https://ejournal.polsub.ac.id/index.php/j-mame
Jurusan Teknik Mesin
Politeknik Negeri Subang

J-MAME
Journal of Maintenance and Mechanical Engineerint

TINJAUAN LITERATUR RISIKO KESEHATAN DAN KESELAMATAN KERJA AKIBAT PAPARAN DEBU ASBES DI LINGKUNGAN KERJA

Fathan Syafiq Nahbani[1)], Ikhram Ramadhan[1)*], Muhammad Taufik Hidayat[1)], Rico Alfathnuari Sugianto[1)], Sahrul Ripandika Ramadani[1)], Ayesha Gilang Prahara[1)]

[1)]Program Studi Teknologi Rekayasa Manufaktur, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Subang. Blok Kaleng Banteng Desa Cibogo, Kec. Cibogo, Kabupaten Subang, Jawa Barat 41285, Indonesia

[*]email korespondensi: ikhram350@gmail.com

INFORMASI ARTIKEL

Received:
16/11/26

Received in revised:
19/11/26

Accepted:
21/11/26

Online-Published:
22/11/26

ABSTRAK

Asbes masih menjadi bahaya keselamatan dan kesehatan kerja ketika material yang mengandung asbes mengalami kerusakan atau gangguan yang menyebabkan pelepasan serat respirabel ke udara. Tinjauan literatur ini bertujuan mengidentifikasi sumber dan jalur paparan asbes di lingkungan kerja, dampak kesehatan yang ditimbulkan, serta upaya pengendalian kesehatan dan keselamatan kerja. Literatur ilmiah tahun 2021–2026 dianalisis melalui sitesis naratif dengan mempertimbangkan kelompok pekerja, kondisi paparan, luaran kesehatan, dan bentuk pengendalian. Hasil tinjauan menunjukkan bahwa paparan asbes masih berpotensi terjadi, terutama pada sektor konstruksi, pertambangan, pemeliharaan, renovasi, dan pembongkaran material yang mengandung asbes. Serat asbes yang terhirup dapat tertahan di paru dan memicu peradangan kronis serta kerusakan sel. Paparan asbes di tempat kerja masih ditemukan, terutama pada sektor konstruksi dan aktivitas yang mengganggu material mengandung asbes. Paparan akibat pekerjaan juga dikaitkan dengan peningkatan risiko mesotelioma dan kanker paru, serta asbestosis, fibrosis paru, dan penyakit paru obstruktif kronis. Selain itu, tingkat paparan kumulatif berperan dalam terjadinya gangguan pleuropulmoner jangka panjang. Oleh karena itu, pengendalian K3 perlu dilakukan melalui identifikasi material, pengendalian pelepasan serat, penerapan prosedur kerja aman, dekontaminasi, penggunaan perlindungan pernapasan yang sesuai, pencatatan riwayat paparan, dan pemantauan kesehatan pekerja secara berkala.

***Kata Kunci** : Asbes, paparan, Keselamatan dan Kesehatan Kerja, Risiko Kesehatan, Pengendalian K3*

ABSTRACT

Asbestos Asbestos remains an occupational health and safety hazard when asbestos-containing materials are damaged or disturbed, resulting in the release of respirable fibers into workplace air. This literature review aims to identify the sources and pathways of asbestos exposure in the workplace, associated health effects, and occupational health and safety control measures. Scientific literature published from 2021–2026 was analyzed using narrative synthesis, considering worker groups, exposure conditions, health outcomes, and control measures. The review findings indicate that the potential for asbestos exposure still exists, particularly in the construction, mining, maintenance, and renovation sectors, as well as during the demolition of materials containing asbestos. Inhaled asbestos fibers can remain in the lungs and contribute to chronic inflammation and cellular damage. Workplace asbestos exposure is still reported, particularly in the construction sector and activities involving the disturbance of asbestos-containing materials. Occupational exposure has also been associated with an increased risk of mesothelioma and lung cancer, as well as asbestosis, pulmonary fibrosis, and chronic obstructive pulmonary disease. Furthermore, cumulative exposure levels play an important role in long-term pleuropulmonary disorders. Therefore, occupational health and safety controls should include material identification, control of fiber release, safe work procedures, decontamination, appropriate respiratory protection, exposure history recording, and regular long-term health monitoring.

