

MENYINGKAP PENCEMARAN PARTIKEL TERAMPAI (PM₁₀) DI MALAYSIA

(REVEALING OF SUSPENDED PARTICLE POLLUTION (PM₁₀) IN MALAYSIA)

**Mohd Hashiq Hashim, Mohd Hairy Ibrahim, Mohamad Ihsan
Muhamad Ismail, Nor Kalsum Mohd Isa, Sharif Shofiru Sharif Ali
& Mohd Hishamudin Che Omar**

Abstrak

Malaysia merupakan salah satu negara yang telah mencapai status negara maju serta memiliki ekonomi yang kompetitif. Namun demikian, arus pemodenan yang pesat serta pembangunan berterusan tanpa mementingkan alam sekitar akan mengakibatkan pencemaran udara khususnya dalam pelepasan partikel terampai (PM₁₀) ke atmosfera. PM₁₀ ialah partikel halus yang mempunyai diameter 10 mikrometer atau kurang dan dikelaskan sebagai salah satu bahan pencemar udara dalam Standard Kualiti Udara Ambien Malaysia (MAAQS). Kawasan perindustrian merupakan salah satu penyebab kepada peningkatan konsentrasi PM₁₀ sehingga mencecah 58 µg/m³ setahun melebihi nilai yang ditetapkan dalam MAAQS. Malah, kawasan bandar turut menunjukkan konsentrasi PM₁₀ melebihi piawaian yang ditetapkan oleh Jabatan Alam Sekitar (JAS) iaitu sebanyak 57 µg/m³ yang disumbangkan oleh faktor-faktor antropogenik serta bilangan kenderaan yang semakin meningkat. Tidak dinafikan bahawa peningkatan konsentrasi PM₁₀ akan mengakibatkan kemerosotan kualiti udara serta membahayakan kesihatan manusia.

Kata kunci: Partikel terampai, PM₁₀, bahan pencemar udara, MAAQS

Abstract

Malaysia is one of the advanced countries in the world with a competitive economy profile. However, rapid urbanization and continuous development without regard to the environment will result in air pollution especially in the releasing of particulate matter (PM₁₀) into the atmosphere. PM₁₀ is a fine particle with a diameter of 10 micrometers or less and classified as one of the air pollutants in the Malaysian Ambient Air Quality Standards (MAAQS). Industrial areas are one of the reasons that cause the increase of PM₁₀ concentration up to 58 µg/m³ per year exceeds the values outlined in the MAAQS. Urban areas also showed PM₁₀ concentration above the standard set by the Department of Environment (DOE) of 57 µg/m³ caused by anthropogenic factors and the increasing number of vehicles. There is no doubt that the increase of PM₁₀ concentration will result in deterioration of air quality and endanger human health.

Keywords: *Suspended particles, PM₁₀, air pollutants, MAAQS.*

PENGENALAN

Pembangunan dan perindustrian yang pesat telah membawa kepada masalah pencemaran udara (Anand et al. 2019). Tidak dinafikan bahawa pencemaran udara semakin membimbangkan dan mempunyai potensi dalam menjejaskan kualiti udara khususnya di Malaysia. Bukan itu sahaja, dalam konteks antarabangsa turut membahaskan tentang pencemaran udara yang semakin meningkat khususnya di kawasan bandar (Valencia et al. 2019). Pencemaran udara berlaku apabila udara mengandungi bahan pencemar dalam kuantiti yang banyak dan boleh menjejaskan tahap keselesaan dan kesihatan manusia, haiwan serta tumbuhan. Bahan-bahan ini dinamakan sebagai bahan pencemar udara yang terdiri daripada partikel, cecair atau gas (Sham Sani 1979; Masitah et al. 2007).

Agensi kerajaan yang bertanggungjawab dalam memantau dan memastikan tahap kualiti udara di Malaysia ialah Jabatan Alam Sekitar (JAS). Terdapat 52 stesen pemantauan kualiti udara yang terletak di seluruh Malaysia. JAS mengguna pakai enam parameter yang dikenali sebagai *air pollutant criteria* yang menjadi kayu ukur kualiti udara dalam tempoh yang tertentu. Enam parameter ini ialah partikel terampai (PM_{10} dan $PM_{2.5}$), sulfur dioksida (SO_2), nitrogen dioksida (NO_2), ozon (O_3) dan karbon monoksida (CO) berdasarkan Standard Kualiti Udara Ambien Malaysia (MAAQS). Lim et al. (2008) berpendapat bahawa PM_{10} merupakan salah satu parameter yang mempengaruhi peningkatan Indeks Purata Udara (IPU).

