
Studi Kualitas Udara Ambien di Area Penambangan Batu Kapur Kecamatan Puger

Musarofa✉, Yuvita Dian Siswanti, Latifa Mirzatika Al-Rosyid
Universitas Muhammadiyah Jember

ABSTRAK

Aktivitas penambangan batu kapur dan lalu lintas kendaraan berpotensi menurunkan kualitas udara ambien serta menimbulkan risiko kesehatan bagi masyarakat. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kualitas udara ambien di kawasan penambangan gunung kapur Kecamatan Puger, Kabupaten Jember. Metode yang digunakan adalah deskriptif kuantitatif dengan pengukuran lapangan menggunakan detektor gas pada lima titik lokasi dengan kondisi lalu lintas berbeda. Parameter yang diukur meliputi H₂S, CO, O₂, dan LEL. Hasil penelitian menunjukkan bahwa konsentrasi CO melebihi baku mutu pada hampir semua titik kondisi ramai, sementara H₂S melampaui ambang batas pada titik 2 dan 5 kondisi ramai. Parameter O₂ masih dalam kategori aman, sedangkan LEL tidak terdeteksi. Secara umum kualitas udara di kawasan penelitian dipengaruhi oleh aktivitas penambangan dan transportasi. Oleh karena itu, diperlukan pengendalian emisi dan pemantauan berkala untuk mencegah dampak negatif terhadap kesehatan masyarakat dan lingkungan.

Kata kunci: ambien; kualitas udara; penambangan, gunung kapur

Ambient Air Quality Study in Limestone Mining Area of Puger District

ABSTRACT

Limestone mining activities and vehicle traffic have the potential to reduce ambient air quality and pose health risks to the community. This study aims to analyze ambient air quality in the limestone mining area of Puger District, Jember Regency. The method used was descriptive quantitative with field measurements using gas detectors at five location points with different traffic conditions. The parameters measured include H₂S, CO, O₂, and LEL. The results showed that CO concentrations exceeded the quality standard at almost all points of busy conditions, while H₂S exceeded the threshold at points 2 and 5 of busy conditions. O₂ parameters are still in the safe category, while LEL is not detected. In general, air quality in the study area is influenced by mining and transportation activities. Therefore, emission control and periodic monitoring are needed to prevent negative impacts on public health and the environment.

Keywords: ambient, air quality, mining, limestone mountain

PENDAHULUAN

Kualitas udara ambien merupakan salah satu faktor utama yang menentukan kesehatan masyarakat dan keberlanjutan lingkungan (Fauzianto & Ali, 2024). Polusi udara telah menjadi salah satu penyebab kematian dini terbesar di dunia (WHO, 2024), terutama di negara berkembang yang memiliki aktivitas industri dan pertambangan intensif. Di Indonesia, isu pencemaran udara telah diatur dalam

Peraturan Pemerintah No. 22 Tahun 2021 yang menetapkan baku mutu udara ambien sebagai standar untuk melindungi masyarakat dari risiko paparan polutan. Namun demikian, implementasi pemantauan kualitas udara di kawasan pertambangan seringkali masih terbatas (Dieye et al., 2025), sehingga masyarakat yang tinggal di sekitar area tersebut rentan terhadap paparan gas berbahaya.

✉ Corresponding author
Address : Jember, Jawa Timur
Email : musofah@unmuhjember.ac.id

Kecamatan Puger di Kabupaten Jember merupakan salah satu wilayah dengan aktivitas penambangan batu kapur yang cukup besar (Dhynnie Anyd & Murtini, 2014; Rafiki, 2022). Aktivitas ini menghasilkan emisi gas, debu, dan peningkatan lalu lintas kendaraan pengangkut yang berpotensi dapat menurunkan kualitas udara. kegiatan pertambangan memiliki dampak multidimensional, tidak hanya pada perubahan bentang alam tetapi juga pada degradasi kualitas lingkungan yang berhubungan langsung dengan kesehatan masyarakat. Hal ini diperkuat oleh penelitian Syafitri et al. (2021) yang menunjukkan aktivitas penambangan batu kapur dapat meningkatkan konsentrasi polutan udara seperti karbon monoksida (CO), sulfur dioksida (SO₂), dan partikulat debu di sekitar kawasan tambang.

