



Penentuan tahap pencemaran udara di Malaysia menggunakan pendekatan penunjuk bio (Liken): Kajian kes Bandar Baru Bangi

Azlan Abas¹, Azahan Awang¹

¹Pusat Pengajian Sosial, Pembangunan dan Persekitaran, Fakulti Sains Sosial dan Kemanusiaan, Universiti Kebangsaan Malaysia

Correspondence: Azlan Abas (email: azlanbinabas@gmail.com)

Abstrak

Beberapa kaedah telah diwujudkan untuk menyukat pencemaran udara. Kajian ini dijalankan bagi menentukan tahap pencemaran udara di Bandar Baru Bangi menggunakan pendekatan penunjuk bio (likhen). Sebanyak 14 stesen di Bandar Baru Bangi telah dipilih sebagai stesen persampelan dengan setiap satu stesen terdiri daripada tiga batang pokok. Kajian ini menggunakan kaedah persampelan kuadrat pada di mana diversiti liken yang hidup di satu-satu kawasan pada batang pokok diberikan skor mengikut piawai skor indeks liken. Skor yang telah diperolehi akan dikira dan dinilai, purata skor akan menunjukkan kualiti udara di stesen tersebut. Nilai lebih dari 10 menunjukkan kualiti udara yang sangat bersih, nilai antara 0-9 menunjukkan kualiti udara bersih dan nilai skor -1 ke bawah adalah kualiti udara yang kotor. Daripada eksperimen yang telah dijalankan didapati bahawa nilai skor minimum bagi stesen-stesen di kawasan Bandar Baru Bangi adalah Balai Polis Bangi dengan skor -1.58 dan nilai skor maksimum adalah kawasan Puncak Bangi dengan nilai 17. Nilai skor purata bagi kawasan Bandar Baru Bangi adalah 3.95. Ini menunjukkan bahawa kualiti udara di bandar tersebut adalah baik. Udara yang agak tercemar hanya ditemui di kawasan tertentu di Bandar Baru Bangi seperti di sekitar seperti Balai Polis Bangi, Kompleks Bangi Utama, Seksyen 12, di sekitar Kilang Hitachi dan stesen Komuter UKM sahaja. Pencemaran udara di kawasan tersebut yang berpunca daripada debu dan asap kenderaan bermotor, boleh dianggap tidak berbahaya.

Katakunci: Bandar Baru Bangi, biodiversiti, liken, pembebasan gas, pencemaran udara, penunjuk bio

Determination of Malaysia's air pollution levels using bio-indicators approach (Lichen): A case study of Bandar Baru Bangi

Abstract

Various methods have been developed to gauge air pollution. This study was conducted to determine the levels of air pollution in Bandar Baru Bangi using bio-indicators (lichen). A total of 14 sites in Bandar Baru Bangi was selected as sampling stations with each station comprising three trees. A sampling method was adopted in which microbial diversity quadrat on Lichen that lived in a tree at the trunk area was given a score according to the standard index score of lichen. A score value of more than 10 shows a very clean air, between 0 and 9 moderately clean, and less than 1 poor or polluted. Results of the study revealed that the minimum score for Bandar Baru Bangi as recorded in the area around Bangi Police Station was -1.58; the maximum as recorded in Puncak Bangi residential area was 17. The average score for air quality in the study area was thus 3.95 which could be considered as moderately clean. Sites with slightly polluted air were found in the area around Bangi Police Station, Bangi Utama shopping complex, Section 12, Hitachi industrial parks and Commuter Station UKM. The main pollutants in the study area were found to be mainly dust and smoke emitted from motor vehicles.

