

Analisis Konsentrasi PM_{2.5} dan Karakteristik Individu terhadap Keluhan Pernapasan pada Pekerja Industri Keripik Tempe Sanan

Abyan Rakan Rahmanto^{1,*}, Aditya Sukma Pawitra², Khuliyah Candraning Diyanah³

¹²³Prodi Kesehatan Masyarakat, FKM, Universitas Airlangga, Jl. Jalan Mulyosari (Jalan Ir. Soekarno), Surabaya 60115.

Email Korespondensi: abyan.rakan.rahmanto-2022@fkm.unair.ac.id

Abstrak

Pertumbuhan populasi di Indonesia meningkatkan kebutuhan minyak goreng nabati sebagai konsumsi harian. Pada 2023 menurut data Badan Pangan Nasional, konsumsi mencapai 9,56 kg/kapita/tahun dengan total kebutuhan 2,66 juta ton/tahun atau sekitar 253 kkal/kapita/hari. Aktivitas pemanasan minyak, terutama pada industri rumahan, menghasilkan uap yang mengandung partikulat (PM) dan berpotensi menurunkan kualitas udara serta membahayakan pekerja jika tidak dikendalikan dengan baik. Penelitian ini merupakan penelitian observasional analitik dengan desain cross-sectional. Jumlah responden sebanyak 66 orang pekerja dengan metode simple random sampling. Pekerja tersebut merupakan pekerja dari dapur X dan dapur Y. Pengukuran konsentrasi PM_{2.5}, suhu, dan kelembapan dilakukan sebanyak dua kali per dapur. Pengukuran PM_{2.5} dilakukan dengan alat EVM-7. Keluhan pernapasan diukur menggunakan kuisioner ATS-DLD 78A, yang didalamnya juga menanyakan masa kerja, lama kerja, dan durasi kerja. Lalu, dilakukan analisis data menggunakan Chi-Square. Hasil pengukuran menunjukkan bahwa satu dari dua dapur memiliki konsentrasi PM_{2.5} yang melebihi baku mutu. Suhu dan kelembapan dari kedua dapur berada diatas baku mutu yang berlaku. Hasil penelitian juga menunjukkan bahwa terdapat hubungan antara usia dan keluhan pernapasan (p-value = 0,030). Terdapat juga hubungan antara masa kerja dengan keluhan pernapasan (p-value = 0,017). Tidak terdapat hubungan antara lama kerja dan keluhan pernapasan (p-value = 0,537). Tidak terdapat hubungan antara durasi kerja dan keluhan pernapasan (p-value = 0,100). Penelitian ini menyimpulkan bahwa konsentrasi PM_{2.5} dapat ditekan oleh ventilasi dan exhaust fan yang cukup. Masa kerja yang tinggi di lingkungan dengan konsentrasi PM_{2.5} dapat berpengaruh dalam meningkatkan keluhan pernapasan. Usia pekerja juga memiliki hubungan dalam meningkatkan keluhan pernapasan

Kata kunci: Karakteristik Individu, Keluhan Pernapasan, PM_{2.5}

Analysis PM_{2.5} Concentrations and Individual Characteristics in Relation to Respiratory Complaints Among Sanan Tempeh Workers

Abstract

Population growth in Indonesia has increased the demand for vegetable cooking oil as a daily necessity. In 2023, consumption reached 9.56 kg per capita per year, with a total domestic demand of 2.66 million tons annually. The heating of cooking oil, especially in home-based industries, generates fumes containing particulate matter (PM), including PM_{2.5}, which may reduce air quality and affect workers' respiratory health. This analytical observational study used a cross-sectional design involving 66 workers selected through simple random sampling from two home-industry kitchens. PM_{2.5} concentration, temperature, and humidity were measured using an EVM-7 device. Respiratory complaints were assessed using the ATS-DLD-78A questionnaire, which also collected information on age, length of employment, working hours, and work duration. Data were analyzed using the Chi-Square test. The results showed that one kitchen had PM_{2.5} concentrations exceeding the permissible standard. Temperature and humidity levels in both kitchens were also above the recommended limits. Statistical analysis revealed significant relationships between age and respiratory complaints (p = 0.030) and between length of employment and respiratory complaints (p = 0.017). However, no significant relationships were found between working hours and respiratory complaints (p = 0.537) or between work duration and respiratory complaints (p = 0.100). The study concludes that adequate ventilation and the use of exhaust fans can help reduce PM_{2.5} concentrations in kitchen environments. Longer employment in workplaces with elevated PM_{2.5} exposure may increase the risk of respiratory complaints, while increasing age is also associated with a higher prevalence of respiratory symptoms among workers.

