

Pengaruh Paparan Asam Sulfat dan Asam Nitrat terhadap Derajat Peradangan Alveoli Paru pada Tikus (*Rattus norvegicus*)

Nurul Makiyah, S.N.¹ Sucianto, A.B.L.²

¹Bagian Histologi Fakultas Kedokteran dan Ilmu Kesehatan UMY

²Program Pendidikan Dokter Fakultas Kedokteran dan Ilmu Kesehatan UMY

Abstrak

Pencemaran udara sebagai konsekuensi logis perbuatan manusia merusak lingkungan. Dampaknya terjadi hujan asam. Secara histologis akibat iritasi polutan udara menyebabkan kerusakan epitel alveoli paru. Kerusakan epitel alveoli paru menstimulasi proses peradangan, sehingga perlu dilakukan penelitian mengetahui pengaruh paparan Asam Sulfat dan Asam Nitrat (H_2SO_4) terhadap derajat peradangan alveoli paru tikus putih. Desain penelitian adalah eksperimental *in vivo* pada hewan uji. Subyek penelitian tikus putih 20 ekor, terbagi empat kelompok, yaitu kelompok I kontrol, kelompok II paparan asam sulfat 8,4 mg/l, kelompok III paparan asam nitrat 30 mg/l, dan kelompok IV paparan asam sulfat 8,4 mg/l dan asam nitrat 30 mg/l. Setiap kelompok terdiri 5 tikus putih. Perlakuan dilakukan selama 4 jam. Waktu pembedahan 24 jam setelah perlakuan, diambil organ alveoli paru, dibuat preparat histologi, diamati derajat peradangannya. Data dianalisa dengan anova dan uji Tukey. Hasil kelompok I menunjukkan derajat peradangan I (2 sel mononuklear), kelompok II derajat peradangan III (7 sel mononuklear), kelompok III derajat peradangan III (6 sel mononuklear), kelompok IV derajat peradangan II (3 sel mononuklear). Analisis Anova menunjukkan perbedaan signifikan kelompok kontrol dengan kelompok paparan. Paparan material hujan asam berupa asam sulfat dan asam nitrat menyebabkan peradangan alveoli paru tikus putih (*Rattus norvegicus*).

Kata kunci: Asam nitrat, asam sulfat, epitel alveoli, hujan asam, makrofag, radang

Abstract

Air pollution is a logical impact of human actions which will damaged environment. One effect is acid rain. Histologically, due to irritation of air pollutants might cause damage to lung alveoli epithelium. Pulmonary alveoli epithelial damage can stimulate the process of inflammation. The aim of this research was to investigate the effect of exposure to Sulfuric Acid (H_2SO_4) and Nitric Acid (HNO_3) on the degree of inflammation of the white rats lung alveoli. This research design was quasi experimental with white rats as research subjects (*Rattus norvegicus*). There were 20 male Spraque-Dawley strain 3-month-old with an average weight 200-300 grams, divided into four groups: group I (control), group II (H_2SO_4 8.4mg/L exposure), group III (HNO_3 exposure to 30mg/L) and group IV (H_2SO_4 8.4mg/L and HNO_3 30mg/L exposure). Each group consisted of 5 white rats. Acute exposure was conducted for four hours. The time of surgery was 24 hours after the treatment, it was taken the lung alveoli organ, made the histological preparation and it was observed the inflamation level. Data analyzed by anova and Tukey test. Results are group I indicates the degree of inflammation of the I (2 mononuclear cells), group II degree of inflammation III (7 mononuclear cells), group III the degree of inflammation III (6 mononuclear cells) while group IV indicates the degree of inflammation II (3 mononuclear cells). ANOVA analysis shows significant differences between the control group with groups given exposure. Exposure to the material in the form of acid rain sulfuric acid (H_2SO_4) and nitric acid (HNO_3) might cause inflammation of the lung alveoli of rats (*Rattus norvegicus*).