Gas berbahaya seperti hidrogen sulfida (H₂S) dan karbon monoksida (CO) menjadi perhatian utama dalam kajian kualitas udara (Octafianus, 2019; Wijayanto et al., 2024). H₂S merupakan gas beracun dengan bau khas telur busuk yang dalam konsentrasi tinggi dapat menimbulkan gangguan pernapasan, pusing, hingga keracunan serius (Hafidzah et al., 2025; SafetySign.co.id, 2016; Sawaya et al., 2024). Sementara itu, CO memiliki afinitas tinggi terhadap hemoglobin sehingga mampu mengurangi kapasitas darah dalam mengikat oksigen, yang berpotensi menyebabkan hipoksia dan gangguan fungsi organ vital (California Air Resources Board, 2025; Palmeri & Gupta, 2023; RUKKI, 2025). Kondisi ini akan semakin berisiko ketika masyarakat yang tinggal di sekitar kawasan tambang terpapar polutan tersebut dalam jangka waktu lama.

Beberapa penelitian terdahulu telah membahas kualitas udara di kawasan tambang. Kepadatan lalu lintas di sekitar area pertambangan secara signifikan meningkatkan konsentrasi CO dan debu ambien (Chandra, 2023; Zahirah & Dian, 2024). Intensitas aktivitas

pertambangan dengan kualitas udara ambien memiliki hubungan yang erat, pada prinsipnya kegiatan tersebut menyebabkan penurunan kualitas lingkungan salah satunya adalah kualitas udara (Purba, 2023; Salma, 2024). Namun, kajian mengenai kualitas udara di kawasan penambangan Gunung Kapur Kecamatan Puger, Kabupaten Jember, masih sangat terbatas meskipun wilayah ini berdekatan dengan pemukiman masyarakat dan memiliki aktivitas penambangan yang cukup padat.

Berdasarkan kondisi tersebut, permasalahan utama yang perlu dipecahkan adalah bagaimana kondisi kualitas udara ambien di sekitar kawasan penambangan Gunung Kapur Kecamatan Puger serta sejauh mana aktivitas penambangan dan lalu lintas kendaraan berkontribusi terhadap pencemaran udara lokal. Penelitian ini dilakukan untuk memberikan gambaran mengenai konsentrasi polutan utama berupa H₂S, CO, O₂, dan LEL di kawasan tersebut.

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kualitas udara ambien di kawasan penambangan gunung kapur Kecamatan Puger, Kabupaten Jember. Penelitian ini berfokus pada kawasan spesifik yaitu Gunung Kapur di Kecamatan Puger, Kabupaten Jember, yang belum banyak diteliti, serta integrasi antara analisis kualitas udara ambien dengan konteks aktivitas penambangan dan lalu lintas di sekitar lokasi. Hasil penelitian diharapkan dapat menjadi dasar bagi pemerintah daerah maupun masyarakat dalam merumuskan strategi pengendalian pencemaran udara dan upaya mitigasi dampak kesehatan.

METODE PENELITIAN

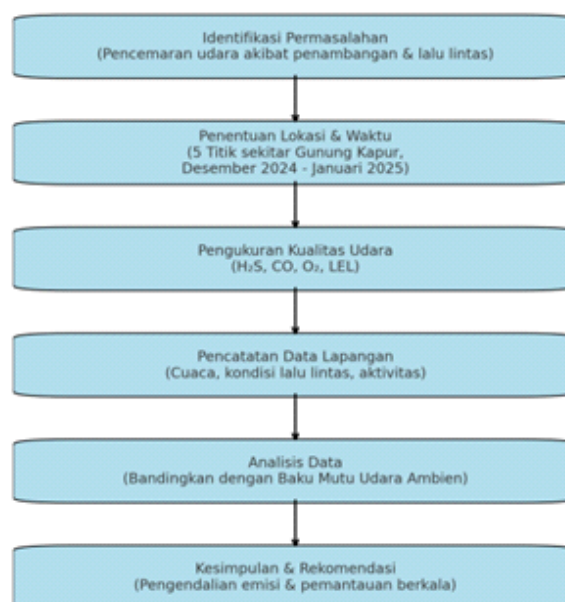
Penelitian ini menggunakan metode deskriptif kuantitatif untuk menganalisis kualitas udara ambien di sekitar kawasan penambangan Gunung Kapur, Kecamatan Puger, Kabupaten Jember. Pengukuran dilakukan pada 30 Desember 2024 dan 24 Januari 2025 di lima titik dengan kondisi lalu lintas berbeda. Parameter yang diukur