Keywords: Individual Characteristics, Respiratory Complaints, PM_{2.5}

How to Cite: Rahmanto, A. R. ., Pawitra, A. S., & Diyanah, K. C. . (2026). Analisis Konsentrasi PM_{2.5} dan Karakteristik Individu terhadap Keluhan Pernapasan pada Pekerja Industri Keripik Tempe Sanan. *Empiricism Journal*, 7(2), 1907-1913. <https://doi.org/10.36312/ej.v7i2.5809>



<https://doi.org/10.36312/ej.v7i2.5809>

Copyright© 2026, Rahmanto et al.

This is an open-access article under the CC-BY-SA License.



PENDAHULUAN

Pertumbuhan jumlah penduduk di Indonesia berdampak langsung pada meningkatnya kebutuhan bahan pangan dan bahan pendukung konsumsi rumah tangga, termasuk minyak goreng nabati. Minyak goreng menjadi salah satu kebutuhan harian yang digunakan secara luas, baik dalam kegiatan memasak rumah tangga maupun dalam aktivitas produksi pangan skala kecil dan menengah. Berdasarkan data dari Badan Pangan Nasional pada tahun 2023, konsumsi minyak goreng mencapai 9,56 kg/kapita/tahun dengan total kebutuhan sekitar 2,66 juta ton per tahun. Angka tersebut menunjukkan bahwa minyak goreng memiliki peran penting dalam pola konsumsi masyarakat Indonesia, sekaligus menggambarkan tingginya intensitas penggunaan minyak dalam berbagai kegiatan pengolahan makanan.

Tingginya penggunaan minyak goreng tidak hanya berkaitan dengan kebutuhan konsumsi, tetapi juga berimplikasi pada meningkatnya aktivitas penggorengan di berbagai sektor usaha pangan. Pada industri rumahan, proses penggorengan umumnya dilakukan dalam durasi yang cukup lama dan berulang setiap hari untuk memenuhi kebutuhan produksi. Aktivitas pemanasan minyak pada proses penggorengan menghasilkan cooking oil fumes (COF) yang mengandung berbagai polutan berbahaya, termasuk PM_{2.5}, benzena, formaldehida, dan aldehida (Tao et al., 2023). Polutan tersebut dapat terakumulasi di ruang kerja, terutama apabila proses produksi dilakukan di area tertutup atau semi-tertutup dengan sistem sirkulasi udara yang kurang optimal.

Salah satu komponen penting dalam cooking oil fumes adalah PM_{2.5}, yaitu partikel halus yang dapat terbentuk selama proses pemanasan minyak nabati. PM_{2.5} juga diketahui sebagai salah satu komponen utama yang dihasilkan dari pemanasan minyak nabati (Rim, 2023). Keberadaan partikel ini perlu diperhatikan karena aktivitas penggorengan pada industri rumahan sering kali dilakukan secara terus-menerus tanpa sistem pengendalian udara yang memadai. Dalam kondisi tersebut, pekerja berpotensi mengalami paparan berulang terhadap partikel halus selama proses produksi berlangsung.

