



HUBUNGAN PAPARAN DEBU KAYU TERHADAP GANGGUAN FUNGSI PARU PADA PEKERJA

Nabila Quinsy Chiqita¹

¹Program Studi Pendidikan Dokter, Fakultas Kedokteran, Universitas Lampung

Corresponding Author: Nabila Quinsy Chiqita, Program Studi Pendidikan Dokter, Fakultas Kedokteran, Universitas Lampung

E-Mail: nqchiqita@gmail.com

Received June 28, 2020; **Accepted** July 03, 2020; **Online Published** July 28, 2020

Abstrak

Industri pengolahan kayu sudah berkembang dengan sangat pesat, namun pada proses pengolahan, kayu yang digunakan menghasilkan debu kayu yang dapat terinhalasi oleh para pekerja dan memberikan efek terhadap kesehatan seperti gangguan fungsi paru yaitu pada *Force Expiratory Volume* dalam 1 detik (FEV₁), *Forced Expiratory Flow* (FEF), dan *Forced Vital Capacity* (FVC) jika sudah melewati Nilai Ambang Batas (NAB) dari paparan debu kayu yakni 5 mg/m³. Selain paparan dari debu kayu, terdapat faktor-faktor lain yang dapat mempengaruhi terjadinya gangguan fungsi paru pada pekerja tersebut, yakni meliputi faktor umur, masa kerja, lama kerja, status gizi, Riwayat merokok, dan penggunaan alat pelindung diri (APD). Pencegahan seperti observasi medis secara rutin, pengadaan sistem ventilasi yang baik, menggunakan bahan dasar kayu *particle board* atau *medium density fibreboard*, penggunaan *personal protective equipment* (PPE) seperti masker, dan pembersihan lingkungan kerja dengan vacuum dapat dilakukan untuk menghindari risiko terjadinya gangguan fungsi paru dan risiko penyakit respirasi lain yang dapat ditimbulkan dari paparan debu kayu di lingkungan pekerja.

Keywords : fungsi paru, pekerja, debu kayu

PENDAHULUAN

Industri pengolahan kayu sudah berkembang dengan sangat pesat, teknologi yang semakin canggih pada mesin membuat proses pengolahan kayu menjadi sangat cepat dan efisien, namun proses pengolahan tersebut juga dapat menghasilkan suatu polutan berupa debu. Debu sendiri merupakan partikel padat sebagai hasil pemecahan bahan, debu dapat berasal dari kegiatan manusia ataupun proses alam (Sholikhah & Sudarmaji, 2015)

Paparan tertinggi debu kayu dilaporkan terjadi pada industri furnitur kayu. Selain pada industri furnitur kayu, paparan debu kayu juga dapat terjadi pada pekerja manufaktur kapal kayu, instalasi dan refinishing lantai kayu, dan manufaktur kertas (Bislimovska dkk, 2015)

Lima proses utama dalam proses pengolahan kayu antara lain adalah: penggergajian kayu, penyiapan bahan baku, penyiapan komponen, perakitan dan

pembentukan, serta proses akhir. Debu kayu dapat dihasilkan melalui proses mekanik seperti penggergajian, penyerutan dan penghalusan (pengamplasan) (Ma'rufi, 2016).

Dalam perkembangan industry kayu di Indonesia, Pemerintah Indonesia khususnya Kementerian Kehutanan telah melaksanakan Sistem Verifikasi dan Legalitas Kayu (SVLK). Sistem tersebut telah berlaku sejak 1 September 2009, dengan berlakunya system tersebut, maka aspek Keselamatan dan Kesehatan Kerja di industri pengolahan kayu juga semakin diperhatikan mengingat salah satu tujuan dari SVLK adalah untuk meningkatkan daya saing hasil produksi pengolahan kayu pasar internasional. Salah satu dokumen yang ada dalam SVLK adalah dokumen mengenai Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) yang berisi dokumen prosedur K3, dokumen daftar peralatan K3, dan catatan kecelakaan kerja (Kementerian Kehutanan, 2013).