Pelepasan partikel dan gas pencemar khususnya daripada kawasan perindustrian serta pembakaran bahan api fosil daripada kenderaan bertanggungjawab dalam peningkatan bahan pencemar udara serta memberikan impak kepada tahap kesihatan manusia. Menurut Siti Nurhayati et al. (2014) partikel terampai (PM_{10}) yang mempunyai diameter aerodinamik 10 mikrometer atau kurang dikelaskan sebagai bahan pencemar atmosfera terutamanya di bandar-bandar yang sedang membangun. Peningkatan kepekatan PM_{10} yang disumbangkan oleh sumber-sumber antropogenik serta semula jadi akan mengakibatkan kemerosotan kualiti udara (Murnira et al. 2015; Atash 2007). Oleh hal yang demikian, artikel ini bertujuan untuk mengupas tentang sumber-sumber pencemaran partikel terampai khususnya PM_{10} di Malaysia.

PARTIKEL TERAMPAI PM_{10}

Secara amnya, partikel terampai PM_{10} merupakan salah satu daripada parameter bahan pencemar udara berdasarkan MAAQS (Jadual 1) yang menggantikan Garis Panduan Kualiti Udara Ambien Malaysia (MAAQG) yang diguna pakai sejak tahun 1989. Sloss dan Smith (2000) menyatakan bahawa PM_{10} adalah bahan pencemar udara yang terhasil secara semula jadi dan secara antropogenik yang wujud dalam bentuk partikel, cecair dan gas. Partikel terampai merupakan campuran kompleks bahan organik dan bukan organik serta dapat dibahagikan kepada beberapa jenis mengikut saiz, ciri dan komposisinya (Norfazillah et al. 2016; Boogard et al. 2010). Whalley dan Zandi (2016) menyatakan terdapat beberapa kaedah untuk mengukur konsentrasi PM_{10} yang sering digunakan iaitu teknik gravimetri dan pengukuran secara langsung menggunakan *optical particle counter* (OPC).

Jadual 1. Standard Kualiti Udara Ambien Malaysia

Bahan Pencemar Udara	Purata Masa	Standard Kualiti Udara Ambien		
		IT-1 (2015)	IT-2 (2018)	Standard (2020)
		$\mu g/m^3$	$\mu g/m^3$	$\mu g/m^3$
PM_{10}	1 tahun	50	45	40
	24 jam	150	120	100

Sumber: Jabatan Alam Sekitar 2015

Partikel terampai atau zarah terampai dapat dikelaskan kepada tiga jenis iaitu partikel kasar, partikel halus dan partikel sangat halus dan ditentukan mengikut saiz dalam unit mikron (Jadual 2). Partikel kasar (*coarse particles*) mempunyai diameter antara 2.5 hingga 10 mikrometer (PM_{10}), partikel halus (*fine particles*) mempunyai diameter 2.5 atau kurang ($PM_{2.5}$) dan partikel sangat halus (*ultrafine particles*) mempunyai diameter kurang daripada 0.1 mikrometer (Alastuey et al. 2004; Shamzani et al.

