



Terbit online pada laman web jurnal :<http://jurnaldampak.ft.unand.ac.id/>

Dampak: Jurnal Teknik Lingkungan Universitas Andalas

[ISSN (Print) 1829-6084 |ISSN (Online) 2597-5129]



Artikel Penelitian

Pengaruh Kondisi Meteorologi Terhadap Kualitas Udara Di Kawasan Penambangan Batu Kapur

Solikhati Indah Purwaningrum^{1*)}, Heri Mulyanti¹⁾, Elsa Agustiana¹⁾, Sholikhah Risqi Dwi Anggraini²⁾

¹⁾Program Studi Ilmu Lingkungan, Universitas Bojonegoro, Bojonegoro, Indonesia

²⁾Program Studi Teknik Sipil, Universitas Jambi, Jambi, Indonesia

*Koresponden: sindahpurwaningrum@gmail.com

Diterima: 30 Oktober 2024

Diperbaiki: 30 November 2024

Disetujui: 6 Januari 2025

ABSTRACT

Particulate Matter 10 (PM₁₀) is small particles with generally 10 µm diameters. Meteorological conditions such as wind direction, wind speed, temperature and humidity affect the concentration of PM₁₀ in the air. The purpose of this study was to analyze the effect of meteorological conditions on the concentration of PM₁₀ in the Limestone Mining Area. This study used the direct reading method (real time sampling) and multiple linear regression analysis. Meteorological factors are temperature, humidity and wind speed. Sampling was carried out for one week. The results showed that the concentration of PM₁₀ generally exceeded the ambient air quality standard for PM₁₀, namely with a range of 83 µg / m³ to 114 µg / m³. The correlation coefficient values indicating the relationship between temperature, humidity and wind speed with PM₁₀ concentration are 0.804; -0.964; and 0.695, respectively. The influence of meteorological conditions, namely wind speed and humidity, is very significant on the concentration of PM₁₀ in the air with values of 0.043 and 0.005. The air temperature factor does not affect the concentration of PM₁₀ in the air, but only has a symmetrical relationship between the two with a value of 0.308. In conclusion, there is an influence between meteorological conditions and PM₁₀ concentration in the Limestone Mining Area.

Keyword: Influences, Meteorology, PM₁₀, Limestone Mining

ABSTRAK

*Particulate Matter 10 (PM₁₀) adalah partikel kecil yang umumnya berdiameter ≤ 10 µm. Kondisi meteorologi seperti arah angin, kecepatan angin, suhu dan kelembaban berpengaruh terhadap konsentrasi PM₁₀ di udara. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menganalisis pengaruh kondisi meteorologi terhadap konsentrasi PM₁₀ di Kawasan Penambangan Batu Kapur. Penelitian ini menggunakan metode *direct reading (real time sampling)* dan analisis regresi linier berganda. Faktor meteorologi adalah suhu, kelembaban dan kecepatan angin. Pengambilan sampel dilakukan selama satu minggu. Hasil penelitian menunjukkan bahwa konsentrasi PM₁₀ pada umumnya sudah melebihi baku mutu udara ambien PM₁₀ yaitu dengan rentang antara 83 µg/m³ sampai dengan 114 µg/m³. Nilai koefisien korelasi yang menunjukkan adanya hubungan antara suhu, kelembaban dan kecepatan angin dengan konsentrasi PM₁₀ masing-masing adalah 0,804; -0,964; dan 0,695. Pengaruh kondisi meteorologi yaitu kecepatan angin dan kelembapan udara sangat nyata terhadap konsentrasi PM₁₀ di udara dengan nilai 0,043 dan 0,005. Faktor suhu udara tidak mempengaruhi konsentrasi PM₁₀ di udara, melainkan hanya memiliki hubungan simetris antara keduanya dengan nilai 0,308. Kesimpulannya, terdapat pengaruh antara kondisi meteorologi dengan konsentrasi PM₁₀ di Kawasan Penambangan Batu Kapur.*

