

**PENINGKATAN AKTIVITAS ENZIM SOD
SERUM DAN KELUHAN KESEHATAN
TERHADAP PAPARAN ASAP
PEMBAKARAN KAYU PADA PEKERJA**

Fitri Rokhmalia

(Jurusan Kesehatan Lingkungan,
Poltekkes Kemenkes Surabaya)

Lilis Sulistyorini

(Fakultas Kesehatan Masyarakat,
Universitas Airlangga Surabaya)

Soedjadi

(Fakultas Kesehatan Masyarakat,
Universitas Airlangga Surabaya)

ABSTRACT

The chronic exposure of nitrogen dioxide and formaldehyde gases effected cellular influence enzymes activity SOD. This study aim to analyze the effect of exposure to nitrogen dioxide and formaldehyde gases against SOD and health complaint of worker in home industry petis. The method of this study was analytical observation with prospective longitudinal study with design study cross-week. Research sites of home industry petis and government Sekardangan office. The population was 2 population that were the workers of home industry petis and the administration worker of government sekardangan office in Desa Sekardangan Kabupaten Sidoarjo with some criteria that worked at male, not getting sickness asma and willing to participate in this study. Sample size had 24 persons that was taken by simple random sampling, 12 persons from each workers home industry petis and administratif worker in government sekardangan office. The analysis result shown that nitrogen dioxide and formaldehyde gases in air effected of enzymes SOD difference before and after exposure working group and not exposed ($p < 0,05$) using paired t-test. The effect of nitrogen dioxide and formaldehyde gases in air effected enzymes activity SOD ($p < 0,05$) using linear regression, but health complaint was effected by enzymes activity SOD ($p < 0,05$) using logistic regression. The conclusion of this study was exposure of nitrogen dioxide and formaldehyde gases effect increasing of enzymes activity SOD of worker at home industry petis. Otherwise, there is effect of exposure of nitrogen dioxide and formaldehyde gases to health complaints.

Keywords:

nitrogen dioxide, formaldehyde gases, wood burning smoke, SOD, health complaints

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Pertumbuhan industri skala kecil dan menengah berkembang menjadi salah satu solusi dalam mengatasi angka pengangguran sekaligus menggerakkan roda perekonomian daerah (Undang-Undang No.25, 2004).

Peningkatan kegiatan industri yang semakin pesat telah mulai menimbulkan dampak positif dan negatif terhadap lingkungan, diantaranya adalah penggunaan bahan baku yang dapat merusak ekosistem dan penggunaan bahan bakar yang dapat membahayakan kesehatan para pekerja dan membuang limbah yang dapat mencemari lingkungan (Ginting, 2007).

Diperkiraan persentase komponen pencemar udara bagi industri yang menggunakan bahan bakar kayu yaitu sebagai berikut, formaldehid (CH_2O) 60%, karbon monoksida (CO) 10,53%, oksida sulfur (SO_x) 0,9%, nitrogen oksida (NO_x) 8,9%, partikulat sebesar 1,33%, hidrokarbon (HC) 18,34% dan gas rumah kaca (CH_4 , CO_2 dan N_2O) yang tersebar dalam nilai persentase sumber utama (Susanto, 2004).

Gas nitrogen dioksida dan formaldehid merupakan golongan radikal bebas dan dapat mempengaruhi peningkatan aktivitas enzim serum *Superoxide Dismutase* (SOD) serta menjadi stres oksidatif. Stres oksidatif adalah ketidakseimbangan antara produksi oksigen reaktif dengan kemampuan sistem biologi tubuh untuk mendetoksifikasi senyawa reaktif atau memperbaiki kerusakan sel (Otero, 2009).

Keadaan kelebihan radikal bebas, yang akan bereaksi dengan lemak, protein, asam nukleat seluler, sehingga terjadi kerusakan lokal dan disfungsi organ tertentu. Jika stres oksidatif ini berlangsung lama, akan menyebabkan kerusakan sel atau jaringan, yang selanjutnya merupakan penyebab timbulnya keganasan, inflamasi, aterosklerosis, penuaan, dan iskemia (Arief, 2009).