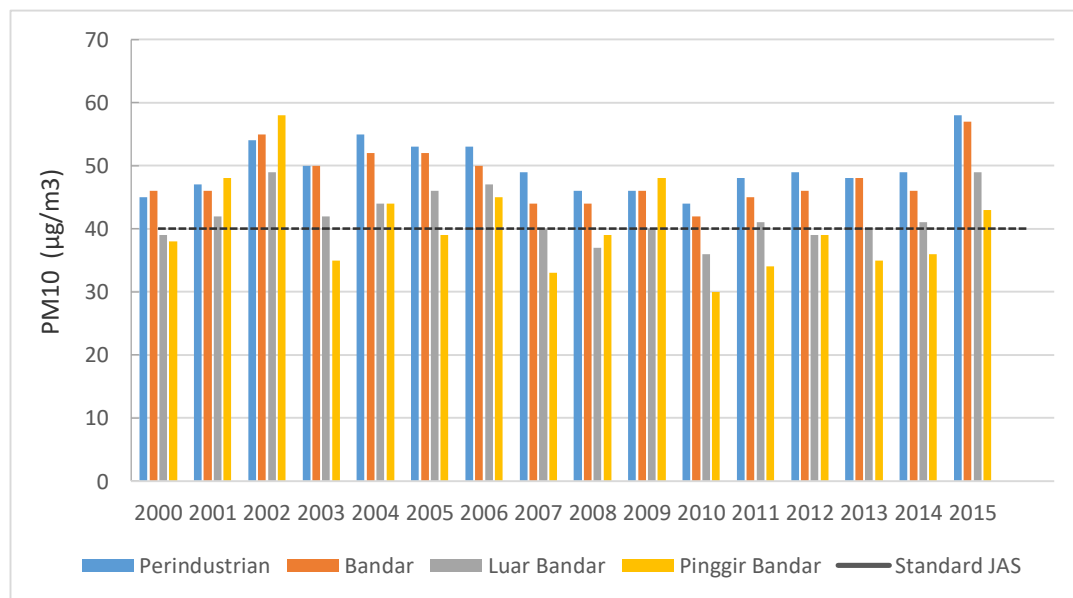
2015). Menurut kenyataan yang dikeluarkan oleh World Health Organization (WHO), partikel kasar mengandungi habuk dan debu daripada jalan raya, kawasan perindustrian serta aktiviti perlombongan atau kuari.

Jadual 2. Klasifikasi partikel terampai

Partikel Terampai	Saiz	Sumber
Partikel kasar (<i>coarse particles</i>)	2.5 μm hingga 10 μm	• Habuk simen • Debu terbang • Polen • Asap minyak
Partikel halus (<i>fine particles</i>)	2.5 μm atau kurang	• Aktiviti pembakaran • Sebatian organik • Tindak balas kimia
Partikel sangat halus (<i>ultrafine particles</i>)	Kurang daripada 0.1 μm	• Proses nukleasi

Sumber: WHO (2005)

Malaysia menunjukkan trend konsentrasi PM_{10} yang tidak sekata sejak tahun 2000. Rajah 1 menunjukkan trend konsentrasi tahunan PM_{10} daripada tahun 2000 hingga 2015 berdasarkan guna tanah. Kawasan perindustrian dan bandar menunjukkan konsentrasi PM_{10} melebihi nilai yang ditetapkan dalam MAAQS iaitu 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ setahun. Menurut Laporan Kualiti Alam Sekeliling Malaysia (2015), purata tahunan PM_{10} di Malaysia menunjukkan nilai 53 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ yang melebihi had yang ditetapkan oleh JAS. Situasi sedemikian diakibatkan oleh kejadian jerebu yang merentasi sempadan daripada negara jiran iaitu Indonesia khususnya di Kalimantan dan Sumatera. Menurut Nur Adilla et al. (2018), hal ini berpunca daripada fenomena El Niño yang menyebabkan kebakaran hutan besar-besaran di Indonesia.



Rajah 1. Trend konsentrasi tahunan PM_{10} di Malaysia

KOMPOSISI PARTIKEL TERAMPAI PM_{10}

Secara amnya, PM_{10} dapat dibezakan melalui komposisi selain daripada saiz partikel. Harrison et al. (2004) menyatakan bahawa PM_{10} mempunyai komposisi kimia yang berbeza serta terhasil daripada sumber-sumber tertentu. Komposisi PM_{10} di dominasi oleh partikel yang terhasil daripada

pembakaran, nitrat dan sulfat, sodium klorida, kalsium sulfat, logam berat, habuk kaya dengan kandungan besi serta partikel kasar (Mohd Talib et al. 2006; Mohd Hairry et al. 2016). Kawasan perindustrian merupakan salah satu kawasan yang menyumbang kepada peningkatan kandungan logam berat dalam komposisi PM₁₀ (Xiaoyan et al. 2015; Song et al. 2016).

Terdapat beberapa kajian yang dijalankan di Malaysia yang menekankan tentang komposisi PM₁₀ seperti ditunjukkan dalam Jadual 3. Fenomena jerebu khususnya daripada pembakaran bahan organik menunjukkan komposisi PM₁₀ kaya dengan elemen logam berat (Mohd Zahari & Nurul Afirah 2018; Norela et al. 2013). Kajian yang dijalankan oleh Murnira et al. (2015) dan Norhayati et al. (2008) menyatakan sumber komposisi PM₁₀ berasal daripada kerak bumi, pelepasan asap daripada kenderaan, pembakaran minyak, aktiviti kenderaan bermotor serta aktiviti manusia. Kepekatan nitrat yang berada dalam komposisi PM₁₀ disumbangkan daripada pengoksidaan oksida nitrogen daripada kenderaan bermotor (Mohd Talib et al. 2006).

