



---

**META-ANALISIS PENGARUH DEBU TERHADAP GANGGUAN FUNGSI PARU DI LINGKUNGAN KERJA**

**Sri Iswahyuni\*, Ahmad Syauqi Mubarak, Joko Tri Atmojo, Rina Tri Handayani, Sri Sayekti Heni Sunaryanti**

Sekolah Tinggi Ilmu Kesehatan Mamba'ul 'Ulum Surakarta, Jl. Ring Road No.Km 03, Mojosongo, Jebres, Surakarta, Jawa Tengah 57127, Indonesia

\*[iswahyunisri@yahoo.co.id](mailto:iswahyunisri@yahoo.co.id)

**ABSTRAK**

Paparan debu mineral diketahui menyebabkan perubahan karakteristik pada mekanisme pernapasan dan volume paru-paru dalam pola yang terbatas. Gangguan fungsi paru akibat paparan partikel debu dapat bersifat restriktif, obstruktif, atau kombinasi keduanya. Penelitian ini bertujuan untuk mengestimasi pengaruh debu terhadap gangguan fungsi paru di lingkungan kerja. Penelitian ini merupakan penelitian *systematic review* dan meta-analisis. Pencarian artikel dilakukan berdasarkan kriteria kelayakan Model PICO meliputi: P Masyarakat di lingkungan kerja; I= Paparan debu; C= Tidak terpapar debu; O= Gangguan fungsi paru. Artikel yang digunakan berasal dari 3 *database*, yaitu: *PubMed*, *Google Scholar*, dan *Science Direct*. Kata kunci yang digunakan antara lain “*dust*” AND “*impaired lung function*” AND “*work environment*” AND “*cross section study*”. Kriteria inklusi dalam penelitian ini meliputi artikel *fulltext* dengan desain studi *cross-sectional*, ukuran hubungan yang digunakan adalah *adjusted Odds Ratio* (aOR), artikel diterbitkan dalam rentang 2020-2021, dan *outcome* adalah gangguan fungsi paru. Artikel dianalisis menggunakan diagram PRISMA dan aplikasi Review Manager 5.3. Hasil penelusuran 6 artikel dalam penelitian yang berasal dari 1 benua Eropa (Kanada) dan 5 benua Asia (Indonesia, Korea Selatan, China) menunjukkan bahwa terpapar debu di lingkungan kerja meningkatkan kemungkinan terjadinya gangguan pada fungsi paru pada masyarakat di lingkungan kerja. Masyarakat di lingkungan kerja terpapar debu meningkatkan kemungkinan terjadinya gangguan pada fungsi paru sebesar 2.09 kali dibandingkan dengan masyarakat di lingkungan kerja yang tidak terpapar debu (aOR= 2.09; CI 95%= 1.40 hingga 3.14; p< 0.004), dan hasilnya signifikan secara statistik. Meta-analisis dari 6 studi *cross-sectional* menyimpulkan bahwa terpapar debu di lingkungan kerja meningkatkan kemungkinan terjadinya gangguan pada fungsi paru pada masyarakat di lingkungan kerja.

Kata kunci: debu; gangguan fungsi paru; lingkungan kerja

**META-ANALYSIS OF THE EFFECT OF DUST ON LUNG FUNCTION DISORDERS IN THE WORKPLACE ENVIRONMENT**

**ABSTRACT**

*Exposure to mineral dust is known to cause characteristic changes in respiratory mechanisms and lung volumes in a limited pattern. Lung function disorders due to exposure to dust particles can be restrictive, obstructive, or a combination of both. This study aims to estimate the effect of dust on lung function disorders in the work environment. This study is a systematic review and meta-analysis study. The search for articles was carried out based on the PICO Model eligibility criteria including: P Community in the work environment; I = Dust exposure; C = Not exposed to dust; O = Lung function disorders. The articles used came from 3 databases, namely: PubMed, Google Scholar, and Science Direct. The keywords used include "dust" AND "impaired lung function" AND "work environment" AND "cross section study". The inclusion criteria in this study include full-text articles with a cross-sectional study design, the measure of the relationship used is the adjusted Odds Ratio (aOR), articles published in the range 2020-2021, and the outcome is lung function disorders. Articles were analyzed using the PRISMA diagram and the Review Manager 5.3 application. The results of searching 6 articles in research originating from 1 European continent (Canada) and 5 Asian continents (Indonesia, South Korea,*

China) showed that exposure to dust in the work environment increases the likelihood of lung function disorders in people in the work environment. People in the work environment exposed to dust increase the likelihood of lung function disorders by 2.09 times compared to people in the work environment who are not exposed to dust (aOR = 2.09; 95% CI = 1.40 to 3.14;  $p < 0.004$ ), and the results are statistically significant. Meta-analysis of 6 cross-sectional studies concluded that exposure to dust in the work environment increases the likelihood of lung function disorders in people in the work environment.

