

APLIKASI KERANGKA KONSEPTUAL *DPSIR USEPA* BAGI PENCEMARAN UDARA BANDAR DARIPADA KENDERAAN BERMOTOR: KAJIAN KES KUALA LUMPUR, MALAYSIA

*(Application of the Conceptual Framework of *DPSIR USEPA* for Urban Air Pollution from
Motor Vehicles: Case Study in Kuala Lumpur, Malaysia)*

Siti Haslina Mohd Shafie & Mastura Mahmud

ABSTRAK

Pencemaran udara di Kuala Lumpur berpunca daripada kenderaan bermotor sehingga membahayakan kesihatan manusia dan kemerosotan kualiti udara. Pendekatan secara holistik dan komprehensif perlu diperkenalkan bertujuan bagi memahami dengan mendalam pengaruh, impak dan pengurusan dalam menangani isu tersebut. Kerangka konseptual *Driver-Pressure-State-Impact-Response* (*DPSIR*) oleh *United State Environmental Protection Agency* (*USEPA*) yang bersifat menyeluruh dan sistematik diaplikasi bertujuan untuk mengkaji hubungan antara aspek persekitaran fizikal dan manusia dalam mempengaruhi pencemaran udara bandar. Rekod daripada Jabatan Alam Sekitar membuktikan bahawa kenderaan bermotor dikenalpasti sebagai sumber utama bahan pencemar yang dibebaskan daripada peningkatan jumlah kenderaan bermotor yang berdaftar di Kuala Lumpur. Kuala Lumpur mencatatkan jumlah keseluruhan kenderaan berdaftar iaitu 4,963,646 unit pada 2011 dan pernah mengalami kualiti udara tidak sihat terutama zarah terampai (PM_{10}) yang mencatatkan purata 24 jam yang melebihi Garis Panduan Kualiti Udara Ambien Malaysia (*RMAQG*) iaitu sebanyak $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$ pada tahun 2014 daripada pelbagai sumber tempatan dan jerebu rentas sempadan. Kemerosotan kualiti udara secara langsung mengakibatkan masalah pernafasan dan penyakit akut yang serius dalam kalangan penduduk Kuala Lumpur. Aplikasi kerangka konseptual *DPSIR* sangat penting kepada pihak pembuat dasar dan keputusan dalam usaha pengawalan dan pengurangan impak negatif pencemaran trafik melalui pelaksanaan pelbagai langkah dan implementasi strategi untuk mewujudkan persekitaran mampan pada masa akan datang.

Kata kunci: Pencemaran udara bandar, kenderaan bermotor, kerangka konseptual *Driver-Pressure-State-Impact-Response* (*DPSIR*), persekitaran fizikal, Kuala Lumpur

ABSTRACT

Urban air pollution in Kuala Lumpur caused by motor vehicles affects human health and deteriorates the air quality. Thus, holistic and comprehensive approaches need to be introduced with the aim of understanding the causes, impacts and management of the issue. The *Driver-Pressure-State-Impact-Response* (*DPSIR*) conceptual framework by the United States Environmental Protection Agency (*USEPA*) is a comprehensive and systematic framework that can relate between the environmental and human aspects that result in the serious urban traffic pollution. Records from the Department of Environment provided proof that motor vehicles as the main source of air pollutants from the increased number of

registered vehicles in Kuala Lumpur. The total registered motor vehicles in Kuala Lumpur of 4,963,646 units in 2011 had caused Kuala Lumpur to experience unhealthy air quality levels, especially when the particulate matter (PM₁₀) concentration for an average within 24 hours exceeded the Malaysian Ambient Air Quality Guidelines (RMAQG) of 150 µg/m³ in 2014 due to various sources including local and transboundary haze. The air quality deterioration significantly affected the respiratory and cause acute health problems among the population of Kuala Lumpur. The application of the DPSIR conceptual framework is important to policy and decision-makers in an effort to control and mitigate the negative impact of traffic pollution through the various implementations of strategies for a sustainable environment in the future.

Keywords: Urban air pollution, motor vehicles, the Driver-Pressure-State-Impact-Response (DPSIR) conceptual framework, physical environment, Kuala Lumpur

PENGENALAN

Pencemaran udara bandar daripada kenderaan bermotor berlaku di Kuala Lumpur dikesan berpunca daripada gabungan dua aspek persekitaran iaitu persekitaran fizikal dan sosial. Persekitaran fizikal merangkumi beberapa komponen penting iaitu kenderaan bermotor, ciri-ciri serta kualiti penggunaan bahan bakar dalam proses pergerakan kenderaan dan pengaruh pemandaran sesuatu kawasan. Kenderaan bermotor secara langsung mengeluarkan emisi pencemar iaitu karbon monoksida (CO), hidrokarbon (HC), nitrogen dioksida (NO₂), sulfur dioksida (SO₂) dan partikel zarah terampai berdiameter kurang daripada 10 mikron (PM₁₀) yang terhasil daripada aktiviti pembakaran dalam enjin kenderaan bagi tujuan pergerakan (Ong et al., 2011; Mohd Shafie & Mahmud, 2015a & 2015b). Kajian daripada Siti Zawiyah et al. (2010) menunjukkan bahawa masalah pencemaran udara bandar di Semenanjung Malaysia berlaku di kawasan bandar yang pesat disebabkan oleh pembebasan bahan pencemar PM₁₀, debu dan habuk direkodkan tinggi di sepanjang jalan raya yang sesak. Malah, Awang et al. (2000) turut menyokong dengan menyatakan bahawa punca utama pencemar adalah daripada kenderaan bermotor dan trafik dengan mencatatkan lebih daripada 70 peratus pengeluaran bahan pencemar daripada keseluruhan pengeluaran di bandar sehingga mengakibatkan kepekatan CO, SO₂, NO_x dan PM₁₀ yang tinggi. Keadaan ini berlaku kesan daripada peningkatan jumlah kenderaan bermotor di bandar utama serta aliran keluar masuk kenderaan bermotor ke Lembah Klang sehingga meningkatkan pengeluaran bahan pencemar (Latif et al. 2011).

Selain itu, Latif et al. (2011) juga merumuskan bahawa faktor penggunaan tenaga pengeluaran dan pembebasan bahan pencemar udara daripada pelbagai punca pencemar dikenalpasti sebagai komponen utama kepada masalah pencemaran udara bandar melalui peningkatan jumlah pengeluaran bahan pencemar yang tinggi. Keadaan ini dibuktikan dengan jumlah pengeluaran bahan pencemar mengikut punca dianggarkan sebanyak 70 hingga 75 peratus, 20 hingga 25 peratus dan 3 hingga 5 peratus pengeluaran bahan pencemar masing-masing daripada kenderaan bermotor, aktiviti jana kuasa dan industri serta pembakaran terbuka daripada keseluruhan punca pencemaran udara (Yahya et al. 2006).