METODE

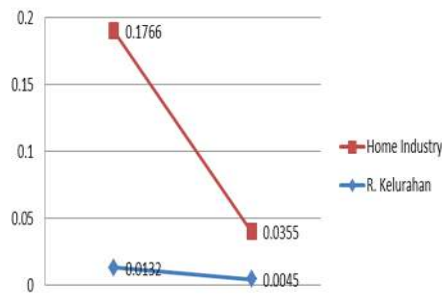
Jenis penelitian ini adalah penelitian observasional analitik dan rancang bangun penelitian *prospective longitudinal study*, karena pengamatan dan pengukuran terhadap variabel penelitian pada kelompok sampel dan control dilakukan *cross week*.

Penelitian ini dilakukan pada empat *home industry* petis. yang menggunakan bahan bakar kayu dengan durasi pajanan selama 8 jam kerja.

Populasi di dalam penelitian ini adalah pekerja di *home industry* petis yang terpapar oleh gas formaldehid dan nitrogen dioksida serta masyarakat di wilayah sekardangan yang tidak terpapar oleh gas formaldehid dan nitrogen dioksida.

Pengumpulan data primer dilakukan melalui wawancara menggunakan kuesioner untuk mengetahui umur, masa kerja, pola makan, kebiasaan menggunakan masker, kebiasaan merokok, status gizi, dan keluhan pernafasan, observasi untuk mengetahui kondisi ventilasi pada ruang produksi *home industry* petis dan ruang kerja masyarakat di wilayah sekardangan. Melakukan pengukuran gas formaldehid dan nitrogen dioksida pada ruang produksi di *home industry* petis dan ruang administrasi menggunakan alat *midget impinger*. Melakukan pengukuran tinggi badan dan berat badan untuk mengetahui status gizi. Pemeriksaan aktivitas enzim SOD serum menggunakan metode ELISA. Sedangkan Sumber data sekunder diperoleh dari pemilik *home industry* petis diantaranya adalah jumlah karyawan, daftar nama pekerja sarana dan prasarana pada ruang produksi serta daftar nama masyarakat di wilayah sekardangan.

HASI PENELITIAN



Gambar 1. Rerata besar paparan nitrogen dioksida di ruang administrasi Kelurahan Sekardangan

Berdasarkan hasil penelitian mengenai pengaruh paparan asap pembakaran kayu terhadap aktivitas enzim SOD serum dan keluhan kesehatan pada pekerja di *home industry* petis Desa Sekardangan Kabupaten Sidoarjo.

Gambar 1 menunjukkan bahwa rata-rata besar paparan nitrogen dioksida di ruang administrasi Kelurahan Sekardangan sebesar 0,0132 ppm dan di tempat pengolahan petis sebesar 0,1766 ppm rata-rata besar paparan formaldehid di ruang administrasi Kelurahan Sekardangan sebesar 0,0045 ppm dan rata-rata paparan formaldehid di tempat pengolahan petis

sebesar 0,0355 ppm. Besar paparan formaldehid dan nitrogen dioksida di tempat pengolahan petis dan administrasi di Kelurahan Sekardangan masih dibawah nilai ambang batas.

Tabel 1. Hasil uji beda antara dua mean aktivitas enzim SOD pre-post pada kelompok terpapar dan tidak terpapar *home industry* petis tahun 2015

Parameter	Perbedaan		p
	Kelompok terpapar	Kelompok tidak terpapar	
	Rerata (SD)	Rerata (SD)	
SOD pre	14,50 (3,58)	3,92 (2,47)	0,000
SOD post	32,42 (7,08)	5,91 (3,29)	0,001

Tabel 1 menunjukkan bahwa terdapat perbedaan antara aktivitas enzim SOD pre-post pada kelompok terpapar dan tidak terpapar yang signifikan secara statistik dengan $p < 0,05$. Hal ini menunjukkan bahwa aktivitas enzim SOD post test aktivitasnya lebih besar dibandingkan dengan aktivitas enzim SOD pre test. Dengan interpretasi bahwa terdapat perbedaan antara aktivitas enzim SOD pre test dengan SOD post test setelah ada paparan nitrogen dioksida dan formaldehid.