Keywords: air pollution, biodiversity, bio-indicators, gas emission, lichen, pollutants

Pengenalan

Secara konvensional, pencemaran udara di Malaysia diukur menggunakan pendekatan instrumental atau mesin. Jarang sekali penunjuk bio digunakan dalam menentukan sejauh mana tahap pencemaran udara di sesebuah kawasan. Kini, satu penunjuk bio mula diterima pakai bagi menentukan tahap pencemaran udara di sesebuah kawasan. Penunjuk bio yang amat signifikan adalah liken. Liken merupakan sejenis organisma yang wujud melalui hubungan simbiotik antara kulat dengan alga atau sianobakteria. Struktur liken yang begitu istimewa (tidak mempunyai kutikel) dan kadar pertumbuhan yang amat perlahan membolehkan ia dijadikan sebagai salah satu kaedah alternatif dalam penentuan tahap pencemaran udara di sesuatu tapak (Samsudin, 2010; Samsudin et al., 2013). Udara tercemar bukan sahaja disebabkan oleh zarah terampai, bahkan ia juga berlaku disebabkan oleh pelepasan gas beracun dan berbahaya yang berlebihan ke udara. Zarah terampai terdiri daripada 70% zarah karbon, 20% debu tanah dan 10% tidak diketahui puncanya. Manakala gas berbahaya pula terdiri daripada gas karbon monoksida (CO), nitrogen dioksida (NO₂), ozon (O₃) dan sulfur dioksida (SO₂) (Mahmud & Abu Hanifah, 2009; Mahmud & Ab Liah, 2010); Mahmud & Mohd Shafie, 2012; Shaharuddin Ahmad, 1990; Mazlan et al., 2015).

Liken, dengan ketiadaan kutikel pada permukaan talusnya menyerap semua unsur ini bagi dijadikan sumber nutrien untuk tujuan pembesaran. Taburan spesies liken dipengaruhi dengan kualiti udara setempat. Ini adalah kerana spesies liken yang berlainan memerlukan tahap kualiti udara yang berbeza untuk hidup. Berdasarkan taburan spesies liken, kualiti udara setempat boleh diukur dalam skala masa yang lebih lama

Secara amnya, bagi tujuan menentukan tahap pencemaran udara, liken dibahagikan kepada tiga kategori, iaitu kumpulan sensitif, sederhana dan toleran. Setiap kategori ini mempunyai spesies tertentu dan dengan pembahagian spesies inilah tahap pencemaran udara akan ditentukan (Alvarez et al., 2006; Ferry et al., 1993). Liken boleh hidup di kebanyakan kawasan termasuk kawasan perbandaran seperti Bandar Baru Bangi. Sebagai sebuah bandar baharu yang sedang giat membangun, penduduknya bertambah dengan pesat, aktiviti harian semakin sibuk, kenderaan bermotor di jalan raya semakin banyak sedangkan kawasan berpokok semakin berkurangan. Keadaan ini mendedahkan sesetengah kawasan di bandar baharu yang sibuk ini kepada pencemaran udara.

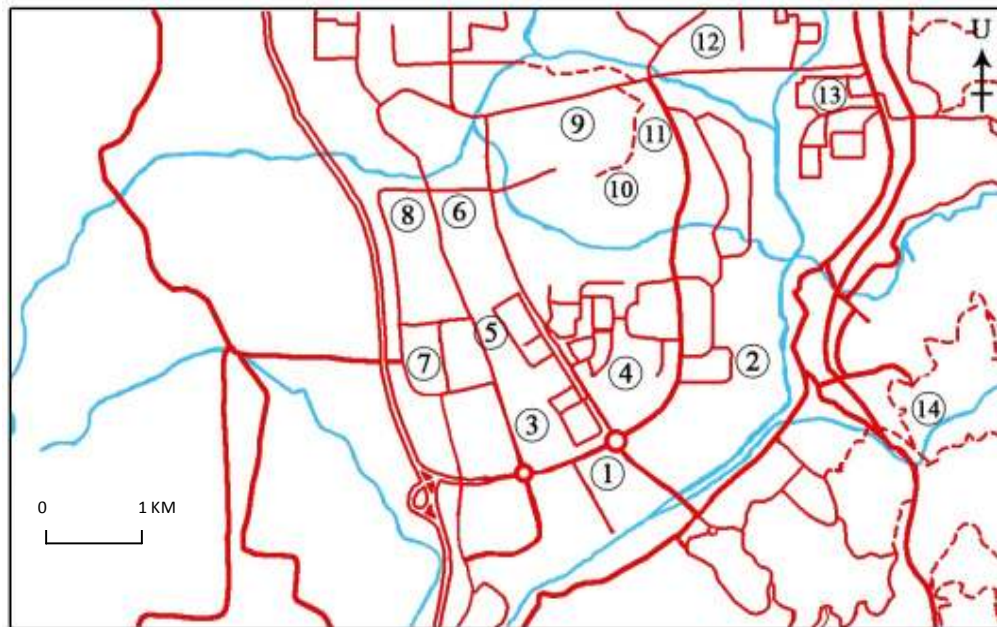
Artikel ini bertujuan menentukan tahap pencemaran udara di Bandar Baru Bangi menggunakan pendekatan biologi. Bagi tujuan tersebut penunjuk bio (liken) digunakan sebagai kaedah alternatif. Bandar Baru Bangi merupakan sebuah bandar yang mempunyai kepelbagaian fungsi seperti pendidikan dan penyelidikan, perindustrian pembuatan dan komersial selain kawasan kediaman. Kepelbagaian pola guna tanah dan fungsi bandar ini menyebabkan bandar ini mempunyai tahap pencemaran udara yang tidak sekata di antara satu tempat dengan satu tempat lain. Kajian ini dijalankan bagi melihat perbezaan tahap pencemaran udara di Bandar Baru Bangi menggunakan pendekatan biologi.

