

Artikel Asli / Original Article

Status Kesihatan Respiratori Dalam Kalangan Pelajar Di Sebuah Sekolah Berhampiran Bekas Tapak Pelupusan Sisa

Respiratory Health Status Among Students at a School Near a Former Waste Disposal Site

NURHUSNA MOHD ALIAS¹, ANUAR ITHNIN¹, PUTRI ANIS SYAHIRA MOHAMAD JAMIL¹, NOOR SHATIRAH VOON^{2*}

¹Program Kesihatan Persekitaran & Keselamatan Industri, Fakulti Sains Kesihatan, Universiti Kebangsaan Malaysia, Jalan Raja Muda Abdul Aziz, 50300, Kuala Lumpur Malaysia

²Program Pengimejan Diagnostik & Radioterapi, Fakulti Sains Kesihatan, Universiti Kebangsaan Malaysia, Jalan Raja Muda Abdul Aziz, 50300, Kuala Lumpur Malaysia

*Corresponding author; email: shatirahvoon@ukm.edu.my

Received date: 4 November 2025

Revised date: 12 February 2026

Accepted date: 23 February 2026

ABSTRACT

Abandoned solid waste disposal sites have the potential to release various harmful gases that can adversely affect the respiratory health of local communities, especially school students who experience continuous environmental exposure. This study aims to assess respiratory health among students of Sekolah Menengah Kebangsaan Taman Dato' Harun (SMKTDH), located near a former disposal site. A questionnaire was conducted alongside lung function measurements using a Peak Flow Meter and Spirometer, with comparisons between Form One and Form Five students. A total of 95 Form One students and 100 Form Five students participated. The results showed significant differences ($p < 0.001$) for FEV1, FVC, and PEFR, where Form Five students had higher mean values: FEV1 (2.20 L), FVC (2.59 L), PEFR (392.45 L/min) compared to Form One: FEV1 (1.70 L), FVC (2.13 L), PEFR (319.0 L/min). The FEV1/FVC ratio also differed significantly ($p=0.012$) between the two groups. However, there was no significant difference in the classification of respiratory health categories between the two groups, indicating that although there are differences in lung function based on age and physiological maturity, the overall respiratory health levels of both groups are comparable. These findings emphasize the importance of regular monitoring of respiratory health among students in schools near environmentally hazardous areas such as former waste disposal sites.

Keywords: Landfill, Respiratory health, Lung Function, School students.

ABSTRAK

Tapak pelupusan sisa pepejal terbiar berpotensi melepaskan pelbagai gas berbahaya yang boleh memberi kesan buruk terhadap kesihatan respiratori komuniti setempat, terutamanya murid sekolah yang mengalami pendedahan persekitaran secara berterusan. Kajian ini bertujuan menilai kesihatan respiratori dalam kalangan pelajar Sekolah Menengah Kebangsaan Taman Dato' Harun (SMKTDH), yang terletak berhampiran dengan bekas tapak pelupusan. Soal selidik dijalankan bersama pengukuran fungsi paru-paru menggunakan Peak Flow Meter dan Spirometer, dengan perbandingan antara pelajar Tingkatan Satu dan Tingkatan Lima. Seramai 95 pelajar Tingkatan Satu dan 100 pelajar Tingkatan Lima terlibat. Keputusan menunjukkan perbezaan ketara ($p < 0.001$) bagi FEV1, FVC, dan PEFR, di mana pelajar Tingkatan Lima mempunyai nilai min lebih tinggi: FEV1 (2.20 L), FVC (2.59 L), PEFR (392.45 L/min) berbanding Tingkatan Satu: FEV1 (1.70 L), FVC (2.13 L), PEFR (319.0 L/min). Nilai FEV1/FVC juga berbeza secara signifikan ($p=0.012$) antara kedua kumpulan. Namun, tiada perbezaan signifikan dalam pengelasan kategori kesihatan respiratori antara kedua-dua kumpulan, menunjukkan bahawa walaupun terdapat perbezaan fungsi paru-paru berdasarkan umur dan kematangan fisiologi, tahap kesihatan respiratori keseluruhan kedua-dua kumpulan adalah setanding. Dapatan ini menekankan kepentingan pemantauan berkala kesihatan respiratori dalam kalangan pelajar di sekolah berhampiran kawasan berisiko alam sekitar seperti bekas tapak pelupusan sisa.