Tabel 2. Analisis pengaruh paparan asap pembakaran kayu terhadap aktivitas enzim SOD pre-post pada kelompok terpapar dan tidak terpapar di *home industry* petis tahun 2015

Variabel	Aktivitas Enzim SOD			
	Pre		Post	
	B	p	β	p
NO ₂	0,035	0,281	0,142	0,031
Formaldehid	0,137	0,091	0,002	0,044
Umur	0,129	0,160	0,026	0,664
Masa kerja	0,609	0,001	0,628	0,000
Pola makan	0,054	0,436	0,100	0,026
Kebiasaan merokok	0,231	0,045	0,235	0,006
Status gizi	0,048	0,569	-0,013	0,750
Pemakaian masker	0,015	0,808	0,015	0,750

* $p < 0,05$ (signifikan)

** $p < 0,01$ (sangat signifikan)

Tabel 2 menjelaskan mengenai pengaruh paparan gas nitrogen dioksida dan formaldehid terhadap aktivitas enzim SOD pre-post pada pekerja di *home industry* petis. Variabel nitrogen dioksida, formaldehid, masa kerja, pola makan, dan kebiasaan merokok berpengaruh signifikan dengan $p < 0,05$ terhadap aktivitas enzim SOD post.

Sedangkan pada variabel umur dan status gizi tidak berpengaruh.

Tabel 3. Analisis pengaruh aktivitas enzim SOD terhadap keluhan pernafasan pada pekerja di *home industry petis* tahun 2015

Variabel	B	p
SOD pre	-	0,000
SOD post	5,064	0,001
Umur	-1,808	0,004
Masa kerja	80,883	0,014
Pola makan	-25,996	0,001
Kebiasaan merokok	41,722	0,000
Status gizi	-	0,682
Penggunaan masker	18,356	1,000

* p < 0,05 (signifikan)

** p < 0,01 (sangat signifikan)

Tabel 3 menunjukkan bahwa tidak ada pengaruh antara status gizi dan penggunaan masker dengan keluhan pernafasan pada pekerja di *home industry petis*. Pada variabel umur, masa kerja, pola makan dan kebiasaan merokok mempengaruhi keluhan pernafasan. Masa kerja dibawah 5 tahun dengan adanya paparan radikal bebas menyebabkan meningkatnya aktivitas enzim antioksidan seperti SOD.

PEMBAHASAN

Pengaruh Paparan Asap Pembakaran Kayu Terhadap Keluhan Kesehatan

Besar paparan nitrogen dioksida dan formaldehid masih dibawah Nilai Ambang Batas yaitu <3 ppm dan <0,3 ppm. Penelitian ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Hong *et al.*, (2007) bahwa pekerja yang terpapar oleh formaldehid dan nitrogen dioksida secara berulang dapat beresiko 3 kali untuk terkena gangguan fungsi paru dikarenakan kedua parameter tersebut mempunyai organ target yang sama yaitu saluran pernafasan bagian atas.

Adsorpsi gas nitrogen dioksida dan formaldehid secara berulang dan terus-menerus akan terakumulasi terutama di saluran konduktif dan saluran udara pernafasan (*acinus paru*) dan menyebabkan perubahan morfologi paru (WHO,1997).

Nitrogen dioksida dan formaldehid yang masuk ke dalam tubuh melalui sistem peredaran darah akan dimetabolisme atau mengalami biotransformasi menjadi metabolit aktivasi dan inaktivasi yang dibantu oleh enzim cytochrome P-450. Nitrogen dapat menjadi metabolit inaktivasi berupa senyawa asam nitrat dan nitrit sedangkan formaldehid senyawa inaktivasi berupa asam formiat yang dapat diekskresikan melalui urin, serta dapat juga menjadi metabolit

aktivasi yaitu menjadi *reactive nitrogen species* dan dapat pula mengikat hemoglobin membentuk methehemoglobin (ATSDR, 2006).

Respon biologi tubuh dalam menangkal paparan nitrogen dioksida dan formaldehid yaitu dengan menghadirkan sel monosit untuk memfagositosis RNS/ROS di dalam sel, prosesnya memerlukan oksigen yang cukup banyak untuk memetabolisme RNS/ROS menjadi metabolit inaktivasi menjadi asma denitrat dan nitrit. Terlalu banyaknya RNS/ROS dalam tubuh menyebabkan ketidakseimbangan respon biologi tubuh dengan mengaktifkan enzim antioksidan (superoksida dismutase, katalase, glutathione peroksidase dan glutathion transferase) dalam memfagosit yang disebut dengan stres oksidatif (Arief, 2009).

