

ANALISIS KADAR DEBU DAN NO₂ DI UDARA AMBIEN SERTA KELUHAN PERNAPASAN PADA PEKERJA PENYAPU DI TERMINAL PURABAYA KABUPATEN SIDOARJO

Analysis of Dust and NO₂ Level in the Ambient Air and Sweeper's Respiratory Complaints in Purabaya Bus Station Sidoarjo

Amanda Fairuz Hikmiyah

Departemen Kesehatan Lingkungan Fakultas Kesehatan Masyarakat
Universitas Airlangga
amandafh93@gmail.com

Abstrak: Pencemaran udara dapat berdampak buruk bagi kesehatan seseorang yang beraktivitas di dalam terminal. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kadar debu dan NO₂ di udara ambien serta keluhan pernapasan pada pekerja penyapu di Terminal Purabaya. Penelitian ini menggunakan metode penelitian observasional dan rancang bangun *cross sectional*. Populasi penelitian yaitu seluruh penyapu di Terminal Purabaya dan jumlah sampel yang diambil dengan *purposive sampling* sebanyak 34 orang. Pengukuran kadar debu dan NO₂ dilakukan di terminal kedatangan dan keberangkatan pada pagi, siang, dan sore hari. Variabel dalam penelitian ini adalah kadar debu dan NO₂ di udara ambien, karakteristik individu yaitu umur, lama kerja dalam sehari, masa kerja, penggunaan Alat Pelindung Diri (masker), dan keluhan pernapasan berupa batuk, batuk berdahak, sesak napas, dan napas cepat. Data dianalisis secara deskriptif. Hasil penelitian menunjukkan kadar debu dan NO₂ melebihi baku mutu Peraturan Gubernur Jawa Timur Nomor 10 tahun 2009 dengan konsentrasi rata-rata 2,946 mg/m³ dan 165,93 µg/m³. Keluhan pernapasan yang dirasakan responden yaitu berupa batuk (94,1%), batuk berdahak (35,3%), sesak napas (35,3%), dan napas cepat (85,3%). Saran yang dapat diberikan berdasarkan hasil penelitian adalah dihimbau penyapu terminal menggunakan masker saat bekerja, pengelola terminal hendaknya melakukan pemantauan kualitas udara ambien dan melakukan pemeriksaan kesehatan bagi para pekerja penyapu di terminal secara rutin.

Kata kunci: polusi udara, kadar debu dan NO₂, keluhan pernapasan, Terminal Purabaya

Abstract: The air pollution can be impact for people's health who doing an activity in bus station. The study aims to analyze the levels of dust and NO₂ in ambient air and the sweeper's respiratory complaints in Purabaya's Bus Station. This was a observational study with cross sectional design. The population are 34 subjects that was all sweepers in Purabaya's Bus Station using purposive sampling. Measurements of dust and NO₂ level in the Bus Station's arrival and departure in the morning, afternoon, and evening. The variables in this study are the dust and NO₂ level, individual characteristics are age, length of work in a day, work period over the years, use Personal Protective Equipment (masks), and respiratory complaints such us cough, phelgm, shor t breath, and fast breath. Data were analyzed descriptively. The results indicate that dust and NO₂ level was high and inappropriate the standard of Peraturan Gubernur Jawa Timur No. 10 tahun 2009 with an average concentrations are 2,946 mg/m³ and 165,93 µg/m³. The respiratory complain such as cough (94,1%), phelgm (35,3%), short breath (35,3%), and fast breath (85,3%). It's recommended for sweepers to use mask while working, Manager of Bus Station should be monitors of ambient air quality and medical checking for sweeper's workers.

Keywords: air pollution, dust and NO₂ level, respiratory complaints, Purabaya Bus Station

PENDAHULUAN

Udara memiliki peranan yang sangat penting bagi seluruh makhluk hidup dalam kehidupan sehari-hari. Udara tersusun dari berbagai macam gas yang mengelilingi bumi dan memiliki beberapa komponen utama yaitu 78,09% gas nitrogen dan 20,94% gas oksigen (Mukono, 2008). Komponen udara tersebut memiliki perbandingan yang tidak selalu tetap, dapat dipengaruhi oleh keadaan suhu udara, tekanan udara, dan lingkungan disekitarnya. Adanya zat

asing dalam udara menyebabkan perubahan komposisi udara dalam keadaan normalnya. Perubahan komposisi dalam udara dapat berupa sifat fisik maupun kimiawi. Keadaan seperti itu biasa disebut dengan pencemaran udara. Udara yang mengandung satu atau lebih bahan pencemar atau kombinasi zat asing di dalamnya dalam jumlah tertentu dan dalam waktu yang cukup lama akan mengganggu kehidupan manusia, hewan, dan tumbuhan (Wardhana, 2007).

Udara sebagai media lingkungan yang dapat memengaruhi kehidupan seluruh makhluk hidup di muka bumi ini perlu mendapatkan perhatian yang serius. Pertumbuhan jumlah penduduk di Indonesia meningkat rata-rata 1,51% per tahun sejak tahun 2000. Pada saat ini, sebesar 54% penduduk tinggal di wilayah perkotaan (Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi, 2014). Seiring dengan pertumbuhan penduduk, menyebabkan kebutuhan masyarakat semakin meningkat baik kebutuhan primer, sekunder, maupun tersier. Salah satu kebutuhan masyarakat adalah untuk bermobilisasi sehingga dibutuhkan transportasi. Kebutuhan akan transportasi yang meningkat dapat dilihat dengan adanya peningkatan jumlah kendaraan bermotor. Pada tahun 2010 di Jawa Timur jumlah kendaraan bermotor yaitu sebanyak 10.568.384 unit meningkat pada tahun 2013 dengan angka sementara yaitu sebesar 13.199.239 unit (Badan Pusat Statistik, 2014).

Peningkatan kebutuhan transportasi menjadi perhatian bagi pihak swasta maupun pemerintah dalam menyediakan jasa layanan transportasi, salah satunya adalah terminal. Terminal merupakan salah satu pusat kegiatan transportasi. Aktivitas transportasi yang tinggi akan menyebabkan pencemaran udara di lingkungan terminal. Hal tersebut akan berdampak buruk terhadap kesehatan manusia yang beraktivitas di dalamnya (Sari, 2013).

Terminal merupakan tempat berkumpulnya manusia dari berbagai tempat untuk datang dan pergi sehingga diperlukan jaminan keselamatan dan kesehatan untuk manusia yang berkumpul di dalamnya (Mukono, 2011). Salah satu manusia yang beraktivitas di terminal adalah penyapu. Penyapu terminal adalah seseorang yang melakukan pekerjaan pengumpulan, pengangkutan atau pembuangan sampah yang ada di lingkungan terminal. Hal ini dilakukan untuk menjaga kebersihan dan menciptakan lingkungan yang bersih sehingga pengunjung merasa nyaman di lingkungan terminal.

