

Prosedur Penentuan Batas Aman Kontaminan Kimia Gas di Lingkungan Kerja (Studi kasus pada amonia)

Oleh :
Abdul Rohim Tualeka

ABSTRACT

Ammonia is a chemical compound that is harmful to health workers. This study was divided into 4 stages including preliminary research, experimentation, observational and formula development. From the research results were significant anatomical differences in the rat lung exposed group who experienced inflammation of the lungs of mice in the control group. There are significant differences in lung histologist include congestion, edema and infiltration in the rat lung exposed to a group of white rats in the control group. There were significant differences in the expression of IL-2 on immune competent cells (the macrophages and lymphocytes) mice exposed to ammonia group and control group with a significance level of 0.01. There are significant differences in the number of CD-4 expression in immune competent cells (the macrophages and lymphocytes) mice exposed to ammonia group and control group with a significance level of 0.01. There were significant differences in the number of CD-8 expression in immune competent cells (the macrophages and lymphocytes) mice exposed to ammonia group and control group with a significance level of 0.01.

Keywords : Human Safe Concentration, Ammonia, Safe Human Dose.

PENDAHULUAN

Sudah sering terjadi kejadian efek kronis maupun akut disebabkan paparan amonia terhadap pekerja di Indonesia. Terdapat beberapa hasil penelitian terkait dampak amonia dengan NAB amonia yang berlaku di Indonesia. Salah satu hasil penelitian, yaitu oleh Hutabarat (2010) tentang Analisa Dampak Gas Amonia dan Klorin Pada Faal Paru Pekerja Pabrik Sarung Tangan Karet "X" Medan diperoleh kesimpulan sebagai berikut : di bagian amonia terdapat keluhan berupa tenggorokan kering (80%), jalan pernapasan kering (73.3%), mata perih (66.67%), iritasi hidung dan batuk (53.3%), dan pingsan (6.67%). Hasil pemeriksaan udara menunjukkan bahwa kadar pada lingkungan kerja masih berada dibawah ambang batas

menurut Permenaker No. 13 Tahun 2011 (25 ppm), yaitu gas amonia di bagian amonia sebesar 1.7 ; 1.9, dan 3.5 ppm.

Bila mengacu pada konsep *Chemical Risk Assessment*, dimana *Reference of concentration* (RfC) NH_3 adalah $0,1 \text{ mg/m}^3$ dan dengan menggunakan rumus batas aman konsentrasi gas amonia di lingkungan kerja oleh Williams (1985) dengan menggunakan berat badan rata-rata pekerja 60 kg, laju pernapasan setiap jam $0,83 \text{ m}^3/\text{jam}$ dan jumlah jam kerja/ hari 8 jam maka diperoleh konsentrasi NH_3 aman adalah $0,903 \text{ mg/m}^3$. Data ini menurut Williams (1985) bisa digunakan sebagai NAB bila suatu negara tidak memiliki NAB untuk suatu bahan kimia tertentu. Dengan mengacu pada

perhitungan ini maka NAB NH_3 menurut SE Menaker No.13 Tahun 2011

Untuk mengkaji standar keamanan amonia terhadap pekerja juga harus dikaitkan dengan standar keamanan amonia terhadap hewan coba yang selama ini sering digunakan dalam industri seperti tikus. Beberapa hasil penelitian terkait dampak amonia terhadap tikus antara lain : hasil penelitian Avatop dan Mikhailov ditemukan LC 50 selama 2 hari paparan pada tikus oleh amonia antara 7,6 mg/L, sedang untuk mencit 3,31 mg/L (Clayton, *et al.*,1981).

Berdasarkan beberapa kejadian maupun hasil penelitian tentang dampak amonia terhadap pekerja maupun masyarakat serta lingkungan di atas maka perlu dikoreksi kembali nilai ambang batas amonia, khususnya di lingkungan kerja. Seperti diketahui, NAB NH_3 di negara Indonesia berdasarkan Permenaker No.13 Tahun 2011; SNI tahun 2005 adalah 25 ppm atau 17 mg/ m^3 . Angka tersebut sama dengan yang dikeluarkan oleh ACGIH dan lebih rendah dari yang dikeluarkan oleh OSHA 50 ppm.