Key words: Nitric acid, acid sulfate, alveoli epithelial, acid rain, macrophages, inflammation

Pendahuluan

Pencemaran udara sebagai konsekuensi logis perbuatan manusia yang merusak lingkungan akan berpengaruh terhadap proses-proses fisik dan kimia yang terjadi di udara. Salah satu dampaknya ialah dengan terjadinya hujan asam.¹ Hujan asam pada dasarnya merupakan peristiwa terjadinya deposisi asam. Deposisi asam adalah kondisi dimana udara di atmosfer mengandung senyawa asam yang biasanya berupa asam sulfat (H_2SO_4) dan asam nitrat (HNO_3), keduanya merupakan asam yang sangat kuat.²

Secara histologis akibat iritasi polutan udara dapat menyebabkan kerusakan epitel alveoli paru.³ Kerusakan epitel alveoli paru dapat menyebabkan interstisial udem serta stimulasi proses peradangan.⁴

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh hujan asam terhadap derajat peradangan alveoli paru tikus putih.

Metode Penelitian

Penelitian ini adalah penelitian eksperimental laboratorium in vivo pada hewan uji untuk menguji pengaruh paparan Asam Sulfat (H_2SO_4) dan Asam Nitrat (HNO_3) terhadap derajat peradangan Alveoli paru tikus putih (*Rattus norvegicus*) dengan metode penelitian *true experiment design* dengan rancangan penelitian *post-test only control group design*.⁵

Subyek penelitian ini adalah tikus putih (*Rattus norvegicus*) sebanyak 20 (dua puluh) ekor jantan galur *Sprague-Dawley* berumur 3 bulan dengan berat badan rata-

rata 200-300 gram. Sampel yang diuji adalah dua puluh (20) ekor tikus putih jantan (*Rattus norvegicus*) galur *Sprague-Dawley* masing-masing lima ekor. Terdapat empat kelompok yaitu; satu kelompok kontrol, dan tiga kelompok perlakuan dengan pemaparan asam sulfat (H_2SO_4) 8,4 mg/l, kelompok perlakuan dengan pemaparan asam nitrat (HNO_3) 30 mg/l, dan kelompok perlakuan dengan pemaparan campuran asam sulfat (H_2SO_4) 8,4 mg/l dan asam nitrat (HNO_3) 30 mg/l.⁶

Sebagai variabel bebas adalah pemaparan asam sulfat (H_2SO_4) 8,4 mg/l dan asam nitrat (HNO_3) 30 mg/l selama 4 jam sedang variabel tergantung adalah gambaran histologis jumlah makrofag alveoli paru pada masing-masing tikus putih (*Rattus norvegicus*).⁷ Variabel terkendali terdiri atas variabel subjek dan variabel pemeliharaan. Variabel subjek diperoleh dari jenis kelamin, umur dan berat badan yang relatif sama, sedang variabel pemeliharaan dari semua subjek dipelihara dalam kandang dengan jenis dan kualitas makanan dan minuman yang sama.

Bahan dan Cara

Bahan penelitian adalah asam sulfat (H_2SO_4) 8,4 mg/l dan asam nitrat (HNO_3) 30 mg/l. Alat yang digunakan pada penelitian ini adalah kandang tikus dengan modifikasi yang terdiri atas dua jenis yaitu kandang aklimatisasi/pemeliharaan ($50 \times 40 \times 40 \text{ cm}^3$) dan kandang perlakuan/pemaparan ($30 \times 30 \times 30 \text{ cm}^3$) berdisain khusus, tempat pakan dan minum

tikus, seperangkat alat untuk membuat konsentrasi dan volume paparan asam sulfat dan asam nitrat, seperangkat alat inhalasi untuk pemaparan H_2SO_4 dan HNO_3 , nebulizer yang digunakan adalah Compressor Nebulizer ABN Compa Mist1 berkapasitas 5ml dengan kemampuan mengeluarkan partikel berukuran 0,5-10 μm sebanyak 0,2 ml/menit, mikroskop Olympus®, kamera digital, timbangan tikus, masker, sarung tangan, seperangkat alat bedah tikus dan alat untuk membuat preparat histologi.⁸ sebagaimana terlihat pada gambar 1.



Gambar 1. Alat dan Bahan Proses Pemaparan terhadap Hewan Uji Tikus Putih (*Rattus norvegicus*)

Penelitian dilakukan di laboratorium Biomedik Fakultas Kedokteran dan Ilmu Kesehatan Universitas Muhammadiyah Yogyakarta. Penelitian diawali dengan aklimatisasi hewan uji selama 7 hari. Pada tahap ini dilakukan pengamatan terhadap keadaan umum dan penimbangan badan setiap hari, tikus yang sakit tidak diikutsertakan dalam pengujian/penelitian.