meliputi H_2S , CO , O_2 , dan LEL menggunakan gas detector portable. Data dicatat dalam log book meliputi kondisi cuaca, lalu lintas, serta aktivitas penambangan. Analisis dilakukan dengan membandingkan hasil pengukuran dengan baku mutu udara ambien yang diatur dalam PP No. 22 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup mengatur tentang berbagai aspek lingkungan hidup, termasuk di dalamnya perlindungan dan pengelolaan mutu udara. Berikut merupakan diagram alir penelitian yang di tunjukkan pada gambar 1.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pengukuran kualitas udara di lima titik sekitar kawasan penambangan Gunung Kapur Kecamatan Puger menunjukkan adanya variasi konsentrasi polutan yang dipengaruhi oleh aktivitas penambangan, kondisi lalu lintas dan cuaca. Parameter yang dianalisis meliputi H_2S , CO , O_2 , dan LEL. Ringkasan hasil utama ditunjukkan pada Tabel 1.

Hasil pengukuran menunjukkan bahwa konsentrasi CO jauh melebihi baku mutu $10.000 \mu\text{g}/\text{m}^3$ dengan waktu pengukuran 1 jam, kondisi ini hampir berada di seluruh titik dengan kondisi ramai, dengan nilai konsentrasi tertinggi sebesar $26.000 \mu\text{g}/\text{m}^3$ di titik 5. Fakta ini menegaskan bahwa



Sumber : Data Primer Diolah, (2025)

Gambar 1
Diagram Alir Penelitian

Tabel 1
Hasil Pengukuran Udara di Sekitar Kawasan Penambangan Gunung Kapur

Titik & Kondisi	H_2S (ppm)	CO ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	O_2 (%)	Status Dominan
Titik 1 – Ramai	0,3	21.000	20,9	CO Tidak Aman
Titik 1 – Tidak Ramai	0,0	7.000	20,9	Aman
Titik 2 – Ramai	3,2	17.000	20,9	H_2S & CO Tidak Aman
Titik 2 – Tidak Ramai	0,0	5.000	20,9	Aman
Titik 3 – Ramai	1,7	13.000	20,9	CO Tidak Aman
Titik 3 – Tidak Ramai	0,0	5.000	20,4	Aman
Titik 4 – Ramai	1,7	19.000	20,9	CO Tidak Aman
Titik 4 – Tidak Ramai	0,0	13.000	20,9	CO Tidak Aman
Titik 5 – Ramai	2,1	26.000	20,9	H_2S & CO Tidak Aman
Titik 5 – Tidak Ramai	0,3	8.000	20,9	Aman
Baku Mutu	2*	10.000**	20**	

Sumber : Data Primer Diolah, 2025

Keterangan: * Pergub Jatim No 10 Tahun 2009 tentang Baku Mutu Udara Ambien dan Emisi Sumber Tidak Bergerak

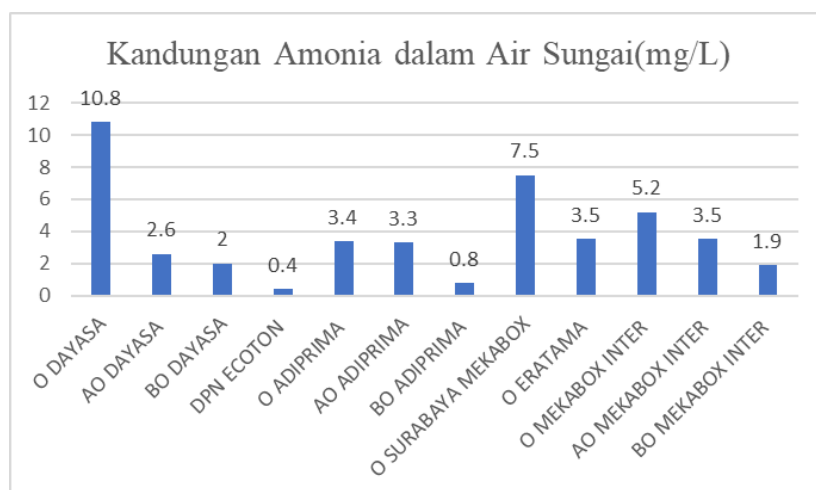
** PP No 22 Tahun 2021 tentang penyelenggaraan perlindungan dan pengelolaan lingkungan hidup