Kata Kunci: Pengaruh, Meteorologi, PM₁₀, Penambangan Batu Kapur

1. PENDAHULUAN

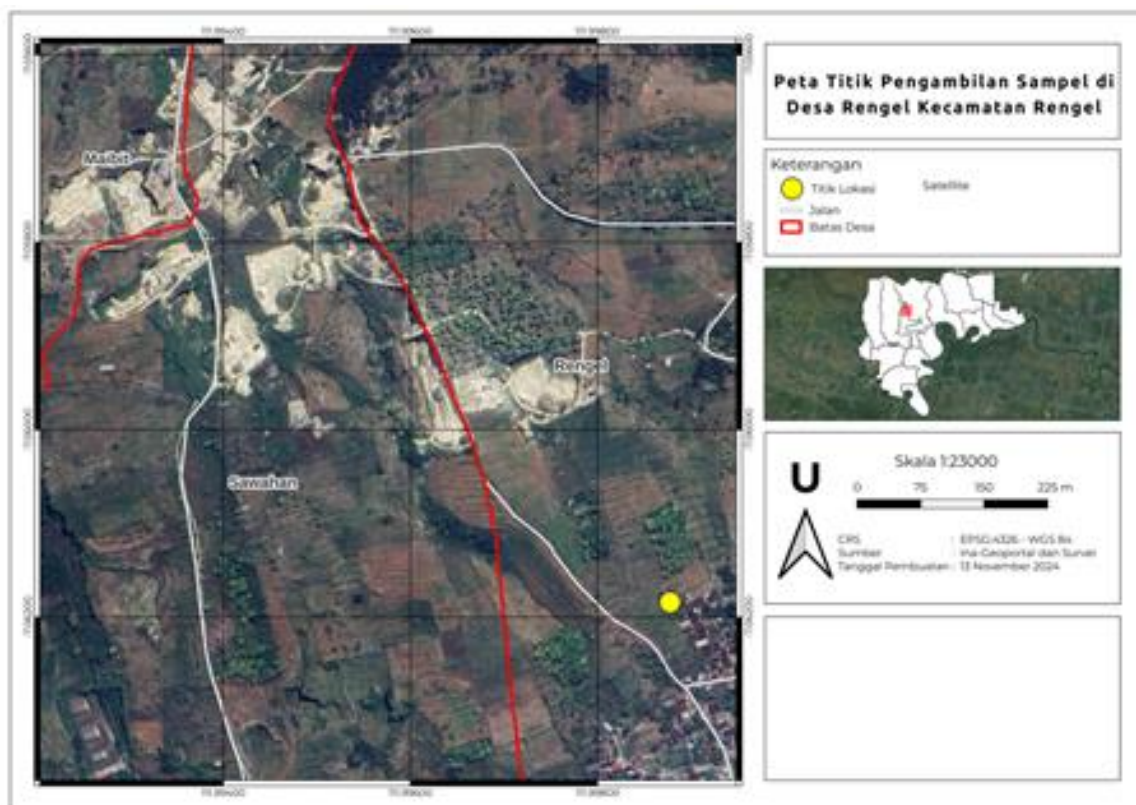
Menurut Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 22 tahun 2021 tentang pengendalian pencemaran udara, pencemaran udara merupakan masuknya atau dimasukkannya suatu zat, energi, atau komponen lainnya ke dalam udara ambien oleh kegiatan manusia, sehingga mutu udara turun sampai ke tingkat tertentu dan melebihi baku mutu sehingga menyebabkan udara ambien tidak dapat memenuhi fungsinya. Salah satu polutan pencemaran udara adalah *Particulate Matter* 10 μm (PM_{10}). PM_{10} adalah salah satu zat pencemaran udara ambien yang digolongkan ke dalam kelompok pencemar primer (*primary pollutant*) dengan ukuran diameter 10 mikrometer dan mengandung bahan pencemar yang diemisikan langsung ke udara dari sumber pencemaran, seperti kegiatan penambangan (Handika dkk, 2019).

