

Dampak Pembuangan Sampah Terbuka (Open Dumping) Terhadap Kualitas Udara

Nur Ilman Ilyas *¹

¹ Universitas Pelita Bangsa

*e-mail: nurilmanilyas@pelitabangsa.ac.id¹

Abstrak

Pembuangan sampah terbuka (open dumping) masih menjadi metode utama dalam pengelolaan limbah di banyak negara berkembang, termasuk Indonesia. Metode ini memiliki dampak serius terhadap lingkungan, terutama pada kualitas udara akibat emisi gas berbahaya seperti metana (CH₄), karbon dioksida (CO₂), dan partikel halus (PM_{2.5} dan PM₁₀). Polusi udara yang dihasilkan dapat mempengaruhi kesehatan masyarakat, menyebabkan gangguan pernapasan, penyakit kardiovaskular, dan meningkatkan risiko kanker paru-paru. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis dampak pembuangan sampah terbuka terhadap kualitas udara menggunakan pendekatan Systematic Literature Review (SLR) berbasis analisis VOSviewer. Dengan meninjau 20 artikel yang relevan dalam periode 2016-2024, penelitian ini mengidentifikasi tren utama dalam studi terkait, pola pencemaran udara, serta kesenjangan penelitian yang masih ada. Hasil analisis menunjukkan bahwa open dumping tidak hanya mencemari udara, tetapi juga berdampak pada tanah dan sumber air melalui rembesan limbah. Visualisasi jaringan dengan VOSviewer mengonfirmasi hubungan erat antara pencemaran udara, kesehatan masyarakat, dan strategi mitigasi yang belum optimal. Studi ini diharapkan dapat memberikan wawasan bagi pembuat kebijakan dalam merancang regulasi yang lebih efektif serta strategi pengelolaan limbah yang lebih berkelanjutan.

Kata kunci: Pembuangan sampah terbuka, Kualitas udara, Polusi udara, Kesehatan masyarakat

Abstract

Open dumping remains the primary waste management method in many developing countries, including Indonesia. This method has severe environmental impacts, particularly on air quality due to the emission of harmful gases such as methane (CH₄), carbon dioxide (CO₂), and fine particulate matter (PM_{2.5} and PM₁₀). The resulting air pollution can affect public health, causing respiratory disorders, cardiovascular diseases, and an increased risk of lung cancer. This study aims to analyze the impact of open dumping on air quality using a Systematic Literature Review (SLR) approach based on VOSviewer analysis. By reviewing 20 relevant articles from the 2016–2024 period, this research identifies key trends in related studies, air pollution patterns, and existing research gaps. The analysis results indicate that open dumping not only contaminates the air but also affects soil and water sources through waste leachate. Network visualization with VOSviewer confirms a strong relationship between air pollution, public health, and suboptimal mitigation strategies. This study is expected to provide insights for policymakers in designing more effective regulations and sustainable waste management strategies.

Keywords: Open dumping, Air quality, Air pollution, Public health

PENDAHULUAN

Pembuangan sampah terbuka (open dumping) masih menjadi permasalahan utama dalam pengelolaan limbah di berbagai negara berkembang, termasuk Indonesia. Metode ini sering digunakan karena dianggap sebagai solusi paling mudah dan murah untuk mengatasi timbunan sampah yang terus meningkat akibat pertumbuhan populasi dan urbanisasi yang pesat. Namun, open dumping memiliki dampak lingkungan yang serius, terutama terhadap kualitas udara, karena proses dekomposisi sampah organik menghasilkan gas berbahaya seperti metana (CH₄), karbon dioksida (CO₂), dan senyawa organik volatil lainnya yang berkontribusi terhadap pencemaran udara dan pemanasan global (Gupta et al., 2015). Selain itu, pembakaran sampah secara tidak terkendali di lokasi pembuangan terbuka dapat menghasilkan emisi gas beracun seperti dioksin dan furan, yang berbahaya bagi kesehatan manusia serta menyebabkan berbagai penyakit pernapasan (Kumar et al., 2004).

Kualitas udara yang buruk akibat open dumping dapat berdampak signifikan pada kesehatan masyarakat yang tinggal di sekitar tempat pembuangan sampah. Studi oleh Poudel et

al. (2024) menunjukkan bahwa masyarakat yang tinggal dalam radius 5 km dari lokasi pembuangan terbuka memiliki risiko lebih tinggi mengalami gangguan pernapasan kronis, seperti asma dan bronkitis, akibat paparan polutan udara dari sampah yang membusuk. Selain itu, polusi udara dari open dumping juga dapat memengaruhi ekosistem sekitarnya, termasuk pencemaran tanah dan sumber air, yang pada akhirnya memperburuk kondisi lingkungan secara keseluruhan (Anetor, 2016). Hal ini menunjukkan bahwa pembuangan sampah terbuka tidak hanya menjadi masalah sanitasi, tetapi juga merupakan ancaman serius terhadap lingkungan dan kesehatan publik.

Selain emisi gas rumah kaca dan senyawa beracun, proses open dumping juga menghasilkan partikel halus (PM_{2.5} dan PM₁₀) yang dapat dengan mudah terdispersi ke udara dan terhirup oleh manusia. Penelitian oleh Miller & Xu (2018) mengungkapkan bahwa tingkat PM_{2.5} yang tinggi di sekitar tempat pembuangan sampah terbuka secara langsung berhubungan dengan peningkatan angka kejadian penyakit kardiovaskular dan pernapasan. Paparan jangka panjang terhadap polutan udara ini dapat menyebabkan inflamasi kronis pada paru-paru, peningkatan risiko kanker paru, serta gangguan sistem saraf pusat akibat akumulasi senyawa berbahaya dalam tubuh. Oleh karena itu, diperlukan pendekatan pengelolaan limbah yang lebih berkelanjutan guna mengurangi dampak negatif dari open dumping terhadap lingkungan dan kesehatan masyarakat.