Debu kayu diklasifikasikan oleh IARC sebagai grup 1 yang memiliki sifat karsinogenik terhadap manusia baik debu kayu lunak ataupun debu kayu kasar (Bislimovska dkk, 2015). Debu kayu juga termasuk ke dalam debu organik karena tersusun dari senyawa lignin, holo-selulosa (selulosa 40-50% dan hemiselulosa), poliosa dan jumlah rendah senyawa molekular lain seperti ekstraktif organik non-polar (asam resin, asam lemak, terpen, sterol, dll.), ekstraktif organik polar (flavonoid, lignan, quinon, tannin, dll.), dan ekstraktif water-soluble (karbohidrat, alkaloid, protein, dll.) (Sholikhah & Sudarmaji, 2015; Ricco, 2015).

Debu kayu yang terinhalasi dapat mengakibatkan gangguan fungsi paru ataupun penyakit respirasi lainnya. Paru-paru diketahui sebagai salah satu organ yang rentan terhadap paparan debu kayu yang dihasilkan dalam proses industri. Debu kayu yang terinhalasi dapat mengakibatkan gangguan fungsi paru ataupun penyakit respirasi lainnya, seperti kanker sinonasal, kanker paru, asma, rhinitis alergi, bronchitis kronik, emfisema, dan alergi alveolus ekstrinsik (Bislimovska dkk, 2015; Mohan dkk, 2013).

Faktor yang mempengaruhi keluhan yang timbul adalah diameter dan bentuk partikel debu. Partikel debu dapat dibedakan menjadi 2 macam, yaitu dust fall (setteable particulate) yang berbentuk lebih besar dari 10 μm dan Suspended Particulate Matter (SPM) yang ukurannya lebih kecil dari 10 μm . Kategori lain adalah partikel padat Total Suspended Particulate (TSP) dengan diameter maksimum sekitar 45 mikron, Particulate Matter-10 (PM10) dengan diameter kurang dari 10 mikron dan PM2,5 dengan diameter kurang dari 2,5 mikron. Partikel PM10 dan PM2,5 dapat mengendap pada saluran pernapasan daerah bronki dan alveoli, sedangkan TSP tidak dapat terhirup ke dalam paru, tetapi hanya sampai pada bagian saluran pernapasan atas (Purba dkk, 2019). Departemen Kesehatan juga menyebutkan bahwa debu yang berukuran 5-10 mikron akan masuk ke dalam saluran napas atas, 3-5 mikron masuk ke dalam saluran napas tengah, 1-3 mikron dapat mencapai pembuluh di

alveoli, 0,5-1 mikron akan menempel di alveoli, dan debu yang berukuran 0,1-0,5 akan melayang di atas alveoli (Depkes RI, 2014).

Faktor selain paparan debu kayu yang dapat mempengaruhi terjadinya gangguan fungsi paru pada pekerja antara lain adalah faktor pekerja seperti usia, masa kerja, lama kerja, status gizi, riwayat merokok, dan penggunaan Alat Pelindung Diri (APD) serta faktor lingkungan seperti suhu dan kelembaban (Ricco, 2015; Rismandha dkk, 2017)

ISI

Debu kayu dapat berasal dari kayu keras ataupun kayu lunak, kayu alami atau komposit berbahan dasar kayu, murni debu kayu atau debu kayu yang mengandung *adhesive*, cat, dan bahan kimia lain (Bislimovska, 2015). Peraturan Menteri Tenaga Kerja No.13/Men/X/2011 telah menetapkan bahwa untuk debu kayu, nilai ambang batas di udara lingkungan kerja adalah 5 mg/m³ dengan lama pemajanan tidak melebihi 8 jam perhari atau 40 jam dalam seminggu

Berdasarkan penelitian, ditemukan bahwa mesin yang lebih tua menghasilkan partikel aerodinamik dengan diameter >100 mikrometer sampai beberapa milimeter (partikel ini biasanya dapat sampai ke mukosa respirasi), sementara untuk mesin dengan unit *high-speed* menghasilkan partikel aerodinamik dengan diameter 10-100 mikrometer yang mampu sampai ke traktur respirasi bagian bawah (Ricco, 2015).

