



Jurnal Kesehatan Lingkungan

Vol. 11 No. 2 April 2019 (141-149)
DOI: 10.20473/jkl.v11i2.2019.141-149
ISSN: 1829 - 7285
E-ISSN: 2040 - 881X

ANALISIS KADAR DEBU PM 2,5 DAN FUNGSI PARU PADA PEKERJA INDUSTRI PUPUK ORGANIK DI NGANJUK

Analysis The Level Of PM_{2,5} And Lung Function Of Organic Fertilizer Industry Workers In Nganjuk

Imfatul Tria Nur Azizah

Departemen Kesehatan
Lingkungan, Fakultas Kesehatan
Masyarakat, Kampus C UNAIR Jl.
Mulyorejo Surabaya - 60115

Correspondencing Author:
Zizah.imfa24@gmail.com

Article Info

Submitted : 05 Juli 2017
In reviewed : 27 Desember 2018
Accepted : 14 Januari 2019
Available Online : 08 April 2019

Kata kunci: *Particulate Matter 2,5, Fungsi Paru, Pekerja Industri Pupuk Organik.*

Keywords: *Particulate Matter 2,5, Lung Function, Organic Fertilizer Industries Workers.*

Published by Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Airlangga

Index By :



DOAJ DIRECTORY OF OPEN ACCESS JOURNALS

Abstrak

Industri pupuk organik di Nganjuk menggunakan pupuk kandang sebagai bahan baku produksi. Proses produksi menghasilkan *particulate matter* 2,5 (PM_{2,5}) dalam bentuk debu dan asap. PM_{2,5} dapat terhirup dan tertahan sampai alveolus sehingga berisiko menyebabkan gangguan fungsi paru pada pekerja. Tujuan penelitian ini adalah menganalisis kadar debu PM_{2,5} dan fungsi paru pada pekerja industri pupuk organik di Nganjuk. Jenis penelitian ini adalah observasional deskriptif kuantitatif dengan desain *cross sectional*. Sampel penelitian menggunakan total populasi sebanyak 10 pekerja bagian produksi. Hasil penelitian ini menunjukkan kadar PM_{2,5} terhirup yang melebihi Nilai Ambang Batas (NAB) atau > 3 mg/m³ yaitu pada pekerja bagian pemanasan dan pengemasan. Kadar rata-rata PM_{2,5} lingkungan yang melebihi NAB yaitu pada area pembuatan granul, pemanasan, dan pengemasan. Pekerja yang memiliki gangguan fungsi paru sebanyak 4 orang (40%). Gangguan fungsi paru lebih banyak ditemukan pada pekerja dengan pajanan PM_{2,5} terhirup ≤ 3 mg/m³, berusia 41 – 60 tahun, masa kerja < 5 tahun, selalu menggunakan kain sebagai alat pelindung pernafasan dan pernah bekerja di tempat lain dengan pajanan debu secara langsung atau tidak langsung. Kesimpulan penelitian ini adalah pekerja bagian produksi industri pupuk organik di Nganjuk memiliki risiko gangguan fungsi paru. Saran bagi industri pupuk organik di Nganjuk adalah memasang ventilasi alami dan buatan di ruang produksi dan menyediakan *air purifying respirators*.

Abstract

Organic fertilizer industry in Nganjuk uses manure as basic materials of production. Its process produced particulate matter 2,5 (PM_{2,5}) in the form of dust and smoke. PM_{2,5} can be inhaled and be retained until alveoli, so it is potentially caused lung function impairment to the workers. The objective of this research was to analyzed the level of PM_{2,5} and lung function of organic fertilizer industry workers in Nganjuk. The type of this research was observational descriptive quantitative with cross sectional design. The research sample was using total population of 10 production workers. The result of this research showed that the level of PM_{2,5} inhaled which exceeded Threshold Limit Value (TLV) or > 3 mg/m³ were on 2 workers who worked on drying and packing process. The average of PM_{2,5} environment level which exceeded TLV were on manufacturing of granules, heating and packing process area. Workers who had lung function impairment were 4 workers (40%). Lung function impairment more likely found in workers with exposure of PM_{2,5} inhaled ≤ 3 mg/m³, has age 41 – 60 years, worked period < 5 years, always using cloth as respiratory protective equipment, and had worked in the other places either direct or indirect exposure of dust. The conclusion of this research is production workers of organic fertilizer industry in Nganjuk has risk of lung function impairment. Suggestions for the owner of organic fertilizer industry in Nganjuk are to install natural and unnatural ventilations and to provide air purifying respirators.

PENDAHULUAN

Industri pupuk organik mulai berkembang di masyarakat karena perkembangan pertanian

yang menuntut hasil yang berkualitas, namun tetap dapat menjaga kesuburan tanah. Pupuk organik adalah pupuk yang berasal dari tumbuhan mati, kotoran hewan dan/atau bagian

hewan dan/atau limbah organik lainnya yang telah melalui proses rekayasa, berbentuk padat atau cair, dapat diperkaya dengan bahan mineral dan/atau mikroba, yang bermanfaat untuk meningkatkan kandungan hara dan bahan organik tanah serta memperbaiki sifat fisik, kimia dan biologi tanah (Pertanian Nomor 70 Tahun 2011). Keberadaan industri pupuk organik ini dapat menghasilkan polutan yang dapat mencemari lingkungan. Salah satu polutan yang dihasilkan adalah *Particulate Matter* (PM).

PM merupakan salah satu bahan pencemar yang terdiri atas campuran kompleks partikel seperti debu, kotoran, jelaga, asap, dan tetesan cairan yang ditemukan di udara dengan ukuran cukup kecil (IDEM, 2015). $PM_{2.5}$ (*fine partikel inhalable*) adalah partikel dengan ukuran $\leq 2,5 \mu m$ dengan sumber utamanya adalah pembakaran, asap rokok, memasak dengan kayu bakar, dan aktivitas pertanian (US EPA, 2016). $PM_{2.5}$ adalah debu respirabel yang dapat tertahan mulai dari *bronchiolus terminalis* sampai alveolus sehingga termasuk debu yang paling berbahaya (Sumakmur, 2009). Efek kesehatan yang ditimbulkan partikulat adalah kematian dini pada orang dengan penyakit jantung dan paru-paru, serangan jantung, detak jantung tidak teratur, asma, penurunan fungsi paru, serta peningkatan gejala pernapasan seperti iritasi pada saluran pernapasan, batuk dan kesulitan bernapas (US EPA, 2016).

