Indonesian Research Journal on Education

e-ISSN: 2775 – 8672, p-ISSN: 2775 – 9482
Volume 5 Nomor 6 Tahun 2025
Halaman: 2040 – 2048

Web: https://irje.org/index.php/irje

RESEARCH

Paparan dan Risiko Kesehatan Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (PAHs) di Lingkungan

Icha Kania Adhifana Febrianti[1], Siti Lailatul Rohmah[2], Adinda Jasmine Rachmawati[3], Faradiba Yasmin[4], Denes Wara Ayu Puspita[5], Stevani Christy Puspitasari[6], Rizki Amalia Neriza[7], Dinda Dwi Ariani[8], Ratna Dwi Puji Astuti[9], Ratnaningtyas Wahyu Kusuma Wardani[10], Sudarmaji[11], M Farid Dimjati Lusno[12], Kusuma Scorpia Lestari[13]
Kesehatan Masyarakat, Fakultas Kesehatan Masyarakat, Universitas Airlangga, Indonesia

icha.kania.adhifana-2022@fkm.unair.ac.id[1], siti.lailatul.rohmah-2022@fkm.unair.ac.id[2], adinda.jasmine.rachmawati-2022@fkm.unair.ac.id[3] ,faradiba.yasmin-2022@fkm.unair.ac.id[4], denes.wara.ayu-2022@fkm.unair.ac.id[5], stevani.christy.puspitasari-2022@fkm.unair.ac.id[6], rizki.amalia.neriza-2022@fkm.unair.ac.id[7], dinda.dwi.ariani-2022@fkm.unair.ac.id[8] , ratna.dwi@fkm.unair.ac.id[9], ratnaningtyas-wahyu-k-w@vokasi.unair.ac.id[10], sudarmaji@fkm.unair.ac.id[11], faridlusno@fkm.unair.ac.id[12], kusumalestari@fkm.unair.ac.id[13]

Kata Kunci:
Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (PAHs), Polusi Udara, Paparan, Kesehatan Masyarakat.

Abstrak

Polusi lingkungan khususnya yang disebabkan oleh *Polycyclic aromatic hydrocarbons* (PAHs) telah menjadi masalah kesehatan masyarakat yang semakin mendesak. Terutama di kawasan perkotaan dengan tingkat aktivitas industri yang tinggi. PAHs terbentuk akibat pembakaran tidak sempurna bahan organik dan ditemukan di berbagai media lingkungan seperti udara, air, tanah, serta makanan. Paparan PAHs berpotensi menyebabkan gangguan kesehatan serius termasuk penyakit pernapasan, kanker, gangguan metabolik dan reproduksi yang terutama berdampak pada kelompok rentan seperti anak-anak dan ibu hamil. Penelitian ini menggunakan pendekatan kualitatif dengan metode scoping untuk mengidentifikasi, mengevaluasi, dan merangkum literatur mengenai sumber, jalur paparan, dan dampak kesehatan PAHs. Studi ini menunjukkan bahwa paparan PAHs terjadi melalui berbagai jalur, seperti inhalasi partikel halus di udara, kontak dermal, dan konsumsi makanan terkontaminasi. Paparan PAHs di daerah perkotaan dengan polusi tinggi meningkatkan risiko kesehatan masyarakat. Untuk mengatasi dampak ini strategi mitigasi yang efektif diperlukan termasuk pengurangan emisi dari sektor transportasi dan industry. Peningkatan kualitas udara juga penerapan teknologi bioremediasi untuk mengurangi kontaminasi PAHs di lingkungan. Perlindungan terhadap kelompok rentan seperti ibu hamil dan anak-anak menjadi prioritas kebijakan mitigasi. Kesimpulannya pengurangan paparan PAHs melalui kebijakan yang komprehensif dapat mengurangi risiko kesehatan jangka panjang, terutama di daerah perkotaan dengan polusi tinggi.

Key Word:
Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (PAHs), Air Pollution, Exposure, Public Health.

Abstract

Environmental pollution, particularly caused by Polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) has become an increasingly pressing public health issue, especially in urban areas with high industrial activity. PAHs are formed as a result of incomplete combustion of organic materials and are found in various environmental media such as air, water, soil, and food. Exposure to PAHs poses serious health risks, including respiratory diseases, cancer, and metabolic and reproductive disorders with the most significant impact on vulnerable groups such as children and pregnant women. This study employs a qualitative approach with a scoping review methodology to identify, evaluate, and summarize the literature regarding the sources, exposure pathways, and health effects of PAHs. The findings indicate that exposure to PAHs occurs through various pathways, such as inhalation of fine particulate matter in the air dermal contact, and consumption of contaminated food. PAH exposure in urban areas with high pollution levels increases the health risks for local populations. To address these impacts, effective mitigation strategies are required, including the reduction of emissions from the transportation and industrial sectors, air quality improvement, and the implementation of bioremediation technologies to reduce PAH contamination in the environment. Protection of vulnerable groups, such as pregnant women and children, should be a priority in mitigation policies. In conclusion, reducing PAH exposure through comprehensive policies can significantly lower long-term health risks, especially in urban areas with high pollution levels.