Kata kunci: Tapak pelupusan, Kesihatan respiratori, Fungsi paru-paru, Pelajar sekolah

PENDAHULUAN

Malaysia sedang berdepan cabaran dalam pengurusan sisa pepejal, dan implikasinya terhadap kesihatan awam, khususnya berkaitan sisa perubatan dari fasiliti kesihatan, menjadi semakin kritikal. Bekas tapak pelupusan sisa pepejal yang telah ditutup masih boleh melepaskan gas berbahaya seperti metana dan hidrogen sulfida yang berpotensi menjejaskan kesihatan respiratori komuniti berhampiran, khususnya kanak-kanak sekolah yang terdedah kepada pendedahan persekitaran secara berterusan. Peningkatan populasi telah meningkatkan jumlah sisa yang dilupuskan ke tapak pelupusan, yang kini semakin tepu akibat pembangunan infrastruktur berterusan. Hal ini membimbangkan kerana fasiliti perubatan termasuk pengimejan perubatan dan radioterapi menghasilkan sisa berbahaya yang perlu diurus dengan betul bagi mengelakkan pencemaran alam sekitar (Khan et al. 2019).

Dalam bidang perubatan, terutamanya di jabatan perubatan nuklear, penghasilan sisa radioaktif merupakan isu penting. Prosedur menggunakan radiofarmaseutikal boleh menghasilkan sisa tercemar yang berisiko jika tidak diurus dengan betul. Contohnya, pesakit menerima rawatan metastatik prostat mungkin mengalami inkontinens urin, menghasilkan sisa tercemar yang memerlukan kaedah pelupusan khusus bagi melindungi pesakit dan persekitaran (Graves 2023; Macedo & de Oliveira 2020). Pelupusan sisa radioaktif dikawal ketat bagi memastikan pendedahan radiasi berada dalam had selamat (Sančanin & Penjišević, 2023), termasuk proses decay di mana sisa disimpan sehingga tahap radioaktiviti merosot (Sabour & Amron 2024).

Selain itu, kewujudan tapak pelupusan berhampiran fasiliti dan kawasan perumahan menimbulkan kebimbangan tambahan. Gas dan sebatian toksik dari tapak pelupusan boleh meresap ke bangunan berhampiran, termasuk sekolah. Pendedahan udara tercemar secara berpanjangan boleh menyebabkan masalah respiratori kronik seperti asma, COPD, dan kanser paru-paru (Ithnin et al. 2013; Udayanga et al. 2021). Simptom lain seperti sakit kepala dan masalah psikologi juga boleh berlaku bergantung kepekatan gas (Ashtari et al. 2020; Khan et al. 2019).

Walaupun kajian terdahulu telah mengenal pasti kesan pencemaran udara terhadap kesihatan respiratori, terdapat jurang pengetahuan berkaitan impak khusus bekas tapak pelupusan terhadap kanak-kanak sekolah di Malaysia. Kajian ini menumpukan kepada kesihatan respiratori pelajar SMK Taman Dato Harun yang terletak berhampiran tapak pelupusan. Penilaian ini penting dalam

konteks kesihatan awam dan persekitaran di Malaysia, khususnya bagi memaklumkan dasar perancangan guna tanah dan penempatan sekolah, serta keperluan pemantauan kesihatan berkala bagi populasi berisiko. Dapatan ini memberi gambaran mengenai keperluan intervensi dan penambahbaikan polisi pengurusan sisa serta penilaian kesihatan komuniti di Malaysia.

BAHAN DAN KAEDAH

Kajian keratan rentas ini dijalankan di sebuah sekolah menengah berhampiran dengan tapak pelupusan sisa pepejal yang telah menjalani proses pemulihan lebih daripada dua dekad yang lalu. Secara khususnya, sekolah tersebut berada pada jarak kira-kira 240 meter daripada tapak pelupusan lama tersebut. Kaedah persampelan mudah telah digunakan untuk pemilihan responden. Responden kajian terdiri daripada dua kumpulan umur, iaitu pelajar Tingkatan 1 yang berumur sekitar 13 tahun dan pelajar Tingkatan 5 yang berumur sekitar 17 tahun. Sebanyak 258 orang pelajar telah terlibat, dengan pembahagian seimbang iaitu 129 pelajar Tingkatan 1 dan 129 pelajar Tingkatan 5. Saiz sampel telah ditentukan berdasarkan formula Krejcie dan Morgan (1970) untuk populasi sekolah, dengan tahap keyakinan 95% dan margin ralat 5%. Pembahagian seimbang ini membolehkan perbandingan yang lebih jelas dibuat antara remaja awal dan remaja lewat, serta memberikan gambaran mengenai potensi pengaruh faktor umur terhadap tahap kesihatan respiratori.

Kajian ini tidak melibatkan pengukuran langsung kualiti udara persekitaran. Penilaian risiko pendedahan adalah berdasarkan jarak kedekatan sekolah (240 meter) daripada bekas tapak pelupusan. Maklumat tambahan mengenai tempat tinggal responden dan faktor persekitaran lain dikumpul melalui soal selidik untuk memberikan konteks pendedahan yang lebih komprehensif.