PM_{10} akan berada di udara dalam waktu yang relatif lama dalam keadaan melayang-layang dan masuk ke dalam tubuh manusia melalui saluran pernapasan sehingga dapat menyebabkan gangguan kesehatan (Lestari dkk, 2019). Konsentrasi PM_{10} di kawasan penambangan batu kapur bukan hanya dipengaruhi oleh kegiatan produksi, namun juga dipengaruhi oleh kondisi meteorologi seperti arah angin, kecepatan angin, suhu dan kelembaban (Anggraini dkk, 2023).

Area penambangan batu kapur di Kecamatan Rengel terdapat 30 tambang batu kapur dengan luas 600m². Kapasitas produksi perhari 600-700 biji untuk batu pondasi dan 4000 biji perhari untuk batu bata kapur putih. Lokasi penambangan batu kapur berbatasan langsung dengan pemukiman warga. Desa terdekat dengan lokasi penambangan batu kapur adalah Desa Rengel, dengan jarak lokasi tambang ke pemukiman warga sekitar 660 meter. Dengan begitu, daerah tersebut memiliki potensi terpengaruh pada perubahan kualitas udara yang disebabkan oleh kenaikan konsentrasi PM_{10} dari aktivitas kegiatan penambangan batu kapur.

2. METODOLOGI

Penelitian ini dilaksanakan pada Kawasan Penambangan Batu Kapur di Desa Rengel Kecamatan Rengel Kabupaten Tuban. Lokasi tersebut merupakan permukiman terdekat dari kawasan penambangan batu kapur. Umumnya masyarakat bekerja sebagai petani yang mengharuskan bekerja di luar ruangan. Dengan begitu, kualitas udara akibat dari penambangan batu kapur tersebut dapat mempengaruhi kesehatan masyarakat.



Gambar 1. Lokasi Pengambilan Sampel

Penelitian ini dilakukan beberapa tahapan, meliputi:

a) Pengambilan sampel

Pengukuran konsentrasi PM₁₀ menggunakan metode *direct reading (real time sampling)*. *Real time* secara umum berarti menggambarkan secara tepat yang sedang terjadi pada saat pengambilan sampel. Pengambilan sampel udara dilakukan dengan menggunakan alat *Particle counter cem instrument debu dust tester DT-96 monitor*. Pengambilan sampel PM₁₀ dilakukan selama 7 hari (Senin-Minggu) dengan waktu pengambilan sampel 1 jam pada pagi dan siang hari. Selain itu dalam pelaksanaan pengambilan sampel juga dilakukan pengukuran data meteorologi di titik sampling yang meliputi kecepatan angin, kelembapan udara, dan suhu menggunakan anemometer.

b) Analisis pengaruh meteorologi terhadap konsentrasi PM₁₀

Metode yang digunakan untuk menganalisis pengaruh faktor meteorologi terhadap pencemaran udara dalam hal ini adalah analisis menggunakan software SPSS dengan bivariat dan regresi linier berganda. Analisis bivariat merupakan analisis yang digunakan untuk melihat hubungan antara dua variabel. Regresi linier berganda digunakan karena faktor meteorologi yang mempengaruhi pencemaran udara lebih dari satu faktor. Hal ini digunakan karena faktor meteorologi yang mempengaruhi pencemaran udara lebih dari satu faktor.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Konsentrasi PM₁₀ dan Kondisi Meteorologi

Konsentrasi PM₁₀ di udara dipengaruhi oleh keberadaan sumber pencemar di lokasi tersebut seperti kegiatan industri, dan transportasi (Amrizal dkk, 2021). PM₁₀ memiliki ukuran yang sangat kecil sehingga akan berada di udara untuk waktu yang relatif lama dalam keadaan melayang-layang dan masuk ke dalam tubuh manusia melalui saluran pernafasan sehingga dapat menyebabkan gangguan kesehatan. Keberadaan pencemaran di udara ambien khususnya PM₁₀ dipengaruhi oleh faktor meteorologis, seperti suhu, kelembapan udara dan kecepatan angin (Girotti dkk, 2025).