***Keywords**: Asbestos, Asbestos Exposure, Occupational Health and Safety, Health Risks, Occupational Safety Controls*

1. PENDAHULUAN

Asbes merupakan mineral berbentuk serat yang masih menjadi salah satu sumber bahaya di lingkungan kerja, terutama ketika material yang mengandung asbes mengalami kerusakan atau harus melalui proses pemotongan, pengeboran, pembongkaran, maupun pemeliharaan. Aktivitas tersebut dapat menyebabkan serat asbes berukuran mikroskopis terlepas ke udara sehingga berpotensi terhirup, khususnya oleh pekerja yang berada di sekitarnya. Pada kondisi saat ini, paparan asbes banyak ditemukan pada kegiatan kontruksi, pemeliharaan bangunan, dan perbaikan. Paparan pada sektor kontruksi dan pemeliharaan bangunan masih menjadi perhatian dalam upaya pengendaliian penyakit akibat asbes (Arrandale et al., 2024).

Pekerja yang terlibat secara langsung maupun pekerja yang berada di sekitar sangat berpotensi terkena bahaya seacara langsung. Serat asbes yang masuk kedalam tubuh, akan merusak saluran pernafasan karena serat yang berbentuk mikroskopis akan susah dilihat secara kasat mata. Kondisi kerja dengan ventilasi yang kurang baik, aktifitas yang menghasilkan debu, serta penanganan material tanpa standar operasional (SOP) dapat meningkatkan potensi terkena paparan berlebih. Selain itu, serat yang tertinggal pada pada pakaian dan peralatan kerja juga dapat menyebabkan kontaminasi berpindah pada area kerja. Bukti mengenai paparan asbes dilingkungan kerja masih ditemukan pada berbagai kelompok pekerja, terutama pada sektor pertambangan dan kontruksi yang menunjukan tingkat bukti paparan yang sangat jelas (Schlünssen et al., 2023).

Bahaya asbes tidak hanya berkaitan dengan jumlah serat yang terhirup, tetapi juga dengan kemampuan serat tersebut untuk bertahan dalam jangka paru dalam waktu yang panjang. Serat yang tidak bisa dikelarkan secara sempurna oleh mekanisme pertahanan tubuh dapat menyebabkan peradangan yang berlangsung terus-menerus, meningkatkan pembentukan spesies oksigen reaktif, serta memengaruhi kestabilan sel. Perkembangan penyakit akibat paparan asbes juga berkaitan dengan jumlah dan pola paparan secara karakteristik fisikokimia dari serat yang masuk kedalam tubuh. Oleh karena itu, tingkat bahaya asbes tidak dapat dinilai hanya berdasarkan muncul atau tidaknya gejala kesehatan dalam waktu dekat setelah seseorang melakukan pekerjaan (Kuroda, 2021).

Dampak paparan asbes dapat dilihat dalam penyakit yang yanng berkembang dalam jangka panjang. Beban mesotelioma secara global menunjukan peningkatan yang cukup besar selama periode 1990–2019, yang menggambarkan adanya konsekuensi kesehatan dalam paparan asbes dalam jangka panjang (Han et al., 2022). Selain itu, pada tahun 2019 diperkirakan terdapat 26.820 kematian akibat mesotelioma di dunia akibat paparan asbes dilingkungan kerja (Chen et al., 2026). Paparan asbes akibat pekerja juga diperkirakan berkontribusi terhadap 9,4% kematian akibat kanker paru secara global pada tahun 2021 (Han et al., 2022).

Indonesia sendiri, masih mengalami kendala terkait penyakit akibat paparan asbes. Penyakit yang berhubungan dengan asbes masih relatif jarang dikenali dan didiagnosis, sedangkan potensi paparan tetap dapat terjadi pada pekerja yang melibatkan material lama yang mengndung asbes. Kondisi tersebut dapat menyebabkan data mengenai penyakit asbes menjadi terbatas sehingga gambaran mengenai beban penyakit dan risiko pekerjaan yang sebenarnya belum sepenuhnya terlihat (Dwi Lestari et al., 2023).