emisi kendaraan bermotor, khususnya truk pengangkut hasil dari tambang, merupakan penyumbang utama pencemar udara di kawasan penelitian. Secara teoritik, CO dikenal memiliki afinitas 200 kali lebih besar terhadap hemoglobin dibanding oksigen, sehingga paparan kronis berpotensi menimbulkan hipoksia jaringan dan gangguan fungsi organ vital (WHO, 2024). Studi dari Putra (2023) juga melaporkan peningkatan signifikan konsentrasi CO dilingkungan akibat lalu lintas kendaraan, yang mendukung temuan empiris penelitian ini. Dengan demikian, CO dapat dikatakan sebagai polutan dominan di kawasan penambangan Puger yang perlu menjadi perhatian utama dalam kebijakan pengendalian pencemaran. Selain CO, polutan H_2S juga menunjukkan konsentrasi yang melebihi ambang batas 2 ppm pada titik 2 (3,2 ppm) dan titik 5 (2,1 ppm). H_2S merupakan gas beracun dengan bau khas telur busuk, yang dalam konsentrasi tinggi dapat menyebabkan iritasi pernapasan, pusing, bahkan keracunan. Dari data tersebut terdapat korelasi antara peningkatan aktivitas penambangan dengan peningkatan kadar H_2S di udara ambien. Kebaruan penelitian ini adalah bahwa di kawasan Gunung Kapur Puger yang selama ini belum banyak diteliti H_2S terdeteksi melampaui baku mutu di titik tertentu, menunjukkan potensi risiko lingkungan dan kesehatan yang nyata bagi masyarakat sekitar.

Sementara itu, konsentrasi O_2 berada pada kisaran 20,4–20,9%, masih dalam kategori aman sesuai standar udara ambien yang diatur secara resmi dalam regulasi nasional (Peraturan Pemerintah, 2021). Nilai 20 % hanya mencerminkan kondisi atmosfer normal dan bukan batasan kualitas udara. Namun, penurunan kecil hingga 20,4% pada titik 3 kondisi tidak ramai dengan cuaca mendung mengindikasikan adanya interaksi antara polutan dan faktor meteorologi. Kondisi mendung dan pascahujan dapat meningkatkan kelembaban dan mempercepat reaksi

oksidasi polutan, sehingga menurunkan ketersediaan oksigen bebas di udara. Fluktuasi oksigen meskipun kecil dapat memengaruhi kenyamanan lingkungan dan kesehatan jangka panjang. Hal ini menunjukkan bahwa kualitas udara tidak hanya dipengaruhi oleh sumber emisi antropogenik, tetapi juga faktor lingkungan. Parameter LEL menunjukkan nilai 0% di seluruh titik, menandakan tidak adanya akumulasi gas mudah terbakar. Hal ini berarti risiko ledakan atau kebakaran akibat akumulasi gas di kawasan tambang relatif rendah. Dengan demikian, fokus utama pencemaran di Puger bukan pada potensi bahaya fisik ledakan, melainkan pada risiko kesehatan akibat paparan gas beracun.