Superoxide dismutase (SOD) adalah enzim yang mengaktivasi reaksi dismutasi dari anion superoksid untuk membentuk hidrogen peroksida. Sebaliknya katalase akan melindungi sel secara langsung, melalui dekomposisi hidrogen peroksida menjadi air. Enzim SOD, katalase dan GPx merupakan antioksidan endogen yang sangat penting di dalam tubuh manusia maupun hewan (Harris, 1992).

Berdasarkan hasil penelitian menunjukkan bahwa terdapat perbedaan antara aktivitas enzim SOD pre-post pada kelompok terpapar dan tidak terpapar yang signifikan secara statistik dengan p < 0,05. Hal ini menunjukkan bahwa aktivitas enzim SOD post test aktvitasnya lebih besar dibandingkan dengan aktivitas enzim SOD pre test. Hal ini sesuai dengan penelitian mates *et al.*, (1999) bahwa adanya peningkatan aktivitas enzim SOD pre rata-rata 50 U/ml dan rata-rata post 180 U/ml, CAT pre rata-rata 40 U/ml dan rata-rata post 200 U/ml pre rata-rata 60 U/ml dan rata-rata post 230 U/ml pada tikus setelah diberi paparan formaldehid dengan kadar 10 ppm.

Menurut Freisleben (2001) sumber serta peranan RNS secara fisiologis Berbagai proses biologis juga menjadi sumber terbentuknya RNS, namun sumber utama dalam keadaan fisiologis ialah transportasi elektron di mitokondria, yaitu saat terjadinya metabolisme energi secara aerob (sintesa *adenosine triphosphate/ATP* melalui siklus Krebs dari glukosa dan melalui oksidasi asam lemak). Proses ini terjadi dalam empat tahap yang akan mengubah oksigen yang dihirup menjadi air pada masing-masing tahap RNS yang terbentuk pada orang sehat terkontrol dengan rapi dan tidak akan dilepaskan dari ikatan dengan induk molekulnya yang mengandung Fe atau Cu,

dengan lain perkataan, keseimbangan dinamis pada orang sehat tetap terjaga dengan baik (Allen *et al.*, 2000).

Sifat reaktif nitrogen dioksida dalam sel menyebabkan evolusi mekanisme pertahanan terhadap efek perusakan suatu bahan teroksidasi kuat. SOD (superoksida dismutase dan katalase) mengkatalisasi dismutasi dari superoksida dan hidrogen peroksida. GSH (glutation) peroksidase mereduksi peroksida hidrogen dan organik menjadi air dan alkohol. GSH S-transferase melakukan pemindahan residu glutation menjadi metabolit elektrofilik reaktif dari xenobiotic. Produksi glutation teroksidasi (GSSG) direduksi secara cepat oleh reaksi yang menggunakan NADPH yang dihasilkan dari berbagai sistem intraseluler, diantaranya hexose-monophosphate shunt. Berbagai isoenzim organel spesifik dari dismutase superoksida juga ditemukan. SOD Zn, Cu merupakan sitoplasmik, sedangkan enzim Zn, Mn mitokondrial. Isoenzim ini tidak ditemukan dalam cairan ekstraseluler. Beberapa bahan tereduksi juga bekerja sebagai antioksidan, reduksi kelompok radikal aktif seperti radikal peroksi dan hidroksi menjadi bentuk yang kurang reaktif misalnya air. Seperti halnya pembangkitan kembali oksigen singlet. Penggabungan tersebut juga mengakhiri reaksi radikal berantai. Pertahanan antioksidan kimiawi bagai pedang bermata dua. Pertama, saat bahan tereduksi menjadi radikal maka derivat radikalnya juga terbentuk. Sehingga, jika suatu radikal sangat tidak stabil, reaksi radikal berantai mungkin akan berlanjut. Kedua, bahan tereduksi dapat mereduksi oksigen menjadi superoksida atau peroksida merupakan radikal hidroksil dalam reaksi auto-oksidasi. Ascorbat dan asam urat dapat berfungsi sebagai anti oksidan, ikut serta secara langsung dalam auto-oksidasi, baik melalui reduksi aktivator oksigen lain seperti rangkaian logam transisi atau quinone, atau bertindak sebagai kofaktor enzim (Arief, 2009).