Di sisi lain, metode systematic literature review (SLR) berbasis analisis Vosviewer telah digunakan secara luas dalam penelitian lingkungan untuk memetakan tren dan pola penelitian terkait topik tertentu. Pendekatan ini memungkinkan peneliti untuk mengidentifikasi tema utama dalam studi sebelumnya, menemukan kesenjangan penelitian, serta mengkaji hubungan antara berbagai variabel yang berkaitan dengan dampak open dumping terhadap kualitas udara. Studi meta-analisis berbasis Vosviewer yang dilakukan oleh Ndou & Rampedi (2022) mengonfirmasi bahwa pembuangan sampah terbuka masih menjadi permasalahan utama di negara-negara berkembang, dengan dampak signifikan terhadap pencemaran udara dan kesehatan masyarakat. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengeksplorasi dampak pembuangan sampah terbuka terhadap kualitas udara menggunakan metode SLR dengan pendekatan Vosviewer guna memberikan pemetaan penelitian yang lebih komprehensif dalam bidang ini.

Berbagai kebijakan telah diusulkan untuk mengatasi permasalahan open dumping, termasuk penerapan sistem sanitary landfill dan waste-to-energy sebagai alternatif yang lebih ramah lingkungan. Namun, implementasi kebijakan ini sering kali menghadapi kendala, seperti kurangnya infrastruktur yang memadai, biaya investasi yang tinggi, serta rendahnya kesadaran masyarakat akan pentingnya pengelolaan sampah yang lebih baik (Mmreki et al., 2016). Selain itu, kurangnya regulasi yang ketat dalam pengelolaan limbah juga menyebabkan praktik open dumping tetap berlangsung di banyak daerah, terutama di wilayah perkotaan dengan tingkat produksi sampah yang tinggi. Oleh karena itu, penting untuk memahami dampak lingkungan dari metode pembuangan sampah ini guna merumuskan solusi yang lebih efektif dan berkelanjutan.

Penelitian ini tidak hanya berkontribusi dalam pemetaan literatur terkait dampak open dumping terhadap kualitas udara, tetapi juga memberikan wawasan bagi pembuat kebijakan dalam merancang regulasi yang lebih ketat terkait pengelolaan sampah. Dengan menggunakan pendekatan SLR berbasis Vosviewer, penelitian ini akan mengidentifikasi tren penelitian terkini, pola dampak polusi udara akibat open dumping, serta rekomendasi kebijakan yang dapat diterapkan untuk mengatasi permasalahan ini secara lebih efektif. Hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi dasar bagi pengembangan strategi pengelolaan limbah yang lebih berkelanjutan dan ramah lingkungan.

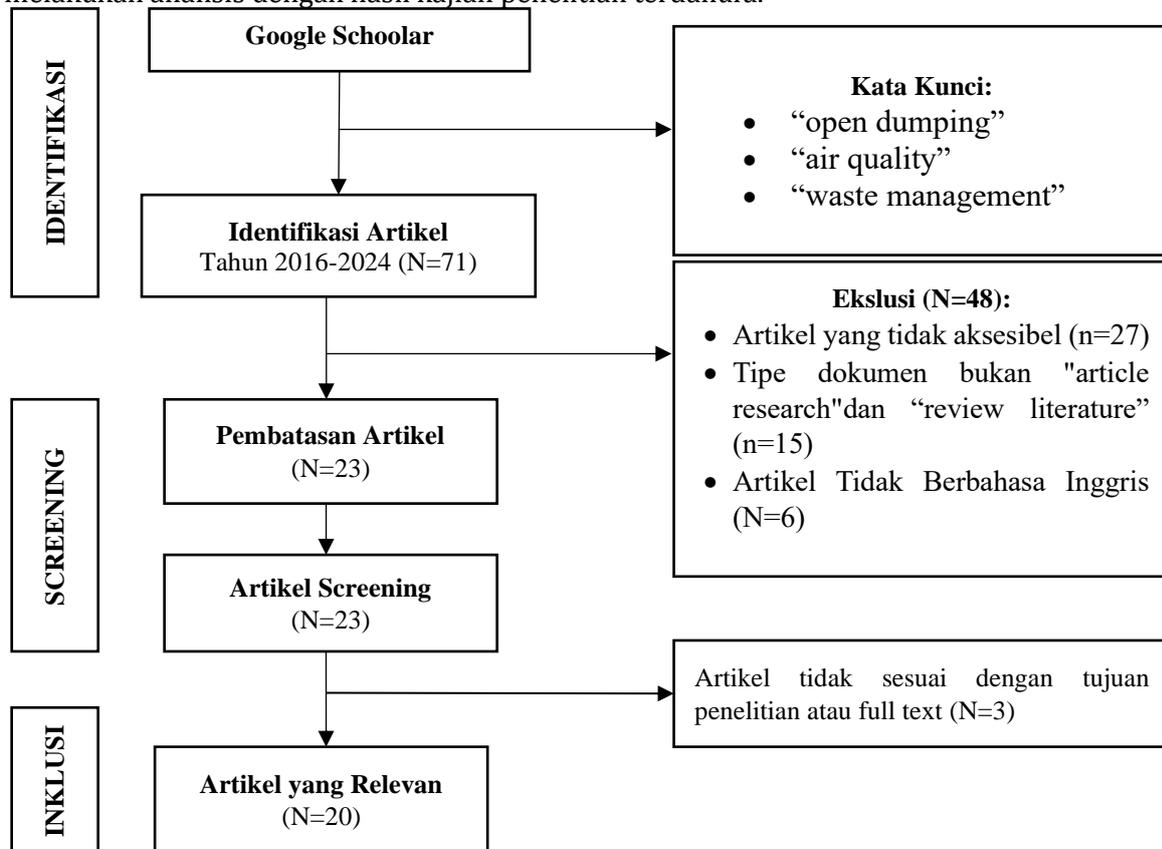
Secara keseluruhan, pemahaman yang lebih mendalam mengenai dampak pembuangan sampah terbuka terhadap kualitas udara sangat penting dalam upaya mitigasi pencemaran lingkungan. Studi ini akan menyoroti bagaimana emisi gas berbahaya, partikel halus, serta senyawa beracun dari open dumping memengaruhi lingkungan dan kesehatan manusia, serta bagaimana penelitian sebelumnya telah mengeksplorasi isu ini menggunakan pendekatan bibliometrik. Dengan demikian, penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi

signifikan dalam pengelolaan limbah yang lebih efektif serta dalam peningkatan kualitas udara secara global.

METODE

Metodologi penelitian kualitatif yang digunakan dalam penelitian ini melibatkan beberapa tahap penting. Pertama, dalam mengumpulkan data, penelitian akan mengeksplorasi berbagai jenis sumber literatur yang relevan dengan. Kriteria seleksi yang digunakan untuk memilih literatur melibatkan pertimbangan terhadap periode waktu publikasi, relevansi dengan tema keberlanjutan, dan kredibilitas sumber. Setelah melakukan proses seleksi menggunakan keyword spesifik “open dumping”, “air quality”, “waste management” yang kemudian dilakukan pemilahan berdasarkan tahun 2016-2024, penelitian menemukan 20 artikel yang akan direview lebih lanjut. Pencarian artikel-artikel yang telah diterbitkan sebelumnya dilakukan melalui sumber daring Google Scholar. Proses berikutnya adalah analisis data, yang melibatkan pengumpulan, penelaahan, dan analisis terhadap publikasi yang terpilih. Teknik analisis ini memungkinkan peneliti untuk mendapatkan wawasan yang lebih dalam tentang topik yang diteliti dan memperoleh pemahaman yang kaya terkait dengan isu keberlanjutan yang sedang dipelajari.

Tahapan protokol yang digunakan sebagai dasar atau panduan adalah Protokol PRISMA, yang terdiri dari identifikasi, screening, dan inklusi. Kemudian, analisis tematik sebagai metode analisis kualitatif yang digunakan untuk mengidentifikasi, menganalisis, dan melaporkan pola (tema) dalam data literatur yang dikumpulkan secara sistematis. Tujuan utamanya adalah untuk mengorganisir data literatur yang kompleks dan menyoroti tema-tema penting yang muncul dari penelitian yang telah dipublikasikan. Studi ini menggunakan tahapan sistematis SLR analisis karena memiliki prosedur yang serupa mulai dari menentukan tujuan penelitian, merumuskan pertanyaan penelitian, mengembangkan strategi pencarian untuk pengumpulan data, dan melakukan analisis dengan hasil kajian penelitian terdahulu.



Gambar 1. Flowchart PRISMA Proses Data Penelitian

Hasil pencarian artikel dari basis data literature Google Scholar sesuai kata “open dumping”, “air quality”, “waste management” diperoleh 71 artikel (terbit tahun 2016-2024) yang terdiri dari :

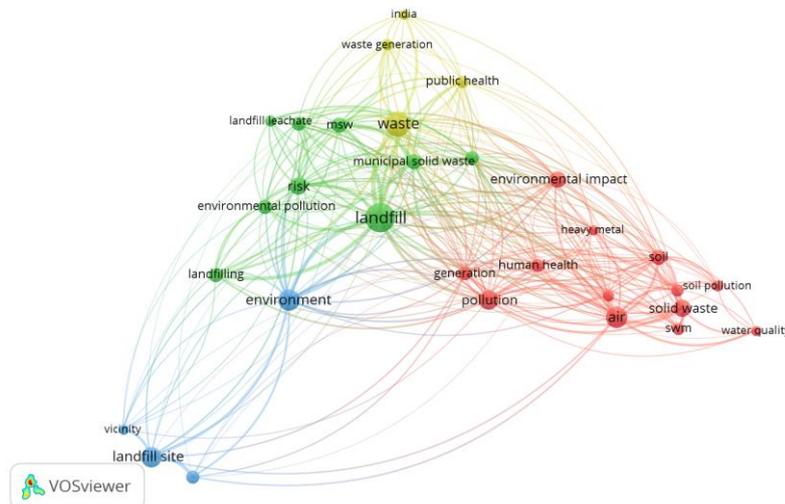
- 1) 27 artikel yang tidak aksesibel (N=44)
- 2) 15 artikel dengan tipe dokumen bukan "article research" dan “review literature” (N=29)
- 3) 6 Artikel tidak berbahasa Inggris (N=23)

Artikel screening disaring dengan memeriksa keseluruhan teks yang sesuai dengan subjek penelitian. Diperoleh dari 20 artikel yang dipilih untuk penelitian ini. Oleh karena itu, berdasarkan metodologi penelitian diambil dari 71 artikel penelitian yang teridentifikasi, diperoleh 20 artikel penelitian yang relevan digunakan sebagai studi literature review.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Network Visualization

Pembuangan sampah terbuka masih menjadi tantangan besar dalam pengelolaan limbah, terutama di negara berkembang. Metode ini menyebabkan berbagai dampak lingkungan dan kesehatan, termasuk pencemaran udara akibat pelepasan gas beracun dan partikel berbahaya. Dengan menggunakan analisis visualisasi jaringan dari VOSviewer, kita dapat mengidentifikasi hubungan antar konsep yang berkaitan dengan dampak open dumping terhadap kualitas udara.