Kajian ilmiah dalam penentuan nilai ambang batas antara lain lewat penentuan batas aman konsentrasi bahan kimia di lingkungan kerja, termasuk batas aman konsentrasi amonia. Seperti dijelaskan oleh Williams (1985) bahwa batas aman konsentrasi bahan kimia di lingkungan kerja penting digunakan untuk memprediksi konsentrasi bahan pencemaran udara yang aman di lingkungan kerja bila tidak ada penetapan standar bahan kimia di lingkungan kerja. Selain itu juga digunakan untuk

terlampau tinggi yaitu 17 mg/ m^3 , dengan demikian harus diperbaharui.

dibandingkan dengan standar yang telah ada (yaitu NAB yang dikeluarkan oleh pemerintah, ACGIH maupun OSHA) dengan menggunakan uji toksisitas hewan.

Dengan demikian, untuk memberikan jaminan keselamatan bagi para pekerja di Indonesia yang terpapar amonia dalam pekerjaannya perlu diteliti batas aman konsentrasi gas amonia di lingkungan kerja. Batas aman konsentrasi gas amonia di lingkungan kerja ini akan merupakan titik awal untuk menetapkan nilai ambang batas (NAB) amonia pada lingkungan kerja di Indonesia. Dalam proses penemuannya diawali dengan penentuan dosis tertinggi amonia tanpa efek (NOAEL) pada tikus. Efek-efek amonia pada tikus antara lain diamati dari perubahan anatomis dan histologist paru-paru, selain itu juga diamati aspek biomolekulernya seperti respon imun meliputi IL-2, CD4 dan CD8. Setelah penentuan dosis tertinggi amonia pada tikus dilanjutkan dengan ekstrapolasi data tersebut ke pekerja untuk mendapatkan data dosis aman amonia pada tubuh pekerja (*safe human dose*) dengan menggunakan formula translasi dosis hewan coba ke manusia. Kemudian, data itu dikonversi ke gas untuk ditentukan batas aman konsentrasi gas amonia di lingkungan kerja dengan melibatkan variabel-variabel seperti laju pernapasan (*breathing rate*), lama kerja, prosentase dosis yang diserap lewat saluran pernapasan dan berat badan pekerja (Anonim 2).

Tujuan. Menentukan prosedur batas aman konsentrasi gas amonia di lingkungan kerja

Manfaat. Manfaat Penelitian antara lain :memberikan manfaat yang besar baik secara umum kepada penerapan dan perkembangan Hiperkes maupun secara khusus untuk perlindungan kesehatan tenaga kerja yang terpapar gas amonia, meluaskan cakrawala ruang lingkup dan

merintis jalan baru dalam proses penentuan nilai ambang batas amonia di lingkungan kerja di Indonesia, dengan penerapan batas aman gas amonia maka akan meningkatkan kualitas tenaga kerja pada khususnya dan mutu kehidupan secara luas pada umumnya.

PROSEDUR MENENTUKAN BATAS AMAN KONSENTRASI GAS AMONIA DI LINGKUNGAN KERJA

Prosedur untuk menentukan batas aman konsentrasi gas amonia di lingkungan kerja dilakukan melalui 4 tahap :

Tahap I : Penelitian Pendahuluan. Tahap penelitian ini merupakan penelitian laboratorik dengan obyek penelitian pada tikus species rat (*Rattus Norvegicua*) dengan tujuan untuk mengetahui dosis amonia terbesar dan dosis amonia terkecil. Dosis amonia terbesar adalah dosis amonia yang memberikan efek pada tikus namun tidak mematikan, sedangkan dosis amonia terkecil adalah dosis amonia yang tidak memberikan efek pada tikus.

