

## Traffic Noise Mapping Using Inverse Distance Weight Interpolation Technique: A Case Study in Bandar Kulim (Pemetaan Bunyi Bising Trafik Menggunakan Teknik Interpolasi Inverse Distance Weight Kajian Kes Di Bandar Kulim)

Norina Omar<sup>a\*</sup>, Ahmad Fauzi Al-Faid Ahmed Azlee<sup>b</sup>, Mufarraha Mayadi<sup>b</sup> & Nur Izzah Hazwani Mohd Amin<sup>b</sup>

<sup>a</sup>Civil Engineering Department, Polytechnic Ungku Omar (PUO), Perak, Malaysia

<sup>b</sup>Civil Engineering Department, Polytechnic Tuanku Sultanah Bahiyah (PTSB), Kedah, Malaysia

\*Corresponding author: [norina@puo.edu.my](mailto:norina@puo.edu.my)

Received 1 May 2021, Received in revised form 15 June 2021  
Accepted 1 September 2021, Available online 30 January 2022

### ABSTRACT

*Traffic noise pollution is one of the problems in the urban environment as a result of rapid economic development which has led to an increase in the volume of diversified motor vehicle traffic flows. This condition may affect the well-being and human health as well as its surroundings if exposed to high noise levels for a long period of time or continuously. Therefore, this study was conducted to measure the level of traffic noise at 15 selected observation stations around Kulim city, Kedah. Next, the noise distribution coverage area is mapped by using Inverse Distance Weight (IDW) interpolation technique. Sound data was measured in the morning, noon, evening and night of working and non-working days by using the Sound Level Meter device. Sound observation data was analyzed to depict the concentration areas of traffic noise at the station involved in form of map visualization. Noise level comparisons were analyzed together with Department of Environment (DOE) and World Health Organization (WHO) standards. The results of the study found that all the sampling stations exceeded the standard limits allowed on working days as well as non-working days for urban and commercial land-use types. The mean values of the highest noise levels (Leq) on working days and non-working days at day times were 78.2 (S7) and 80.3 dBA (S5) respectively. Meanwhile, the highest noise level readings recorded on working days and not working at night were 76.6 and 76.9 dBA respectively, which involves observation stations 2 and 3. Several mitigation strategies were stated to overcome the problem of traffic noise in the city as a measure to curb noise pollution in the affected areas.*

**Keywords:** GIS; interpolation techniques; traffic noise.

### ABSTRAK

*Pencemaran bunyi bising trafik merupakan salah satu masalah persekitaran bandar akibat daripada perkembangan ekonomi yang pesat yang menyebabkan peningkatan jumlah aliran lalu lintas kenderaan bermotor yang pelbagai. Keadaan ini boleh mempengaruhi kesejahteraan dan kesihatan manusia serta persekitarannya sekiranya terdedah kepada aras bunyi bising yang tinggi bagi tempoh masa yang lama atau berterusan. Justeru itu, kajian ini dilakukan untuk mengukur tingkat kebisingan lalu lintas di 15 buah stesen cerapan terpilih di sekitar bandar Kulim, Kedah. Seterusnya, kawasan liputan sebaran bunyi bising dipetakan dengan menggunakan teknik interpolasi Inverse Distance Weight (IDW). Data bunyi diukur pada waktu pagi, tengah hari, petang dan malam hari bekerja dan tidak bekerja dengan menggunakan alat Meter Paras Bunyi. Data cerapan bunyi dianalisa bagi menggambarkan kawasan yang menjadi tumpuan kebisingan trafik di stesen terlibat dalam bentuk visualisasi peta. Perbandingan aras bunyi dianalisa bersama dengan piawaian Jabatan Alam Sekitar (JAS) dan Pertubuhan Kesihatan Dunia (WHO). Keputusan kajian mendapati bahawa semua stesen persampelan melebihi had piawaian yang dibenarkan pada hari bekerja mahupun hari tidak bekerja bagi jenis guna tanah bandar dan komersial. Nilai purata aras kebisingan (Leq) tertinggi pada hari*