Kajian daripada Ahmad Shuhaili et al. (2013) dan disokong oleh laporan daripada Jabatan Pengangkutan Jalan JPJ (2010) mendapati bahawa Selangor yang mempunyai keluasan hanya 8,103 km persegi, namun telah merekodkan lebih daripada satu juta kenderaan bermotor yang berdaftar sehingga mengakibatkan masalah kesesakan lalu lintas yang teruk kesan daripada kepadatan kawasan bagi menampung jumlah penduduk serta aktiviti trafik yang aktif. Malah,

purata bagi setiap individu dan unit kenderaan dicatatkan sebanyak 2.95 unit berdasarkan kepada jumlah penduduk Malaysia sebanyak 28,725 juta orang. Daripada jumlah keseluruhan jenis kenderaan mendapati bahawa motosikal diklasifikasikan sebagai penyumbang kedua tertinggi bahan pencemar trafik bandar iaitu sebanyak lima juta unit didaftarkan di Malaysia yang melibatkan golongan pertengahan yang berpendapatan rendah berbanding motokar.

Daripada segi kepekatan bahan pencemar dalam udara pula menunjukkan bahawa tren purata 24 jam kepekatan PM10, CO, NO2 dan O3 maksimum masing-masing dicatatkan di Klang, Petaling Jaya dan Shah Alam dari tahun 2007 hingga 2011 (Siti Rahmah et al. 2015). Keadaan ini membuktikan bahawa punca utama pencemaran udara adalah emisi yang dikeluarkan daripada kenderaan bermotor di kawasan berkepadatan penduduk yang tinggi (Dominick et al. 2013). Malah, Ahmad et al. (2014) turut menyokong dengan menyatakan bahawa tren dan corak kepekatan O3 di Lembah Klang sangat dipengaruhi oleh emisi pencemar tempatan dan ciri-ciri serakan yang berlaku dalam atmosfera. Selain bahan pencemar kriteria, PAH dan aerosol turut dikenalpasti sebagai pengaruh penting kepada masalah pencemaran udara bandar daripada kenderaan bermotor dan aktiviti trafik yang tinggi (Wahid et al. 2014; Ahmad Jamhari et al. 2014).

Persekitaran sosial pula terbahagi kepada pengaruh penduduk dan komuniti setempat dalam mewujudkan masalah pencemaran trafik yang serius sehingga memberi impak negatif terhadap kesihatan individu khususnya. Umumnya, pencemaran trafik bandar memberi pelbagai impak negatif kepada beberapa aspek iaitu kesihatan individu, sektor pertanian, ekosistem, tumbuhan dan vegetasi, bangunan serta binaan dan penglihatan manusia. Malah, keadaan ini diburukkan lagi dengan tahap keterdedahan individu terutama di sepanjang jalan raya bandar utama yang menjadi tumpuan petempatan majoriti penduduk. Peningkatan tahap keterdedahan individu terhadap emisi pencemar yang dikeluarkan oleh kenderaan bermotor dipengaruhi oleh kadar intensiti dan kekerapan aliran trafik yang maksimum terutama pada waktu puncak di pusat bandar. Kajian daripada Kementerian Kesihatan Malaysia (KKM) menunjukkan bahawa penyakit berkaitan sistem pernafasan merupakan salah satu penyebab utama kepada kes kemasukan individu ke hospital yang mencatatkan sebanyak 10.35 peratus pada tahun 2011 selain punca utama kepada kes kematian iaitu sebanyak 19.48 peratus (KKM 2012). Oleh hal yang demikian, pencemaran trafik bandar di Kuala Lumpur merupakan isu persekitaran yang serius dan perlu diberi perhatian serta fokus utama kerana impak yang wujud merangkumi persekitaran fizikal iaitu kemerosotan kualiti udara bandar sehingga mengakibatkan perubahan iklim global berlaku, manakala persekitaran sosial pula menegakibatkan kewujudan pelbagai jenis penyakit berbahaya kepada individu khususnya. Justeru, pembentukan polisi dan akta yang berkaitan selain pelaksanaan langkah serta strategi yang memfokuskan kepada masalah pencemaran trafik dan kualiti udara perlu dilakukan secara bersepadu dan efektif oleh pihak kerajaan dan pembuat keputusan.

PEMBENTUKAN KERANGKA KONSEPTUAL *DRIVER, PRESSURE, STATE, IMPACT* DAN *RESPONSE (DPSIR USEPA)*

Masalah pencemaran trafik bandar yang berlaku di Malaysia berpunca daripada gabungan antara faktor manusia dan persekitaran. Faktor manusia melibatkan pengaruh dan penglibatan penduduk serta komuniti setempat dalam mewujudkan masalah pencemaran trafik yang serius sehingga memberi impak negatif terhadap kesihatan individu. Faktor persekitaran pula merangkumi beberapa aspek fizikal yang penting iaitu kenderaan bermotor, pengaruh pemandaran dan guna tanah. Oleh hal yang demikian, pencemaran trafik bandar di Malaysia dikenalpasti sebagai isu persekitaran yang serius dan perlu diberi perhatian serta fokus utama

oleh pelbagai pihak. Hal ini kerana impak yang terhasil mengakibatkan gangguan dan kemerosotan kepada kualiti udara persekitaran sehingga menyebabkan perubahan iklim berlaku dalam skala global selain kewujudan pelbagai penyakit berbahaya kepada penduduk setempat. Justeru, pembentukan akta dan polisi perlu diberi penekanan selain pelaksanaan pelbagai langkah serta strategi oleh pihak kerajaan dan pembuat keputusan bertujuan untuk mengawal serta mengatasi kesan negatif secara bersepadu dan efektif.

Pembentukan kerangka konseptual yang bersifat menyeluruh, sistematik dan tepat dilakukan bertujuan untuk mengesan serta menilai hubungan antara faktor kewujudan pencemaran trafik, impak pencemaran trafik terhadap manusia dan persekitaran serta pelaksanaan dan implimntasi strategi bagi mengurangkan impak negatif tersebut. Implementasi kerangka konseptual DPSIR di Malaysia dalam aspek pengurusan dan kelestarian alam sekitar masih kurang ditekankan oleh pihak kerajaan dan berkuasa tempatan. Keadaan ini dibuktikan oleh hanya beberapa kajian yang memfokuskan kepada aplikasi kerangka DPSIR dalam menyelesaikan masalah alam sekitar yang kompleks. Antaranya, Århem (2011) mengenal pasti dan menghuraikan mengenai pelbagai kesan alam sekitar yang wujud daripada industri pengeluaran minyak kelapa sawit di Malaysia terutama perubahan guna tanah daripada hutan kepada penanaman kelapa sawit. Impaknya mengakibatkan pelupusan biodiversiti, kemerosotan tanah, pencemaran air dan pelepasan gas rumah hijau semasa aktiviti pembersihan tanah. Selain itu, Sarmin et al. (2016) mengkaji impak penebangan hutan paya bakau di Johor disebabkan oleh faktor utama iaitu perubahan guna tanah selain beberapa faktor sosioekonomi seperti pertumbuhan dan kepadatan penduduk. Penggunaan kerangka DPSIR dalam kajian tersebut berfungsi dalam mengenal pasti, menganalisis dan menilai kesan alam sekitar yang berlaku dengan kompleks sehingga mengakibatkan kemerosotan kualiti persekitaran. Sazrina et al. (2010) juga menggunakan kerangka DPSIR dalam aspek governan proses pengestrakkan air mineral yang mampan di Malaysia yang akhirnya membangunkan polisi sumber air bawah tanah yang lestari. Di samping itu, Shafie et al. (2018) menganalisis implementasi kerangka DPSIR untuk menyokong Penilaian Impak Persekitaran (EIA) tapak pelupusan sanitasi di Kuala Langat, Selangor, Malaysia. Kajian ini memfokuskan kepada penilaian alam sekitar dan kesihatan di kawasan tapak pelupusan sanitasi yang merangkumi indeks risiko alam sekitar dan pendekatan analisis kitaran hayat (LCA). Daripada beberapa kajian tersebut mendapati bahawa penggunaan kerangka DPSIR di Malaysia hanya memfokuskan kepada masalah persekitaran daripada aktiviti industri. Oleh hal yang demikian, kerangka konseptual *Driver-Pressure-State-Impact-Response* (DPSIR) memberi penekanan kepada aspek pencemaran udara bandar daripada kenderaan bermotor di Kuala Lumpur. DPSIR merupakan kerangka konseptual yang fleksibel dan menyeluruh berfungsi sebagai kaedah dalam penyediaan dan pembentukan pembuatan sesuatu keputusan. DPSIR dibangunkan oleh *Organisation for Economic Co-operation and Development* (OECD) pada 1994 dan telah digunapakai oleh Kesatuan Eropah bagi menghubungkan serta mengaitkan aktiviti manusia atau antropogenik dalam mempengaruhi persekitaran. Aplikasi DPSIR digunakan dalam aspek pengurusan sumber air, pengurusan lembangan sungai, sistem marin, persekitaran pertanian, pembangunan mampan, pencemaran udara, perubahan iklim, biodiversiti dan spesis.