Alat dan bahan yang diperlukan antara lain : gelas kimia 1 L sebanyak 10 botol, gelas ukuran 100 cc, pipet tetes, Microtoise, 5 set Metabolit Kit, Timbangan analitik, Respirometer Sederhana. Bahan yang dibutuhkan : ikus/ rat species *Rattus Norvegicua*) jenis kelamin jantan dengan berat badan 150, yang berumur 2-3 bulan, Larutan NH₄OH 25% (BJ : 0,91 kg/L), aquades 5 liter, Negatif IL-2, Negatif CD 8, Negatif CD 4, Serbuk KOH 0,01 M, Eter

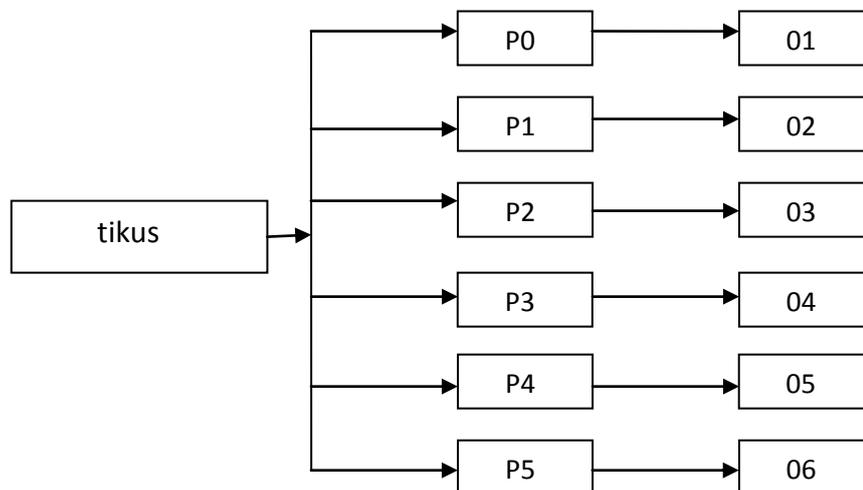
Penentuan dosis amonia terbesar dan terkecil. Awal penentuan variasi dosis amonia dbuat berdasarkan hasil penelitian Passel, *et al.*, (2007) tentang *Ammonia modeling for assessing potential toxicity to fish species in the Rio Grande*. Dalam hasil risetnya ditemukan dampak kronis amonia pada ikan *Rio Grande silvery minnow* (*Hybognathus amerus*) dengan berat 8,84 g adalah pada kisaran konsentrasi 0,050 mg/L sampai 0,3 mg/L, sedangkan konsentrasi amonia optimal untuk efek kronis adalah 0,2 mg/L. Berat tikus yang digunakan dalam eksperimentasi adalah 150 g. Bila dikonversi konsentrasi amonia di atas pada ikan maka konsentrasi optimal amonia dalam tubuh tikus saat paparan kronis adalah 0,2 mg/L x 150 g/8,84 g = 3,39 mg/L. Dan, kisaran efek kronis antara 0,850 mg/L (0,050 mg/L x 150/8,84) sampai kurang dari 5,09 mg/L (0,3 mg/L x 150 g/8,84 g).

Tahap II : Penelitian Eksperimental Penentuan Dosis Tertinggi Amonia Tanpa Efek Tahap II penelitian ini merupakan penelitian

eksperimental laboratorik dengan rancangan *post test only kontrol group* sebagai obyek percobaan. Alasan menggunakan rancangan ini adalah karena populasi ditetapkan tertentu, yang terdapat homogenasi di tiap unit populasi, dengan kata lain karakteristik antar unit populasi dikriteriakan sama. Pengukuran awal tidak dilakukan, karena untuk semua kelompok berasal dari satu populasi, sehingga, dikembangkan rancangan eksperimental tanpa ada pengukuran awal/pretest, dan hanya post test (Kuntoro, 2009). Perlakuan dalam penelitian adalah pemberian amonia dengan dosis bervariasi pada spesies tikus.

Prinsip dasar sebagai persyaratan studi eksperimental adalah (dua)

design yang menggunakan hewan coba persyaratan. Persyaratan pertama adalah replikasi atau pengulangan kondisi perlakuan diberikan sama dengan seluruh sampel dalam seluruh kelompok perlakuan. Persyaratan kedua adalah sistem acak atau randomisasi yang dilakukan dalam pembagian sampel penelitian sejumlah 2 (dua) kelompok penelitian, yaitu kelompok yang diberi paparan amonia melalui system pencernaan, dan kelompok yang tanpa diberi paparan amonia atau kelompok kontrol. Kelompok kontrol digunakan agar menambah validitas hasil penelitian (Kuntoro, 2009; Kuntoro, 2010).