Hasil pengukuran konsentrasi PM₁₀ dan kondisi meteorologi di Kawasan Penambangan Batu Kapur dapat dilihat pada **Tabel 1**.

Tabel 1. Konsentrasi PM₁₀ dan Kondisi Meteorologi

Hari/Waktu	Konsentrasi PM ₁₀ (µg/m ³)	Kondisi Meteorologi		
		Suhu (°C)	Kelembapan Udara (%RH)	Kecepatan Angin (m/s)
Senin/Pagi	74	30	75	4,8
Senin/Siang	84	35	72	5,2
Selasa/Pagi	84	35	71	3,7
Selasa/Siang	111	39	68	4,3
Rabu/Pagi	114	40	63	4,8
Rabu/Siang	83	34	72	3,7
Kamis/Pagi	36	26	92	3,7
Kamis/Siang	40	33	89	3,2
Jum'at/Pagi	32	35	83	1,9
Jum'at/Siang	32	31	89	2,3
Sabtu/Pagi	112	39	67	4,3
Sabtu/Siang	38	28	88	4,1
Minggu/Pagi	90	36	69	3,8
Minggu/Siang	35	25	90	3,1

Berdasarkan Tabel 1, kondisi meteorologi dan konsentrasi PM₁₀ setiap harinya bervariasi. Hal tersebut dapat menggambarkan bahwa konsentrasi PM₁₀ di suatu lokasi tidak bersifat tetap, dapat berubah bergantung pada kondisi meteorologi dan sumber pencemar (Amrizal dkk, 2021). Konsentrasi PM₁₀ tertinggi pada hari rabu pagi, sedangkan konsentrasi PM₁₀ terendah pada hari Jum'at pagi maupun siang hari.

Konsentrasi minimum pada hari Jum'at dikarenakan pada kawasan tersebut tidak ada kegiatan penambangan batu kapur. Dengan begitu, sumber utama pencemar udara PM₁₀ di kawasan tersebut tidak ada. Konsentrasi PM₁₀ di

kawasan penambangan batu kapur pada umumnya telah melebihi baku mutu udara berdasarkan Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No. 22 Tahun 2021 yaitu $75 \mu\text{m}/\text{m}^3$.

Keberadaan PM_{10} dari kegiatan penambangan batu kapur mengandung logam berat. Beberapa logam tersebut meliputi Al, Cd, dan Pb. Logam berat tersebut bila terhirup dengan konsentrasi tinggi dan dalam waktu yang lama juga akan menyebabkan berbagai macam penyakit di tubuh manusia (Lestari dkk, 2019). PM_{10} dapat terinhalasi ke saluran pernapasan dan masuk ke paru-paru sehingga dapat memicu terjadinya gangguan kesehatan seperti sesak nafas, kanker paru-paru bahkan kematian (Arlesia, 2017).

Masyarakat yang berada di kawasan penambangan batu kapur memiliki potensi besar terpapar PM_{10} akibat dari kegiatan penambangan batu kapur. Mayoritas masyarakat bermata pencaharian sebagai petani di lokasi tersebut. Dengan begitu, semakin memperbesar kemungkinan terjadi gangguan kesehatan akibat paparan PM_{10} pada masyarakat yang bermukim di kawasan tersebut. Lama waktu kontak manusia dengan PM_{10} di udara mempengaruhi dampak yang ditimbulkan termasuk rendah atau serius dalam waktu singkat (Sukmawati & Warisaura, 2023). Selain itu, konsentrasi PM_{10} semakin tinggi maka akan meningkatkan dampak kesehatan masyarakat.

