi mereka, dan melibatkan mereka dalam perencanaan pengelolaan risiko. Komunikasi risiko merupakan tindak lanjut apabila ditemukan agen risiko dalam batas tidak aman. Namun jika masih aman, komunikasi risiko tidak perlu dilakukan.

Hubungan Kebiasaan Merokok dengan Keluhan Kesehatan di Rumah Pemotongan Hewan Pegirian

Telah diketahui sebelumnya bahwa pekerja mengalami beberapa keluhan yang berkaitan dengan gas amonia. Namun berdasarkan analisis risiko kesehatan lingkungan pajanan gas amonia pada konsentrasi rata-rata di RPH masih dalam batas aman. Kemungkinan keluhan yang dialami oleh pekerja disebabkan oleh faktor lain seperti kebiasaan merokok. Merokok merupakan penyebab berbagai kondisi patologik yang dapat

Tabel 4.

Tabulasi Silang Kebiasaan Merokok dengan Keluhan Iritasi Mata dan Iritasi Saluran Pernapasan pada Responden di Rumah Pematangan Hewan Pegirian Surabaya

Jenis Keluhan	Kebiasaan Merokok			
	Ya		Tidak	
	n	%	n	%
Keluhan Mata				
Ada keluhan	15	60,0	7	70,0
Tidak ada keluhan	10	40,0	3	30,0
Keluhan Pernapasan				
Ada keluhan	18	72,0	3	30,0
Tidak ada keluhan	7	28,0	7	70,0
Jumlah	25	100,0	10	100,0

menimbulkan penyakit dan bahkan kematian (Kasim, 2001).

Tabel 4 menunjukkan bahwa pekerja yang memiliki kebiasaan merokok dan tidak memiliki kebiasaan merokok sama-sama banyak yang mengalami keluhan mata. Selain itu, pekerja yang memiliki kebiasaan merokok lebih banyak yang mengalami keluhan pernapasan sedangkan pekerja yang tidak memiliki kebiasaan merokok lebih banyak yang tidak mengalami keluhan pernapasan. Hasil penelitian ini juga menunjukkan bahwa sebesar 60% responden mengalami keluhan pernapasan. Jenis keluhan yang dialami adalah 48,6% dari total responden mengalami batuk, 34,3% dari total responden keluar dahak dan tidak ada responden yang mengalami mengi atau sesak napas.

Batuk dan sekresi lendir dikoordinasikan oleh syaraf yang melindungi saluran pernapasan dari zat-zat eksogen berbahaya pada kondisi fisiologis (Groneberg-Kloft dkk, 2006). Batuk merupakan mekanisme pertahanan tubuh di saluran pernapasan dan merupakan gejala suatu penyakit atau reaksi tubuh terhadap iritasi tenggorokan karena adanya lendir, makanan, debu, asap dan lain sebagainya. Seperti yang diketahui bahwa manusia memiliki sistim pertahanan tubuh, dalam sistem pernapasan memiliki sistim pertahanan fisik berupa selaput lendir. Selaput lendir dapat mengalami kerusakan karena asap rokok, sehingga akan meningkatkan risiko infeksi

(Baratawidjaya,2000). Asap rokok mengandung lebih dari 4.000 zat kimia. Beberapa diantaranya beracun dan berbahaya untuk pernapasan (Tobing, 2001). Adanya keluhan kesehatan berupa batuk dan dahak diduga dapat terjadi karena pajanan asap rokok maupun adanya iritasi akibat pajanan gas amonia. Hal ini dikarenakan responden yang mengalami keluhan pernapasan 85,7% memiliki kebiasaan merokok sedangkan 14,3% lainnya tidak memiliki kebiasaan merokok.

Dalam penelitian ini diketahui bahwa pekerja yang memiliki kebiasaan merokok dan tidak memiliki kebiasaan merokok sama-sama banyak yang mengalami keluhan mata. Sedangkan ketika dihubungkan dengan keluhan pernapasan diketahui bahwa pekerja yang memiliki kebiasaan merokok lebih banyak yang mengalami keluhan pernapasan (72%) sedangkan pekerja yang tidak memiliki kebiasaan merokok lebih banyak yang tidak mengalami keluhan pernapasan.