Jadual 3. Komposisi PM₁₀ berdasarkan kajian lepas di Malaysia

Kajian	Kawasan	Komposisi PM ₁₀
Mohd Zahari & Nurul Afirah (2018)	Jengka	Logam berat (Fe, Cu, Zn, Mn, Pb, Cr dan Ni)
Murnira et al. (2015)	Seremban	Nitrat, sulfat, sodium dan logam berat (Al, Fe, Cu, Zn, Cr, Mn, Pb, Ni dan Cd)
Norela et al. (2013)	Petaling Jaya dan Melaka	Nitrat, sulfat, ammonium, kalsium dan logam berat (Fe, Zn, Mn, Pb, Cu dan Ni)
Norhayati et al. (2008)	Kuala Terengganu	Logam berat (Al, Fe, Cu, Zn, Mn, Pb, V, Cr, As, Ni, Cd, Cs, Sb, Sc, La, Sm, Th dan Eu)
Mohd Talib et al. (2006)	Kajang	Nitrat, sulfat, kalsium, magnesium dan logam berat (Fe, Zn, Pb, Cd dan Ni)

SUMBER PENCEMARAN PM₁₀

Peningkatan tahap konsentrasi PM₁₀ merupakan fenomena yang membimbangkan sekiranya tidak dikawal dengan baik. Terdapat banyak faktor yang menyumbang kepada peningkatan konsentrasi PM₁₀ yang berpunca daripada aktiviti manusia serta faktor semula jadi. Menurut laporan yang dikeluarkan oleh *United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization* (UNESCO) dan *World Health Organization* (WHO) pada tahun 2019, sebanyak 90 peratus penduduk dunia tinggal di kawasan yang mempunyai kualiti udara yang tidak menepati piawaian yang ditetapkan. Berdasarkan kajian yang dijalankan oleh Hazrul et al. (2018) tentang konsentrasi PM₁₀ di Johor mendapati bahawa kawasan perindustrian yang wujud di Larkin dan Pasir Gudang telah menunjukkan peningkatan konsentrasi PM₁₀ yang ketara dari tahun 2010 hingga tahun 2014. Konsentrasi PM₁₀ di Pasir Gudang mencecah sehingga 995 µg/m³ manakala kawasan Larkin menunjukkan konsentrasi harian PM₁₀ sebanyak 739 µg/m³ yang berpunca daripada kegiatan perindustrian.

Lim et al. (2008) turut bersetuju bahawa kawasan perindustrian mengakibatkan peningkatan konsentrasi PM₁₀. Kajian yang dijalankan oleh Mohd Hairry et al. (2016) mendapati bahawa kawasan perindustrian berasaskan batu kapur dan seramik menunjukkan peningkatan konsentrasi PM₁₀ sehingga mencecah 189.9 µg/m³ dalam bentuk habuk dan debu yang melebihi paras ditetapkan dalam Standard Kualiti Udara Ambien Malaysia (MAAQS) iaitu 100 µg/m³ sehari. Malahan, kewujudan kawasan perindustrian berasaskan arang batu turut meningkatkan kepekatan PM₁₀ melalui asap yang dilepaskan melalui pembakaran yang dijalankan di kilang-kilang yang beroperasi (Mohd Asrul et al. 2016; Song et al. 2016).

Pembangunan yang pesat menyumbang kepada pertumbuhan ekonomi negara, namun pembangunan secara berterusan tanpa mementingkan alam sekitar akan menjejaskan kualiti udara. Kajian yang dijalankan oleh Muhammad Azahar et al. (2016) di koridor pembangunan Iskandar Malaysia menunjukkan peningkatan PM_{10} dari tahun 2002 hingga tahun 2008. Sebagai koridor pembangunan yang pesat, Iskandar Malaysia telah menghadapi isu pencemaran udara yang berpunca daripada sumber-sumber antropogenik khususnya daripada tapak pembinaan serta kawasan komersial yang wujud. Kerja-kerja pembinaan bertujuan untuk pembangunan mengakibatkan peningkatan konsentrasi PM_{10} yang ketara disebabkan oleh habuk dan debu yang diterbangkan daripada tapak pembinaan (Jaramenko et al. 2017; Bouet et al. 2019).