Gambar 2. Network Visualization Dampak Sampah Terbuka (Open Dump)

Dalam visualisasi ini, terdapat beberapa kluster utama yang menggambarkan keterkaitan antar konsep. Kluster pertama (ditandai dengan warna merah) berfokus pada pencemaran lingkungan dan kesehatan manusia. Kata kunci seperti *air*, *pollution*, *human health*, dan *heavy metal* menunjukkan bahwa pembuangan sampah terbuka berkontribusi terhadap pencemaran udara melalui pelepasan polutan berbahaya, termasuk logam berat dan partikel halus yang dapat mempengaruhi kesehatan masyarakat. Selain itu, *soil pollution* dan *water quality* menandakan bahwa dampak tidak hanya terbatas pada udara, tetapi juga merambah ke tanah dan sumber air.

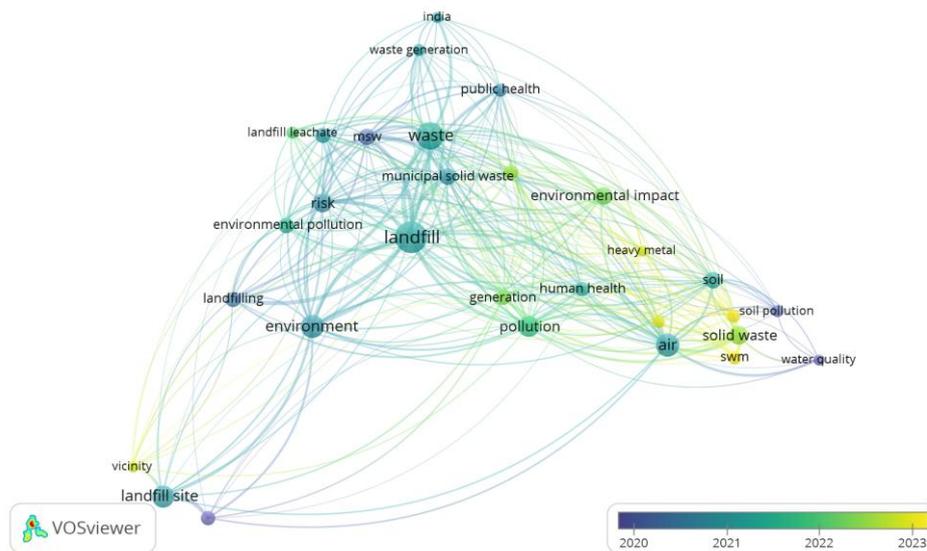
Kluster kedua (berwarna hijau) berpusat pada aspek pengelolaan limbah, dengan kata kunci seperti *landfill*, *msw* (municipal solid waste), *risk*, dan *landfill leachate*. Keterkaitan ini mengindikasikan bahwa sistem pembuangan sampah yang tidak terkelola dengan baik meningkatkan risiko pencemaran melalui rembesan (*leachate*) dan pelepasan gas beracun ke atmosfer. Keberadaan *treatment* sebagai salah satu kata kunci menunjukkan bahwa upaya pengolahan limbah menjadi faktor penting dalam mitigasi dampak negatif.

Kluster ketiga (berwarna biru) berhubungan dengan lokasi tempat pembuangan akhir (*landfill site*) dan sekitarnya (*vicinity*). Kata *VOC* (volatile organic compounds) yang muncul dalam kluster ini menyoroti peran senyawa organik volatil yang dapat terlepas dari limbah dan mencemari udara di sekitar area pembuangan. Keberadaan *VOC* ini sering kali dikaitkan dengan bau tak sedap serta risiko kesehatan seperti gangguan pernapasan.

Terakhir, klaster keempat (berwarna kuning) mencerminkan aspek lebih luas, termasuk faktor geografis dan sosial. Kata *india* dan *public health* menunjukkan bahwa isu ini memiliki dampak global, terutama di negara berkembang yang masih menghadapi kendala dalam sistem pengelolaan sampah. Hubungan antara *waste generation* dan *public health* menegaskan bahwa peningkatan produksi sampah tanpa sistem pengelolaan yang baik dapat berdampak langsung terhadap kesehatan masyarakat. Melalui analisis ini, terlihat bahwa pembuangan sampah terbuka berimplikasi luas, mulai dari pencemaran udara hingga risiko kesehatan. Oleh karena itu, strategi pengelolaan limbah yang lebih efektif sangat dibutuhkan untuk meminimalkan dampak negatif, baik melalui regulasi, teknologi pengolahan limbah, maupun edukasi masyarakat.

Overlay Visualization

Pembuangan sampah terbuka (open dumping) merupakan salah satu metode pengelolaan limbah yang masih banyak diterapkan di berbagai negara berkembang. Metode ini memiliki dampak negatif yang signifikan terhadap lingkungan, terutama pada kualitas udara. Proses dekomposisi sampah di tempat pembuangan terbuka menghasilkan emisi gas rumah kaca seperti metana (CH4) dan karbon dioksida (CO2), serta senyawa volatil yang dapat mencemari udara. Selain itu, aktivitas pembakaran sampah di lokasi open dumping meningkatkan kadar polutan udara, termasuk partikel halus (PM2.5 dan PM10) yang berbahaya bagi kesehatan manusia. Penelitian terkait dampak lingkungan dari sistem pembuangan sampah ini terus berkembang, sebagaimana ditunjukkan dalam visualisasi overlay menggunakan VOSviewer.