Pajanan asap tembakau bagi perokok aktif dan perokok pasif menjadi faktor utama untuk batuk. Karena prevalensi perokok aktif dan pasif masih besar, sulit untuk mengisolasi efek dari pajanan gas beracun di tempat kerja sehingga menimbulkan batuk (Groneberg dkk, 2005).

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan dalam penelitian ini adalah pajanan gas amonia pada populasi berisiko dengan berat badan 55 kg di Rumah Pematangan Hewan Pegirian masih dalam batas aman untuk frekuensi 250 hari/tahun hingga 30 tahun mendatang. Meskipun konsentrasi gas amonia di Rumah Pematangan Hewan Pegirian masih berada dalam batas aman, namun tetap perlu adanya upaya untuk mencegah dampak buruk gas amonia terhadap kesehatan pekerja mengingat terdapat keluhan kesehatan pada pekerja berupa keluhan mata dengan yang paling banyak dirasakan adalah penglihatan kabur dan keluhan pernapasan yang paling banyak dirasakan adalah batuk. Maka perlu dilakukan peraturan untuk menggunakan masker selama bekerja untuk melindungi pekerja dari polutan udara yang dapat mengganggu pernapasan. Perlu adanya sosialisasi mengenai bahaya merokok, mengingat banyak pekerja yang merokok dan mengalami keluhan pernapasan.

