

**ANALISIS RISIKO PAJANAN PM₁₀, PM_{2.5} DAN HIDROKARBON
DI LINGKUNGAN KERJA****Erna Veronika^{1*}, Meithyra Melviana Simatupang², Ahmad Irfandi³,
Veza Azteria⁴, Mayumi Nitami⁵**^{1,3,4,5}Program Studi Kesehatan Masyarakat, Fakultas Ilmu-Ilmu Kesehatan,
Universitas Esa Unggul²Program Studi Kesehatan Masyarakat, Fakultas Ilmu-Ilmu Kesehatan,
Universitas Respati Indonesia

Email Korespondensi: erna.veronika@esaunggul.ac.id

Disubmit: 02 Juli 2025

Diterima: 31 Oktober 2025

Diterbitkan: 01 November 2025

Doi: <https://doi.org/10.33024/mnj.v7i11.21420>**ABSTRACT**

Industrial emissions release various types of pollutants into both the atmosphere and the occupational environment. Air pollutants in the workplace may originate from production machinery or the fuels used. Chronic exposure to air contaminants in occupational settings can pose significant health risks to workers. Through environmental Health Risk Assessment (EHRA), it is possible to identify potential hazards and quantitatively estimate the associated health risks to workers. This study aims to analyze the level of exposure risk to PM_{2.5}, PM₁₀, and hydrocarbons in the workplace, and to evaluate the prevalence of respiratory symptoms among exposed workers. This research employed a descriptive quantitative approach with a cross-sectional study design. The analysis was conducted using the risk assessment methodology. The study population consisted of production workers, selected using a simple random sampling technique. The risk characterization revealed that the concentrations of PM₁₀ and PM_{2.5} were within acceptable safety thresholds (Risk Quotient [RQ] < 1), indicating a low risk of non-carcinogenic effects. However, hydrocarbon exposure exceeded the safe threshold (RQ > 1), classifying it as a health risk for exposed workers. Hydrocarbon exposure in the workplace is categorized as unsafe and poses a non-carcinogenic risk to workers with an average body weight of 66.48 kg, an exposure duration of 7.583 hours per day, and an exposure frequency of 236.99 days per year over a span of 12.85 years. It is recommended that workers consistently comply with the use of personal protective equipment (PPE), particularly face masks, to mitigate the adverse health effects associated with hydrocarbon exposure.

Keywords: Environmental Health Risk Assessment, PM₁₀ and PM_{2.5}, hydrocarbons

ABSTRAK

Emisi yang dihasilkan oleh industri melepaskan berbagai jenis polutan ke atmosfer maupun ke lingkungan kerja. Polutan udara di lingkungan kerja dapat berasal dari mesin produksi maupun bahan bakar yang digunakan. Adanya paparan udara pencemar dalam jangka panjang di lingkungan kerja dapat

menimbulkan bahaya terhadap pekerja. Dengan studi ARKL, kita dapat mengidentifikasi risiko dan menghitung secara kuantitatif tingkat risiko kesehatan yang dapat timbul terhadap kesehatan pekerja. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis besar risiko pajanan $PM_{2,5}$, PM_{10} dan hidrokarbon di lingkungan kerja serta gangguan pernafasan yang dialami oleh pekerja. Studi ini merupakan penelitian kuantitatif deskriptif dengan desain *cross sectional* dengan teknik analisis menggunakan metode *risk assessment*. Poluasi penelitian adalah pekerja di bagian produksi dengan menggunakan *simple random sampling*. Hasil perhitungan besar risiko menunjukkan konsentrasi polutan PM_{10} , dan $PM_{2,5}$ menunjukkan tingkat risiko masih dalam batas aman ($RQ < 1$), sedangkan pajanan Hidrokarbon masuk dalam kategori tidak aman ($RQ > 1$). Pajanan Hidrokarbon masuk dalam kategori tidak aman dan memiliki risiko nan karsinogenik bagi pekerja yang memiliki berat badan 66,48 kg dengan durasi pajanan 7,583 jam per hari dan frekuensi pajanan 236,99 hari dalam setahun selama 12,85 tahun. Di sarankan kepada pekerja untuk selalu patuh dalam menggunakan APD yaitu masker selama berada di lingkungan kerja.

Kata Kunci: Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan, $PM_{2,5}$, PM_{10} , Hidrokarbon

PENDAHULUAN

Zaman modern saat ini, kemajuan teknologi dan pertumbuhan industri mengalami peningkatan yang sangat signifikan. Laju urbanisasi dan industrialisasi yang tinggi turut berkontribusi terhadap peningkatan polusi udara di Indonesia, yang belum diimbangi dengan upaya pengendalian pencemaran yang optimal dan efektif. Industri menjadi salah satu sumber utama pencemaran udara karena masih mengandalkan bahan bakar fosil dalam pengoperasian mesin-mesin pembangkit energi (Kementerian Lingkungan Hidup, 2016).

