

## ANALISIS RISIKO PAJANAN GAS AMONIA PADA PEKERJA PETERNAKAN AYAM DI DESA LEMBAK SUMATERA SELATAN

Desheila Andarini, Mona Lestari, Minggu Bahruddin  
Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Sriwijaya

### RISK ANALYSIS OF AMMONIA EXPOSURE AT CHICKEN FARM WORKERS IN LEMBAK, SOUTH SUMATERA

#### ABSTRACT

**Background:** Livestock is a leading sector in fulfill human needs for food. One of chemical factors in chicken farms is ammonia as a component that can damage workers health. The main content of ammonia in poultry is generally derived from the residue of digestion or feces mixed with urine that pollute the air for causing odor and harmful to the health of animal and human. This study aims to analyze health risk of ammonia exposure in chicken farm workers at Lembak Village.

**Methods:** This was a study that predicted the estimated risk due to exposure to the ammonia of the chicken farms. Population was farms in Lembak, subject sample was chicken farm worker and object sample was ammonia level in farms. Data was collected by questionnaire, scales and dust concentration measurement directly. Risk estimation was calculated by the method of Environmental Health Risk Analysis with intake calculation and the risk of non-carcinogenic calculation.

**Results:** The concentration of ammonia was under the threshold value as  $0.0032 \text{ mg/m}^3$ . Calculation of the ammonia intake in realtime of 0.0020 and lifetime 0.7671. The highest value of ammonia RQ realtime was 3.0066 and the lowest value was 0.3006. From these results known that ammonia exposure poses no health risks of exposure ( $RQ < 1$ ) at this time.

**Conclusions:** The health risks analysis to ammonia exposure indicates that it is still within safe limits. Risk management should be done by Health Department to anticipate the higher concentration of ammonia and conduct periodic counseling and supervision.

**Keywords:** Health risk analysis, ammonia exposure, chicken farms

#### ABSTRAK

**Latar Belakang:** Peternakan merupakan salah satu sektor yang penting dalam memenuhi kebutuhan manusia akan pangan. Adapun salah satu faktor kimia yang ada di peternakan ayam adalah amonia sebagai komponen yang dapat mengganggu kesehatan pekerja. Amonia berasal dari menur berupa bahan sisa pencernaan atau feses yang bercampur urine dan berbahaya bagi kesehatan hewan ternak dan manusia. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menganalisis risiko kesehatan akibat pajanan amonia pada pekerja di peternakan ayam Desa Lembak.

**Metode:** Penelitian ini merupakan penelitian yang memprediksi perkiraan risiko akibat pajanan amonia terhadap pekerja peternakan ayam. Populasi dalam penelitian ini adalah seluruh peternakan ayam di Desa Lembak, sampel subjek adalah pekerja di peternakan ayam, dan sampel objek adalah kadar amonia di peternakan. Pengumpulan data dilakukan dengan kuesioner, timbangan, serta pengukuran konsentrasi amonia secara langsung. Estimasi risiko dihitung dengan metode Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan (ARKL) dengan perhitungan intake serta perhitungan risiko non-karsinogenik.

**Hasil Penelitian:** Konsentrasi amonia berada dibawah nilai ambang batas yaitu  $0.0032 \text{ mg/m}^3$ . Perhitungan intake amonia pekerja untuk realtime rata-rata 0.0020 dan lifetime sebesar 0.7671. Nilai RQ realtime untuk amonia tertinggi dan terendah sebesar 3.0066 dan 0.3006 dan 0.0321 sedangkan untuk lifetime nilai tertinggi sebesar 3.0066 dan 0.3006. Pajanan gas amonia belum menimbulkan risiko kesehatan non karsinogenik ( $RQ < 1$ ).

**Kesimpulan:** Analisis risiko kesehatan pajanan amonia menunjukkan bahwa pajanan gas amonia di peternakan saat ini masih di bawah Nilai Ambang Batas (NAB). Sebaiknya Dinas Kesehatan setempat melakukan manajemen risiko kesehatan di peternakan untuk mengantisipasi peningkatan konsentrasi gas amonia dan melakukan penyuluhan serta pengawasan secara berkala.