Pengelompokan hewan uji dalam hal ini tikus putih terdiri dari empat kelompok yaitu kelompok kontrol tidak diberi perlakuan apapun, kelompok perlakuan dengan pemaparan asam sulfat (H_2SO_4) 8,4 mg/l, kelompok perlakuan dengan pemaparan asam nitrat (HNO_3) 30 mg/l, dan kelompok perlakuan dengan gabungan pemaparan asam sulfat (H_2SO_4) 8,4 mg/l dan asam nitrat (HNO_3) 30 mg/l.⁷

Kelompok kontrol tidak diberi perlakuan apapun, sedangkan kelompok lain mendapatkan paparan sesuai kelompok masing-masing. Setelah semua siap, dilakukan pemindahan tikus putih dari kandang pemeliharaan ke kandang pemaparan. Setiap kelompok perlakuan diberikan lima ekor tikus putih dalam kandang pemaparan kemudian dipaparkan sesuai pengelompokan masing-masing. Pemaparan dilakukan selama empat jam terus-menerus.⁹

Aklimatisasi kembali 1 jam (1 jam sebelum pemaparan). Kandang diberi pakan dan minum standar, kemudian dimasukan masing-masing bahan uji (asam sulfat dan asam nitrat) ke dalam masing-masing tabung dosis nebulizer dan nyalakan nebulizer hingga debu aerosol tercipta. Paparan dilakukan selama empat jam terus-menerus. Kemudian dilakukan pembedahan 24 jam setelah perlakuan karena respon radang akut terjadi 1-3 hari. Kemudian jaringan paru (alveoli) difiksasi dengan formalin 10% untuk selanjutnya dibuat preparat histologi menggunakan pewarnaan Hematoksin dan Eosin. Pembuatan

preparat histologi alveoli tikus putih (*Rattus norvegicus*) pada penelitian ini dilakukan di Laboratorium Mikroanatomi Fakultas Kedokteran Hewan UGM.

Pengumpulan data melalui pengamatan jumlah makrofag pada alveoli tikus putih pada tiap-tiap kelompok perlakuan. Analisa data secara deskriptif pada masing-masing kelompok untuk dilakukan penilaian terhadap jumlah makrofag (peradangan) pada alveoli paru. Selanjutnya dilakukan analisis Anova untuk mengetahui signifikansi perbedaan antar kelompok penelitian.

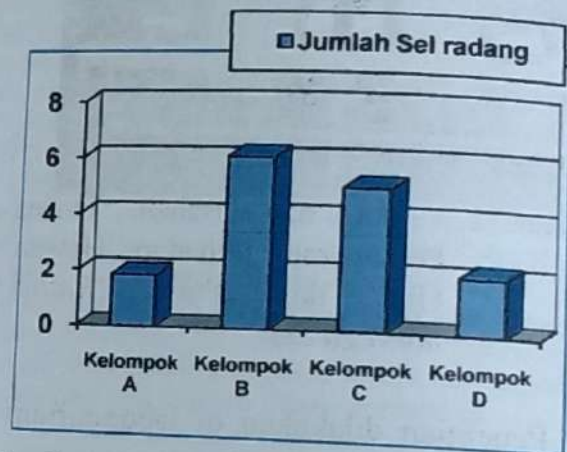
Hasil dan Pembahasan

Hasil pengamatan yang dilakukan dengan mencatat jumlah makrofag pada alveoli paru tikus. Hasil pengamatan pada kelompok perlakuan dan kelompok kontrol diperlihatkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Tabel rata – rata jumlah sel alveoli paru yang mengalami peradangan

No	Kelompok	Rata – rata jumlah sel radang ($\bar{x} \pm SD$)
1	Kontrol	1.84 ± 1.51
2	Perlakuan asam sulfat (H_2SO_4) 8,4 mg/l	6.09 ± 2.36
3	asam nitrat (HNO_3) 30 mg/l	5.05 ± 2.37
4	asam sulfat (H_2SO_4) 8,4 mg/l dan asam nitrat (HNO_3) 30 mg/l	2.02 ± 1.37