*bekerja dan hari tidak bekerja pada waktu siang adalah masing-masing pada nilai 78.2 (S7) dan 80.3 dBA (S5). Sementara itu, bacaan aras kebisingan yang tertinggi direkodkan pada hari bekerja dan tidak bekerja pada waktu malam masing-masing adalah 76.6 dan 76.9 dBA yang melibatkan stesen cerapan 2 dan 3. Beberapa strategi mitigasi dinyatakan bagi mengatasi masalah kebisingan trafik di bandar ini sebagai langkah membendung pencemaran bunyi di kawasan yang terjejas.*

*Kata Kunci: GIS; teknik interpolasi; kebisingan trafik.*

## PENGENALAN

Pembangunan pesat yang berlaku di sesuatu kawasan kebiasaannya turut mengundang kesan negatif kepada alam sekitar. Salah satu bentuk pencemaran yang menjejaskan kesejahteraan hidup penduduk khususnya yang menghuni di kawasan pusat bandar, kawasan perindustrian dan kawasan pengkomersialan adalah pencemaran bunyi. Ia ditakrifkan sebagai bunyi yang tidak diingini atau bunyi yang tidak diperlukan (Abas et al., 2017). Menurut Haliza Abdul Rahman (2021), pencemaran bunyi boleh dikelaskan sebagai salah satu bentuk gangguan di bawah Akta Kerajaan Tempatan 1976. Namun, ia kurang diberi tumpuan kerana tidak dapat dikesan dengan mata kasar dan dianggap bukan penyumbang utama kepada masalah pencemaran persekitaran di Malaysia secara umumnya. Ini kerana ramai yang beranggapan ianya hanya berlaku untuk jangka masa yang pendek, iaitu melibatkan tempoh masa hanya beberapa minit atau jam jika dibandingkan dengan pencemaran air dan udara yang kebiasaannya berlaku dalam jangka masa yang panjang atau berterusan. Walaubagaimanapun, ianya boleh dikategorikan sebagai bahaya dalam senyap (Zaiton Haron, 2020). Gangguan kebisingan yang diterima ini memberi satu ancaman kepada alam sekitar yang dititikberatkan pada masa kini (Kapoor, 2014). Meskipun terdapat juga sumber kebisingan bunyi yang didapati daripada kawasan kilang, keretapi dan kapal terbang, namun kajian ini hanya memfokuskan terhadap bunyi bising trafik dan kenderaan bermotor di laluan jalan raya.

Bunyi bising trafik khususnya merupakan bunyi yang dihasilkan daripada aliran trafik lalu lintas yang padat, di mana melibatkan pelbagai jenis kenderaan bermotor kesan daripada kerancakan perkembangan ekonomi di sekitar kawasan bandar. Punca bunyi bising trafik berlaku disebabkan oleh kesesakan lalu lintas, keadaan struktur jalan raya dan kurangnya kemudahan lampu isyarat seperti simpang tiga jalan. Menurut Pal & Bhattacharya (2012), pencemaran bunyi trafik adalah disebabkan oleh perancangan bandar yang tidak mencukupi pada masa lalu. Kedudukan lokasi rumah, sekolah, pejabat, hospital, perniagaan komersial pusat dan bangunan komuniti lain dibina berhampiran atau sejajar dengan jalan utama perbandaran tanpa zon penampan atau kalis bunyi yang mencukupi.

Kepadatan arus lalu lintas jalan raya ini seterusnya menjadi penyumbang kepada pencemaran udara akibat

daripada pelepasan ekzos dan bukan ekzos kenderaan bermotor (Ezani, 2019). Pendedahan kepada bunyi bising yang kuat secara tidak langsung turut memberi kesan negatif kepada manusia dan persekitaran secara fisiologi. Implikasinya boleh memberi tekanan, menghilangkan pendengaran dan memberi gangguan kepada waktu tidur terhadap kehidupan seharian penduduk yang berhampiran dengan sumber kebisingan.