Efek pajanan $PM_{2.5}$ lebih banyak terjadi pada organ pernapasan yang salah satunya adalah gangguan fungsi paru. Gangguan fungsi paru ini ditandai dengan adanya gangguan pada ventilasi sehingga terjadi penurunan fungsi. Gangguan ventilasi terdiri atas gangguan restriksi yaitu gangguan pengembangan paru, dan gangguan obstruksi yaitu terjadi perlambatan aliran udara di saluran napas karena meningkatnya produksi mukus sehingga saluran pernapasan menyempit (Depkes RI., 2008).

Beberapa studi menunjukkan bahwa pekerja yang terpajan debu respirabel (debu $PM_{2.5}$) lebih banyak yang mengalami gangguan fungsi paru dengan persentase $> 50\%$ (Yulaekah., 2007 dan Aulia., 2014). Penelitian Hastiti (2012) pada karyawan PT X, Kalimantan Selatan dan Marpaung (2012) pada pedagang tetap Terminal Terpadu Kota Depok juga menunjukkan bahwa terdapat hubungan yang signifikan antara pajanan $PM_{2.5}$ dengan gangguan fungsi paru.

Industri pupuk organik di Nganjuk menggunakan bahan baku pupuk kandang dari kotoran ayam dan sapi yang dianalisis secara berkala untuk mengetahui kandungan unsur

haranya. Selanjutnya dilakukan proses produksi pupuk yang terdiri atas penghalusan bahan, pencampuran bahan, pembuatan granul, pemanasan, pendinginan dan penyaringan, serta pengemasan. Pada proses produksi tersebut ditambahkan kapur pertanian dan mixtro agar pupuk memiliki unsur hara yang lebih tinggi.

Proses produksi pupuk organik menghasilkan $PM_{2.5}$ dalam bentuk debu dan asap. Polutan ini lebih banyak dihasilkan pada tahapan pencampuran bahan sampai pengemasan yang prosesnya dilakukan di dalam ruangan produksi. Debu berasal dari bahan baku yang diproses, sedangkan asap berasal dari pembakaran dengan kayu bakar untuk pemanasan granul.

Debu dan asap ini termasuk polutan yang dapat mencemari udara di dalam ruangan produksi. Pencemaran udara di dalam ruangan lebih berbahaya bagi penghuninya dari pada pencemaran udara di luar ruangan karena memiliki kadar yang lebih besar dan 1000 kali lebih dapat mencapai paru (Hidayat., dkk., 2012). Polutan tersebut bisa bertambah dari luar ruangan, dari aktivitas merokok dan juga tidak dapat keluar bebas ke udara ambien karena tidak ditunjang dengan ventilasi yang baik (Mukono, 2011).

Rumusan masalah pada penelitian ini adalah "Bagaimana analisis kadar debu $PM_{2.5}$ dan fungsi paru pada pekerja industri pupuk organik di Nganjuk?". Tujuan penelitian ini adalah menganalisis kadar debu $PM_{2.5}$ dan fungsi paru pada pekerja industri pupuk organik di Nganjuk.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini adalah penelitian observasional yaitu berdasarkan pada kejadian alami tanpa perlakuan terhadap obyek yang diteliti. Desain penelitian berdasarkan waktu pelaksanaannya adalah penelitian *cross sectional* yang bertujuan untuk menganalisis faktor risiko terhadap akibat yang terjadi dalam waktu yang bersamaan. Berdasarkan analisisnya termasuk penelitian deskriptif kuantitatif yang bertujuan untuk mempelajari suatu masalah secara lebih mendalam dalam bentuk numerik dan narasi.

Lokasi penelitian di salah satu industri pupuk organik di Nganjuk yang berada di Desa Karangsono, Kecamatan Loceret, Kabupaten Nganjuk. Populasi penelitian yaitu seluruh pekerja bagian produksi yang berjumlah 12 orang dengan kriteria bekerja di dalam ruangan. Berdasarkan populasi tersebut, jumlah sampel pekerja yang bersedia menjadi obyek penelitian dan berada di industri pupuk organik Nganjuk saat dilakukan penelitian berjumlah 10 orang.

Pada penelitian ini variabel terikat adalah fungsi paru dan variabel bebas adalah PM_{2,5} terhirup, PM_{2,5} lingkungan, usia, masa kerja, riwayat pekerjaan, penggunaan alat pelindung pernapasan atau masker, dan kebiasaan merokok. Analisis data menggunakan *crosstab* atau tabulasi silang antar dua variabel. Penelitian ini telah mendapat persetujuan dari komisi etik Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Airlangga dengan No. 98-KEPK.

Pengambilan data dilakukan dengan cara wawancara, pengukuran PM_{2,5} terhirup, PM_{2,5} lingkungan, suhu dan kelembapan, serta pemeriksaan fungsi paru. Wawancara dilakukan pada pekerja dan pengawas produksi menggunakan kuesioner tentang karakteristik pekerja dan faktor perilaku. Pengukuran PM_{2,5} terhirup menggunakan *Personal Dust Sampler* (PDS) selama 4 jam oleh petugas UPT K3 Surabaya. Tujuannya untuk mengetahui seberapa tinggi kadar debu PM_{2,5} yang terhirup oleh pekerja bagian produksi industri pupuk organik di Nganjuk.

Pengukuran PM_{2,5} lingkungan menggunakan Haz-dust EPAM 5000 selama 30 menit pada tiap titik yang dilakukan oleh petugas FKM Unair. Penentuan titik berdasarkan SNI 19-7119.6-2005 tentang Penentuan Lokasi Pengambilan Contoh Uji Pemantauan Kualitas Udara Ambien yaitu penentuan titik pada lokasi yang konsentrasi pencemarnya tinggi dan mewakili wilayah studi sehingga dapat ditentukan ada 3 titik yang diukur pada tiap *shift* kerja.