Pada Tabel 1 tampak bahwa jumlah rata-rata sel alveoli paru tikus pada kelompok I (kelompok kontrol pada perlakuan) yang mengalami peradangan adalah 2 buah (mean 1.8363). Jumlah ini dijadikan patokan nilai normal. Pada kelompok II yang merupakan kelompok perlakuan dengan pemaparan asam sulfat (H_2SO_4) 8,4 mg/l selama 4 jam, ditemukan rata – rata 7 ± 2.36 sel alveoli paru yang mengalami peradangan. Lalu pada kelompok III yang merupakan kelompok perlakuan dengan pemaparan asam nitrat (HNO_3) 30 mg/l selama 4 jam, ditemukan rata – rata 6 ± 2.37 sel alveoli paru yang radang., sedangkan pada kelompok IV yang merupakan kelompok perlakuan dengan pemaparan asam sulfat (H_2SO_4) 8,4 mg/l dan asam nitrat (HNO_3) 30 mg/l selama 4 jam, ditemukan rata – rata 3 ± 1.37 sel alveoli paru yang mengalami peradangan.



Gambar 2. Grafik Perbandingan Rata-rata Jumlah Sel Radang.

Keterangan Gambar 2:

- Kelompok A: kontrol,
- Kelompok B: paparan asam sulfat (H_2SO_4),
- Kelompok C: paparan asam nitrat (HNO_3),
- Kelompok D: paparan asam sulfat (H_2SO_4) dan asam nitrat (HNO_3)

Terlihat pada Gambar 2. diatas tampak bahwa kelompok II (B) perlakuan dengan pemaparan asam sulfat (H_2SO_4) 8,4 mg/l memiliki jumlah sel radang paling banyak (7 makrofag), bila dibandingkan dengan kelompok yang mendapat paparan campuran asam sulfat dan asam nitrat atau asam nitrat saja,

Pembahasan

Tabel 2 menunjukkan kelompok II (B) yang diberi perlakuan dengan pemaparan asam sulfat (H_2SO_4) 8,4 mg/l memiliki jumlah sel radang paling banyak (7 makrofag), bila dibandingkan dengan kelompok yang mendapat paparan campuran asam sulfat dan asam nitrat atau asam nitrat saja.

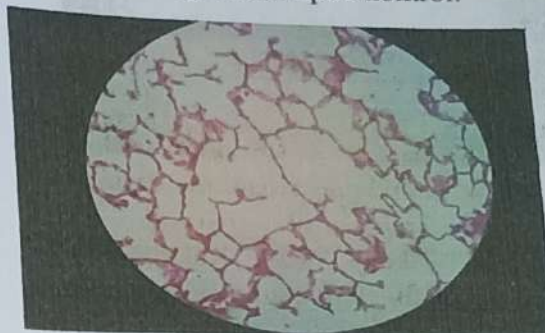
Untuk mengetahui signifikansi pengaruh hujan asam terhadap gambaran jumlah makrofag (peradangan) alveoli paru pada antar kelompok penelitian digunakan uji statistik *One Way Anova*.

Tabel 2. Analisis Anova pada kelompok kontrol dan perlakuan

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig
Between Groups	69.181	3	23.060	6.003	0.006
Within Groups	61.469	16	3.842		
Total	130.650	19			

Uji anova menunjukkan bahwa terdapat perbedaan yang signifikan antara kelompok kontrol tanpa perlakuan dengan kelompok yang diberi perlakuan ($p < 0,05$).

Pada pengamatan gambaran histologis potongan alveoli paru tikus putih (*Rattus norvegicus*), dapat dideskripsikan keadaan septum interalveolaris dan epitel bronkioloalveolar. Kelompok I merupakan kelompok yang tidak diberi perlakuan sehingga gambaran yang ditemukan dapat dijadikan sebagai kelompok kontrol.

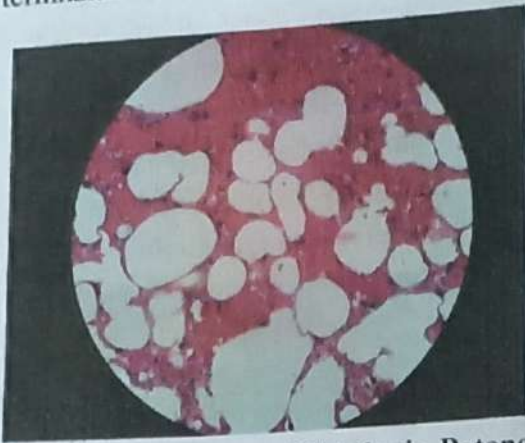


Gambar 3. Gambaran Histologis Potongan Transversal Alveoli Paru Tikus Putih Kelompok Kontrol Perbesaran 400x.