**Kata Kunci:** Analisis risiko kesehatan, pajanan amonia, peternakan ayam.

## PENDAHULUAN

Peternakan merupakan salah satu sektor yang penting dalam memenuhi kebutuhan manusia akan pangan terutama nutrisi protein baik bagi konsumen maupun pedagang.<sup>1</sup> Peningkatan pasar terhadap peternakan semakin meningkat seiring dengan peningkatan urbanisasi dan perkembangan populasi manusia.<sup>2</sup> Salah satu komoditi yang mempunyai peranan penting dalam pemenuhan kebutuhan masyarakat adalah ayam yang menghasilkan daging dan telur sebagai sumber protein hewani, peternakan ayam merupakan cara berkelanjutan dalam untuk menjaga keamanan pangan.<sup>3</sup> Peningkatan kebutuhan masyarakat berdampak pada peningkatan usaha yang dilakukan peternak ayam karena sektor perunggasan merupakan sektor peternakan yang paling cepat berkembang dan fleksibel terhadap tuntutan pasar.<sup>4</sup>

Sepuluh dari emisi global datang dari Asia dimana 70% disebabkan oleh produksi pangan termasuk peternakan.<sup>5</sup> Setiap peternakan unggas memiliki profil risiko tersendiri dalam pengenalan patogen, selanjutnya pengembangan penyakit, dan penyebaran patogen ke peternakan lainnya.<sup>6</sup> Studi ilmiah menunjukkan bahwa terdapat efek kontaminasi udara dan emisi pada peternakan ayam.<sup>7</sup> Bila ditinjau berdasarkan faktor yang mempengaruhi kesehatan dan keselamatan kerja maka terdapat faktor kimia yang berupa gas, uap, debu, kabut, asap dan sebagainya.<sup>8</sup> Salah satu bahan kimia yang ada di peternakan ayam adalah amonia yang disebabkan oleh tingginya protein pada pangan ternak dan ayam tidak punya mekanisme penyimpanan untuk asam amino yang dikonsumsi di luar persyaratan untuk sintesis protein, sehingga kelebihan asam amino adalah *deaminated* dan nitrogen yang diturunkan diekskresikan dalam urin terutama sebagai asam urat (80%), amonia (10%) dan urea (5%).<sup>9</sup> Komponen amonia yang berasal

dari telur dapat mencemari udara karena bau yang berasal dari gas amonia yang dihasilkan mencapai level diatas 5 ppm, yaitu level yang dapat tercium oleh manusia, dan berdampak negatif bagi pertumbuhan unggas.<sup>10</sup> Amonia dapat menyebabkan gangguan kesehatan baik pada hewan ternak dan masyarakat disekitar peternakan.<sup>11</sup>

Studi ilmiah pada pekerja di peternakan yang melakukan pengukuran kadar amonia dan hasilnya terdapat hubungan antara peningkatan gangguan pernafasan dengan kadar amonia, dan gangguan pernafasan berkurang pada saat pemaparan dihilangkan.<sup>12</sup> Selain gangguan pernafasan, penyakit yang dapat timbul adalah konjungtivitis dan merusak kornea mata.<sup>13</sup> Pembentukan gas amonia adalah proses yang dilakukan oleh mikroba yang menguraikan protein sisa yang berada dalam kotoran ayam menjadi asam amino, mengalami deaminasi dan akhirnya urea dikonversi menjadi gas amonia.<sup>14</sup> Konversi ini berlangsung dibawah suhu dan kelembapan tinggi.<sup>15</sup> Pada dasarnya gas amonia akan dilepas pada saat proses dekomposisi dan dapat ditandai dengan timbulnya bau yang spesifik tergantung dari jumlah gas amonia yang dihasilkan oleh kotoran tersebut. Analisis risiko penting dilakukan untuk mengontrol populasi agar terhindar dari paparan gas berbahaya.<sup>16</sup>

Peternakan di Desa Lembak merupakan peternakan yang sudah cukup lama dibangun dan merupakan milik masyarakat umum. Sebagai salah satu sektor informal, aspek keselamatan dan kesehatan kerja di Desa Lembak ini masih sangat lemah dan kurang mendapat perhatian dari pemerintah. Belum pernah dilakukan pengukuran kadar amonia di peternakan menyebabkan penelitian ini bertujuan untuk menganalisis risiko paparan gas amonia pada pekerja peternakan ayam di Desa Lembak.