Titik 1 berada di area proses pembuatan granul dan pemanasan, titik 2 di area proses pencampuran bahan, dan titik 3 di area proses pengemasan. Tujuannya untuk mengetahui efektifitas upaya pengendalian debu di industri pupuk organik Nganjuk (*fix area sampling*). Pengukuran suhu dan kelembapan menggunakan *heat stress apparatus* pada 10 titik lokasi pekerja oleh petugas UPT K3 Surabaya. Pemeriksaan fungsi paru menggunakan spirometer yang juga dilakukan oleh petugas UPT K3 Surabaya. Hasil pemeriksaan fungsi paru dibandingkan dengan standar *American Thoracic Society* (ATS).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Faktor Lingkungan Fisik Bagian Produksi Industri Pupuk Organik di Nganjuk Kadar PM_{2,5}

Pengukuran kadar PM_{2,5} terdiri atas pengukuran PM_{2,5} terhirup dan PM_{2,5} lingkungan. Hasil pengukuran PM_{2,5} terhirup pada Tabel 1 menunjukkan bahwa hanya 2 pekerja yang memiliki kadar PM_{2,5} terhirup

melebihi NAB > 3 mg/m³ yaitu pekerja bagian pemanasan (*drying*) dan pengemasan (*packing*).

Tabel 1.

Hasil Pengukuran PM_{2,5} Terhirup pada Pekerja Bagian Produksi di Industri Pupuk Organik Nganjuk Tahun 2017

Bagian	Kadar PM _{2,5} Terhirup (mg/m ³)	NAB
<i>Packing</i>	1,3489	
<i>Packing</i>	2,1028	
<i>Drying</i>	5,2488	
<i>Mixing</i>	1,9352	
<i>Granuling</i>	1,7462	
<i>Packing</i>	3,0479	3mg/m ^{3*}
<i>Mixing</i>	1,0917	
<i>Packing</i>	2,0729	
<i>Granuling</i>	1,5254	
<i>Mixing</i>	0,6538	
Rata-rata	2,0774	

Ket:

- * Peraturan Menteri Tenaga Kerja dan Transmigrasi RI Nomor 13 Tahun 2011 tentang Nilai Ambang Batas Faktor Fisika dan Faktor Kimia di Tempat Kerja
- * Peraturan Menteri Kesehatan RI Nomor 70 Tahun 2016 tentang Standar dan Persyaratan Kesehatan Lingkungan Kerja Industri.
- * ACGIH (*American Conference for Governmental Industrial Hygienists*)

PM adalah bahan iritan pada saluran napas dan dapat meningkatkan kerentanan terhadap Infeksi Saluran Pernapasan Akut (ISPA) dan penyakit paru kronik. Penyakit paru akibat PM di dalam ruangan (*indoor*) adalah Penyakit Paru Obstruktif Kronik (PPOK), gangguan fungsi paru dan infeksi saluran pernapasan (Upadhyay, S.,dkk., 2014). Kadar PM_{2,5} terhirup bila melebihi NAB berisiko menyebabkan gangguan kesehatan pada pekerja. Hal ini juga berlaku pada pekerja yang hasilnya di bawah NAB karena akumulasi dari pajanan PM_{2,5} terhirup berisiko menyebabkan gangguan fungsi paru karena berdasarkan ukurannya PM_{2,5} dapat masuk dan tertimbun sampai alveolus selama berbulan-bulan atau bertahun-tahun (Pihlava, dkk., 2012). PM_{2,5} terhirup dipengaruhi oleh kadar PM_{2,5} di lingkungan karena kadar PM_{2,5} dapat memengaruhi banyaknya kadar PM_{2,5} yang terhirup yaitu bila kadar di lingkungan tinggi, maka yang dapat terhirup oleh pekerja bisa lebih banyak.

Tabel 2.

Hasil Pengukuran PM_{2,5} Lingkungan di Bagian Produksi Industri Pupuk Organik Nganjuk Tahun 2017

Titik	Rata-Rata Kadar PM _{2,5} Lingkungan	
	<i>Shift pagi</i>	<i>Shift sore</i>
1	2,850 mg/m ³	3,962 mg/m ³
2	1,472 mg/m ³	0,940 mg/m ³
3	3,489 mg/m ³	0,117 mg/m ³

Ket: NAB sama dengan PM_{2,5} terhirup

Berdasarkan Tabel 2, pengukuran pada *shift* pagi di area pengemasan dan pengukuran

pada *shift* sore di area pembuatan granul dan pemanasan menunjukkan rata-rata kadar $PM_{2,5}$ lingkungan $> 3 \text{ mg/m}^3$ atau telah melebihi Nilai Ambang Batas (NAB).

Pada pengukuran *shift* pagi pukul 10.34 – 14.05 WIB di bagian pengemasan lebih banyak pupuk yang dikemas dan banyak tumpukan pupuk yang belum dipindahkan ke dalam gudang sehingga lebih banyak debu yang bertebaran di lingkungan kerja. Pengukuran *shift* sore pukul 15.01 – 16.58 WIB di bagian pembuatan granul dan pemanasan memiliki rata-rata kadar $PM_{2,5}$ lingkungan yang cenderung tinggi karena selain debu, ada asap yang dihasilkan dari pembakaran kayu bakar untuk proses pemanasan granul.

Asap dari pembakaran kayu bakar ini merupakan salah satu sumber utama dari $PM_{2,5}$ (US EPA, 2016). Perbedaan kadar $PM_{2,5}$ pada *shift* pagi yang lebih besar dari pada *shift* sore karena produksinya yang lebih banyak, sedangkan pada *shift* sore pengukuran dilakukan ketika proses produksi baru dimulai.

Kadar rata-rata $PM_{2,5}$ lingkungan tidak semua titik melebihi NAB, namun kadar maksimal pada semua titik $> 3 \text{ mg/m}^3$. Hal ini mengindikasikan bahwa pada saat tertentu kadar $PM_{2,5}$ lingkungan di dalam ruangan produksi di industri pupuk organik Nganjuk melebihi batas aman terpajan polutan sehingga berisiko menyebabkan gangguan fungsi paru.

Suhu

Hasil pengukuran suhu menunjukkan suhu rata-rata sebesar $34,1^\circ\text{C}$, suhu minimal sebesar $32,6^\circ\text{C}$ dan suhu maksimal sebesar $35,2^\circ\text{C}$. Suhu di bagian produksi industri pupuk organik Nganjuk tersebut tidak memenuhi Baku Mutu menurut Keputusan Menteri Kesehatan RI Nomor 1405 Tahun 2002 tentang Persyaratan Kesehatan Lingkungan Kerja Perkantoran dan Industri karena suhu $> 30^\circ\text{C}$. Baku mutu suhu di lingkungan kerja industri adalah $18^\circ\text{C} - 30^\circ\text{C}$.