Urbanisasi dan industrialisasi menyebabkan terjadinya peningkatan polusi udara ambien secara signifikan di wilayah perkotaan baik secara lokal maupun global dimana polusi ini bersumber dari emisi kendaraan, pembakaran bahan bakar padat, dan aktivitas industri yang menyebabkan beberapa kondisi kualitas udara menjadi buruk dan berbahaya bagi kesehatan (Ababio et al., 2025). Meningkatnya aktivitas industri dan emisi dari pembangkit listrik dan

sistem transportasi juga bertanggung jawab atas tingginya polusi partikulat (Lala et al., 2025).

Paparan polutan udara yang berasal dari berbagai aktivitas industri dapat membuat orang atau pekerja terpapar dengan berbagai cara, dan berpotensi mengganggu sistem pernapasan para pekerja. Hal ini disebabkan oleh fakta bahwa manusia menghirup dan menyemburkan sekitar 10 meter kubik udara setiap harinya (Yulaekah et al., 2017). Paparan jangka pendek terhadap polusi udara dapat menimbulkan gejala seperti iritasi pada mata, hidung, dan tenggorokan, mengi, batuk, sesak napas, nyeri dada, sakit kepala, mual, serta infeksi saluran pernapasan atas. Selain itu, polutan udara dapat memperparah kondisi penyakit pernapasan seperti asma dan emfisema. Dalam jangka panjang, paparan tersebut berisiko menyebabkan kanker paru-paru, gangguan kardiovaskular, penyakit paru-paru kronis, dan reaksi alergi. Polusi udara juga dikaitkan dengan peningkatan risiko serangan jantung dan stroke (IAMAT (The International

Association for Medical Assistance to Travellers), 2020).

Salah satu jenis penyakit akibat paparan di lingkungan kerja adalah penyakit paru akibat kerja, yang timbul akibat inhalasi debu, asap, atau gas berbahaya di tempat kerja. Beragam gangguan paru-paru dapat berkembang akibat terpapar partikel seperti debu, serat, dan gas yang dihasilkan dalam proses industrialisasi. Dampak paparan ini dapat bersifat jangka panjang, bahkan berlanjut setelah paparan berhenti (Ngurah Rai, 2018).

Kajian Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan (ARKL) dapat dimanfaatkan sebagai metode untuk mengidentifikasi potensi risiko serta dimensi risiko terhadap kesehatan lingkungan. Selain itu, ARKL juga digunakan untuk menghitung tingkat risiko kesehatan secara kuantitatif serta merumuskan strategi manajemen risiko yang tepat (Kementerian Kesehatan, 2012).

Hasil penelitian yang dilakukan Simatupang et al., (2022) menunjukkan pajanan PM_{10} yang diterima oleh pengemudi ojek online yang bekerja di sekitar wilayah SKPU DKI Jakarta dengan berat badan sekitar 65 kg, digolongkan tidak aman dengan frekuensi pajanan 11 jam sehari dan 312 hari kerja/tahun hingga 3,5 tahun. Konsentrasi maksimal yang aman dari pajanan PM_{10} sebesar $44 \mu g/m^3$.

PT. X merupakan perusahaan yang bergerak dibidang produksi kabel dengan tegangan rendah hingga menengah. Kabel yang diproduksi oleh perusahaan ini diantaranya untuk listrik, telepon, internet, TV dan sebagainya Kabel-kabel tersebut yang dibuat dari bahan-bahan seperti PVC, aluminium, tembaga, PE, copper foil, plastik lembaran dan lain-lain. Perusahaan ini memiliki 5 bagian proses produksi yaitu Plant A, Plant B, Plant C, Plant D dan Plant E.

Dalam setiap proses produksi tersebut menggunakan mesin. Proses produksi menggunakan mesin serta bahan bakar yang digunakan akan menghasilkan debu dan gas emisi dari sumber bergerak dan tidak bergerak yang akan dilepaskan diudara. Adapun parameter udara yang dilakukan pengukuran dan pemantauan oleh perusahaan adalah parameter PM_{10} , $PM_{2,5}$, dan Hidrokarbon (HC).

Berdasarkan hasil pengukuran dan pemantauan lingkungan yang dilakukan perusahaan PT.X menunjukkan bahwa seluruh parameter polutan memiliki hasil pengukuran dibawah baku mutu berdasarkan PP No 2 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup. Meskipun hasil pengukuran udara di lingkungan kerja ini dibawah baku mutu, tetapi jika dihirup secara terus menerus dengan lama paparan pekerja dengan durasi kerja minimal 8 jam perhari dan dilakukan dalam masa kerja yang panjang akan memberikan efek atau dampak kepada kesehatan pekerja dan dapat menyebabkan Penyakit Akibat Kerja (PAK) pada pekerja antara lain dapat menimbulkan gangguan pernafasan akut (ISPA) dan jika paparan atau pajanan jangka waktu yang panjang dapat menyebabkan penurunan fungsi paru pada pekerja.

Dampak lingkungan yang ditimbulkan oleh industri ini dapat mengganggu kesehatan pekerja dan kerugian secara ekonomi. Mengingat kegiatan industri ini sudah berjalan dalam waktu yang lama, maka hal yang dapat dilakukan untuk mengelola lingkungan adalah dengan menggunakan Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan (ARKL).