Copyright © 2025 Icha Kania Adhifana Febrianti, Siti Lailatul Rohmah, Adinda Jasmine Rachmawati, Faradiba Yasmin, Denes Wara Ayu Puspita, Stevani Christy Puspitasari, Rizki Amalia Neriza, Dinda Dwi Ariani, Ratna Dwi Puji Astuti, Ratnaningtyas Wahyu Kusuma Wardani, Sudarmaji, M Farid Dimjati Lusno, Kusuma Scorpia Lestari
*This work is licensed under an **Attribution-ShareAlike 4.0 International (CC BY-SA 4.0)***

e-ISSN: 2775 – 8672
p-ISSN: 2775 – 9482

PENDAHULUAN

Beberapa dekade terakhir polusi lingkungan telah menjadi masalah kesehatan masyarakat yang semakin mendesak. Aktivitas antropogenik yang semakin berkembang terutama di kawasan perkotaan menyebabkan peningkatan signifikan dalam pelepasan berbagai zat polutan ke dalam lingkungan. Di antara polutan tersebut *Polycyclic aromatic hydrocarbons* (PAHs) atau hidrokarbon aromatik polisiklik menjadi perhatian utama karena sifat toksik dan karsinogeniknya yang dapat membahayakan kesehatan manusia. PAHs terbentuk akibat pembakaran tidak sempurna bahan organik dan ditemukan di berbagai media lingkungan seperti udara, air, tanah, serta makanan dan tubuh manusia.

PAHs juga memiliki daya tahan yang tinggi di lingkungan sehingga eksposur terhadap senyawa ini dapat berlangsung dalam jangka panjang. Salah satu jalur utama paparan PAHs adalah melalui partikel udara di mana PAHs terikat pada partikulat yang terhirup oleh manusia. Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa daerah perkotaan dengan tingkat aktivitas industri dan emisi kendaraan yang tinggi cenderung memiliki konsentrasi PAHs yang lebih tinggi dalam partikulat udara yang pada gilirannya meningkatkan risiko kesehatan bagi penduduk setempat. Selain gangguan pernapasan seperti Chronic Obstructive Pulmonary Disease (COPD) dan asm. Paparan PAHs dalam jangka panjang juga dapat meningkatkan risiko penyakit jantung dan kanker paru-paru.

Selain melalui inhalasi paparan PAHs juga terjadi melalui kontak dermal dan konsumsi makanan yang terkontaminasi. Sebagai contoh lingkungan memasak dalam rumah terutama yang menggunakan bahan bakar biomassa atau batu bara menjadi sumber utama paparan PAHs melalui asap masakan dan endapan jelaga yang dapat diserap melalui kulit atau terhirup. Paparan juga dapat terjadi melalui kontaminasi air dan tanah dengan beberapa jenis pekerjaan seperti pengaspalan jalan dan pengecoran batu bara meningkatkan risiko paparan pada pekerja. Maka dari itu berbagai jalur paparan ini harus dipertimbangkan dalam upaya mitigasi risiko kesehatan yang ditimbulkan oleh PAHs.

Kelompok rentan seperti anak-anak dan ibu hamil menjadi lebih rentan terhadap paparan PAHs karena sistem kekebalan tubuh mereka yang sedang berkembang dan tingkat asupan udara serta makanan yang lebih tinggi per kilogram berat badan dibandingkan orang dewasa. Beberapa penelitian menunjukkan bahwa paparan PAHs pada ibu hamil dapat menyebabkan berat badan lahir rendah, gangguan perkembangan, dan peningkatan risiko asma pada anak-anak. Ibu menyusui juga dapat mentransfer PAHs melalui ASI, memperburuk risiko kesehatan pada bayi. Hal ini menunjukkan perlunya evaluasi risiko kesehatan yang lebih mendalam pada kelompok rentan ini.

Paparan PAHs yang terus menerus dapat menimbulkan dampak jangka panjang terhadap kesehatan manusia. Selain efek langsung yang dapat terlihat seperti gangguan pernapasan dan kulit. Berbagai jenis PAHs terutama yang memiliki berat molekul tinggi telah terbukti memiliki potensi karsinogenik yang tinggi dan dapat menyebabkan mutasi DNA yang berujung pada perkembangan kanker. Penelitian juga menunjukkan bahwa paparan terhadap PAHs berhubungan dengan peningkatan resiko penyakit jantung dan gangguan metabolik lainnya yang semakin memperburuk kualitas hidup individu yang terpapar dalam waktu lama.

Penting untuk mengembangkan kebijakan dan strategi mitigasi yang lebih efektif dalam menangani paparan PAHs khususnya di kawasan perkotaan dengan tingkat polusi yang tinggi. Penelitian ini bertujuan untuk mengeksplorasi sumber jalur paparan, dan risiko kesehatan yang terkait dengan PAHs di lingkungan. Fokus utama dari penelitian ini adalah untuk memahami dampak paparan PAHs terhadap kelompok rentan serta membahas temuan terbaru yang berhubungan dengan eksposur ini. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan dasar ilmiah bagi pengembangan kebijakan dan strategi mitigasi untuk mengurangi paparan PAHs di kawasan perkotaan dan industri.

METODE

Pada penelitian ini metode yang digunakan adalah pendekatan kualitatif dengan literature review menggunakan metode scoping. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi, mengevaluasi, dan merangkum literatur yang relevan mengenai paparan dan risiko kesehatan yang ditimbulkan oleh Polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) di lingkungan. Proses pencarian literatur dilakukan melalui berbagai database ilmiah, seperti Google Scholar, PubMed, dan ScienceDirect. Dimana literatur dipilih jika memiliki kriteria dimana merupakan jurnal yang di publikasikan tidak lebih dari 5 tahun kebelakang, jurnal berkaitan atau membahas terkait PAHs, jurnal berbahasa inggris (internasional) dan studi bisa berbentuk studi epidemologi, eksperimen maupun tinjauan literatur. Jurnal yang di review di cari dengan menggunakan kata kunci "exposure", "health risks", "polycyclic aromatic hydrocarbons", "PAHs". Dengan menggunakan metode scoping penelitian ini bertujuan untuk memberikan gambaran komprehensif mengenai penelitian yang ada. Juga mengidentifikasi kesenjangan dan area yang membutuhkan penelitian lebih lanjut. Untuk menjaga ketelitian dan transparansi proses review, tahapan scoping review dilakukan secara sistematis yang meliputi