DAFTAR PUSTAKA

- Aneja, V.P., P.A. Roelle, G.C. Murray, J. Southerland, J.W. Erisman, D. Fowler, Willem, Asman, N. Patni, 2000. Atmospheric nitrogen compounds II: emissions, transport, transformation, deposition and assessment. *Atmospheric Environment* 35 (2001) 1903–1911.
- Baratawidjaja, K.G., 2000. *Imunologi Dasar Edisi ke 4*. Jakarta: Balai Penerbit Fakultas Kedokteran Universitas Indonesia.
- Bittman, S., R. Mikkelsen, 2009. Ammonia Emissions from Agricultural Operations: Livestock. *Better Crops/ Vol. 93* (2009, No. 1)
- Coker, A.O., B.O. Olugasa, A.O. Adeyemi, 2001. Abbatoir Wastewater Quality in South Western Nigeria. 27th WEDC Conference Zambia.
- Depkes R.I., 2013. *Buletin Jendela Data dan Informasi Kesehatan*. Jakarta: Kementerian Kesehatan RI.
- Groneberg-Kloft, B., Kraus, T., van Mark, A., Wagner, U., Fischer, A., 2006. Analysing the Causes of Chronic Cough: Relation to Diesel Exhaust, Ozone, Nitrogen oxides, Sulphur oxides and Other Environmental Factors. Germany: *Journal of Occupational Medicine and Toxicology*. Available at: <http://www.occup-med.com>. (Sitasi 10 September 2014).
- Groneberg, D.A., D. Nowak, A. Wussow, A. Fischer. 2005. Chronic cough due to occupational factors. Germany: *Journal of Occupational Medicine and Toxicology* 2006, 1:3. Available at: <http://www.occup-med.com>. (Sitasi 10 September 2014).
- Hapsari, D., P. Sari, J. Pradono, 2009. Pengaruh Lingkungan Sehat dan Hidup Sehat terhadap Status Kesehatan. *Bul. Penelit. Kesehatan*. Supplement 2009: 40–49 <http://ejournal.litbang.depkes.go.id/index.php/BPK/article/viewFile/2192/1090>. Diakses pada 27 Agustus 2014
- Health Protection Agency, 2007. Ammonia Toxicological Overview. J D Pritchard CHAPD HQ, HPA.
- Herawati, T. 2012. Refleksi Sosial dari Mitigasi Emisi Gas Rumah Kaca Pada Sektor Peternakan di Indonesia. *WARTAZOA Vol. 22 No. 1 Th. 2012*
- Kasim, Eddy, 2001. Merokok sebagai faktor risiko terjadinya penyakit periodontal. *J Kedokter Trisakti* Vol. 20 No. 1. Available at <http://www.univmed.org> diakses pada 15 Oktober 2014.
- KEPMENKES No. 876/Menkes/VIII/2001 tentang Pedoman Teknis Analisis Dampak Lingkungan (ADKL)
- KEPMENKES RI Nomor 1405/MENKES/ SK/XI/2002 tentang Persyaratan Lingkungan Kerja Perkantoran dan Industri.
- Kementerian Kesehatan RI. 2011. Pedoman Analisis Risiko kesehatan Lingkungan (ARKL). Jakarta: Direktorat Jendral PP PL.
- Mail, D.G.A.B.O., J.V. Itterbeeck, M.J.W. Heetkamp, H.V.D. Brand, J.J.A.V. Loon, A.V. Huis. 2010. An Exploration on Greenhouse Gas and Ammonia Production by Insect Species Suitable for Animal or Human Consumption. *Pone* 0014445. Available at <http://www.plosone.org> diakses pada 15 September 2014
- Ngwabie, N.M., 2011. Gas Emissions from Dairy Cow and Fattening Pig Buildings. Alnarp: Swedish University of Agricultural Sciences.
- Nukman A, A. Rahman, S. Warraou, Ml. Setiadi, CR. Akib, 2005. Analisis dan Manajemen Risiko Kesehatan Pencemaran Udara: Studi Kasus di 9 Kota Padat Transportasi. *Jurnal Ekologi Kesehatan* Vol. 4 No. 2 Agustus 2005: 270–289.
- Pagans, E, R. Barrena, X. Font, A. Sancez, 2005. Ammonia emissions from the composting of different organic wastes. Dependency on process temperature. *Chemosphere* 62(2006) 1534–1542.
- Panetta, D.M., W.J. Powers, and J.C. Lorimor, 2005. Management Strategy Impacts on Ammonia Volatilization from Swine Manure. <http://www.prairieswine.com/pdf/3470.pdf>. Sitasi 17 Februari 2014
- Purnama, D, 2012. Modul Bahan Ajar Pelatihan Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan. Cikarang: Kementerian Kesehatan RI Badan Pengembangan dan Pemberdayaan Sumber Daya Manusia Kesehatan Balai Pelatihan Kesehatan Cikarang.
- Steinfeld, H. P. Gerber. T. Wassenaar. V. Castel, M. Rosales. C. Haan, 2006. *Livestock's Long Shadow Environmental Issues and Options*. Roma: Food and Agriculture Organization of The United Nations.
- Sutra, D., 2009. Hubungan antara Pemajanan Particulate Matter 10 (PM10) dengan Gejala Infeksi Saluran Pernafasan Akut (ISPA) pada Pekerja Pertambangan Kapur Tradisional (Studi di Pertambangan Kapur Tradisional Gunung Masigit Kabupaten Bandung Barat. *Skripsi*. Depok: Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Indonesia,
- Swotinsky, Robert B., K.H Chase, 1990. Health Effect of Exposure to Ammonia: Scant Information. *American Journal of Industrial Medicine* 17:515-521 (1990). Available at <http://onlinelibrary.wiley.com/>. diakses pada 15 September 2014
- Taqwim, T.A., 2013. Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan Kadar Debu dan NO₂ Serta Keluhan Kesehatan Pedagang Kaki Lima di Jalan Margomulyo dan Jalan Raya A. Yani Depan Rumah Sakit Islam, Kota Surabaya. *Skripsi*: Surabaya: Universitas Airlangga
- Tobing, N.H., 2001. Rokok dan Kesehatan Respirasi. *Warta Rokok dan Kesehatan* No. 1-31/Mei/2001 <http://www.klikdpi.com/jurnal-warta/rokok/rokok-kes-03.html> Rokok dan Kesehatan Respirasi. Diakses 28 Agustus 2014