



DAMPAK PM_{2,5} TERHADAP JUMLAH KASUS RAWAT JALAN PENYAKIT PARU OBSTRUKTIF KRONIS DI KOTA BENGKULU

IMPACT OF PM_{2,5} ON OUTPATIENT FOR CHRONIC OBSTRUCTIVE PULOMONARY DISEASE IN BENGKULU CITY

Susilo Wulan^{1*}, Liza Lidiawati², Dirhan³, Dian Dwiana Maydinar⁴

¹Program Studi Kesehatan Masyarakat STIKES Tri Mandiri Sakti Bengkulu

²Jurusan Fisika, Universitas Bengkulu

Email: wulan.susilo@gmail.com

ABSTRAK

Latar Belakang: Penyakit Paru Obstruktif Kronik (PPOK) merupakan salah satu penyebab utama morbiditas dan mortalitas global. Faktor risiko utamanya adalah merokok dan paparan polusi udara, terutama partikel halus (PM_{2.5}), yang dihasilkan dari pembakaran bahan fosil dan aktivitas industri. Kota Bengkulu mengalami peningkatan kadar PM_{2.5} yang konsisten antara tahun 2022 hingga 2023, dengan dampak signifikan terhadap kesehatan pernafasan. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh paparan PM_{2.5} terhadap kasus rawat jalan pasien PPOK di Kota Bengkulu. **Metode:** Penelitian ini menggunakan desain studi ekologi dengan pendekatan time series, memanfaatkan data konsentrasi PM_{2.5} dari BMKG Pulau Baai serta data kasus rawat jalan PPOK dari BPJS Kesehatan Bengkulu selama tahun 2021-2023. Uji korelasi Pearson dan regresi sederhana digunakan untuk menganalisis hubungan antara konsentrasi PM_{2.5} dan kasus rawat jalan pasien PPOK. **Hasil:** Penelitian menunjukkan bahwa terdapat peningkatan konsentrasi PM_{2.5} dari 18 µg/m³ pada tahun 2021 menjadi 24 µg/m³ pada tahun 2023, yang diikuti dengan peningkatan kunjungan rawat jalan dari 457 kasus pada tahun 2021 menjadi 601 kasus pada tahun 2023. Analisis regresi menghasilkan persamaan $Y=30,35+23,82 (PM_{2.5})$, dengan nilai R² sebesar 0,998 dan p-value 0,025, yang menunjukkan bahwa peningkatan 1 µg/m³ konsentrasi PM_{2.5} dapat meningkatkan kasus rawat jalan PPOK sebanyak 24 kasus. **Kesimpulan:** Paparan PM_{2.5} berkontribusi signifikan terhadap peningkatan kunjungan rawat jalan pasien PPOK di Bengkulu. Pengendalian kualitas udara melalui penurunan konsentrasi PM_{2.5} sangat penting untuk mengurangi beban kesehatan masyarakat, terutama pada pasien dengan kondisi pernapasan kronis seperti PPOK. Rekomendasi kebijakan untuk peningkatan kualitas udara perlu diimplementasikan untuk mengurangi dampak kesehatan jangka panjang.

Kata Kunci: PM_{2.5}; PPOK; Rawat Jalan; Polusi Udara; Kualitas Udara.

ABSTRACT

Background: Chronic Obstructive Pulmonary Disease (COPD) is one of the leading causes of global morbidity and mortality. The main risk factors are smoke and exposure to air pollution, especially fine particulate matter (PM_{2.5}), which is produced from fossil fuel combustion and industrial activities. Bengkulu City experienced a consistent increase in PM_{2.5} levels between 2022 and 2023, which had a significant impact on respiratory health. This study aims to analyze the effect of PM_{2.5} exposure on outpatient cases of COPD patients in Bengkulu City. **Methods:** This study used an ecological study design with a time series approach, utilizing PM_{2.5}



concentration data from BMKG Pulau Baai and COPD outpatient case data from BPJS Kesehatan Bengkulu during 2021-2023. Pearson correlation test and simple regression were used to analyze the relationship between PM_{2.5} concentration and outpatient cases of COPD patients.