Kawasan dan metod kajian

Kajian ini dilakukan di Bandar Baru Bangi. Sebanyak 14 stesen persampelan telah ditetapkan di seluruh bandar tersebut, iaitu Kolej Tun Hussein Onn UKM, Rumah Tumbuhan UKM, NIOSH Seksyen 15, Taman Tasik Bangi 3, SMK Bandar Baru Bangi, Balai Polis Bangi, Kilang Hitachi Seksyen 16, Puncak Bangi, Bangi Walk, SK Sg. Ramal Dalam, Masjid As-Hassanah Seksyen 9, Kompleks Bangi Utama, Hotel Equatorial Bangi, Seksyen 4, Seksyen 7, Seksyen 5, dan Komuter UKM seperti yang ditunjukkan pada Rajah 1.

Kerja lapangan dilakukan di setiap kawasan yang telah dipilih. Kerja lapangan ini terbahagi kepada tiga peringkat, iaitu; a) tinjauan di kawasan yang terpilih untuk mencari pokok yang ingin dikaji; b) pemetaan kualiti udara melalui pemerhatian terhadap liken pada pokok; dan c) pengumpulan sampel untuk dianalisis. Setelah lokasi kajian dan pokok dipilih, pemetaan kualiti udara di setiap tapak kajian dilakukan. Melalui pemerhatian terhadap liken, kualiti udara dapat ditentukan dengan melakukan empat aktiviti, iaitu a) menentukan kumpulan liken; b) mengira kekerapan liken; c) mengira skor kualiti udara;

dan d) menentukan tahap pencemaran udara. Bagi menentukan kualiti udara, liken dibahagikan kepada tiga kumpulan, iaitu kumpulan toleran, sederhana dan kumpulan sensitif seperti yang ditunjukkan pada Jadual 1 (Garty et al., 1995; Nimis et al., 2002).



PETUNJUK.



JALAN RAYA
SUNGAI

NO.	STESEN	NO	STESEN
1	NIOSH SEKSYEN 15	8	MASJID AL-HASSANAH
2	TAMAN TASIK BANGI SEKSYEN 3	9	BANGI WALK
3	BALAI POLIS BANGI	10	PUNCAK BANGI
4	SMK BANDAR BARU BANGI	11	SEKSYEN 4
5	KILANG HITACHI SEKSYEN 16	12	SEKSYEN 7
6	KOMPLEKS BANGI UTAMA	13	SEKSYEN 5
7	SEKSYEN 12	14	KOMUTER UKM

Rajah 1. Peta stesen persampelan di Bandar Baru Bangi

Jadual 1. Kumpulan Liken

Kumpulan	Contoh	Ciri-ciri
Toleran	<i>Pyxine cocoes</i> <i>Hyperphyscia adglutinata</i>	Sangat tahan terhadap pencemaran udara
Sederhana	<i>Dirinaria picta</i> <i>Chrysothrix xanthina</i>	Sederhana tahan terhadap pencemaran udara
Sensitif	<i>Parmotrema praesrodiosum</i> <i>Physcia sp.</i>	Sangat sensitif terhadap pencemaran udara