Pengaruh Paparan Asap Pembakaran Kayu Terhadap Keluhan Kesehatan

Efek klinis paparan nitrogen dioksida dan formaldehid menyebabkan iritasi pada saluran pernafasan, mata, kulit, kesadaran menurun, peradangan pada paru, peradangan pada bronchiolus, perubahan seluler, karsinogenesis (ATSDR, 2006).

Tanda-tanda dan gejala pajanan akut diantaranya adalah batuk, batuk berdarah (*hemoptysis*), sesak nafas, sakit kepala, demam, mual, muntah, kesadaran menurun, peradangan pada paru, peradangan pada

bronchiolus, sembab pada paru biasanya terjadi pada 3-30 jam pemaparan. Pneumonia dan bronchitis biasanya terjadi pada kadar 47-140 mg/m³ (NAB: 5 ppm) selama 1 jam atau kurang. Pada kadar 560-940 mg/m³, pemaparan nitrogen dioksida dapat menyebabkan edema paru yang fatal (ATSDR, 2006).

Paparan inhalasi ke formaldehida menyebabkan sejumlah efek seluler tergantung konsentrasi dan paparan durasinya. Dalam studi jangka pendek, ditemukan bahwa formaldehid menyebabkan proliferasi sel epitel dalam hidung pada dosis 2 ppm dan di atas (Hester *et al.*, 2003). Proliferasi sel merupakan bagian dari proses restoratif untuk memperbaiki kerusakan sel. Dalam studi kronis, efek seluler, yaitu, rhinitis (radang mukosa hidung), displasia epitel (perpindahan dari satu jenis sel dengan satu sama lain), dan metaplasia skuamosa (penggantian sel mukosa normal dengan sel skuamosa) yang dikembangkan dalam rongga hidung tikus dan monyet setelah paparan selama 12 bulan dan 26 minggu, masing-masing 2-3 ppm formaldehida. Setelah 24 bulan paparan, kejadian metaplasia skuamosa pada tikus meningkat menjadi hampir 100% (WHO, 2003).

Berdasarkan hasil penelitian menunjukkan bahwa Keluhan pernafasan yang dialami kelompok terpapar yaitu dengan gejala bersin (9 orang), batuk (9 orang) dan nyeri pada tenggorokan (7 orang) sedangkan pada kelompok tidak terpapar gejala yang dialami yaitu bersin (3 orang), batuk (3 orang) dan nyeri pada tenggorokan (3 orang). Pada kelompok tidak terpapar juga mengalami keluhan saluran pernafasan dikarenakan adanya paparan formaldehid yang berasal dari bahan perekat dan cat furniture.

Berdasarkan uji statistik terdapat hubungan yang signifikan antara paparan nitrogen dioksida dan formaldehid dengan keluhan kesehatan yang dirasakan oleh responden. Keluhan pernafasan hanya dipengaruhi oleh aktivitas enzim SOD pre-post, umur, masa kerja, pola makan dan kebiasaan merokok.

Adanya gejala kesehatan seperti batuk, bersin dan nyeri tenggorokan berarti terdapat gangguan pada saluran pernafasan, dimana gejala tersebut sesuai dengan efek kesehatan yang dirasakan apabila terpapar oleh nitrogen dioksida dan formaldehid hal ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Kriebel (1993) bahwa paparan berulang formaldehid dan nitrogen dioksida menyebabkan iritasi saluran pernafasan dengan keluhan sebagai berikut : pekerja yang mengalami iritasi hidung (43%), batuk

(17%), bersin (20%) dan nyeri tenggorokan (20%).