Terminal Purabaya merupakan terminal bis tersibuk di Indonesia dengan frekuensi rata-rata jumlah bis sebesar 909 bis per hari (Dinas Perhubungan Kota Surabaya, 2015). Kegiatan transportasi yang tinggi dalam terminal ini akan berdampak buruk bagi lingkungan yaitu pencemaran udara. Komponen bahan pencemar udara yang berasal dari sumber kendaraan bermotor yaitu karbon monoksida (CO), nitrogen

dioksida (NO₂), sulfur dioksida (SO₂), Ozon (O₃), Hidrokarbon (HC), dan partikel debu (Mukono, 2008). Udara yang tercemar oleh zat-zat tersebut dapat menyebabkan gangguan kesehatan yang berbeda-beda sesuai tingkatannya.

Gangguan kesehatan tersebut terutama terjadi pada saluran pernapasan. Partikel debu yang terhirup akan masuk ke dalam paru-paru dan dapat mengiritasi saluran pernapasan tergantung pada ukuran partikel tersebut. Nitrogen dioksida merupakan gas iritan yang tidak berwarna dan tidak berbau yang dapat menyebabkan peradangan pada saluran pernapasan hingga terjadi pembengkakan pada paru-paru sehingga menyebabkan beberapa keluhan pernapasan yaitu berupa batuk dan sesak napas (Wardhana, 2007).

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menganalisis kadar debu dan NO₂ di udara ambien serta keluhan pernapasan pada pekerja penyapu di Terminal Purabaya.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini merupakan penelitian observasional dan menggunakan pendekatan waktu *cross sectional* yang dianalisis secara deskriptif. Penelitian dilakukan di Terminal Purabaya. Penelitian dilaksanakan pada bulan Desember 2014 hingga Juni 2015.

Populasi dalam penelitian ini adalah semua penyapu di Terminal Purabaya. Sampel penelitian ini diambil berdasarkan kriteria inklusi yaitu sebagai berikut: bersedia bekerja sama dalam penelitian, berumur minimal 20 tahun, memiliki masa kerja ≥ 1 tahun. Berdasarkan kriteria tersebut dari 37 penyapu yang memenuhi kriteria adalah sebanyak 34 orang.

Variabel dalam penelitian adalah keluhan pernapasan yang dialami penyapu terminal, karakteristik penyapu terminal, kadar debu dan NO₂. Jenis data terbagi dalam dua (2) tahap, yaitu: pengumpulan data sekunder yaitu profil Terminal Purabaya dan pengumpulan data primer, meliputi: pengambilan sampel kadar debu yang dilakukan oleh tenaga ahli dari Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Airlangga dengan menggunakan alat EPAM 5000, sedangkan kadar NO₂ dilakukan oleh tenaga ahli dari Unit Pelaksana.

Teknis Keselamatan dan Kesehatan Kerja (UPT K3) Surabaya dengan metode *greiss saltzman*.

Pengambilan sampel kadar debu dan NO₂ dilakukan sesaat di dua (2) titik yaitu terminal kedatangan dan keberangkatan sebanyak tiga (3) kali dalam sehari, yaitu pada pagi, siang, dan sore hari. Data keluhan pernapasan penyapu didapatkan dengan menggunakan lembar kuesioner.

Data disajikan dalam tabel distribusi frekuensi dan tabulasi silang kemudian dianalisis secara deskriptif kualitatif dan kuantitatif. Penelitian ini telah mendapat persetujuan dari komisi etik Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Airlangga.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Gambaran Umum Terminal Purabaya

Terminal Purabaya merupakan terminal tipe A yang dibangun pada tahun 1989 dan diresmikan pengoperasiannya pada tahun 1991. Lokasi Terminal Purabaya berada di Desa Bungurasih Kecamatan Waru Kabupaten Sidoarjo dengan luas lahan ± 12 Ha.

Terminal Purabaya mampu menampung penumpang sebanyak ± 27.900 orang per hari dengan volume bis sebanyak ± 909 bis per hari. Pelayanan Terminal Purabaya beroperasi selama 24 jam dengan jumlah petugas 215 orang. Kapasitas yang mampu ditampung oleh Terminal Purabaya yaitu 16 lajur pemberangkatan bis Antar Kota Dalam Provinsi (AKDP), 10 lajur pemberangkatan bis Antar Kota Antar Provinsi (AKAP) dan bis malam, 10 lajur pemberangkatan bis kota, 1 lajur pemberangkatan bis bandara, 2 lajur pemberangkatan Mobil Penumpang Umum (MPU), lajur taksi, dan mobil pribadi (Dinas Perhubungan Kota Surabaya, 2015).

Arus kendaraan dan penumpang dari tahun ke tahun selalu meningkat. Data pada Tabel 1 yang menunjukkan peningkatan arus kendaraan datang dan berangkat dari tahun 2011 sampai tahun 2014, seiring dengan arus penumpang

datang dan berangkat meningkat dari tahun 2011 sampai tahun 2014. Padatnya lalu lintas bis datang dan berangkat di Terminal Purabaya memiliki dampak buruk bagi lingkungan yaitu menurunkan kualitas udara di sekitar terminal.

Hal ini disebabkan oleh emisi gas buang dari kendaraan bermotor yang ada di terminal. Pencemaran udara yang timbul dari kegiatan ini akan berdampak bagi seseorang yang beraktivitas di dalamnya, salah satu yang berisiko terpajan langsung oleh emisi kendaraan tersebut adalah penyapu terminal. Wilayah kerja penyapu berada di dalam terminal sehingga berisiko mengalami gangguan kesehatan yang diakibatkan oleh polutan dari emisi kendaraan bermotor (Hikmiah, 2015).

Partikel debu terbentuk ketika gas buang kendaraan bermotor bereaksi di udara selain itu juga berasal dari jalan beraspal maupun tanah kering yang dihembuskan oleh angin. Gas NO₂ merupakan salah satu gas yang sangat reaktif, berasal dari emisi gas buang mobil, truk, dan bis. Partikel debu dan gas NO₂ tersebut dapat mengakibatkan gejala keluhan pernapasan meningkat (U.S EPA, 2014).

Kadar Debu dan NO₂ di Terminal Purabaya

Pengukuran sesaat kadar debu dan NO₂ dilakukan pada dua titik yaitu di titik kedatangan dan titik keberangkatan Terminal Purabaya dengan tiga kali pengulangan. Pengukuran dilakukan dalam satu hari dengan tiga interval waktu yaitu pada pagi hari pukul 07.00–07.30 dan 07.30–08.00, pada siang hari pukul 12.00–12.30 dan 12.30–13.00, dan pada sore hari pukul 17.00–17.30 dan 17.30–18.00.