Komponen Drivers

Melalui kerangka DPSIR terdapat lima komponen utama dan penting yang berfungsi dalam menghubungkan proses pencemaran trafik yang berlaku, impak yang dihadapi oleh manusia dan persekitaran serta implementasi langkah pengurangan. Antaranya, komponen *Drivers*

iaitu faktor manusia merupakan penyebab dan punca utama kepada kewujudan masalah pencemaran trafik yang serius merangkumi aspek sosial, demografi, pembangunan ekonomi dalam komuniti, perubahan gaya hidup dan faktor pola penggunaan dan pengeluaran. Malah, *Drivers* dikenalpasti sebagai faktor sosioekonomi yang berfungsi dalam memenuhi keperluan manusia dalam skala setempat dan global.

Masalah pencemaran trafik yang serius di Malaysia dan Kuala Lumpur khususnya adalah berpunca daripada peningkatan jumlah pendaftaran kenderaan bermotor yang maksima. Keadaan ini dibuktikan melalui statistik yang dikeluarkan oleh Jabatan Pengangkutan Jalan (JPJ) menunjukkan trend peningkatan berterusan jumlah kenderaan bermotor yang berdaftar di Malaysia adalah 4,335,863 unit kepada 28,224,407 unit, iaitu peningkatan sebanyak 8.16 peratus dari tahun 2003 hingga 2017 (JPJ 2017). Daripada keseluruhan jumlah tersebut mendapati bahawa kenderaan persendirian iaitu kenderaan penumpang dan motosikal merupakan kelas kenderaan dominan di Malaysia. Motosikal mencatatkan jumlah kenderaan berdaftar lebih tinggi daripada kenderaan penumpang iaitu masing-masing 9,441,907 unit berbanding 9,114,920 unit pada 2010 hingga 2013. Namun begitu, keadaan berbeza pada tahun 2014 hingga 2016 yang merekodkan kenderaan penumpang yang berdaftar melebihi motosikal masing-masing 8,843,234 unit dan 9,621,436 unit berbanding 6,713,694 unit dan 6,812,206 unit (JAS 2010 hingga 2016). Keadaan ini berpunca daripada faktor kepesatan ekonomi yang berlaku dalam negara melalui jumlah Keluaran Dalam Negara Kasar (KDNK) yang mencatatkan pertumbuhan berterusan selari dengan jumlah kenderaan bermotor yang berdaftar. Impaknya, keperluan individu terhadap kenderaan penumpang secara langsung menjadi tinggi bertujuan bagi memenuhi tuntutan perjalanan harian dalam mendapatkan barang serta perkhidmatan.

Kuala Lumpur mencatatkan jumlah keseluruhan kenderaan yang berdaftar tertinggi iaitu sebanyak 4,963,646 unit pada 2011 berbanding negeri lain dan negeri utama yang mencatatkan kenderaan penumpang berdaftar paling banyak iaitu 3,093,778 unit pada 2011. Kesannya, Kuala Lumpur merekodkan jumlah kepadatan kenderaan paling maksimum iaitu 20,427 unit bagi keluasan hanya 243 km persegi dan kenderaan penumpang pula mencatatkan sebanyak 12732 unit bagi keluasan yang sama pada 2011 (JPJ 2011). Keadaan ini secara langsung mengakibatkan masalah kesesakan trafik yang serius terutama di pusat bandar Kuala Lumpur. Kesesakan trafik berpunca daripada kepadatan kenderaan yang tinggi menyebabkan gangguan kepada aliran trafik. Rekod daripada Jabatan Kerja Raya Malaysia (JKR) menunjukkan purata kelajuan trafik tertinggi di Kuala Lumpur melibatkan beberapa bandar utama iaitu Bukit Bintang, Wangsa Maju, Batu, Kepong, Titiwangsa, Setiawangsa Segambut, Lembah Pantai, Seputeh, Bandar Tun Razak dan Cheras (Ali et al. 2018).

Terdapat perbezaan ketara purata kesesakan trafik antara waktu bekerja dan hujung minggu yang dibuktikan dengan peningkatan purata kelajuan trafik direkodkan pada waktu bekerja berbanding hujung minggu yang hanya mencatatkan purata kelajuan trafik antara 44 hingga 49 km/jam. Penurunan kelajuan trafik kenderaan berlaku disebabkan oleh kebanyakan orang kurang menjalankan aktiviti mobilisasi yang aktif pada hujung minggu berbanding waktu bekerja. Malah, waktu bekerja merupakan tempoh masa penting terutama kepada operasi aktiviti perniagaan dan perkhidmatan yang dijalankan di Kuala Lumpur. Beberapa bandar utama di Kuala Lumpur menunjukkan keadaan trafik yang sesak iaitu Sentul, Pudu, Kampung baru, Seksyen 10, Bangsar, *China Town* dan Starhill dan Bangsar dengan purata kelajuan kenderaan antara 26 hingga 34 km/jam (Ali et al. 2018).

Selain itu, faktor pembandaran turut mempengaruhi dan mengakibatkan pencemaran trafik berlaku dengan serius di Kuala Lumpur. Pertumbuhan penduduk, keaktifan aktiviti industri dan ekonomi yang tertumpu di Kuala Lumpur secara langsung mengakibatkan

perluasan kawasan bandar yang pesat. Pertumbuhan bandar dicirikan sebagai peningkatan signifikan kawasan bandar yang membangun di kawasan hijau dan lapang seperti bangunan, konkrit, perumahan, industri, ruang pengangkutan dan komersial (Boori & Vozenilek 2014). Perluasan guna tanah bandar di Kuala Lumpur ditunjukkan melalui peningkatan kawasan bandar daripada 456.99 km persegi pada 1989 dan terus meningkat mencapai 1663.23 km persegi pada 2014. Keadaan ini membuktikan bahawa ketumpatan pusat bandar berlaku dengan serius dengan mencatatkan lebih daripada 90 peratus sepanjang tiga dekad tersebut. Perubahan langkap perkembangan dan perluasan bandar di Kuala Lumpur dipengaruhi faktor geografi dan sosioekonomi iaitu pertumbuhan penduduk, pelaksanaan polisi dan pembangunan ekonomi yang pesat (Boori et al. 2015). Keadaan ini secara langsung mewujudkan fenomena pembandaran tepu sehingga mencapai 100 peratus di Kuala Lumpur pada 2010 (Perangkaan Malaysia 2011).