3.2. Pengaruh Kondisi Meteorologi Terhadap Konsentrasi PM_{10}

Korelasi dan pengaruh kondisi meteorologi meliputi suhu, kelembaban, dan kecepatan angin terhadap konsentrasi PM_{10} dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Analisis Pengaruh Kondisi Meteorologi Terhadap Konsentrasi PM_{10}

Kondisi Meteorologi	Koefisien Korelasi	Koefisien Regresi	t_{hitung}	Sig.
Suhu	0,804	1,082	1,074	0,308
Kelembapan Udara	-0,964	-2,141	-3,634	0,005
Kecepatan Angin	0,695	8,295	2,314	0,043

Nilai koefisien korelasi semakin mendekati nilai 1 maka tingkat korelasi akan semakin kuat, dan semakin kecil atau mendekati nilai 0 maka korelasi semakin lemah (Sugiyono, 2012). Nilai koefisien korelasi dengan tanda negatif (-) menunjukkan bahwa hubungan negatif, yaitu nilai X naik maka nilai Y akan turun atau sebaliknya.

Berdasarkan Tabel 2, terdapat hubungan sangat kuat dan searah antara suhu dengan konsentrasi PM_{10} . Kecepatan angin memiliki hubungan kuat dan searah dengan konsentrasi PM_{10} di udara. Sedangkan faktor kelembapan udara memiliki hubungan sangat kuat dan tidak searah dengan konsentrasi PM_{10} . Artinya, semakin tinggi suhu udara dan kecepatan angin maka konsentrasi PM_{10} di udara semakin meningkat. Sedangkan, semakin kecil nilai kelembapan udara yang menyebabkan udara menjadi kering maka semakin tinggi konsentrasi PM_{10} di udara.

Hasil analisis regresi linier berganda terhadap kondisi meteorologi dan konsentrasi PM_{10} di Kawasan Penambangan Batu Kapur menunjukkan bahwa kelembapan udara dan kecepatan angin berpengaruh nyata terhadap konsentrasi PM_{10} , karena nilai sig. $< \alpha=0,05$. Tidak ada pengaruh yang nyata antara suhu udara dengan konsentrasi PM_{10} di udara karena nilai sig. $> \alpha=0,05$.

Koefisien keragamannya adalah 94,1%. Dengan begitu, faktor meteorologi memiliki pengaruh yang besar terhadap keberadaan konsentrasi PM_{10} di kawasan penambangan batu kapur Desa Rengel. Sedangkan 5,9% adalah faktor lain yang mempengaruhi keberadaan konsentrasi PM_{10} di udara. Kelembapan udara memiliki pengaruh negatif, yang artinya semakin tinggi kelembapan udara maka konsentrasi PM_{10} di Desa Rengel semakin kecil. Semakin tinggi kelembapan udara, maka konsentrasi PM_{10} di udara akan cenderung berkurang. Hal ini terjadi karena konsentrasi uap air yang banyak di udara dapat bereaksi dengan partikel-partikel PM_{10} , sehingga partikel-partikel tersebut menjadi lebih berat dan mudah jatuh atau terserap oleh permukaan tanah (Sapitri dkk, 2023).

Kecepatan angin memiliki pengaruh positif terhadap konsentrasi PM_{10} , artinya semakin tinggi kecepatan angin maka semakin besar konsentrasi PM_{10} di udara. Hal ini dikarenakan partikulat yang berukuran sangat kecil dapat dengan mudah terbawa ke suatu tempat dengan bantuan angin. Ketika kecepatan angin sangat tinggi, terjadi peningkatan cepat konsentrasi PM_{10} karena resuspensi partikel di dekat permukaan (Girotti dkk, 2025). Selain itu, arah angin yang mengarah ke tenggara dari lokasi penambangan batu kapur merupakan posisi pengambilan sampel udara tepatnya merupakan kawasan pedesaan yang terdekat dari lokasi penambangan. Kondisi wilayah

tersebut juga merupakan dataran rendah sehingga angin yang berhembus membawa PM₁₀ dari lokasi penambangan ke lokasi pemukiman warga.

Faktor suhu tidak berpengaruh terhadap keragaman konsentrasi PM₁₀ di kawasan penambangan batu kapur. Hal tersebut sesuai dengan penelitian yang dilakukan Zender-Swiercz dkk, 2024 bahwa konsentrasi PM₁₀ di udara lebih bergantung pada kelembapan udara daripada suhu. Suhu umumnya tidak secara langsung menyebabkan kenaikan konsentrasi PM₁₀ di udara, melainkan berinteraksi dengan faktor-faktor lain, seperti kecepatan angin dan kelembapan yang pada akhirnya dapat mempengaruhi keberadaan PM₁₀.