Kekerapan liken dikira berdasarkan kehadiran liken di dalam kawasan kuadrat yang diletakkan pada pokok. Liken yang berdiameter kurang daripada 5 mm tidak perlu dikira kerana saiznya yang kecil boleh

menyebabkan kesilapan dalam mengenal pasti kumpulannya. Liken dikira satu walaupun terdapat beberapa liken yang sama di dalam satu kuadrat. Setelah kekerapan liken dikira, nilainya didarabkan dengan skor yang diberi berdasarkan skala pada Jadual 2.

Jadual 2. Skala skor Pat Woseley

Kumpulan Liken	Skor
Toleran	-1
Sederhana	+1
Sensitif	+2

Sumber: Opal Explorenature, 2006.

Setelah kekerapan liken ditentukan, skor kualiti udara boleh dikira dengan menjumlahkan semua kekerapan liken pada pokok yang sama dan ditambah dengan kekerapan liken pada pokok yang lain. Jumlah purata daripada gabungan semua pokok di kawasan kajian memberikan skor kualiti udara di kawasan tersebut.

$$\text{Skor kualiti udara} = \frac{\text{jumlah kekerapan setiap pokok}}{\text{jumlah pokok}}$$

Kualiti udara di kawasan kajian dapat ditentukan berdasarkan skor kualiti udara yang telah dikira. Perbandingan dibuat dengan merujuk kepada Jadual 3 di mana skor yang melebihi sepuluh adalah udara bersih, manakala skor yang kurang daripada negatif sepuluh merupakan kawasan yang udaranya sangat tercemar. Skor di antara sepuluh ke sifar adalah sederhana bersih dan skor di antara sifar ke negatif sepuluh adalah kawasan yang tercemar (Saipankaew et al., 2005; Saipankaew et al., 2007).

Jadual 3. Skor kualiti udara (SKU)

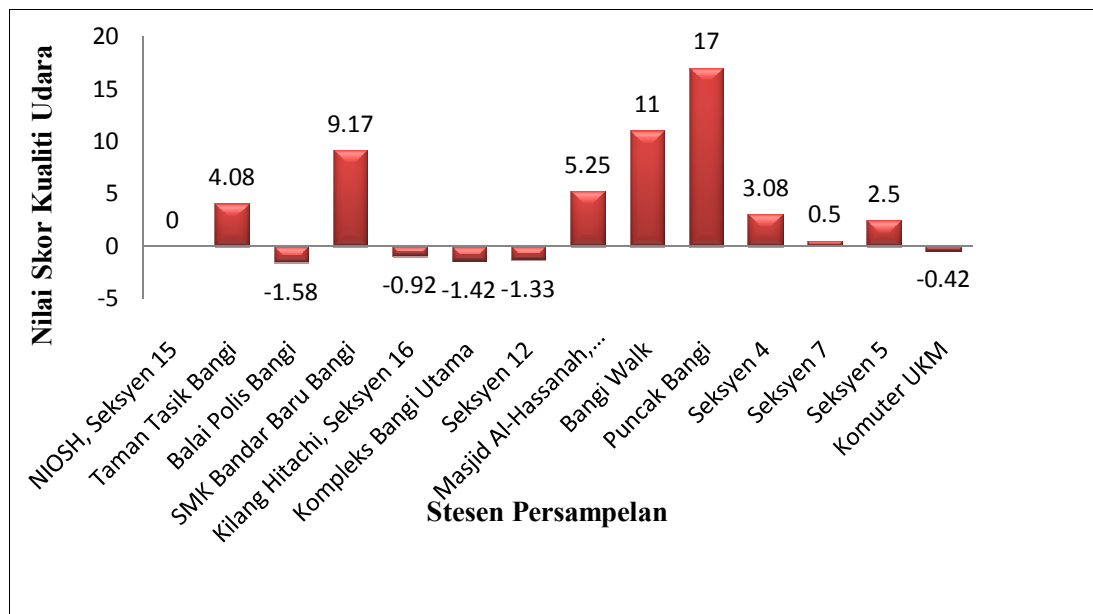
SKU	Kualiti Udara
>10	Udara bersih
0>10	Sederhana bersih
-10>0	Tercemar
<-10	Sangat tercemar