Results: The study showed that there was an increase in PM_{2.5} concentration from 18 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ in 2021 to 24 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ in 2023, which was followed by an increase in outpatient visits from 457 cases in 2021 to 601 cases in 2023. Regression analysis produced the equation $Y=30.35+23.82$ (PM_{2.5}), with an R^2 value of 0.998 and a p -value of 0.025, indicating that an increase of 1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ of PM_{2.5} concentration can increase COPD outpatient cases by 24 cases. **Conclusion:** PM_{2.5} exposure contributes significantly to the increase in outpatient visits for COPD patients in Bengkulu. Controlling air quality by reducing PM_{2.5} concentration is essential to reduce the burden on public health, especially in patients with chronic respiratory conditions such as COPD. Policy recommendations to improve air quality need to be implemented to reduce long-term health impacts.

Keywords: PM_{2.5}; COPD; Outpatient care; Air pollution; Air Quality.

PENDAHULUAN

Penyakit Paru Obstruktif Kronik (PPOK) adalah penyebab utama morbiditas dan mortalitas di seluruh dunia. Penyakit ini ditandai dengan keterbatasan aliran udara progresif dan peradangan kronis di paru-paru, yang dapat menyebabkan kegagalan pernafasan dan komplikasi lainnya.

Faktor yang berkontribusi terhadap PPOK adalah merokok, paparan polusi udara. Komponen utama polusi udara di perkotaan adalah Partikel Partikulat (PM_{2.5}) (1). PM_{2.5} merupakan campuran partikel padat dan tetesan cairan di udara yang berdiameter kurang dari 2,5 mikrometer. Partikel ini cukup kecil untuk terhirup jauh ke dalam paru-paru, yang dapat menyebabkan kerusakan pada

jaringan paru-paru dan memicu respons peradangan.

PM_{2.5} yang dihasilkan dari pembakaran fosil, kendaraan bermotor dan proses industry dapat mengganggu pernafasan dan menyebabkan kerusakan paru-paru (2). Paparan PM_{2.5} dapat memperburuk gejala PPOK(3). Pada pada lansia yang tinggal di area dengan kualitas udara yang buruk akan mengalami penurunan fungsi paru yang lebih cepat meskipun tidak memiliki riwayat merokok atau factor risiko lain (4). Meningkatkan angka rawat inap, dan bahkan memperpendek harapan hidup. PPOK merupakan beban yang signifikan pada sistem perawatan kesehatan.

Konsentrasi PM_{2.5} berhubungan positif dengan peningkatan risiko masuk rumah sakit karena penyakit kardiovaskular, 0,90% (95% CI 0,26% hingga 1,53%) dan



penyakit pernapasan, 0,96% (95% CI=0,63% hingga 2,58%) per 10 mg/m³ (5).

Fakta di Kota Bengkulu menunjukkan kadar PM_{2.5} tahun 2022 dan 2023 berturut-turut adalah 20,07µgr/m³ dan 24,34 µgr/m³ (Indeks Sedang) dengan konsentrasi tertinggi sebesar 32,50 µgr/m³ terjadi pada bulan Agustus 2023 dan terendah sebesar 12,75µgr/m³ terjadi di bulan November 2022.

Paparan PM_{2.5} ini telah dikaitkan dengan peningkatan gejala pernapasan, termasuk mengi, batuk, dan sesak napas, di antara pasien PPOK. Penelitian di Bandung menemukan bahwa pasien PPOK yang tinggal di daerah dengan kadar PM_{2.5} tinggi memiliki tingkat rawat inap dan kunjungan unit gawat darurat yang lebih tinggi dibandingkan dengan mereka yang tinggal di daerah dengan kadar PM_{2.5} yang lebih rendah.

Mengingat bukti kuat yang menghubungkan paparan PM_{2.5} dengan PPOK, penting untuk memahami dampak PM_{2.5} pasien PPOK di Bengkulu. Penelitian ini bertujuan untuk analisis pengaruh PM_{2.5} terhadap jumlah kunjungan rawat jalan PPOK di Kota Bengkulu.