*Keywords:* dust; lung function disorders; work environment

## **PENDAHULUAN**

Lingkungan kerja yang dipenuhi debu, uap, dan gas lainnya juga dapat mempengaruhi produktivitas pekerja. Oleh karena itu, perhatian khusus diberikan pada perlindungan keterampilan, keselamatan dan kesehatan di tempat kerja. Manajemen lingkungan kerja yang tepat mendukung retensi pekerjaan dan meningkatkan kesehatan karyawan (Pramesti & Sutiari, 2021). Debu seperti debu kapas dapat mengurangi kenyamanan kerja, mempengaruhi fungsi paru-paru, dan menyebabkan gangguan penglihatan. Menghirup debu dalam jangka panjang dapat menyebabkan kerusakan paru-paru dan fibrosis. Saat Anda menahan napas, paru-paru menjadi kurang elastis dan alveoli menjadi lebih kaku, sehingga mengurangi kemampuannya mengikat oksigen (Ge et al., 2020). Beberapa penelitian menunjukkan bahwa kejadian penyakit pernafasan semakin meningkat di negara-negara berkembang. Dengan pesatnya industrialisasi di negara-negara berkembang, penyakit paru-paru yang disebabkan oleh debu kapas telah menjadi masalah kesehatan global. Fibrosis paru dapat mengurangi kapasitas paru-paru dan penyerapan oksigen (Wijaya et al., 2019). Hal ini menyebabkan rusaknya bagian-bagian yang membutuhkan oksigen sehingga membuat sel-sel tubuh menjadi tidak sehat sehingga mempengaruhi kinerja dan menurunkan kapasitas kerja (Sunaryo & Rhomadhoni, 2021).

Disfungsi paru akibat paparan partikel debu dapat bersifat restriktif, obstruktif, atau kombinasi keduanya. Restriktif, yaitu penyempitan saluran paru-paru oleh alergen seperti debu, spora, dan jamur yang menyumbat saluran napas dan merusak jaringan paru-paru; Istilah ini mengacu pada kombinasi penyakit saluran napas obstruktif dan restriktif (keduanya). Gejalanya meliputi batuk kering, produksi dahak, sesak napas, dan kelelahan umum (Setyaningsih et al., 2023). Paparan debu mineral diketahui menyebabkan perubahan karakteristik pada mekanisme pernapasan dan volume paru-paru dalam pola yang terbatas. Di sisi lain, paparan debu organik dapat menyebabkan asma dengan pola pergerakan obstruktif yang mungkin bersifat reversible (Mediyati et al., 2023). Menurut Organisasi Buruh Internasional (ILO), kerusakan paru-paru di mana debu menumpuk di paru-paru dan menyebabkan jaringan bereaksi terhadap debu disebut pneumokoniosis, dan gejalanya meliputi batuk terus-menerus, produksi dahak, kelelahan, dan sesak napas disertai mengi (Winarti et al., 2022). Berdasarkan latar belakang di atas dan beberapa temuan penelitian sebelumnya yang serupa tentang paparan debu yang menyebabkan gangguan fungsi paru. Maka peneliti tertarik melakukan sebuah penelitian dengan menggunakan *systematic review* dan *meta-analysis* yang dapat merangkum beberapa hasil studi primer atau penelitian terdahulu dengan pencarian yang sistematis untuk menggabungkan hasilnya dan mendapatkan perkiraan yang lebih tepat untuk ditarik kesimpulan baru. Penelitian ini bertujuan untuk mengestimasi pengaruh debu terhadap gangguan fungsi paru di lingkungan kerja.