Menurut Abdul Rahim et al. (2011), jelas terdapat perkaitan yang rapat diantara jumlah kenderaan dan proses pembandaran yang pesat. Ianya boleh membawa kepada masalah pencemaran bunyi trafik yang teruk. Natiujahnya, kualiti kehidupan komuniti setempat terjejas apabila menerima bunyi bising yang kuat secara berterusan dalam tempoh masa yang lama. Penyataan ini turut disokong oleh beberapa kajian yang lepas, iaitu terdapat hubungan antara pendedahan kepada bunyi bising trafik dan kesan negatif terhadap kesihatan awam (Brown, 2015; Park et al., 2018). Malah kesan bunyi bising ini turut memberi kesan kepada tingkah laku pelajar serta mengganggu proses pengajaran dan pembelajaran di dalam kelas, dapatan daripada kajian yang telah dijalankan oleh (Arifin et al., 2015) di sekolah sekitar Bandar Kuala Terengganu.

Oleh itu, ianya menjadi isu kritikal untuk mengukur dan mengawal tahap kebisingan lalu lintas dari sumber yang ditentukan bagi tujuan kelestarian alam sekitar. Ini selari dengan Matlamat Pembangunan Lestari (SDG) untuk dicapai oleh beberapa negara global termasuk Malaysia menjelang tahun 2030 demi pembangunan dan kemaslahatan manusia dan bumi. Seperti yang telah disebar secara meluas, matlamat SDG adalah meliputi pembangunan ekonomi bagi meningkatkan kesejahteraan hidup rakyat dengan penggunaan sumber yang bijaksana dan memastikan pemuliharaan terhadap alam sekitar. Ia merupakan kesinambungan daripada Matlamat Pembangunan Millennium yang merangkumi semua isu pembangunan lestari. Salah satu agendanya yang kesebelas (SDG11) adalah untuk menjadikan bandar dan penempatan manusia inklusif, selamat, kukuh dan mampan.

Menurut Cai et al., (2015), mengukur akustik ciri-ciri bandar adalah satu tugas yang kompleks, sukar dan mahal. Maka, pemetaan bunyi telah terbukti sebagai kaedah yang berkesan untuk menilai bunyi persekitaran. Penyataan tersebut turut disokong oleh Khan et al. (2018), yang menyatakan bahawa GIS menawarkan algoritma yang hebat untuk pemprosesan data dan visualisasi dalam kajian pencemaran.

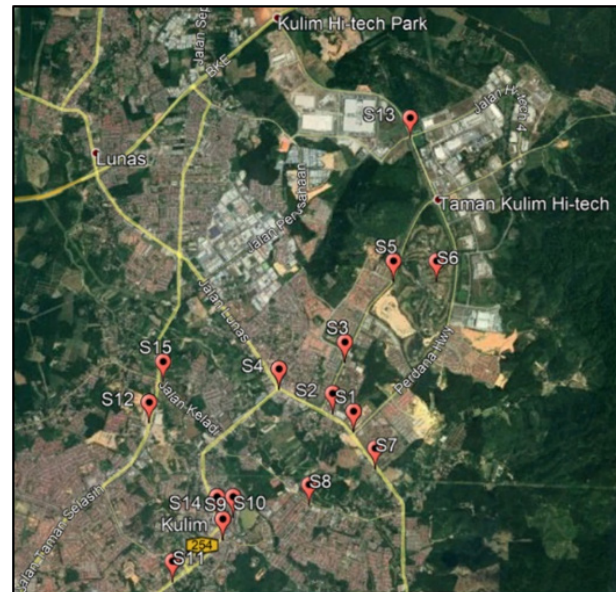
Ini adalah berdasarkan kepada keupayaan GIS sebagai alat pemetaan dan analisis berasaskan komputer yang dapat menyatukan alat dan data geografi yang pelbagai, memproses data input, manipulasi, analisis dan menggambarkan keputusan dengan cepat dan pantas dalam membuat keputusan. Oleh yang sedemikian, potensi GIS diaplikasikan dalam kajian ini bagi menggambarkan pola taburan pencemaran kebisingan trafik di sekitar bandar Kulim.