Dengan lebih memahami dampak PM_{2.5} dengan kunjungan rawat jalan pasien PPOK diharapkan penyedia layanan kesehatan dapat mengembangkan intervensi yang tepat sasaran dalam mengurangi beban PPOK di Bengkulu.

METODE PENELITIAN

Penelitian menggunakan studi ekologi dengan pendekatan time series. Untuk mengevaluasi pengaruh antara paparan PM_{2.5} terhadap jumlah kasus rawat jalan PPOK. Sumber data diperoleh dari BMKG Pulau Baai berupa data konsentrasi rata-rata harian PM_{2.5} tahun 2021-2023, data klaim rawat jalan tingkat lanjut kasus PPOK tahun 2021-2023 yang didapatkan dari BPJS Kesehatan Cabang Bengkulu. Analisis data menggunakan uji korelasi pearson digunakan untuk menilai kekuatan dan arah hubungan. Analisis regresi digunakan untuk mengidentifikasi hubungan konsentrasi harian PM_{2.5} dengan kasus rawat jalan pasien PPOK. Pengujian signifikansi menggunakan nilai $p < 0,05$ untuk menentukan apakah hubungan konsentrasi PM_{2.5} dengan kasus rawat jalan PPOK signifikan secara statistic.



HASIL PENELITIAN

Hasil penelitian disajikan dalam tabel 1 menunjukkan data pemantauan harian dihitung untuk memperoleh data konsentasi rata-rata bulanan per tahun

pengamatan. Terjadi peningkatan konsentrasi PM_{2.5} tiap tahunnya, begitu juga dengan kasus rawat jalan kasus PPOK juga tiap tahun mengalami kenaikan.

Tabel 1

Data Penghitungan PM_{2.5} dan Jumlah Kasus Rawat jalan PPOK

Tahun	Konsentrasi Rata-Rata PM _{2.5}	Rawat Jalan PPOK
2021	18	457
2022	20	510
2023	24	601

Nilai R Square 0,998 artinya persamaan garis regresi dapat menerangkan 99,8% variasi kasus rawat jalan PPOK atau persamaan garis yang diperoleh cukup baik untuk menjelaskan variable kasus rawat jalan PPOK.

Nilai sig 0,025 berarti pada alpha 5% dapat disimpulkan bahwa regresi sederhana cocok (fit) dengan data yang ada persamaan garis regresi .

Tabel 2

Analisis Korelasi dan Regresi Konsentrasi PM_{2.5} dengan Kunjungan Rawat Jalan PPOK

Variabel	R	R Square	Persamaan Garis	P Value
	0,999	0,998	Rawat Jalan PPOK = 30,35 + 23,82 (PM _{2.5})	0,025

Dari persamaan garis yang tabel 2. Dapat digunakan untuk memperediksi variable dependent (Kasus Rawat Jalan PPOK) dengan variable independent

(PM_{2.5}) sehingga persamaan yang terbentuk adalah:

$$Y = a + bX$$

$$\text{Kasus PPOK} = 30,35 + 23,82 (\text{PM}_{2.5}).$$



Artinya setiap kenaikan $1\mu\text{gr}/\text{m}^3$ konsentrasi $\text{PM}_{2.5}$ akan meningkatkan jumlah kunjungan kasus rawat jalan sebanyak 24 kasus.

Jika diketahui konsentrasi rata-rata harian $\text{PM}_{2.5}$ pada tahun 2024 adalah $26\mu\text{gr}/\text{m}^3$ maka:

Jumlah PPOK = $30,35 + 23,82$ (26)

Jumlah PPOK = 650 kasus/kunjungan.

PEMBAHASAN

PPOK adalah penyakit yang dipengaruhi oleh Paparan $\text{PM}_{2.5}$. $\text{PM}_{2.5}$ Merupakan polutan yang sangat kecil (diameter $<2,5$ mikrometer), sehingga mudah dihirup dan masuk jauh ke dalam saluran pernafasan bahkan hingga mencapai bronkiolus dan alveoli di dalam paru-paru. $\text{PM}_{2.5}$ yang menetap di alveoli akan mengiritasi jaringan paru-paru menyebabkan inflamasi akibat rusaknya sel epitel pada saluran pernafasan (6).