Bukan itu sahaja, kajian yang dijalankan oleh Abdul Mujid et al. (2003) di Sungai Siput menyatakan aktiviti kuari mengakibatkan peningkatan terhadap konsentrasi PM_{10} . Aktiviti kuari berasaskan batu kapur yang wujud di kawasan Sungai Siput telah menyebabkan habuk dan debu (PM_{10}) diterbangkan hasil daripada proses letupan batu yang dijalankan. Situasi sedemikian telah memberikan impak yang signifikan kepada manusia kerana penduduk yang tinggal berhampiran dengan tapak kuari menunjukkan simptom respiratori iaitu batuk serta berkahak. Chang (2004) turut menyokong bahawa kegiatan kuari mengakibatkan peningkatan habuk dan debu PM_{10} dan seterusnya memberikan impak negatif kepada kualiti udara.

Selain itu, kesesakan lalu lintas turut mengakibatkan kemerosotan kualiti udara. Terdapat kajian tentang peningkatan konsentrasi PM_{10} yang berpunca daripada kesesakan lalu lintas di bandar Kajang, Selangor yang dijalankan oleh Mohd Talib et al. (2006). Hasil daripada kajian yang dijalankan, sumber PM_{10} terhasil daripada pembakaran dalam enjin dan debu tanah yang berterbangan akibat daripada kesesakan lalu lintas yang berlaku. Kesesakan lalu lintas serta bilangan kenderaan yang tinggi merupakan salah satu punca peningkatan konsentrasi PM_{10} akibat daripada habuk dan debu yang diterbangkan daripada jalan raya (Rodriguez et al. 2004; Maryam et al. 2015; Ahmad Fauzi et al. 2018).

Di samping itu, konsentrasi PM_{10} bukan sahaja disumbangkan daripada faktor-faktor antropogenik, namun konsentrasi PM_{10} turut meningkat akibat daripada faktor jerebu daripada negara jiran seperti Indonesia. Jerebu yang terhasil daripada pembakaran hutan di kepulauan Sumatera, Indonesia merentasi sempadan Malaysia melalui Selat Melaka dan secara tidak langsung menghasilkan zarah terampai yang tinggi (Norela et al. 2013). Berdasarkan kajian yang dijalankan oleh Mastura dan Iza (2010) sewaktu peristiwa jerebu yang berlaku di negara jiran pada tahun 2005 mendapati bahawa konsentrasi harian PM_{10} yang tertinggi dicatatkan pada bulan Februari iaitu sebanyak $163 \mu\text{g}/\text{m}^3$ di Bukit Rambai, Melaka. Mohd Talib et al. (2018) turut menyatakan bahawa aktiviti pembakaran tanah gambut juga boleh menyebabkan konsentrasi PM_{10} berada dalam julat 778 hingga $3444 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Walau bagaimanapun, parameter meteorologi dan bentuk muka bumi turut mempengaruhi konsentrasi PM_{10} di sesebuah kawasan. Papanastasiou et al. (2007) menegaskan bahawa kawasan yang berbukit bukau serta dipengaruhi dengan halaju angin yang rendah mempunyai konsentrasi PM_{10} yang tinggi. Kajian yang dijalankan oleh Arnis et al. (2018) di Lembah Klang mendapati bahawa keadaan suhu yang tinggi akan menyebabkan konsentrasi PM_{10} meningkat di sesebuah kawasan. Situasi sedemikian turut disokong oleh Siti Zawiyah et al. (2010) yang menyatakan bahawa suhu mempunyai hubungan yang signifikan terhadap konsentrasi PM_{10} . Liew et al. (2011) turut menyatakan cuaca yang panas semasa monsun barat daya akan mengakibatkan peningkatan konsentrasi PM_{10} .

KESIMPULAN

Secara kesimpulannya, artikel ini membincangkan tentang sumber-sumber pencemaran PM_{10} di Malaysia. Berdasarkan daripada hasil pembacaan dan kajian-kajian literatur terdahulu, dapat dirumuskan bahawa terdapat banyak faktor yang menyumbang kepada peningkatan konsentrasi PM_{10} serta terdapat impak negatif akibat daripada kehadiran PM_{10} . Faktor tersebut terbahagi kepada faktor kegiatan manusia dan faktor semula jadi. Kegiatan manusia seperti perindustrian dan aktiviti

kuari menjadikan kepekatan PM₁₀ meningkat dan secara tidak langsung menyebabkan gangguan terhadap kesejahteraan atmosfera. Faktor-faktor semula jadi seperti jerebu yang terhasil daripada kebakaran hutan turut menjadi penyumbang kepada peningkatan konsentrasi PM₁₀.