Kondisi lalu lintas dan cuaca terbukti menjadi faktor penentu utama konsentrasi polutan. Pada kondisi ramai dan cuaca panas, konsentrasi CO dan H_2S meningkat signifikan. Fenomena ini dapat dijelaskan dengan teori inversi suhu, di mana polutan terperangkap di lapisan bawah atmosfer sehingga akumulasinya lebih tinggi. Sebaliknya, pada kondisi mendung atau setelah hujan, konsentrasi polutan lebih rendah akibat adanya deposisi basah (wet deposition) yang menurunkan kadar polutan di udara. Dengan demikian, kualitas udara di kawasan tambang kapur Puger sangat dipengaruhi oleh kombinasi faktor aktivitas antropogenik dan meteorologi lokal. Secara keseluruhan, hasil penelitian ini menunjukkan bahwa kualitas udara ambien di kawasan penambangan Gunung Kapur Puger berada pada kondisi tercemar secara signifikan oleh CO, disusul oleh H_2S pada titik-titik tertentu. Kebaruan penelitian ini terletak pada penemuan bahwa CO merupakan polutan dominan dengan konsentrasi jauh melebihi baku mutu, sementara sebagian penelitian sebelumnya lebih menyoroti debu dan partikulat sebagai pencemar utama di tambang kapur. Fakta ini memberikan pemahaman baru bahwa gas beracun perlu mendapat perhatian lebih dalam upaya pemantauan dan pengendalian.



Sumber : Data Primer Diolah, (2024)

Gambar 2
Hasil Uji Amonia dalam Air Sungai

yang dibuang akan menambahkan kandungan dua zat tersebut di dalam air. Kandungan amonia dan fosfat yang tinggi akan menyebabkan kerusakan ekosistem akuatik (Nataliah et al., 2022).

Hasil analisis kadar amonia yang telah dilakukan didapatkan nilai amonia tertinggi berada di outlet PT Dayasa dengan nilai 10,8 mg/L, dan nilai amonia terendah di Kali Surabaya depan ECOTON dengan nilai amonia sebesar 0,4 mg/L (Gambar 1). Nilai yang didapat ini telah melampaui batas ambang baku mutu kandungan amonia yang ada pada sungai. Peraturan pemerintah No 22 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup menjelaskan baku mutu air sungai kelas II untuk parameter amonia sebesar 0,2 mg/L. Tingginya kandungan amonia pada sungai ini dipengaruhi oleh pembuangan limbah yang telah terjadi, baik limbah industri maupun limbah rumah tangga.

Kandungan amonia yang tinggi pada outlet PT Dayasa Aria Prima disebabkan oleh proses *pulping* yang ditandai dengan warna coklat pada limbah cair. Proses *pulping* ini akan memisahkan selulosa dari lignin dan komponen lainnya yang terdapat pada kayu dengan menggunakan bahan kimia yang berupa NaOH. Selama proses penguraian lignin ini akan menghasilkan nitrogen organik yang kemudian akan ter-

konversi menjadi amonia (Esse, 2018). Kadar amonia dalam air juga dipengaruhi oleh masukan bahan organik pada air sungai, dimana proses dekomposisi akan memecahkan nitrogen organik dan anorganik yang kemudian akan membentuk amonia (Hamuna et al., 2018). Kandungan amonia pada limbah cair pabrik kertas dipengaruhi oleh pH, suhu dan jensi bahan kimia yang digunakan. Limbah cair kertas yang memiliki pH yang cenderung basa akan mengandung amonia dalam jumlah yang lebih besar dari pada limbah yang memiliki pH cenderung asam karena kesetimbangan pembentukan amonia akan lebih banyak terbentuk amonia bebas (NH_3) pada pH basa (Wahyuningsih et al., 2020). Selain pH, suhu juga akan mempengaruhi kesetimbangan pembentukan amonia. Peningkatan suhu akan menyebabkan penurunan kelarutan amonia bebas dalam air sehingga amonia lebih cenderung berada dalam fase gas atau tetap dalam bentuk bebasnya, bukan sebagai ion amonium yang terlarut.

Hasil analisis kandungan amonia juga dipengaruhi oleh lokasi pengambilan sampel air yang digunakan. Titik lokasi pengambilan sebelum outlet memiliki nilai amonia yang lebih rendah dibandingkan outlet dan setelah outlet, dapat dilihat pada gambar 2. Peristiwa ini dipengaruhi oleh dinamika aliran air yang akan bergerak dari tempat yang lebih

dalian pencemaran udara di kawasan penambangan.