Komponen Pressure

Gabungan faktor kenderaan bermotor, kesesakan trafik dan pembandaran yang pesat di Kuala Lumpur secara langsung mengakibatkan pengeluaran emisi pencemar secara signifikan menjadi tinggi yang diwakili oleh komponen *Pressure*. Pengeluaran emisi pencemar daripada kenderaan bermotor iaitu CO, hidrokarbon (HC), NO₂, SO₂ dan PM₁₀ secara langsung menunjukkan trend peningkatan setiap tahun dari tahun 2002 hingga 2017. Daripada keseluruhan bahan pencemar tersebut mendapati bahawa CO diklasifikasikan sebagai pencemar utama yang dominan dikeluarkan oleh kenderaan bermotor di Malaysia iaitu 130,795 tan metrik pada 2002 dan meningkat mencapai 1,995,256 tan metrik pada 2017 (JAS 2003, 2004, 2005, 2006, 2007, 2008, 2009, 2010, 2011, 2012, 2013, 2014, 2015, 2016 & 2017). Keadaan ini mengakibatkan udara tercemar dan kotor dalam skala setempat dan meningkatkan risiko tahap keterdedahan penduduk terhadap emisi pencemar sehingga membahayakan kesihatan manusia (JAS 2017). Pengeluaran emisi yang tinggi dikesan berpunca daripada penggunaan bahan bakar oleh kenderaan persendirian iaitu kenderaan penumpang dan motosikal. Statistik daripada laporan *Malaysia Energy Statistics Handbook* (2017) mencatatkan trend peningkatan yang didominasi oleh diesel iaitu daripada 2,368 *ktoe* kepada 9,167 *ktoe* dari 1980 hingga 2008 dan petrol pula mencatatkan peningkatan dari 2012 hingga 2015 daripada 10,843 *ktoe* dan mencecah 12,804 *ktoe* di Malaysia (STM 2017).

Namun begitu, keadaan berbeza direkodkan oleh petrol dengan jumlah yang tinggi iaitu 8,634 *ktoe* pada 2009 meningkat kepada 12,804 *ktoe* pada 2015 melebihi diesel. Sektor pengangkutan menunjukkan trend peningkatan dalam penggunaan bahan bakar iaitu daripada 16,395 *ktoe* pada 2008 dan mencapai 23,435 *ktoe* pada 2015 berbanding sektor industri (STM 2017). Oleh hal yang demikian, peningkatan jumlah kenderaan bermotor yang direkodkan setiap tahun secara langsung membebaskan kuantiti emisi pencemar yang tinggi di Malaysia.

Komponen State

Emisi pencemar iaitu CO, NO₂, NO_x, SO₂, PM₁₀, HC dan VOC yang dibebaskan oleh kenderaan bermotor mempengaruhi secara langsung kepekatan pencemar dalam persekitaran ambien selain punca pencemar tetap dan pembakaran terbuka. Keadaan ini seterusnya mengakibatkan kemerosotan kualiti udara dalam skala spatial dan reruang dan mewujudkan fenomena jerebu, pemanasan global dan perubahan iklim. Perubahan fungsi dan kualiti ekosistem tersebut secara signifikan memberi impak negatif kepada kehidupan manusia yang diwakili oleh komponen *State*. Proses dalam sesebuah ekosistem memberi pengaruh langsung

dan tidak langsung kepada kepentingan sosial atau ekonomi melalui penyediaan sumber air dan makanan, pengawalan kualiti udara, air dan penyakit serta proses sokongan tidak langsung bertujuan untuk pengekalan ekosistem.

Pengeluaran emisi yang tinggi oleh kenderaan bermotor secara langsung menyebabkan pencemaran trafik berlaku dengan serius yang seterusnya mengakibatkan kemerosotan kualiti udara bandar di Kuala Lumpur. Kemerosotan kualiti udara bandar berlaku dikesan daripada peningkatan kepekatan pencemar dalam persekitaran ambien bandar. Status kualiti udara di Kuala Lumpur dikesan melalui Indeks Pencemar Udara (IPU) yang dicerap serta direkodkan di stesen Cheras oleh Jabatan Alam Sekitar (JAS) berdasarkan pengiraan lima bahan pencemar kriteria iaitu CO, NO₂, SO₂, PM₁₀ dan O₃.

Secara keseluruhannya, Kuala Lumpur mengalami kualiti udara pada status tidak sihat iaitu melebihi indeks 100 hingga 200 dari tahun 1998 hingga 2014. Keadaan ini dibuktikan dengan indeks IPU paling tinggi dicatatkan pada tahun 2005 iaitu mencapai 390 ekoran daripada fenomena jerebu rentas sempadan impak daripada aktiviti pembakaran tanah dan hutan di Sumatera Tengah dan Kalimantan Barat, Indonesia (Sulaiman et al. 2013). Episod jerebu rentas sempadan daripada kebakaran tanah gambut di Indonesia (Fujii et al. 2016) bertambah buruk pada 14 Mac 2014 yang merekodkan indeks IPU pada paras berbahaya dengan mencatatkan indeks melebihi 300 di dua kawasan iaitu Pelabuhan Klang dan Banting, Selangor. Keadaan ini dikesan berpunca daripada musim panas dan kering yang dialami semasa fasa akhir monsun timur laut iaitu Februari hingga Mac dan monsun barat daya antara Mei hingga September (JAS 2010, 2011, 2012, 2013 dan 2014).

Selain itu, kualiti udara juga ditentukan oleh tahap purata kepekatan pencemar dalam persekitaran ambien. Keadaan ini dibuktikan oleh PM₁₀ yang mencatatkan purata 24 jam yang melebihi Garis Panduan Kualiti Udara Ambien Malaysia (RMAQG) sebanyak 150 µg/m³ pada tahun 2014. Peningkatan kepekatan pencemar yang maksima dalam persekitaran ambien adalah berpunca daripada gabungan sumber bahan pencemar iaitu tetap, bergerak dan pembakaran terbuka. Namun begitu, kajian ini hanya memfokuskan kepada sumber bergerak iaitu kenderaan bermotor sahaja dalam mencemarkan udara bandar Kuala Lumpur.