Pengukuran yang digunakan untuk mengukur fraksi debu antara lain adalah *Diffuse Reflectance Fourier Transform Infrared Spectroscopy* untuk menentukan jenis debu dan sampel debu kayu sampai 527 set sampel debu. alat ini dapat membedakan antara debu kayu solid dan debu kayu non-solid, dimana debu kayunya dapat berbeda dalam hal fraksi (*respirable*, trakeobronkial, dan ekstratorakal), ketiga fraksi tersebut diketahui mempunyai efek masing-masing terhadap Kesehatan (Holm dan Festa, 2019).

Pengukuran debu juga dapat dilakukan sesuai dengan prosedur SNI 19-17119.3-2005 yakni menggunakan alat *High Volume Air*

Sampler (HVAS) atau berdasarkan rekomendasi dari NIOSH yakni menggunakan *personal dust sampler* dengan 0,5 mikron (ukuran pori) polyvinyl chloride filter yang terpasang ke sebuah *cyclone* (Rismandha, 2017). Disebutkan bahwa *flow rate* yang optimal dan waktu pengambilan sampel yang tepat untuk menghindari *overload* dari filter adalah 2 L/menit. Kemudian filter dan konten dari *cyclone* ditimbang menggunakan timbangan sartorius dengan sensitivitas 0,0001 g sebelum dan sesudah pengambilan sampel (NIOSH, 1994). Penentuan titik pengukuran untuk kadar debu kayu dilakukan dengan pertimbangan bahwa titik tersebut merupakan tempat yang dekat dengan sumber hazard, banyak pekerja beraktivitas, dan searah dengan arah angin (Sholikhah dan Sudarmaji, 2015)

Sementara untuk kadar debu total dapat diukur menggunakan metode gravimetri atau menggunakan alat EPAM 5000. Prinsip dari metode gravimetri adalah menentukan konsentrasi debu yang ada di udara dengan menggunakan pompa hisap. Udara yang terhisap disaring dengan filter sehingga debu yang ada di udara akan menempel pada filter tersebut. Sedangkan cara menggunakan alat EPAM 5000 yaitu dengan meletakkan alat pada tengah ruangan setinggi zona pernapasan pekerja atau mesin. Pengukuran suhu dan kelembapan menggunakan thermohigrometer juga dilakukan sebagai data pendukung (Nafisa dkk, 2016)

Pengukuran kadar debu total selain dapat mengetahui nilai maksimum, minimum, dan rerata (*time weighted average*) dapat pula digunakan untuk mengetahui fluktuasi dari pengukuran kadar debu total yang dilakukan selama waktu tertentu. Untuk mengetahui fluktuasi debu, dilakukan pencatatan kadar debu total setiap 10 menit (Sholikhah dan Sudarmaji, 2015)

Pengukuran fungsi paru yang dapat dilakukan pada pekerja adalah sebagai berikut : *Vital capacity (VC)*, *Inspiratory Capacity (IC)*, *expiratory reserve volume (ERV)*, *inspiratory reserve volume (IRV)*, *tidal volume (TV)*, *forced expiratory volume* dalam satu detik (*FEV1*), *forced vital capacity (FVC)*, *peak expiratory flow (PEF)*, *max (MEF25-75)*, rasio dari *forced*

expiratory volume dalam satu detik terhadap *forced vital capacity (FEV1/FVC ratio)*, dan rasio dari *forced expiratory volume* dalam satu detik terhadap *vital capacity (FEV1/VC)* (Baran dkk, 2009).