Suhu yang tinggi di ruang produksi industri pupuk organik di Nganjuk secara umum dipengaruhi oleh adanya pembakaran kayu bakar dan kurangnya ventilasi. Penelitian Wang., dkk (2015) menunjukkan bahwa ada hubungan antara suhu dan kadar $PM_{2,5}$. Suhu dapat memengaruhi pembentukan partikel yaitu pada suhu tinggi dapat meningkatkan reaksi fotokimia antar polutan. Walaupun suhu yang relatif tinggi di bagian produksi industri pupuk organik Nganjuk cenderung diikuti oleh kadar $PM_{2,5}$ yang cukup rendah atau $< 3 \text{ mg/m}^3$, namun hal ini dapat menyebabkan rasa tidak nyaman dalam bekerja. Selain itu napas pekerja cenderung lebih cepat yang berarti akan semakin banyak debu $PM_{2,5}$ yang terhirup.

Kelembapan

Hasil pengukuran kelembapan di bagian produksi industri pupuk organik Nganjuk menunjukkan kelembapan rata-rata sebesar 48,7%, kelembapan minimal 43% dan kelembapan maksimal 57%.

Kelembapan di bagian produksi industri pupuk organik di Nganjuk tidak memenuhi Baku Mutu menurut Keputusan Menteri Kesehatan RI Nomor 1405 Tahun 2002 tentang Persyaratan Kesehatan Lingkungan Kerja Perkantoran dan Industri karena $< 65\%$. Baku mutu kelembapan di lingkungan kerja industri adalah $65\% - 90\%$. Kelembapan yang rendah menunjukkan kadar uap air di udara rendah atau udara kering.

Penelitian Hestya (2014) pada masyarakat PG Rejo Agung Baru Madiun menunjukkan bahwa pada tingkat kelembapan 74% kadar PM_{10} lebih tinggi dibanding pada kelembapan 45%. Hal ini berarti bahwa pada kelembapan yang rendah maka kadar polutan akan lebih rendah sehingga sejalan dengan hasil penelitian ini bahwa pada kadar uap air yang rendah, diikuti oleh tingkat $PM_{2,5}$ yang relatif rendah. Selain itu, penelitian Putri (2012) menunjukkan bahwa ada hubungan antara kelembapan dengan gangguan fungsi paru. Udara yang kering di industri pupuk organik Nganjuk menyebabkan rasa tidak nyaman dalam bekerja dan dapat menyebabkan iritasi pada saluran pernapasan sehingga dapat memicu terjadinya respon inflamasi.

Ventilas

Ventilasi pada bagian produksi di industri pupuk organik Nganjuk relatif kurang karena keluar masuknya udara mengandalkan dua pintu yang terbuka. Selain itu dalam satu ruangan produksi hanya ada satu sisi yang terdapat ventilasi atau lubang kecil. Ruang produksi yang cenderung tertutup ini membuat aliran udara kurang lancar atau terbatas, polutan tidak dapat keluar dengan bebas, dan menyebabkan lingkungan kerja pengap.

Ventilasi berfungsi untuk menjaga aliran dalam ruangan tetap bersih dan segar, menjaga keseimbangan oksigen, membebaskan udara dari bakteri patogen, dan mempertahankan kelembapan udara agar tetap optimal (Putri., 2012). Ventilasi yang kurang mendukung di industri pupuk organik Nganjuk dapat menyebabkan meningkatnya $PM_{2,5}$ di dalam ruangan karena debu dan asap tidak dapat keluar ke udara ambien.

Jenis Lantai

Jenis lantai di bagian produksi industri pupuk organik di Nganjuk adalah lantai plester.

Jenis lantai ini kedap air sehingga cocok digunakan di ruang produksi dibandingkan lantai tanah. Namun lantai sudah banyak berlubang, sehingga dipenuhi pupuk kandang yang berserakan di lantai. Jenis lantai tanah atau batu dapat memberikan dampak kesehatan seperti gangguan pada penghuninya (Kartono, et., al., 2008). Walaupun bukan dari tanah, namun dengan kondisi lantai tersebut semakin meningkatkan debu $PM_{2,5}$ bertebaran di ruang produksi industri pupuk organik Nganjuk.

Bahan Bakar yang Digunakan

Bahan bakar yang digunakan untuk proses produksi industri pupuk organik di Nganjuk adalah kayu bakar untuk proses pemanasan granul. Proses ini dapat menyumbang $PM_{2,5}$ yang lebih banyak di dalam ruang produksi karena salah satu sumber $PM_{2,5}$ adalah proses pembakaran. Bahan bakar menyumbang zat pencemar udara yang berbahaya bagi kesehatan seperti debu, CO, NO, formaldehid, *benzo(a)pyrene*, dan *polycyclic organic matter* (Moturi, 2010). Hal ini berarti pekerja tidak hanya terpajan debu namun juga gas berbahaya lainnya yang dapat memengaruhi status kesehatannya.

Pemeriksaan Fungsi Paru

Hasil pemeriksaan fungsi paru menunjukkan bahwa sebanyak 6 pekerja (60%) memiliki fungsi paru yang normal, dan sebanyak 4 pekerja (40%) memiliki fungsi paru tidak normal atau mengalami gangguan fungsi paru. Dari pekerja yang memiliki gangguan fungsi paru, 3 diantaranya dengan kategori obstruksi dan 1 adalah restriksi. Pekerja tersebut terdiri atas 2 pekerja pada bagian pencampuran (*mixing*) dan 2 pekerja bagian pengemasan (*packing*).

Fungsi paru dikatakan normal bila nilai % FVC ≥ 80 dan nilai % FEV1 ≥ 75 . Gangguan fungsi paru terjadi bila keluar masuknya O_2 ke dalam alveolus dan keluarnya CO_2 dari alveolus ke dalam udara luar terganggu (gangguan pada ventilasi). Gangguan fungsi paru obstruksi (*Obstructive Ventilatory Defect*) terjadi bila nilai % FEV1 adalah ≤ 74 . Gangguan ini terjadi pada struktur maupun fungsi organ yang menimbulkan perlambatan arus respirasi. Gangguan ini biasanya ditandai dengan adanya bronkitis, emfisema, atau asma. Gangguan fungsi paru restriksi terjadi bila nilai % FVC ≤ 79 yang ditandai dengan adanya hambatan dalam pengembangan paru yang disebabkan adanya jaringan fibrosa pada dinding paru. Hal ini menyebabkan dinding dada mengecil, volume paru mengecil, dan iga menyempit (Putri., 2012; Uyainah., 2014).