Bagi mendapatkan data yang komprehensif, satu borang soal selidik berstruktur telah digunakan, disertai ujian fungsi paru-paru. Soal selidik berstruktur yang digunakan telah diadaptasi daripada kajian Ithnin et al. (2013) mengenai kesihatan respiratori pelajar berhampiran tapak pelupusan, dengan kebolehpercayaan (Cronbach's alpha) 0.78. Soal selidik tersebut dibahagikan kepada tiga bahagian utama. Bahagian A menumpukan kepada maklumat sosiodemografi, seperti umur, jantina, dan latar belakang sosioekonomi. Bahagian B meneliti persekitaran tempat tinggal dan faktor yang mungkin mempengaruhi gaya hidup serta keadaan kesihatan responden. Bahagian C pula menilai simptom-simptom kesihatan yang dialami oleh pelajar ketika

mengikuti sesi persekolahan, bagi mengenal pasti potensi hubungan antara persekitaran sekolah dan kesihatan respiratori mereka.

Selepas melengkapkan soal selidik, semua responden menjalani ujian fungsi paru-paru menggunakan dua peralatan, iaitu Peak Flow Meter dan Spirometer. Peak Flow Meter (TruZone, Precision Medical Ltd) ditentukan sebelum setiap sesi pengukuran menggunakan piawai pengeluaran. Spirometer (MicroLab, CareFusion) ditentukan setiap pagi menggunakan picagari penentuan 3-liter. Peak Flow Meter digunakan untuk mengukur Kadar Aliran Hembusan Puncak (Peak Expiratory Flow Rate, PEFR), yang merupakan indikator penting bagi menilai keupayaan pernafasan semasa menghembus nafas. Manakala Spirometer digunakan untuk mengukur dua parameter utama, iaitu Isipadu Udara Hembusan Paksa dalam Satu Saat (Forced Expiratory Volume in One Second, FEV1) dan Kapasiti Vital Paksa (Forced Vital Capacity, FVC). Setiap responden melakukan tiga percubaan, dan bacaan terbaik direkodkan mengikut garis panduan American Thoracic Society (ATS). Bacaan ini penting bagi menilai keupayaan paru-paru dan mengenal pasti kemungkinan berlakunya gangguan atau masalah respiratori.

Kajian ini telah mendapat kelulusan daripada Jawatankuasa Etika Penyelidikan Universiti Kebangsaan Malaysia. Persetujuan bertulis telah diperoleh daripada ibu bapa atau penjaga setiap responden. Selain itu, persetujuan lisan turut diperoleh daripada para pelajar sebelum penyertaan. Semua data dikendalikan secara sulit dan dianalisis secara agregat tanpa pendedahan identiti individu. Data dianalisis menggunakan Statistical Package for the Social Sciences (SPSS) versi 26.0. Statistik deskriptif (min, sisihan piawai (SD), frekuensi, peratusan) digunakan untuk menghuraikan ciri-ciri responden dan tahap kesihatan respiratori. Normaliti data dinilai menggunakan ujian Shapiro-Wilk. Ujian-t sampel bebas digunakan untuk membandingkan min fungsi paru-paru antara kedua kumpulan umur, manakala ujian khi-kuasa dua (χ^2) digunakan untuk membandingkan kategori kesihatan respiratori. Tahap signifikansi ditetapkan pada nilai $p < 0.05$. Data yang hilang ($< 2\%$) dikendalikan menggunakan kaedah pairwise deletion. Melalui analisis ini, kajian bertujuan untuk mengenal pasti hubungan yang berpotensi antara simptom kesihatan respiratori pelajar dengan persekitaran sekolah, khususnya memandangkan kedudukan sekolah yang berhampiran bekas tapak pelupusan sisa tersebut.

KEPUTUSAN

SOSIODEOMGRAFI RESPONDEN

Sebanyak 195 orang pelajar daripada sebuah sekolah menengah di Petaling Jaya, Selangor telah

mengambil bahagian dalam kajian ini. Seperti ditunjukkan dalam JADUAL 1, seramai 95 orang responden merupakan pelajar Tingkatan 1, manakala 100 orang lagi terdiri daripada pelajar Tingkatan 5. Dari segi jantina, bilangan responden perempuan adalah sedikit lebih tinggi (101 orang) berbanding lelaki (94 orang).

Komposisi etnik pula menunjukkan majoriti responden adalah daripada bangsa Melayu. Bagi pelajar Tingkatan 1, 97.9% adalah Melayu, manakala bagi Tingkatan 5, peratusan tersebut ialah 81%. Perincian ini memberikan gambaran jelas tentang profil sosiodemografi populasi kajian.

SIMPTOM RESPIRATORI RESPONDEN

Jadual 2 memaparkan maklumat deskriptif berkaitan simptom respiratori yang dilaporkan oleh responden. Analisis menunjukkan majoriti besar responden menyatakan tiada simptom respiratori bagi kesemua item soal selidik. Dapatan ini menunjukkan bahawa kadar kehadiran simptom respiratori dalam kalangan pelajar adalah rendah, sekaligus mencerminkan keadaan kesihatan respiratori yang relatif baik dalam populasi kajian.