Pengukuran fungsi paru dapat menggunakan spirometer ganshorn sanoscope LF8 yang dapat mengukur hasil terbaik dari 3 pengukuran nilai fungsi paru, hasilnya dinyatakan dalam persentase dari *predicted value* sesuai dengan rekomendasi *European Respiratory Society (ERS)* dan *American Thoracic Society (ATS)* (Bislimovska, 2015).

Fungsi paru dikatakan normal jika dari perhitungan Spirometer menunjukkan FVC 80%-120%. Hasil dari perhitungan Spirometer yaitu FEV1/FVC memungkinkan identifikasi gangguan paru obstruktif atau restriktif. Dikatakan Obstruktif jika nilai FEV1/FVC <70% dimana FEV1 berkurang lebih dari FVC, sedangkan di katakan restriksi yaitu kapasitas vital paksa atau *Force Vital Capacity (FVC)* kurang dari 80% (Rismandha dkk, 2017).

Berdasarkan penelitian, ditemukan adanya hubungan antara paparan debu kayu dan gangguan fungsi paru, seperti adanya perubahan FEV1, PEF, dan FVC pada pekerja jika dibandingkan dengan populasi umum (Holm dan Festa, 2019; Mohan dkk, 2013; Jacobsen dkk, 2009)

Contoh penelitian yang dilakukan adalah pada 50 pekerja di *sawmill* yang terletak di kota Bhavnagar, India, dimana didapatkan nilai yang lebih rendah dari pengukuran FVC, FEV1, MEF50, MEF25, dan PEF pada pekerja jika dibandingkan dengan *predicted value*. Hasil tersebut sejalan dengan hasil penelitian oleh Osman dan Pala terhadap 328 pekerja (merokok dan tidak merokok) dan penelitian Dudhmal dimana didapatkan nilai FVC dan FEV1 yang lebih rendah pada pekerja baik yang merokok ataupun tidak merokok jika dibandingkan dengan nilai rata-rata kelompok kontrol (Bislimovska dkk, 2015).

Penelitian lain menyatakan bahwa dari 35 responden terdapat 26 orang (86,7%) yang bekerja di area kadar debu >NAB mengalami

gangguan fungsi paru, sedangkan 4 orang (13,3%) yang bekerja di area kadar debu dibawah NAB mengalami gangguan fungsi paru. Berdasarkan hasil uji didapatkan bahwa pekerja dengan area kerja >NAB memiliki risiko 9,75 kali untuk mengalami gangguan fungsi paru dibandingkan dengan pekerja dengan area kerja <NAB (Nafisa dkk, 2016).

Kadar debu total juga dapat mempengaruhi gejala pernapasan yang dialami oleh pekerja (Sholikhah dan Sudarmaji, 2015). Prevalensi dari gejala respirasi (observasi 12 bulan) lebih ringan pada pekerja yang terpapar debu kayu dibandingkan dengan pekerja yang tidak terpapar dimana didapatkan gejala seperti kongesti nasal (53%), mata merah (43%), mata gatal (41%), dan rhinorrhe (23%) (Bislimovska dkk, 2015; Rismandha, 2017).

Kondisi atau gejala tersebut dapat terus memburuk dan menimbulkan *wheezing*, dada sesak dan batuk kronik terutama pada malam hari dengan kemungkinan berdasarkan penelitian adalah 4,8 kali untuk mengalami *wheezing*, 2,47 kali untuk mengalami dada sesak, 12,57 kali untuk mengalami batuk kronik. Gejala bahkan dapat berprogres menjadi asma kronik dan dapat menetap sampai beberapa minggu setelah paparan dihentikan (Goldsmith dan Shy, 1988; Neghab dkk, 2018).