e-ISSN: 2775 – 8672
p-ISSN: 2775 – 9482

identifikasi pertanyaan penelitian, penelusuran literatur, seleksi studi berdasarkan kriteria inklusi dan eksklusi, serta pemetaan temuan utama dari setiap artikel yang terpilih.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Berikut merupakan hasil yang telah dilakukan tinjauan literatur terkait dengan paparan dan risiko kesehatan yang ditimbulkan oleh Polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) di berbagai lingkungan. Penelitian-penelitian yang dibahas mencakup analisis sumber kontaminasi PAH, konsentrasi yang terdeteksi di berbagai media lingkungan seperti sedimen, udara, organisme akuatik, dan penilaian terhadap dampak kesehatan yang ditimbulkan. Tabel berikut menyajikan ringkasan dari penelitian-penelitian yang relevan mengenai PAHs, yang meliputi sumber kontaminasi, metode analisis, dan hasil utama yang ditemukan dalam setiap penelitian.

Tabel 1. *Literature Review*

No	Penulis (Tahun)	Judul	Metode	Hasil Utama
1	(Qu et al., 2020)[2]	*"Potential sources, influencing factors, and health risks of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in the surface soil of urban parks in Beijing, China"*	Analisis sampel tanah dari 122 taman kota di Beijing, menggunakan Conditional Inference Tree (CIT) untuk analisis faktor pengaruh	PAHs dominan berasal dari pembakaran batu bara dan emisi kendaraan. Risiko kesehatan rendah untuk kanker, namun risiko paparan pada anak lebih tinggi dari orang dewasa.
2	(Montano et al., 2025)[7]	*"Polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in the Environment: Occupational Exposure, Health risks and Fertility Implications"*	Tinjauan literatur terkait PAH, paparan di tempat kerja, dan dampaknya terhadap kesehatan serta fertilitas	PAHs berperan sebagai karsinogen, mutagen, dan teratogen, mengganggu kesehatan reproduksi pria dan wanita. Pekerja di industri terkait memiliki risiko tinggi terkena kanker.
3	(Singh & Agarwal, 2022)[8]	*"Polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) exposure through cooking environment and assessment strategies for human health implications"*	Tinjauan literatur dan studi eksperimental terkait emisi dari aktivitas memasak (fumes, deposit, dll.)	Fumes dan deposit masakan merupakan sumber utama paparan PAHs. Risiko kesehatan terkait dengan kanker, gangguan pernapasan, dan stres oksidatif pada pekerja dapur dan konsumen.
4	(Venkatraman et al., 2024)[1]	*"Environmental impact and human health effects of polycyclic aromatic hydrocarbons and remedial strategies: A detailed review"*	Tinjauan literatur mengenai PAHs dan pengaruhnya terhadap kesehatan manusia dan lingkungan, termasuk teknik remediasi	PAHs memiliki potensi kanker, mutagenik, dan toksik, dengan dampak kesehatan yang besar, termasuk kanker, gangguan reproduksi, dan kerusakan sistem imun. Teknologi bioremediasi menjadi salah satu solusi yang menjanjikan.
5	(Souza et al., 2023)[3]	*"Risk characterization of human exposure to polycyclic aromatic hydrocarbons in vulnerable groups"*	Studi epidemiologi dengan pengumpulan sampel urin dari kelompok rentan di Brasil (ibu hamil, ibu menyusui, bayi, anak-anak) untuk mengukur metabolit PAH	Ibu hamil memiliki konsentrasi PAH tertinggi, sementara bayi menunjukkan konsentrasi terendah. Peningkatan risiko kesehatan terdeteksi pada kelompok rentan, dengan risiko kanker akibat paparan PAH, khususnya benzo[a]pyrene.
6	(Yang et al., 2021)[5]	*"Exposure to atmospheric particulate matter-bound polycyclic aromatic hydrocarbons and their health effects: A review"*	Tinjauan literatur mengenai paparan PAHs yang terikat pada partikel udara dan dampaknya terhadap kesehatan manusia	PAHs dalam partikel udara dikaitkan dengan kanker, gangguan pernapasan, dan penyakit jantung. Inhalasi adalah jalur utama paparan, dan konsentrasi PAH berbeda tergantung pada wilayah dan sumber polusi.
7	(Ambade et al., 2022)[11]	*"Characterization, Behavior, and Risk Assessment of Polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in the Estuary Sediments"*	Pengukuran PAH di sedimen estuari Subarnarekha River, analisis menggunakan PCA dan rasio diagnostik	PAHs di sedimen menunjukkan konsentrasi tertinggi pada 3-ring dan 4–5-ring PAHs. Sumber utama PAH adalah pembakaran bahan bakar fosil, biomassa, dan batu bara. Risiko ekosistem dan kesehatan tinggi, terutama untuk PAH dengan berat molekul tinggi (HMW).
8	(D. Wu et al., 2024)[12]	*"Source analysis and health risk assessment of polycyclic*	Pengukuran PAH dalam PM2.5 dan PM10 di	Konsentrasi PAH tertinggi ditemukan selama episode kabut,

