

Analisis Kualitas Udara Perkotaan terhadap Kesehatan Pernafasan Anak Usia SD Tinjauan Konseptual dan Pedagogis

Indah Mutia¹, Fauziyah Harahap², Hasruddin²

¹Pendidikan Dasar, Fakultas Ilmu Pendidikan, Universitas Negeri Medan, Medan Sumatera Utara

²Departemen Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Medan, Medan, Sumatera Utara

Email Korespondensi: indahmutia3105@gmail.com

Abstract

Kualitas udara perkotaan yang buruk, terutama akibat polutan seperti PM_{2.5}, NO₂, SO₂, merupakan ancaman signifikan bagi kesehatan pernafasan anak usia Sekolah Dasar (SD). Sistem pernafasan anak yang masih dalam tahap perkembangan dan laju pernafasan yang lebih tinggi menjadikan mereka kelompok paling rentan terhadap peningkatan insiden Infeksi Saluran Pernapasan Akut (ISPA), eksaserbasi asma, dan penurunan fungsi paru-paru. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis hubungan sebab akibat antara polusi udara di perkotaan, gangguan pernafasan pada anak SD dan merumuskan implikasi pedagogis dengan pendekatan Deep Learning ditinjau dari aspek konsep dasar IPA. Metode penelitian yang digunakan adalah kualitatif deskriptif dengan tinjauan literatur dari jurnal ilmiah, buku ajar terkait polusi udara dan kesehatan anak, dan model pembelajaran. Hasil analisis menunjukkan bahwa pemahaman mendalam terhadap isu kualitas udara perkotaan dalam konteks IPA dapat dicapai melalui pendekatan Deep Learning dengan berbagai model pembelajaran yang berfokus pada enam kompetensi global (6Cs: *Character, Citizenship, Collaboration, Communication, Creativity, Critical Thinking*). Implikasi pedagogis meliputi pengembangan modul ajar yang mengintegrasikan pemantauan kualitas udara (Fisika/Kimia) dengan pencegahan penyakit (Biologi) untuk menumbuhkan kewargaan (*Citizenship*) dan penalaran kritis (*Critical Thinking*) pada siswa. Kesimpulannya, pembelajaran IPA SD harus adaptif dan relevan dengan isu lingkungan lokal melalui pendekatan *Deep Learning* untuk membentuk siswa yang sadar kesehatan lingkungan dan mampu beraksi nyata.

Keywords:

*Deep Learning,
Kesehatan Pernafasan,
Konsep Dasar IPA,
Kualitas Udara,
Sekolah Dasar.*

Pendahuluan

Kualitas udara di kawasan perkotaan menjadi isu kesehatan publik global, didorong oleh peningkatan industrialisasi, urbanisasi, dan kepadatan lalu lintas. Data menunjukkan bahwa polusi udara, khususnya *Particulate Matter* (PM_{2.5}), Nitrogen Dioksida (NO₂), dan Sulfur Dioksida (SO₂), berhubungan erat dengan peningkatan morbiditas dan mortalitas penyakit pernafasan (*Health Effects Institute*, 2019). Anak usia Sekolah Dasar (SD), yang rentang usianya 6 hingga 12 tahun, adalah kelompok yang sangat rentan. Kerentanan ini disebabkan oleh sistem pernafasan mereka yang masih berkembang, diameter saluran nafas yang lebih kecil, dan kebiasaan bernafas melalui mulut saat beraktivitas fisik, yang semuanya meningkatkan dosis polutan yang masuk ke paru-paru (WHO, 2021).