## METODE

Penelitian ini merupakan penelitian observasional yang memprediksi perkiraan risiko akibat pajanan amonia dipeternakan ayam. Tahapan estimasi risiko dilakukan Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan (ARKL). Populasi penelitian adalah peternakan ayam di Desa Lembak, sampel subjek adalah pekerja peternakan ayam yang diambil secara *purposive sampling*, dan sampel objek adalah kadar amonia di udara peternakan ayam. Pengumpulan data dilakukan dengan wawancara dengan menggunakan kuesioner, pengukuran berat badan dengan menggunakan timbangan, serta pengukuran konsentrasi amonia langsung. Analisis dilakukan pada tiap variabel penelitian yang bertujuan mengetahui distribusi frekuensi dan persentase tiap variabel sehingga dapat menjelaskan karakteristik variabel-variabel yang diteliti. Analisis berikutnya dengan menggunakan program lunak komputer dengan tahapan analisis univariat yang digunakan untuk mengetahui gambaran pada masing-masing variabel, menggunakan ukuran *mean*, median, nilai minimum dan maksimum. Untuk menilai distribusi variabel normal atau tidak, maka digunakan uji Kolmogorov smirnov. Jika nilai  $p \geq 0,05$  maka data berdistribusi normal, sehingga hanya menggunakan ukuran *mean*, nilai maximum dan minimum. Jika nilai  $p < 0,05$  maka data berdistribusi tidak normal sehingga menggunakan ukuran median, nilai maximum dan minimum.

Analisis risiko non-kanker dilakukan melalui jumlah asupan *risk agent* sehingga dapat dihitung besar risiko kesehatan yang ditimbulkannya manusia. Berikut data yang diperlukan untuk menghitung asupan amonia dalam tubuh pekerja.

$$I = \frac{C \times R \times tE \times fE \times Dt}{Wb \times tavg}$$

Keterangan :

- I : *Intake*/Asupan ((mg/kg)/hari)
- C : Konsentrasi *risk agent* (mg/m<sup>3</sup>) untuk medium udara
- R : Laju asupan (m<sup>3</sup>/jam) untuk inhalasi
- tE : Waktu pajanan
- fE : Frekuensi pajanan
- Dt : Durasi pajanan (tahun)
- Wb : Berat badan (kg)
- tavg : periode waktu rata-rata (Dt x 365 hari/tahun untuk zat non karsinogenik)

Setelah didapatkan perhitungan *intake*, maka besar risiko dapat kita hitung dengan rumus :

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

Jika nilai  $RQ > 1$ , maka asupan amonia telah melebihi batas aman bagi manusia, dan dapat menimbulkan risiko kesehatan bagi pekerja.

## HASIL PENELITIAN

### Konsentrasi Amonia

Pengukuran konsentrasi amonia di peternakan ayam Desa Lembak dilakukan dengan menggunakan alat Vacuum Pump, Impinger, absorben NH<sup>3</sup> dan Spektrometer. Hasil pengukuran terhadap 14 titik adalah sebagai berikut:

**Tabel 1.**  
**Konsentrasi Amonia di Udara (mg/m<sup>3</sup>)**

Titik 1	0,004
Titik 2	0,003
Titik 3	0,003
Titik 4	0,002
Titik 5	0,004
Titik 6	0,003
Titik 7	0,002
Titik 8	0,002
Titik 9	0,002
Titik 10	0,003
Titik 11	0,006
Titik 12	0,005
Titik 13	0,003
Titik 14	0,003

Hasil pengukuran diatas menunjukkan bahwa konsentrasi amonia rata-rata adalah sebesar  $0.003214 \text{ mg/m}^3$  apabila dibandingkan dengan NAB amonia di udara masih berada di bawah nilai ambang batas sebesar 25 ppm atau  $17,41 \text{ mg/m}^3$ .