## **METODE**

Penelitian ini merupakan penelitian *systematic review* dan *meta-analysis* dengan menggunakan diagram PRISMA. Pencarian artikel dilakukan berdasarkan kriteria kelayakan Model PICO. P Masyarakat di lingkungan kerja; I= Paparan debu; C= Tidak terpapar debu; O= Gangguan

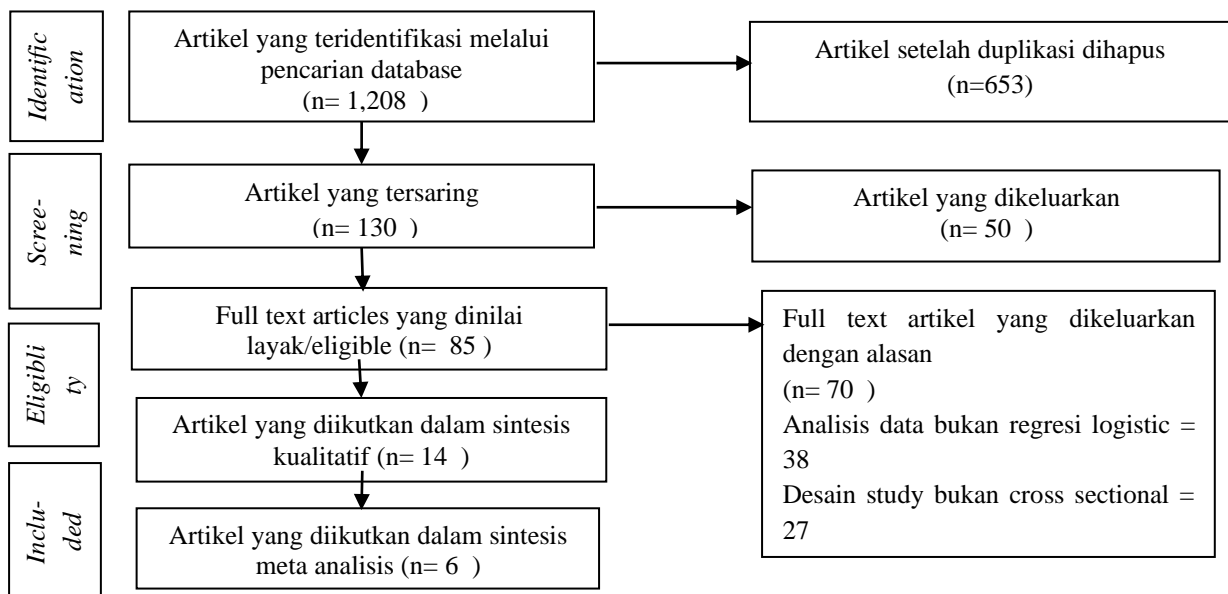
fungsi paru. Artikel yang digunakan berasal dari 3 database, yaitu: *PubMed*, *Google Scholar*, dan *ScienceDirect*. Dengan kata kunci antara lain “*dust*” AND “*impaired lung function*” AND “*work environment*” AND “*cross section study*”.

Meta analisis dilakukan dengan 5 langkah sebagai berikut: 1)Merumuskan pertanyaan penelitian format PICO (*Population, Intervention, Comparison, dan Outcome*). 2)Mencari artikel studi primer dari berbagai data base elektronik maupun non elektronik seperti *PubMed, Science Direct, Google Scholar*. 3)Melakukan penyaringan menentukan kriteria inklusi eksklusi dan melakukan penilaian kritis. 4)Mengekstrasi data hasil studi primer dan mensintesis estimasi efek dengan menggunakan aplikasi revman. 5)Menafsirkan hasil dan menarik kesimpulan.

Kriteria Inklusi: artikel full paper dengan studi *cross-sectional*, subjek penelitian adalah masyarakat di lingkungan kerja, ukuran hubungan yang digunakan adalah *adjusted Odds Ratio* (aOR), *outcome* penelitian adalah gangguan fungsi paru. Kriteria eksklusi: hasil statistik yang dilaporkan dalam bentuk analisis bivariat, artikel yang dipublikasikan dengan bahasa selain bahasa Inggris. Definisi Operasional Variabel antara lain: 1)Paparan Debu adalah dapat mengurangi kenyamanan kerja, mempengaruhi fungsi paru-paru, dan menyebabkan gangguan penglihatan. 2)Gangguan Fungsi Paru adalah paparan partikel debu dapat bersifat restriktif, obstruktif, atau kombinasi keduanya. 3)Masyarakat di Lingkungan Kerja yang dipenuhi debu, uap, dan gas lainnya juga dapat mempengaruhi produktivitas pekerja.