Konsep Dasar IPA memiliki peran krusial dalam membentuk pemahaman siswa terhadap lingkungan sekitar dan juga memperkuat pemahaman ilmiah yang holistik. Dalam konteks isu kualitas udara perkotaan secara tidak langsung menyediakan laboratorium alami untuk mengintegrasikan konsep Fisika (sifat partikel dan dispersi gas), Kimia (reaksi pembentukan polutan dan Indeks Kualitas Udara), dan Biologi (struktur sistem pernafasan dan mekanisme inflamasi) (Pope & Dockery, 2006). Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis secara konseptual dampak polutan udara perkotaan terhadap kesehatan pernafasan anak SD berdasarkan konsep dasar IPA dan merumuskan implikasi pedagogis berbasis pendekatan *Deep Learning* untuk mengajarkan isu ini secara bermakna dan transformatif. Pendekatan *Deep Learning* (Fullan, Quinn, & McEachen, 2018) menekankan pada pemahaman konseptual yang mendalam, bukan sekadar hafalan (*Surface Learning*), dan melalui enam kompetensi global (6Cs) yang relevan dengan tantangan abad ke-21. Menggunakan kerangka ini, diharapkan pembelajaran IPA tidak hanya menyajikan fakta, tetapi mendorong siswa untuk menjadi warga negara yang kritis dan proaktif dalam mengatasi masalah lingkungan lokal.

Metode Penelitian

Metode penelitian yang digunakan adalah kualitatif deskriptif dengan Tinjauan Literatur Sistematis Konseptual (*Conceptual Systematic Literature Review*) melalui prosedur sebagai berikut.

1. Perumusan pertanyaan kunci

Bagaimana polutan udara perkotaan memengaruhi kesehatan pernafasan anak SD (melalui tinjauan Konsep Dasar IPA), dan bagaimana kerangka *Deep Learning* dapat mengoptimalkan pembelajaran isu ini?

2. Pencarian literatur

Pencarian dilakukan pada basis data akademik (seperti Google Scholar, ScienceDirect, ResearchGate) menggunakan kombinasi kata kunci (misalnya: "*Urban air quality*" AND "*respiratory health*" AND "*elementary school children*"), ("*deep learning curriculum*" AND "*basic science concepts*"), dan padanannya dalam bahasa Indonesia.

3. Seleksi dan penyaringan

Literatur yang diseleksi mencakup jurnal ilmiah (studi epidemiologi, tinjauan sistematis, dan studi kasus dampak polusi), buku ajar Konsep Dasar IPA, dan dokumen kurikulum/pedagogi *Deep Learning* (termasuk referensi tentang 6Cs).

4. Sintesis konseptual

Melakukan analisis kualitatif untuk mengidentifikasi: (a) mekanisme ilmiah dampak polutan (Fisika, Kimia, Biologi) dan (b) prinsip-prinsip pedagogis (*Deep Learning*) yang paling sesuai untuk mengintegrasikan pengetahuan tersebut dalam konteks pembelajaran SD.

Hasil dan Pembahasan

Polusi udara perkotaan adalah campuran kompleks gas dan partikel. Dampaknya terhadap pernafasan anak SD dapat dijelaskan melalui integrasi konsep dasar IPA yang terdapat pada tabel berikut.

Tabel 1. Analisis konseptual dampak polutan melalui integrasi konsep dasar IPA

No.	Konsep Dasar IPA	Polutan Kunci	Mekanisme Dampak dalam Tinjauan IPA	Dampak Klinis pada Anak SD
1.	Fisika & Kimia	<i>Particulate Matter</i> (PM _{2.5})	Dari sifat Fisiknya yaitu dengan ukuran partikel sangat kecil ($\leq 2.5 \mu\text{m}$) memungkinkannya	Penurunan fungsi paru-paru

			menembus pertahanan paru-paru dan mencapai alveoli, bahkan masuk ke aliran darah. Dan dari reaksi kimianya yaitu artikel membawa senyawa toksik dan radikal bebas yang memicu stres oksidatif (Pope & Dockery, 2006).	dan Eksaserbasi Asma.
2.	Kimia	Nitrogen Dioksida (NO ₂) dan Sulfur Dioksida (SO ₂)	Dari sifat Kimia gasnya yaitu gas iritan yang sangat reaktif. Ketika terhirup, bereaksi dengan lapisan mukosa saluran pernafasan membentuk asam (misal H ₂ SO ₃ dari SO ₂) yang menyebabkan peradangan akut.	Iritasi saluran nafas, dan peningkatan kasus ISPA (terutama bronkitis).
3.	Biologi	Semua Polutan	Dari aspek Fisiologi dan Immunologinya yaitu polutan merusak silia (rambut halus yang menyaring) pada epitel pernafasan, melemahkan mekanisme pertahanan alami. Hal ini membuat anak lebih rentan terhadap infeksi virus dan bakteri. Polutan juga memicu respons inflamasi kronis.	Peningkatan risiko ISPA, perkembangan asma, dan alergi pernafasan.