Pengukuran kadar debu dan NO₂ di udara ambien Terminal Purabaya diambil kemudian dibandingkan dengan baku mutu sesuai Peraturan Gubernur Jawa Timur Nomor 10 tahun 2009 tentang Baku Mutu Udara Ambien dan

Tabel 1.

Arus Kendaraan dan Penumpang di Terminal Purabaya Kabupaten Sidoarjo Tahun 2011–2014

Tahun	Kendaraan (unit)		Penumpang (orang)	
	Datang	Berangkat	Datang	Berangkat
2011	331.538	331.873	9.727.974	10.919.100
2012	323.925	312.214	13.206.222	12.301.996
2013	378.178	371.890	11.024.546	10.161.718
2014	435.213	439.757	16.960.186	16.270.977

Sumber: Dinas Perhubungan Kota Surabaya, 2015

Emisi Sumber Tidak Bergerak di Jawa Timur. Kadar debu yang melebihi baku mutu yaitu $\geq 0,26 \text{ mg/m}^3$ dan kadar NO_2 yang melebihi baku mutu yaitu $\geq 92,5 \text{ }\mu\text{g/m}^3$ dapat meningkatkan risiko terjadinya keluhan pernapasan pada penyapu terminal.

Pada saat pengukuran dilakukan, kondisi suhu udara cukup bervariasi. Suhu udara terendah adalah $30,6 \text{ }^\circ\text{C}$ dan suhu udara tertinggi mencapai $34,5 \text{ }^\circ\text{C}$. Kelembapan udara minimum adalah 57% dan kelembapan udara maksimum mencapai 71%. Kecepatan angin berkisar antara 0,3–2 m/s dan arah angin dominan ke arah barat dengan cuaca yang cerah. Hasil pengukuran kadar debu dan NO_2 di titik kedatangan dan keberangkatan bis Terminal Purabaya dapat dilihat pada Tabel 2.

Hasil pengukuran yang dapat dilihat pada Tabel 2 menunjukkan bahwa kadar debu dan NO_2 di terminal kedatangan dan keberangkatan baik pada pagi, siang, dan sore hari melebihi batas baku mutu lingkungan berdasarkan Peraturan Gubernur Jawa Timur Nomor 10 tahun 2009 tentang Baku Mutu Udara Ambien dan Emisi Sumber Tidak Bergerak di Jawa Timur. Tingginya kadar debu dan NO_2 di terminal disebabkan oleh padatnya arus lalu lintas bis datang dan berangkat.

Kadar debu rata-rata pada pagi, siang, dan sore hari di terminal kedatangan yaitu sebesar $2,814 \text{ mg/m}^3$, sedangkan kadar debu rata-rata pada pagi, siang, dan sore hari di terminal keberangkatan yaitu sebesar $3,077 \text{ mg/m}^3$. Kadar debu tersebut melebihi baku mutu menurut Peraturan Gubernur Jawa Timur Nomor 10 tahun 2009 yaitu sebesar $0,26 \text{ mg/m}^3$.

Debu tersebut berasal dari tanah kering yang terbawa dan dihembuskan oleh angin juga berasal dari emisi kendaraan bermotor, terutama kendaraan berbahan bakar solar. Bis yang tidak terawat dan memiliki umur cukup tua juga menghasilkan debu yang disebabkan dari proses pembakaran yang tidak sempurna (Permatasari, 2013).

Kadar NO_2 rata-rata yang terukur pada pagi, siang, dan sore hari di terminal kedatangan yaitu sebesar $143,4 \text{ }\mu\text{g/m}^3$, sedangkan kadar NO_2 rata-rata pada pagi, siang, dan sore hari di terminal keberangkatan yaitu sebesar $188,5 \text{ }\mu\text{g/m}^3$. Kadar NO_2 tersebut melebihi baku mutu menurut Peraturan Gubernur Jawa Timur Nomor 10 tahun 2009 yaitu sebesar $92,5 \text{ }\mu\text{g/m}^3$.

Sumber pencemaran udara gas NO_2 salah satunya berasal dari sektor transportasi yaitu emisi yang dikeluarkan oleh kendaraan bermesin diesel sebesar 2,9% bagian dari total sumber pencemaran udara (Wardhana, 2007). Kadar debu dan NO_2 yang tinggi pada pagi dan sore hari disebabkan oleh padatnya arus lalu lintas bis pada pagi dan sore hari. Hal tersebut terjadi karena aktivitas manusia diawali di pagi hari dan diakhiri pada sore hari, sedangkan pada siang hari kebanyakan masyarakat menghabiskan waktunya di tempat kerja (Zakaria, 2013). Hal ini juga dikarenakan perbedaan suhu yang tidak jauh berbeda dengan kecepatan angin yang cukup rendah dan memiliki cuaca cerah dari pagi hingga sore hari. Kecepatan angin yang rendah memengaruhi kadar bahan pencemar di udara terkumpul pada suatu tempat karena tidak terjadi penyebaran udara sehingga menyebabkan kadar bahan pencemar menjadi tinggi (BAPEDAL Jatim, 2009).

Kadar debu tertinggi terdapat pada terminal kedatangan. Hal ini terjadi karena bis yang datang hanya menurunkan penumpang kemudian masuk dan berhenti di terminal keberangkatan sehingga angin yang membawa debu yang berasal dari tanah, gesekan ban, dan gas emisi bis menjadi lebih banyak dibandingkan dengan bis di terminal keberangkatan yang kebanyakan bis hanya berhenti untuk menunggu penumpang. Banyaknya bis yang menunggu penumpang dengan keadaan mesin menyala menyebabkan gas emisi yang dikeluarkan dan terkumpul di udara semakin banyak sehingga menyebabkan kadar NO_2 di terminal keberangkatan lebih tinggi daripada di terminal kedatangan.

Tabel 2.

Kadar Debu dan NO_2 di Titik Kedatangan dan Keberangkatan Terminal Purabaya Kabupaten Sidoarjo Tahun 2015

Parameter (satuan)	Kedatangan			Keberangkatan			Rata-rata	Baku Mutu Pergub Jatim No. 10 tahun 2009
	Pagi	Siang	Sore	Pagi	Siang	Sore		
Debu (mg/m^3)	2,236	0,870	5,337	3,355	1,453	4,425	2,946	0,26
NO_2 ($\mu\text{g/m}^3$)	129,6	116	184,6	122,1	112,5	330,8	165,93	92,5

Pada umumnya udara yang telah tercemar partikel debu dapat menimbulkan berbagai macam penyakit saluran pernapasan. Partikel debu terdiri dari cairan dan padatan yang sangat kecil dan melayang-layang di udara, partikel debu ini akan terhirup dan masuk ke dalam paru-paru. Letak penempelan atau pengendapan partikel debu di dalam paru-paru tergantung ukuran partikel debu tersebut (Ramirezleal dkk, 2014). Partikel debu yang berukuran 8 sampai 25 mikron akan tertahan di saluran napas bagian atas yaitu melekat di hidung dan tenggorokan, sedangkan partikel debu yang berukuran 2 sampai 8 mikron akan tertahan pada saluran pernapasan bagian tengah yaitu melekat di saluran bronkial. Partikel debu yang berukuran 0,5 sampai 2 mikron akan masuk ke dalam kantung udara paru-paru dan menempel pada alveoli. Partikel yang lebih kecil dari 0,5 mikron akan bebas keluar masuk melalui pernapasan (Chandra, 2006).