Penilaian kualitas dalam penelitian ini menggunakan daftar periksa penilaian kritis dari *Cross Sectional Study Checklist* yang diterbitkan oleh CEBM. Artikel dalam penelitian ini dikumpulkan sesuai dengan alur diagram PRISMA dan dianalisis menggunakan aplikasi Review Manager 5.3. Analisis dilakukan dengan menghitung besar efek dan nilai konsistensi heterogenitas ( $I^2$ ) dari hasil penelitian yang dipilih.

## HASIL



Gambar 1. PRISMA Flow Diagram penelitian pengaruh debu terhadap gangguan fungsi paru di lingkungan kerja

Pencarian artikel dalam penelitian ini melalui database yang meliputi *PubMed*, *Google Scholar*, dan *Science Direct*. Dengan kata kunci antara lain: “*dust*” AND “*impaired lung function*” AND “*work environment*,”. Proses review artikel terkait dapat dilihat dalam PRISMA flow diagram pada Gambar 1. Penelitian terkait pengaruh debu terhadap gangguan fungsi paru di lingkungan kerja terdiri dari 6 artikel dari proses pencarian awal memberikan hasil 1,208 artikel, setelah proses penghapusan artikel yang terpublikasi didapatkan 130 artikel dengan 85 diantaranya memenuhi syarat untuk selanjutnya dilakukan review *full text* sebanyak 6 artikel yang memenuhi penilaian kualitas dimasukkan dalam sintesis kuantitatif menggunakan meta analisis. Dapat dilihat pada Gambar 2 bahwa artikel penelitian yang berasal dari 1 benua Eropa (Kanada) dan 5 benua Asia (Indonesia, Korea Selatan, China).



Gambar 2. Peta wilayah penelitian pengaruh debu terhadap gangguan fungsi paru di lingkungan kerja

Tabel 1.

Hasil Penilaian Kualitas Studi Kasus-Kontrol pengaruh debu terhadap gangguan fungsi paru di lingkungan kerja

Penulis (Tahun)	Kriteria Pertanyaan												Total	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		
Ge et al 2020	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	24
Suraya et al 2021	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	24
Huh et al 2021	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	24
Suraya et al 2020	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	2	2	23
Amerta et al 2020	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	24
Fan et al 2020	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	24

Keterangan skor jawaban:

0 = Tidak

1 = Ragu-Ragu

2 = Ya

Keterangan kriteria pertanyaan:

1. Apakah tujuan ini membahas dengan jelas fokus/masalah penelitian?
2. Apakah metode penelitian *cross-sectional* cocok untuk menjawab pertanyaan penelitian?
3. Apakah metode pemilihan subjek penelitian ditulis dengan jelas?
4. Apakah cara pengambilan sampel tidak memunculkan bias (seleksi)?
5. Apakah sampel penelitian yang diambil merepresentasikan populasi yang ditunjuk?
6. Apakah ukuran sampel didasarkan pada pertimbangan pra-studi?
7. Apakah respon yang memuaskan tercapai?
8. Apakah instrumen penelitian pemeriksaan valid dan dapat diandalkan?
9. Apakah signifikansi statistik dinilai?

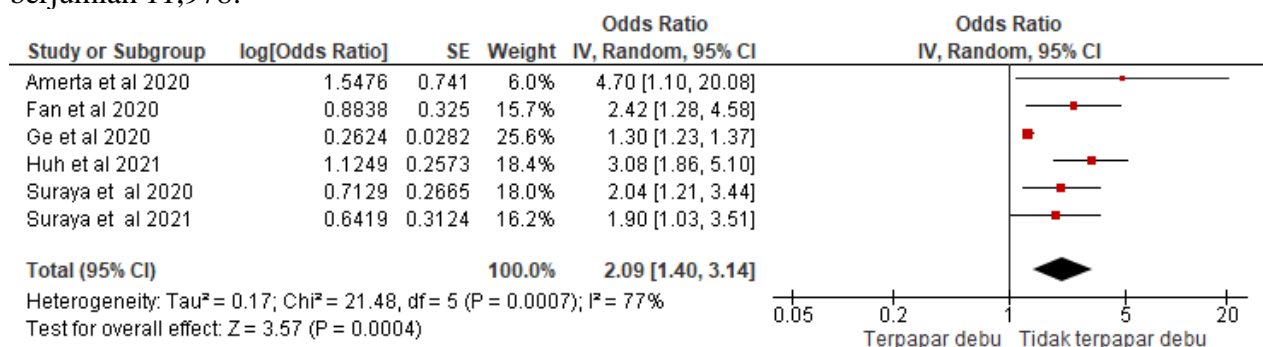
10. Apakah interval kepercayaan diberikan untuk hasil utama?
11. Apakah faktor perancu (jenis kelamin dan usia) sudah diperhitungkan?
12. Apakah hasilnya dapat diterapkan pada penelitian anda?