PERBANDINGAN PARAMETER FUNGSI PARU-PARU

Jadual 3 menunjukkan nilai min dan sisihan piawai bagi Peak Expiratory Flow Rate (PEFR), Forced Expiratory Volume in one second (FEV1), Forced Vital Capacity (FVC), dan nisbah FEV1/FVC berdasarkan bacaan Peak Flow Meter dan Spirometer.

Ujian-t tidak berpasangan mendapati terdapat perbezaan yang signifikan secara statistik antara pelajar Tingkatan 1 dan Tingkatan 5 bagi keempat-empat parameter fungsi paru-paru ($p < 0.05$). Dapatan ini menunjukkan bahawa pelajar Tingkatan 5 mempunyai tahap fungsi paru-paru yang lebih tinggi, berkemungkinan disumbangkan oleh faktor perkembangan fisiologi dan kematangan sistem respiratori mengikut umur.

TAHAP KESIHATAN RESPIRATORI RESPONDEN

Jadual 4 menunjukkan perbandingan tahap kesihatan respiratori berdasarkan kategori "Normal" dan "Tidak Normal". Seramai 65 orang (68.4%) pelajar Tingkatan 1 dan 75 orang (75.0%) pelajar Tingkatan 5 dikategorikan sebagai mempunyai tahap kesihatan respiratori "Tidak Normal". Walau bagaimanapun, ujian Chi-square menunjukkan nilai $\chi^2 = 1.041$ ($p = 0.308$), yang menandakan bahawa perbezaan antara kedua-dua kumpulan tidak signifikan secara statistik. Perbandingan bagi kategori "Normal" juga konsisten dengan dapatan

JADUAL 1 Sosiodemografi Responden

Sosiodemografi	Responden	
	Tingkatan 1 n (%)	Tingkatan 5 n (%)
Jantina		
Lelaki	48(50.5)	46(46)
Perempuan	47(49.5)	54(54)
Bangsa		
Melayu	93(97.9)	81(81)
Bukan Melayu	2(2.1)	19(19)

JADUAL 2 Simptom Respiratori

Simptom Respiratori	Responden	
	Tingkatan 1 n(%)	Tingkatan 5 n(%)
Simptom (berdengkur)		
Ya	4 (4.2)	5 (5.1)
Tidak	80 (84.2)	70 (70.7)
Kadang-kadang	11 (11.6)	24 (24.2)
Simptom (bersin)		
Ya	7 (7.4)	12 (12.0)
Tidak	65 (68.4)	61 (61.0)
Kadang-kadang	23 (24.2)	27 (27.0)
Simptom (kahak)		
Ya	20 (21.1)	14 (14.1)
Tidak	51 (53.7)	55 (55.6)
Kadang-kadang	24 (25.3)	30 (30.3)
Simptom (menahan nafas)		
Ya	11 (11.6)	4 (4.0)
Tidak	68 (71.6)	78 (78.8)
Kadang-kadang	16 (16.8)	17 (17.2)
Simptom (keradangan)		
Ya	1 (1.1)	2 (2.0)
Tidak	83 (89.2)	86 (86.9)
Kadang-kadang	9 (9.7)	11 (11.1)
Simptom (batuk berpanjangan)		
Ya	4 (4.2)	2 (2.0)
Tidak	71 (74.7)	85 (85.0)
Kadang-kadang	20 (21.1)	13 (13.0)
Simptom (ketidalcukupan nafas)		
Ya	2 (2.1)	4 (4.0)
Tidak	75 (79.8)	79 (79.0)
Kadang-kadang	17 (18.1)	17 (17.0)
Simptom (nafas bersiul)		
Ya	7 (7.4)	4 (4.0)
Tidak	74 (77.9)	83 (83.0)
Kadang-kadang	14 (14.7)	13 (13.0)

JADUAL 3 Bacaan Ujian Fungsi Paru-Paru (Liter dan L/min)

Ujian Fungsi Paru-Paru	n	Responden		n	Min±SD	t	Nilai p
		Tingkatan 1	Tingkatan 5				
		Min±SD	Min±SD				
FEV	95	1.70±0.445	100	2.20±0.604	-6.567	< 0.001	
FVC	95	2.13±0.612	100	2.59±0.688	-4.905	< 0.001	
PEFR	95	319.00±56.581	100	392.45±91.405	-6.783	< 0.001	
FEV ₁ /FVC	95	0.81±0.147	100	0.86±0.120	-2.535	0.012	

Nota kaki: FEV₁ = Forced Expiratory Volume in 1 second (Isipadu Udara Hembusan Paksa dalam Satu Saat); FVC = Forced Vital Capacity (Kapasiti Vital Paksa); PEFR = Peak Expiratory Flow Rate (Kadar Aliran Hembusan Puncak); t = Independent t-test (Ujian-t sampel bebas); p = p-value (Nilai signifikansi); Unit: FEV₁ dan FVC dalam liter (L); PEFR dalam liter per minit (L/min)"

JADUAL 4 Perbandingan tahap kesihatan respiratori responden.