Pengendalian risiko kesehatan dan keselamatan kerja akibat paparan asbes perlu dilakukan secara menyeluruh mulai dari tahap identifikasi hingga pemantauan setelah pekerja selesai. Material yang diduga mengandung asbes perlu dilakukan identifikasi sebelum pekerjaan dilaksanakan agar metode kerja dan tindakan pengendalian dapat ditentukan dengan tepat. Pelepasan serat juga perlu diminimalkan sejak sumbernya, sementara area yang berpotensi terkontaminasi harus dibatasi untuk mencegah penyebaran serat kelingkungan lain. Penggunaan alat pelindung pernafasan dapat diterapkan sebagai perlindungan tambahan sesuai dengan tingkat risiko dan kondisi paparan. Selain pengendalian ditempat kerja, pencatatan riwayat paparan serta pemantauan kesehatan secara berkala dalam jangka panjang juga diperlukan untuk mendukung pencegahan dan deteksi dini penyakit akibat asbes (Arrandale et al., 2024).

Berdasarkan permasalahan tersebut, tinjauan literatur ini bertujuan untuk mengidentifikasi sumber dan jalur paparan debu asbes, menguraikan dampak kesehatan yang paling konsisten akibat paparan, serta membahas strategi pengendalian K3 yang dapat diterapkan berdasarkan hasil penelitian literatur periode tahun 2021 sampai 2026.

2. METODE

Tinjauan ini menggunakan metode tinjauan literatur dengan sitesis naratif. Literatur yang dianalisis dibatasi pada publikasi tahun 2021–2026 agar pembahasan mempresentasikan bukti ilmiah mutakhir mengenai paparan asbes dan pengendalian K3. Penelusuran dilakukan pada sumber ilmiah yang memuat artikel jurnal penelitian, tinjauan sistematis, serta tinjauan mekanistik yang berkaiatan langsung dengan asbes dan kesehatan kerja. Literatur yang digunakan dalam tinjauan ini berjumlah 11 artikel ilmiah, yang diperoleh dari beberapa penerbit dan basis data ilmiah, antara lain ScienceDirect (Elsevier), SpringerLink (Springer Nature), PubMed, Wiley Online Library, dan Taylor & Francis, sesuai dengan ketersediaan artikel yang relevan. Kata kunci yang digunakan mencakup asbes, debu asbes, paparan kerja, kanker paru, penyakit paru akibat kerja, pengendalian K3, dan alat pelindung pernapasan.

Artikel dipilih berdasarkan relvansi terhadap sedikitnya satu dari empat aspek, yaitu sumber dan kondisi paparan, mekanisme atau dampak kesehatan, bukti epidemiologis, serta pengendalian paparan di tempat kerja. Literatur yang hanya membahas asbes di luar konteks kesehatan kerja tanpa keterkaitan dengan pekerja atau pengendalian kerja tidak dijadikan dasar utama pembahasan. Setiap artikel dicatat berdasarkan tahun terbit, rancangan penelitian, karakteristik subjek, bentuk apapran, luaran kesehatan, dan implikasi K3.

Data kemudian disitesis secara tematik. Bukti epidemiologis digunakan untuk menjelaskan besarnya dan

lamanya risiko, sedangkan artikel mekanistik digunakan untuk menjelaskan proses biologis yang menghubungkan serat asbes dengan kerusakan paru dan kanker. Bukti mengenai alat pelindung dan pengendalian digunakan untuk menilai posisi perlindungan pernafasan dalam hirarki pengendalian. Sitesis ini juga memperhatikan keterbatasan bukti, terutama perbedaan rancangan penelitian dan ketidakpastian pada data paparan.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Karakteristik Debu Asbes dan Jalur Paparan

Paparan asbes pada lingkungan kerja modern banyak berhubungan dengan material mengandung asbes yang sudah terpasang dan kemudian terganggu saat renovasi, pemeliharaan, perbaikan, atau pembongkaran. Kegiatan kontruksi dan pembangunan menjadi salah satu sumber penting paparan asbes pada masa kini. Penggunaan alat dan poses mekanis yang menghasilkan debu dapat meningkatkan kemungkinan serat berukuran kecil terlepas dan tersebar di udara. Kondisi ini memiliki karakteristik yang berbeda dengan paparan pada masa lalu yang terjadi pada kegitan pertambangan dan pengolahan bahan baku, namun risiko terhadap kesehatan akibat paparan asbes tetap perlu diperhatikan (Arrandale et al., 2024).