Gas nitrogen dioksida (NO_2) merupakan salah satu gas yang sangat reaktif dan dapat membahayakan kesehatan. Paru-paru merupakan organ yang paling peka terhadap pencemaran gas NO_2 . Paru-paru akan membengkak bila terkontaminasi gas NO_2 sehingga menyebabkan kesulitan bernapas (Wardhana, 2007). Gas NO_2 juga dapat memberikan kelainan berupa peningkatan *inspiratory resistance*, peningkatan *expiratory resistance*, terjadinya sembab paru, dan fibrosis paru (Mukono, 2008).

Karakteristik Penyapu Terminal Purabaya

Penyapu terminal yang menjadi responden dalam penelitian ini berjumlah 34 orang yang bekerja pada *shift* pagi yaitu dari pukul 05.00 sampai dengan pukul 13.00 dan *shift* siang dari pukul 13.00 sampai dengan pukul 21.00.

Pada Tabel 3 didapatkan sebagian besar responden penyapu terminal berada di kelompok umur 41-60 tahun dengan masa kerja lebih dari sepuluh tahun. Seluruh responden penyapu terminal memiliki lama kerja dalam sehari selama 8 jam dan tidak memakai APD berupa masker selama bekerja. Umur yang dimaksud dalam penelitian ini adalah jumlah tahun dari kelahiran responden hingga saat penelitian dilakukan. Umur responden terbagi menjadi tiga kelompok umur, yaitu kelompok umur kurang dari 41 tahun, kelompok umur 41–60 tahun, dan kelompok umur lebih dari 60 tahun. Dari hasil penelitian

didapatkan sebagian besar responden memiliki kelompok umur 41–60 tahun.

Tabel 3.

Distribusi Karakteristik Penyapu Menurut Umur dan Masa Kerja di Terminal Purabaya Kabupaten Sidoarjo Tahun 2015

Karakteristik Individu	n	%
Umur (Tahun)		
< 41	12	35,3
41–60	21	61,8
> 60	1	2,9
Masa Kerja (Tahun)		
≤ 10	14	41,2
> 10	20	58,8

Pada umumnya, seseorang yang berusia kurang dari atau sama dengan 20 tahun memiliki kesehatan, pertumbuhan, dan kematangan yang baik dalam tubuhnya. Pada usia diatas 20 tahun, seseorang berada pada semangat yang tinggi untuk melakukan banyak kegiatan dan tidak ingin dibatasi dalam melakukan suatu kegiatan sehingga memiliki risiko mengalami gangguan kesehatan akibat kecelakaan dan kelelahan fisik.

Seiring dengan bertambahnya umur maka akan memengaruhi jaringan tubuh termasuk fungsi elastisitas jaringan paru menjadi berkurang sehingga mengakibatkan kekuatan bernapas menjadi lemah dan menyebabkan volume udara pada saat bernapas akan menjadi lebih sedikit (Winarti, 1999). Pada orang yang lebih tua lebih rentan jika terpajanan kadar debu dan NO_2 yang tinggi (U.S EPA 2014).

Lama kerja digunakan untuk mengetahui lama responden terpajan oleh bahan polutan udara dalam sehari. Seluruh responden memiliki lama kerja yang sama dalam sehari yaitu 8 jam. Lama kerja menentukan lama pajanan seseorang terhadap faktor risiko mengalami gangguan kesehatan, semakin lama seseorang tersebut terpajan maka semakin besar kemungkinan memiliki risiko mengalami gangguan kesehatan.

Pajanan partikel debu dapat menimbulkan masalah kesehatan yang cukup serius karena partikel debu dapat menimbulkan iritasi pada saluran pernapasan. Terdapat hubungan antara pajanan NO_2 jangka pendek mulai dari 30 menit hingga 24 jam dengan efek yang merugikan pernapasan yaitu peradangan saluran pernapasan pada orang sehat dan peningkatan gejala keluhan pernapasan pada penderita asma (U.S EPA, 2014).

Masa kerja digunakan untuk mengetahui seberapa lama responden terpajan polutan udara dalam hitungan tahun. Masa kerja terbagi menjadi dua kelompok, yaitu masa kerja kurang dari atau sama dengan 10 tahun dan masa kerja lebih dari 10 tahun. Berdasarkan penelitian, didapatkan hasil bahwa sebagian besar responden memiliki masa kerja lebih dari 10 tahun. Hal tersebut menunjukkan bahwa responden yang memiliki masa kerja di atas 10 tahun lebih rentan dan lebih berisiko mengalami gangguan kesehatan dibandingkan responden dengan masa kerja kurang dari atau sama dengan 10 tahun (Hikmiah, 2015). Winarti (1999), menyatakan bahwa masa kerja merupakan salah satu faktor risiko yang menyebabkan terjadinya gangguan pada saluran pernapasan. Pemakaian APD berupa masker sangat penting untuk meminimalisir polutan udara yang terhirup saat bernapas.

Berdasarkan penelitian didapatkan bahwa seluruh responden penyapu tidak memakai APD berupa masker saat bekerja, hal ini akan menyebabkan responden menjadi lebih rentan terhadap polutan udara yang mengakibatkan gangguan pernapasan (Hikmiah, 2015). Khaerani (2009), menyatakan bahwa pencemaran udara dapat meningkatkan risiko terkena gangguan saluran pernapasan khususnya pada seseorang yang bekerja di wilayah yang terpajan langsung dengan polutan udara, untuk mengantisipasinya penggunaan masker menjadi sangat penting. Penggunaan APD berupa masker dapat menghambat atau mengurangi jumlah pajanan zat pencemar udara yang terhirup oleh pekerja sehingga dapat mengurangi risiko terjadinya gangguan saluran pernapasan.

Keluhan Pernapasan pada Pekerja Penyapu Terminal Purabaya

Alsagaff dan Mukty (2010), menyatakan bahwa keluhan pernapasan adalah adanya gangguan pada saluran pernapasan akibat selalu terpajan dengan polutan di udara. Berdasarkan hasil penelitian, sebagian besar responden penyapu menyatakan bahwa asal keluhan pernapasan yang dialami berasal dari gangguan di lingkungan tempat kerja yaitu terminal baik berupa gas, asap, dan debu yang ada di udara.