Particulate Matter (PM_{2.5}) (partikel padat berukuran 2.5 mikrometer atau kurang) menjadi fokus utama karena kemampuannya menembus jauh ke dalam paru-paru. Secara konsep Fisika, partikel ini memiliki rasio luas permukaan-volume yang tinggi, meningkatkan interaksi dengan jaringan tubuh. Secara Kimia, Nitrogen Dioksida (NO₂) yang sering berasal dari emisi kendaraan bermotor, bertindak sebagai iritan kuat yang secara langsung merusak sel epitel paru-paru.

Pendekatan *Deep Learning* menggeser fokus dari apa yang harus diketahui siswa (*content*) menjadi apa yang harus mampu dilakukan siswa (*competencies*) dalam menghadapi tantangan dunia nyata. Isu kualitas udara perkotaan sangat relevan untuk diajarkan di IPA SD melalui kerangka 6Cs, yaitu:

1. Penalaran Kritis (*Critical Thinking*)
Siswa menganalisis data Indeks Kualitas Udara (IKU) lokal (hasil dari konsep Kimia/Fisika) dan menghubungkannya dengan tingkat absensi teman sekelas (hasil dari konsep Biologi/Kesehatan). Siswa tidak hanya menerima fakta "udara buruk menyebabkan sakit," tetapi secara kritis mengevaluasi data untuk menemukan korelasinya.
2. Kewargaan (*Citizenship*)
Siswa diarahkan untuk memahami masalah polusi sebagai isu komunal. Proyek dapat berupa kampanye kesadaran, pembuatan poster edukasi tentang *Pola Hidup Bersih dan Sehat (PHBS)* pernafasan saat kualitas udara buruk, atau menanam pohon di lingkungan sekolah, menumbuhkan kepedulian dan tanggung jawab sosial.
3. Kolaborasi (*Collaboration*)
Siswa bekerja dalam kelompok untuk merancang model penyaring udara sederhana (aplikasi konsep Fisika/Filtrasi) atau simulasi dampak polutan pada paru-paru (konsep Biologi), memecahkan masalah bersama.

4. Kreativitas (*Creativity*)
Siswa merancang solusi inovatif, misalnya, sistem notifikasi kualitas udara berbasis warna (hijau, kuning, merah) untuk disosialisasikan di sekolah, atau membuat alat sederhana pendeteksi asap.
5. Komunikasi (*Communication*)
Siswa mempresentasikan temuan proyek mereka kepada warga sekolah atau orang tua, melatih kemampuan menjelaskan konsep ilmiah yang kompleks (polusi PM_{2.5}) dengan bahasa yang sederhana.
6. Karakter (*Character*)
Pembelajaran ini menanamkan nilai kehati-hatian, disiplin (menggunakan masker saat polusi tinggi), dan empati terhadap teman yang menderita asma.

Model pembelajaran yang ideal yang digunakan dalam penelitian ini adalah Pembelajaran Berbasis Proyek (*Project Based Learning*) yang dilakukan sebagai berikut.

Contoh Proyek Inti (Pendekatan *Deep Learning*): "Mendesain Sekolah Sehat Udara Kami."