		aromatic hydrocarbon (PAHs) in total suspended particulate matter (TSP) from Bengbu, China"	Bengbu dengan analisis sumber menggunakan PMF dan DR, serta penilaian risiko kesehatan	dengan risiko kanker lebih tinggi pada dewasa (ILCR > 10^{-4}) dibandingkan anak-anak. Pembakaran biomassa dan kendaraan adalah sumber utama selama episode kabut.
9	(Huang et al., 2025)[13]	*"Emissions, health risk, and policy impact on polycyclic aromatic hydrocarbon release in Hangzhou, China: 2010–2050 future trends"*	Pemodelan fugasitas untuk menganalisis emisi dan distribusi PAH di berbagai media dari 2010 hingga 2050, analisis dampak kebijakan pengurangan emisi	Pengurangan emisi PAH diperkirakan akan menurunkan risiko kesehatan secara signifikan, dengan penurunan paling besar di air dan udara, namun sedimentasi tetap menjadi sumber jangka panjang. PAHs berberat molekul rendah akan meningkat, sementara PAHs berberat molekul tinggi menurun.
10	(Kongpran et al., 2021)[14]	*"The health risks of airborne polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs): Upper North Thailand"*	Pengukuran konsentrasi PAH di PM2.5 dan PM10 di enam provinsi utara Thailand, dengan penilaian risiko kanker menggunakan ECR	PAH konsentrasi lebih tinggi selama episode kabut, dengan 83% sampel PM2.5 melampaui standar kualitas udara nasional. Risiko kanker lebih tinggi selama episode kabut dengan nilai ECR 9.3×10^{-4}, terutama pada PM terikat partikel.
11	(Li et al., 2023)[15]	*"Occurrence, Sources, and Health risks of Polycyclic aromatic hydrocarbons in Road Environments from Harbin, a Megacity of China"*	Pengukuran 32 PAHs pada debu jalan, tanah sabuk hijau, dan debu tempat parkir di Harbin, analisis menggunakan rasio diagnostik dan model Risiko Kanker Inhalasi	PAHs dominan dihasilkan dari pembakaran bahan bakar fosil dan sumber antropogenik lainnya. Analisis menunjukkan risiko kanker lebih tinggi pada anak-anak dan orang dewasa, terutama pada sampel dari area jalan utama dan tempat parkir bawah tanah.
12	(Lian et al., 2025)[16]	*"Occurrence, Health Risk of PAHs and the Interrelated Microbial Communities in the Sediment of Jinzhou Bay"*	Pengukuran PAHs di sedimen dengan analisis PCA dan model risiko kanker menggunakan ILCR untuk menilai paparan PAH	PAH terdeteksi dengan konsentrasi lebih tinggi di daerah dekat emisi antropogenik, dengan risiko kanker lebih tinggi pada anak-anak dibandingkan orang dewasa. Komunitas bakteri didominasi oleh Proteobacteria, Bacteroidetes, dan Chloroflexi yang berperan dalam degradasi PAH.
13	(Liu et al., 2025)[17]	*"Polycyclic aromatic hydrocarbons in Freshwater Organisms from Hubei, Central China: Health Risk Assessment and Source Identification"*	Pengukuran PAH pada spesies air tawar (ikan, kepiting, udang) dengan analisis sumber menggunakan rasio diagnostik dan PCA	PAHs dominan terdiri dari PAHs dengan 3–4 cincin. Sumber utama adalah pembakaran fosil, dengan risiko kanker yang lebih tinggi pada ikan dibandingkan kepiting dan udang, terutama bagi anak-anak.
14	(Lloyd et al., 2024)[18]	*"Investigating Concentrations and Sources of Polycyclic aromatic hydrocarbons in South and Central Texas Bays and Estuaries along the Gulf of Mexico"*	Pengukuran PAH di air dan sedimen menggunakan analisis rasio diagnostik dan PCA untuk menentukan sumber	PAH dominan berasal dari proses pirolitik, dengan konsentrasi lebih tinggi di Corpus Christi Bay. Resuspensi sedimen meningkatkan konsentrasi PAH di kolom air, dengan kontribusi utama dari emisi kendaraan.
15	(Mihankhah et al., 2020)[19]	*"Contamination and Cancer Risk Assessment of Polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in Urban Dust from Different Land-Uses in Tehran, Iran"*	Pengambilan sampel debu dari 80 lokasi di berbagai area penggunaan lahan di Tehran; analisis menggunakan GC-MS untuk 16 PAHs	PAHs di area komersial memiliki konsentrasi tertinggi, terutama yang berasal dari emisi kendaraan. Risiko kanker (ILCR) untuk anak-anak lebih tinggi dibandingkan orang dewasa, terutama melalui jalur paparan dermal dan konsumsi.
16	(Mu et al., 2023)[20]	*"Pollution and Risk Assessment of Polycyclic aromatic hydrocarbons in Urban Rivers in a Northeastern Chinese City: Implications for Continuous Rainfall Events"*	Pengukuran PAHs di air sungai selama hujan lebat yang diakibatkan oleh badai di Sungai Yitong; menggunakan GC-MS untuk analisis PAH	PAHs terutama terdiri dari dua hingga tiga cincin, dengan sumber dari kebocoran minyak dan emisi pembakaran batubara dan kendaraan bermotor. Risiko kesehatan untuk anak lebih tinggi, meskipun risiko umumnya rendah.