Prosedur:

- a) Ketinggian pokok diukur satu meter dari tanah dengan menggunakan pita pengukur ditanda dengan paku tekan dan ukur lilit pokok diambil.
- b) Empat kawasan pada pokok akan diambil kira kekerapan liken dan jika ukur lilit pokok kurang daripada 80 cm, hanya dua kawasan pada pokok sahaja yang diambil bacaan kekerapannya.
- c) Dengan menggunakan kompas, arah pokok ditentukan dan kuadrat dipasang pada kawasan tersebut. Liken diperhatikan menggunakan kanta pembesar, kekerapan liken diambil dan skor kualiti udara dikira.
- d) Setelah skor kualiti udara diperolehi, tahap kualiti udara ditentukan berdasarkan nilai skor.
- e) Sampel kulit pokok diambil dengan menggunakan parang dan dimasukkan ke dalam bekas sampel yang dilabel dan dibawa ke makmal untuk dianalisis.
- f) Langkah 1 hingga 5 diulang pada semua pokok di setiap stesen.

Hasil kajian dan perbincangan

Secara keseluruhannya, berdasarkan Rajah 2 julat skor kualiti udara di Bandar Baru Bangi adalah antara -1.58 hingga 21. Nilai minimum skor kualiti udara bagi kawasan ini adalah di kawasan Balai Polis Bangi dengan skor -1.58. dan nilai skor maksimum bagi kawasan Bandar Baru Bangi adalah di kawasan perumahan Puncak Bangi dengan nilai 17. Nilai purata skor kualiti udara bagi kawasan Bandar Baru Bangi adalah 3.95.



Rajah 2. Nilai skor kualiti udara di Bandar Baru Bangi

Berdasarkan nilai skor kualiti udara (SKU) yang diperolehi, Bandar Baru Bangi boleh dibahagikan kepada tiga zon pencemaran udara, iaitu Kumpulan Kawasan Tercemar, Kumpulan Kawasan Sederhana Bersih, dan Kumpulan Kawasan Bersih seperti mana yang ditunjukkan pada Jadual 4.

Jadual 4. Pembahagian zon berdasarkan kualiti udara di Bandar Baru Bangi

Kawasan Udara Tercemar	Kawasan Udara Sederhana Bersih	Kawasan Udara Bersih
Seksyen 12	Seksyen 5	Bangi Walk
Balai Polis Bangi	Seksyen 4	Puncak Bangi
Komuter UKM	Seksyen 7	
Kompleks Bangi Utama	Taman Tasik Bangi,	
Kilang Hitachi, Seksyen 16	Seksyen 3	
	Masjid al-Hassanah,	
	Seksyen 9	
	NIOSH, Seksyen 15	
	SMK Bandar Baru Bangi	

Berdasarkan Rajah 2 yang menunjukkan SKU di setiap stesen kajian dan Jadual 4 yang menunjukkan zon kualiti udara stesen berkenaan, kawasan Seksyen 12, Balai Polis Bangi, Komuter UKM, Kompleks Bangi Utama, dan Kilang Hitachi, Seksyen 16 berada dalam kumpulan kawasan udara tercemar dengan nilai SKU negatif. Kawasan-kawasan ini mempunyai kekerapan kenderaan bermotor yang lalu-lalang yang tinggi berbanding kawasan lain. Contohnya, kawasan Balai Polis Bangi mencatatkan SKU -1.58,