Gambar 1.1 Rancangan disain penelitian

Ket :

O = Observasi

P0 = Dipapar dengan NH₃ konsentrasi 0 (mg/L)

P1 = Dipapar dengan NH₃ konsentrasi a mg/L

P2 = Dipapar dengan NH₃ konsentrasi b mg/L

P3 = Dipapar dengan NH₃ konsentrasi c mg/L

P4 = Dipapar dengan NH₃ konsentrasi d mg/L

P5 = Dipapar dengan NH₃ konsentrasi e mg/L

Dukungan penggunaan rancangan ini adalah pemakaian sumber paparan berasal dari satu sumber, sehingga pengaruh perbedaan sumber paparan diminimalisasi sekecil mungkin.

Alat dan bahan penelitian : 5 set Metabolit Kit, Gelas ukuran, Gelas kimia 1 L sebanyak 5 buah, Kromatografi gas untuk mengukur kadar NH₃ darah tikus, Timbangan Digital Santurius untuk mengukur berat paru-paru tikus, Respirometer Sederhana. Bahan : NH₄OH 25%, BJ 0,91 kg/L, Aquades, Tikus species rat (*Rattus Norvegicus*), Serbuk KOH 0,1 M.

Prosedur penentuan dosis amonia tertinggi tanpa efek pada tikus. Penentuan dosis tertinggi amonia tanpa efek pada tikus berpatokan pada dosis terbesar dan dosis terkecil amonia yang telah ditentukan pada penelitian pendahuluan. Dosis antara dosis terkecil dan dosis terbesar amonia disebut dosis tengah. Pada dosis tengah ini terdapat dosis tertinggi amonia tanpa efek.

Penanganan selama pengujian. Setelah pemberian paparan selesai, yaitu selama 10 (sepuluh) hari, maka maksimal t hari kemudian (Rantam,2003; Zelikoff, 1993 dalam Sudarso, 2002) dilakukan pembedahan untuk mengambil organ paru. Perubahan morfologi paru akan diamati secara makroskopis (patologi anatomi) danmikroskopis (histopatologi). Pemeriksaan histopatologi dilakukan

- a. Menentukan NOAEL atau dosis tertinggi amonia tanpa efek pada hewan coba dengan menggunakan rumus :

$$\text{Dose} = \frac{(\alpha)(BR)(C)(t)}{(W)} \text{ (mg/kg)}$$

α = % zat yang diabsorpsi paru-paru, =100% bila tidak diketahui

dengan dua metode pewarnaan yaitu pewarnaan rutin (hematoxylin Eosin) dan cara imunohistokimia.

Tahap III Penelitian : Tahap Observasional. Penelitian Tahap III ini merupakan penelitian observasional dengan melakukan pengamatan terhadap pekerja yang terpapar gas amonia di lingkungan kerja. Berdasarkan sifat masalah dan analisa datanya, maka peneltian pada tahap ini termasuk penelitian deskriptif, yaitu penelitian dilakukan dengan tujuan untuk membuat gambaran tentang suatu keadaan secara obyektif. Berdasarkan cara pengambilan data, maka penelitian pada tahap ini bersifat observasional, karena data diperoleh melalui pengamatan dan tidak dilakukan perlakuan terhadap obyek penelitian selama penelitian berlangsung. Berdasarkan waktu penelitian, maka penelitian pada tahap ini bersifat *cross sectional* (Kuntoro,2009).

Tahap IV : Tahap Pengembangan Rumus. Tahap ini merupakan pengembangan rumus penentuan konsentrasi gas amonia aman pada pekerja di lingkungan kerja. Metode yang digunakan dalam pengembangan rumus untuk menentukan konsentrasi gas amonia aman terhadap pekerja di lingkungan kerja adalah metode Formulasi dengan langkah-langkah sebagai berikut (Priyanto, 2009; Shaw,*et al.*,2008; Soemirat, 2003) :

BR = laju pernapasan hewan coba (m^3/jam), t = lama waktu kerja (jam)
 C = konsentrasi toksin di udara (mg/m^3), W = berat badan hewan coba

b. Menentukan SHD *safe human dose* (mg/Kg) dengan rumus :

$$SHD = NOAEL \frac{(Animal\ Km)}{(Human\ Km)}$$

Ket : NOAEL = *No Observation Adverse Effect Level* (dosis tertinggi tanpa efek)