Gambar 3. Overlay Visualization Dampak Sampah Terbuka (Open Dump)

Berdasarkan Overlay Visualization dalam VOSviewer, istilah "landfill", "waste", "solid waste", dan "pollution" menjadi pusat dalam jejaring penelitian terkait. Warna dalam diagram menunjukkan perkembangan temporal penelitian, di mana istilah yang lebih baru seperti "air", "soil", dan "environmental impact" ditampilkan dengan warna lebih terang, menandakan bahwa perhatian terhadap kualitas udara dan dampak lingkungan dari pembuangan sampah semakin meningkat dalam beberapa tahun terakhir. Hubungan antara "air" dan "pollution" dengan "solid waste" mengindikasikan adanya keterkaitan kuat antara emisi dari pembuangan sampah terbuka dengan pencemaran udara. Kata kunci seperti "human health" dan "heavy metal" juga memperlihatkan bahwa risiko kesehatan akibat pencemaran udara dari open dumping menjadi fokus utama penelitian terbaru.

Tabel 1. Frekuensi Artike Berdasarkan Tahun Terbit

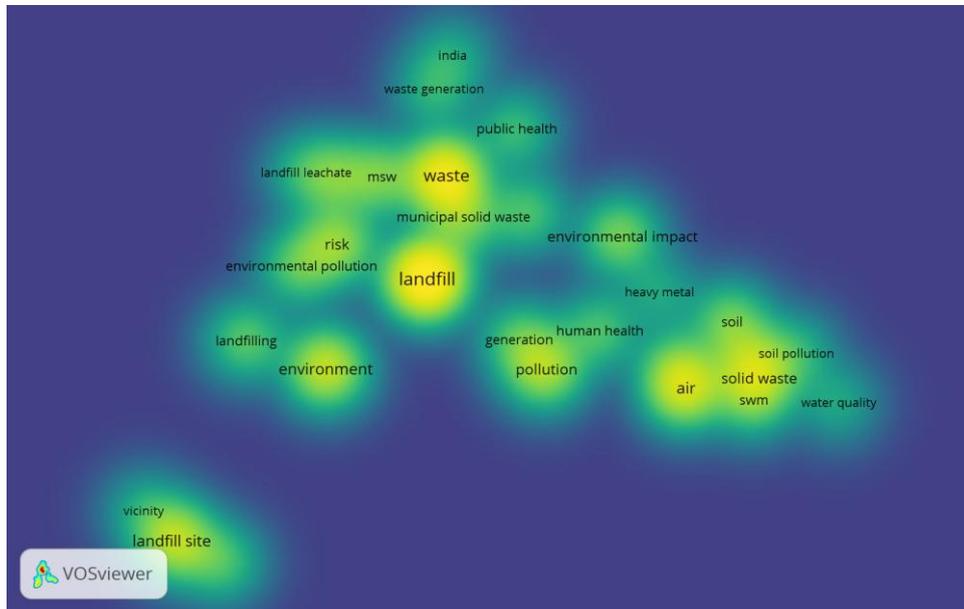
Tahun	Frekuensi (f)	Persentase (%)
2016	0	0.00
2017	0	0.00
2018	1	5.00

2019	4	20.00
2020	2	10.00
2021	4	20.00
2022	3	15.00
2023	3	15.00
2024	3	15.00
Total	20	100.00

Tabel frekuensi artikel menunjukkan bahwa penelitian terkait dampak pembuangan sampah terbuka terhadap kualitas udara mulai mendapat perhatian sejak 2018, dengan jumlah publikasi meningkat signifikan pada 2019 (20%) dan terus berlanjut hingga 2024. Puncak penelitian terjadi pada tahun 2019 dan 2021 dengan jumlah artikel tertinggi (masing-masing 20%), sementara tren stabil terlihat dari 2022 hingga 2024 dengan persentase 15% setiap tahunnya. Hubungan antara tabel frekuensi artikel dan Overlay Visualization menunjukkan bahwa topik ini berkembang secara bertahap dengan cakupan penelitian yang semakin luas. Peningkatan perhatian terhadap isu kualitas udara dapat dikaitkan dengan meningkatnya kesadaran global terhadap dampak lingkungan dari sistem pembuangan sampah yang tidak terkendali.

Density Visualization

Gambar yang dihasilkan oleh VOSviewer ini menunjukkan visualisasi kepadatan istilah terkait dampak pembuangan sampah terbuka (open dumping) terhadap kualitas udara. Warna dalam visualisasi ini mencerminkan tingkat keterkaitan dan frekuensi kemunculan istilah dalam literatur yang dianalisis. Semakin terang warna yang muncul, semakin tinggi intensitas kemunculan istilah dalam hubungan konseptualnya. Dengan demikian, dapat diidentifikasi aspek-aspek utama yang sering dibahas dalam kaitannya dengan pembuangan sampah terbuka dan kualitas udara.



Gambar 4. Density Visualization Dampak Sampah Terbuka (Open Dump)

Dalam gambar ini, istilah "landfill," "waste," dan "pollution" memiliki warna kuning cerah yang menunjukkan bahwa ketiga konsep ini memiliki tingkat kemunculan tinggi dalam penelitian yang dianalisis. Hal ini menunjukkan bahwa isu pencemaran akibat tempat pembuangan sampah terbuka menjadi perhatian utama dalam studi ilmiah. Selain itu, istilah "air," "solid waste," dan "environmental impact" juga memiliki tingkat kepadatan yang tinggi, menunjukkan adanya hubungan erat antara pembuangan sampah dengan dampak lingkungan, terutama pencemaran udara. Istilah lain seperti "heavy metal" dan "human health" muncul dengan warna hijau kekuningan, menandakan bahwa pencemaran udara akibat pembuangan sampah juga dikaitkan

dengan risiko kesehatan manusia, terutama dari aspek logam berat yang dapat terdispersi melalui udara.