Komuter UKM merekodkan SKU -0.42 dan Kompleks Bangi Utama mempunyai SKU -1.42 yang merupakan kawasan tumpuan orang awam. Kawasan komuter merupakan tempat tumpuan orang awam yang mahu mendapatkan perkhidmatan komuter untuk ke ibu kota ataupun ke tempat-tempat lain. Sering juga berlaku kesesakan lalu lintas di kawasan tersebut. Begitu juga di Kompleks Bangi Utama dan Kompleks Dimond yang terletak di sebelahnya, merupakan pusat membeli-belah yang sibuk kerana mempunyai ramai pengunjung disebabkan pelbagai barangan atau perkhidmatan ditawarkan di kompleks ini. Kebanyakan pengunjung menggunakan kenderaan bermotor untuk ke pusat tersebut. Kawasan lain yang agak tercemar seperti Seksyen 12 dan Kilang Hitachi, Seksyen 16 merupakan kawasan perindustrian utama di Bandar Baru Bangi. Kawasan ini lazimnya sangat sibuk pada waktu puncak dengan kehadiran kenderaan bermotor seperti bas kilang, lori mengangkat barang serta kenderaan-kenderaan berat yang lain selain kenderaan persendirian pekerja. Kenderaan berat yang menggunakan minyak diesel menghasilkan asap dan gas bahan pencemar 50% lebih tinggi dari kenderaan bermotor yang menggunakan minyak petrol. Ini secara langsung meningkatkan kepekatan gas bahan pencemar di kawasan sedemikian (Carreras & Pignata, 2002).

Kepekatan gas bahan pencemar udara di Seksyen 12, Balai Polis Bangi, Kilang Hitachi Seksyen 16, Komuter UKM dan Kompleks Bangi Utama boleh menjejaskan komuniti liken kawasan tersebut. Ini menyebabkan hanya liken dari kumpulan toleran dan sedikit dari kumpulan sederhana sahaja yang mampu hidup di kawasan berkenaan, iaitu daripada spesies *Hyperphyscia adglutinata*, *Pyxine cocoes*, dan *Dirinaria picta*. Liken kumpulan ini mampu bertahan dengan keadaan udara yang mempunyai kandungan logam berat yang tinggi kerana ia mempunyai tapak jalan yang berbeza dengan liken-likens yang lain yang tidak mampu menahan persekitaran yang mempunyai kandungan logam berat yang tinggi.

Kawasan seperti Seksyen 5 (2.5), Seksyen 4 (3.08), Seksyen 7 (SKU 0.5), Taman Tasik Bangi Seksyen 3 (SKU 4.08), dan Masjid al-Hassanah Seksyen 9 (SKU 5.25) merupakan kawasan yang tergolong sederhana bersih. Ini bermaksud tahap pencemaran udara di kawasan ini adalah sederhana. Persekitaran stesen di kawasan tersebut merupakan zon kediaman awam yang kurang sibuk. Keperluan kenderaan bermotor bergerak juga adalah sederhana dan tidak berlaku sebarang kesesakan lalu lintas di kawasan ini. Bagaimanapun, pertambahan penduduk yang pesat dari setahun ke setahun telah meningkatkan permintaan terhadap tempat tinggal yang tinggi. Selain pertambahan penduduk semula jadi, perpindahan masuk penduduk dari luar kawasan juga pesat berlaku akibat penawaran peluang pekerjaan yang banyak dalam pelbagai sektor di kawasan ini. Pertambahan penduduk juga menyebabkan bertambahnya penggunaan kenderaan bermotor. Kenderaan bermotor kini merupakan satu keperluan bagi orang awam menjalani kehidupan moden seharian, tidak kiralah sama ada kenderaan persendirian khususnya motorsikal dan kereta, ataupun kenderaan awam seperti bas, van dan termasuk kenderaan pengangkut barangan seperti lori dan trak. Peningkatan kenderaan di atas jalan raya lazimnya menyebabkan kualiti udara menurun (Carreras & Pignata, 2002).

Kadar pelepasan gas yang sederhana adalah seiring dengan komposisi logam berat di udara di kawasan tersebut. Ini menunjukkan hanya spesies liken daripada kumpulan sederhana yang boleh hidup di kawasan ini, sedikit daripada kumpulan toleran dan sensitif. Antara spesies yang boleh dilihat adalah *Pyxine cocoes*, *Dirinaria picta*, *Chrysothrix xanthina* dan sedikit *Parmotrema praesorediosum*. Liken jenis ini boleh hidup di kawasan yang mempunyai udara sederhana tercemar, iaitu udara yang mengandungi gas pencemar pada kadar yang sederhana. Bagaimanapun, beberapa kawasan dalam kategori sederhana ini mula menunjukkan tanda-tanda pertumbuhan spesies liken daripada kumpulan toleran. Ini bermaksud bahawa kawasan tersebut sedang mengalami perubahan dari segi kualiti udara daripada sederhana kepada tercemar. Pembangunan yang tidak terkawal, serta pertambahan penggunaan kenderaan bermotor, menjadi pemangkin kepada pertambahan gas bahan pencemar di udara di kawasan ini.