Analisis Dua Variabel

Particulate Matter 2,5 ($PM_{2,5}$)

Parameter $PM_{2,5}$ yang ditabulasi silang adalah $PM_{2,5}$ terhirup yang dikategorikan berdasarkan NAB.

Tabel 3.

Tabulasi Silang $PM_{2,5}$ Terhirup dengan Fungsi Paru pada Pekerja Bagian Produksi di Industri Pupuk Organik Nganjuk Tahun 2017

$PM_{2,5}$ Terhirup	Fungsi Paru (n)		Total
	Tidak Normal	Normal	
$> 3 \text{ mg/m}^3$	1	1	2
$\leq 3 \text{ mg/m}^3$	3	5	8
Total	4	6	10

Pada Tabel 3 menunjukkan bahwa pekerja yang lebih banyak mengalami gangguan fungsi paru adalah pekerja dengan kadar $PM_{2,5}$ terhirup $\leq 3 \text{ mg/m}^3$, artinya pada kadar $PM_{2,5}$ di bawah batas aman lebih banyak yang berisiko mengalami gangguan fungsi paru. Namun tidak berarti pada kadar $PM_{2,5} > 3 \text{ mg/m}^3$ akan aman, karena pekerja yang terpajan kadar $PM_{2,5}$ melebihi NAB juga ada yang mengalami gangguan fungsi paru. Hal ini tidak sesuai dengan penelitian Yulaekah (2007) bahwa paling banyak pekerja batu kapur yang mengalami gangguan fungsi paru adalah pekerja yang memiliki pajanan debu terhirup di atas NAB.

Pajanan di tempat kerja seperti debu organik maupun anorganik, bahan kimia dan fumes berisiko menyebabkan gangguan fungsi paru obstruksi pada pekerja. Selain itu dapat memengaruhi peningkatan penyempitan aliran udara, terjadinya emfisema dan terperangkapnya gas berbahaya pada paru. Kayu, pupuk kandang, sisa pertanian, batu, dan pembakaran, dan proses memasak di dalam ruangan dengan ventilasi yang buruk dapat menyebabkan sangat tingginya pencemaran udara di dalam ruangan. Adanya polutan tersebut dapat terhirup oleh pekerja sehingga menjadi faktor penting terjadinya gangguan fungsi paru obstruksi (GOLD., 2017).

Partikel berukuran $> 5 \mu\text{m}$ yang terhirup akan terhenti pada bagian hidung dan tenggorokan dan akan dikeluarkan oleh gerakan silia, sedangkan partikel yang berukuran $0,5 - 5 \mu\text{m}$ akan masuk sampai alveolus. Ukuran partikel tersebut yang termasuk $PM_{2,5}$, pengeluarannya lambat, sehingga dapat mengendap di alveolus lebih lama.

Hal ini menyebabkan interaksi antara metabolit suatu partikel dengan oksigen yang menghasilkan ROS (*Reactive Oxygen Species*)

yaitu mengubah guanin menjadi *8-oxoguanin* sehingga terjadi *oxydative stress* dalam tubuh. *Oxydative Stress* ini merupakan keadaan dimana jumlah radikal bebas dalam tubuh melebihi kapasitas tubuh untuk menetralsirnya, sehingga timbul reaksi radang pada paru yang menyebabkan daya kembang paru terbatas atau terjadi penurunan fungsi paru (Lagorio, et. Al., 2006). Selain pajanan debu PM_{2,5}, pekerja bagian produksi di industri pupuk organik Nganjuk terpajan polutan lainnya dari hasil pembakaran dengan kayu bakar. Pembakaran tersebut menghasilkan NO₂, SO₂, dan formaldehid. NO₂ pada 1 – 3 ppm dapat mengiritasi saluran pernapasan.

Efek jangka panjangnya menyebabkan bronkitis, sedangkan pajanan dengan dosis rendah dapat menambah hiperresponsif bronkus dan penurunan fungsi paru pada PPOK. SO₂ dapat menyebabkan iritasi mukosa mata, hidung, dan saluran pernaafasan bagian atas pada kadar > 6 ppm. Pada kadar rendah dalam pajanan jangka panjang dapat menurunkan fungsi paru, sedangkan efek formaldehid dapat menyebabkan iritasi saluran napas (Hidayat., dkk., 2012). Walaupun lebih banyak yang mengalami gangguan fungsi paru pada PM_{2,5} < 3 mg/m³, hal ini perlu diperhatikan karena seberapa tinggi kadar PM_{2,5} di lingkungan maupun yang terhirup, akan terakumulasi terdeposit di paru-paru.

Kadar PM_{2,5} juga bisa berubah setiap saat, sehingga pada saat tertentu pekerja dapat terpajan melebihi NAB. Pada penelitian ini pekerja bagian produksi yang terpajan PM_{2,5} di bawah NAB lebih berisiko terhadap gangguan fungsi paru dibanding yang memperoleh pajanan di atas NAB karena jumlah responden yang terpajan di bawah NAB lebih banyak dan bisa diperkuat pengaruhnya oleh faktor lain.

Karakteristik pekerja

Karakteristik pekerja merupakan ciri yang membedakan antara pekerja yang satu dengan yang lain. Karakteristik pekerja industri pupuk organik di Nganjuk ini mencakup usia, masa kerja, dan jenis pekerjaan sebelumnya atau riwayat pekerjaan.

Tabel 4.