1) Animal Km = W/BSA

$$BSA = 0,09 W^{0,67}$$

BSA = *Body Surface Area*

W = berat badan tikus (kg)

2) Human Km = W/BS

$$BSA = \sqrt{w \cdot h / 3600}$$

w = berat badan manusia

h = tinggi badan manusia

c. Menentukan batas aman konsentrasi gas amonia di lingkungan kerja dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

$\text{Batas aman } [NH_3] = \frac{(SHD)(W)}{(\alpha)(BR)(t)} \quad (mg/m^3)$

$\text{Batas aman } [NH_3] = \frac{\# (mg/m^3) \times (R.T)}{(P)(Mr.MH_2)}$

α = % NH_3 yang diserap lewat paru-paru
 (Bila tidak diketahui $\alpha = 100\%$)

BR = *Breathing Rate* = laju respirasi pada pekerja (m^3/jam)

$$BR = \frac{(V_{resp\ d.td.VT}) + (V_{resp\ b.tb.VT}) + (V_{resp\ j.tj.VT})}{8}$$

8

V resp= Kecepatan respirasi

td = jumlah jam waktu untuk duduk

tb = jumlah jam waktu untuk berdiri

tj = jumlah jam waktu untuk berjalan

t = td + tb + tj = 8 jam kerja (jam)

VT = Volume tidal paru

SHD = *safe human dose* (mg/Kg)
R = Tetapan Rydberg (0,082 L.atm/mol.°K.)
T = (t°C + 273)
P = Tekanan udara (atm)
Mr = Molekul relative

KESIMPULAN

Penelitian dilakukan melalui empat tahap : Tahap I : Penelitian Pendahuluan. Tahap ini merupakan penelitian laboratorik dengan obyek penelitian pada tikus untuk mengetahui dosis amonia terbesar yaitu dosis amonia terkecil (dari dosis-dosis hasil eksperimentasi) yang memberikan efek namun tidak mematikan pada tikus, dan dosis amonia terkecil yaitu dosis amonia terbesar (dari dosis-dosis hasil eksperimentasi) yang tidak memberikan efek toksik pada tikus. Serta, mengetahui dosis tengah yaitu dosis amonia hasil eksperimentasi di antara dosis terkecil dan dosis terbesar.

Tahap II : Penelitian Eksperimental Penentuan Dosis Amonia Tanpa Efek. Tahap ini merupakan penelitian eksperimental laboratorik dengan obyek pada tikus. Tujuan tahap penelitian ini adalah untuk mengetahui dosis tertinggi amonia yang tidak

memberikan efek toksik pada tikus. Tahap III : Tahap Observasional. Tahap ini merupakan penelitian observasional dengan obyek pekerja yang terpapar gas amonia.

Tahap IV : Tahap pengembangan rumus. Tahap ini merupakan pengembangan rumus penentuan konsentrasi gas amonia aman di lingkungan kerja.

DAFTAR PUSTAKA

- ACGIH,2009. TLVs and BEIS, Worldwide, Cincinnati.
- Ariens, 1986. Toksikologi Umum, Pengantar, Gadjaha Mada University Press, Jogjakarta.
- Clayton,et.al.1993. *Pattys Industrial Hygiene and Toxicology*, Jihniley
- Baratawidjaja, K.G.,2000. *Imunologi Dasar*, Fakultas Kedokteran Universitas Indonesia, Jakarta.
- Chin-L.,H.,Frederick R.,L.,2007. *Transfer of Dose*, JOE, Volume 33.

Hodgson, E.,Patricia L.2000. Modern Toxicology- Second Edition, Mc.Graw Hill,Boston

Klaassen,Watkins J.2003. Casarett and Doul's Essential of Toxicology,McGraw-Hill, Toronta, Canada. and Sons,inc.,Singapore.

Koeman,J.,H.,1987.Pengantar Umum Toksikologi, Gajah mada University Press, Jogjakarta.

Kuntoro,H.,2009. Dasar Filosofis Metodologi Penelitian, Pustaka Melati, Surabaya.