Metode ARKL digunakan untuk mencermati potensi besarnya risiko saat ini dan di masa yang akan datang, serta menentukan hal-hal

yang dapat dilakukan untuk pengelolaan risikonya. Oleh karena itu, perlu dilakukannya analisis mengenai risiko kesehatan lingkungan pajanan polutan udara dengan beberapa langkah yaitu: identifikasi bahaya, analisis dosis-respon, analisis pajanan dan karakterisasi risiko pada pekerja di PT.X. Berdasarkan permasalahan tersebut, tujuan penelitian adalah untuk menganalisis besaran risiko kesehatan akibat pajanan polutan udara di lingkungan kerja serta dampak keluhan gangguan pernafasan yang dirasakan oleh pekerja di PT.X

KAJIAN PUSTAKA

Menurut Peraturan Pemerintah No 49 tahun 1991 adalah pencemaran udara didefinisikan sebagai masuknya atau dimasukkannya zat, energi, atau komponen lain ke dalam udara ambien akibat aktivitas manusia, yang menyebabkan penurunan kualitas udara hingga tidak lagi dapat menjalankan fungsinya sebagaimana mestinya.

Berdasarkan sumber dan proses terbentuknya di atmosfer, polutan udara diklasifikasikan menjadi dua kategori, yaitu: (1) Polutan primer, yakni zat pencemar yang langsung dilepaskan ke udara dari sumber tertentu, seperti karbon monoksida (CO), nitrogen oksida (NO), nitrogen dioksida (NO₂), hidrokarbon, sulfur dioksida (SO₂), dan partikel-partikel tersuspensi; serta (2) Polutan sekunder, yaitu zat pencemar yang terbentuk melalui reaksi kimia di atmosfer, seperti ozon, yang dihasilkan dari interaksi antara senyawa hidrokarbon dan nitrogen oksida (NO_x) di bawah pengaruh sinar ultraviolet (Khambali, 2017).

ARKL merupakan suatu pendekatan sistematis yang bertujuan untuk mengkaji sejauh

mana suatu risiko terhadap kesehatan manusia dapat timbul akibat permasalahan lingkungan yang telah teridentifikasi. Pendekatan ini mencakup penilaian risiko yang berkaitan langsung dengan paparan terhadap agen pencemar lingkungan (Kementerian Kesehatan, 2012).

Tujuan utama dari pelaksanaan ARKL adalah untuk mendeteksi potensi risiko serta mengukur tingkat risiko kesehatan lingkungan secara kuantitatif, termasuk perencanaan pengelolaan risiko yang diperlukan. Proses ARKL terdiri dari beberapa tahapan, yaitu: identifikasi bahaya, analisis hubungan dosis-respons, analisis paparan untuk menentukan besaran intake atau asupan dari agen pencemar, dan terakhir, karakterisasi risiko (Kementerian Kesehatan, 2012).

METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini merupakan studi kuantitatif deskriptif menggunakan desain *cross sectional*. Penelitian ini dilakukan di PT. X di Kota Tangerang, Banten yang dilaksanakan pada bulan Juli sampai dengan Desember 2023.

Populasi penelitian ini adalah seluruh pekerja di PT.X yang berada dibagian proses produksi di Plant A, Plant B, Plant C, Plant D dan Plant E dengan total seluruh pekerja sebanyak 515 pekerja.

Sampel dalam penelitian ini dihitung menggunakan rumus berikut ini :

$$n = \frac{z^2 \alpha p (1-p)}{d^2}$$
$$n = \frac{2,58^2 0,3 (1-0,3)}{0,1^2} = 139,7 = 140$$

Untuk mencegah kemungkinan adanya sampel yang *drop out*, maka jumlah sampel ditambah 10%. Sehingga total sampel pada penelitian ini yaitu 158 sampel. Teknik pemilihan sampel yang

digunakan yaitu *simple random sampling*.

Penelitian ini telah mendapatkan persetujuan etik dengan berdasarkan surat etik No.0923-07.054/DPKE-KEP/FINAL-EA/UEU/VII/2023 dari komisi etik Universitas Esa Unggul.

Analisis data menggunakan analisis univariat dengan menampilkan distribusi frekuensi serta hasil perhitungan risiko dengan menggunakan teknik analisis *risk assessment* atau studi Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan (ARKL) yang dilakukan untuk mendapatkan estimasi besarnya risiko kesehatan yang diterima pekerja akibat paparan polutan di udara yakni PM₁₀, PM_{2,5} dan Hidrokarbon (HC) di lingkungan kerja

HASIL PENELITIAN

Seluruh responden dalam penelitian ini berjenis kelamin laki-laki dengan rantang umur antara 20 sampai 52 tahun. Responden dipilih dari 5 area produksi.

Identifikasi bahaya

Konsentrasi CO, NO₂, O₃, TSP, PM₁₀, PM_{2,5} dan Hidrokarbon (HC) dan di udara diperoleh dari data sekunder pengukuran udara ambien yang dilakukan oleh PT X pada bulan Januari tahun 2023. Berdasarkan hasil pengukuran kualitas udara yang dilakukan oleh PT X tahun 2023 menunjukkan bahwa seluruh konsentrasi polutan yakni PM₁₀ (0,004 mg/m³), PM_{2,5} (0,0031 mg/m³) dan Hidrokarbon (0,021 mg/m³) masih berada dibawah baku mutu.