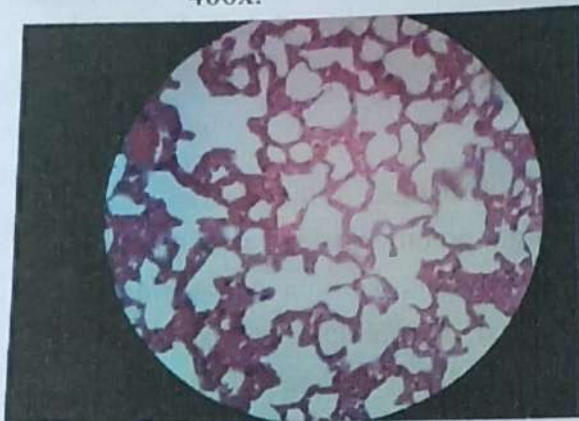
Pada Gambar 3. merupakan gambaran histologik potongan transversal alveoli paru kelompok kontrol tanpa perlakuan dengan pengecatan Hematoksine dan Eosin dengan perbesaran 400x. Tampak dengan jelas sel-sel epitel alveoli dalam keadaan normal, tidak terjadi perdarahan, tidak ada penebalan epitel serta tidak ditemukan makrofag.

Pada gambar 4 adalah gambaran histologik preparat kelompok II dengan pemaparan asam sulfat (H_2SO_4) 8,4 mg/l selama 4 jam dengan perbesaran 400x didapatkan hasil adanya penebalan sel - sel epitel alveoli, ukuran epitel alveoli tidak teratur serta ditemukan banyak makrofag. Asam sulfat (H_2SO_4) dan asam nitrat

(HNO₃) dalam deposisi asam dapat terinhalasi dan masuk ke dalam paru.¹⁰



Gambar 4. Gambaran Histologis Potongan Transversal Alveoli Paru Tikus Putih Kelompok II dengan Paparan Asam Sulfat (H₂SO₄) 8,4 mg/l Perbesaran 400x.



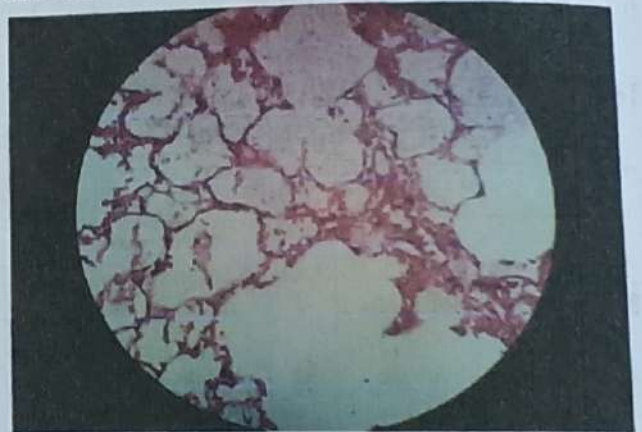
Gambar 5. Gambaran Histologis Potongan Transversal Alveoli Paru Tikus Putih Kelompok III dengan Paparan Asam Nitrat (HNO₃) 30 mg/l Perbesaran 400x

Paru sendiri merupakan organ yang paling banyak terkena polutan udara.¹¹ Secara histologis akibat iritasi polutan udara dapat memberikan gambaran berupa kerusakan epitel alveoli paru.³ Kerusakan epitel alveoli paru dapat menyebabkan interstisial udem serta stimulasi proses

inflamasi.⁴ Hal ini menyebabkan terjadinya peradangan alveoli paru.

Pada gambar 5 merupakan gambaran histologik preparat kelompok III dengan pemaparan asam nitrat (HNO₃) 30 mg/l selama 4 jam dengan perbesaran 400x, didapatkan gambaran yang mirip namun sedikit lebih baik daripada preparat kelompok II. Hal ini dapat dilihat pada gambar 15, dimana adanya penebalan sel-sel epitel alveoli, walau tidak setebal preparat kelompok II. Serta ditemukan banyak makrofag walaupun tidak sebanyak preparat kelompok II.

Gambar 6. dibawah ini merupakan preparat kelompok IV dengan pemaparan pemaparan asam sulfat (H₂SO₄) 8,4 mg/l dan asam nitrat (HNO₃) 30 mg/l selama 4 jam dengan perbesaran 400x, didapatkan gambaran yang lebih baik jika dibandingkan dengan preparat kelompok II dan III.