Inflamasi yang terjadi di saluran pernafasan akan memperburuk obstruksi aliran udara dan mengurangi kemampuan paru berfungsi dengan baik. Partikulat ini memperburuk kondisi ini dengan meningkatkan inflamasi dan stress oksidatif yang memperparah obstruksi saluran pernafasan (7). Paparan terus-

menerus terhadap $\text{PM}_{2.5}$ akan mempercepat penurunan fungsi paru dan meningkatnya frekuensi kekambuhan PPOK yang menyebabkan peningkatan kunjungan rawat jalan untuk terapi control atau pengobatan lebih lanjut.

Kelompok yang paling rentan terhadap dampak $\text{PM}_{2.5}$ adalah lansia, anak-anak dan penderita penyakit paru kronis (8). Seiring bertambahnya usia, kapasitas paru-paru seseorang secara alami menurun. Elastisitas jaringan paru-paru berkurang sehingga paru-paru tidak dapat mengembang dan mengempis seefisien saat muda. Sementara paru-paru anak-anak masih dalam tahap perkembangan, terutama hingga usia remaja. Kapasitas paru-paru dan fungsi system pernafasan mereka belum sepenuhnya matang, membuat mereka lebih rentan terhadap paparan polutan udara seperti $\text{PM}_{2.5}$.

Pada kelompok ini lebih sering melakukan kunjungan rawat jalan karena kebutuhan pemantauan yang lebih ketat dan sering memerlukan pengaturan ulang pengobatan. Wilayah teluk sepang yang notabnya dekat dengan industry PLTU dan jalur utama distribusi stockfield batubara terlihat lonjakan kunjungan



pasien terkait permasalahan pernafasan saat terjadi peningkatan paparan $PM_{2.5}$.

Paparan $PM_{2.5}$ dari aktivitas kebakaran tambang dapat meningkatkan risiko PPOK setelah 4 tahun paparan. Setiap peningkatan $10 \mu g/m^3$ dalam paparan $PM_{2.5}$ dari kebakaran tambang dikaitkan dengan peningkatan 69% dalam risiko PPOK pada individu yang bukan perokok (9). Paparan jangka pendek maupun jangka panjang terhadap $PM_{2.5}$ berhubungan dengan peningkatan kunjungan rawat jalan dan rawat inap di rumah sakit (10).

Di wilayah seperti teluk sepang yang berdekatan dengan industri PLTU dan jalur distribusi batubara, risiko paparan $PM_{2.5}$ sangat tinggi, terutama dari kebakaran tambang dan aktivitas industri alam konteks kasus di Bengkulu, kebakaran stockfile batubara yang menghasilkan $PM_{2.5}$ dapat secara signifikan meningkatkan konsentrasi polusi udara. Seiring dengan meningkatkan konsentrasi $PM_{2.5}$ akibat kebakaran ini, peningkatan risiko PPOK di masyarakat menjadi sangat relevan.

Masyarakat non perokok yang tinggal di sekitar daerah industri tetap berisiko tinggi terkena PPOK, meskipun mereka tidak merokok. Paparan polusi udara yang

berkelanjutan dapat menjadi factor risiko utama, dan studi yang menunjukkan peningkatan 69% risiko PPOK untuk setiap $10 \mu g/m^3$ paparan $PM_{2.5}$ memperjelas bahwa polusi udara memainkan peran krusial, tidak kalah berbahayanya dengan perokok aktif.

Kualitas udara di kota Bengkulu berkategori Sedang, artinya tingkat kualitas udara ini masih dapat diterima pada kesehatan manusia, hewan dan tumbuhan. Meskipun masuk dalam kategori sedang setiap orang masih bisa beraktifitas di luar ruangan namun tetap perlu diwaspadai karena pada kelompok rentan atau sensitif perlu untuk mengurangi aktivitas fisik yang terlalu lama dan berat di luar ruangan. Hal ini dikarenakan semakin lama terpapar dengan udara luar yang tercemar oleh $PM_{2.5}$ akan meningkatkan risiko eksaserbasi paru.