Analisis Dosis Respon

Analisis dosis respon dilakukan untuk menentukan nilai kuantitatif toksisitas suatu agen dimana untuk paparan udara (inhalasi) dinyatakan sebagai RfC. Nilai RfC PM₁₀, PM_{2,5} dan Hidrokarbon (HC) dicari berdasarkan *National Ambient Air Quality Standard* (NAAQS) pada Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No. 22 Tahun 2021 Tentang Baku Mutu Udara Ambien
Nilai RfC untuk seluruh polutan udara adalah sebagai berikut:

Tabel 1. Nilai Konsentrasi Referensi (RfC) Udara Ambien

Polutan	Rfc
PM ₁₀ *	0,008
PM _{2,5} *	0,006
HC*	0,0175

*dihitung berdasarkan Baku Mutu Udara Ambien Nasional (Pemerintah Republik Indonesia, 2021)

**dosis referensi (RfD) jalur inhalasi berdasarkan US EPA 1990

Nilai RfC dihitung berdasarkan pada nilai Nilai *default laju* inhalasi(R) di lingkungan kerja yaitu 0,83 m³ /jam (f=250 hari/tahun, t_{avg}=365/hari), masa kerja rata-rata responden (Dt = 12,85 tahun) dan berat rata-rata responden (Wb = 66,48 kg).

Analisis Paparan

Keseluruhan pekerja yang menjadi responden dalam penelitian ini berjenis kelamin laki-laki. Pada tahap penilaian paparan, dibutuhkan data antropometri dari pekerja yang terpajan untuk menetapkan intake atau asupan yang diterima oleh pekerja tersebut. Adapun karakteristik antropometri yang diukur antara lain berat badan (Wb=

66,48 kg), pajanan harian ($tE = 7,93$ jam/hari), frekuensi pajanan tahunan ($fE = 260$ hari/tahun) dan durasi pajanan ($Dt = 12,85$ tahun) dimana data tersebut diambil dari wawancara dengan pekerja.

Nilai Ink (intake jalur pajanan inhalasi/terhirup) untuk seluruh polutan udara adalah sebagai berikut:

Tabel 2. Nilai Asupan Pajanan Inhalasi (Ink) Udara Ambien

Polutan	Ink
PM ₁₀	0,003
PM _{2,5}	0,002
HC	0,018

Dihitung dengan pedoman (Kementerian Kesehatan, 2012)

Hasil perhitungan intake menunjukkan bahwa jumlah asupan pajanan inhalasi pada pekerja masih berada dibawah batas aman yang diperbolehkan. Hal ini dikarenakan nilai konsentrasi dari agen risiko (PM₁₀, PM_{2,5} dan Hidrokarbon) masih dibawah baku mutu udara ambien.

Berdasarkan tabel diatas juga dapat disimpulkan bahwa pekerja yang memiliki berat badan 66,48 kg akan aman untuk berada di lingkungan kerja tersebut selama 8

jam/hari dalam 365 hari/tahun untuk jangka waktu 12,85 tahun kedepan apabila konsentrasi pajanan harian paling tinggi (tidak melebihi) untuk konsentrasi PM₁₀=0,003 mg/m³, PM_{2,5}=0,002 mg/m³ dan HC=0,018 mg/m³.

Karakteristik Risiko

tingkat risiko pajanan polutan dapat dihitung berdasarkan tabel berikut ini :

Tabel 3. Karakteristik Risiko Polutan Udara Terhadap Pekerja

Polutan	RQ	Kesimpulan
PM ₁₀	0,375	Aman (tidak berisiko)
PM _{2,5}	0,333	Aman (tidak berisiko)
HC	1,028	Tidak Aman (berisiko)

Tingkat risiko non karsinogenik dikatakan aman apabila nilai $RQ \leq 1$, dan tingkat risiko non karsinogenik tidak aman jika nilai $RQ \geq 1$. Maka berdasarkan tabel 6 hasil perhitungan RQ yang menunjukkan tingkat risiko non karsinogenik yang aman (nilai $RQ < 1$) adalah konsentrasi untuk polutan CO, O₃, TSP, PM₁₀, dan PM_{2,5}. Sedangkan hasil perhitungan yang menunjukkan tingkat risiko yang tidak aman non karsinogenik ($RQ \geq 1$) adalah konsentrasi polutan NO₂ dan Hidrokarbon.

Sehingga dapat disimpulkan bahwa pajanan secara inhalasi untuk polutan NO₂ dan Hidrokarbon yang diterima oleh pekerja PT X dengan berat badan sekitar 66,48 kg, dengan frekuensi pajanan 7,93 jam sehari dan 260 hari kerja/ tahun hingga 12,85 tahun dikategorikan tidak aman (berisiko).

Pengelolaan Risiko

Pengelolaan risiko merupakan cara atau metode yang akan digunakan untuk mencapai batas aman. Perhitungan pengelolaan risiko dilakukan pada polutan dengan

nilai $RQ > 1$, yaitu polutan Hidrokarbon.