Setelah menilai kualitas penelitian didapatkan sejumlah 6 artikel dengan desain studi cross sectional yang akan digunakan sebagai sumber meta-analisis pengaruh debu terhadap gangguan fungsi paru di lingkungan kerja. Artikel tersebut kemudian di ekstrasi dan diringkas sesuai dengan PICO penelitian.

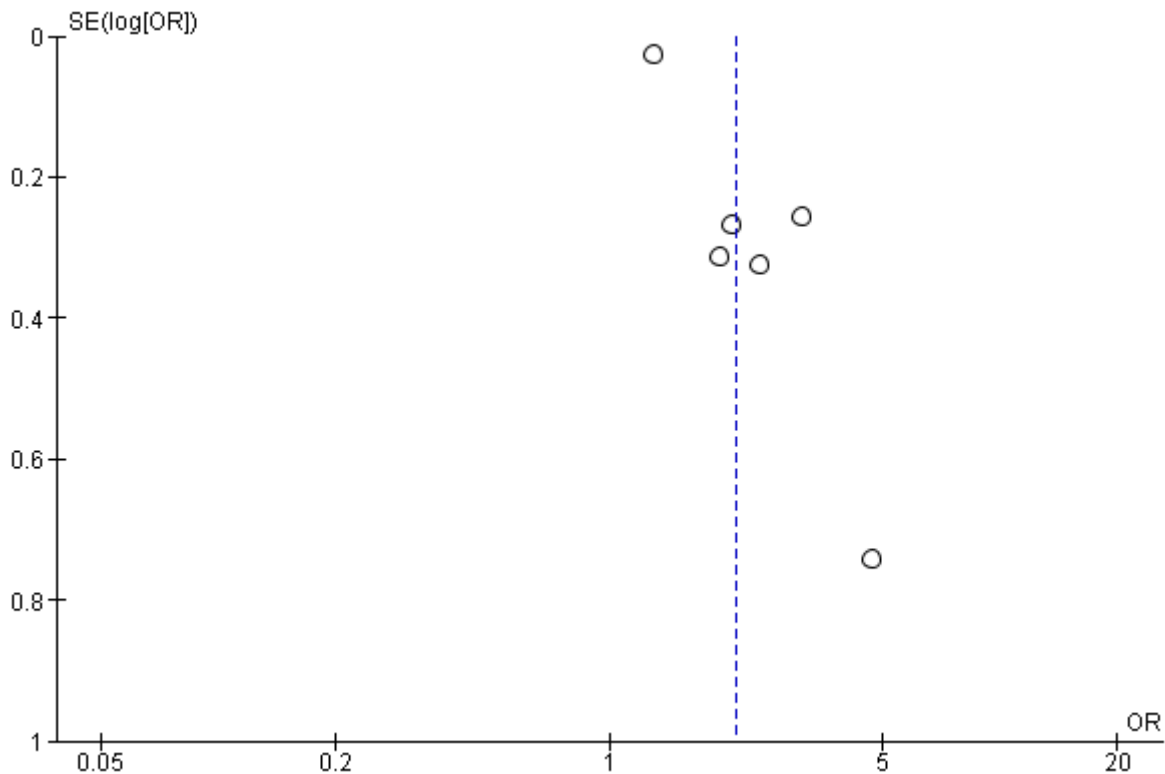
Tabel 2.  
Deskripsi studi primer paparan debu yang dimasukkan dalam meta-analisis