## METODOLOGI

### KAWASAN KAJIAN DAN STESEN CERAPAN

Kajian kebisingan trafik ini melibatkan sebanyak 15 stesen persampelan yang ditentukan di sekitar kawasan bandar Kulim, Kedah. Pertimbangan pemilihan stesen kajian tersebut adalah berdasarkan kepada kawasan yang menjadi laluan tumpuan kepada orang awam ketika pergi dan pulang bekerja, kawasan institusi pendidikan, perniagaan dan laluan trafik keluar masuk ke kawasan perindustrian Hi-Tech di bandar Kulim. Rajah 1 merupakan kedudukan stesen kajian yang dipilih secara rawak dengan bantuan

paparan daripada *Google Earth Pro*. Jadual 1 menunjukkan koordinat stesen setiap cerapan yang diwakili dengan nombor stesen iaitu S1 sehingga S15.



RAJAH 1. Kedudukan Stesen Cerapan Aras Kebisingan.  
Sumber: Google Earth

JADUAL 1. Koordinat Stesen Cerapan.

No Stesen	Nama Stesen	X	Y
S1	Simpang tiga Politeknik Tuanku Sultanah Bahiyah	5°23'1.49"N	100°34'27.08"E
S2	Jalan Serdang, berdekatan Bank Islam Kulim	5°23'10.42"N	100°34'16.54"E
S3	Jalan Kulim Mahang, berdekatan Hospital Kulim	5°23'36.20"N	100°34'22.59"E
S4	Pusat Perniagaan Putra	5°23'22.72"N	100°33'49.46"E
S5	Jalan KTC, Sekolah Kebangsaan Kulim Hi-Tech	5°24'17.24"N	100°34'47.02"E
S6	Persiaran Kulim Golf, Taman Kulim Hi-Tech	5°24'17.24"	100°35'8.87"E
S7	Jalan Serdang, depan SK Sungai Ular	5°22' 43"N	100°34'38"E
S8	Jalan Kota Kenari 3 (Restoran Nasi Kandar Yasmeen)	5°22'25"N	100°34'05"E
S9	Jalan Raya Kulim, berdekatan Nasi Kandar Pelita	5°22'08"N	100°33'22"E
S10	Jalan Belibis, berhadapan Pekan Besar Kulim	5°22'19"N	100°33'27"E
S11	Jalan Bukit Alwi, Sek.Keb.St. Anne's Convent	5°21'47.23"N	100°32'57.22"E
S12	Kulim Landmark Central	5°23'5.99"N	100°32'44.30"E
S13	Jalan Hi-Tech 1, Taman Kulim	5°25'30.68"N	100°34'55.46"E
S14	Jalan Tunku Putra, CIMB Kulim	5°22'19"N	100°33'19"E
S15	Jalan Keladi	5°23'26.38"N	100°32'51.01"E