Penelitian menunjukkan bahwa paparan akut terhadap debu kayu berhubungan dengan peningkatan kadar eosinophil dalam darah dan *bronchoalveolar lavage* (BAL) serta *nasal lavage* (NAL) menunjukkan adanya peningkatan selularitas dengan predominan neutrofil dan limfosit sel T serta peningkatan ekspresi mediator inflamasi. Debu kayu dapat mengaktivasi makrofag alveolar dan mensekresikan sitokin dan kemokin seperti MIP2, TNF alfa, IL1B, CCL2, CCL3, CCL4, CCL8, CCL11, CCL12, CCL17, CCL20, CXCL2/3, CXCL5 yang berperan dalam respon inflamasi (Ricco, 2015). Respon tersebut juga dapat merangsang otot polos pernapasan yang kemudian menyebabkan penyempitan saluran napas dan memicu terjadinya penurunan fungsi paru. Paparan debu kayu juga dapat menyebabkan terganggunya sistem mukosilier.

Sistem mukosilier yang terganggu akan menyebabkan produksi lendir bertambah. Bila lendir yang dihasilkan semakin banyak atau mekanisme pengeluaran lendir tidak lancar maka akan mengakibatkan terjadinya obstruksi saluran napas (Sholikhah dan Sudarmaji, 2015).

Debu hinggap dan tertimbun dalam paru dapat melalui beberapa mekanisme, salah satunya adalah mekanisme inerti atau kelembaman dari partikel debu yang bergerak. Mekanisme lain yaitu sedimentasi, terutama pada bronki yang kecil dan bronkioli, sebab di tempat itu kecepatan udara pernapasan sangat kurang yaitu 1 cm/detik. Mekanisme yang lain yaitu gerakan brown, terutama berlaku pada partikel yang berukuran sekitar atau kurang 0,1 mikron. Partikel yang kecil ini digerakkan oleh gerakan brown sehingga kemungkinan akan membentur permukaan alveoli dan hinggap disana (Purba dkk, 2019).

Faktor lain yang dapat mempengaruhi fungsi paru pada pekerja adalah karakteristik pekerja seperti usia, masa kerja, lama kerja, status gizi, Riwayat sakit pernapasan, dan penggunaan alat pelindung diri, serta faktor lingkungan seperti suhu dan kelembapan (Ricco, 2015; Rismandha, 2017).

Sistem pernapasan akan berubah secara anatomi dan imunologi sesuai bertambahnya usia. Bertambahnya usia akan menurunkan daya pengembangan paru, kekuatan otot pernapasan, kapasitas vital, FEV1, FVC, dan cairan antioksidan epitel (Rismandha, 2017). Dalam keadaan normal, frekuensi pernapasan dan kapasitas paru juga dapat dipengaruhi oleh usia. Frekuensi pernapasan pada orang dewasa antara 16-18 kali permenit, pada anak-anak sekitar 24 kali permenit sedangkan pada bayi sekitar 30 kali permenit. Akan tetapi kapasitas vital paksa pada orang dewasa lebih besar dibandingkan dengan anak-anak dan bayi (Miftasari, 2012).

Penelitian yang dilakukan di Kecamatan Kalijambe Sragen pada tahun 2017 didapatkan kelompok umur >40 tahun berjumlah 28 orang, dengan kapasitas fungsi paru tidak normal sebanyak 21 orang (75%). Sedangkan kelompok umur <40 tahun berjumlah 25 orang, dengan kapasitas fungsi paru normal sebanyak 15 orang

(60%). Hal tersebut menunjukkan bahwa responden yang memiliki umur >40 tahun memiliki risiko lebih tinggi terkena gangguan fungsi paru daripada pekerja <40 tahun (Purba dkk, 2019).