### **Waktu Paparan**

Berdasarkan hasil kuesioner responden, didapatkan waktu pemajanan pekerja selama 24 jam. Waktu paparan sebesar 24 jam tersebut karena pekerja tinggal di area peternakan.

### **Frekuensi Paparan**

Satuan yang digunakan dalam variable frekuensi paparan ( $F_E$ ) adalah hari/tahun. Seberapa lama (dalam hari) paparan amonia yang diterima oleh karyawan di peternakan ayam. Variabel ini didapat dengan menggunakan kuesioner dan didapatkan hasil dengan rata-rata pekerja 353,07 hari, dengan frekuensi paparan tertinggi sebesar 355 hari dan terendah 350 hari.

### **Durasi Paparan (Dt)**

Frekuensi pekerja berdasarkan durasi paparan terhadap 14 orang pekerja didapat rata-rata masa kerjanya adalah 3,071 tahun, dengan masa kerja terlama adalah 5 tahun dan masa kerja terbaru adalah 2 tahun kerja.

### **Berat Badan Pekerja**

Frekuensi pekerja berdasarkan berat badan pada 14 orang pekerja didapat rata-rata berat badan pekerja adalah 51,85 kilogram. Berat badan minimum pekerja adalah 14 kilogram dan berat badan maksimum adalah 75 kilogram.

### **Inhalation Rate (R)**

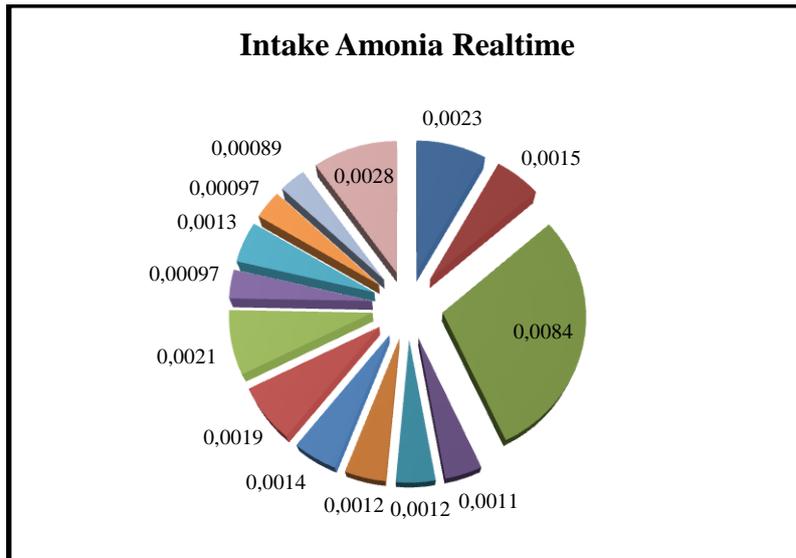
Nilai *inhalation rate* atau laju respirasi digunakan ditetapkan dari *Integrated Risk Information System (IRIS)* yaitu sebesar  $20 \text{ m}^3/\text{hari}$  atau  $0,83 \text{ m}^3/\text{jam}$ . Jadi meskipun berat badan setiap karyawan di area peternakan berbeda-beda namun dalam penelitian ini *inhalation rate* yang digunakan pada setiap karyawan adalah sama yaitu sebesar  $0,83 \text{ m}^3/\text{jam}$ .