### PERALATAN DAN PROSES CERAPAN ARAS KEBISINGAN TRAFIK

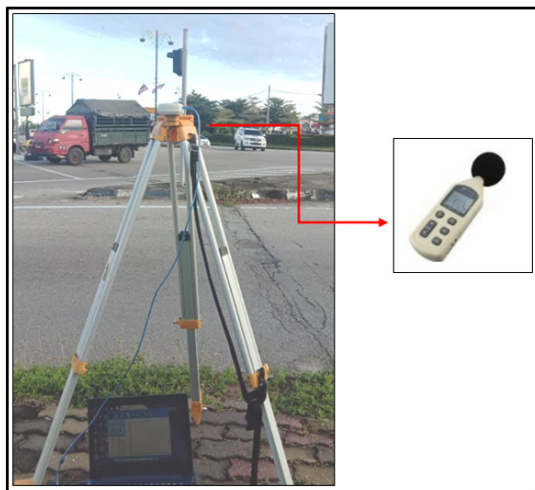
Terdapat dua alat yang digunapakai semasa proses pencerapan secara in-site di stesen terpilih iaitu Sound Level Meter (SLM) dan kaki tripod. Proses pensampelan data dilakukan pada hari bekerja iaitu pada hari Isnin hingga Jumaat dan hujung minggu iaitu Sabtu dan Ahad. Pemilihan hari bekerja dan tidak bekerja adalah dengan mengambil kira lokasi tempat kajian yang berhampiran

dengan kawasan perindustrian Kulim Hi-Tech. Di mana, kebanyakannya beroperasi pada hari Isnin hingga Jumaat iaitu pada hari bekerja dan hari tidak bekerja iaitu Sabtu dan Ahad.

Rajah 2 menunjukkan keadaan alat SLM diletakkan diatas tripod dan disambungkan kepada komputer riba bagi tujuan data logger. Alat SLM telah digunakan untuk mengukur aras maksimum (max), aras minimum (min) dan nilai purata kebisingan (Leq) serta lokasi tepat direkodkan bagi semua lokasi persampelan. Nilai aras bunyi bagi setiap

stesen dalam unit dBA direkodkan pada 4 waktu iaitu pada waktu pagi (7-9 pagi), tengah hari (12 tengah hari - 2 petang), petang (5 – 7 petang) dan malam (9 -11 malam) dalam tempoh satu bulan iaitu di sepanjang bulan September 2020. Di mana, proses cerapan dilakukan selama 2 hari dalam tempoh seminggu, satu hari bekerja dan satu hari tidak bekerja. Unit dBA adalah merupakan aras keamatan bunyi yang mempertimbangkan kepekaan telinga manusia.

Alat SLM yang dipasangkan diatas kaki tripod dilaraskan pada ketinggian yang sama iaitu +/- 1.2 meter dan dalam lingkungan +/- 1 meter dari bahu jalan. Jarak ketinggian ini diukur dari permukaan bumi ke alar SLM agar kebarangkalian pengaruh bunyi yang dihasilkan oleh permukaan tersebut dapat diminimumkan. Seterusnya, proses cerapan aras bunyi hanya dijalankan pada keadaan hari cuaca yang baik, tidak hujan dan juga tidak berlaku ribut. Hal ini bagi mengelakkan sebarang pengaruh angin atau bunyi luar semasa data cerapan kebisingan bunyi diukur. Setiap stesen persampelan mengambil tempoh masa selama 10 minit untuk mencerap aras bunyi trafik. Data yang direkodkan ini disimpan ke dalam komputer riba yang dimuat turun secara terus semasa di lapangan. Seterusnya, data yang diperolehi daripada hasil cerapan ini dianalisa mengikut hari bekerja dan tidak bekerja.



RAJAH 2. *Sound Level Meter*, Tripod dan Komputer Riba

#### KAEDAH PERMODELAN GEOSTATISTIKAL DAN PERISIAN

Pemilihan kaedah interpolasi Inverse Distance Weighted (IDW) digunapakai bagi memetakan distribusi tahap kebisingan dari stesen persampelan yang telah ditentukan. Interpolasi merupakan satu teknik yang digunakan untuk meramal nilai sel di lokasi yang mempunyai data yang tidak lengkap. Data nilai aras purata kebisingan (Leq) pada hari bekerja dan tidak bekerja pada waktu pagi, tengah hari, petang dan malam bagi setiap stesen digunakan untuk

menghasilkan peta kebisingan. Perisian ArcGIS 10.2.2 Dekstop digunakan dalam kajian ini sebagai input data ruwang, pengurusan data, manipulasi data, analisis data serta paparan dan output kepada hasil keputusan.