PM_{2.5} merupakan partikel berukuran $\leq 2,5 \mu\text{m}$ yang dapat masuk hingga alveoli paru-paru dan berpotensi menimbulkan gangguan pada sistem pernapasan (Anindya & Hendrasarie, 2023). Ukuran partikelnya yang sangat kecil memungkinkan PM_{2.5} terhirup bersama udara dan mencapai bagian dalam saluran pernapasan. Berbeda dengan partikel berukuran lebih besar yang cenderung tertahan di saluran napas bagian atas, PM_{2.5} memiliki kemampuan penetrasi yang lebih dalam sehingga dapat memberikan dampak kesehatan yang lebih serius. Oleh karena itu, keberadaan PM_{2.5} di lingkungan kerja perlu menjadi perhatian, terutama pada sektor informal atau industri rumahan yang belum memiliki pengendalian risiko lingkungan kerja secara optimal.

Pajanan PM_{2.5} dalam jangka panjang diketahui berkaitan dengan munculnya keluhan pernapasan seperti batuk, dahak, mengi, dan sesak napas (Tampubolon & Ramdhan, 2025). Keluhan-keluhan tersebut dapat mengganggu kenyamanan pekerja selama bekerja dan berpotensi menurunkan produktivitas apabila terjadi secara berulang. Keluhan tersebut dapat semakin meningkat apabila paparan terjadi secara terus-menerus (Nugroho et al., 2024). Dengan demikian, intensitas dan keberlanjutan paparan menjadi aspek penting dalam memahami risiko gangguan pernapasan pada pekerja yang setiap hari berada di area penggorengan.

Selain konsentrasi polutan di lingkungan kerja, karakteristik individu pekerja juga dapat memengaruhi tingkat risiko munculnya keluhan pernapasan. Risiko gangguan pernapasan dipengaruhi oleh karakteristik individu, seperti usia, masa kerja, dan durasi paparan (Putu et al., 2022). Pekerja dengan usia yang lebih tua dapat memiliki kerentanan yang berbeda dibandingkan pekerja yang lebih muda karena kondisi fisiologis tubuh berubah seiring bertambahnya usia. Selain itu, lama seseorang bekerja di lingkungan dengan paparan polutan juga dapat menentukan besarnya akumulasi paparan yang diterima selama masa kerja.

Masa kerja menjadi salah satu faktor penting karena menunjukkan lamanya pekerja berada dalam lingkungan kerja tertentu. Pekerja dengan masa kerja lebih lama cenderung memiliki keluhan akibat pekerjaan yang dilakukan (Rusila & Edward, 2022). Dalam konteks industri penggorengan, masa kerja yang panjang dapat berarti bahwa pekerja telah mengalami paparan terhadap cooking oil fumes dan PM_{2.5} dalam kurun waktu yang lebih lama. Kondisi ini perlu diperhatikan karena keluhan pernapasan tidak selalu muncul secara

langsung, tetapi dapat berkembang secara bertahap akibat paparan yang terjadi terus-menerus selama bekerja.

Industri keripik tempe rumahan Sanan Kota Malang merupakan salah satu sektor usaha pangan yang melibatkan proses penggorengan sebagai aktivitas utama produksi. Proses penggorengan keripik tempe dilakukan secara rutin untuk menghasilkan produk dalam jumlah tertentu setiap hari. Industri keripik tempe rumahan Sanan Kota Malang merupakan salah satu sektor yang melibatkan proses penggorengan secara rutin sehingga berpotensi menghasilkan PM_{2.5} dalam jumlah cukup tinggi (Nugraha et al., 2024). Potensi tersebut menjadi semakin penting untuk dikaji karena industri rumahan umumnya memiliki keterbatasan dalam penyediaan ventilasi, alat penghisap asap, atau sistem pengendalian kualitas udara di area produksi.

Meskipun potensi pajanan PM_{2.5} pada aktivitas penggorengan cukup jelas, penelitian mengenai hubungan konsentrasi PM_{2.5} dan karakteristik individu pekerja dengan keluhan pernapasan subjektif pada industri keripik tempe rumahan masih terbatas. Keterbatasan penelitian pada konteks industri rumahan menunjukkan perlunya kajian yang lebih spesifik terhadap pekerja yang terlibat langsung dalam proses penggorengan. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk menganalisis hubungan konsentrasi PM_{2.5} dan karakteristik individu pekerja terhadap keluhan pernapasan subjektif pada pekerja industri keripik tempe rumahan Sanan Kota Malang.