Kawasan seperti Bangi Walk (11) dan Puncak Bangi (17) merupakan zon kediaman yang mempunyai kualiti udara yang bersih di mana kawasan ini merupakan kawasan rekreasi dan kawasan perumahan eksklusif yang berkepadatan rendah. Stesen di Bangi Walk mempunyai kualiti udara yang baik. Kawasan ini tidak tercemar walaupun statusnya sebagai pusat rekreasi, tetapi kawasan ini tidak terdedah kepada pencemaran kerana tidak banyak laluan mahupun kenderaan yang lalu lintas pada sepanjang masa. Para pengunjung yang datang ke sini untuk berekreasi pula cenderung meletakkan kereta mereka jauh dari

stesen kajian. Aspek kebersihan di kawasan ini juga amat terjaga. Jarak stesen yang jauh dari jalan raya utama yang sibuk juga memainkan peranan penting dalam menjadikan kawasan ini berkualiti udara baik. Kepekatan gas pencemar di kawasan ini adalah rendah kerana tidak banyak kenderaan bermotor memasukinya. Puncak Bangi merupakan kawasan perumahan mewah yang penduduk tidak ramai, iaitu kira-kira 300 orang sahaja. Rumah di kawasan ini terdiri daripada jenis bunglo dan berkembar. Jalan raya di sini tidak sibuk kerana tidak banyak kenderaan di atas jalan raya hampir sepanjang masa. Maka tidak hairanlah mengapa kawasan Puncak Bangi ini masih bersih dan tidak tercemar. Dengan keadaan kualiti udara yang bersih, menunjukkan kandungan gas bahan pencemar di udara pada kawasan-kawasan ini adalah rendah. Faktor utama adalah kepadatan pengunjung di dua kawasan ini yang mempunyai kepadatan yang rendah sekaligus menunjukkan kekerapan kenderaan bermotor lalu lalang di kawasan ini adalah rendah dan bila kurang kenderaan bermotor, maka kuantiti pelepasan dan kepekatan gas bahan pencemar juga rendah (Carreras & Pignata, 2002).

Kualiti udara di sekitar Bangi Walk dan Puncak Bangi adalah bersih. Ini menunjukkan bahawa kandungan logam berat di persekitaran dua kawasan tersebut adalah rendah. Kepekatan logam berat yang rendah cenderung menggalakkan pertumbuhan liken daripada kumpulan yang sensitif. Liken kumpulan sensitif yang boleh ditemui di kawasan ini adalah *Parmotrema praesorediosum* dan *Physcia sp.* Di kawasan ini juga ditemui sedikit liken daripada kumpulan sederhana, iaitu *Dirinaria Picta*. Liken kumpulan sensitif ini merupakan jenis liken yang hanya hidup di kawasan yang mempunyai kualiti udara yang bersih sahaja. Liken jenis ini tidak tahan terhadap gas bahan pencemar yang wujud di kawasan yang tercemar. Kehadiran gas bahan pencemar di sesebuah kawasan boleh merencatkan pertumbuhan serta penghasilan makanan bagi liken jenis sensitif ini.

Penggunaan pendekatan bio dalam menentukan tahap pencemaran udara di Bandar Baru Bangi merupakan suatu alternatif kepada penggunaan peralatan konvensional. Liken, sejenis organisma yang mempunyai tahap ketahanan berbeza untuk bertindak balas dengan kehadiran bahan pencemaran udara, merupakan alat pengesanan pencemaran udara semula jadi yang sesuai digunakan hampir di semua kawasan di negara ini.