Komponen Impact

Perkhidmatan ekosistem dipengaruhi oleh keperluan, kehendak dan penggunaan manusia sehingga memberi kesan negatif kepada persekitaran sosial dan fizikal ditunjukkan oleh komponen *Impact*. Komponen *Impact* dalam isu pencemaran trafik bandar lebih menekankan kepada masalah kesihatan manusia melalui kewujudan penyakit berbahaya yang dipengaruhi oleh tahap keterdedahan. Peningkatan emisi pencemar yang dikeluarkan daripada proses pergerakan kenderaan secara langsung memberi impak negatif khususnya terhadap kesihatan individu iaitu masalah pernafasan di Malaysia (Mabahwi et al. 2014; Ling et al. 2010 & 2012). Keadaan ini dibuktikan dengan pusat bandar Kuala Lumpur yang dicirikan oleh ketumpatan penduduk, aktiviti perniagaan dan perkhidmatan serta kadar perjalanan kenderaan yang tinggi mencatatkan nisbah penyakit pernafasan akut yang tertinggi iaitu 209 kes simptom, Sri Petaling sebanyak 135 kes simptom dan Wangsa Maju iaitu 107 kes simptom bagi 100 penduduk (Ling et al. 2010).

Malah, nisbah penyakit pernafasan akut bagi kumpulan umur kanak-kanak iaitu berumur 12 tahun dan ke bawah dengan warga emas berumur 65 dan ke atas adalah paling tinggi berbanding kumpulan umur yang lain. Bagi kumpulan umur kanak-kanak, nisbah penyakit pernafasan akut dicatatkan maksimum di Wangsa Maju, pusat bandar, Sri Permaisuri dan Sri Hartamas, kecuali Sri Petaling and Kepong manakala warga emas pula

dikesan di Wangsa Maju, Sri Petaling and Kepong. Oleh hal yang demikian, terdapat hubungan yang signifikan dan kuat antara ketumpatan pemandaran, peningkatan aktiviti ekonomi dan perkhidmatan, pertumbuhan penduduk, kesesakan trafik dan kekurangan kawasan hijau dengan peningkatan tahap pencemaran udara dan masalah kesihatan individu (Ling et al. 2010).

Menurut *World Health Organization* (WHO), pencemaran udara menyumbang sebanyak 7.6 peratus kes kematian daripada keseluruhan kes di seluruh dunia pada 2016 (WHO 2016). Keadaan ini dipengaruhi oleh tahap keterdedahan individu terhadap kepekatan pencemar yang tinggi dan tempoh masa keterdedahan yang berlaku meliputi jangka masa pendek dan panjang.

Komponen Response

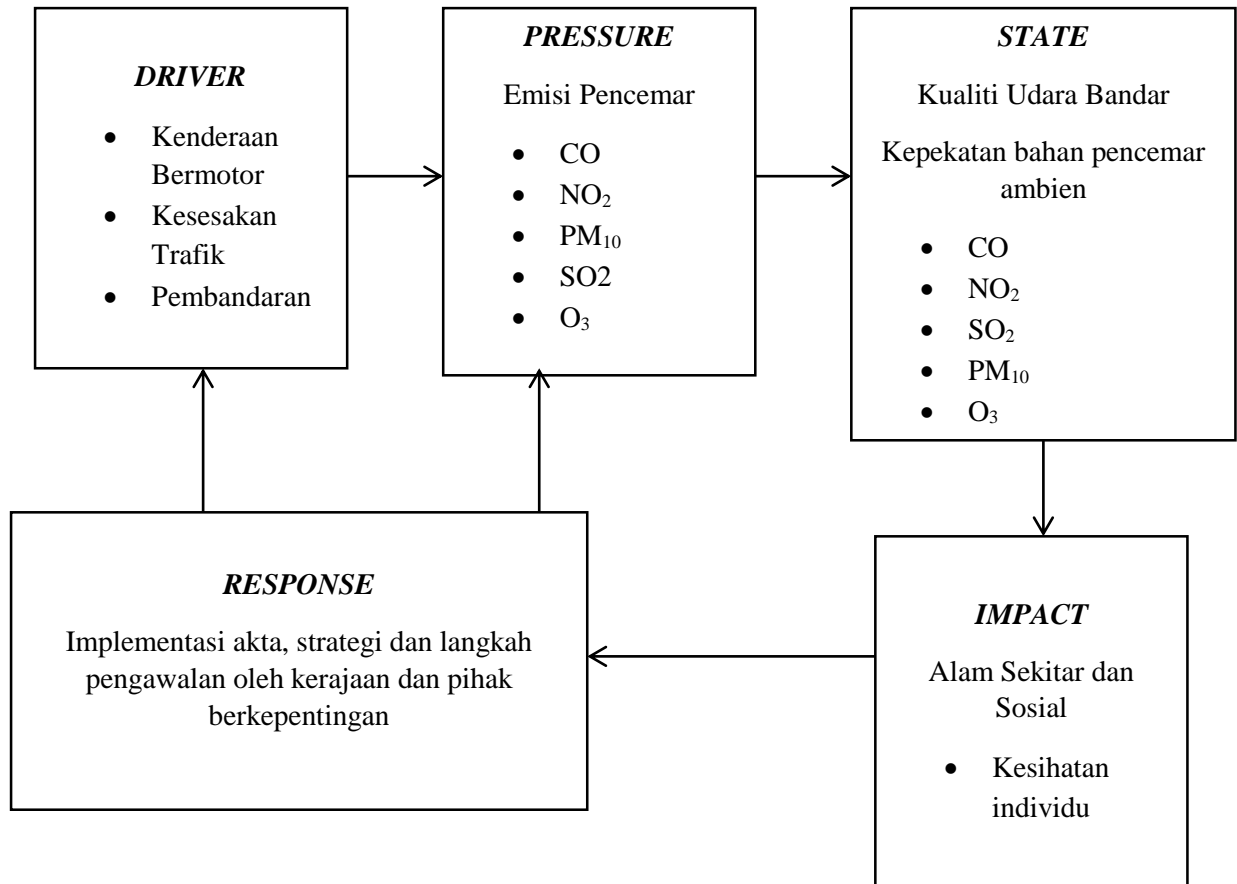
Kewujudan komponen *Impact* menyebabkan aspek persekitaran sosial iaitu komuniti penduduk setempat secara langsung bertindak secara proaktif dalam proses membuat keputusan bertujuan bagi mengawal dan mengurangkan impak sehingga mencapai tahap paling minima. Keadaan ini diwakili oleh komponen *Response* yang terdiri daripada pihak kerajaan dan pembuat keputusan serta individu awam merupakan kumpulan penting dalam proses mencegah, mengimbangi, memperbaiki dan menyesuaikan diri dalam menghadapi proses perubahan alam sekitar yang serius. Oleh itu, pelbagai dasar dan polisi dibangunkan, langkah serta strategi pengawalan dibentuk oleh pihak kerajaan dan kumpulan berkepentingan diperkenalkan serta dipraktikkan oleh penduduk setempat bertujuan bagi menangani, mengawal serta mengurangkan pencemaran udara ke tahap paling minima untuk menjadikan persekitaran lebih mampan.