e-ISSN: 2775 – 8672
p-ISSN: 2775 – 9482

17	(Roy et al., 2021)[22]	*"Cancer Risk Levels for Sediment- and Soil-Bound Polycyclic aromatic hydrocarbons in Coastal Areas of South Korea"*	Monte Carlo simulation, sensitivity tests to calculate carcinogenic risk (CR) and non-carcinogenic risk levels in coastal and residential areas	Coastal areas, especially Ulsan, exhibit significant cancer risk (CR > 10^{-4}) for both children and adults, primarily from fish consumption. The study identifies traffic emissions and industrial activities as major sources of PAH contamination.
18	(Sayed et al., 2025)[23]	*"Environmental and Health Risk Assessment of Polycyclic aromatic hydrocarbons and Toxic Elements in the Red Sea"*	Monte Carlo simulation, cluster analysis, PCA for source identification, and environmental risk indices (HPI, RI, MI, etc.)	High levels of PAHs and toxic elements (e.g., Cd, Pb, Cr) in the Gulf of Suez region. Significant carcinogenic risk for children, especially from Cd, Cr, and Pb through both oral and dermal *exposure*. The Monte Carlo simulation emphasized the carcinogenic impact.
19	(Vane et al., 2025)[25]	*"Emerging and persistent organic pollutants in sediment cores from the Singapore Straits: Rising pharmaceuticals, variable caffeine and static PAHs"*	Pengambilan sampel inti sedimen di Selat Singapura untuk analisis PAHs, farmasi, dan kafein menggunakan GC-MS dan HPLC	PAHs di sedimen menunjukkan konsentrasi yang lebih tinggi di area pesisir dibandingkan dengan area perkotaan. Sumber utama PAH berasal dari pembakaran petroleum dan aktivitas industri, dengan konsentrasi lebih tinggi di permukaan sedimen.
20	(Y. Wu et al., 2025)[6]	*"Ecological and health risks of polycyclic aromatic hydrocarbons in particulate matter in Chinese cities"*	Analisis PAH dalam PM2.5 dari 89 kota di Tiongkok menggunakan GC-MS, evaluasi risiko kesehatan menggunakan ILCR dan HI	PAHs menunjukkan risiko kesehatan yang signifikan di Cina Utara, dengan nilai ILCR dan HI tertinggi pada penduduk dewasa, terutama di kota-kota dengan pembakaran batu bara dan industri besar. Risiko ekologi PAH juga tinggi di banyak kota.
21	(Uddin & Xu, 2024)[26]	*"Sources, Occurrences, and Risks of Polycyclic Aromatic Hydro-Carbons (PAHs) in Bangladesh: A Review of Current Status"*	Tinjauan literatur mengenai PAH di Bangladesh, fokus pada sedimen, air, organisme akuatik, dan partikel udara	PAHs terdeteksi pada konsentrasi yang lebih tinggi di sedimen pesisir dibandingkan dengan daerah perkotaan. Sumber utama PAH di Bangladesh berasal dari pembakaran bahan bakar fosil, limbah industri, dan aktivitas pengolahan kapal. Risiko kesehatan untuk manusia.

Penelitian-penelitian mengenai Polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) menunjukkan bahwa PAHs banyak ditemukan di berbagai media lingkungan termasuk tanah, sedimen, air, dan udara. Dengan sumber utama berasal dari pembakaran bahan bakar fosil, emisi kendaraan, industri, dan aktivitas manusia lainnya seperti pengolahan kapal dan pembakaran biomassa. Sebagian besar penelitian menunjukkan konsentrasi PAH yang lebih tinggi di kawasan perkotaan dan pesisir yang berpotensi menimbulkan risiko kesehatan, terutama kanker, gangguan pernapasan, dan kerusakan reproduksi. Pada anak-anak dan kelompok rentan, paparan PAH cenderung memiliki dampak yang lebih besar dibandingkan orang dewasa dengan risiko kanker yang lebih tinggi pada beberapa area dengan tingkat polusi tinggi. Di banyak wilayah teknologi bioremediasi dan kebijakan pengurangan emisi diidentifikasi sebagai solusi untuk mengurangi paparan PAH dan dampaknya terhadap kesehatan manusia dan ekosistem. Untuk pembahasan lebih lanjut mengenai temuan-temuan ini akan dijelaskan lebih rinci sebagai berikut:

Definisi, Sumber dan Jalur Paparan PAHs

Polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) adalah senyawa organik yang terdiri dari dua atau lebih cincin aromatik yang saling terhubung. PAHs terbentuk sebagai hasil dari pembakaran tidak sempurna bahan organik seperti batu bara, minyak, dan biomassa. PAHs dikenal karena sifat toksiknya termasuk potensi karsinogenik, mutagenik, dan teratogenik yang dapat membahayakan kesehatan manusia. Senyawa ini sangat stabil dalam lingkungan dan cenderung terakumulasi dalam tanah, air, dan udara. PAHs dapat ditemukan di berbagai media lingkungan dengan sumber utama berasal dari kegiatan manusia dan beberapa proses alamiah.

Dalam konteks antropogeni, sumber PAHs yang paling dominan adalah pembakaran bahan bakar fosil, emisi kendaraan, proses industri seperti pembakaran biomassa dan pemrosesan minyak. Di area perkotaan yang padat aktivitas industri dan lalu lintas kendaraan menjadi kontributor utama dalam peningkatan

e-ISSN: 2775 – 8672
p-ISSN: 2775 – 9482

konsentrasi PAHs di udara, tanah, dan air. Sumber alami PAHs seperti kebakaran hutan dan erupsi gunung berapi juga berkontribusi terhadap distribusi PAHs di lingkungan meskipun dalam jumlah yang lebih kecil dibandingkan dengan sumber antropogenik. Menurut studi oleh Vane et al. (2025) aktivitas industri dan pembakaran bahan bakar, terutama di kawasan pesisir menunjukkan konsentrasi PAHs yang lebih tinggi mengindikasikan dampak besar dari aktivitas manusia terhadap lingkungan.

Paparan terhadap PAHs dapat terjadi melalui beberapa jalu, dengan yang paling umum adalah inhalasi, kontak dermal, dan konsumsi makanan yang terkontaminasi. Inhalasi PAHs biasanya terjadi ketika senyawa ini terikat pada partikel halus di udara seperti PM2.5 dan PM1.5 Penelitian menunjukkan bahwa daerah dengan emisi tinggi, seperti kota besar memiliki konsentrasi PAHs yang lebih tinggi dalam partikulat udara,yang meningkatkan risiko paparan pada penduduk. Selain inhalasi PAHs juga dapat memasuki tubuh melalui kontak dermal terutama pada individu yang bekerja di lingkungan yang terkontaminasi PAHs layaknya industri pengaspalan jalan dan pengecoran batu bara.