4. KESIMPULAN

Faktor meteorologi berpengaruh terhadap konsentrasi pencemar khususnya PM₁₀ di udara. Hubungan kondisi meteorologi meliputi suhu, kelembapan udara dan kecepatan angin terhadap konsentrasi PM₁₀ di udara sangat kuat. Nilai koefisien korelasi suhu, kelembapan dan kecepatan angin masing-masing adalah 0,804; -0,964; dan 0,695. Di kawasan penambangan batu kapur pengaruh kondisi meteorologi yaitu kecepatan angin dan kelembapan udara sangat nyata terhadap konsentrasi PM₁₀ di udara dengan nilai 0,043 dan 0,005. Faktor suhu udara tidak mempengaruhi konsentrasi PM₁₀ di udara, melainkan hanya memiliki hubungan simetris antara keduanya dengan nilai 0,308.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini didanai oleh Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat Universitas Bojonegoro Tahun Anggaran 2024-2025 Semester Genap.

DAFTAR PUSTAKA

- Amrizal, Z., Munfarida, I., Amrullah. (2021). Pemetaan Particulate Matter (PM₁₀) di Kawasan Bundaran Taman Pelangi Kota Surabaya. *Al-Ard: Jurnal Teknik Lingkungan*, 7(1): 44-51
- Anggraini, F.J., Shalsabila, A., Rodhiyah, Z. (2023). Sebaran Particulate Matter (PM₁₀, PM_{2,5}, PM₁, PM_{0,1}) di SMP Negeri 1 Kota Jambi Menggunakan Model CFD (Computational Fluid Dynamics). *INSOLOGI: Jurnal Sains dan Teknologi*, 2(4): 690-702
- Arlesia, A. (2017). Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan Paparan PM₁₀ pada Pedagang di Kawasan Pasar Siteba Tahun 2017. *Skripsi. Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Andalas: Padang*
- Girotti, C., Kowalski, F.L., Silva, T., Correia, E., Shimomura, A.R.P., Kurokawa, F.A., Lopes, A. (2025). Air pollution Dynamics: The role of meteorological factors in PM₁₀ concentration patterns across urban areas. *City and Environment Interactions*, 25: 1-12.
- Handika R., Purwaningrum S.I., Lestari R.A. (2019). Analisis Risiko Non Karsinogenik Paparan PM₁₀ di Kawasan Komersial, Kota Jambi. *Serambi Engineering*, 4(2): 514-521.
- Lestari, R.A., Handika, R.A., Purwaningrum, S.I. (2019). Analisis Risiko Karsinogenik Paparan PM₁₀ Terhadap Pedagang di Kelurahan Pasar Jambi. *Dampak: Jurnal Teknik Lingkungan Universitas Andalas*, 16(2): 59-65.
- Pemerintah Republik Indonesia. Peraturan Pemerintah No. 22 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup.
- Sapitri, A.W., Sumarlin, S., Assiddieq, M. (2023). Analisis Dampak Parameter Debu PM₁₀ di Udara terhadap Masyarakat di Desa Sangi-Sangi. *Jurnal TELUK: Teknik Lingkungan UM Kendari*, 3(2): 001-005.
- Sugiyono. (2012). Metode Penelitian Kuantitatif Kualitatif dan R&D. Bandung: Alfabeta.
- Sukmawati, P.D., & Warisaura, A.D. (2023). Analisis Pengaruh Faktor Meteorologi Terhadap Konsentrasi Gas Monoksida dan Particulate Matter di Jalan Gejayan, Yogyakarta. *Jurnal Serambi Engineering*, 8(3): 6561-6566.
- Zender-Swiercz, E., Galiszewska, B., Telejko, M., Starzomska, M. (2024). The effect of temperature and humidity of air on the concentration of particulate matter - PM_{2,5} and PM₁₀. *Atmospheric Research*, 312: 1-11.