RUJUKAN

- Abdul Mujid, A., Zailina, H., Juliana, J., & Shamsul Bahri, M.T. 2003. Partikel ternafas (PM₁₀) dan hubungannya dengan sistem respiratori di kalangan kanak-kanak sekolah, di Sungai Siput Utara, Perak. *Malaysian Journal of Public Health Medicine* 3(2): 23-32.
- Ahmad Fauzi Rafee, Hazrul Abdul Hamid, Radin Maya Saphira Radin Mohamed, Muhammad Ismail Jaffar. 2018. Time series analysis of PM₁₀ concentration in Parit Raja residential area. *International Journal of Engineering & Technology* 7(3): 15-21.
- Alastuey, A., Querol, X., Rodriguez, S., Plana, F., Lopez-Soler, A., Ruiz, C., & Mantilla, E. 2000). Monitoring of atmospheric particulate matter around sources of secondary inorganic aerosol. *Atmospheric Environment* 2004: 4979-4992.
- Anand, V., Korhale, N., Rathod, A., & Beig, G. 2019. On processes controlling fine particulate matters in four Indian megacities. *Environmental Pollution* 254: 1-5.
- Atash, F. 2007. The deterioration of urban environments in developing countries: Mitigating the air pollution crisis in Tehran, Iran. *Cities* 24(6): 399-409.
- Arnis Ahmat, Siti Norhayati Mohammad Tarmizi & Nur Hidayah Zakaria. 2018. Seasoanal particulate matter PM₁₀ concentration in Klang Valley, Malaysia. *International Journal of Engineering and Technology* 7(11): 162-167.
- Boogaard, H., Montagne, D. R., Brandenburg, A. P., Meliefste, K., & Hoek, G. 2010. Comparison of short-term exposure to particle number, PM₁₀ and soot concentrations on three (sub) urban locations. *Science of the Total Environment* 408(20): 4403-4411.
- Bouet, C., Mohamed Taeib, L., Rajot, J. L., Bergametti, G., Marticorena, B., Tureaux, T. H., Ltifi, M., Sekrafi, S., & Feron, A. 2019. Impact of desert dust in air quality: What is the meaningfulness of daily PM standards in region close to the sources? The example of Southern Tunisia. *Atmosphere* 10(8): 1-22.
- Chang, T. C. 2004. Assesment of influential range and characteristics of fugitive dust in limestone extraxtrion processes. *Journal of the Air & Waste Management Association* 5(2): 141-148.
- Hazrul Abdul Hamid, Muhamad Hanafi Rahmat & Siti Aisyah Sapani. 2018. The classification on PM₁₀ concentratios in Johor based on seasonal monsoon. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* 140: 1-9.
- Jabatan Alam Sekitar. 2015. *Laporan Kualiti Alam Sekeliling Malaysia 2015*. Putrajaya: Kementerian Sumber Asli & Alam Sekitar.
- Jaremenko, S. A., Garmonov, K. V., & Sheps, R. A. 2017. Research of air pollution by dust aerosols during construction. *Materials Science and Engineering* 262(1): 1-6.
- Liew Juneng, Mohd Talib Latif, & Fredolin Tanggang. 2011. Factors influencing the variations of PM₁₀ aerosol dust in Klang Valley, Malaysia during the summer. *Atmospheric Environment* 45(26): 4370-4378.
- Lim, Y. S., Lim, Y. C., & Pauline, M. J. W. 2008. ARIMA and integrated AFRIMA model for forecasting air pollution index in Shah Alam, Selangor. *The Malaysian Journal of Analytical Sciences* 12(1): 258-263.
- Maryam, Z., Rafiqah Azirah, M. R., Noor Faizul Hadry, N., Mohd Shukri, M. A., & Norhidayah, A. 2015. Indoor microbial contamination through water mist aerosol at public restaurants. *Jurnal Teknologi* 77(24): 45-50.
- Masitah Alias, Zaini Hamzah, Lee See Kenn. 2007. PM₁₀ and total suspended particulates (TSP) measurements in various power stations. *The Malaysian Journal of Analytical Sciences* 11(1): 255-261.
- Mastura Mahmud & Iza Hadila Ab Llah. 2010. Pencemaran udara di Bukit Rambai, Melaka sewaktu peristiwa jerebu. *Geografia: Malaysian Journal of Society and Space* 6(3): 30-39.
- Mohd Asrul Jamalani, Ahmad Makmom Abdullah, Azman Azid, Mohammad Firuz Ramli, Mohd Rafee Baharuddin, Mahmud Mohammed Bose, Rashieda Elawad Elhadi, Khaleed Ali Ahmed Ben Youssef, Azadeh Gnadimzadeh, & Danladi Yusuf Gumel. 2016. Monthly analysis of