METODE

Penelitian ini merupakan penelitian kuantitatif dengan metode observasional analitik. Desain penelitian yang digunakan adalah cross-sectional, yaitu pengamatan terhadap variabel penelitian dilakukan pada satu waktu tertentu. Desain ini digunakan untuk menggambarkan kondisi lingkungan kerja, karakteristik individu pekerja, serta keluhan pernapasan subjektif yang dialami oleh pekerja industri keripik tempe rumahan Sanan.

Populasi dalam penelitian ini adalah seluruh pekerja industri keripik tempe rumahan Sanan. Sampel penelitian berjumlah 66 responden yang dipilih secara acak menggunakan teknik simple random sampling. Kriteria inklusi dalam penelitian ini adalah pekerja yang telah bekerja di area sekitar penggorengan selama minimal satu tahun. Jumlah sampel ditentukan dengan menggunakan rumus Lemeshow agar jumlah responden yang digunakan sesuai dengan kebutuhan penelitian.

Variabel bebas dalam penelitian ini meliputi usia, masa kerja, lama kerja, dan durasi kerja. Masa kerja diukur dalam satuan tahun, lama kerja diukur berdasarkan jumlah hari kerja dalam satu minggu, sedangkan durasi kerja diukur berdasarkan jumlah jam kerja per hari. Variabel terikat dalam penelitian ini adalah keluhan pernapasan subjektif yang dialami oleh pekerja. Selain itu, penelitian ini juga mengukur variabel lingkungan kerja, yaitu konsentrasi PM_{2.5}, suhu, dan kelembapan.

Keluhan pernapasan subjektif diukur menggunakan kuesioner ATS-DLD 78A. Hasil pengukuran keluhan pernapasan kemudian dikategorikan menjadi tiga tingkat, yaitu ringan apabila skor $\leq 30\%$, sedang apabila skor berada pada rentang 31–69%, dan berat apabila skor $\geq 70\%$. Pengukuran variabel lingkungan dilakukan dengan menggunakan alat EVM-7 untuk mengukur konsentrasi PM_{2.5} dan LM-8000A untuk mengukur suhu serta kelembapan pada area dapur industri keripik tempe rumahan Sanan.

Pengumpulan data dilakukan melalui observasi, pengukuran langsung, dan wawancara. Observasi digunakan untuk melihat kondisi lingkungan kerja, terutama area penggorengan dan sistem ventilasi yang tersedia. Pengukuran dilakukan untuk memperoleh data konsentrasi PM_{2.5}, suhu, dan kelembapan, sedangkan wawancara dilakukan menggunakan kuesioner kepada responden. Sebelum wawancara dilakukan, setiap responden diberikan penjelasan mengenai penelitian dan diminta memberikan persetujuan melalui prosedur informed consent. Data yang diperoleh kemudian dianalisis menggunakan uji Chi-Square untuk mengetahui hubungan antara karakteristik individu pekerja dan keluhan pernapasan subjektif.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Aktivitas produksi yang dilakukan tiap hari menimbulkan risiko, dimana proses penggorengan keripik tempe berlangsung selama hampir 8 jam penuh. Industri rumahan tidak

memiliki *exhaust fan* yang memadai untuk membuang *cooking oil fumes* hasil penggorengan keripik tempe. Adapun hasil pengukuran kondisi lingkungan kerja dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1. Pengukuran Konsisi Lingkungan Area Dapur pada Industri Keripik Tempe Rumahan Sanan

Lokasi	PM _{2.5}	Suhu	Kelembapan
Dapur X	38,5 µg/m ³	32,5°C	66,3%Rh
Dapur Y	65 µg/m ³	33,75°C	62%Rh

Dari hasil pengukuran terlihat bahwa dapur X cenderung memiliki konsentrasi PM_{2.5} yang lebih rendah dan dibawah NAB yang beraku. Didapatkan dari hasil observasi bahwa dapur X memiliki luas ventilasi yang lebih besar ketimbang dapur Y. Perbedaan kondisi ventilasi dan sistem sirkulasi udara pada kedua lokasi tersebut berpotensi memengaruhi konsentrasi PM_{2.5} dan tingkat paparan yang diterima pekerja.