Pada bagian yang lebih tersebar dengan warna hijau ke biru, terdapat istilah seperti "soil pollution," "water quality," dan "public health," yang menunjukkan bahwa meskipun dampak utama pembuangan sampah terbuka berkaitan dengan pencemaran udara, ada keterkaitan dengan pencemaran tanah dan air yang mempengaruhi kesehatan masyarakat. Dengan demikian, visualisasi ini memberikan gambaran bahwa dampak pembuangan sampah terbuka terhadap kualitas udara merupakan bagian dari permasalahan lingkungan yang lebih luas dan memiliki konsekuensi terhadap ekosistem serta kesehatan manusia.

Pembahasan

Berdasarkan analisis Systematic Literature Review (SLR) menggunakan Vosviewer terhadap 20 penelitian terkait dampak pembuangan sampah terbuka (open dumping) terhadap kualitas udara, ditemukan beberapa pola dan kluster tematik yang saling terkait. Visualisasi jaringan kata kunci mengidentifikasi tiga kluster utama: (1) Polutan Udara dan Sumber Emisi, (2) Dampak Kesehatan dan Lingkungan, serta (3) Solusi dan Kebijakan Pengelolaan Limbah. Kluster pertama menonjolkan kata kunci seperti methane (CH_4), particulate matter ($\text{PM}_{2.5}/\text{PM}_{10}$), volatile organic compounds (VOCs), dan landfill gas (Siddiqua et al., 2022; Nair et al., 2019; Salami & Popoola, 2023). Kluster kedua menghubungkan polutan udara dengan respiratory diseases, carcinogenic effects, dan groundwater contamination (Khoiron et al., 2020; Seiyaboh & Izah, 2019), sedangkan kluster ketiga fokus pada circular economy, waste-to-energy, dan policy enforcement (Bekchanov & Mirzabaev, 2018; Mohan & Joseph, 2021). Pembuangan sampah terbuka menghasilkan emisi gas beracun seperti metana (CH_4), karbon dioksida (CO_2), hidrogen sulfida (H_2S), dan senyawa organik volatil (VOCs) yang berkontribusi pada pemanasan global dan polusi udara lokal (Siddiqua et al., 2022; Nair et al., 2019). Metana, dengan potensi pemanasan global 28–36 kali lebih tinggi daripada CO_2 , menjadi ancaman serius di negara berkembang dengan sistem pengelolaan limbah yang lemah (Ozbay et al., 2021; Wijekoon et al., 2022). Selain itu, partikulat halus ($\text{PM}_{2.5}$ dan PM_{10}) dari aktivitas mekanis di lokasi pembuangan, seperti pemadatan sampah dan pergerakan kendaraan, meningkatkan risiko gangguan pernapasan dan kardiovaskular bagi masyarakat sekitar (Salami & Popoola, 2023; Raza et al., 2021).

Hasil analisis SLR menunjukkan bahwa paparan polutan udara dari open dumping berkorelasi dengan peningkatan kasus kanker, gangguan sistem saraf, dan penurunan kualitas hidup. Studi di Ghana dan Nigeria menemukan konsentrasi $\text{PM}_{2.5}$ di sekitar lokasi pembuangan mencapai 99–343 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, jauh melebihi ambang batas WHO (25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$), yang meningkatkan risiko kanker paru-paru sebesar 1,22% per 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (Lawrencia et al., 2022; Ogbemudia et al., 2020). Emisi H_2S dan benzena juga dikaitkan dengan iritasi mata, asfiksia, dan kerusakan organ dalam (Khoiron et al., 2020; Singh & Walker, 2024). Di Sri Lanka, akumulasi sampah di Meethotamulla menyebabkan pencemaran air tanah dan udara yang memicu wabah penyakit kulit dan gastrointestinal (Rupasinghe & Pieris, 2023). Pada praktik open dumping di negara berkembang sering kali dipicu oleh kurangnya infrastruktur, lemahnya penegakan regulasi, dan keterbatasan anggaran. Ferronato & Torretta (2019) mencatat bahwa 60% limbah di negara berpenghasilan rendah berakhir di tempat pembuangan ilegal, sementara studi di Pakistan dan India mengungkapkan hanya 10–15% limbah yang diolah secara terkontrol (Saqib et al., 2024; Mohan & Joseph, 2021). Selain itu, sektor informal yang terlibat dalam pengumpulan sampah sering kali tidak memiliki akses ke alat pelindung diri, meningkatkan risiko paparan langsung terhadap bahan beracun (Andeobu et al., 2023).

Adapun analisis Vosviewer mengungkapkan bahwa solusi berkelanjutan seperti Circular Municipal Solid Waste Management (CMSW) dan pemanfaatan gas metana sebagai energi terbarukan masih minim diterapkan di negara berkembang. CMSW menekankan pemilahan sampah organik, pengomposan, dan daur ulang untuk mengurangi emisi gas hingga 80–90% (Gómez-Sanabria et al., 2022; Bekchanov & Mirzabaev, 2018). Namun, implementasinya terhambat oleh faktor urbanisasi, rendahnya kesadaran masyarakat, dan kurangnya insentif ekonomi (Ferronato & Torretta, 2019). Di sisi lain, pemanfaatan metana dari landfill sebagai biogas telah berhasil di Thailand dan Kenya, tetapi skala proyek masih terbatas (Pansuk et al.,