Peningkatan eksaserbasi PPOK di Kota Bengkulu terjadi pada bulan September-November 2023 akibat kebakaran stockfield di sekitar kawasan Teluk Sepang. Pada bulan tersebut diketahui terjadi peningkatan kunjungan karena permasalahan ISPA di Puskesmas serta kunjungan rawat jalan di Rumah Sakit. Kebakaran stockfield ini



menghasilkan konsentrasi $PM_{2.5}$ yang sangat tinggi yang berdampak negative terhadap pernafasan penduduk yang tinggal di sekitar daerah terpapar.

$PM_{2.5}$ tidak hanya memperburuk kondisi paru-paru tetapi secara akut juga menyebabkan peningkatan kebutuhan medis seperti kunjungan rawat jalan terutama saat episode polusi tinggi (5)(11). Individu yang tinggal di daerah dengan konsentrasi $PM_{2.5}$ di daerah dengan konsentrasi tinggi memiliki prevalensi PPOK yang lebih tinggi lebih sering mengalami eksaserbasi yang memerlukan intervensi medis, seperti rawat jalan (12).

Bengkulu memiliki populasi yang terdiri dari kelompok rentan seperti lansia, anak-anak dan individu dengan penyakit paru-paru kronis. Kelompok-kelompok ini yang sudah lebih rentan terhadap efek negative dari polusi udara, akan terkena dampak lebih berat jika konsentrasi $PM_{2.5}$ terus meningkat. Peningkatan $10 \mu g/m^3$ mungkin tampak kecil, tetapi dampaknya terhadap peningkatan eksaserbasi PPOK, frekuensi kunjungan rawat jalan, dan penurunan kualitas hidup sangat signifikan, khususnya pada kelompok-kelompok rentan.

Peningkatan paparan $PM_{2.5}$ mengakibatkan peningkatan beban pada fasilitas khususnya di unit rawat jalan. Jika diketahui konsentrasi rata-rata harian $PM_{2.5}$ pada tahun 2024 meningkat $2 \mu g/m^3$ menjadi $26 \mu g/m^3$ maka Jumlah kunjungan kasus PPOK di Rumah Sakit yang adad di kota Bengkulu menjadi 650 kasus meningkat dari tahun 2023 dan diperkirakan akan menjadi 936 kasus di tahun 2030.

Dengan adanya peningkatan kasus PPOK rawat jalan di RS tentu akan meningkatkan beban klaim Rawat Jalan yang dikeluarkan oleh BPJS Kesehatan. Peningkatan risiko PPOK akibat peningkatan $PM_{2.5}$ juga berarti biaya perawatan kesehatan di wilayah yang terkena dampak akan meningkat. Lebih banyak orang akan memerlukan kunjungan rawat jalan dan perawatan medis untuk mengatasi eksaserbasi PPOK, yang akan memperburuk beban klaim kesehatan BPJS dan memperpanjang waktu perawatan pasien di fasilitas kesehatan.

Oleh karena itu diperlukan upaya perbaikan kualitas udara. Perbaikan kualitas udara memiliki potensi besar dalam mengurangi beban kesehatan masyarakat terutama pada kelompok



rentan dengan penyakit paru-paru kronis (13). Perbaikan kualitas udara melalui penanaman tanaman pereduksi polutan memiliki potensi besar dalam mengurangi konsentrasi PM_{2.5} dan frekuensi kunjungan rawat jalan di Rumah Sakit terkait penyakit paru-paru kronis secara signifikan.

KESIMPULAN

Peningkatan PM_{2.5} berdampak signifikan terhadap kunjungan rawat jalan di Fasilitas Kesehatan Rujukan Tingkat Lanjut (FKRTL) pada pasien dengan permasalahan pernafasan kronis seperti PPOK. Paparan PM_{2.5} baik jangka pendek maupun panjang memperburuk kondisi pernafasan dan meningkatkan frekuensi kunjungan rawat jalan.

Polusi udara merupakan factor pemicu utama eksaserbasi PPOK sehingga manajemen kualitas udara sangat penting untuk menekan angka rawat jalan di Rumah Sakit.

Rekomendasi:

1. Riset ini memberikan informasi berharga untuk kebijakan kesehatan masyarakat yang bertujuan untuk meningkatkan kualitas udara dan mengurangi pasien rawat jalan di Rumah Sakit.