Tabel 2. Perhitungan Hasi Uji *Chi-Square* Karakteristik Individu Pekerja Industri Keripik Tempe Rumahan Sanan

Karakteristik Individu	Keluhan Pernapasan						p-value
	Ringan		Sedang		Berat		
	n	%	n	%	n	%	
Usia							
<40 tahun	0	0	17	34,0	33	66,0	0,027
≥40 tahun	0	0	1	6,2	15	93,8	
Total	0	0	18	27,3	48	72,7	
Masa Kerja							
≤5 tahun	0	0	5	62,5	3	37,5	0,017
>5 tahun	0	0	13	22,4	45	77,6	
Total	0	0	18	27,3	48	72,7	
Lama Kerja							
≤6 hari/minggu	0	0	18	27,7	47	72,3	0,537
>6 hari/minggu	0	0	0	0	1	100	
Total	0	0	17	27,3	48	72,7	
Durasi Kerja							
≤8 Jam	0	0	17	26,2	47	73,8	0,273
>8 Jam	0	0	1	50,0	1	50,0	
Total	0	0	18	27,3	48	72,7	

Aktivitas produksi pada industri keripik tempe rumahan Sanan menunjukkan adanya potensi risiko paparan polutan udara di lingkungan kerja. Proses penggorengan keripik tempe berlangsung hampir selama 8 jam penuh setiap hari, sehingga pekerja berada dalam kondisi yang memungkinkan terjadinya paparan *cooking oil fumes* secara berulang selama jam kerja.

Kondisi tersebut menjadi penting karena industri rumahan umumnya belum memiliki sistem pengendalian udara yang memadai. Dalam naskah ini disebutkan bahwa industri rumahan tidak memiliki *exhaust fan* yang cukup untuk membuang *cooking oil fumes* hasil penggorengan keripik tempe. Situasi ini dapat menyebabkan polutan hasil penggorengan tertahan lebih lama di area dapur dan meningkatkan potensi paparan pada pekerja.

Hasil pengukuran kondisi lingkungan kerja menunjukkan adanya perbedaan konsentrasi PM_{2.5} antara dapur X dan dapur Y. Dapur X memiliki konsentrasi PM_{2.5} sebesar 38,5 µg/m³, sedangkan dapur Y memiliki konsentrasi PM_{2.5} sebesar 65 µg/m³. Perbedaan ini menunjukkan bahwa kondisi masing-masing dapur tidak memberikan tingkat paparan yang sama kepada pekerja.

Dapur X cenderung memiliki konsentrasi PM_{2.5} yang lebih rendah dan berada di bawah NAB yang berlaku. Berdasarkan hasil observasi, dapur X memiliki luas ventilasi yang lebih besar dibandingkan dapur Y. Hal ini mengindikasikan bahwa ventilasi dapat berperan dalam mengurangi akumulasi partikel halus di area kerja, meskipun efektivitasnya tetap bergantung pada luas bukaan, arah aliran udara, intensitas penggorengan, dan kepadatan aktivitas produksi.

Sebaliknya, dapur Y memiliki konsentrasi PM_{2.5} yang lebih tinggi dibandingkan dapur X. Konsentrasi yang lebih tinggi tersebut dapat dikaitkan dengan kondisi ventilasi dan sistem sirkulasi udara yang lebih terbatas. Apabila udara hasil penggorengan tidak dapat keluar dengan baik, partikel halus dapat bertahan di ruang kerja dan meningkatkan kemungkinan pekerja menghirup PM_{2.5} selama proses produksi berlangsung.