Gambar 6. Gambaran Histologis Potongan Transversal Alveoli Paru Tikus Putih Kelompok IV dengan Paparan Asam Sulfat (H₂SO₄) 8,4 mg/l dan Asam Nitrat (HNO₃) 30 mg/l Perbesaran 400x.

Hal ini dapat dilihat pada gambar 16, dimana adanya penebalan sel – sel epitel alveoli, tetapi paling tipis penebalannya jika dibandingkan preparat kelompok II dan III. Serta ditemukan paling sedikit jumlah makrofagnya jika dibandingkan dengan kelompok yang lain yang sama-sama memperoleh paparan.

Hujan asam didefinisikan sebagai segala macam hujan dengan pH 5,6 atau kurang.¹² Hujan asam ini pada dasarnya merupakan peristiwa terjadinya deposisi asam. Deposisi asam terdiri dari dua jenis, yaitu deposisi basah dan deposisi kering. Proses deposisi basah terjadi dengan pembentukan awan dan akhirnya turun sebagai hujan, salju atau kabut yang mengandung asam. Proses lainnya adalah deposisi kering, terjadi pada hari cerah maupun berawan.¹³

Deposisi asam terjadi pada lapisan troposfer. Deposisi asam merupakan kondisi dimana udara di atmosfer mengandung senyawa asam yang biasanya berupa H_2SO_4 dan HNO_3 . Keduanya merupakan asam yang sangat kuat. Asam sulfat (H_2SO_4) berasal dari gas SO_2 dan asam nitrat (HNO_3) terutama dari gas NO_x yang melalui proses fisik dan kimia di udara membentuk keasaman. Proses yang terjadi sangatlah kompleks yang melibatkan proses transportasi dan transformasi.¹⁴

Asam sulfat (H_2SO_4) terbentuk di atmosfer melalui reaksi antara sulfur dioksida (SO_2) dengan ozon (Gambar 3). Selanjutnya apabila di udara terdapat nitrogen monoksida (NO) maka radikal

hidroperoksil (HO_2) yang terjadi pada salah satu reaksi diatas akan bereaksi kembali seperti: $NO + HO_2 \rightarrow NO_2 + OH$. Pada reaksi ini radikal hidroksil akan terbentuk kembali, selama ada NO di udara. Sehingga semakin banyak SO_2 akan semakin banyak pula asam sulfat yang terbentuk.¹⁵

Jika dalam bentuk aerosol, maka *acid aerosol* tersebut menyebabkan iritasi dan merusak epitel saluran pernapasan sampai dengan alveoli, merusak sistem bersihan mukosilier, peningkatan infeksi paru serta menyebabkan penurunan fungsi paru, tetapi semua ini bersifat individual.¹¹ Kerusakan epitel saluran pernapasan dalam hal ini adalah alveoli dapat menyebabkan interstitial udem, dan stimulasi proses inflamasi.⁴

Hal tersebut ditunjukkan pada hasil analisa kelompok-kelompok perlakuan baik yang terpapar asam sulfat (H_2SO_4) 8,4 mg/l saja, asam nitrat (HNO_3) 30 mg/l saja, maupun gabungan asam sulfat (H_2SO_4) 8,4 mg/l dan asam nitrat (HNO_3) 30 mg/l. Pada kelompok yang hanya mendapatkan paparan asam sulfat (H_2SO_4) 8,4 mg/l saja secara signifikan menunjukkan terjadinya peradangan yaitu masuk kategori derajat peradangan III (7 sel mononuklear). Hal tersebut dimungkinkan karena adanya interaksi kimia antara asam sulfat (H_2SO_4) dan asam nitrat (HNO_3) atau senyawa lainnya menghasilkan efek antagonis. Asam sulfat (H_2SO_4) dapat berinteraksi dengan beberapa polutan seperti O_3 dan NO_2 . Interaksi tersebut dapat berupa faktor sinergis, additive atau antagonis. Kelompok

yang mendapat paparan asam nitrat (HNO_3) 30 mg/l saja menunjukkan adanya peradangan (derajat peradangan III (6 sel mononuklear) tapi tidak sebanyak kelompok II. Sementara itu pada kelompok yang mendapat paparan gabungan asam sulfat (H_2SO_4) 8,4 mg/l dan asam nitrat (HNO_3) 30 mg/l paling sedikit menunjukkan terjadinya peradangan yaitu derajat peradangan II (3 sel mononuklear), tetapi masih di atas kelompok normal jumlah sel radangnya.