Paparan PAHs juga terjadi melalui konsumsi makanan yang terkontaminasi dimana dalam metode memasak yang melibatkan suhu tinggi seperti menggoreng dan memanggang. Di beberapa negara berkembang penggunaan bahan bakar seperti kayu dan batu bara untuk memasak menambah jalur paparan PAHs yang signifikan karena asap yang dihasilkan mengandung konsentrasi PAHs yang tinggi. Paparan PAHs melalui air dan tanah juga penting contohnya pada daerah yang terkena polusi industri atau limbah minyak. Sumber-sumber ini menunjukkan kompleksitas jalur paparan PAHs di lingkungan manusia yang memerlukan perhatian khusus dalam upaya mitigasi risiko kesehatan yang timbul akibat paparan PAHs secara terus menerus.

Risiko Kesehatan yang Ditimbulkan oleh Paparan PAHs

Paparan Polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) dalam jangka panjang dapat menimbulkan berbagai dampak kesehatan yang serius bagi manusia terutama pada kelompok yang terpapar secara terus-menerus melalui udara, makanan, atau kontak langsung dengan permukaan yang terkontaminasi. PAHs merupakan senyawa organik yang memiliki potensi karsinogenik, mutagenik, dan teratogenik yang terbukti dapat merusak DNA dan menyebabkan perkembangan kanker. Penelitian yang dilakukan oleh Venkatraman et al. (2024) menunjukkan bahwa PAHs yang terhirup dalam bentuk partikel halus seperti PM2.5 dan PM10 yang sering kali terkontaminasi oleh pembakaran fosil dan aktivitas industri. Sumber utama paparan ini adalah emisi kendaraan, pembakaran biomassa, dan proses industri yang membakar bahan bakar fosil. Paparan PAHs juga berhubungan dengan gangguan sistem kekebalan tubuh, gangguan metabolik, dan efek reproduksi. PAHs seperti benzoapyrene yang merupakan salah satu senyawa PAH yang paling banyak dipelajari. Diketahui dapat mengganggu fungsi normal sistem reproduksi baik pada pria maupun wanita serta meningkatkan risiko infertilitas dan gangguan hormonal. Studi oleh Souza et al. (2023) mengidentifikasi bahwa ibu hamil yang terpapar PAHs memiliki konsentrasi metabolit PAH tertinggi yang menunjukkan adanya peningkatan risiko kesehatan untuk ibu hamil dan janin. Dalam penelitian yang sama bayi yang terpapar PAHs melalui ASI juga menunjukkan peningkatan konsentrasi metabolit PAH yang berpotensi menyebabkan gangguan perkembangan jangka panjang. Hal ini menggaris bawahi pentingnya perlindungan terhadap kelompok rentan, seperti ibu hamil, ibu menyusui, dan anak-anak, yang lebih mudah terpengaruh oleh paparan PAHs.

Paparan PAHs juga dapat menimbulkan efek jangka panjang pada sistem pernapasan dan kardiovaskular. Yang et al. (2021) mengungkapkan bahwa paparan PAHs yang terikat pada partikel udara dapat menyebabkan peradangan pada saluran pernapasan, meningkatkan risiko penyakit jantung, dan gangguan pembuluh darah. Penelitian ini menunjukkan bahwa inhalasi PAHs yang terkandung dalam polusi udara dapat mengakibatkan kerusakan kronis pada sistem pernapasan termasuk peningkatan risiko terkena penyakit jantung yang merupakan salah satu penyebab utama kematian terkait polusi udara. Paparan ini sangat mengkhawatirkan di kota-kota besar dengan tingkat polusi yang tinggi, yang mempengaruhi kesehatan penduduk secara luas. PAHs juga diketahui berkontribusi pada gangguan metabolik seperti obesitas dan diabetes yang terkait dengan peningkatan stres oksidatif dan peradangan yang disebabkan oleh paparan PAHs. Singh dan Agarwal (2022) juga melaporkan bahwa aktivitas memasak dengan bahan bakar fosil yang menghasilkan asap dan endapan PAHs merupakan salah satu sumber utama paparan PAHs di rumah tangga. Pekerja dapur dan konsumen yang terpapar asap memasak yang mengandung PAHs berisiko mengalami gangguan pernapasan dan stres oksidatif. Hal ini berhubungan dengan peningkatan risiko kanker dan gangguan kesehatan pernapasan lainnya. Maka penting untuk mengidentifikasi jalur paparan ini dan mengembangkan strategi mitigasi yang efektif. Paparan PAHs memiliki dampak yang luas terhadap kesehatan manusia mencakup berbagai sistem tubuh mulai dari sistem pernapasan hingga reproduksi dan kardiovaskular. Upaya mitigasi yang melibatkan pengurangan emisi PAHs di lingkungan perkotaan dan rumah tangga sangat diperlukan untuk mencegah dampak jangka panjang yang dapat merugikan kesehatan manusia terutama bagi kelompok rentan seperti anak-anak dan ibu hamil. Pemahaman lebih lanjut tentang mekanisme paparan dan

e-ISSN: 2775 – 8672
p-ISSN: 2775 – 9482

dampaknya pada berbagai kelompok populasi akan membantu dalam merumuskan kebijakan yang lebih efektif untuk mengurangi risiko kesehatan terkait dengan PAHs di masa depan.