Penulis (Tahun)	Negara	Sampel	P	I	C	O
Ge et al 2020	Kanada	11,978	Pekerja konstruksi, tukangbatu	Terpapar debu silika	Tidak terpapar debu silika	Gangguan fungsi paru
Suraya et al 2021	Indonesia	340	Pekerja konstruksi	Terpapar debu silika, asbes, welding fume	Tidak terpapar debu silika	Gangguan fungsi paru
Huh et al 2021	Korea Selatan	179	Pekerja pertambangan, industri dan bongkar muat	Terpapar debuasbes	Tidak terpapar debu asbes	Gangguan fungsi paru
Suraya et al 2020	Indonesia	336	Pekerja konstruksi dan manufaktur	Terpapar debu asbes	Tidak terpapar debu asbes	Gangguan fungsi paru
Amerta et al 2020	Indonesia	34	Pekerja pengerajin batu	Terpapar debu batu	Tidak terpapar debu batu	Gangguan fungsi paru
Fan et al 2020	China	758	Pekerja manufaktur	Terpapar debu silika	Tidak terpapar debu silika	Gangguan fungsi paru

Berdasarkan Tabel 2 gambaran penelitian primer tentang pengaruh debu terhadap gangguan fungsi paru di lingkungan kerja yang dilakukan meta-analisis sejumlah 6 artikel dengan lokasi penelitian yang bervariasi, yakni dari negara Kanada, Indonesia, Korea Selatan, dan China. Ditemukan persamaan dalam penelitian tersebut yaitu desain penelitian cross sectional, subjek penelitian yaitu masyarakat di lingkungan kerja, intervensi yang terpapar debu. Dalam penelitian ini juga terdapat perbedaan jumlah sampel, paling kecil berjumlah 34, dan terbanyak berjumlah 11,978.



Gambar 3. Forest plot pengaruh debu terhadap gangguan fungsi paru di lingkungan kerja



Gambar 4. *Funnel plot* pengaruh debu terhadap gangguan fungsi paru di lingkungan kerja

*Fores plot* Gambar 3. menunjukkan bahwa terpapar debu di lingkungan kerja meningkatkan kemungkinan terjadinya gangguan pada fungsi paru pada masyarakat di lingkungan kerja. Masyarakat di lingkungan kerja terpapar debu meningkatkan kemungkinan terjadinya gangguan pada fungsi paru sebesar 2.09 kali dibandingkan dengan masyarakat di lingkungan kerja yang tidak terpapar debu (aOR= 2.09; CI 95%= 1.40 hingga 3.14;  $p < 0.004$ ), dan hasilnya signifikan secara statistik. *Funnel plot* pada Gambar 4. Menunjukkan sebaran estimasi efek antar studi yang tidak seimbang di sebelah kanan dan kiri garis vertikal rata-rata estimasi. Gambar diatas menunjukkan adanya bias publikasi (*overestimate*). Plot sebelah kiri berjumlah 2 plot dengan *standar error* antara 0 dan 0.3, plot sebelah kanan berjumlah 3 plot dengan *standard error* antara 0 dan 0.7, serta 1 plot berada pada garis vertikal.

## PEMBAHASAN

Gangguan fungsi paru menjadi salah satu kondisi kerja yang paling umum dan terjadi di berbagai masyarakat di lingkungan kerja. Sebanyak 6 artikel penelitian observasional kasus-kontrol yang berasal dari benua Eropa, dan benua Asia menunjukkan bahwa terpapar debu di lingkungan kerja meningkatkan kemungkinan terjadinya gangguan pada fungsi paru pada masyarakat di lingkungan kerja. Masyarakat di lingkungan kerja terpapar debu meningkatkan kemungkinan terjadinya gangguan pada fungsi paru sebesar 2.09 kali dibandingkan dengan masyarakat di lingkungan kerja yang tidak terpapar debu (aOR= 2.09; CI 95%= 1.40 hingga 3.14;  $p < 0.004$ ), dan hasilnya signifikan secara statistik. Heterogenitas data penelitian menunjukkan  $I^2 = 77\%$  sehingga penyebaran data dinyatakan heterogeny (*random effect model*).