- PM10 in ambient air of Klang Valley, Malaysia. *Malaysian Journal of Analytical Sciences* 20(5): 1159-1170.
- Mohd Hairry Ibrahim, Fauziah Che Leh, Mazlini Adnan, & Nur Kalsum Mohd Isa. 2016. Pencemaran habuk di Malaysia: Mengesan taburan konsentrasi PM10 di pusat bandar, sub bandar dan pinggir bandar di Ipoh, Perak. *GEOGRAFLA Malaysian Journal of Society and Space* 12(5): 104-114.
- Mohd Talib Latif, Doreena Dominick, Fatimah Ahamad, Md Firoz Khan, Liew Juneng, Firdaus Mohd Shahrul Mohd Nadzir. 2014. Long term assessment of air quality from a background station on the Malaysian Peninsula. *Science of the Total Environment* 482/483: 336-348.
- Mohd Talib Latif, Mohamed Rozali Othman & Zaharizam Johnny. 2006. Kajian kualiti udara di bandar Kajang, Selangor. *Malaysian Journal of Analytical Sciences* 10(2): 275-284.
- Mohd Talib Latif, Murnira Othman, Nurfathehah Idris, Liew Juneng, Ahmad Makmom Abdullah, Wan Portia Hamzah, Md Firoz Khan, Nik Meriam Nik Sulaiman, Jegalakshimi Jewaratnam, Nasrin Aghamohammadi, Mazrura Sahani, Chung Jing Xiang, Fatimah Ahamad, Norhaniza Amil, Mashitah Darus, Helena Varkkeyl, Fredolin Tangang, Abu Bakar Jaafar. 2018. Impact of regional haze towards air quality in Malaysia: A review. *Atmospheric Environment* 177: 28-44.
- Mohd Zahari Abdullah & Nurul Afirah Alias. 2018. Variation of PM10 and heavy metals concentration of sub-urban area caused by haze episode. *Malaysian Journal of Analytical Sciences* 22(3): 508 – 513.
- Muhammad Azahar Zikri Zahari, Mohd Rafee Majid, Siong, H. C., Kurata, G., & Nadhirah Nordin. 2016. An investigation of the relationship between land use composition and PM10 pollution in Iskandar Malaysia. *Journal of the Malaysian Institute of Planners* 4: 395-410.
- Murnira Othman, Mohd Talib Latif, & Ahmad Fariz Mohamed. 2015. The PM10 compositions, sources and health risks assessment in mechanically ventilated buildings in an urban environment. *Air Quality, Atmosphere & Health* 9(6): 597-612.
- Nor Ashikin Sopian, Juliana Jalaludin, Tengku Zatil Aleyya Tengku Mayusi, Mohd Talib Latif. 2020. Increased chromosomal damage among children in proximity to industrial zone. *Aerosol and Air Quality Research* 20(4): 945-955.
- Norela, S., Saidah, M. S., & Mahmud, M. 2013. Chemical composition of the haze in Malaysia 2005. *Atmospheric Environment* 77: 1005-1010.
- Norfazillah Ab Manan, Rozita Hod, Mazrura Sahani, Haniza Mohd Yusoff, Rosnah Ismail & Rozita Wan Mahiyuddin. 2016. The impact of air pollution and haze on hospital admissions for cardiovascular and respiratory diseases. *International Journal of Public Health Research* 6(1): 707-712.
- Norhayati Mohd Tahir, Poh Seng Chee, Suhaimi Hamzah, Khalik Wood, Shamsiah Abd Ramhan, Wee Bon Sion, Suhaimi Elias, & Nazaratul Ashifa Abdullah Salim. 2008. Analysis of PM10 in Kuala Terengganu by instrumental activation analysis. *Malaysian Journal of Analytical Sciences* 12(1): 187-194.
- Nur Adilla Che Samsuddin, Md Firoz Khan, Khairul Nizam Abdul Maulud, Ahmad Hazuan Hamid, Fahia Tarannum Munna, Muhammad Aizat Ab Rahim, Mohd Talib Latif, & Md, Akhtaruzzaman. 2018. Local and transboundary factors' impacts on trace gases and aerosol during haze episode in 2015 El Niño in Malaysia. *Science of the Total Environment* 630: 1502-1514.
- Papanastasiou, D. K., Melas, D., & Kioutsioukis, I. 2007. Development and assessment of neural network and multiple regression models in order to predict PM10 levels in a medium-sized Mediterranean city. *Water, Air and Soil Pollution* 182: 325-334.
- Rodriguez, S., Querol, X., Alastuey, A., Viana, M., Alarcon, M., Mantilla, E., & Ruiz, C. R. 2004. Comparative PM10–PM2.5 source contribution study at rural, urban and industrial sites during PM episodes in Eastern Spain. *Science of the Total Environment* 328(1): 95-113.
- Shamzani Affendy Mohd Din, Nik Nurul-Hidayah Nik Yahya, Norsyamimi Hanapi & Alias Abdullah. 2015. Coal-fired power plant airborne particles impact towards human health. *Jurnal Teknologi* 77(30): 19-24.
- Sham Sani. 1979. *Aspect of air pollution climatology in a tropical city*. Kuala Lumpur: Penerbit Universiti Malaya.