Implikasi Kebijakan dan Strategi Mitigasi

Paparan Polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) yang terus menerus menimbulkan berbagai dampak kesehatan yang signifikan baik bagi individu yang terpapar langsung maupun bagi masyarakat secara keseluruhan. Penting untuk mengembangkan kebijakan yang dapat mengurangi konsentrasi PAHs di lingkungan serta meminimalkan risiko kesehatan yang ditimbulkan. Sebagai langkah awal, pengurangan emisi dari sumber-sumber utama seperti pembakaran batu bara, kendaraan bermotor, dan aktivitas industri harus menjadi fokus utama. Pengendalian emisi dari sektor-sektor ini dapat dilakukan melalui penerapan regulasi yang lebih ketat terkait kualitas udara, seperti standar emisi kendaraan yang lebih ketat dan promosi penggunaan energi yang lebih bersih di sektor industri. Implementasi teknologi bioremediasi juga sangat penting sebagai salah satu solusi untuk mengurangi kontaminasi PAHs di lingkungan. Teknologi ini tidak hanya efektif dalam mengurangi PAHs dan juga lebih ramah lingkungan dan dapat dilakukan dalam skala besar. Sehingga memberikan solusi jangka panjang terhadap masalah polusi PAHs. Penggunaan mikroorganisme yang telah dimodifikasi secara genetik untuk meningkatkan kemampuan degradasi PAHs bisa menjadi langkah lanjutan untuk mempercepat proses penguraian PAHs di tempat-tempat yang sulit dijangkau oleh teknologi konvensional.

Kebijakan kesehatan masyarakat juga perlu difokuskan pada perlindungan terhadap kelompok rentan. Strategi mitigasi yang lebih spesifik perlu diterapkan seperti pengurangan paparan PAHs melalui peningkatan kualitas udara di area pemukiman padat dan di sekitar fasilitas umum yang sering dikunjungi oleh kelompok rentan ini seperti taman kota dan sekolah. Peningkatan ventilasi di rumah tangga dan penggunaan bahan bakar yang lebih bersih untuk memasak dapat mengurangi paparan PAHs melalui asap masakan dan endapan jelaga. Kebijakan yang lebih ketat mengenai pengawasan kualitas udara juga harus dipertimbangkan termasuk regulasi terhadap penggunaan bahan bakar fosil dalam aktivitas memasak yang telah terbukti sebagai sumber utama paparan PAHs di rumah tangga. Pemerintah dapat memperkenalkan insentif untuk beralih ke bahan bakar yang lebih ramah lingkungan dan menyediakan pendidikan kepada masyarakat mengenai bahaya penggunaan bahan bakar yang menghasilkan emisi PAHs tinggi. Pemantauan dan pengendalian kualitas udara di tempat-tempat umum dan rumah tangga juga harus diperkuat untuk meminimalkan risiko paparan terhadap PAHs. Dalam rangka mengurangi dampak PAHs terhadap kesehatan masyarakat diperlukan kolaborasi antara pemerintah, sektor industri, dan masyarakat dalam menerapkan kebijakan dan teknologi mitigasi yang komprehensif. Ini termasuk kebijakan pengurangan emisi, penerapan teknologi pembersihan, dan pendidikan publik yang lebih baik.

KESIMPULAN

Polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) adalah senyawa organik yang terbentuk melalui pembakaran tidak sempurna bahan organik seperti batu bara, minyak, biomassa, dan aktivitas industri. PAHs memiliki sifat toksik yang dapat menyebabkan kanker, gangguan pernapasan, dan masalah kesehatan lainnya. Dapat juga mengontaminasi lingkungan melalui udara, air, dan tanah. Paparan PAHs terjadi melalui inhalasi, kontak dermal, atau konsumsi makanan yang terkontaminasi dengan sumber utama berasal dari pembakaran bahan bakar fosil dan aktivitas industri yang lebih banyak ditemukan di daerah perkotaan. Dampak kesehatan dari paparan PAHs dapat sangat serius apalagi bagi kelompok rentan seperti ibu hamil dan anak-anak yang lebih mudah terpengaruh oleh gangguan perkembangan dan risiko kesehatan jangka panjang. Untuk mengurangi dampak negatif ini kebijakan mitigasi yang meliputi pengurangan emisi, peningkatan kualitas udara, dan teknologi bioremediasi perlu diterapkan. Hal ini fokus pada pengurangan penggunaan bahan bakar fosil dan penerapan teknologi ramah lingkungan di sektor industri.

DAFTAR REFERENSI

Abdussamad, Z. (2021). *Metode penelitian kualitatif*. Syakir Media Press.

Ambade, B., Sethi, S. S., Giri, B., Biswas, J. K., & Bauddh, K. (2022). Characterization, behavior, and risk assessment of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in the estuary sediments. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, *108*(2), 243–252. https://doi.org/10.1007/s00128-021-03393-3

Huang, L., Pu, M., Xu, B., et al. (2025). Emissions, health risk, and policy impact on polycyclic aromatic hydrocarbon release in Hangzhou, China: 2010–2050 future trends. *Journal of Hazardous Materials*, *496*, Article 139531. https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2025.139531

e-ISSN: 2775 – 8672
p-ISSN: 2775 – 9482

Kongpran, J., Kliengchuay, W., & Niampradit, S. (2021). The health risks of airborne polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs): Upper North Thailand. *GeoHealth*, *5*(e2020GH000352), 1–10. https://doi.org/10.1029/2020GH000352

Li, J. N., Zhang, Y., Wang, J. X., et al. (2023). Occurrence, sources, and health risks of polycyclic aromatic hydrocarbons in road environments from Harbin, a megacity of China. *Toxics*, *11*(695), 1–16. https://doi.org/10.3390/toxics11080695