### **Analisis Dosis Respon**

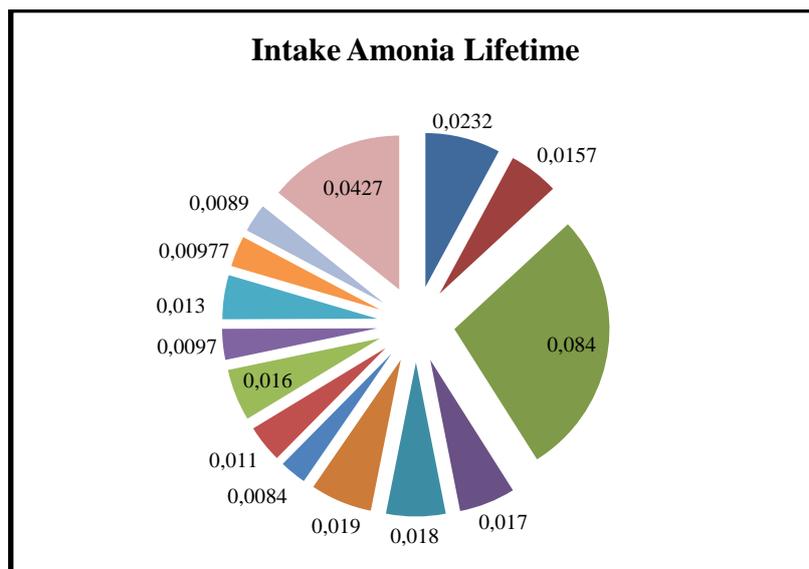
Analisis dosis respon adalah penentuan hubungan antara besarnya dosis atau level paparan bahan kimia dengan terjadinya efek merugikan bagi kesehatan manusia. Analisis dosis respon menggunakan *reference concentration* masing-masing parameter udara yang diturunkan dalam satuan  $\text{mg/kg/hari}$ . *Reference concentration* amonia ( $\text{NH}_3$ ) sebesar  $0,028 \text{ mg/kg/hari}$ .

### **Analisis Intake Paparan Amonia**

Analisis paparan dilakukan dengan perhitungan asupan amonia dengan memasukkan nilai variable yang dibutuhkan dalam perhitungan. Data konsentrasi yang digunakan dalam perhitungan adalah data konsentrasi paparan amonia di lingkungan kerja masing-masing pekerja. *Intake* yang dihitung adalah berdasarkan kondisi paparan *realtime* dan *lifetime*. Berdasarkan perhitungan dengan rumus diatas maka didapat nilai *Intake* amonia pada pekerja peternakan ayam *realtime* dan *lifetime* seperti pada gambar dibawah ini:



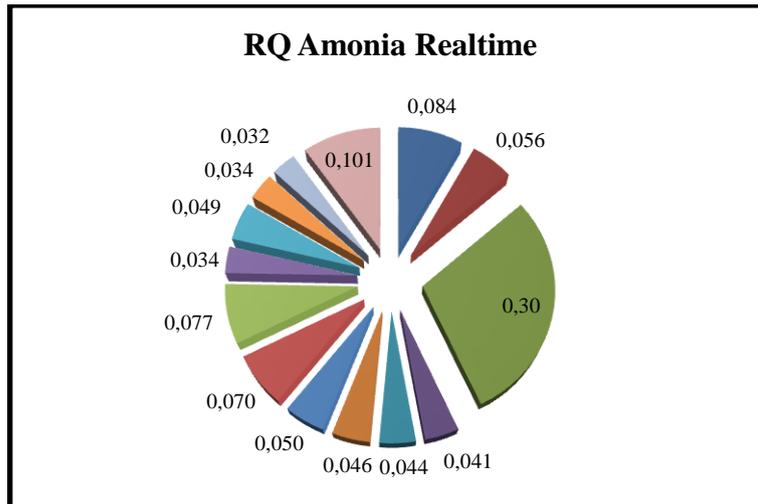
Nilai rata-rata *intake* amonia *realtime* sebesar 0.002 dengan nilai *intake* terbesar adalah 0,0084 dan terendah adalah 0,0011.