Tabel 4. Konsentrasi Maksimal dan Laju Paparan Paparan Maksimal

	Hidrokarbon
Konsentrasi aman (mg/m^3)	0,019
Waktu paparan aman (jam/hari)	7,583
Frekuensi paparan aman (hari/tahun)	236,99

Berdasarkan tabel diatas maka dapat disimpulkan bahwa paparan konsentrasi polutan hidrokarbon yang aman pada pekerja adalah dengan konsentrasi $0,019 \text{ mg}/\text{m}^3$ dengan waktu paparan rata-rata 7,583 jam per hari dan frekuensi

paparan 236,99 hari dalam 12,85 tahun.

Keluhan Gangguan Pernafasan

Berikut ini adalah data kasus ISPA berdasarkan data kunjungan klinik di PT.X

Tabel 5. Gambaran Kejadian ISPA Pekerja PT. X

Kejadian ISPA	Frekuensi (N)	Persentase (%)
ISPA	103	65,2
Tidak ISPA	55	34,8
Total	158	100

Sumber : Data Sekunder Rekam Medis Klinik PT. X bulan Januari-Juni 2023

Berdasarkan hasil data sekunder yang diperoleh dari data rekam medis klinik PT.X diketahui sebanyak 103 (65,2%) pekerja yang merupakan responden dalam penelitian ini

pernah didiagnosa mengalami ISPA oleh dokter pada periode kunjungan bulan Januari sampai dengan bulan Juni 2023.

PEMBAHASAN

Analisis Risiko Polutan Udara

PT X merupakan perusahaan yang bergerak dibidang produksi kabel, dimana hasil produksinya akan digunakan untuk listrik, telepon, internet, TV dan sebagainya. Dalam proses produksi, PT X menggunakan mesin yang relatif besar dan panjang dimana pada setiap mesinnya membutuhkan operator untuk menjalankan mesin yang ada dan pekerja lainnya yang bekerja di bagian produksi. Beberapa bahan-bahan yang digunakan dalam proses produksi antara lain PVC, aluminium, tembaga, PE, *copper foil*, plastik lembaran dan lain-lain. Kegiatan

yang dilakukan pekerja di bagian produksi antara lain memperkecil kabel, menggabungkan kabel, memberikan bahan isolator, memasang bahan pelindung, serta mewarna *chord* pada penghantar kabel.

Pada bagian *drawing* untuk memperkecil kabel penghantar listrik dengan menggunakan mesin akan menimbulkan gesekan antar satu dengan yang lain nya maka dapat menghasilkan partikel-partikel debu di lingkungan kerja nya. Partikel-partikel tersebutlah yang dapat masuk ke sistem saluran pernapasan para pekerja. Sedangkan pada proses kerja bagian isolator

dimana kabel akan diberikan bahan isolasi pada penghantar kabel. Bahan isolator tersebut mengandung bahan plastik dimana ketika proses pemanasan dan penyatuan antar kabel dengan bahan tersebut menghasilkan uap dan menyebar di lingkungan kerjanya. Hasil dari proses kerjanya tersebut berupa uap mengandung bahan kimia dapat masuk ke sistem saluran pernapasan dari para pekerja.

Hal ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan di 4 zona industri yang ada di Nigeria, meliputi Lagos dari zona industri barat daya, Enugu dari zona industri tenggara, Warri dari zona industri barat tengah, dan Kano dari zona industri utara-tengah, dimana menunjukkan rata-rata konsentrasi harian $PM_{2.5}$ yang lebih tinggi dibandingkan dengan standar WHO yang telah ditetapkan ($15 \mu g/m^3$), sementara konsentrasi PM_{10} di zona Kano secara signifikan lebih tinggi dari standar WHO ($45 \mu g/m^3$). Hasil penilaian risiko juga menunjukkan bahwa paparan $PM_{2.5}$ di semua zona industri manufaktur utama yang ada di Nigeria cenderung menimbulkan dampak yang lebih negatif terhadap kesehatan manusia, terutama pada kelompok yang paling rentan dan sensitif (Lala et al., 2025).

Penelitian lainnya yang dilakukan di Thailand dimana membandingkan antara kawasan industri dan perkotaan di Provinsi Chonburi. Perbandingan spasial menunjukkan bahwa nilai RQ tertinggi untuk PM_{10} dan $PM_{2.5}$ di wilayah industri masing-masing 3,255 dan 1,286 kali lebih tinggi daripada di wilayah perkotaan. Pada kawasan industri menunjukkan Nilai RQ konsentrasi $PM_{2.5}$ untuk orang dewasa lebih tinggi daripada anak-anak, yaitu 1,224 dan 0,359, yang menunjukkan bahwa orang dewasa memiliki risiko kesehatan yang tinggi dibandingkan anak-anak, hal ini

karena adanya pajanan dalam jangka panjang yang menyebabkan adanya akumulasi pajanan polutan yang lebih lama yang biasanya dialami oleh orang dewasa daripada oleh anak-anak. Risiko kesehatan sebagai penilaian untuk paparan kronis mempertimbangkan total paparan selama seumur hidup, yang mengakibatkan akumulasi polutan yang lebih besar pada orang dewasa selama bertahun-tahun, yang berkontribusi pada tingkat risiko yang lebih tinggi (Nakyai, Santasnachok, Thetkathuek, & Phatrabuddha, 2025).