Secara alamiah partikel debu dapat berasal dari debu tanah kering yang dihembuskan oleh angin dan pembakaran bahan bakar yang tidak sempurna sebagai akibat dari penggunaan mesin diesel yang tidak terpelihara dengan baik (Permatasari, 2013). Ukuran partikel debu bermacam-macam tergantung dari sumber yang menghasilkan emisi partikel tersebut. Pada umumnya, partikel yang berasal dari asap kendaraan bermotor berukuran lebih besar dari 2,5 mikrometer dan lebih kecil dari 10 mikrometer (U.S EPA, 2014).

Sumber utama pencemaran gas NO_2 berasal dari kendaraan bermotor. Gas NO diemisikan ke udara oleh aktivitas pembakaran, maka gas NO tersebut akan segera bereaksi dengan oksigen di udara sehingga membentuk nitrogen dioksida (NO_2) (Wardhana, 2007). Diantara berbagai jenis oksida nitrogen yang terdapat di udara, gas nitrogen dioksida (NO_2) merupakan gas yang paling beracun. Hal ini disebabkan karena larutan NO_2 tidak mudah larut dalam air sehingga dapat menembus ke dalam saluran pernapasan lebih dalam. Bagian dari saluran pernapasan yang pertama kali dipengaruhi oleh gas NO_2 adalah membran mukosa dan jaringan paru (Tugaswati, 2007).

Pada Tabel 4 didapatkan data bahwa sebagian besar responden mengalami keluhan batuk. Batuk merupakan gejala paling awal yang timbul akibat terpajan polutan udara (Wilson, 1995 dalam Sachavania, 2013). Reflek batuk merupakan mekanisme pertahanan yang dimiliki oleh saluran pernapasan untuk mengeluarkan sesuatu yang ada dalam saluran pernapasan, sehingga benda yang masuk ke dalam saluran pernapasan dapat ditelan atau dikeluarkan. Pajanan zat polutan udara pada konsentrasi tertentu dapat mengiritasi saluran pernapasan dan menyebabkan timbulnya batuk (Khaerani, 2009).

Hariadi (2008), menyatakan bahwa batuk merupakan salah satu gejala penyakit paru yang dapat dilihat dan paling penting, namun relatif tidak spesifik. Adanya gejala batuk bersamaan dengan gejala yang lain memungkinkan untuk mengarahkan diagnosis.

Jenis batuk menentukan tingkat gangguan pernapasan yang dialami. Batuk yang bersifat sementara mungkin diakibatkan oleh rangsangan kimia, mekanis, atau *thermal* tanpa adanya penyebab suatu penyakit. Batuk yang mendadak disebabkan oleh infeksi virus seperti *common cold* atau disebabkan oleh penyakit yang berat seperti bronkitis akut dan dapat menimbulkan batuk kering. Timbulnya batuk sering kali perlahan sehingga tidak ada keluhan dari penderita. Batuk berdahak dan menahun selalu merupakan isyarat yang penting bagi bronkopulmonal dan tidak boleh dianggap ringan.

Kadar debu dan NO₂ yang melebihi batas baku mutu merupakan salah satu faktor yang menyebabkan timbulnya batuk. Debu merupakan polutan berupa partikel halus yang dapat mengiritasi saluran pernapasan sehingga menimbulkan batuk. Partikel debu yang berukuran 5-15 µm dapat ditangkap oleh mukosa pada saluran pernapasan bagian tengah dan kemudian disapu menuju laring oleh kerja mukosiliar, sehingga menimbulkan reflek batuk (WHO, 1995). (lihat Tabel 4)

Komponen utama dari polusi udara yang berasal dari transportasi adalah partikel debu PM₁₀. Debu PM₁₀ dapat meningkatkan atau memperburuk serangan asma, menyebabkan atau memperburuk penyakit bronkitis dan penyakit paru lainnya, dan mengurangi sistem imun untuk melawan infeksi (Titi dkk, 2015).

Gas NO₂ merupakan gas yang sangat reaktif sehingga dapat menimbulkan peradangan pada saluran pernapasan dan meningkatkan timbulnya gejala keluhan pernapasan seperti batuk (U.S EPA, 2014).

Penelitian di Jepang menyatakan bahwa tingkat prevalensi gejala gangguan pernapasan lebih tinggi di jalan raya yang memiliki lalu lintas yang padat, baik pada anak-anak maupun orang dewasa. Paparan jangka panjang gas NO₂ dapat meningkatkan risiko kematian karena

kardiopulmonari, bahkan pada populasi yang memiliki BMI relatif rendah dapat meningkatkan risiko kematian karena kanker paru-paru (Murakami dkk, 2011).

Keluhan pernapasan berupa batuk berdahak masih dialami sebagian kecil oleh responden yaitu sebesar 35,3%. Mukono (2011), menyatakan bahwa efek yang ditimbulkan oleh pencemaran udara terhadap saluran pernapasan dapat menyebabkan terjadinya iritasi pada saluran pernapasan.

Iritasi pada saluran pernapasan mengakibatkan pergerakan silia melambat bahkan dapat terhenti sehingga tidak dapat membersihkan saluran pernapasan secara normal, terlepasnya silia dan lapisan sel selaput lendir, dan meningkatkan produksi lendir dalam saluran pernapasan.

Pada saluran pernapasan terdapat silia yang berfungsi menahan benda asing dan akan keluar bersamaan dengan sekret saat bernapas (Deviandhoko, dkk, 2012). Produksi lendir menjadi meningkat akibat adanya iritasi dari gas dan partikel yang masuk ke dalam saluran pernapasan. Apabila terbentuk *mucus* yang berlebih maka proses pembersihan normal tidak dimungkinkan berfungsi dengan baik. Bila hal tersebut terjadi, maka membran mukosa terangsang dan *mucus* dibatukkan keluar sebagai sputum yang biasa disebut batuk berdahak (Wilson, 1995 dalam Sachavania, 2013). Sputum atau dahak adalah sekret yang dikeluarkan dari paru dan tenggorokan melalui mulut.

Produksi dahak dapat membantu untuk mengetahui jenis dan beratnya suatu penyakit melalui klasifikasi sputum, misalnya sputum berwarna merah muda dan berbusa adalah tanda adanya edema paru akut sedangkan sputum berlendir, lekat, dan berwarna abu-abu atau putih adalah tanda bronkitis kronis (Putra, 2012).

Tabel 4.