Simpulan dan Saran

Paparan material hujan asam berupa asam sulfat (H_2SO_4) dan asam nitrat (HNO_3) ternyata dapat menyebabkan terjadinya peradangan pada alveoli paru tikus putih (*Rattus norvegicus*) secara signifikan.

Perlu penelitian lanjutan mengenai pengaruh paparan material hujan asam berupa asam sulfat (H_2SO_4) dan asam nitrat (HNO_3) untuk jangka waktu yang lama serta penggunaan alat yang lebih sempurna agar dapat menyesuaikan sesuai dengan kondisi di alam yang sebenarnya.

Daftar Pustaka

1. Mohsin, Y. 2004. 27 Juli. *Polusi udara Jakarta*. dari http://www.chem-istry.org/artikel_kimia/berita/polusi_udara_jakarta/ Diakses 15 April 2009,
2. Pusat Teknologi Komunikasi dan Informasi Pendidikan. 2006. *Deposisi asam*. dari website www.edukasi.net/pengpop/pp_full.php?ppid=212&fname=materi3b.html, Diakses 2 April 2009
3. Junqueira, LC & Carneiro, J. 2005. *Basic histology text and atlas* (11th ed.). United States of America: The McGraw-Hill Companies, Inc. Hal: 340-359.
4. O'Connor, J. 2004. *Crash course pathology* (2nd ed.). Oxford: Mosby. Hal: 115.
5. Notoatmodjo, S. 2005. *Metodologi penelitian kesehatan*. Jakarta: Rineka Cipta. Hal: 156-172, 185-191.
6. SIDS Initial Assessment Report for 11th SIAM. 2001, 23-26 Januari. *Sulfuric Acid*. Diakses dari <http://www.inchem.org/documents/sids/sids/7664939.pdf> 20 April 2009.
7. Badan Meteorologi dan Geofisika. (2009). Hujan asam. Diakses dari www.bmg.go.id/data.bmg?Jenis=Teks&IDS=6630117486022692992 pada 2 April 2009.
8. Azizi, N. 2003. *Pengaruh air magnetik terhadap gambaran histologik pulmo (alveoli) tikus putih (Rattus norvegicus) setelah diinhalasi asap rokok kretek*. Skripsi strata satu, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta, Yogyakarta.
9. Undang-undang Kerja nomor 12 tahun 1948. Diakses dari <http://legislasi.mahkamahagung.go.id/docs/UU/1948/UU%20NO%2012%20TH%201948.pdf>. 20 April 2009
10. Koenig, J., Covert, D., dan Pierson, W. 1989. Effects of inhalation of acidic compounds on pulmonary function in allergic adolescent subjects. *Environmental Health Perspectives*, 79, 173-178.
11. Kumar, V., Cotran, R dan Robbins, S. 2003. *Robbins basic pathology* (7th ed.). Philadelphia: Saunders. Hal: 266-268.

12. Badan Meteorologi dan Geofisika. 2007. Komposisi kimia air hujan bulan Oktober, Nopember dan Desember 2007. Diakses 20 April 2009, dari <http://www.bmg.go.id/dataDetail.bmkg?Jenis=Teks&IDS>.
13. Budiwati, T., Setyawati, W., & Indrawati. 2008. *Hujan asam dan dampaknya terhadap lingkungan di Cekungan Bandung* [Versi elektronik]. Pusat Pemanfaatan Sains Atmosfer dan Iklim Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional. Diakses dari www.dirgantara-lapan.or.id/jizonpolud/abstrak/dampak%20acid%20Orain-bdg-2008.doc pada 9 April 2009,
14. Irmansyah, B. 2005, 8 Nopember. Mengungkap proses terjadinya hujan asam. Diakses 2 April 2009, dari www.biruhijau.org/news_view.php?nwid=5
15. Sumahamijaya, I. 2009, 26 Maret. Hujan asam menghancurkan bumi. Diakses 9 April 2009, dari <http://majarimagazine.com/2009/03/hujan-asam-mencegah-global-warming-menghancurkan-bumi>