Pada tahun 2017 ditemukan kematian dini akibat $PM_{2.5}$ atmosfer Nigeria mencapai 49.100, dan anak-anak di bawah usia 5 tahun memiliki kerentanan yang paling besar (Etim, Babaremu, Lazarus, & Omole, 2021). $PM_{2.5}$ dapat juga meningkatkan risiko penyakit jantung iskemik, infark miokard, dan penyakit serebrovaskular (Maji et al., 2023). Sebuah studi juga menunjukkan bahwa risiko kanker paru-paru akibat paparan $PM_{2.5}$ adalah sekitar 57.500 per 1 juta orang. Diantara bayi, anak-anak, dan orang dewasa, dimana orang dewasa memiliki risiko lebih tinggi terkena kanker paru-paru akibat paparan $PM_{2.5}$ hal ini berkaitan dengan bioakumulasi didalam tubuh (Kawichai, Bootdee, Sillapapiromsuk, & Janta, 2022).

Penelitian lain mengenai evaluasi risiko kesehatan yang komprehensif terhadap polusi udara ambien dilakukan di daerah perkotaan yang ada di Ghana dari tahun 2000 hingga 2023 yang menunjukkan bahwa konsentrasi rata-rata $PM_{2.5}$ adalah polutan yang paling merugikan secara keseluruhan untuk penyakit pernapasan kronis dimana konsentrasinya 5-6x kali lebih tinggi dari rekomendasi WHO. Indeks bahaya dari paparan $PM_{2.5}$ melalui inhalasi juga menunjukkan risiko kesehatan non-kanker yang

signifikan untuk durasi paparan tiga jam dan lebih per hari. Selain itu, indeks kualitas udara dari 56 kota perkotaan ditemukan tidak sehat untuk kelompok sensitif dan untuk semua kelompok orang. Nilai Risiko $PM_{2,5}$ dan O_3 menunjukkan tingkat risiko yang tidak aman bagi penduduk perkotaan dan dapat berkontribusi pada pengurangan harapan hidup hingga 4,5-6,2 tahun (Ababio et al., 2025).

Risiko Kesehatan Hidrokarbon

Hasil perhitungan risiko menunjukkan bahwa paparan konsentrasi Hidrokarbon pada pekerja di bagaian produksi tergolong tidak aman. Paparan Hidrokarbon dianggap aman apabila konsentrasi Hidrokarbon di area produksi sebesar $0,019 \text{ mg/m}^3$ dan durasi paparan yang aman 7,583 jam per hari serta frekuensi pajanan 236,99 hari kerja dalam setahun selama 12,85 tahun. Intake yang diterima oleh pekerja masih dalam batas aman, akan tetapi durasi kerja perhari dan frekuensi kerja dalam setahun melebihi batas aman dimana rata-rata durasi pajanan pekerja di area produksi setiap harinya adalah 7,93 jam per hari selama 260 hari kerja dalam setahun. Dengan kata lain pekerja yang memiliki berat badan 66,48 kg dan terpapar polutan Hidrokarbon di lingkungan kerja sebesar $0,019 \text{ mg/m}^3$ untuk frekuensi pajanan 236,99 hari dalam setahun selama 12,85 tahun akan aman jika durasi paparannya tidak melebihi 7,583 jam per hari.

Pada area produksi, hidrokarbon bersumber dari penggunaan bahan bakar yang digunakan untuk menggerakkan alat-alat produksi. Hidrokarbon merupakan zat kimia alami yang dapat ditemukan dalam minyak mentah, gas yang mudah terbakar, dan batu bara. Di seluruh dunia, hidrokarbon digunakan sebagai

bahan bakar, polimer, pelarut, dan minyak pelumas. Hidrokarbon sangat mudah terbakar dan merupakan sumber energi utama dunia. Contoh dari hidrokarbon yaitu metana, etana, dan propana, dan benzena. Benzena ditemukan dalam hidrokarbon yang berbau harum (Matthew, 2022).

Minyak bumi merupakan campuran dari berbagai senyawa hidrokarbon, yang sebagian besar mengandung karbon dan hidrogen dalam proporsi yang berbeda-beda (Al-Rubaye et al., 2023). Hidrokarbon dilepaskan bersamaan dengan nitrogen oksida saat bahan bakar terbakar dalam mesin pembakaran, saat knalpot kendaraan mengeluarkan udara dan sisa bahan bakar, saat pengisian bahan bakar, dan saat bahan bakar menguap dari mesin dan sistem bahan bakar akibat pengoperasian kendaraan atau cuaca panas. Jika cuaca cerah dan suhu udara hangat, hidrokarbon dapat bereaksi dengan oksida nitrogen dan menghasilkan polutan sekunder, yaitu ozon (New York State Department of Environmental Conservation, 2022). Paparan benzena yang merupakan bahan kimia beracun yang mudah menguap dalam minyak mentah dapat berdampak buruk pada kesehatan manusia. Efek toksikologi hidrokarbon bergantung pada berat molekulnya, jenis hidrokarbon, subjek yang terpapar, dan tahap siklus hidup organisme yang terpapar (Al-Rubaye et al., 2023).

Polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) adalah kontaminan kimia dari cincin aromatik karbon dan hidrogen. Sumber dari kontaminan ini di lingkungan berasal dari polusi industri, sumber bergerak, domestik, dan pertanian. Efek kesehatan pada manusia terutama bergantung pada durasi dan rute paparan, volume atau konsentrasi

dan toksisitas relatif PAH (Mallah et al., 2022). PAH dapat masuk ke tubuh melalui inhalasi, konsumsi makanan dan air yang terkontaminasi, dan paparan kulit. Paparan jangka pendek dapat menyebabkan iritasi mata, mual, dan muntah, sedangkan paparan jangka panjang menimbulkan risiko kerusakan ginjal dan hati, kesulitan bernapas, gejala seperti asma, dan penyakit paru obstruktif kronik (PPOK) (Venkatraman et al., 2024).

Paparan hidrokarbon dalam jangka waktu yang panjang juga dapat memberikan dampak kesehatan terhadap pekerja. Paparan konsentrasi tinggi hidrokarbon dapat dikaitkan dengan peningkatan risiko dermatitis atopik, yaitu radang kulit kronis yang menyebabkan kulit kemerahan, gatal, kering, dan pecah-pecah (Wang et al., 2021). Studi paparan konsentrasi rata-rata total hidrokarbon 2,25 ppm selama 10 tahun pada udara ambien juga menunjukkan adanya peningkatan risiko kanker kandung kemih (*Urinary Bladder Cancer /UBC*) di antara orang berusia ≥ 20 tahun di Taiwan (Zhang et al., 2022).

Sejumlah organ juga ditemukan rentan terhadap perkembangan tumor akibat paparan jangka panjang PAH, antara lain kulit, paru-paru, pankreas, esofagus, kandung kemih, usus besar, dan payudara. Paparan PAH juga dapat meningkatkan risiko kanker paru-paru serta penyakit kardiovaskular, termasuk aterosklerosis, trombosis, hipertensi, dan infark miokard (MI). Dalam beberapa penelitian, paparan jangka panjang telah dikaitkan dengan peningkatan tekanan darah yang terus-menerus (Mallah et al., 2022).

Melihat besarnya risiko kesehatan jangka panjang dari pajanan polutan NO_2 dan Hidrokarbon, maka diperlukan upaya

pencegahan dan pengenalan yang harus dilakukan perusahaan. Pengukuran kualitas udara di lingkungan perlu dilakukan secara konsisten dan rutin setiap tahun untuk mengevaluasi upaya pengendalian pencemaran udara yang telah dilakukan oleh perusahaan, selain itu sangat diperlukan upaya proteksi kepada pekerja salah satunya adalah penggunaan masker sebagai Alat Pelindung Diri untuk mengurangi risiko paparan polutan dari area kerja. Untuk memastikan kepatuhan pekerja dalam menggunakan APD, pihak perusahaan juga harus mampu untuk menerapkan kebijakan yang tegas dan melakukan pengawasan secara rutin.

KESIMPULAN

Pajanan Hidrokarbon yang ada di area produksi masuk dalam kategori tidak aman dan memiliki risiko karsinogenik bagi pekerja yang memiliki berat badan 66,48 kg dengan durasi pajanan 7,583 jam per hari dan frekuensi pajanan 236,99 hari dalam setahun selama 12,85 tahun. Sementara itu, konsentrasi polutan PM_{10} , dan $\text{PM}_{2,5}$ menunjukkan tingkat risiko masih dalam batas aman. Seluruh konsentrasi polutan masih berada dalam batas aman, akan tetapi durasi paparan dan frekuensi paparan telah melewati batas aman. Sebagian besar pekerja (65,2%) pernah terdiagnosa ISPA oleh dokter. Oleh karena itu diperlukan upaya pencegahan dan pengendalian terhadap lingkungan kerja dan pekerja, salah satunya adalah kepatuhan pekerja dalam menggunakan masker. Kepada penelitian selanjutnya dapat melakukan kajian yang lebih mendalam mengenai dampak gangguan pernafasan pada pekerja dengan melakukan pengukuran fungsi paru pada pekerja.