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Besar paparan nitrogen dioksida dan formaldehid di tempat pengolahan petis dan ruang administrasi Kelurahan Sekardangan masih dibawah Nilai Ambang Batas
2. Adanya peningkatan aktivitas enzim SOD pre-post pada kelompok terpapar dan terpapar
3. Peningkatan aktivitas enzim SOD pre-post lebih besar pada kelompok terpapar
4. Keluhan pernafasan yang paling banyak dirasakan responden yaitu bersin, batuk, dan nyeri tenggorokan.
5. Besar paparan nitrogen dioksida dan formaldehid mempengaruhi tinggi peningkatan aktivitas enzim SOD, semakin besar paparan maka semakin tinggi peningkatan aktivitas enzim SOD.
6. Paparan nitrogen dioksida dan formaldehid mempengaruhi keluhan kesehatan yang dirasakan responden yang terpapar.

Saran

Saran yang dapat diberikan bagi pemilik, perlu adanya pemantauan besar paparan nitrogen dioksida dan formaldehid secara berkala pada tempat pengolahan petis di Desa Sekardangan Kabupaten Sidoarjo dan bagi pekerja di dalam proses produksi dilengkapi dengan penggunaan alat pelindung diri meliputi masker gas, sepatu, dan baju khusus serta adanya rotasi. Bagi responden yang mengalami peningkatan aktivitas enzim SOD serum sebaiknya pekerja rajin mengonsumsi sayur dan buah yang mengandung vit C dan E.

DAFTAR PUSTAKA

Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR). (2006). *Nitrogen dioksida toxicology*. Atlanta: Agency for Toxic Substance.

Agency for Toxic Substances and Disease Registry. (1999). *Toxicological Profile for Formaldehyde*, Agency for Toxic Substances and Disease Registry, US Department of Health and Human Services.

Allen RG, Tressini M.(2000).Oxidative stress and gene regulation. *Free Radical Biol Med*.

Arief, S. (2009). *Radikal Bebas*. Surabaya: Bagian SMF Ilmu Kesehatan Anak FK UNAIR/RSU Dr.Soetomo.

Freisleben, HJF. (2001). *Free radicals and ROS in biological systems.*, Jakarta: *Bagian Biokimia*; 2

Ginting, P. (2007). *Sistem Pengelolaan Lingkungan dan Limbah Industri*. Bandung : Yrama Widya.

Harris, ED. (1992). Regulation of antioxidant enzymes. *Faseb J*. 6 : 2675-2683.

Hester, S D, Benavides, G B, Yoon, L, Morgan, K T, Zou, F, Barry, W and Wolf, D C. (2003). Formaldehyde-induced gene expression in F344 rat nasal respiratory epithelium. *Toxicology*, 187(1): 13–24.

Hong, Z, Tong, Z and Shi, J. (2007). Effects of formaldehyde on respiratory system and pulmonary function of workers. *Chinese J Pub Heal.*, 23(7): 849–850.

Kuncahyo I., Sunardi. (2007). Uji peningkatan aktivitas antioksidan ekstrak belimbing wuluh (*Averrhoa bilimbi*, L.) terhadap 1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl (DPPH). *Seminar Nasional Teknologi 2007 (SNT 2007)*. pp:E1-9.

Meydani M. (2000). Effect of functional food ingredients: Vitamin E modulation of cardiovascular diseases and immune status in the elderly. *Am J Clin Nutr* 71:1665S-1668S. Meydani SN, Wu D, Santos MS, Hayek MG. 1995. Antioxidants and

Otero D., Zerbo R., Bekay, Decara, Sanchez, Fonseca R, Herrera D A. (2009). Alpha-tocopherol protects against oxidative stress in the fragile Xknockout mouse: an experimental therapeutic approach for the Fmr1 deficiency. *Neuropsychopharmacology*. 34:1011–26.

Permenakertrans. (2011). Nilai Ambang Batas Faktor Fisika Dan Faktor Kimia Di tempat Kerja.

Susanto, J.P. (2004). Pemanfaatan Pssive Sampler Untuk Monitoring Kuliatas NO₂ Dalam udara Ambien di Beberapa Lokasi di Indonesia. P3TL-BPPT. *Jurnal Teknologi Lingkungan*, 75-81.

Undang-Undang No.25 Tahun 2004 tentang Sistem Perencanaan Pembangunan Nasional

WHO (World Health Organisation) (1997). Nitrogen oxides (second edition). Environmental Health Criteria 188, WHO, Geneva.

World Health Organization. 2003. *Formaldehyde*, A CICAD (Concise International Chemical Assessment Document) No. 40. International Programme on Chemical Safety (IPSC).