Kesimpulan

Secara keseluruhannya, kajian ini menunjukkan bahawa penggunaan liken adalah sangat rasional, seperti mana yang telah dibincangkan, sesuai bagi mengesan kualiti udara di sesebuah kawasan. Pengukuran kualiti udara menggunakan pendekatan bio di Bandar Baru Bangi menunjukkan bahawa purata SKU di bandar barharu ini adalah 3.95. Ini menunjukkan secara umum kualiti udara di bandar ini berada pada tahap sederhana, pencemaran udara di kawasan ini masih terkawal. Kajian menggunakan pendekatan biologi ini juga menyediakan alternatif kepada kaedah konvensional dalam menentukan nilai kualiti udara di Malaysia. Penunjuk biologi, iaitu organisma liken didapati amat rasional untuk diaplikasikan kerana ia mampu menyerap semua elemen yang berada di udara dan mampu memberi keputusan secara total selepas dianalisis. Penggunaan liken dan pembiakannya perlu dilakukan kerana liken juga boleh dianggap sebagai agen pembersihan gas pencemar di udara. Liken mampu untuk menyerap sebarang elemen di udara dan yang demikian dapat membersihkan bahan-bahan pencemar yang bebas di udara.

Rujukan

- Alvarez AM, Estevez Alvarez JR, Brito HI, Arriba P, Lopez Sanchez D, Wolterbeek HT (2006) Lichen based biomonitoring of air quality in Havana City west side. *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemical* **270**, 63-67.
- Carreras HA, Pignata ML (2002) Biomonitoring of heavy metals and air quality in Cordoba City, Argentina, using transplant lichens. *Environmental Pollution* **117**, 77-87.
- Ferry GM, Bradley MS, Hawksworth DL (1993) *Air Pollution and Lichens*. Athlone Press, London.

- Garty J, Harel Y, Steinberger Y (1995) The role of lichens in the cycling of metals in the Negeva Desert. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology* **29**, 247-253.
- Mahmud M, Abu Hanifah NH (2009) Pencemaran udara berikutan peristiwa jerebu tahun 2005: Kajian kes di Perai, Pulau Pinang, Malaysia. *GEOGRAFIA-Malaysian Journal of Society and Space* **5**(2), 1-15.
- Mahmud M, Ab Liah IA (2010) Pencemaran Udara di Bukit Rambai, Melaka Sewaktu Peristiwa Jerebu Tahun 2005. *GEOGRAFIA-Malaysian Journal of Society and Space* **6**(3), 30-39.
- Mahmud M, & Mohd Shafie SH (2012) Perbandingan kualiti udara antara tahun 2002 dan 2003 di kawasan padi sewaktu pembakaran jerami di Mergong, Kedah. *Malaysia Journal of Society and Space* **8**(2) 33-42.
- Mazlan SM, Hamzah A, Mahmud M (2015) Kualiti udara dalam bangunan di bangunan Sains biologi, Fakulti Sains dan Teknologi, Universiti Kebangsaan Malaysia. *GEOGRAFIA-Malaysian Journal of Society and Space* **11**(1), 87-96.
- Nimis PL, Scheidegger C, Wolseley PA (2002) *Monitoring with Lichens*. Springer, Netherland.
- Saipankaew W, Wolseley PA, Chimonoides PJ (2005) Epiphytic lichens as indicators of environmental health in the vicinity of Chiang Mai city, Thailand. *Lichenologist* **37**, 345-356.
- Saipankaew W, Wolseley PA, Chimonoides PJ, Boonpragob K (2007) Epiphytic macrolichens as indicators of environmental alteration in northern Thailand. *Environmental Pollution* **146**, 366-374.
- Samsudin MW (2010) Liken Tumbuhan Primitif yang masih relevan. Penerbit Universiti Kebangsaan Malaysia, Bangi.
- Samsudin MW, Azahar H, Abas A, Zakaria Z (2013) Determination of Heavy Metals and Polycyclic Aromatic Hydrocarbon Contents Using Lichen *Dirinaria picta* in Universiti Kebangsaan Malaysia. *Journal of Environmental Protection* **4**, 760-765.
- Shaharuddin Ahmad (1990) Urban air pollution and the occurrence of bronchitis in Kuala Lumpur, Malaysia. *Energy and Buildings* **15-16**, 775-790.