Selain PM_{2.5}, hasil pengukuran juga menunjukkan bahwa suhu dan kelembapan pada kedua dapur berada di atas baku mutu yang berlaku. Dapur X memiliki suhu 32,5°C dengan kelembapan 66,3%Rh, sedangkan dapur Y memiliki suhu 33,75°C dengan kelembapan 62%Rh. Kondisi suhu dan kelembapan yang tinggi dapat memperburuk kenyamanan kerja serta membuat lingkungan produksi menjadi kurang ideal bagi pekerja yang terpapar panas dan uap penggorengan dalam waktu lama.

Hasil uji Chi-Square menunjukkan bahwa usia memiliki hubungan signifikan dengan keluhan pernapasan subjektif pada pekerja industri keripik tempe rumahan. Nilai p-value untuk hubungan usia dengan keluhan pernapasan adalah 0,027. Pekerja berusia ≥40 tahun menunjukkan proporsi keluhan berat yang lebih tinggi dibandingkan pekerja berusia <40 tahun, sehingga usia menjadi faktor yang perlu diperhatikan dalam penilaian risiko kesehatan kerja.

Pekerja dengan usia yang lebih tua cenderung mengalami keluhan pernapasan yang lebih berat karena terjadi penurunan fungsi paru dan kemampuan pertahanan tubuh terhadap paparan polutan seiring bertambahnya usia (Medyati et al., 2023). Dalam konteks penelitian ini, kondisi tersebut dapat menjelaskan mengapa kelompok pekerja yang lebih tua lebih rentan mengalami keluhan pernapasan ketika bekerja di lingkungan dengan pajanan PM_{2.5} dan kondisi udara yang kurang optimal.

Masa kerja juga menunjukkan hubungan signifikan dengan keluhan pernapasan subjektif, dengan nilai p-value sebesar 0,017. Pekerja dengan masa kerja >5 tahun memiliki proporsi keluhan berat yang lebih tinggi dibandingkan pekerja dengan masa kerja ≤5 tahun. Temuan ini menunjukkan bahwa lamanya seseorang bekerja di area penggorengan dapat berkaitan dengan akumulasi pajanan yang diterima selama bekerja.

Selain itu, pekerja dengan masa kerja yang lebih lama memiliki risiko lebih tinggi mengalami keluhan pernapasan akibat akumulasi pajanan PM_{2.5} yang berlangsung secara terus-menerus dalam jangka waktu yang panjang (Windari & Siregar, 2025). Hal ini cukup logis karena pekerja yang lebih lama berada dalam lingkungan kerja dengan paparan partikulat berpotensi mengalami dampak kesehatan secara bertahap, terutama apabila pengendalian udara di tempat kerja belum dilakukan secara optimal.

Kondisi tersebut diperkuat oleh karakteristik PM_{2.5} yang mampu masuk hingga bagian terdalam paru-paru dan menimbulkan gangguan pada sistem pernapasan apabila terpapar secara berulang (Sophia et al., 2024). Dengan ukuran partikel yang sangat kecil, PM_{2.5} dapat terhirup dan mencapai saluran pernapasan bagian bawah. Oleh karena itu, keberadaan PM_{2.5} dalam area produksi penggorengan perlu menjadi perhatian utama, terutama pada dapur dengan ventilasi terbatas dan konsentrasi partikel yang lebih tinggi.

Sementara itu, tidak ditemukannya hubungan antara durasi kerja dan lama kerja dengan keluhan pernapasan diduga disebabkan oleh rendahnya variasi data responden. Sebagian besar pekerja memiliki jam kerja ≤8 jam per hari dan bekerja ≤6 hari per minggu, sehingga variasi paparan berdasarkan durasi dan lama kerja tidak cukup kuat untuk menunjukkan hubungan statistik. Meskipun secara teoritis durasi dan frekuensi paparan yang lebih tinggi dapat meningkatkan risiko gangguan pernapasan (Mingkid et al., 2026), pengaruh tersebut belum dapat dibuktikan secara statistik pada penelitian ini.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian, dapat disimpulkan bahwa kondisi lingkungan kerja pada industri keripik tempe rumahan Sanan berpotensi menimbulkan pajanan PM_{2.5} yang berbeda-beda, yang dipengaruhi oleh karakteristik ventilasi dan sistem sirkulasi udara pada area produksi. Dapur dengan ventilasi yang lebih memadai menunjukkan konsentrasi PM_{2.5} yang lebih rendah dibandingkan dapur dengan ventilasi yang terbatas. Selain itu, faktor karakteristik individu pekerja berperan dalam terjadinya keluhan pernapasan, terutama usia dan masa kerja. Pekerja yang berusia lebih tua serta memiliki masa kerja lebih lama cenderung