DAFTAR PUSTAKA

- Ababio, B. A., Ashong, G. W., Agyekum, T. P., Yeboah, B. A., Nkansah, M. A., Hogarh, J. N., ... Appiah, M. K. (2025). Comprehensive Health Risk Assessment Of Urban Ambient Air Pollution (Pm2.5, No2 And O3) In Ghana. *Ecotoxicology And Environmental Safety*, 289(December 2024), 117591. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2024.117591>
- Al-Rubaye, A. H., Jasim, D. J., Ameen, H. F. M., Al-Robai, H. A., & Al-Assal, J. R. (2023). The Impacts Of Petroleum On Environment. *Iop Conference Series: Earth And Environmental Science*, 1158(3), 032014. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1158/3/032014>
- Etim, M. A., Babaremu, K., Lazarus, J., & Omole, D. (2021). Health Risk And Environmental Assessment Of Cement Production In Nigeria. *Atmosphere*, 12(9), 1-16. <https://doi.org/10.3390/atmos12091111>
- Kawichai, S., Bootdee, S., Sillapapiromsuk, S., & Janta, R. (2022). Epidemiological Study On Health Risk Assessment Of Exposure To Pm2.5-Bound Toxic Metals In The Industrial Metropolitan Of Rayong, Thailand. *Sustainability (Switzerland)*, 14(22). <https://doi.org/10.3390/su142215368>
- Kementerian Kesehatan. (2012). *Pedoman Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan (Guidance On Environmental Health Risk Analysis)*. Direktorat Jendral Pp Dan Pl Kementerian Kesehatan.
- Kementerian Lingkungan Hidup. (2016). *Pengendalian Pencemaran Udara*.
- Khambali. (2017). *Pencemaran Lingkungan* (Erna Triastuti, Ed.). Hakli Provinsi Jawa Timur.
- Lala, M. A., Vincent, A. L., Adesina, O. A., Popoola, L. T., Odejebi, O. J., & Sonibare, J. A. (2025). Particulate Matter Exposure In Major Manufacturing Industrial Zones Of Nigeria: Non Carcinogenic Human Health Risk Assessments, Spatiotemporal Analysis And Dispersion Modeling. *Case Studies In Chemical And Environmental Engineering*, 11(February), 101151. <https://doi.org/10.1016/j.csee.2025.101151>
- Maji, S., Ahmed, S., Kaur-Sidhu, M., Mor, S., & Ravindra, K. (2023). Health Risks Of Major Air Pollutants, Their Drivers And Mitigation Strategies: A Review. *Air, Soil And Water Research*, 16. <https://doi.org/10.1177/11786221231154659>
- Mallah, M. A., Changxing, L., Mallah, M. A., Noreen, S., Liu, Y., Saeed, M., Xi, H., Ahmed, B., Feng, F., Mirjat, A. A., Wang, W., Jabar, A., Naveed, M., Li, J.-H., & Zhang, Q. (2022). Polycyclic Aromatic Hydrocarbon And Its Effects On Human Health: An Overreview. *Chemosphere*, 296, 133948. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2022.133948>
- Matthew, T. (2022). A Study On Hydrocarbons. *International Journal Of Chemical Sciences*, 20(01).
- New York State Department Of Environmental Conservation. (2022, September 29). *Controlling Air Pollution From Motor Vehicles*.

- <https://Dec.Ny.Gov/Environmental-Protection/Air-Quality/Controlling-Motor-Vehicle-Pollution>
- Nakyai, T., Santasnachok, M., Thetkathuek, A., & Phatrabuddha, N. (2025). Influence Of Meteorological Factors On Air Pollution And Health Risks: A Comparative Analysis Of Industrial And Urban Areas In Chonburi Province, Thailand. *Environmental Advances*, 19(December 2024), 100608. <https://doi.org/10.1016/j.envadv.2024.100608>
- Ngurah Rai, I. B. (2018). Occupational Lung Disease: What You Need To Know. In *Symposium Occupational Lung Disease "What You Need To Know."*
- Pemerintah Republik Indonesia. (2021). Pp No.22 Tahun 2021 Tentang Penyelenggaraan Perlindungan Dan Pengelolaan Lingkungan Hidup. In *Peraturan Pemerintah*.
- Simatupang, M. M., Veronika, E., Irfandi, A., & Garmini, R. (2022). Environmental Health Risk Assessment Of Air Pollutants In Online Motorcycle Taxi Drivers In The Special Capital Region Of Jakarta. *Jurnal Kesehatan Lingkungan*, 14(2), 114-121. <https://doi.org/10.20473/jkl.v14i2.2022.114-121>
- Venkatraman, G., Giribabu, N., Mohan, P. S., Muttiah, B., Govindarajan, V. K., Alagiri, M., Abdul Rahman, P. S., & Karsani, S. A. (2024). Environmental Impact And Human Health Effects Of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons And Remedial Strategies: A Detailed Review. *Chemosphere*, 351, 141227. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2024.141227>
- Wang, C., Wei, C.-C., Wan, L., Lin, C.-L., & Tsai, J.-D. (2021). Association Of Exposure To Hydrocarbon Air Pollution With The Incidence Of Atopic Dermatitis In Children. *Italian Journal Of Pediatrics*, 47(1), 202. <https://doi.org/10.1186/s13052-021-01157-7>
- Yulaekah, S., Adi, M. S., & Nurjazuli. (2017). Paparan Debu Terhirup Dan Gangguan Fungsi Paru Pada Pekerja Industri Batu Kapur (Studi Di Desa Mrisi Kecamatan Tanggunharjo Kabupaten Grobogan). *Jurnal Kesehatan Lingkungan Indonesia*, 6(1), 24-32.
- Zhang, H.-W., Tsai, Z.-R., Kok, V. C., Peng, H.-C., Chen, Y.-H., Tsai, J. J. P., & Hsu, C. Y. (2022). Long-Term Ambient Hydrocarbon Exposure And Incidence Of Urinary Bladder Cancer. *Scientific Reports*, 12(1), 20799. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-25425-6>