Tabel 1. Ringkasan Literatur Utama

Sumber	Rancangan	Fokus	Temuan Utama
Kuroda (2021)	Tinjauan mekanistik	Mekanisme toksisitas	Retensi serat berkaitan dengan peradangan kronis dan kerusakan sel.
Han et al. (2022)	Analisis beban penyakit	Mesotelioma global	Beban mesotelioma meningkat secara nyata selama 1990–2019.
Schlünssen et al. (2023)	Tinjauan sistematis dan meta-analisis	Paparan kerja	Paparan asbes masih ditemukan pada pekerja, termasuk konstruksi.
Cox et al. (2023)	Tinjauan mekanistik dan epidemiologis	Hubungan paparan dan kanker	Risiko dipengaruhi tingkat paparan, pola waktu, dan sifat serat.
Lestari et al. (2023)	Tinjauan literatur	Konteks Indonesia	Penyakit terkait asbes masih kurang dikenali dan dilaporkan di Indonesia.
Xiong et al. (2024)	Tinjauan payung	Karsinogen kerja	Bukti kuat untuk peningkatan risiko mesotelioma dan kanker paru.
Chen et al. (2024)	Analisis beban global	Mesotelioma akibat paparan kerja	26.820 kematian mesotelioma pada 2019 diatribusikan pada asbes kerja.
Arrandale et al. (2024)	Kohort registri paparan	Penyakit terkait asbes	Kejadian mesotelioma, asbestosis, fibrosis paru, dan PPOK meningkat pada pekerja terpajan.
Štěpánek et al. (2025)	Tindak lanjut longitudinal	Luaran pleuropulmoner	Paparan kumulatif merupakan prediktor penting gangguan jangka panjang.
Huang et al. (2025)	Analisis beban global	Kanker paru	Paparan asbes kerja berkontribusi pada beban kanker paru global.
Chen et al. (2026)	Analisis GBD 2021	Beban kanker akibat asbes kerja	Paparan asbes kerja tetap menyumbang beban kanker yang besar pada 2021.

Penilaian paparan asbes perlu mempertimbangkan jenis pekerjaan, kondisi material, karakteristik ruang kerja, lama paparan, serta metode kerja yang digunakan. Data dari lebih 20.000 pengukuran paparan asbes di delapan negara menunjukan bahwa paparan akibat pekerjaan masih ditemukan, termasuk pada sector kontruksi, meskipun kualitas bukti pada beberapa kelompok pekerjaan masih terbatas dan bervariasi

(Schlünssen et al., 2023). Kondisi tersebut menunjukan bahwa tingkat paparan dari suatu pekerjaan tidak dapat secara langsung diterapkan pada pekerjaan lainya. Oleh karena itu, penilaian risiko perlu disesuaikan dengan kondisi dan proses yang sebenarnya.

Asbes umumnya masuk ke dalam tubuh melalui sistem pernafasan. Serat yang mencapai paru dan tidak berhasil dikeluarkan dapat berinteraksi dengan makrofag peradangan yang berlangsung dalam jangka panjang dan dapat mendukung terjadinya kerusakan sel (Kuroda, 2021). Selain paparan langsung, perpindahan serat dari area kerja ke lingkungan lain juga perlu diperhatikan, seperti melalui pakaian, alas kaki, maupun peralatan kerja. Efektivitas pengendalian dapat berkurang apabila area kerja yang terkontaminasi tidak dipisahkan dengan jelas dari area bersih.

3.2 Risiko Kesehatan dan Konsekuen Paparan

Mesotelioma merupakan luaran kesehatan paling kuat kaitanya dengan paparan asbes. Bukti yang meyakinkan mengenai peningkatan risiko mesothelioma pada paparan asbes kerja, dengan rasio risiko gabungan 4,61% (Xiong et al., 2024). Tercatat kematian akibat mesotelioma global pada tahun 2019 memperkirakan 91,7% berkaitan dengan paparan asbes kerja. Data tersebut memperlihatkan bahwa hubungan paparan dan penyakit bukan sekadar kemugkinan biologis melainkan tercermin dalam beban penyakit populasi (Huang et al., 2025).