mengalami keluhan pernapasan yang lebih berat akibat penurunan kapasitas fisiologis dan akumulasi pajanan partikulat dalam jangka panjang. Sementara itu, lama kerja per minggu dan durasi kerja per hari tidak menunjukkan keterkaitan yang bermakna dengan keluhan pernapasan pada penelitian ini. Temuan tersebut menunjukkan bahwa upaya pengendalian risiko gangguan pernapasan pada industri keripik tempe rumahan perlu difokuskan pada perbaikan sistem ventilasi dan pengendalian pajanan PM_{2.5}, disertai perhatian terhadap kelompok pekerja yang memiliki usia dan masa kerja lebih tinggi sebagai kelompok yang lebih rentan mengalami gangguan pernapasan.

REKOMENDASI

Berdasarkan hasil penelitian, penelitian selanjutnya disarankan untuk menambahkan kriteria inklusi yang lebih spesifik, terutama terkait riwayat penyakit pernapasan sebelum responden bekerja di industri keripik tempe. Kriteria ini penting karena riwayat penyakit pernapasan dapat menjadi faktor perancu dalam menilai hubungan antara pajanan PM_{2.5}, karakteristik individu, dan keluhan pernapasan subjektif. Dengan memastikan bahwa responden tidak memiliki riwayat penyakit pernapasan sebelum bekerja, hasil analisis dapat lebih mencerminkan dampak kondisi lingkungan kerja terhadap keluhan pernapasan pekerja. Langkah ini juga dapat membantu menghasilkan data yang lebih akurat, representatif, dan valid dalam menjelaskan hubungan antarvariabel penelitian.

Selain itu, pemilik industri keripik tempe rumahan disarankan untuk memperbaiki sistem ventilasi dan sirkulasi udara pada area dapur produksi. Perbaikan dapat dilakukan melalui penambahan ventilasi alami, pemasangan exhaust fan, atau pengaturan ulang tata letak dapur agar asap dan uap hasil penggorengan tidak terkumpul di ruang kerja. Upaya ini penting karena proses penggorengan berlangsung dalam durasi cukup lama dan berpotensi meningkatkan konsentrasi PM_{2.5} di lingkungan kerja. Pengendalian sumber pajanan perlu menjadi prioritas agar pekerja tidak terus-menerus menghirup partikel halus yang dapat memperburuk keluhan pernapasan.

Rekomendasi lain yang perlu dipertimbangkan adalah pelaksanaan pemantauan kesehatan pekerja secara berkala, terutama bagi pekerja yang berusia lebih tua dan memiliki masa kerja lebih lama. Kelompok pekerja tersebut perlu mendapat perhatian karena hasil penelitian menunjukkan bahwa usia dan masa kerja berhubungan dengan keluhan pernapasan. Pemeriksaan kesehatan sederhana, edukasi penggunaan alat pelindung diri, serta pengaturan waktu istirahat di luar area penggorengan dapat membantu menurunkan risiko keluhan pernapasan. Dengan demikian, pengendalian risiko tidak hanya dilakukan melalui perbaikan lingkungan kerja, tetapi juga melalui perlindungan terhadap pekerja yang lebih rentan mengalami gangguan kesehatan.