- Langkah 1 (Inkuiri IPA)
Mengukur atau mendapatkan data polusi di sekitar sekolah. Identifikasi polutan dominan (Fisika dan Kimia)
- Langkah 2 (Analisis IPA (*Critical Thinking*))
Wawancara dengan guru UKS atau Puskesmas tentang tren ISPA/Asma pada siswa. Korelasikan data polusi dengan data kesehatan (Biologi).
- Langkah 3 (Solusi (*Creativity & Collaboration*))
Mendesain solusi, misalnya menata ulang jendela untuk ventilasi silang, merancang taman vertikal antipolusi, atau mengadvokasi zona bebas asap rokok.
- Langkah 4 (Implementasi & *Communication*)
Melaksanakan kampanye dan mempresentasikan hasilnya kepada pihak sekolah/komunitas (*Citizenship*).

Kesimpulan

Kualitas udara perkotaan yang mengandung polutan seperti *Particulate Matter* (PM_{2.5}), Nitrogen Dioksida (NO₂), dan Sulfur Dioksida (SO₂) memiliki dampak yang terbukti dan merugikan terhadap kesehatan pernafasan anak usia SD, memicu masalah seperti ISPA dan asma. Analisis ini menunjukkan bahwa isu lingkungan ini dapat dijelaskan secara komprehensif melalui integrasi Konsep Dasar IPA (Fisika, Kimia, Biologi) yang kuat.

Untuk menghasilkan pembelajaran yang transformatif, kurikulum IPA SD harus menerapkan pendekatan *Deep Learning*. Pendekatan ini memastikan siswa tidak hanya menghafal nama polutan, tetapi mengembangkan enam kompetensi global (6Cs) untuk menganalisis, berkolaborasi, dan merumuskan solusi nyata terhadap masalah lingkungan lokal. Implementasi melalui Pembelajaran Berbasis Proyek akan membentuk siswa yang tidak hanya unggul dalam Konsep Dasar IPA, tetapi juga menjadi agen perubahan yang sadar akan kesehatan dan lingkungan di komunitasnya.

References

- Fullan, M., Quinn, J., & McEachen, J. (2018). *Deep learning: Engage the world, change the world*. Corwin Press.
- Health Effects Institute. (2019). *State of Global Air 2019*. Boston, MA: Health Effects Institute.

- Karimah, I., Herawati, V. D., & Bahri, A. S. (2015). *Pengaruh Polusi Udara Terhadap Kejadian ISPA Pada Anak Usia Sekolah (Umur 6 – 12 Tahun)*. Skripsi, Universitas Sahid Surakarta.
- Kusuma, A. B. (2025). *Konsep Dasar IPA Terpadu untuk Pendidikan Dasar*. Jakarta: Bumi Aksara.
- Maharani, S. (2025). *Analisis Dampak Pencemaran Udara terhadap Kesehatan Pernapasan Masyarakat Perkotaan*. *Journal of Medical and Health Science*, 1(1), 10-15.
- Nugroho, P. A., dkk. (2025). *Deep Learning dalam Pembelajaran di Sekolah Dasar*. Majalengka: Edupedia Publisher.
- Pope, C. A., & Dockery, D. W. (2006). *Health effects of fine particulate air pollution: Lines that connect*. *Journal of the Air & Waste Management Association*, 56(6), 709–742.
- Prasetyo, A. D., & Susanto, R. (2025). *Epidemiologi Lingkungan dan Kesehatan Anak*. Yogyakarta: Pustaka Pelajar.
- Purnama, D., & Anggraini, S. (2024). *Pedagogi Abad 21: Implementasi Deep Learning dalam Kurikulum*. Bandung: Rosda Karya.
- Putri, M. E., & Nukman, M. (2025). *Pendekatan Pembelajaran Deep Learning Di Sekolah Dasar (Teori Dan Aplikasi)*. Cirebon: Greenbook Publisher.
- World Health Organization (WHO). (2021). *Air pollution and child health: prescribing clean air*. WHO Document.
- Zahra, A. R., & Sukma, H. H. (2025). *Pengembangan Video Pembelajaran pada Materi Sistem Pernapasan Manusia Guna Meningkatkan Hasil Belajar IPAS di Sekolah Dasar*. *Jurnal Basicedu*, 9(1), 50–60.
- Zulherman, dkk. (2023). *Konsep Dasar IPA Sekolah Dasar*. Purbalingga: Eureka Media Aksara.