SIMPULAN

Penelitian ini menunjukkan bahwa kualitas udara ambien di kawasan penambangan Gunung Kapur Kecamatan Puger telah mengalami pencemaran serius, ditandai dengan konsentrasi karbon monoksida (CO) yang melebihi baku mutu di hampir seluruh titik dengan kondisi lalu lintas ramai, serta hidrogen sulfida (H₂S) yang melampaui ambang batas pada titik dua dan titik lima. Sementara itu, oksigen masih berada pada kisaran aman dan nilai LEL tidak terdeteksi sehingga tidak menimbulkan risiko ledakan. Hasil ini menegaskan bahwa aktivitas penambangan dan lalu lintas kendaraan pengangkut material merupakan sumber utama pencemar udara, dengan CO sebagai polutan dominan lebih signifikan dibandingkan dengan debu tambang sebagaimana banyak dikaji sebelumnya. Oleh karena itu, diperlukan pengendalian emisi melalui pembatasan operasional kendaraan tambang, penerapan teknologi ramah lingkungan, dan pemantauan kualitas udara secara berkala guna meminimalkan risiko kesehatan masyarakat serta menjaga keberlanjutan lingkungan di kawasan Puger.

DAFTAR PUSTAKA

- California Air Resources Board. (2025). Carbon Monoxide & Health. In *California Air Resources Board*. [https://ww2.arb.ca.gov/resources/carbon-monoxide-and-health#:~:text=Karbon monoksida berbahaya karena mengikat,oksigen ke organ-organ tubuh](https://ww2.arb.ca.gov/resources/carbon-monoxide-and-health#:~:text=Karbon%20monoksida%20berbahaya%20karena%20mengikat,oksigen%20ke%20organ-organ%20tubuh).
- Chandra. (2023). *Ini Solusi Menjaga Kualitas Udara di Kawasan Industri*. TESTING INDONESIA. <https://testingindonesia.co.id/ini-solusi-menjaga-kualitas-udara-di-kawasan-industri/>
- Dhynnie Anyd, P. S., & Murtini, S. (2014). Studi Tentang Kondisi Sosial Ekonomi Penambang Kapur di Gunung Sadeng Kecamatan Puger Kabupaten Jember. *Swara Bhumi*, 3(2).
- Dieye, P., Niane, B., Thiam, A., Mbengue, S., & Samb, M. (2025). Air Quality and Strategic Environmental Assessment in Artisanal and Industrial Mining Contexts: Evaluating the Effectiveness of ESIA in the Kedougou Region, Senegal (West Africa). *Journal of Environmental Protection*, 16(07), 668–694. <https://doi.org/10.4236/jep.2025.167034>
- Fauzianto, F. S., & Ali, M. (2024). Analisis Komparatif Pemantauan Kualitas Udara Ambien di Surabaya Pada Tahun 2023. *Ocean Engineering : Jurnal Ilmu Teknik Dan Teknologi Maritim*, 3(2), 1–13. <https://doi.org/10.58192/ocean.v3i2.2085>
- Hafidzah, S. N., Jaksa, S., & Andriyani, A. (2025). Penyakit Akibat Kerja yang Disebabkan oleh Hidrogen Sulfida: Studi Kasus Pada Pekerja Industri Minyak & Gas. *Ulil Albab: Jurnal Ilmiah Multidisiplin*, 4(9), 2195–2202. <https://ulilalbabinstitute.id/index.php/JIM/article/view/10944>
- Octafianus, E. (2019). Uji Kualitas Udara Ambien yang Meliputi Parameter Sulfur Dioksida (SO₂), Carbon Monoksida (CO), Nitrogen Dioksida (NO₂) dan Hidrokarbon (HC) di PT. Petrokimia, KP Sengerang, KP Linduk di Kabupaten Serang [Universitas Satya Negara Indonesia]. <https://repository.usni.ac.id/repository/c438597749c52778cf9864160e79d010.pdf>
- Palmeri, R., & Gupta, V. (2023). *Carboxyhemoglobin Toxicity*. Treasure Island: StatPearls Publishing. [https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK557888/#:~:text=Karbon monoksida mengikat hemoglobin dengan,iskemia serebrovaskular dan infark miokard](https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK557888/#:~:text=Karbon%20monoksida%20mengikat%20hemoglobin%20dengan,iskemia%20serebrovaskular%20dan%20infark%20miokard).
- Peraturan Gubernur Jawa Timur. (2009). *Peraturan Gubernur Jawa Timur Nomor 10 Tahun 2009 Tentang Baku Mutu Udara Ambien dan Emisi Sumber Tidak Bergerak di Jawa Timur*.