- Siti Nurhayati Mohammad Tarmizi, Arnis Ahmat & Suliza Mohd Sumari. 2014. Temporal and spatial PM10 concentration distribution using an inverse distance weighted method in Klang Valley, Malaysia. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* 18: 1-6.
- Siti Zawiyah Azmi, Mohd Talib Latif, Aida Shafawati Ismail, Liew Juneng, & Abdul Aziz Jemain. 2010. Trend and status of air quality at three different monitoring stations in the Klang Valley, Malaysia. *Air Quality, Atmosphere & Health* 3: 53-64.
- Sloss, L. L., & Smith, I. M. 2000. PM10 and PM2.5: An international perspective. *Fuel Processing Technology* 65-66: 127-14.
- Song, X., Yang, S., Shao, L., Fan, J., & Liu, Y. 2016. PM10 mass concentration, chemical composition, and sources in the typical coal-dominated industrial city of Pingdingshan, China. *Science of the Total Environment* 571: 1155-1163.
- Valencia, V. H., Hertel, O., Ketzel, M., & Levin, G. 2019. Modeling urban background air pollution in Quito, Ecuador. *Atmospheric Pollution Research* 11(4): 646-666.
- Whalley, J., & Zandi, S. 2016. Particulate Matter Sampling Techniques and Data Modelling Methods. *Air Quality - Measurement and Modeling* 29-54.
- Xiaoyan, S., Longyi, S., Shushen, Y., Riyang, S., Limei, S., & Shihong, C. 2015. Trace elements pollution and toxicity of airborne PM 10 in a coal industrial city. *Atmospheric Pollution Research* 6(3): 469-475.

Mohd Hashiq Hashim
Jabatan Geografi dan Alam Sekitar
Fakulti Sains Kemanusiaan
Universiti Pendidikan Sultan Idris
35900 Tanjong Malim, Perak.
Email: hairy@fsk.upsi.edu.my

Mohd Hairy Ibrahim (Ph. D) *Corresponding Author*.
Associate Professor
Jabatan Geografi dan Alam Sekitar
Fakulti Sains Kemanusiaan
Universiti Pendidikan Sultan Idris
35900 Tanjong Malim, Perak.
Email: hairy@fsk.upsi.edu.my

Mohamad Ihsan Muhamad Ismail
Kementerian Pendidikan Malaysia.

Nor Kalsum Mohd Isa (Ph. D)
Associate Professor
Jabatan Geografi dan Alam Sekitar
Fakulti Sains Kemanusiaan
Universiti Pendidikan Sultan Idris
35900 Tanjong Malim, Perak.
Email: norkalsum@fsk.upsi.edu.my

Sharif Shofiru Sharif Ali
College of Law
Government and International Studies
Universiti Utara Malaysia
06010 UUM Sintok
Kedah Darul Aman.

Mohd Hishamudin Che Omar
Kementerian Pendidikan Malaysia.

Received : 22 August 2020
Accepted : 7 September 2020
Published : 31 December 2020