Debu serbuk gergaji organik dapat menyebabkan penyakit paru obstruktif pada pekerja yang terpapar debu tersebut. Penelitian menunjukkan bahwa salah satu faktor yang berkontribusi terhadap penyakit paru obstruktif akibat kerja adalah tingginya tingkat debu di tempat kerja

dan lamanya paparan (Armiyanti, 2020). Debu kayu berukuran kurang dari 10 mikrometer dan dapat terhirup oleh manusia. Partikel debu yang masuk ke paru-paru membentuk fokus dan menumpuk di awal pembuluh limfatik paru. Debu ini difagositosis oleh makrofag baru. Pembentukan dan penghancuran makrofag secara terus menerus memainkan peran penting dalam pembentukan jaringan ikat kolagen dan pengendapan hialin di dalam jaringan ikat. Fibrosis ini terjadi pada parenkim paru, dinding alveoli, dan jaringan ikat antar usus (Rachma et al., 2018).

Fibrosis paru mengakibatkan penurunan elastisitas jaringan paru (pengkakuan jaringan paru), sehingga menyebabkan masalah pada perluasan paru. Ketika kekakuan alveolus mencapai 10%, terjadi inflasi paru akibat penurunan elastisitas paru. Kapasitas vital paru-paru berkurang, yang dapat menyebabkan berkurangnya pengiriman oksigen ke otak, jaringan jantung, dan bagian tubuh lainnya (Subarkah et al., 2018). Penelitian ini sejalan dengan penelitian Apriyana Irjayanti pada tahun 2012 dalam rachma pada tahun 2018 terhadap 40 pekerja mebel kayu di Kota Jayapura. Ada hubungan antara kadar debu terhirup (respirable) dengan kapasitas vital paksa paru pada pekerja mebel kayu di Kota Jayapura dengan  $p$  value=0,050 (Rachma et al., 2018). Penyakit paru kerja adalah penyakit atau kerusakan pada paru yang disebabkan oleh debu, asap, gas berbahaya yang terhisap oleh para pekerja di tempat kerja mereka. Berbagai penyakit paru kerja dapat terjadi akibat paparan zat, seperti debu serta gas yang timbul pada proses industrialisasi. Pekerja yang berhubungan dengan zat tersebut dapat menderita kanker paru setelah paparan yang lama, yaitu antara 15 sampai 25 tahun (Yang et al., 2020).

Gangguan kapasitas fungsi paru-paru ( $p=0,04$ ) dan pada variabel paparan debu, tidak terdapat perbedaan proporsi gangguan kapasitas fungsi paru-paru pada kelompok responden berisiko dan tidak berisiko ( $p=0,007$ ) (Pramesti & Sutiari, 2021). Gangguan fungsi paru diperoleh nilai signifikansi ( $p = 0,020$ ) yang artinya  $p < 0,05$  sehingga ada hubungan antara kadar debu total dengan terjadinya gangguan fungsi paru. Selain itu diperoleh nilai  $RP = 2,280$  (95%  $CI = 1,078-4,821$ ). Berdasarkan nilai  $RP$  menunjukkan bahwa pedagang kaki lima yang terpapar debu di atas NAB berisiko 2,2 kali lebih besar untuk mengalami gangguan fungsi paru dibandingkan pedagang kaki lima yang terpapar debu di bawah NAB (Luluk Fatimah et al., 2018).

## SIMPULAN

Para peneliti telah mengidentifikasi paparan debu di lingkungan kerja meningkatkan tingkat terjadinya gangguan fungsi pada paru. Meta-analisis dari 6 studi *cross-sectional* menyimpulkan bahwa terpapar debu di lingkungan kerja meningkatkan kemungkinan terjadinya gangguan pada fungsi paru pada masyarakat di lingkungan kerja.

## DAFTAR PUSTAKA

- Armiyanti, M. S. (2020). Dampak Debu Organik Serbuk Kayu Terhadap Penyakit Paru Obstruktif Akibat Kerja. *Jurnal Ilmiah Kesehatan Sandi Husada*, 12(2), 713–718. <https://doi.org/10.35816/jiskh.v12i2.390>
- Ge, C., Peters, S., Olsson, A., Portengen, L., Schüz, J., Almansa, J., Behrens, T., Pesch, B., Kendzia, B., Ahrens, W., Bencko, V., Benhamou, S., Boffetta, P., Bueno-De-Mesquita, B., Caporaso, N., Consonni, D., Demers, P., Fabiánová, E., Fernández-Tardón, G., ... Vermeulen, R. (2020). Respirable crystalline silica exposure, smoking, and lung cancer subtype risks a pooled analysis of case-control studies. *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine*, 202(3), 412–421. <https://doi.org/10.1164/rccm.201910->