Malaysia merupakan salah sebuah negara Asia yang aktif dan proaktif dalam usaha menangani serta mengurangkan emisi pencemar daripada kenderaan bermotor. Jabatan Alam Sekitar (JAS) merupakan agensi kerajaan di bawah Kementerian Tenaga, Sains, Teknologi, Alam Sekitar & Perubahan Iklim (MESTECC) yang bertanggungjawab sepenuhnya dalam usaha membentuk serta memperkenalkan pelbagai langkah dan strategi pengurangan serta pengawalan impak negatif pencemaran trafik sehingga ke tahap paling minima. Keadaan ini dibuktikan dengan kerajaan menguatkuasakan Peraturan-Peraturan Kualiti Alam Sekeliling (Kawalan Pelepasan Daripada Enjin Diesel) 1996 dan Peraturan-Peraturan Kualiti Alam Sekeliling (Kawalan Pelepasan Daripada Enjin Petrol) tahun 1996.

Selain itu, kawalan pelepasan asap hitam berlebihan dari ekzos kenderaan diesel dipantau melalui Program AWASI (*Area Watch And Sanction Inspection*). Tindakan kompaun diambil serta merta kepada pemandu dan tuan punya kenderaan yang didapati gagal mematuhi had pelepasan asap 50 Unit Asap *Hartridge* (HSU). Kompaun serta perintah larangan iaitu larangan menggunakan kenderaan akan dikeluarkan bagi kenderaan yang melepaskan asap melebihi 70 HSU.

Pelbagai program penguatkuasaan telah dilaksanakan iaitu sebanyak 2,253 yang merangkumi beberapa kawasan bandar seluruh negara pada 2016. Melalui program tersebut sebanyak 427 buah kenderaan telah dikompaun kerana gagal mematuhi had pelepasan asap hitam sebanyak 50 HSU. Secara keseluruhannya, peratus pematuhan oleh kenderaan diesel telah mencatatkan sebanyak 99.35 peratus iaitu penurunan sebanyak 0.35 peratus berbanding tahun sebelumnya.

Rajah 1 Kerangka Konseptual *Driver, Pressure, State, Impact dan Response (DPSIR USEPA)*



Malah, program Kawalan Pelepasan Gas CO dan HC daripada Kenderaan Petrol turut dilaksanakan oleh JAS yang melibatkan 1,889 buah kenderaan berenjin petrol telah diuji pelepasan CO dan HC dengan menggunakan meter gas CO-HC *Analyzer* atas jalan raya. Hasil daripada pelaksanaan program tersebut mendapati sebanyak 50 buah kenderaan telah dikenakan kompaun kerana gagal mematuhi had pelepasan yang ditetapkan. Keadaan ini menunjukkan bahawa peratus pematuhan keseluruhan adalah 98.25 peratus iaitu peningkatan sebanyak 0.25 peratus berbanding tahun 2015.

Selain itu, Malaysia turut memperkenalkan standard pelepasan pencemar untuk model baru kenderaan yang menggunakan petrol bertujuan untuk memperbaiki serta mengurangkan pelepasan pencemar yang menggunakan reka bentuk enjin baru dan teknologi kawalan pelepasan. Kaedah ini hanya melibatkan model baru kenderaan bermotor yang dikeluarkan pada atau selepas 1 Januari 2000 yang dikehendaki mematuhi standard pelepasan pencemar yang ditetapkan dalam Jadual Ketiga, Peraturan-Peraturan Kualiti Alam Sekeliling (Kawalan Pelepasan Daripada Enjin Petrol) 1996 yang berdasarkan Arahan Majlis 94/12/EEC dan 93/59/EEC. Pada tahun 2016, Jabatan Alam Sekitar telah mengeluarkan 126 Sijil Ujian Kelulusan Jenis bagi model baru kenderaan petrol yang akan dipasarkan di Malaysia.

Malah, standard pelepasan daripada kenderaan berenjin diesel di Malaysia untuk setiap model baru kenderaan bermotor telah diperkenalkan pada atau selepas 1 Januari 1997 yang ditetapkan dalam Jadual Kedua, Peraturan-Peraturan Kualiti Alam Sekeliling (Kawalan Pelepasan Daripada Enjin Diesel), 1996 yang berdasarkan Peraturan No. 49.02 ECE dan Arahan Majlis 93/59/EEC. Pada tahun 2014, Jabatan Alam Sekitar telah mengeluarkan 66

Sijil Ujian Kelulusan Jenis bagi model baru kenderaan diesel yang akan dipasarkan di Malaysia.

Selain itu, Malaysia turut komited dalam usaha mengawal serta meminimalkan pengeluaran emisi dan impak pencemar udara melalui pengenalan kepada Rancangan Malaysia ke 11 (2016-2020). Rancangan Malaysia ke 11 terdiri daripada enam tonggak dan tonggak kelima memfokuskan kepada mempertingkatkan pemampanan alam sekitar melalui pertumbuhan hijau. Berdasarkan tonggak tersebut terdapat beberapa tiga bidang keutamaan yang terdiri daripada aspek memperkukuh tadbir urus, memulihara sumber asli dan menangani perubahan iklim dan mengurangkan risiko bencana. Bagi bidang keutamaan menangani perubahan iklim dan mengurangkan risiko bencana menekankan komitmen Malaysia kepada Perjanjian Paris di bawah Konvensyen Rangka Kerja Perubahan Iklim Pertubuhan Bangsa-Bangsa Bersatu (UNFCCC) untuk mengurangkan sebanyak 45% daripada intensiti pelepasan GHG kepada keluaran dalam negeri kasar (KDNK) menjelang tahun 2030 berbanding tahap pada tahun 2005 (EPU 2018).

Di samping itu, kesedaran awam merupakan cabang utama dan penting dalam mengurangkan impak pencemaran trafik terhadap kesihatan umum di bandar melalui sistem pendidikan. Pengenalan dan pelaksanaan sistem pendidikan berteraskan alam sekitar kepada pelbagai golongan komuniti bertujuan untuk mendedahkan serta memberi maklumat terperinci dan terkini bagi melindungi dan menghadkan keterdedahan awam terhadap pencemaran yang berlaku. Pendidikan alam sekitar perlu diperkenalkan dan dilaksanakan dengan terperinci, praktikal dan meluas yang meliputi pelbagai kurikulum dan modul pembelajaran yang terkini, penglibatan guru yang terlatih serta mewujudkan jaringan pengajaran dan pembelajaran yang lebih kondusif. Sebagai contoh, kriteria pendidikan yang mengutamakan kesedaran awam perlu dipertingkatkan dan diperkenalkan kepada orang awam seperti menggunakan perkhidmatan pengangkutan awam, berjalan kaki dan berbasikal di bandar.

Perkhidmatan pengangkutan awam berpotensi tinggi menjadi jaringan sistem pengangkutan yang sangat mampan dan tidak mencemarkan udara dalam pergerakan individu terutama di bandar. Oleh hal yang demikian, pergantungan penggunaan perkhidmatan pengangkutan awam yang kondusif, sistematik dan moden sangat penting khususnya dalam mengurangkan emisi bahan pencemar trafik. Malah, pengangkutan awam turut menyelesaikan masalah kesesakan trafik yang serius di pusat bandar dan mengurangkan kemalangan jalan raya sehingga mengakibatkan kematian. Justeru, kewujudan perkhidmatan pengangkutan awam yang aktif dan sistematik serta kondusif perlu menjadi pilihan utama individu bandar dalam pergerakan seharian bertujuan bagi mengawal dan meminimumkan pengeluaran emisi daripada kenderaan bermotor selain pendekatan penggunaan basikal, berjalan kaki dan berkongsi kereta. Melalui isu pencemaran trafik bandar, kerjasama semua pihak dalam merangka serta membangunkan akta, menjalankan pelbagai langkah dan strategi pengawalan serta memberikan kesedaran awam melalui pendidikan merupakan cabang penting dalam mengurangkan impak pencemaran trafik terhadap kesihatan umum di bandar.