- Peraturan Pemerintah. (2021). *Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup*.
- Purba, H. K. (2023). *Pengendalian Kualitas Udara Ambien Berdasarkan Parameter PM 2,5 dan PM 10 Di Area Tambang Batubara PT. XXX di Lebak Budi, Kecamatan Merapi Barat, Kabupaten Lahat, Sumatera Selatan* [Skripsi, UPN Veteran Yogyakarta] . <http://eprints.upnyk.ac.id/37222/>
- Putra, F. V. (2023). *Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan Paparan CO Terhadap Masyarakat di Dalam dan di Luar Zona Taman Pelangi Kota Surabaya* [Universitas Islam Negeri Sunan Ampel].<http://digilib.uinsa.ac.id/63586/>
- Rafiki, N. (2022). *Perubahan Kondisi Sosial Ekonomi Masyarakat Pasca Aktivitas Penambangan Batu Kapur di Desa Grenden Kecamatan Puger Kabupaten Jember* [UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta]. <https://digilib.uinsuka.ac.id/id/eprint/55914/>
- RUKKI. (2025). Karbon Monoksida dalam Rokok: Gas Mematikan yang Menghambat Oksigen dan Mengancam Kesehatan. In RUKKI. [https://rukki.org/karbon-monoksida-dalam-rokok-gas-mematikan-yang-menghambat-oksigen-dan-mengancam-kesehatan/#:~:text=Karbon Monoksida dalam Rokok: Gas Mematikan yang,pasokan oksigen ke otak dan organ vital](https://rukki.org/karbon-monoksida-dalam-rokok-gas-mematikan-yang-menghambat-oksigen-dan-mengancam-kesehatan/#:~:text=Karbon Monoksida dalam Rokok: Gas Mematikan yang,pasokan oksigen ke otak dan organ vital.).
- SafetySign.co.id. (2016). Mengenal Bahaya H₂S, Gas Beracun dan Mematikan Bagi Pekerja Tambang. In *S A F E T Y S I G N . C O . I D* . <https://www.safetysign.co.id/news/Mengenal-Bahaya-H-8322-S-Gas-Beracun-dan-Mematikan-Bagi-Pekerja-Tambang>
- Salma, H. (2024). Analisis Kualitas Udara Akibat Aktivitas Truk Batubara di Provinsi Jambi. *JSSIT: Jurnal Sains Dan Sains Terapan*, 11(11), 33–39. <https://jurnal.fst.uinjambi.ac.id/index.php/Jssit/article/view/44>
- Sawaya, A., Regina, A. C., & Menezes, R. G. (2024). *Hydrogen Sulfide Toxicity*. Treasure Island: StatPearls Publishing.
- Syafitri, R., Hidayat, A., & Prasetyo, D. (2021). Analisis Kualitas Udara Ambien di Kawasan Tambang Batu Kapur. *Jurnal Teknik Lingkungan*, 27(1), 33–41.
- WHO. (2024). *Ambient (Outdoor) Air Pollution and Health* . [https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/ambient-\(outdoor\)-air-quality-and-health](https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/ambient-(outdoor)-air-quality-and-health)
- Wijayanto, R., Susila, H., & Handoyo, S. (2024). Evaluasi Kualitas Udara pada Pekerjaan Terowongan Pengambilan (Studi Kasus K3 Proyek Bendungan Jlantah Karanganyar). In *Jurnal Teknik Sipil Dan Arsitektur* (Vol. 29, Issue 1, p p . 2 8 0 7 – 9 4 1 8) . O n l i n e . <https://ejournal.utp.ac.id/index.php/JTSA/article/view/2879>
- Zahirah, A. P., & Dian, H. S. (2024). Tinjauan Bibliometrik Tren Penelitian Pencemaran Udara PM 2,5 di Kawasan Pertambangan Batubara. *Prosiding Seminar Nasional Teknik Lingkungan Kebumihan SATU BUMI*, 71–83.