Faktor selanjutnya adalah masa kerja, masa kerja dapat mempengaruhi terjadinya keluhan dan beberapa penyakit saluran pernapasan, terutama bagi pekerja dengan masa kerja lebih dari 5 tahun (Sholikhah dan Sudarmaji, 2015). Berdasarkan hasil penelitian dari 35 orang terdapat 27 orang (90%) dengan kategori masa kerja >5 tahun mengalami gangguan fungsi paru, sedangkan terdapat 3 orang (10%) dengan kategori masa kerja <5 tahun mengalami gangguan fungsi paru (Nafisa dkk, 2016). Penelitian lain yang serupa juga menyatakan ada hubungan signifikan antara masa paparan dengan fungsi paru pada pekerja mebel (Bislimovska, 2015; Purba dkk, 2019).

Faktor lainnya adalah status gizi, status gizi dapat menimbulkan dampak kepada kesehatan. Salah satu dampak dari kekurangan gizi yaitu menurunnya sistem imun dan antibodi, keadaan ini kemudian dapat mengakibatkan seseorang mudah terserang infeksi. Namun status gizi yang lebih (obesitas) juga tidak baik terhadap fungsi paru seseorang. Akibat obesitas, terdapat tambahan jaringan adiposa pada dinding dada dan rongga perut yang menekan rongga dada, rongga abdomen dan paru (Rismandha dkk, 2017).

Riwayat penggunaan alat pelindung diri seperti masker juga dapat menjadi salah satu faktor yang mempengaruhi gangguan fungsi paru. Pekerja yang menggunakan masker yang sesuai akan terhindar dari paparan debu, dan mengurangi risiko penurunan fungsi paru. Namun penggunaan masker yang tidak tepat akan menyebabkan risiko gangguan saluran pernapasan meningkat (Rismandha dkk, 2017). Berdasarkan hasil penelitian diperoleh hasil 16 orang (53,3%) yang tidak menggunakan masker saat bekerja mengalami gangguan fungsi paru, sedangkan 14 orang (46,7%) yang menggunakan masker saat bekerja mengalami gangguan fungsi paru (Nafisa dkk, 2016). penelitian lain juga menyatakan bahwa ada hubungan signifikan antara

penggunaan alat pelindung diri dengan gangguan fungsi paru (Sholikhah dan Sudarmaji, 2015; Miftasari, 2012; Purba dkk, 2019).

Riwayat merokok juga diketahui sebagai salah satu faktor yang dapat menyebabkan gejala respirasi dan penurunan fungsi paru. Penelitian yang dilakukan pada pekerja mebel di Desa Leilem Kabupaten Minahasa pada tahun 2013 menunjukkan ada hubungan signifikan antara kebiasaan merokok dengan dengan gangguan fungsi paru, hasil penelitian didapatkan 19 responden (86,4%) dengan kebiasaan merokok mengalami gangguan fungsi paru dan 4 responden (40%) yang tidak merokok mengalami gangguan fungsi paru (Purba dkk, 2019).

Faktor selain karakteristik pekerja yang dapat mempengaruhi gangguan fungsi paru adalah faktor lingkungan kerja seperti suhu dan kelembapan. Suhu dan kelembapan merupakan faktor yang membentuk cuaca kerja, suhu lingkungan kerja yang tinggi akan mempercepat terjadinya perubahan kadar gas atau polutan di udara. Semakin tinggi suhu udara, maka partikel akan menjadi semakin kering dan ringan dan mudah untuk terurai, sehingga menyebabkan partikel lebih reaktif dan dapat bertahan lebih lama di udara. Sedangkan suhu yang rendah dapat mengganggu kenyamanan dalam bekerja (Sholikhah dan Sudarmaji, 2015).