Lian, M., Yang, Y., Li, Y., & Yu, X. (2025). Occurrence, health risk of PAHs and the interrelated microbial communities in the sediment of Jinzhou Bay. *Frontiers in Microbiology*, *16*(1657904), 1–10. https://doi.org/10.3389/fmicb.2025.1657904

Liu, T., Liu, Z., Qian, Z., He, L., & Peng, J. (2025). Polycyclic aromatic hydrocarbons in freshwater organisms from Hubei, Central China: Health risk assessment and source identification. *RSC Advances*, *15*, 10763–10773. https://doi.org/10.1039/d4ra05983b

Lloyd, J., Lu, K., & Liu, Z. (2024). Investigating concentrations and sources of polycyclic aromatic hydrocarbons in South and Central Texas bays and estuaries along the Gulf of Mexico, USA. *Frontiers in Marine Science*, *11*(1456717), 1–14. https://doi.org/10.3389/fmars.2024.1456717

Mihankhah, T., Saeedi, M., & Karbassi, A. (2020). Ecotoxicology and environmental safety contamination and cancer risk assessment of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in urban dust from different land-uses in the most populated city of Iran. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, *187*, Article 109838. https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2019.109838

Montano, L., Baldini, G. M., Piscopo, M., et al. (2025). Polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in the environment: Occupational exposure, health risks and fertility implications. *Toxics*, *13*(151), 1–29. https://doi.org/10.3390/toxics13030151

Mu, G., Bian, D., Zou, M., Wang, X., & Chen, F. (2023). Pollution and risk assessment of polycyclic aromatic hydrocarbons in urban rivers in a northeastern Chinese city: Implications for continuous rainfall events. *Sustainability*, *15*(5777), 1–17. https://doi.org/10.3390/su15075777

Nasution, A. F. (2023). *Metode penelitian kualitatif*. CV. Literasi Nusantara Abadi.

Omorinoye, O. A., Assim, Z. B., Jusoh, I. B., & Bamigboye, O. S. (2019). Distribution of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in sediments from Sadong River Sarawak, Malaysia. *Asian Journal of Applied Science and Technology*, *3*(4), 57–66.

Qu, Y., Gong, Y., Ma, J., et al. (2020). Potential sources, influencing factors, and health risks of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in the surface soil of urban parks in Beijing, China. *Environmental Pollution*, *260*, Article 114016. https://doi.org/10.1016/j.envpol.2020.114016

Roy, D., Jung, W., Kim, J., Lee, M., & Park, J. (2021). Cancer risk levels for sediment- and soil-bound polycyclic aromatic hydrocarbons in coastal areas of South Korea. *Frontiers in Environmental Science*, *9*(719243), 1–11. https://doi.org/10.3389/fenvs.2021.719243

Sayed, F. A., Eid, M. H., Sherbeeny, A. M. E., et al. (2025). Environmental and health risk assessment of polycyclic aromatic hydrocarbons and toxic elements in the red sea using Monte Carlo simulation. *Scientific Reports*, *15*(4122), 1–20. https://doi.org/10.1038/s41598-024-71547-4

Singh, L., & Agarwal, T. (2022). Polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) exposure through cooking environment and assessment strategies for human health implications. *Human and Ecological Risk Assessment*, *28*(5-6), 635–663. https://doi.org/10.1080/10807039.2022.2081836

Souza, M. C. O., Rocha, B. A., Cruz, J. C., et al. (2023). Risk characterization of human exposure to polycyclic aromatic hydrocarbons in vulnerable groups. *Science of The Total Environment*, *892*, Article 164219. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.164219

Suman, S., Sinha, A., & Tarafdar, A. (2016). Polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) concentration levels, pattern, source identification and soil toxicity assessment in urban traffic soil of Dhanbad, India. *Science of The Total Environment*, *545-546*, 353–360. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2015.12.061

Uddin, M. M., & Xu, F. (2024). Sources, occurrences, and risks of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in Bangladesh: A review of current status. *Atmosphere*, *15*(2), Article 233. https://doi.org/10.3390/atmos15020233

Vane, C. H., Lopes, R. A., Graham, O. A., Horton, B. P., Kalra, M. C., & Moss-Hayes, V. (2025). Emerging and persistent organic pollutants in sediment cores from the Singapore Straits: Rising pharmaceuticals, variable caffeine and static PAHs. *Marine Pollution Bulletin*, *219*, Article 118301. https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2025.118301

Venkatraman, G., Giribabu, N., Mohan, P. S., et al. (2024). Environmental impact and human health effects of polycyclic aromatic hydrocarbons and remedial strategies: A detailed review. *Chemosphere*, *351*, Article 141227. https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2024.141227

e-ISSN: 2775 – 8672
p-ISSN: 2775 – 9482

Wu, D., Chen, L., Ma, Z., Zhou, D., Fu, L., & Liu, M. (2024). Source analysis and health risk assessment of polycyclic aromatic hydrocarbon (PAHs) in total suspended particulate matter (TSP) from Bengbu, China. *Scientific Reports*, *14*(5080), 1–13. https://doi.org/10.1038/s41598-024-55695-1

Wu, Y., Meng, Y., Zhang, H., et al. (2025). Ecological and health risks of polycyclic aromatic hydrocarbons in particulate matter in Chinese cities. *GeoHealth*, *9*(e2024GH001126), 1–21. https://doi.org/10.1029/2024GH001126

Yang, L., Zhang, H., Zhang, X., et al. (2021). Exposure to atmospheric particulate matter-bound polycyclic aromatic hydrocarbons and their health effects: A review. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, *18*(4), Article 2177. https://doi.org/10.3390/ijerph18042177