Tabulasi Silang Karakteristik Pekerja dengan Fungsi Paru pada Pekerja Bagian Produksi di Industri Pupuk Organik Nganjuk 2017

Karakteristik Pekerja	Fungsi Paru (n)		Total
	Tidak Normal	Normal	
Usia			
41 - 60	3	2	5
21 - 40	1	4	5

Karakteristik Pekerja	Fungsi Paru (n)		Total
	Tidak Normal	Normal	
Masa kerja			
≥ 5 tahun	1	1	2
< 5 tahun	3	5	8
Jenis pekerjaan sebelumnya			
Pekerja bangunan	2	1	3
Petani	0	1	1
Buruh pabrik	0	1	1
Pemulung	0	1	1
Tidak bekerja			

Usia minimal dari pekerja adalah 21 tahun dan maksimal 52 tahun. Hasil tabulasi silang pada Tabel 4 antara usia dengan gangguan fungsi paru adalah mayoritas pekerja industri pupuk organik di Nganjuk yang memiliki gangguan fungsi paru berusia 41 – 60 tahun yaitu sebanyak 3 pekerja. Hal ini sesuai dengan penelitian Katherine., dkk, (2014) yang menunjukkan bahwa paling banyak pekerja penggilingan padi yang berusia 36 – 55 tahun mengalami gangguan fungsi paru yaitu sebanyak 55,5% responden. Penuaan atau bertambahnya usia sering menjadi faktor risiko dari PPOK karena berkaitan dengan akumulasi pajanan selama hidup (GOLD., 2017).

Masa kerja pekerja CV Citra Mandiri dikategorikan menjadi ≥ 5 tahun < 5 tahun. Hasil tabulasi silang pada Tabel 4 menunjukkan bahwa mayoritas pekerja industri pupuk organik di Nganjuk yang mengalami gangguan fungsi paru memiliki masa kerja < 5 tahun yaitu sebanyak 3 responden. Rata-rata pekerja tersebut telah bekerja 2 – 3 tahun. Hal ini tidak sesuai dengan penelitian pada pekerja Industri Cecek di Sidoarjo yang menunjukkan bahwa semua pekerja yang terpajan PM_{2,5} dengan masa kerja > 5 mengalami gangguan fungsi paru dengan persentase 60% atau 6 orang (Aulia., 2014).

Penelitian pada pada pekerja penggilingan padi di Kabupaten Sidrap juga menunjukkan bahwa ada hubungan antara masa kerja dan fungsi paru tidak normal pada pekerja (Katherine., dkk, 2014). (Masa kerja ini erat kaitannya dengan banyaknya pajanan polutan pada pekerja. Menurut Sumakmur (2009) semakin lama pekerja bekerja di industri yang berdebu maka semakin tinggi risikonya terkena gangguan pernapasan. Salah satu faktor yang dapat memengaruhi gangguan fungsi paru yang lebih banyak terjadi pada pekerja dengan masa kerja < 5 tahun adalah riwayat pekerjaan. Jenis pekerjaan sebelumnya menunjukkan ada atau tidaknya pekerjaan sebelum bekerja di industri pupuk organik Nganjuk dan karakteristik pekerjaannya. Riwayat pekerjaan dapat

mendiagnosis Penyakit Akibat Kerja (PAK) (Sumakmur., 2009). Hasil penelitian menunjukkan bahwa pekerja yang mengalami gangguan fungsi paru adalah pekerja yang sebelumnya bekerja sebagai pekerja bangunan dan petani.

Jenis pekerjaan proyek bangunan termasuk pekerjaan yang terpajan debu secara langsung dan lebih sering, sedangkan petani termasuk jenis pekerjaan dengan pajanan debu secara tidak langsung karena ia akan lebih banyak terpajan debu pada saat musim panen. Keduanya sama-sama terpajan PM_{2,5}, namun lebih sering dan lebih banyak terpajan debu pada pekerja proyek bangunan dibanding petani. Penelitian Aulia (2014) menunjukkan bahwa pekerja pekerja industri cecek di Sidoarjo yang memiliki fungsi paru tidak normal lebih banyak terjadi pada pekerja yang pernah bekerja di tempat lainnya dengan ada paparan debu. Hal ini sejalan dengan hasil penelitian bahwa pekerja yang pernah bekerja ditempat lain sebelumnya memiliki risiko mengalami gangguan fungsi paru.

Faktor Perilaku

Faktor perilaku pekerja terdiri atas penggunaan alat pelindung saluran pernapasan atau masker saat bekerja dan kebiasaan merokok. Alat pelindung pernafasan yang digunakan oleh pada pekerja bagian produksi di industri pupuk organik Nganjuk adalah masker. Masker adalah alat pelindung pernapasan yang dapat melindungi organ pernapasan dengan cara menyalurkan udara bersih dan sehat dan/atau menyaring debu (Permenakertrans Nomor 08 Tahun 2010). Penggunaan masker yang tepat dapat mengurangi masuknya PM_{2,5} ke dalam saluran pernafasan, sehingga dapat menurunkan risiko terjadinya gangguan fungsi paru. Sifat proteksi dari penggunaan masker ini dapat dipengaruhi oleh frekuensi penggunaannya dan jenis masker yang digunakan. Kebiasaan merokok juga merupakan salah satu faktor yang dapat memengaruhi terjadinya gangguan fungsi paru dengan prevalensi tertingginya pada perokok. Secara umum, bahaya rokok tidak hanya mengancam perokok aktif, namun juga perokok pasif. Adapun tabulasi silang antara faktor perilaku penggunaan masker dan kebiasaan merokok dengan fungsi paru pada tabel 5.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa pekerja yang paling banyak mengalami gangguan fungsi paru adalah yang selalu menggunakan pelindung pernapasan yaitu sebanyak 3 pekerja. Hal ini tidak sejalan dengan penelitian pada pekerja penggilingan batu kapur CV Karya Bersama Kabupaten Tuban yang menunjukkan bahwa 91,7%

pekerja yang tidak memakai pelindung pernapasan mengalami gangguan fungsi paru (Katherine., dkk, 2014).

Tabel 5.