Sedangkan kelembapan berkaitan dengan jumlah uap air yang terdapat di udara. Semakin tinggi uap air di udara maka nilai kelembapan akan semakin tinggi. Kelembapan yang tinggi membuat polutan seperti debu kayu semakin mudah bereaksi dengan air sehingga berat molekul dari polutan tersebut akan meningkat, dengan penambahan berat molekul debu, menyebabkan debu jatuh mengikuti gaya gravitasi bumi. Kelembapan yang tinggi juga merupakan kondisi yang ideal bagi mikroorganisme seperti jamur untuk berkembang biak serta mempercepat pertumbuhan bakteri endotoksin yang terdapat pada kayu. Pada umumnya, fungi tumbuh dengan baik pada suhu 20°C – 35°C dengan kelembapan 70% atau lebih. Sedangkan kelembapan yang terlalu rendah dapat mempengaruhi terjadinya berbagai gangguan seperti iritasi membran

mukosa, mata kering, dan sinus. Debu yang terdispersi pada ruang yang lebih lembab juga akan bergerak secara terbatas karena terabsorpsi oleh uap air yang ada di udara. (Sholikhah dan Sudarmaji, 2015).

Untuk pencegahan yang dapat dilakukan antara lain adalah observasi medis secara rutin termasuk *pre-employment medical check-up* dan monitoring fungsi paru untuk mendeteksi adanya gangguan fungsi paru secara dini dan mencegah perburukan, menggunakan furniture dengan *particle board* atau *medium density fibreboard*, sistem ventilasi yang adekuat, penggunaan *personal protective equipment* (PPE) seperti masker, dan pembersihan lingkungan kerja dengan vacuum (Mohan dkk, 2013; Schlunssen dkk, 2008)

Sebuah penelitian yang menerapkan pengurangan paparan debu kayu dengan membuat ventilasi *exhaust* lokal dan metode pembersihan yang efektif diketahui dapat menurunkan paparan debu kayu sampai $<1\text{mg}/\text{m}^3$ dan penurunan level debu 10%. Sementara pengurangan debu dengan melakukan ekstraksi vakum lokal ditambah dengan penggunaan meja *downdraft* dapat mengurangi kadar debu sampai 30% dibandingkan tempat kerja yang tidak dilakukan intervensi (Hosseini dkk, 2020).

SIMPULAN

Perkembangan industri kayu sudah sangat pesat, namun pada proses pengolahannya kayu tersebut dapat menghasilkan polutan berupa paparan debu kayu. Efek paparan debu kayu terbukti dapat mempengaruhi Kesehatan manusia terutama gangguan fungsi paru. Pada beberapa penelitian yang telah dilakukan, paparan debu kayu dapat menurunkan kapasitas paru seperti FEV1, FVC, ataupun rasio FEV1/FVC dan PEFR.

Namun gangguan fungsi tersebut juga dapat dipengaruhi oleh faktor lain seperti faktor karakteristik dari pekerja itu sendiri ataupun faktor dari lingkungan pekerja. Risiko penurunan fungsi paru pada pekerja dapat diturunkan dengan melakukan pencegahan-pencegahan, antara lain adalah observasi medis secara rutin, pengadaan

sistem ventilasi yang baik, menggunakan bahan dasar kayu *particle board* atau *medium density fibreboard*, penggunaan *personal protective equipment* (PPE) seperti masker, dan pembersihan lingkungan kerja dengan vacuum.

DAFTAR PUSTAKA

- Baran, S., Swietlik, K., & Teul, I. (2009). Lung function: Occupational exposure to wood dust. *European Journal of Medical Research*, 14(4): 14–17. <https://doi.org/10.1186/2047-783X-14-S4-14>
- Bislimovska, D., Petrovska, S., & Minov, J. (2015). Respiratory symptoms and lung function in never-smoking male workers exposed to hardwood dust. *Macedonian Journal of Medical Sciences*, 3(3): 500–505. <https://doi.org/10.3889/oamjms.2015.086>
- Departemen Kesehatan RI. 2014. *Lingkungan Hidup dan Pencemaran*. Jakarta: Universitas Indonesia
- Goldsmith, D. F., & Shy, C. M. (1988). Respiratory health effects from occupational exposure to wood dusts. *Scandinavian Journal of Work, Environment and Health*, 14(1): 1–15. <https://doi.org/10.5271/sjweh.1958>
- Holm, S. E., & Festa, J. L. (2019). A Review of Wood Dust Longitudinal Health Studies: Implications for an Occupational Limit Value. *Dose-Response: An International Journal*, 17(1): 1–5. <https://doi.org/10.1177/1559325819827464>
- Hosseini, D. K., Nejad, V. M., Sun, H., Hosseini, H. K., Adeli, S. H., & Wang, T. (2020). Prevalence of respiratory symptoms and spirometric changes among non-smoker male wood workers. *PLoS ONE*, 15(3): 1–10.