Tahap kesihatan respiratori	Responden		Nilai χ^2	Nilai p
	Tingkatan 1	Tingkatan 5		
	n (%)	n (%)		
Tidak normal	65(68.4)	75(75.0)	1.041	0.308
Normal	30(31.6)	25(25.0)		

Nota kaki: χ^2 = Chi-square test (Ujian khi-kuasa dua); p = p-value (Nilai signifikansi)

tersebut, iaitu masing-masing 31.6% untuk Tingkatan 1 dan 25.0% untuk Tingkatan 5.

PERBINCANGAN

Walaupun pelajar Tingkatan 5 menunjukkan nilai fungsi paru-paru yang lebih tinggi berbanding Tingkatan 1, majoriti responden dalam kedua-dua kumpulan masih dikategorikan sebagai Tidak Normal berdasarkan nilai piawai fungsi paru-paru mengikut umur dan ketinggian. Fenomena ini menunjukkan bahawa walaupun terdapat peningkatan fungsi paru-paru seiring dengan pertumbuhan fisiologi, nilai mutlak masih berada di bawah paras normal yang dijangka untuk kumpulan umur masing-masing. Keadaan ini mungkin mencadangkan kesan kumulatif pendedahan persekitaran jangka panjang terhadap kedua-dua kumpulan umur, yang menghalang pencapaian fungsi paru-paru optimum walaupun dengan perkembangan fisiologi normal.

Meskipun kematangan fisiologi memainkan peranan penting dalam perbezaan fungsi paru-paru antara kumpulan umur, peranan faktor persekitaran tidak boleh diabaikan. Pendedahan jangka panjang kepada pencemar udara daripada bekas tapak pelupusan, termasuk zarah terampai halus (PM_{2.5}, PM₁₀), sebatian organik meruap, dan gas seperti metana dan hidrogen sulfida, berpotensi

menjejaskan perkembangan dan fungsi paru-paru kedua-dua kumpulan responden. Kajian terdahulu oleh Yu et al. (2018) melaporkan kesan buruk pencemaran udara daripada tapak pelupusan terhadap kesihatan respiratori kanak-kanak dalam radius 500 meter. Memandangkan sekolah dalam kajian ini terletak hanya 240-meter dari bekas tapak pelupusan, kemungkinan pendedahan kronik kepada pencemar udara adalah tinggi dan mungkin menyumbang kepada tahap kesihatan respiratori "Tidak Normal" yang diperhatikan dalam majoriti.

Penutupan tapak pelupusan selama bertahun-tahun tidak menghapuskan risiko kesihatan kepada komuniti berhampiran kerana pendedahan kepada bahan pencemar udara masih berterusan. (Vinti et al. 2021). Proses pereputan sisa oleh bakteria boleh berterusan selama antara dua puluh hingga seratus tahun, bergantung pada cara pengurusan tapak pelupusan tersebut. Pereputan sisa organik berlaku dalam empat peringkat, dan setiap peringkat mempengaruhi komposisi gas yang dihasilkan. Semasa proses pereputan berlaku, gas pelupusan akan terhasil secara semula jadi sebagai bahan sampingan. Secara umumnya, gas pelupusan terdiri daripada kira-kira 45% hingga 60% metana dan 40% hingga 60% karbon dioksida, yang kedua-duanya merupakan gas rumah hijau yang boleh menyumbang kepada pemanasan global (Gautam & Agrawal 2021).

Selain metana dan karbon dioksida, gas pelupusan juga mengandungi pelbagai pencemar lain yang berbahaya termasuk non-methane organic compounds (NMOCs) seperti trikloroetilena, benzena dan vinil klorida. Sebatian-sebatian ini boleh memberi kesan buruk terhadap kesihatan, khususnya kepada populasi yang tinggal berhampiran tapak pelupusan (Siddiqua, Hahladakis & Al-Attiya 2022). Kehadiran bahan pencemar udara ini boleh menjejaskan kualiti udara dan membawa kesan kesihatan yang serius, terutamanya kepada golongan sensitif seperti kanak-kanak dan individu yang mempunyai masalah respiratori sedia ada (Kumar et al. 2023; Yu et al. 2018).