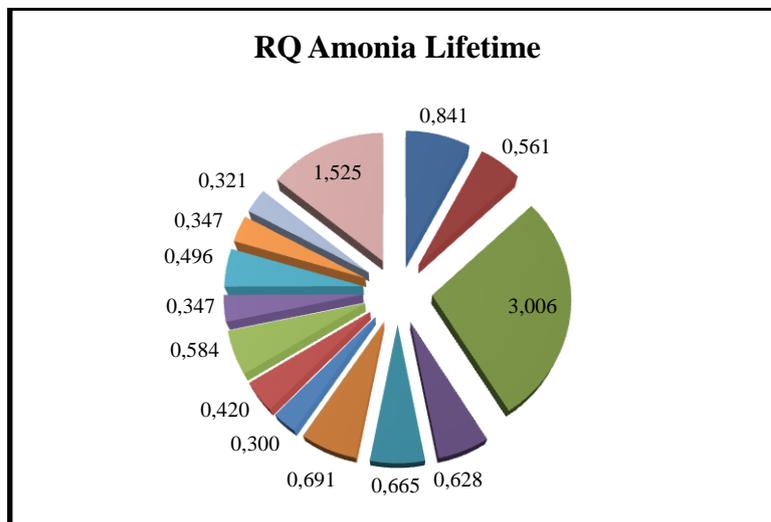
Berdasarkan gambar diatas diketahui rata-rata nilai *intake* amonia *lifetime* sebesar 0.7671 dengan nilai terbesar 0.8418 dan nilai *intake* terkecil sebesar 0,0274.

**Karakteristik Risiko Pajanan Amonia**

*Intake* parameter amonia yang telah diperoleh selanjutnya akan digunakan untuk menghitung risiko kesehatan seseorang (RQ) dengan membandingkan nilai asupan amonia dengan nilai *Reference Concentration* amonia. Berikut nilai RQ amonia *realtime* dan *lifetime*



Nilai RQ *realtime* untuk amonia tertinggi dan terendah sebesar 0.3006 dan 0.0321



Nilai RQ *lifetime* untuk amonia tertinggi dan terendah sebesar 3.0066 dan 0.3006.

## PEMBAHASAN

### Analisis Keterpaparan Amonia

Peternakan merupakan sumber non-industri utama sebagai penghasil amonia terbesar.<sup>17</sup> Adapun analisis perhitungan intake amonia baik *realtime* maupun *lifetime* menunjukkan nilai tertinggi intake yang diterima oleh pekerja peternakan ayam sebesar 0,0084 dan 0.084 mg/kg/hari, berat badan dan waktu rata-rata.

Besarnya nilai *intake* berbanding lurus dengan nilai konsentrasi bahan kimia, laju respirasi, frekuensi pajanan, waktu pajanan dan durasi pajanan yang berarti semakin besar nilai tersebut maka akan

semakin besar *intake*. Sedangkan nilai *intake* berbanding terbalik dengan berat badan dan waktu rata-rata. Rendahnya *intake* pajanan amonia disebabkan karena peternak belum terlalu lama bekerja, konsentrasi amonia ketika dilakukan pengukuran rendah dan konsentrasi amoniadibawah nilai ambang batas amonia. Sejalan dengan penelitian yang menyatakan durasi pajanan sangat berpengaruh terhadap *intake* seseorang dengan demikian bahwa semakin lama karyawan bekerja maka *intake* akan semakin besar dan berisiko untuk mendapatkan efek yang merugikan bagi kesehatan.<sup>18</sup> Berdasarkan studi ilmiah diketahui bahwa

terdapat hubungan antara konsentrasi amonia dan laju perkembangan ayam.<sup>19</sup> Adapun salah satu cara untuk meminimalisir kadar emisi amonia adalah dengan penggunaan enzim protease.<sup>20</sup> Studi dari Brazil menunjukkan bahwa penggunaan protease dapat menurunkan kadar amonia hingga 25% dari sebelumnya.<sup>21</sup> Penelitian lain menegaskan bahwa seharusnya ada peraturan tegas terkait sanitasi dan kebijakan kesehatan mengenai keamanan lingkungan.<sup>22</sup>