DAFTAR PUSTAKA

- Anindya, A. P., & Hendrasarie, N. (2023). Analisis Persebaran Emisi PM_{2.5} dari Cerobong Spray dryer Industri Keramik Menggunakan Pemodelan Software Graz Lagrangian Model (GRAL). *Jurnal Envirous*, 4(1), 46–53. <http://envirous.upnjatim.ac.id/>
- Medyati, N., Irijayanti, 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>
- Mingkid, J. G., Kalesaran, A. F. C., & Langi, F. L. F. G. (2026). Analisis faktor lama kerja dan kebiasaan merokok terhadap kapasitas vital paru pekerja industri mebel. 19(12), 3736–3743. <https://doi.org/10.33024/hjk.v19i12.1871>
- Nugraha, A. A., Beryl, M., Kholid, I., & Sumaningrum, N. D. (2024). Identifikasi Risiko Pada Pekerja Pembuat Keripik Tempe “SARI RASA” Kota Malang Menggunakan Job Safety Analysis. *Jurnal Riset Pengembangan Dan Pelayanan Kesehatan*, 3(1), 1–8. <https://doi.org/10.56399/jgl.v3i1.139>
- Nugroho, P. A., Setiani, O., & Hanani, Y. (2024). Hubungan Pajanan Debu PM₁₀ dan PM_{2.5} dengan Gangguan Pernapasan Pada Pekerja Penambang Batu Kapur Kabupaten Kebumen. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, 10(12), 10204–10214. <https://doi.org/10.29303/jppipa.v10i12.9276>
- Putu, N., Masayuki, F., Pramita, I., Putu, L., & Vitalistyawati, A. (2022). *Jurnal Ilmiah*

- Fisioterapi (JIF) Volume 05 Nomor 1 Februari 2022 Hubungan Sikap Kerja Duduk Dan Durasi Kerja Terhadap Keluhan Musculoskeletal Pada Pedagang Jurnal Ilmiah Fisioterapi (JIF) Volume 05 Nomor 1 Februari 2022. *Jurnal Ilmiah Fisioterapi*, 05(2), 8–14. <https://dx.doi.org/10.36341/jif.v5i01.2262>
- Rim, K. T. (2023). Toxicity of cooking oil fumes and prevention of occupational diseases : a literature review. *Toxicology and Environmental Health Sciences*, 15(2), 101–108. <https://doi.org/10.1007/s13530-022-00163-4>
- Rusila, Y., & Edward, K. (2022). HUBUNGAN ANTARA UMUR, MASA KERJA DAN BEBAN KERJA FISIK DENGAN KELELAHAN KERJA PADA PEKERJA DI PABRIK KERUPUK SUBUR DAN PABRIK KERUPUK SAHARA DI YOGYAKARTA. *Jurnal Lentera Kesehatan Masyarakat*, 1(1), 39–49. <https://doi.org/10.69883/jlkm.v1i1.6>
- Sophia, A. V., Denny, D., & Aryabima |Dwian, N. (2024). Prototipe Pemantau Emisi Gas Co, Ozon, Partikulat Pm2.5 Dan Pm10 Untuk Bengkel Las Ppns. *Jurnal Teknologi Maritim*, 7(1), 46–51. <https://doi.org/10.35991/jtm.v7i1.5>
- Tampubolon, A. W., & Ramdhan, D. H. H. (2025). Hubungan Konsentrasi PM 2,5 dengan Keluhan Gangguan Pernapasan pada Pekerja Uji Mekanis UP PKB Pulo Gadung. *National Journal of Occupational Health and Safety*, 5(2). <https://doi.org/10.7454/njohs.v5i2.1055>
- Tao, C., He, L., Zhou, X., Li, H., & Ren, Q. (2023). Review of Emission Characteristics and Purification Methods of Volatile Organic Compounds (VOCs) in Cooking Oil Fume. *Processes*, 11(3), 705. <https://dx.doi.org/10.3390/pr11030705>
- Windari, O. O., & Siregar, P. A. (2025). Faktor Yang Berhubungan Dengan Keluhan Gangguan Pernapasan Penyapu Jalan Di Kabupaten Batu Bara Factors Related To Complaints Of Respiratory Disorders Among Street Sweepers In Batu Bara District. *Jurnal Ilmiah Kesehatan Mandala Waluya*, 5(2), 161–170. <https://doi.org/10.54883/jikmw.v5i2.1330>