2018; Kabok et al., 2021). Dengan demikian, rekomendasi kebijakan yang muncul dari analisis ini meliputi:

1. Penguatan Regulasi: Implementasi standar emisi ketat dan sanksi bagi pelanggar, seperti diatur dalam Global Plastics Treaty untuk limbah plastik (Singh & Walker, 2024).
2. Infrastruktur Pengolahan Limbah Terpadu: Pembangunan fasilitas pengomposan, insinerator modern, dan sistem penangkapan gas metana (Ozbay et al., 2021; Wijekoon et al., 2022).
3. Pendidikan dan Partisipasi Masyarakat: Kampanye pemilahan sampah dan pelatihan pengelolaan limbah berbasis komunitas (Haque & Sharif, 2021; Saqib et al., 2024).
4. Kemitraan Publik-Swasta: Investasi dalam teknologi daur ulang dan insentif fiskal untuk pengelolaan limbah berkelanjutan (Abubakar et al., 2022).

Selain itu, integrasi teknologi seperti pemantauan udara real-time dan model prediksi dispersi polutan dapat meningkatkan efektivitas kebijakan. Studi di Yunani dan Taiwan menggunakan model LandGEM dan Gaussian untuk memprediksi sebaran gas beracun, membantu perencanaan tata ruang yang aman (Chalvatzaki & Lazaridis, 2013; Chen et al., 2008). Di Nigeria, pemantauan $PM_{2.5}$ dengan sensor laser telah mengidentifikasi hotspot polusi di sekitar TPA (Ogbemudia et al., 2020). Sementara itu, tantangan utama dalam mengatasi open dumping adalah kesenjangan antara kebijakan dan implementasi. Misalnya, meskipun Ghana dan India telah mengadopsi kebijakan pengurangan limbah, kurangnya dana dan koordinasi antarsektor menghambat kemajuan (Anokye et al., 2024; Mohan & Joseph, 2021).

KESIMPULAN

Pembuangan sampah terbuka (open dumping) memberikan dampak serius terhadap kualitas udara dengan melepaskan berbagai polutan berbahaya seperti gas rumah kaca (CH_4 , CO_2), senyawa organik volatil (VOCs), serta partikel halus ($PM_{2.5}$ dan PM_{10}). Analisis menggunakan VOSviewer menunjukkan bahwa penelitian terkait dampak open dumping terhadap pencemaran udara terus berkembang, dengan fokus utama pada aspek kesehatan masyarakat, kebijakan pengelolaan sampah, dan strategi mitigasi. Emisi gas dan partikulat dari tempat pembuangan sampah tidak hanya mempercepat pemanasan global, tetapi juga meningkatkan risiko gangguan pernapasan dan penyakit kardiovaskular bagi masyarakat sekitar. Oleh karena itu, strategi pengelolaan limbah yang lebih efektif perlu diterapkan guna mengurangi dampak negatif dari pembuangan sampah terbuka.

Dampak open dumping terhadap kesehatan masyarakat sangat signifikan, terutama bagi kelompok rentan seperti anak-anak dan lansia yang berisiko mengalami penyakit pernapasan dan kardiovaskular akibat paparan polutan udara. Dari perspektif kebijakan, diperlukan regulasi yang lebih ketat terkait pengelolaan sampah dengan mendorong sistem yang lebih ramah lingkungan, seperti sanitary landfill dan teknologi waste-to-energy. Selain itu, pelepasan gas rumah kaca dari tempat pembuangan sampah berkontribusi pada perubahan iklim, sehingga pengelolaan limbah yang lebih berkelanjutan perlu menjadi bagian dari strategi mitigasi. Teknologi modern seperti pemantauan emisi gas secara real-time dan metode biofiltrasi dapat menjadi solusi dalam mengurangi pencemaran udara. Selain itu, kesadaran masyarakat juga berperan penting dalam mengurangi ketergantungan pada pembuangan sampah terbuka melalui program edukasi, daur ulang, dan pengurangan limbah rumah tangga.

Untuk mengatasi dampak negatif dari open dumping, diperlukan sistem pengelolaan sampah yang lebih terpadu dan berorientasi pada ekonomi sirkular, termasuk peningkatan fasilitas daur ulang dan insinerasi ramah lingkungan. Regulasi yang lebih ketat serta penegakan hukum terhadap praktik pembuangan sampah ilegal harus diperkuat, disertai dengan insentif bagi industri yang menerapkan pengelolaan sampah berkelanjutan. Pengembangan teknologi pemantauan emisi juga harus terus dilakukan agar dapat lebih efektif dalam mengendalikan polusi dari tempat pembuangan sampah. Selain itu, peningkatan kesadaran publik melalui program edukasi mengenai bahaya open dumping dan pentingnya pemilahan sampah perlu digalakkan. Studi lebih lanjut diperlukan untuk mengkaji dampak jangka panjang dari open dumping terhadap kualitas udara dan kesehatan masyarakat agar strategi mitigasi yang lebih

efektif dapat diterapkan. Dengan pendekatan yang tepat, dampak negatif pembuangan sampah terbuka terhadap kualitas udara dapat dikurangi, sehingga tercipta lingkungan yang lebih sehat dan berkelanjutan bagi masyarakat.