### **Analisis Karakteristik Risiko Paparan Amonia**

Amonia merupakan senyawa yang bersifat nonkarsinogen atau tidak menimbulkan efek kanker, oleh sebab itu dalam penelitian ini risiko kesehatan paparan amonia akan dihitung berdasarkan efek non karsinogenik. ARKL merupakan kerangka ilmiah untuk memecahkan permasalahan lingkungan dan kesehatan sehingga dapat diterapkan pada paparan amonia.<sup>23</sup> Hasil perkiraan risiko kesehatan akibat paparan amonia pada pekerja peternakan ayam secara *realtime* tidak ada yang diatas 1 (RQ <1) artinya bahwa semua pekerja dinyatakan aman dari risiko bahaya keterpaparan amonia, tetapi secara *lifetime* dari 14 orang pekerja ada dua orang pekerja yang memiliki RQ diatas satu yaitu RQ sebesar 3,00 dan 1,52 artinya ada dua orang pekerja yang berisiko terhadap keterpaparan amonia. Salah satu manfaat analisis risiko kesehatan paparan suatu risk agent adalah dapat meramalkan risiko kesehatan yang ditanggung seseorang pada suatu waktu kemudian menetapkan upaya pencegahan untuk memperkecil risiko tersebut.<sup>24</sup> Pengukuran emisi lingkungan khususnya amonia secara rutin dan dalam

jangkauan yang lebih luas penting untuk dilakukan.<sup>25</sup>

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

Kesimpulan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Rata-rata konsentrasi amonia di 14 titik peternakan ayam Desa Lembak adalah 0.0032 mg/m<sup>3</sup>. Konsentrasi amonia rata-rata berada di bawah Nilai Ambang Batas.
2. Rata-rata waktu paparan peternakan di Desa Lembak adalah 24 jam/hari, rata-rata durasi paparan adalah 3 tahun dan frekuensi paparan adalah 353.07 hari/tahun.
3. Jumlah asupan/*intake* amonia dibedakan menjadi asupan *real time* dan *lifetime*. Asupan *real time* responden dalam rentang 0.0020 (mg/kg)/hari, dan asupan *lifetime* responden dalam rentang 0.7671(mg/kg)/hari.
4. Besar risiko (RQ) yang diterima oleh responden juga dibedakan menjadi *real time* dan *lifetime*. Belum ditemukan responden yang memiliki RQ *real time* dan *lifetime* melebihi 1 .

Saran dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Manajemen risiko perlu dilakukan untuk pengendalian *risk agent*, karena indikasi risiko kesehatan yang dapat terjadi (RQ >1).
2. Pengukuran emisi lingkungan secara rutin perlu dilakukan oleh Dinas Kesehatan setempat.
3. Penggunaan alat pelindung diri berupa masker sebaiknya mulai diterapkan untuk meningkatkan derajat kesehatan pekerja.
2. Kanui, et al. The Status of Livestock Livelihood Support System in the South Eastern Dry Lands of Kitui and Makueni Counties, Kenya. International Journal of Livestock Research, vol.06. 2016