KERELEVANAN KERANGKA KONSEPTUAL DPSIR DALAM PENCEMARAN UDARA BANDAR

Rekod daripada data statistik oleh Jabatan Alam Sekitar dan pelbagai kajian membuktikan bahawa kenderaan bermotor diklasifikasikan sebagai punca utama kepada pencemaran udara bandar. Keadaan ini dipengaruhi oleh beberapa faktor iaitu peningkatan berterusan kenderaan bermotor sehingga mewujudkan masalah kesesakan trafik terutama di pusat bandar dan mengakibatkan pengeluaran emisi bahan pencemar secara langsung menjadi maksimum. Malah, masalah pencemaran udara menjadi semakin serius kesan daripada faktor pemandaran yang dicirikan oleh kesesakan dan kepadatan ruang bandar dengan pelbagai aktiviti manusia. Oleh hal yang demikian, gabungan pelbagai faktor tersebut secara signifikan mengakibatkan peningkatan risiko serta impak negatif terhadap pelbagai aspek iaitu alam sekitar, kesihatan individu dan perubahan iklim global. Jadi, perancangan dan pembangunan pelbagai langkah pengawalan serta pengurangan impak yang bersifat menyeluruh perlu diimplimentasikan oleh pihak kerajaan dan berkepentingan bertujuan bagi menyelesaikan isu alam sekitar tersebut. Penyertaan dan kerjasama daripada penduduk setempat adalah sangat penting kerana impak negatif pencemaran udara daripada kenderaan bermotor yang serius tertumpu kepada kesihatan individu bagi sesuatu kawasan.

Pembentukan kerangka konseptual DPSIR merupakan kaedah terbaik yang bersifat menyeluruh dan komprehensif merangkumi aspek persekitaran dan penduduk setempat. Fungsi utama DPSIR adalah menilai status kualiti udara Kuala Lumpur impak daripada kenderaan bermotor selain mengawal dan menyediakan kuantiti data serta maklumat yang besar dan lengkap mengenai masalah pencemaran udara yang berpunca daripada kenderaan bermotor. Keadaan ini seterusnya dijadikan sebagai input penting kepada pihak kerajaan dan berkepentingan dalam merangka pelbagai usaha untuk mengurangkan impak negatif. Selain itu, DPSIR turut diaplikasikan dalam mengkaji hubungan dan perkaitan antara punca utama pencemaran udara dan impak negatif yang wujud terhadap alam sekitar dan kesihatan individu di Kuala Lumpur.

KESIMPULAN

Justeru, pencemaran trafik bandar di Kuala Lumpur dikenal pasti dan dicirikan oleh pengeluaran emisi pencemar oleh kenderaan bermotor dan kepekatan pencemar dalam udara yang dipengaruhi oleh unsur cuaca melalui proses serakan udara. Penekanan khusus diberikan dalam pembentukan kerangka konseptual DPSIR yang dibangunkan oleh USEPA dalam usaha menggabungkan pelbagai proses, impak dan langkah implementasi secara bersepadu serta menyeluruh yang mewujudkan pencemaran udara yang serius di Kuala Lumpur. Melalui kerangka konseptual DPSIR mendapati bahawa terdapat hubungan serta perkaitan yang kuat dan signifikan antara aspek persekitaran fizikal dan sosial yang melibatkan penduduk di Kuala Lumpur dalam keseriusan pencemaran trafik yang berlaku. Keadaan ini dibuktikan dengan PM_{10} dan CO merupakan pencemar utama yang paling tinggi dikeluarkan oleh kenderaan persendirian iaitu motokar di Kuala Lumpur dari tahun 2010 hingga 2014 yang dipengaruhi oleh faktor kesesakan trafik, ciri dan perbezaan bahan bakar dan pemandaran. Keseriusan pencemaran udara diukur berdasarkan kepada kepekatan pencemar dalam udara dan pencemaran udara disebabkan oleh motokar di Kuala Lumpur pada tahun 2014 adalah tidak serius yang dibuktikan melalui purata kepekatan 1 jam PM_{10} di bawah standard Garis Panduan Kualiti Udara Ambien Malaysia (RMAQG). Oleh itu, kerjasama antara pihak kerajaan dan pembuat keputusan melalui pembentukan akta, polisi

dan dasar serta penyertaan penduduk adalah sangat penting dan wajar dalam usaha untuk mengawal, menangani serta mengurangkan kesan negatif pencemaran khususnya terhadap kesihatan manusia dan alam sekitar sehingga mencapai tahap minima.

RUJUKAN

- A. Rahman, S. R., S. Ismail, S. N., F. Raml, M., Latif, M. T., Z. Abidin, E. & Praveena, S. M. (2015). The Assessment of Ambient Air Pollution Trend in Klang Valley, Malaysia. *World Environment* 5(1): 1–11
- Ahamad, F., Latif, M. T., Tang, R., Juneng, L., Dominick, D. & Juahir, H. (2014). Variation of surface ozone exceedance around Klang Valley, Malaysia. *Atmospheric Research* 139: 116–127
- Ahmad Jamhari, A., Sahani, M., Latif, M. T., Hock, S. T., Khan, M. F. & Mohd Tahir, N. (2014). Concentration and source identification of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in PM₁₀ of urban, industrial and semi-urban areas in Malaysia. *Atmospheric Environment* 86: 16–27.
- Ahmad Shuhaili, A. F., Ihsan, S. I. & Faris, W.F. (2013). Air pollution study of vehicles emission in high volume traffic: Selangor, Malaysia as a case study. *WSEAS Transactions on Systems* 12: 67-84
- Ali, M., Manogaran, S., Yusof, K. M., Ramdhan, M., Suhaili, M. & Ali, M. (2018). Analysing Vehicular Congestion Scenario in Kuala Lumpur Using Open Traffic. *Indonesian Journal of Electrical Engineering and Computer Science* 10 (3): 875–882
- Århem, K. (2011). *Environmental consequences of the palm oil industry in Malaysia*.
- Awang, M., Jaafar, A. B., Abdullah, A. M., Ismail, M., Hassan, M. N., Abdullah, R., Johan, S., et al. (2000). Air quality in Malaysia: Impacts, management issues and future challenges. *Respirology* 5: 183–96
- Boori, M. S., Netzband, M. & Choudhary, K. (2015). Urban growth in last three decades in Kuala Lumpur, Malaysia. *2015 Joint Urban Remote Sensing Event (JURSE)*, hlm. 1–5
- Boori, M.S. & Vozenilek, V. (2014). Assessing land cover change trajectories in Olomouc, Czech Republic. *International Journal of Environmental, Ecology, Geological and Mining Engineering* 8 (8): 540-546
- Dominick, D., Juahir, H., Latif, M. T., Zain, S. M. & Aris, A. Z. (2012). Spatial assessment of air quality patterns in Malaysia using multivariate analysis. *Atmospheric Environment* 60: 172–181
- EPU. (2018). Rancangan Malaysia ke-11. Jabatan Perancangan Ekonomi.
- Fujii, Y., Mahmud, M., Oda, M., Tohno, S., Matsumoto, J. & Mizohata, A. (2016). A key indicator of transboundary particulate matter pollution derived from Indonesian peatland fires in Malaysia. *Aerosol and Air Quality Research*. 16: 69-78.
- Jabatan Perangkaan Malaysia. (2011). Population Distribution and Basic Demographic Characteristic Report 2010 (Updated: 05/08/2011). https://www.dosm.gov.my/v1/index.php?r=column/cthem&menu_id=L0pheU43NWJwRWVWSzkIWdzQ4TlhUUT09&bul_id=MDMxdHZjWTK1SjFzTzNkRXYzcVZjdz09 (Diakses pada 3 September 2019)
- JAS. (2003). Laporan Kualiti Alam Sekitar 2003. Jabatan Alam Sekitar
- JAS. (2004). Laporan Kualiti Alam Sekitar 2004. Jabatan Alam Sekitar
- JAS. (2005). Laporan Kualiti Alam Sekitar 2005. Jabatan Alam Sekitar
- JAS. (2006). Laporan Kualiti Alam Sekitar 2006. Jabatan Alam Sekitar
- JAS. (2007). Laporan Kualiti Alam Sekitar 2007. Jabatan Alam Sekitar