Pencemar udara boleh wujud di ruang dalaman dan luaran, dan berpotensi mengakibatkan kesan kesihatan yang serius. Pencemaran udara ditakrifkan sebagai pencemaran persekitaran dalaman atau luaran oleh unsur kimia, fizikal, atau biologi yang mengubah sifat semula jadi atmosfera (Nnaji, Chibueze & Afangideh 2023). Antara kesan kesihatan yang serius termasuk gangguan respiratori seperti asma, penyakit pulmonari obstruktif kronik (COPD), kanser paru-paru dan kecacatan kelahiran, selain isu kardiovaskular (Kumar et al. 2023; Manisalidis et al. 2020). Gejala lain seperti sakit kepala, pening, gangguan psikologi dan alahan juga boleh berlaku bergantung kepada jenis dan kepekatan gas pelupusan di udara (Vinti et al. 2021).

Tambahan pula, fasiliti perubatan yang menggunakan pengimejan perubatan dan radioterapi turut menyumbang kepada kerumitan pengurusan sisa di kawasan ini. Pelupusan tidak terkawal sisa radioaktif daripada fasiliti tersebut boleh menambahkan lagi risiko yang berkaitan dengan pelepasan dari tapak pelupusan. Sisa radioaktif yang tidak diurus dengan baik boleh menyebabkan pencemaran alam sekitar dan membawa risiko kesihatan kepada komuniti sekeliling (Meshram et al. 2022). Sebagai contoh, pesakit yang menjalani radioterapi boleh menghasilkan bahan tercemar yang memerlukan prosedur pelupusan yang berwaspada bagi mengelakkan pendedahan radiasi.

Risiko kesihatan yang berkaitan dengan lokasi berhampiran tapak pelupusan adalah lebih membimbangkan dalam konteks institusi pendidikan. Sekiranya sekolah dibina berhampiran tapak pelupusan lama, kualiti udara di dalam kawasan sekolah boleh terjejas sekali gus mempengaruhi kesihatan warga sekolah, terutamanya kanak-kanak. Kanak-kanak lebih mudah terdedah kepada kesan pencemaran udara kerana sistem respiratori mereka masih berkembang serta kadar aktiviti luar yang lebih tinggi. Kajian menunjukkan bahawa kanak-kanak yang terdedah kepada kualiti udara yang rendah mempunyai risiko lebih tinggi untuk mengalami penyakit respiratori serta masalah kesihatan lain (Aithal, Sachdeva & Kurmi 2023; Njoku, Edokpayi & Odiyo 2019).

Pendedahan kepada pencemaran udara termasuk zarah terampai daripada pelepasan industri dan asap kenderaan boleh menjejaskan fungsi paru-paru (Manisalidis et al. 2020). Kehadiran alergen seperti debunga, kulat, hama dan bulu haiwan juga boleh memburukkan lagi masalah respiratori seperti asma (Brožek et al. 2017). Selain itu, kualiti udara dalaman juga perlu diberi keutamaan. Pengudaraan yang tidak mencukupi, asap rokok dan penggunaan produk domestik tertentu boleh menyumbang kepada penurunan kesihatan respiratori (Holden et al. 2023). Tahap aktiviti fizikal turut memainkan peranan penting dalam mengekalkan fungsi paru-paru. Gaya hidup sedentari boleh melemahkan sistem respiratori, menjadikan pelajar lebih mudah terdedah kepada masalah pernafasan (Marijančić et al. 2023). Justeru, galakan terhadap aktiviti fizikal yang konsisten adalah penting.

Dalam konteks Malaysia, dapatan kajian ini mempunyai beberapa implikasi praktikal yang penting terhadap dasar awam dan pengurusan kesihatan persekitaran. Pertama, berkaitan dasar kesihatan sekolah, Kementerian Kesihatan Malaysia dan Kementerian Pendidikan Malaysia perlu mempertimbangkan pelaksanaan program pemantauan fungsi paru-paru tahunan dan saringan kesihatan respiratori sistematik bagi pelajar di sekolah yang terletak berhampiran kawasan berisiko alam sekitar (Annesi-Maesano et al. 2013; Norbäck et al. 2017; Syazwan et al. 2019). Program sedemikian memerlukan kolaborasi erat antara pihak berkuasa kesihatan, pendidikan, dan sekolah untuk mengesan masalah kesihatan respiratori pada peringkat awal (Ellwood et al. 2017). Kedua, dari aspek perancangan guna tanah, pihak berkuasa tempatan perlu mengkaji semula dan memperkukuhkan garis panduan penempatan sekolah berhampiran tapak pelupusan, sama ada aktif atau telah ditutup, dengan mempertimbangkan zon penampungan minimum (*buffer zone*) serta menjalankan penilaian impak kesihatan (*Health Impact Assessment*) sebelum meluluskan pembinaan sekolah baru berhampiran kawasan berisiko (Rushton 2003; Vrijheid et al. 2011). Ketiga, pengurusan bekas tapak pelupusan sisa perlu diperkukuhkan melalui pemantauan kualiti udara berkala dan langkah-langkah mitigasi yang berkesan bagi melindungi komuniti setempat, khususnya populasi berisiko seperti kanak-kanak sekolah (Giusti 2009; Mataloni et al. 2016). Keempat, pelaksanaan program pendidikan kesihatan respiratori untuk pelajar, guru, dan ibu bapa bagi meningkatkan kesedaran mengenai risiko pencemaran udara dan langkah-langkah perlindungan diri adalah amat penting (Xie et al. 2019).