Kanker paru juga memiliki hubungan yang konsisten dengan asbes. Diperkirakan bahwa paparan asbes kerja berkontribusi terhadap 189.397 kematian kanker paru global pada 2021, setara dengan 9,4% seluruh kematian seluruh kematian kanker paru pada tahun tersebut (Huang et al., 2025). Peningkatan risiko kanker paru pada kelompok perokok yang juga terpapar asbes, tetap perlu dilakukan pengendalian secara ketat, sedangkan pencegahan kebiasaan merokok menjadi faktor tambahan dalam kesehatan kerja (Xiong et al., 2024).

Risiko tidak berhenti pada kanker. Peningkatan kejadian *asbestos*, *fibrosis*, dan obstruktif kronis pada paru–paru terjadi pada pekerja yang memiliki riwayat paparan asbes. Pekerja dengan paparan yang dilaporkan lebih lama, yaitu sedikitnya 140 jam, memiliki angka kejadian yang lebih tinggi untuk kanker paru, mesoteliom, *asbestosis*, penyakit paru kronis, dan *fibrosis* paru (Arrandale et al., 2024). Paparan kumulatif merupakan frediktor kuat gangguan pleuropulmoner jangka panjang pada pekerja yang telah lama meninggalkan tempat kerja (Štěpánek et al., 2025).

Mekanisme biologis membantu menjelaskan mengapa masa laten penyakit dapat sangat panjang. Retensi serat asbes dalam paru meningkatkan peradangan kronis, pembentukan spesies oksigen reaktif dan kerusakan materi genetik (Kuroda, 2021). Bentuk hubunganpaparan dan kanker dipengaruhi oleh pola konsentrasi paparan serta sifat fisikokimia serat. Artinya, penilaian risiko tidak cukup hanya mencatat apakah seseorang pekerja pernah terpapar. Besarnya paparan kumulatif, jenis pekerjaan, karakter, material, dan lamanya waktu sejak paparan perlu dicatat sebagai bagian dari riwayat kerja (Cox et al., 2023).

Tabel 2. Sumber Paparan Debu Asbes dan Pengendalian K3

Kegiatan	Sumber Paparan	Risiko Utama	Pengendalian Prioritas
Pemotongan atau pengeboran	Pelepasan serat dari material	Paparan inhalasi	Kendalikan pelepasan pada sumber dan batasi area
Renovasi atau Pembongkaran	Material lama yang terganggu	Paparan serat respirable berulang	Identifikasi material, isolasi area, dan prosedur kerja terkendali
Pemeliharaan bangunan	Gangguan material terpasang	Paparan selama pekerjaan perbaikan	Penilaian risiko sebelum pekerjaan dan pengendalian sumber
Pembersihan area kerja	Residu serat dan debu	Paparan sekunder	Gunakan metode pembersih yang mencegah debu ulang
Pakaian dan peralatan	Serat terbawa dari area kerja	Kontaminasi area bersih dan rumah	Pisahkan pakaian kerja dan lakukan dekontaminasi
Penggunaan perlindungan pernafasan	Kebocoran atau pemilihan alat yang tidak sesuai	Paparan residual	Pilih alat sesuai tingkat paparan dan pastikan penggunaan benar

3.3 Implikasi Pengendalian K3

Pengendalian paparan sebaiknya dilakukan sejak sebelum material yang mengandung asbes mulai ditangani. Tahapan awal dapat dilakukan melalui identifikasi material, pemeriksaan kondisi material, pemetaan lokasi, serta penetapan prosedur kerja yang sesuai. Apabila suatu pekerjaan dapat dihindari tanpa

mengganggu fungsi bangunan, langkah tersebut dapat mengurangi kemungkinan serat asbes terlepas ke lingkungan. Namun, jika pekerjaan tetap harus dilakukan, pelepasan serat perlu diminimalkan melalui metode kerja yang tidak merusak material secara berlebihan, pembatasan area kerja, penggunaan ventilasi atau sistem penangkapan kontaminan yang sesuai, serta proses pembersihan yang tidak menyebabkan debu kembali tersebar.