### **DAFTAR PUSTAKA**

1. Food and Agriculture Organization (FAO). Animal Production and Health Care, pp 153. Annual Report. 2002

3. Miao, Z. H., P. C. Glatz and Y. J. Ru. Free-range poultry production - A review. *Asian-Aust. J. Anim. Sci.* 18(1):113- 132. . 2005
4. Food and Agriculture Organization (FAO). Poultry Development Review, pp 3. Annual Report. 2013
5. Bouwman.A.F, Lee.D.S, Asman.W.A.H, Dentener.F.J, Van Der Hoek.K.W,Olivier.J.G.J. A Global High Resolution Emission Inventory For Ammonia. *Global Biochemical Cycles* 11(4) 1997:561-7 p.
6. Sims. Risks Associated With Poultry Production Systems. *Poultry in the 21<sup>st</sup> Century.* 2007
7. Holland, et al. Animal Health Effects. [https://www.public-health.uiowa.edu/ehsrc/CAFStudy/CAF\\_O\\_6-2.pdf](https://www.public-health.uiowa.edu/ehsrc/CAFStudy/CAF_O_6-2.pdf)
8. Health and Safety Executive. Control of Substances Hazardous to Health. Available from: <http://www.hse.gov.uk/coshh/>. 2015.
9. Goldstein, D.L. and Skadhauge E. Renal and Extrarenal Regulation of Body fluid composition. In G.C Whittow (ed.) *Sturkies avian physiology.* 265-297, Academic press San Diego, California. 2000.
10. Moore P. et al. Reducing Ammonia Emissions from poultry litter with Alum. USDA Agricultural Research service, Iowa State University.2008.
11. WHO. Bahaya Bahan Kimia Pada Kesehatan Manusia dan Lingkungan. Cetakan I ed. Jakarta Penerbit Buku Kedokteran. EGC; 2006. 39-40 p.
12. Hederik. D VP, Van Der Gulden. J, Folgering. H, Tielen. M, Van Schayck,.Longitudinal Changes in Bronchial Responsiveness Associated With Swine Confinement Dust Exposure. *CHEST.*117:1488-95 p. 2000.
13. Aziz T and Barnes J. H. (25th October 2010): Harmful effects of ammonia on birds, Article. 2010.
14. Bahl A. and Bahl B. S. *Advanced Organic Chemistry;* S. Chand & Company, New Delhi. 2004.
15. Becker J.G and Graves R.E. Ammonia Emissions and Animal Agriculture. In *proceedings midAtlantic Agricultural Ammonia Forum.*2004.
16. IPCS. IPCS Risk Assessment Terminology, Part 1: IPCS/OECD Key Generic Term Used In Chemical Hazard/Risk Assessment; Part 2: IPCS Glossary Of Key Exposure Assessment Terminology. Geneva: World Health Organization and Environmental Programme on Chemical Safety; 2004.
17. Sarwara.G, Corsi Richard.L, Kinney Kerry.A, Banks Joel.A, TorresVince.M, Chuck S Measurement of Ammonia emissions From Oak and Pine Fores and Development of a non-Industrial Ammonia Emission Inventory in Texas. The University of Texas at Austin: USA. 2005
18. Salim. Analisis Risiko Kesehatan Pajanan Benzena pada Karyawan di SPBU ‘X’ Pancoranmas Depok. Fakultas Kesehatan Masyarakat, Universitas Indonesia. 2012.
19. Maliselo, et al. Ammonia Production In Poultry Houses And Its Effect On The Growth Of Gallus Gallus Domestica (Broiler Chickens): A Case Study Of A Small Scale Poultry House In Riverside, Kitwe, Zambia. *International Journal Of Scientific & Technology Research* Volume 4, Issue 04, April 2015
20. Oxenboll, et al. Use of a Protease in Poultry Feed Offers Promising Environmental Benefits. *International Journal of Poultry Science* 10 (11): 842-848, 2011
21. Bolan, N., A. Szohi, T. Chusavavathi, B. Seshadri, M. Rothrock and P. Panneerselvam. Uses and management of poultry litter. *World Poul. Sci. J.*, 66: 673-698.2010
22. Onu, et al. Poultry wastes management strategies and environmental implications in Abia State. *International Research Journal of Agricultural Science and Soil Science (ISSN: 2251-0044)* Vol. 5(6) pp. 159-164, November, 2015.
23. Louvar JF, Louvar BD. *Health Environmental Risk Analysis : Fundamentals With Application.* New Jersey: Prentice Hall; 1998.
24. Rahman A. *Public Health Assesment : Model Kajian Prediktif Dampak Lingkungan dan Aplikasinya Untuk Manajemen Risiko Kesehatan,* Makalah Pertemuan Penguatan Jaringan

Kerjasama dan Kemitaraan Program  
B/BTKL-PPM se Indonesia 2007

25. DEFRA. Ammonia in the United Kingdom. Department for Environment, Food and Rural Affairs. 2002.