DAFTAR PUSTAKA

- Siddiqua, A., Hahladakis, J. N., & Al-Attiya, W. A. K. (2022). An overview of the environmental pollution and health effects associated with waste landfilling and open dumping. *Environmental Science and Pollution Research*, 29(39), 58514-58536.
- Abubakar, I. R., Maniruzzaman, K. M., Dano, U. L., AlShihri, F. S., AlShammari, M. S., Ahmed, S. M. S., ... & Alrawaf, T. I. (2022). Environmental sustainability impacts of solid waste management practices in the global South. *International journal of environmental research and public health*, 19(19), 12717.
- Andeobu, L., Wibowo, S., & Grandhi, S. (2023). Informal E-waste recycling practices and environmental pollution in Africa: What is the way forward?. *International journal of hygiene and environmental health*, 252, 114192.
- Anetor, G. O. (2016). Waste dumps in local communities in developing countries and hidden danger to health. *Perspectives in public health*, 136(4), 245-251.
- Anokye, K., Mohammed, A. S., Agyemang, P., Agya, A. B., Amuah, E. E. Y., & Sodoke, S. (2024). A systematic review of the impacts of open burning and open dumping of waste in Ghana: A way forward for sustainable waste management. *Cleaner Waste Systems*, 100152.
- Bekchanov, M., & Mirzabaev, A. (2018). Circular economy of composting in Sri Lanka: Opportunities and challenges for reducing waste related pollution and improving soil health. *Journal of Cleaner Production*, 202, 1107-1119.
- Chukwuemeka, I., Njoku, V., Arinze, C., Chizoruo, I., & Blessing, E. A. (2021). A Review: effects of air, water and land dumpsite on human health and analytical methods for determination of pollutants. *AMEC J*, 4, 80-106.
- Ferronato, N., & Torretta, V. (2019). Waste mismanagement in developing countries: A review of global issues. *International journal of environmental research and public health*, 16(6), 1060.
- Gupta, N., Yadav, K. K., & Kumar, V. (2015). A review on current status of municipal solid waste management in India. *Journal of environmental sciences*, 37, 206-217.
- Haque, M. S., & Sharif, S. (2021). The need for an effective environmental engineering education to meet the growing environmental pollution in Bangladesh. *Cleaner Engineering and Technology*, 4, 100114.
- Khoiron, K., Probandari, A. N., Setyaningsih, W., Kasjono, H. S., Setyobudi, R. H., & Anne, O. (2020). A review of environmental health impact from municipal solid waste (MSW) landfill. *Annals of tropical medicine and public health*, 23(3), 60-67.
- Kumar, M., & Prakash, V. (2020). A review on solid waste: its impact on air and water quality. *Journal of Pollution Effects & Control*, 8(4), 1-3.
- Kumar, S., Mondal, A. N., Gaikwad, S. A., Devotta, S., & Singh, R. N. (2004). Qualitative assessment of methane emission inventory from municipal solid waste disposal sites: a case study. *Atmospheric environment*, 38(29), 4921-4929.
- Miller, L., & Xu, X. (2018). Ambient PM_{2.5} human health effects—Findings in China and research directions. *Atmosphere*, 9(11), 424.
- Mmerekhi, D., Baldwin, A., & Li, B. (2016). A comparative analysis of solid waste management in developed, developing and lesser developed countries. *Environmental technology reviews*, 5(1), 120-141.

- Mohan, S., & Joseph, C. P. (2021). Potential hazards due to municipal solid waste open dumping in India. *Journal of the Indian Institute of Science*, 101(4), 523-536.
- Nair, A. T., Senthilnathan, J., & Nagendra, S. S. (2019). Emerging perspectives on VOC emissions from landfill sites: Impact on tropospheric chemistry and local air quality. *Process safety and environmental protection*, 121, 143-154.
- Ndou, V., & Rampedi, I. T. (2022). Bibliometric analysis of municipal solid waste management research: Global and South African trends. *Sustainability*, 14(16), 10229.
- Njewa, J. B., Mweta, G., Sumani, J., & Biswick, T. T. (2025). The impact of dumping sites on air, soil and water pollution in selected Southern African countries: challenges and recommendations. *Water Emerging Contaminants & Nanoplastics*, 4(1), N-A.
- Ozbay, G., Jones, M., Gadde, M., Isah, S., & Attarwala, T. (2021). Design and operation of effective landfills with minimal effects on the environment and human health. *Journal of environmental and public health*, 2021(1), 6921607.
- Poudel, K., Ketema, R. M., Thi Thu Ngo, H., Ikeda, A., & Minatoya, M. (2024). E-waste in Vietnam: a narrative review of environmental contaminants and potential health risks. *Reviews on Environmental Health*, 39(3), 391-406.
- Rupasinghe, S. M., & Pieris, K. C. K. (2023). The adverse environmental impact of waste accumulation at Meethotamulla waste dump. *Journal of Research Technology & Engineering*, 4(3), 199-122
- Salami, L., & Popoola, L. T. (2023). A comprehensive review of atmospheric air pollutants assessment around landfill sites. *Air, Soil and Water Research*, 16, 11786221221145379.
- Saqib, Z., Saeed, R., & Qasim, M. (2024). Evaluating the Determinants of Municipal Solid Waste and Impacts of Dumping Site on Communities. *Pakistan Journal of Scientific & Industrial Research Series A: Physical Sciences*, 67(2).
- Seiyaboh, E. I., & Izah, S. C. (2019). Impacts of soil pollution on air quality under Nigerian setting. *J Soil Water Sci*, 3(1), 45-53.
- Singh, N., & Walker, T. R. (2024). Plastic recycling: A panacea or environmental pollution problem. *Npj Materials Sustainability*, 2(1), 17.
- Vaverková, M. D. (2019). Landfill impacts on the environment. *Geosciences*, 9(10), 431.
- Wijekoon, P., Koliyabandara, P. A., Cooray, A. T., Lam, S. S., Athapattu, B. C., & Vithanage, M. (2022). Progress and prospects in mitigation of landfill leachate pollution: Risk, pollution potential, treatment and challenges. *Journal of hazardous materials*, 421, 126627.