Beberapa cadangan untuk kajian lanjutan dicadangkan bagi memperkukuhkan pemahaman mengenai isu ini. Pertama, kajian masa depan perlu merangkumi pengukuran langsung kualiti udara

persekitaran (PM_{2.5}, PM₁₀, VOC, gas metana, hidrogen sulfida) di sekolah dan kawasan sekitar bekas tapak pelupusan untuk menentukan tahap pendedahan sebenar (Giusti, 2009; Mataloni et al. 2016). Kedua, pelaksanaan kajian susulan longitudinal untuk mengesan perubahan fungsi paru-paru dalam kalangan pelajar yang sama sepanjang tempoh beberapa tahun bagi memahami kesan jangka panjang pendedahan persekitaran adalah perlu (Gauderman et al. 2015). Ketiga, kajian perbandingan antara sekolah berhampiran bekas tapak pelupusan dengan sekolah kawalan yang terletak jauh daripada sumber pencemaran untuk mengenal pasti hubungan kausal yang lebih jelas perlu dijalankan (Porta et al. 2009). Keempat, kajian yang lebih komprehensif merangkumi penilaian faktor risiko tambahan seperti pendedahan asap rokok di rumah, tahap aktiviti fizikal, status pemakanan, dan sejarah penyakit respiratori keluarga dicadangkan (Raaschou-Nielsen et al. 2016). Kelima, penilaian keberkesanan intervensi seperti pemasangan penapis udara di bilik darjah atau program promosi kesihatan terhadap penambahbaikan fungsi paru-paru dan kesihatan respiratori pelajar perlu dilaksanakan (Barn et al. 2016; Huang et al. 2020).

KESIMPULAN

Dapatan kajian ini menunjukkan bahawa majoriti pelajar tidak melaporkan simptom respiratori yang ketara, namun penilaian fungsi paru-paru dan tahap kesihatan respiratori mendapati sebahagian besar responden tergolong dalam kategori “Tidak Normal”. Perbandingan antara kumpulan umur menunjukkan pelajar Tingkatan 5 mempunyai nilai fungsi paru-paru yang lebih tinggi berbanding Tingkatan 1, selaras dengan perkembangan fisiologi yang berlaku mengikut peningkatan umur. Walau bagaimanapun, perbezaan tahap kesihatan respiratori keseluruhan antara kedua-dua kumpulan tidak signifikan secara statistik.

Secara keseluruhannya, kajian ini menekankan kepentingan pemantauan berkala terhadap kesihatan respiratori dalam kalangan pelajar, terutamanya dalam konteks sekolah yang terletak berhampiran kawasan berisiko alam sekitar seperti bekas tapak pelupusan sisa pepejal. Pemerhatian berterusan, intervensi pencegahan, dan strategi pendidikan kesihatan perlu dipertingkatkan bagi memastikan kesihatan respiratori pelajar kekal berada pada tahap yang optimum, khususnya bagi populasi yang terdedah kepada pendedahan persekitaran jangka panjang.

RUJUKAN

Aithal, S.S., Sachdeva, I. & Kurmi, O.P. 2023. Air quality and respiratory health in children.

Breathe 19(2): 230040.
<https://doi.org/10.1183/20734735.0040-2023>.

Ashtari, A., Sadegh Tabrizi, J., Rezapour, R., Rashidian Maleki, M., Azami-Aghdash, S. 2020. Health Care Waste Management Improvement Interventions Specifications and Results: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Iranian Journal of Public Health* 49(9):1611-1621.
doi:10.18502/ijph.v49i9.4074.

Brożek, J.L., Bousquet, J., Agache, I., Agarwal, A., Bachert, C., Bosnic-Anticevich, S. et.al. 2017. Allergic Rhinitis and its Impact on Asthma (ARIA) guidelines-2016 revision. *The Journal of Allergy and Clinical Immunology* 140(4): 950–958.
<https://doi.org/10.1016/j.jaci.2017.03.050>.