Distribusi Keluhan Pernapasan Penyapu Berdasarkan Gejala yang Dialami di Terminal Purabaya Kabupaten Sidoarjo Tahun 2015

Jenis Keluhan Pernapasan	Ya		Tidak		Total	
	n	%	n	%	n	%
Batuk	32	94,1	2	5,9	34	100
Batuk berdahak	12	35,3	22	64,7	34	100
Sesak napas	12	35,3	22	64,7	34	100
Napas cepat	29	85,3	5	14,7	34	100

Tabel 5.
Distribusi Keluhan Pernapasan Penyapu Menurut Umur dan Lama Kerja
di Terminal Purabaya Kabupaten Sidoarjo Tahun 2015

Keluhan Pernapasan	Umur (Tahun)			Lama Kerja (Sehari)
	< 41	41–60	> 60	8 Jam
Ya	12,0	21,0	1,0	33,0
%	35,3	61,8	2,9	97,1
Tidak	0,0	1,0	0,0	1,0
%	0,0	2,9	0,0	2,9

Tabel 6.
Distribusi Keluhan Pernapasan Penyapu Menurut Masa Kerja dan Pemakaian APD (masker)
di Terminal Purabaya Kabupaten Sidoarjo Tahun 2015

Keluhan Pernapasan	Masa Kerja (tahun)		Pemakaian APD (Masker)
	≤ 10	> 10	Tidak Memakai
Ya	14,0	19,0	33,0
%	41,2	55,9	97,1
Tidak	0,0	1,0	1,0
%	0,0	2,9	2,9

Kadar debu dan NO₂ yang tinggi memengaruhi adanya produksi dahak. Partikel debu umumnya melewati hidung, tenggorokan, dan masuk ke dalam paru-paru sehingga meningkatkan terjadinya iritasi saluran pernapasan dan dapat meningkatkan produksi lendir. Gas NO₂ juga dapat memperburuk penyakit pernapasan seperti emfisema dan bronkitis.

Adanya keluhan sesak napas pada responden penyapu terminal sebesar 35,3%, menunjukkan bahwa keluhan sesak napas masih dialami sebagai kecil responden. Sesak napas merupakan salah satu faktor yang mendasari timbulnya gejala gangguan pernapasan (Putranto, 2007).

Mukono (2011), menyatakan bahwa adanya pencemaran udara menimbulkan beberapa efek terhadap saluran pernapasan yaitu pergerakan silia melambat bahkan menjadi terhenti, rusaknya sel pembunuh bakteri di saluran pernapasan, produksi lendir berlebih yang menyebabkan penyempitan pada saluran pernapasan, adanya pembengkakan pada saluran pernapasan, dan meningkatkan pertumbuhan sel sehingga saluran pernapasan menjadi sempit. Hal inilah yang menyebabkan sesak napas.

Partikel debu yang terhirup akan memengaruhi fungsi jantung dan paru. Partikel debu mengandung padatan mikroskopis atau tetesan cairan yang begitu kecil dan dapat masuk jauh ke dalam paru-paru sehingga menyebabkan fungsi menurun dan menyebabkan kesulitan bernapas. Gas NO₂ dapat memberikan efek peradangan pada saluran pernapasan dan pembengkakan pada paru sehingga menyebabkan kesulitan bernapas (U.S EPA, 2014).

Keluhan berupa napas cepat telah dialami oleh sebagian besar responden penyapu terminal yaitu sebesar 85,3%. Napas cepat juga merupakan salah satu gejala gangguan pernapasan pada kondisi paru-paru tertentu. Napas yang semakin cepat disebut dengan *tachypnea* dalam istilah medis. Percepatan napas tersebut disebabkan karena paru-paru yang membengkak sehingga tidak dapat bekerja secara normal untuk melakukan pertukaran gas (oksigen dan karbon dioksida) dalam darah sehingga membuat napas menjadi lebih cepat untuk memenuhi kebutuhan oksigen dalam tubuh (Price dkk., 2005).

Lungkutoy (2013), menyatakan bahwa selain keluhan sesak napas, pada manifestasi klinis edema paru secara spesifik juga ditandai dengan adanya keluhan napas cepat.

Partikel debu dapat masuk jauh ke dalam paru-paru dan beberapa bahkan mungkin dapat masuk ke dalam aliran darah sehingga dapat menyebabkan beberapa masalah kesehatan seperti serangan jantung yang tidak fatal, denyut jantung tidak teratur, penyakit asma semakin memburuk, dan fungsi paru menurun (U.S EPA, 2014). Menurunnya fungsi paru inilah yang menyebabkan napas menjadi cepat untuk memenuhi kebutuhan oksigen dalam tubuh. Paru-paru merupakan organ tubuh yang paling peka terhadap pencemar udara gas NO₂ sehingga menyebabkan paru-paru membengkak, menurunnya fungsi paru, dan membuat penderita kesulitan bernapas (Wardhana, 2007).

Gangguan saluran pernapasan dipengaruhi oleh berbagai macam faktor, selain faktor kadar debu dan NO₂ di udara juga disebabkan oleh beberapa faktor dari individu tersebut yaitu umur, lama kerja, masa kerja, dan pemakaian Alat Pelindung Diri (APD) berupa masker.

Umur merupakan salah satu karakteristik responden yang memiliki risiko tinggi terhadap gangguan saluran pernapasan. Pada Tabel 5 dapat diketahui sebagian besar responden berada pada kelompok umur yang memiliki umur 41–60 tahun yaitu sebesar 61,8%. Penurunan fungsi paru secara alamiah terjadi pada usia diatas 40 tahun. Pada usia tersebut terjadi penurunan kekuatan otot pernapasan dan dinding dada, akibatnya kemampuan otot saluran pernapasan untuk menutup dan membuka saat bernapas menjadi meningkat jumlahnya. Perubahan histologis pada seseorang yang berusia di bawah 40 tahun menjadi lebih berat apabila seseorang tersebut selalu bernapas dalam udara yang tercemar (Rahardjo 1988 dalam Sachavania 2013).

Hasil penelitian Khaerani (2009), didapatkan bahwa berdasarkan analisis statistik diketahui terdapat hubungan antara umur dan keluhan gangguan pernapasan. Peningkatan umur pada responden diikuti dengan peningkatan persentase responden mengalami keluhan pernapasan.

Hal tersebut merupakan konsekuensi adanya hubungan faktor umur dengan potensi yang dimungkinkan untuk terpajan terhadap suatu sumber infeksi, tingkat imunitas atau kekebalan tubuh, aktivitas fisiologis dari berbagai jaringan yang memengaruhi perjalanan penyakit seseorang. Seiring dengan bertambahnya usia menyebabkan perubahan biologis yang

bermacam-macam pada tubuh manusia sehingga hal ini akan memengaruhi kemampuan seseorang dalam bekerja (Rosbinawati, 2002). Partikel debu yang dapat masuk ke dalam saluran pernapasan akan membahayakan kelompok rentan seperti anak-anak dan orang dewasa yang lebih tua. Gas NO₂ juga dapat menyebabkan dan memperburuk penyakit pernapasan seperti emfisema dan bronkitis yang rentan dialami oleh anak-anak dan orang dewasa yang lebih tua (U.S EPA, 2014).