Tabulasi Silang Faktor Perilaku dengan Fungsi Paru pada Pekerja Bagian Produksi di Industri Pupuk Organik Nganjuk 2017

Perilaku Pekerja	Fungsi Paru (n)		Total
	Tidak Normal	Normal	
Penggunaan masker			
Selalu	3	6	9
Tidak pernah	1	0	1
Kebiasaan merokok			
merokok			
Tidak perokok	2	1	3
Perokok			
Lama merokok	2	5	7
≥ 5 tahun	2	4	6
< 5 tahun	0	1	1
Banyak rokok			
≥ 1 pak	2	1	3
< 1 pak	0	4	4

Perbedaan terjadi karena jenis masker yang digunakan oleh pekerja bagian produksi industri pupuk organik di Nganjuk tidak tepat. Alat pelindung pernapasan yang tepat digunakan seharusnya adalah *Air Purifying Respirators (APR)* dengan filter untuk partikulat dan gas baik dalam bentuk *a half facepiece* atau *a full facepiece*, karena dapat menghalangi masuknya debu, kabut, fumes, dan gas berbahaya ke dalam saluran napas (OSH., 1999). Namun pekerja menggunakan masker dari bahan kain yang dipakai sehari-hari walaupun sudah kotor dan juga sering dilepas. Walaupun dicuci setiap hari, masker yang tidak dijaga kebersihannya atau debu menempel di masker, maka dapat juga dapat terhirup oleh pekerja sehingga kurang memberikan proteksi bagi pekerja. Hal inilah yang menjadi faktor risiko masih ada pekerja yang mengalami gangguan fungsi paru padahal sudah menggunakan masker.

Hasil tabulasi silang pada Tabel 5 menunjukkan bahwa gangguan fungsi paru terjadi pada perokok dan bukan perokok dengan frekuensi yang sama yaitu masing-masing 2 pekerja. Hal ini tidak sejalan dengan penelitian Mengkidi (2006) yang menunjukkan bahwa terdapat hubungan bermakna antara kebiasaan merokok dengan gangguan fungsi paru. Pada penelitian Aulia (2014) juga menunjukkan bahwa fungsi paru tidak normal lebih banyak terjadi pada pekerja industri cecek Sidoarjo yang memiliki kebiasaan merokok sebanyak 60% pekerja.

Hubungan antara rokok dan PPOK menunjukkan *dose responses* yang dapat dilihat pada *Index Brinkman* (IB) yaitu jumlah batang rokok yang dihisap perhari dikalikan jumlah hari merokok (tahun). Misalnya kanker paru 20 bungkus tahun artinya bila seseorang merokok sebungkus rokok berarti setelah 20 tahun merokok bisa terkena kanker paru (Depkes RI, 2008). Pekerja industri pupuk organik di Nganjuk yang merokok dan mengalami gangguan fungsi paru memiliki derajat merokok sedang dan ringan dengan jumlah rokok yang dihisap sebanyak ≥ 1 pak dalam sehari dengan lama merokok ≥ 5 tahun. Hal ini menunjukkan bahwa lamanya merokok dapat memengaruhi terjadinya gangguan fungsi paru pada pekerja bagian produksi industri pupuk organik di Nganjuk.

Pada penelitian ini pekerja yang bukan perokok juga memiliki mengalami gangguan fungsi paru karena ia bisa menghirup asap rokok dari rekan atau orang lain yang merokok, dengan kata lain ia menjadi perokok pasif. Sesuai dengan Pedoman Pengendalian PPOK yaitu tidak seluruh perokok akan mengalami PPOK karena bisa dipengaruhi oleh faktor genetik sehingga perokok pasif juga memiliki risiko. Perokok pasif memiliki risiko mengalami PPOK karena kandungan bahan kimia asap rokok sampingan yang terhirup lebih tinggi dibanding asap rokok utama antara lain karena tembakau terbakar pada temperatur lebih rendah ketika rokok sedang tidak dihisap, terjadi pembakaran tidak sempurna dan mengeluarkan lebih banyak bahan kimia. Asap Rokok Lingkungan (ARL) berbahaya bagi kesehatan dan tidak ada kadar pajanan minimal ARL yang aman (Depkes RI, 2008). Pada penelitian ini faktor risiko gangguan fungsi paru pada pekerja bagian produksi industri pupuk organik di Nganjuk adalah perokok dan bukan perokok.

Kesimpulan

Kadar $PM_{2.5}$ terhirup pada 2 pekerja bagian pemanasan dan pengemasan melebihi NAB atau $> 3 \text{ mg/m}^3$, sedangkan kadar $PM_{2.5}$ lingkungan yang melebihi NAB yaitu pada area pengemasan, pembuatan granul, dan pemanasan. Pekerja bagian produksi industri pupuk organik di Nganjuk yang terpajan kadar $PM_{2.5}$ terhirup $\leq 3 \text{ mg/m}^3$, berusia 41 – 60 tahun, masa kerja < 5 tahun, pernah bekerja di tempat lain dengan pajanan debu secara langsung atau tidak langsung dengan jenis pekerjaan sebagai pekerja proyek bangunan dan petani, selalu menggunakan masker dari kain, serta pada pekerja yang memiliki

kebiasaan merokok dan tidak merokok lebih banyak yang mengalami gangguan fungsi paru.

Saran bagi industri pupuk organik di Nganjuk adalah membuat ventilasi alami dan buatan. Ventilasi alami dibuat dengan memperluas jendela di ruang produksi, sedangkan ventilasi buatan dengan memasang *local exhaust ventilation* (LEV) yang dihubungkan dengan cerobong dan dilengkapi penyaring debu. Selain itu melakukan pembersihan rutin pada ruangan produksi. Perusahaan sebaiknya menyediakan alat pelindung pernapasan yaitu *air purifying respirators* dengan *double filter* untuk partikulat dan gas karena kondisi lingkungan kerja yang berdebu dan berbau. Saran bagi pekerja adalah lebih menjaga kebersihan masker, dan melakukan pemeriksaan lebih lanjut bila hasil pemeriksaan fungsi paru menunjukkan tidak normal atau terjadi gangguan.