Gautam, M. & Agrawal, M. 2021. Greenhouse Gas Emissions from Municipal Solid Waste Management: A Review of Global Scenario. In: Muthu, S.S. (eds) Carbon Footprint Case Studies. *Environmental Footprints and Eco-design of Products and Processes*, pp 123-160, Springer, Singapore.
https://doi.org/10.1007/978-981-15-9577-6_5

Graves, S.A. 2023. Radiation Safety Considerations of Household Waste Disposal After Release of Patients Who Have Received (177Lu) Lu-PSMA-617. *Journal of Nuclear Medicine*, 64(10):1567-1569. doi: 10.2967/jnumed.123.265750

Holden, K.A., Lee, A.R., Hawcutt, D.B. & Sinha, I.P. 2023. The impact of poor housing and indoor air quality on respiratory health in children. *Breathe*, 19 (2): 230058.
<https://doi.org/10.1183/20734735.0058-2023>

Ithnin, A., Rahman, M.S., Awang, N., Yusuf, N.M., Abdullah, R. & Ariffin, F.D. 2013. Study on air quality in school located near the former landfill site and its influences on student's respiratory health. *Middle-East Journal of Scientific Research*, 14, 371-374.
10.5829/idosi.mejsr.2013.14.3.71237.

Khan, B.A., Cheng, L., Khan, A.A. & Ahmed, H. 2019. Healthcare waste management in Asian developing countries: A mini review. *Waste Management Research* 37(9): 863–875. doi:10.1177/0734242X19857470

Kumar, P., Singh, A.B., Arora, T., Singh, S. & Singh, R. 2023. Critical review on emerging health effects associated with the indoor air quality and its sustainable management. *The Science of The Total Environment* 872: 162163.

<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.162163>

- Macedo, J.C. & de Oliveira, E.H.C. 2020. Waste from health services: Situation and actions in a public hospital from Manaus (Amazonas, Brazil). *International Journal of Advanced Engineering Research and Science* 7(4): 237–244. doi:10.22161/ijaers.74.30
- Manisalidis, I., Stavropoulou, E., Stavropoulos, A., & Bezirtzoglou, E. 2020. Environmental and Health Impacts of Air Pollution: A Review. *Frontiers in Public Health* 8: 14. <https://doi.org/10.3389/fpubh.2020.0001416>
- Marijančić, V., Grubić Kezele, T., Peharec, S., Dragaš-Zubalj, N., Pavičić Žeželj, S. & Starčević-Klasan, G. 2023. Relationship between Physical Activity and Sedentary Behavior, Spinal Curvatures, Endurance and Balance of the Trunk Muscles-Extended Physical Health Analysis in Young Adults. *International Journal of Environmental Research and Public Health* 20(20): 6938. <https://doi.org/10.3390/ijerph20206938>
- Meshram, S., Mohatkar, M., Bokde, S., Shahu, P.A., Rathi, S. & Chopkar, S. 2022. Review paper on Radioactive Wastes and its Management. *NeuroQuantology* 20(9):2038-2044. 10.14704/nq.2022.20.9.NQ44235
- Njoku, P.O., Edokpayi, J.N. & Odiyo, J.O. 2019. Health and Environmental Risks of Residents Living Close to a Landfill: A Case Study of Thohoyandou Landfill, Limpopo Province, South Africa. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 16(12): 2125. <https://doi.org/10.3390/ijerph16122125>
- Nnaji, C.C., Chibueze, C.V. & Afangideh, C.B. 2023. The menace and mitigation of air pollution in the built environment: A review. *Nigerian Journal of Technology* 42: 12-29. 10.4314/njt.v42i1.3.
- Sabour, M.R. & Amron, R. 2024. A systematic analysis of research trends on healthcare waste management during 1995–2022. *International Journal of Environmental Science and Technology*. <https://doi.org/10.1007/s13762-024-05770-x>
- Sančanić, B. & Penjišević, A. 2023. Safe Management of Medical Radiological Waste. *MEDIS– International Journal of Medical Sciences and Research*. DOI:10.35120/medisij020207s
- Siddiqua, A., Hahladakis, J.N. & Al-Attiya, W.A.K.A. 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. doi: 10.1007/s11356-022-21578-z.
- Udayanga, L., Sahana, L., Perera, A., Ranasinghe, K. & Ranathunge, T. 2021. Knowledge, perceptions and practices on healthcare waste management and associated occupational health hazards among healthcare professionals in the Colombo District, Sri Lanka: A cross-sectional study. *Biosystems Engineering* 1-12. doi:10.1016/j.biosystemseng.2021.09.001
- Vinti, G., Bauza, V., Clasen, T., Medlicott, K., Tudor, T., Zurbrugg, C., & Vaccari, M. (2021). Municipal Solid Waste Management and Adverse Health Outcomes: A Systematic Review. *International Journal of Environmental Research and Public Health* 18(8): 4331. <https://doi.org/10.3390/ijerph18084331>
- Yu, Y., Yu, Z., Sun, P., Lin, B., Li, L., Wang, Z., Ma, R., Xiang, M., Li, H. & Guo, S. 2018. Effects of ambient air pollution from municipal solid waste landfill on children's non-specific immunity and respiratory health. *Environmental pollution* 236: 382–390. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2017.12.094>