- JAS. (2008). Laporan Kualiti Alam Sekitar 2008. Jabatan Alam Sekitar
- JAS. (2009). Laporan Kualiti Alam Sekitar 2009. Jabatan Alam Sekitar
- JAS. (2010). Laporan Kualiti Alam Sekitar 2010. Jabatan Alam Sekitar.
- JAS. (2011). Laporan Kualiti Alam Sekitar 2011. Jabatan Alam Sekitar.
- JAS. (2012). Laporan Kualiti Alam Sekitar 2012. Jabatan Alam Sekitar.
- JAS. (2013). Laporan Kualiti Alam Sekitar 2013. Jabatan Alam Sekitar.
- JAS. (2014). Laporan Kualiti Alam Sekitar 2014. Jabatan Alam Sekitar.
- JAS. (2015). Laporan Kualiti Alam Sekitar 2015. Jabatan Alam Sekitar
- JAS. (2016). Laporan Kualiti Alam Sekitar 2016. Jabatan Alam Sekitar
- JAS. (2017). Laporan Kualiti Alam Sekitar 2017. Jabatan Alam Sekitar
- JPJ. (2010). Statistik Kenderaan. Jabatan Pengangkutan Jalan Malaysia
- JPJ. (2011). Statistik Kenderaan. Jabatan Pengangkutan Jalan Malaysia
- JPJ. (2017). Statistik Kenderaan. Jabatan Pengangkutan Jalan Malaysia
- KKM. (2012). *Health Facts 2012*. Kementerian Kesihatan Malaysia: Pusat Informatik Kesihatan.
- Latif, M. T., Azmi, S. Z., Noor, A. D. M., Ismail, A. S., Johny, Z., Idrus, S., Mohamed, A. F., et al. (2011). The impact of urban growth on regional air quality surrounding the Langat River Basin, Malaysia. *Environmentalist* 31: 315–324
- Ling, H. L. O., Ting, K. H., Shaharuddin, A., Kadaruddin, A. & Yaakob, M. J. (2010). Air quality and human health in urban settlement: Case study of Kuala Lumpur city. *2010 International Conference on Science and Social Research (CSSR 2010)*: 510–515
- Ling, O.H.L. (2012). *Air quality and human health in urban settlement: Case study of Kuala Lumpur City*. Tesis Dr. Fal, Universiti Kebangsaan Malaysia.
- Mabahwi, N. A. B., Leh, O. L. H. & Omar, D. (2014). Human health and wellbeing: Human health effect of air pollution. *Procedia - Social and Behavioral Sciences* 153: 221–229
- Mohd Shafie, S. H. & Mahmud, M., (2017). Public perception on traffic pollution in Federal Territory of Kuala Lumpur, Malaysia. *Planning Malaysia*. 15 (4): 105-114.
- Ong, H. C., Mahlia, T. M. I & Masjuki, H. H. (2011). A review on emissions and mitigation strategies for road transport in Malaysia. *Renewable and Sustainable Energy Review* 15: 3516-3522
- Sarmin, N. S., Hasmadi, I. M., Pakhriazad, H. Z. & Khairil, W. A. (2016). Environmental Nanotechnology, Monitoring & Management The DPSIR framework for causes analysis of mangrove deforestation in Johor, Malaysia. *Environmental Nanotechnology, Monitoring & Management* 6: 214–218.
- Sazrina, I., Fauziah, S. & Saleh, R. (2010). DPSIR Framework towards Sustainability of Mineral Water Abstraction Governance in Malaysia. *Phuket International Conference by SCIE* (5): 47–57.
- Shafie, F. A., Omar, D. & Karuppanan, S. (2018). Environmental Risk Evaluation of a Sanitary Landfill using Life Cycle Analysis Approach. *Asian Journal of Environment-Behaviour Studies* 3(8): 89-95
- Siti Haslina Mohd Shafie & Mastura Mahmud. (2015). Pencemaran habuk di Lembah Klang menggunakan analisis Boxplot. *Geografia: Malaysia Journal of Society and Space* 11: 144-155
- Siti Haslina Mohd Shafie & Mastura Mahmud. (2015b). Analisis pola taburan reruang PM₁₀ dan O₃ di Lembah Klang dengan mengaplikasikan teknik *Geographic Information System (GIS)*. *Geografia: Malaysia Journal of Society and Space* 11: 61-73
- STM. (2017). *Malaysia Energy Statistics Handbook*. Suruhanjaya Tenaga Malaysia

- Sulaiman, N., Saidah, M. S. & Mahmud, M. (2013). Chemical composition of the haze in Malaysia 2005. *Atmospheric Environment* 77: 1005-1010.
- Wahid, N. B. A., Latif, M. T. & Suratman, S. (2013). Composition and source apportionment of surfactants in atmospheric aerosols of urban and semi-urban areas in Malaysia. *Chemosphere* 91 (11): 1508–1516
- WHO. (2016). World Health Statistics 2016: Monitoring health for the SDGs. https://www.who.int/gho/publications/world_health_statistics/2016/Annex_B/en/. Geneva: World Health Organization
- Yahya, N., Ghazali, N. & Ishak, F. (2013). *A review of carbon dioxide in Malaysia: Current status and Challenges*. United Nation Escap: Economic and Social Communication for Asia and the Pacific

MAKLUMAT PENULIS

SITI HASLINA MOHD SHAFIE

Calon Doktor Falsafah di Pusat Kajian Pembangunan, Sosial dan Persekitaran,
Fakulti Sains Sosial dan Kemanusiaan, Universiti Kebangsaan Malaysia
sitihaslina87@gmail.com

MASTURA MAHMUD (PROF)

Profesor di Pusat Kajian Pembangunan, Sosial dan Persekitaran,
Fakulti Sains Sosial dan Kemanusiaan, Universiti Kebangsaan Malaysia
mastura@ukm.edu.my