2. Advokasi peningkatan kualitas udara melalui penurunan PM_{2.5} diperlukan untuk mencegah dampak kesehatan jangka panjang dan mengurangi beban system kesehatan.

3. Perbaikan kualitas udara melalui regulasi emisi kendaraan, pengendalian emisi industri, penghijauan dan pembangunan ruang terbuka hijau serta pengembangan energi terbarukan sehingga diharapkan dapat menurunkan kejadian penyakit yang berhubungan dengan polusi udara yang pada akhirnya dapat mengurangi beban pembiayaan kesehatan negara.

DAFTAR PUSTAKA

1. Haryanto B, Resosoedarmo B, Utami STB, Hartono B, Hermawati E. Effect of Ambient Particulate Matter 2.5 Micrometer (PM_{2.5}) to Prevalence of Impaired Lung Function and Asthma in Tangerang and Makassar. *Kesmas Natl Public Heal J.* 2016;10(4):145.
2. Ghorani-Azam A, Riahi-Zanjani B, Balali-Mood M. Effects of air pollution on human health and practical measures for prevention in



- Iran. *J Res Med Sci.* 2016;21(5).
3. Riski M, Haryanto B. Hubungan paparan PM2.5 terhadap Penyakit Paru Obstruktif Kronik (PPOK) pada pekerja di pintu gerbang pelabuhan tanjung priok tahun 2018. *J Nas Kesehat Lingkung Glob.* 2020;1(3):222–32.
4. Han C, Oh J, Lim YH, Kim S, Hong YC. Long-term exposure to fine particulate matter and development of chronic obstructive pulmonary disease in the elderly. *Environ Int* [Internet]. 2020;143(June):105895. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.envint.2020.105895>
5. Atkinson RW, Kang S, Anderson HR, Mills IC, Walton HA. Epidemiological time series studies of PM2.5 and daily mortality and hospital admissions: A systematic review and meta-analysis. *Thorax.* 2014;69(7):660–5.
6. Pope III CA, Dockery DW. Health effects of fine particulate air pollution: Lines that connect. *J Air Waste Manag Assoc.* 2006;56(6):707–8.
7. Guarnieri M, Balmes JR. Outdoor air pollution and asthma. *Lancet.* 2014;383(9928):1581–92.
8. Schraufnagel DE, Balmes JR, Cowl CT, De Matteis S, Jung SH, Mortimer K, et al. Air Pollution and Noncommunicable Diseases: A Review by the Forum of International Respiratory Societies' Environmental Committee, Part 1: The Damaging Effects of Air Pollution. *Chest* [Internet]. 2019;155(2):409–16. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.chest.2018.10.042>
9. Xu R, Gao CX, Dimitriadis C, Smith CL, Carroll MTC, Ikin JF, et al. Long-term impacts of coal mine fire-emitted PM2.5 on hospitalisation: A longitudinal analysis of the Hazelwood Health Study. *Int J Epidemiol.* 2022;51(1):179–90.
10. Zhou X, Li C, Gao Y, Zhou C, Huang L, Zhang X. Ambient air pollutants relate to hospital admissions for chronic obstructive pulmonary disease in Ganzhou, China. *Rev Saude Publica.* 2022;56:1–9.



11. Prasad S, Gao CX, Borg B, Broder J, Brown D, Ikin JF, et al. Chronic Obstructive Pulmonary Disease in Adults Exposed to Fine Particles from a Coal Mine Fire. *Ann Am Thorac Soc.* 2022;19(2):186–95.
12. Liu S, Zhou Y, Liu S, Chen X, Zou W, Zhao D, et al. Association between exposure to ambient particulate matter and chronic obstructive pulmonary disease: Results from a cross-sectional study in China. *Thorax.* 2017;72(9):788–95.
13. Cheng C, Han C, Fang Q, Liu Y, Chi X, Li X. Associations between air pollutants and hospital admissions for chronic obstructive pulmonary disease in Jinan: potential benefits from air quality improvements. *Environ Sci Pollut Res [Internet].* 2023;30(16):46435–45. Available from: <https://doi.org/10.1007/s11356-023-25567-8>