<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0224860>

Jacobsen, G., Schlünssen, V., Schaumburg, I., & Sigsgaard, T. (2009). Increased incidence of respiratory symptoms among female woodworkers exposed to dry wood. *European Respiratory Journal*, 33(6): 1268–1276.

<https://doi.org/10.1183/09031936.00048208>

Kementerian Kehutanan. (2013). Peraturan Direktur Jenderal Bina Usaha Kehutanan Nomor P.5/VI-BPPHH/2013.

Ma'rufi, I. (2017). Efek pajanan debu kayu terhadap gangguan faal paru. *Media Pharmaceutica Indonesiana (MPI)*, 1(1). <https://doi.org/10.24123/mpi.v1i1.53>

Miftasari, A. I. (2012). Hubungan antara kadar debu dan pemakaian masker dengan kapasitas vital paru pada pekerja bagian pengamplasan ud. Putra kusuma jati di kelurahan jepon kabupaten blora tahun 2011. Skripsi. Semarang : Universitas Negeri Semarang

Mohan, M., Aprajita, & Kant Panwar, N. (2013). Effect of wood dust on respiratory health status of carpenters. *Journal of Clinical and Diagnostic Research*, 7(8): 1589–1591. <https://doi.org/10.7860/JCDR/2013/5568.3231>

Nafisa, S., Joko, T., & Setiani, O. (2016). Hubungan paparan debu kayu di lingkungan kerja terhadap gangguan fungsi paru pada pekerja di pt. Arumbai kasembadan, banyumas. *Jurnal kesehatan masyarakat*, 4(5).

Neghab, M., Jabari, Z., & Kargar Shouroki, F. (2018). Functional disorders of the lung and symptoms of respiratory disease associated with occupational inhalation exposure to wood dust in Iran. *Epidemiology and Health*, 40. <https://doi.org/10.4178/epih.e2018031>

Purba, A. C. S., Adiputra, L. M. I. S. H., & Muliarta, I. M. (2019). Gambaran fungsi paru pengrajin kayu di Desa Petulu Gianyar, Bali-Indonesia. *Intisari Sains Medis*, 10(3): 702–706. <https://doi.org/10.15562/ism.v10i3.464>

Ricco, M. (2015). Lung fibrosis and exposure to wood dusts: Two cases report and review of the literature. *Medycyna Pracy*, 66(5): 739–747. <https://doi.org/10.13075/mp.5893.00140>

Rismandha, R., Disrinima, A. M., & Dewi, T. U. (2017). Analisis pengaruh faktor-faktor risiko gangguan fungsi paru pada pekerja area produksi industri kayu. *Seminar Nasional K3 PPNS 2017*, 1(1): 199–204. ISSN No. 2581 – 1770

Schlünssen, V., Jacobsen, G., Erlandsen, M., Mikkelsen, A. B., Schaumburg, I., & Sigsgaard, T. (2008). Determinants of wood dust exposure in the Danish furniture industry - Results from two cross-sectional studies 6 years apart. *Annals of Occupational Hygiene*, 52(4): 227–238. <https://doi.org/10.1093/annhyg/men012>

Sholikhah, A. M., & Sudarmaji, S. (2018). Hubungan karakteristik pekerja dan kadar debu total dengan keluhan pernapasan pada pekerja industri kayu x di kabupaten lumajang. *Perspektif Jurnal Kesehatan Lingkungan*, 1(1): 1–12.