Seluruh responden penyapu terminal bekerja selama 8 jam sehari yang mengalami keluhan pernapasan, yaitu sebesar 97,1%. Seseorang yang bekerja di lingkungan yang tercemar udaranya dan terpajan terus-menerus oleh bahan pencemar akan berisiko mengalami gangguan kesehatan. Semakin lama penyapu terminal terpajan oleh partikel debu dan gas NO₂ saat bekerja di lingkungan terminal akan semakin tinggi berisiko mengalami gangguan saluran pernapasan.

Syafrianto (2011), menjelaskan bahwa semakin lama seseorang terpajan suatu zat pencemar udara akan semakin tinggi risiko terkena gangguan kesehatan, terutama gangguan saluran pernapasan. Zat yang terhirup dalam konsentrasi yang tinggi dan dalam jangka waktu yang cukup lama akan membahayakan kesehatannya. Pernyataan ini didukung oleh U.S EPA (2014), yang menyatakan bahwa pajanan partikel debu akan menyebabkan masalah kesehatan yang serius karena dapat mengiritasi saluran pernapasan. Terdapat hubungan antara pajanan gas NO₂ jangka pendek mulai dari 30 menit sampai 24 jam menimbulkan efek peradangan pada saluran napas orang yang sehat dan memperburuk penyakit asma.

Pada Tabel 6 dapat dilihat bahwa sebagian besar responden memiliki masa kerja lebih dari 10 tahun dan mengalami keluhan pernapasan yaitu sebesar 55,9%. Semakin lama masa kerja seseorang maka akan semakin sering seseorang tersebut terpajan oleh bahan pencemar udara sehingga jumlah gas dan partikel pencemar udara yang terhirup akan terakumulasi dalam tubuh (Mahawati, 2011). Berdasarkan penelitian oleh Syafrianto (2011), menunjukkan adanya hubungan antara masa kerja dengan keluhan pernapasan. Semakin lama seseorang terpajan dengan bahan tertentu yang membahayakan di tempat kerja maka akan semakin besar risiko terkena dampak negatif terhadap kesehatannya.

Menghirup bahan atau zat membahayakan kesehatan mengakibatkan keluhan yang dapat langsung dirasakan oleh seseorang adalah sesak napas, bersin, dan batuk. Paparan suatu zat untuk beberapa tahun pada kadar yang rendah tetapi diatas batas paparan yang ditentukan akan menunjukkan efek toksik yang jelas.

Responden penyapu terminal yang terpajan oleh partikel debu dan gas NO₂ secara terus-menerus selama lebih dari 10 tahun akan mengalami efek toksik dari zat polutan tersebut dan menimbulkan adanya keluhan pernapasan. Seseorang yang bekerja di luar ruangan dengan terpajan bahan polutan seperti debu dan gas NO₂ dalam jangka pendek akan mengalami efek samping yang berisiko bagi kesehatan yaitu penurunan fungsi dan pembengkakan pada paru, mengiritasi saluran pernapasan, batuk, dan kesulitan bernapas (U.S EPA, 2014).

Pemakaian Alat Pelindung Diri (APD) berupa masker berfungsi untuk melindungi sistem pernapasan dari zat berbahaya yang ada di udara yang dapat membahayakan kesehatan. Adanya pencemaran lingkungan oleh zat yang berbahaya, baik berupa gas, aerosol, maupun cairan menyebabkan sistem pernapasan seseorang sangat memerlukan perlindungan (Syafrianto, 2011).

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Syafrianto (2011), menurut hasil analisis statistik didapatkan ada hubungan antara pemakaian masker saat bekerja dengan keluhan pernapasan. Pekerja yang selalu memakai masker saat bekerja mengalami keluhan pernapasan yang lebih sedikit dibandingkan dengan pekerja yang hanya kadang-kadang memakai masker saat bekerja. Hal ini menunjukkan bahwa pemakaian masker yang tidak dilakukan oleh penyapu terminal akan sangat rentan mengalami keluhan pernapasan akibat efek toksis dari partikel debu dan gas NO₂.

Seseorang yang bekerja di luar ruangan dan berada di sekitar sumber polutan akan terpajan langsung oleh polutan pencemar udara tersebut dan mengalami gangguan kesehatan, sehingga seseorang yang terpajan secara terus-menerus oleh partikel debu dan gas NO₂ akan mengalami peradangan pada saluran pernapasan, iritasi saluran pernapasan, batuk, kesulitan bernapas, menyebabkan atau memperburuk penyakit pernapasan seperti asma, emfisema, dan bronkitis hingga menyebabkan penurunan fungsi pada paru.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kadar debu dan NO₂ yang terukur di terminal kedatangan dan keberangkatan pada pagi, siang, dan sore hari melebihi baku mutu yang telah ditetapkan sesuai Peraturan Gubernur Jawa Timur Nomor 10 tahun 2009 tentang Baku Mutu Udara Ambien dan Emisi Sumber Tidak Bergerak di Jawa Timur yaitu untuk parameter debu sebesar 0,26 mg/m³ dan parameter NO₂ sebesar 92,5 µg/m³.

Keluhan pernapasan yang dialami oleh responden penyapu di Terminal Purabaya yaitu sebagian besar mengalami keluhan berupa batuk dan napas cepat sedangkan sebagian kecil telah mengalami keluhan berupa adanya dahak dan sesak napas.

Bagi responden penyapu terminal dapat melakukan upaya proteksi dengan mengkonsumsi asupan makanan yang sehat dan bergizi, melakukan olahraga secara rutin, dan menggunakan alat pelindung diri minimal berupa masker yang aman dan nyaman untuk meminimalisir polusi udara yang terhirup saat bekerja.

Bagi instansi Terminal Purabaya perlunya menanam tanaman penyerap polutan yang lebih banyak dan bervariasi untuk mengurangi polutan yang ada. Menyediakan masker yang nyaman dan mudah digunakan bagi pekerja serta melakukan pengawasan terhadap pekerja untuk selalu menggunakan masker. Perlunya melakukan pemantauan kualitas udara ambien dan pemeriksaan kesehatan bagi seluruh pekerja di terminal secara rutin.