Penggunaan alat pelindung pernapasan diperlukan sebagai perlindungan tambahan karena pengendalian pada sumber paparan belum tentu mampu menghilangkan seluruh risiko paparan. Efektivitas alat pelindung pernapasan juga dapat berbeda tergantung pada konsentrasi serat yang terdapat di lingkungan kerja. Selain itu, bukti mengenai efektivitas berbagai jenis alat pelindung masih terbatas karena sebagian penelitian dilakukan pada jumlah pekerja yang relatif sedikit. Oleh karena itu, pemilihan alat pelindung perlu disesuaikan dengan tingkat paparan, jenis pekerjaan, kesesuaian alat dengan pengguna, serta penerapan prosedur penggunaan dan pelepasan yang tepat (Arrandale et al., 2024).

Aspek kebersihan kerja juga perlu menjadi bagian dari pengendalian paparan. Area kerja sebaiknya dipisahkan dari area yang bersih untuk mencegah penyebaran kontaminan. Pakaian kerja, peralatan, dan perlengkapan lain yang berpotensi terkontaminasi perlu ditangani serta dibersihkan secara terpisah dengan metode yang dapat mencegah serat kembali tersebar. Pengendalian tersebut penting karena risiko paparan tidak langsung berhenti setelah kegiatan pemotongan atau pembongkaran selesai. Serat yang menempel pada pakaian maupun peralatan dapat berpindah ke area lain sehingga memperluas kontaminasi dan meningkatkan kemungkinan terjadinya paparan sekunder (Schlünssen et al., 2023).

Pencatatan riwayat paparan dan pemantauan kesehatan juga perlu menjadi bagian dari penerapan sistem K3 secara berkelanjutan, bukan hanya dilakukan ketika gangguan kesehatan telah muncul. Informasi mengenai riwayat paparan dapat membantu mengidentifikasi pekerja yang memiliki peningkatan risiko terhadap penyakit yang berkaitan dengan asbes. Gangguan kesehatan akibat paparan asbes juga dapat muncul setelah periode waktu yang panjang. Oleh sebab itu, informasi mengenai jenis material, jenis pekerjaan, lama paparan, lokasi kerja, serta pengendalian yang telah diterapkan perlu didokumentasikan sebagai bahan untuk pemantauan dan tindak lanjut kesehatan (Štěpánek et al., 2025).

Bukti penelitian yang tersedia hingga saat ini juga masih memiliki sejumlah keterbatasan. Beberapa penelitian menunjukkan adanya perbedaan yang cukup besar pada hasil estimasi paparan, sementara bukti langsung mengenai efektivitas berbagai jenis alat pelindung pernapasan masih terbatas (Schlünssen et al., 2023). Selain itu, data mengenai beban penyakit yang digunakan dalam beberapa penelitian merupakan hasil estimasi pada tingkat populasi sehingga belum tentu menggambarkan tingkat paparan yang terjadi pada suatu tempat kerja tertentu (Chen et al., 2026; Han et al., 2022; Huang et al., 2025). Oleh karena itu, hasil tinjauan ini lebih tepat digunakan sebagai dasar dalam menentukan arah pengendalian dan pemantauan paparan, sedangkan penilaian risiko pada lokasi kerja tertentu tetap memerlukan data paparan yang diperoleh secara langsung dari kondisi setempat.

4. KESIMPULAN

Literatur 2021–2026 menunjukkan bahwa paparan debu asbes tetap menjadi risiko K3 pada pekerjaan yang melibatkan material mengandung asbes, terutama konstruksi, pemeliharaan, renovasi, perbaikan, dan pembongkaran. Jalur paparan utama adalah inhalasi serat respirabel. Mesotelioma, kanker paru, asbestosis, fibrosis paru, dan penyakit paru obstruktif kronis merupakan luaran yang konsisten ditemukan dalam literatur mutakhir. Risiko dipengaruhi oleh paparan kumulatif, kondisi material, pola pekerjaan, dan karakteristik serat.