DAFTAR PUSTAKA

- ACGIH (*American Conference for Governmental Industrial Hygienists*). (2006). *Threshold Limit Values for Chemical Substances*. Clear Lake: University of Houston. Diakses dari <http://www.acgih.org/> [pada 26 Juli 2017].
- Aulia, Z. (2014). Analisis Kadar $PM_{2.5}$ dan Fungsi Paru Pekerja di Industri Cecek Desa Katerungan Kecamatan Krian Kabupaten Sidoarjo. *Skripsi*. Surabaya: Universitas Airlangga.
- Depkes RI. (2008). *Pedoman Pengendalian Penyakit Paru Obstruktif Kronik (PPOK)*. Dirjen PP & PL.
- GOLD (*Global Initiative for Chronic Obstructive Lung Disease*). (2017). *Global Strategy for Diagnosis, Management, and Prevention of Chronic Obstructive Pulmonary Disease*. Diakses dari: <http://www.sppneumologia.pt/> [pada tanggal 07 Juni 2017].
- Hastiti, L. R. (2013). Pajanan $PM_{2.5}$ dan Gangguan Fungsi Paru Serta Kadar Profil Lipid Darah (HDL, LDL, Kolesterol Total, Trigliserida) pada Karyawan PT X, Kalimantan Selatan Tahun 2012. *Jurnal Kesehatan Lingkungan*. Depok: FKM UI.
- Hestya, I. (2014). Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan (ARKL) Kadar Partikulat dan Keluhan Gangguan Pernapasan pada Masyarakat Sekitar PG Rejo Agung Baru Madiun. *Skripsi*. Surabaya: FKM Unair.
- Hidayat, S; Yunus, F; dan Susanto, A.D. (2012). Pengaruh Polusi Udara dalam Ruangan terhadap Paru. *Jurnal Continuing Medical Education Vol 13 No. 1*. Jakarta: RS Persahabatan .
- IDEM (*Indiana Department of Environmental Management*). (2014) . *Particulate Matter ($PM_{2.5}/PM_{10}$) Office of Air Quality*. India: A State That Works. Diakses dari: <http://www.in.gov/idem/>[pada 10 November 2016].
- Kartono B; Purwana R; dan Djaja IM. (2008). Hubungan Lingkungan Rumah dengan Kejadian Luar Biasa (KLB) Difteri di Kabupaten Tasikmalaya (2005 -

- 2006) dan Garut Januari 2007, Jawa Barat. *Makara Kesehatan Vol 12, No. 1, Juni 2008: 5 - 12.*
- Katherine, Rizky. (2014). Hubungan Paparan Debu dengan Kapasitas Fungsi Paru Pekerja Penggilingan Padi di Kabupaten Sidrap. *Jurnal. Makasar: FKM UNHAS.*
- Keputusan Menteri Kesehatan RI Nomor 1405 Tahun 2002 tentang Persyaratan Kesehatan Lingkungan Kerja Perkantoran dan Industri
- Lagorio, Susanna, et. Al. (2006). Air Pollution and Lung Function among Susceptible Adult Subject: A Panel Study. *BioMed Central Journal of London. Enviromental Health: A Global Access Science Source.* Diakses dari: <http://www.biomedsearch.com/> [pada tanggal 1 Juli 2017].
- Marpaung, Y. M. (2012). Pengaruh Paparan Debu Respirable $PM_{2,5}$ Terhadap Kejadian Gangguan Fungsi Paru Pedagang Tetap di Terminal Terpadu Kota Depok Tahun 2012. *Skripsi.* Depok: FKM UI.
- Mengkidi, D. (2006). Gangguan Fungsi Paru dan Faktor-Faktor yang Memengaruhinya pada Karyawan PT. Semen Tonasa Pangkep Sulawesi Selatan. *Skripsi.* Semarang: Universitas Diponegoro
- Moturi N. W. (2010). Risk Factor for Indoor Air Pollution in Rural Household in Mauche Division, Molo District, Kenya. *African Health Sciences Vol 10 No. 3.* Diakses dari: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/> [pada tanggal 1 Juli 2017].
- Mukono. (2011). *Prinsip Dasar Kesehatan Lingkungan.* Edisi Kedua. Surabaya: Pusat Penerbitan dan Percetakan Unair (AUP).
- OSH (*Occupational Safety and Health*), (1999). *A Guide Respiratory Protection.* Departmen of Labour [e-book]. Tersedia di <http://www.worksafe.govt.nz/> [diakses pada 08 Juli 2017].
- Peraturan Menteri Tenaga Kerja dan Transmigrasi RI Nomor 08 Tahun 2010 tentang Alat Pelindung Diri.
- Peraturan Menteri Pertanian Nomor 70 Tahun 2011 RI tentang Pupuk Organik, Pupuk Hayati dan Pembenah Tanah.
- Peraturan Menteri Ketenagakerjaan dan Transmigrasi RI Nomor 13 Tahun 2011 tentang Nilai Ambang Faktor Fisika dan Kimia di Tempat Kerja.
- Peraturan Menteri Kesehatan RI Nomor 70 Tahun 2016 tentang Standar dan Persyaratan Kesehatan Lingkungan Kerja Industri.
- Pihlava, T.; Uppo, M., dan Niemi, S., (2012). *Health Effect of Exhaust Particles.* Finland: University of Vaasa. Diakses dari: <http://www.uva.fi/en/> [pada tanggal 08 Februari 2017].
- Putri, E.P.D. (2012). Konsentrasi $PM_{2,5}$ di Udara dalam Ruang dan Penurunan Fungsi Paru pada Orang Dewasa di Sekitar Kawasan Industri Pulo Gadung Jakarta Timur Tahun 2012. *Skripsi.* Jakarta: Universitas Indonesia.
- SNI 19-7119.6-2005 tentang Penentuan Lokasi Pengambilan Contoh Uji Pemantauan Kualitas Udara Ambien .
- Sumakmur. (2009). *Higiene Perusahaan dan Kesehatan Kerja.* Jakarta: CV Haji Masagung
- Upadhyay, S; Kaustav Ganguly; and Tobias Stoeger. (2014). Inhaled Ambient Particulate Matter And Lung Health Burden. *European Medical Journal.* Diakses dari: <http://emjreviews.com/> [pada 21 Juni 2017].
- US EPA. (2016). *Health and Enviromental Effect of Particulate Matter.* Diakses dari: <https://www.epa.gov/> [pada 3 November 2016]
- Uyainah, A. Z; Amin, Z. dan Thufeilsyah, F. (2014). *Spirometri.* Depok: Departemen Ilmu Penyakit Dalam FKUI/RSCM. Diakses dari: <http://www.respirologi.com/> [pada 13 November 2016].
- Wang, J. dan Ogawa, S. (2015). Effects of Meteorolglcal Conditions on $PM_{2,5}$ Concentrations in Nagasaki, Japan. *International Journal of Research and Public Health.* Tersedia di: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/> [diakses pada 14 Juli 2017].
- Yulaekah, S. (2007). Paparan Debu Terhirup dan Gangguan Fungsi Paru padaPekerja Industri Batu Kapur. *Skripsi.* Semarang: Universitas Diponegoro.