DAFTAR PUSTAKA

- Alsagaff, H., H.A. Mukty. (2010). *Dasar-dasar ilmu penyakit paru*. Surabaya : Airlangga University Press.
- Badan Pengendalian Dampak Lingkungan Jawa Timur. (2009). *Pemantauan Kualitas Udara Ambien di Kota Surabaya*. Surabaya: Bapedal Jatim.
- Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi. (2014). *Outlook Indonesia Energi 2014*. Jakarta: Pusat Teknologi Pengembangan Sumberdaya Energi (PTPSE) dan Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi (BPPT).
- Badan Pusat Statistik. (2014). *Statistik Indonesia 2014*. Jakarta: Badan Pusat Statistik.
- Chandra, B. (2006). *Pengantar Kesehatan Lingkungan*. Jakarta: Buku Kedokteran EGC.
- Deviandhoko, N. Endah, Nurjazuli. (2012). Faktor-faktor yang Berhubungan dengan Gangguan Fungsi Paru pada Pekerja Pengelasan di Kota Pontianak. *Jurnal Kesehatan Lingkungan Indonesia*. Vol. 11, No. 2:123–129.

- Dinas Perhubungan Kota Surabaya. (2015). *Profil Terminal Purabaya Kota Surabaya Tahun 2015*. Dinas Perhubungan Kota Surabaya.
- Hariadi, S., M. Amin, M.J. Wibisono, H. Hasan. (2008). *Dasar-dasar Diagnostik Fisik Paru*. Surabaya: Lab. Ilmu Penyakit Paru, Fakultas Kedokteran Universitas Airlangga.
- Hikmiah, A.F. (2015). Analisis Kadar Debu, NO₂, dan SO₂ di Udara Ambien Serta Keluhan Pernafasan pada Pekerja Penyapu di Terminal Purabaya. *Skripsi*. Surabaya: Universitas Airlangga.
- Khaerani, F.N. (2009). Hubungan antara Karakteristik Individu dan Penggunaan APD dengan Keluhan Gangguan Saluran Pernafasan pada Polantas. *Skripsi*. Surabaya: Universitas Airlangga.
- Lungkutoy, N. (2013). *Edema Paru*. Manado: Universitas Sam Ratulangi.
- Mahawati, E. (2011). Faktor-faktor Risiko Paparan Pb pada Polisi Lalu Lintas di Semarang Barat. *Jurnal Visikes*. Vol. 10, No. 2:131–137.
- Mukono, J. (2008). *Pencemaran Udara dan Pengaruhnya Terhadap Gangguan Saluran Pernafasan*. Surabaya: Airlangga University Press.
- Mukono, J. (2011). *Prinsip Dasar Kesehatan Lingkungan*. Surabaya: Airlangga University Press.
- Murakami, S., N. Sakano, S. Suna, F. Asakawa, N. Miyatake. (2011). Evaluation of Nitrogen Oxides Pollution in Takamatsu and Utazu Area in Kagawa Prefecture, Japan. *Journal of Environmental Protection*. Vol. 2, No. 2:1–4. doi:10.4236/jep.2011.22022.
- Peraturan Gubernur Jawa Timur Nomor 10 Tahun 2009 Tentang *Baku Mutu Udara Ambien dan Emisi Sumber Tidak Bergerak di Jawa Timur*.
- Permatasari, Y. (2013). Gambaran Kualitas Udara (NOx dan Debu), Karakteristik Individu dan Status Faal Paru Pekerja Jasa Pengangkut Barang (*Shift Pagi*) di Terminal Purabaya Surabaya. *Skripsi*. Surabaya: Universitas Airlangga.
- Price, S. Anderson, dan M.W. Lorraine. (2005). *Patofisiologi Vol. 1 ed 6*. Jakarta: EGC.
- Putra, M.M. (2012) *Pemeriksaan Sputum dan Analisa Gas Darah*. Surabaya: Universitas Airlangga.
- Putranto, A. (2007). Paparan Debu Kayu (PM₁₀) dan Gejala Penyakit Saluran Pernafasan pada Pekerja Mebel Sektor Informal di Kota Pontianak Kalimantan Barat. *Thesis*. Jakarta: Universitas Indonesia.
- Ramirezleal, R., M.V. Martinez, M.C. Campas. (2014). Chemical and Morphological Study of PM₁₀ Analysed by SEM-EDS. *Open Journal of Air Pollution*. Vol 3, No. 4:121–129.
- Rosbinawati, S. (2002). Hubungan Debu Padi dengan Gejala Pernafasan pada Tenaga Kerja Kilang Padi di Desa Tanjung Selamat Medan Tahun 2005. *Skripsi*. Medan: FKM-USU.
- Sachavania, S. (2013). Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan (ARKL) Kadar Ozon (O₃) dan Keluhan Pernafasan Pedagang Kaki Lima di Jalan Ketabang Kali dan Jalan Simpang Dukuh Kota Surabaya. *Skripsi*. Surabaya: Universitas Airlangga.
- Sari, E.N. (2013). Gambaran Kualitas Udara Ambien Terminal Kaitannya dengan Gangguan Fungsi Paru pada Pedagang Tetap Wanita di Terminal Joyoboyo Surabaya. *The Indonesian Journal of Occupational Safety and Health*. Vol. 2, No. 1:90–95.
- Syafrianto, A. (2011). Hubungan Karakteristik Pekerja dan Pemakaian Masker dengan Keluhan Gangguan Pernafasan pada Penyemprot Herbisida (Studi di PT Gunung Sejahtera Dua Indah, Kalimantan Tengah). *Skripsi*. Surabaya: Universitas Airlangga.
- Titi, A., M. Dweirj, K. Tarawneh. (2015). Environmental Effects of The Open Cast Mining a Case Study: Irbid Area, North Jordan. *American Journal of Industrial and Business Management*. Vol. 5, No. 6:1–20. doi:10.4236/ajibm.2015.56041.
- Tugaswati. A.T. (2007). Emisi Gas Buang Kendaraan Bermotor dan Dampaknya terhadap Kesehatan. *Jpn Journal of Health and Human Ecology*. Vol. 6, No. 1:61–75.
- United States Environmental Protection Agency. (2014). <http://www.epa.gov/ncea/isa/>. Disitasi tanggal 5 Desember 2014.
- Wardhana, W.A. (2007). *Dampak Pencemaran Lingkungan (edisi revisi)*. Edisi III. Yogyakarta : Andi offset.
- WHO. (1995). *Deteksi Dini Penyakit Akibat Kerja*. Jakarta: Penerbit Buku Kedokteran EGC.
- Winarti, (1999). Hubungan Pencemaran Udara dengan Fungsi Paru Pedagang Wonokromo Surabaya. *Skripsi*. Surabaya: Universitas Airlangga.
- Zakaria, N. (2013). Analisis Pencemaran Udara (SO₂), Keluhan iritasi Tenggorokan, dan Keluhan Iritasi Mata pada Pedagang Makanan di Sekitar Terminal Joyoboyo Surabaya. *The Indonesian Journal of Occupational Safety and Health*. Vol. 2, No. 1:75–81.