Pengendalian perlu ditempatkan pada sumber pelepasan melalui identifikasi material, pembatasan dan isolasi area, metode kerja yang menekan pelepasan serat, kebersihan kerja, dekontaminasi, serta perlindungan pernapasan yang sesuai. Pencatatan riwayat paparan dan pemantauan kesehatan jangka panjang diperlukan karena penyakit terkait asbes dapat muncul setelah masa laten yang panjang. Temuan mutakhir juga memperlihatkan bahwa keterbatasan data paparan dan bukti pengendalian tertentu masih perlu diperhitungkan dalam penilaian risiko di tempat kerja.

DAFTAR PUSTAKA

Arrandale, V. H., Berriault, C., Song, C., DeBono, N., & Demers, P. A. (2024). Surveillance of asbestos related disease among workers enrolled in an exposure registry. *American Journal of Industrial Medicine*, *67*(12), 1077–1088. https://doi.org/10.1002/ajim.23668

Chen, B., Zheng, X., Zheng, H., Chen, H., Xu, S., Li, Q., Lin, H., Yu, J., Xu, Y., Guo, Z., & Zhan, Z. (2026). Burden and trends of cancer attributable to occupational asbestos exposure in China from 1990 to 2021. *Frontiers in Public Health*, *13*(January). https://doi.org/10.3389/fpubh.2025.1672598

Cox, L. A., Bogen, K. T., Conolly, R., Graham, U., Moolgavkar, S., Oberdörster, G., Roggli, V. L., Turci, F., & Mossman, B. (2023). Mechanisms and shapes of causal exposure-response functions for asbestos in mesotheliomas and lung cancers. *Environmental Research*, *230*(March). https://doi.org/10.1016/j.envres.2023.115607

Dwi Lestari, A., Hairunisa, N., & Mohamad Ridwan, A. (2023). Occupational Asbestos Related Diseases in Indonesia: A Call for Urgent Action and Awareness. *Jurnal Biomedika Dan Kesehatan*, *6*(2), 224–234. https://doi.org/10.18051/jbiomedkes.2023.v6.224-234

Han, Y., Zhang, T., Chen, H., & Yang, X. (2022). Global magnitude and temporal trend of mesothelioma burden along with the contribution of occupational asbestos exposure in 204 countries and territories from 1990 to 2019: Results from the Global Burden of Disease Study 2019. *Critical Reviews in Oncology/Hematology*, *179*(August), 103821. https://doi.org/10.1016/j.critrevonc.2022.103821

Huang, Q., Cheng, Y., Lei, R., Chen, Z., Gu, W., Hemminki, K., & Chen, T. (2025). Global burden of lung cancer attributable to occupational asbestos exposure: 1990 to 2021. *Environmental Health: A Global Access Science Source*, *24*(1). https://doi.org/10.1186/s12940-025-01217-z

Kuroda, A. (2021). Recent progress and perspectives on the mechanisms underlying Asbestos toxicity. *Genes and Environment*, *43*(1), 1–8. https://doi.org/10.1186/s41021-021-00215-0

Schlünssen, V., Mandrioli, D., Pega, F., Momen, N. C., Ádám, B., Chen, W., Cohen, R. A., Godderis, L., Göen, T., Hadkhale, K., Kunpuek, W., Lou, J., Mandic-Rajcevic, S., Masci, F., Nemery, B., Popa, M., Rajatanavin, N., Sgargi, D., Siriruttanapruk, S., … Scheepers, P. T. J. (2023). The prevalences and levels of occupational exposure to dusts and/or fibres (silica, asbestos and coal): A systematic review and meta-analysis from the WHO/ILO Joint Estimates of the Work-related Burden of Disease and Injury. *Environment International*, *178*(May). https://doi.org/10.1016/j.envint.2023.107980

Štěpánek, L., Nakládalová, M., Janošíková, M., Štěpánek, L., & Boriková, A. (2025). Cumulative asbestos exposure as a key frediktor of long-term pleuropulmonary outcomes: insights from decades of follow-up. *International Archives of Occupational and Environmental Health*, *98*(6), 497–505. https://doi.org/10.1007/s00420-025-02143-w

Xiong, X., Zhang, S., Liao, X., Du, J., Zheng, W., Hu, S., Wei, Q., & Yang, L. (2024). An umbrella review of the evidence associating occupational carcinogens and cancer risk at 19 anatomical sites. *Environmental Pollution*, *345*(February), 123531. https://doi.org/10.1016/j.envpol.2024.123531