19260C

- Luluk Fatimah, C., Hanani Darundiati, Y., Joko Bagian Kesehatan Lingkungan, T., & Kesehatan Masyarakat, F. (2018). Hubungan Kadar Debu Total Dan Masa Kerja Dengan Gangguan Fungsi Paru Pada Pedagang Kaki Lima Di Jalan Brigjen Sudiarto Kota Semarang. *Jurnal Kesehatan Masyarakat*, 6(6), 2356–3346. <http://ejournal3.undip.ac.id/index.php/jkm>
- Medyati, N., Irjayanti, A., & Isnaini, L. (2023). Faktor yang Berhubungan dengan Gejala Subjektif Gangguan Pernapasan pada Pekerja Industri Mebel di Distrik Abepura. *Jurnal Kesehatan Lingkungan Indonesia*, 22(2), 152–159. <https://doi.org/10.14710/jkli.22.2.152-159>
- Pramesti, I. G. A. A. V., & Sutiari, N. K. (2021). Determinan Gangguan Kapasitas Fungsi Paru-Paru Pada Perajin Batu Bata Merah Di Kabupaten Badung. *Archive of Community Health*, 8(1), 16. <https://doi.org/10.24843/ach.2021.v08.i01.p02>
- Rachma, A. N., Mursid, R., & Budiyono. (2018). Hubungan Kadar Debu Terhirup Dengan Gangguan Fungsi Paru Pada Pekerja Industri Mebel Pt Marleny Jepara. *Jurnal Kesehatan Masyarakat (e-Journal)*, 6(6), 259–268. <https://ejournal3.undip.ac.id/index.php/jkm/article/view/22185>
- Setyaningsih, Y., Wahyuni, I., Wahyuni, I., Wahyuni, I., Kurniawan, B., Kurniawan, B., Ekawati, E., Ekawati, E., Kurniawan, B., & Ekawati, E. (2023). Kadar Debu Lingkungan Kerja dan Kapasitas Kerja sebagai Determinan Penurunan Kapasitas Fungsi Paru. *Jurnal Kesehatan Lingkungan Indonesia*, 22(2), 214–220. <https://doi.org/10.14710/jkli.22.2.214-220>
- Subarkah, M., Triyantoro, B., & Khomsatun, K. (2018). Hubungan Paparan Debu Dan Masa Kerja Dengan Keluhan Pernafasan Pada Tenaga Kerja Cv. Jiyo'G Konveksi Desa Notog Kecamatan Patikraja Kabupaten Banyumas Tahun 2017. *Buletin Keslingmas*, 37(3), 270–282. <https://doi.org/10.31983/keslingmas.v37i3.3874>
- Sunaryo, M., & Rhomadhoni, M. N. (2021). Analisis Kadar Debu Respirabel Terhadap Keluhan Kesehatan Pada Pekerja. *Jurnal Kesmas (Kesehatan Masyarakat) Khatulistiwa*, 8(2), 63. <https://doi.org/10.29406/jkmm.v8i2.2480>
- Wijaya, I. P. E. K., Rai, I. B. N., & Andrika, I. P. (2019). Hubungan antara Paparan Debu Silika dengan Transforming Growth Factor-β1 Serum pada Pekerja Industri Pengolahan Batu. *Jurnal Penyakit Dalam Indonesia*, 6(2), 64. <https://doi.org/10.7454/jpdi.v6i2.311>
- Winarti, W., Surialaga, S., & Yuniarti. (2022). Scoping Review: Efek Debu terhadap Fungsi Paru pada Penambang Batubara. *Bandung Conference Series: Medical Science*, 2(1), 236–244. <https://doi.org/10.29313/bcsms.v2i1.626>
- Yang, J., Kim, E. K., Park, H. J., McDowell, A., & Kim, Y. K. (2020). The impact of bacteria-derived ultrafine dust particles on pulmonary diseases. *Experimental and Molecular Medicine*, 52(3), 338–347. <https://doi.org/10.1038/s12276-019-0367-3>