#### DAPATAN KAJIAN

Keputusan kajian meliputi dua hasil yang utama, data cerapan aras purata kebisingan di lapangan bagi 15 lokasi stesen persampelan, serta hasil dapatan peta distribusi kebisingan yang ditunjukkan mengikut empat waktu iaitu pagi, tengah hari, petang dan malam bagi kawasan kajian daripada sumber stesen persampelan yang terlibat. Analisa terhadap data cerapan aras purata kebisingan (Leq) pada waktu siang dan malam turut dibandingkan bersama dengan had piawaian yang ditetapkan oleh Jabatan Alam Sekitar (JAS) dan Pertubuhan Kesihatan Dunia (WHO). Di samping itu, teknik interpolasi IDW yang digunapakai dalam kajian ini yang dianggap sebagai satu kaedah permodelan bagi menggambarkan fenomena kawasan pencemaran bunyi trafik turut dibincangkan.

#### BUNYI BISING TRAFIK HARI BEKERJA DAN HARI TIDAK BEKERJA

Jadual 2 dan Jadual 3 menunjukkan hasil data cerapan nilai purata kebisingan trafik di 15 buah stesen persampelan dengan masing-masing adalah pada waktu bekerja dan tidak bekerja dalam nilai Leq. Dengan merujuk kepada Jadual 2, nilai bacaan min, max dan purata aras bunyi trafik di sebelah pagi adalah masing-masing dalam unit dBA iaitu 69.2, 79.0 dan 75.1 untuk hari bekerja manakala pada waktu tengah hari, nilai bacaan min, max dan purata adalah 70.6, 78.1 dan 74.9 dBA. Seterusnya, bagi sesi sebelah petang pula, bacaan min, max dan purata aras bunyi adalah masing-masing 69.9, 80.2 dan 75.2.

Bagi cerapan pada waktu malam pula, nilai min, max dan purata aras bunyi ialah 69.9, 76.6 dan 73.2 pada hari bekerja. Stesen yang menerima aras kebisingan trafik yang tertinggi pada waktu pagi, tengah hari, petang dan malam pada waktu bekerja adalah masing-masing melibatkan stesen S2, S5, S15 dan S2. Stesen yang menerima aras bunyi yang terendah pula adalah S13 (pagi), S10 (tengah hari), S12 dan S13 (petang) dan stesen S15 (malam) pada waktu bekerja.

Berdasarkan kepada Jadual 3, nilai aras bunyi yang tertinggi pada waktu pagi, tengah hari, petang dan malam hari tidak bekerja adalah masing-masing melibatkan S5, S5, S15 dan S3.

Stesen yang merekodkan bacaan nilai aras purata (Leq) terendah adalah melibatkan stesen cerapan S13 (pagi), S4 (tengah hari), S12 (petang) serta S13 dan S11 (malam).

JADUAL 2. Nilai bacaan aras purata bunyi trafik pada hari bekerja

No Stesen	Nilai Aras Purata Bunyi Hari Bekerja (Leq)			
	Pagi	Tengah Hari	Petang	Malam
S1	75.2	75.6	73.5	70.6
S2	79.0	76.7	76.1	76.6
S3	76.3	74.1	76.5	76.1
S4	73.7	73.3	74.3	75.2
S5	77.4	78.1	78.1	73.4
S6	77.1	77.5	79.3	72.7
S7	77.1	77.4	80.2	74.6
S8	77.0	77.9	74.5	72.9
S9	74.9	72.6	75.2	72.8
S10	73.6	70.6	73.2	72.2
S11	72.9	73.0	72.4	72.5
S12	70.9	72.1	69.9	72.4
S13	69.2	75.2	69.9	74.8
S14	75.4	74.8	79.9	70.6
S15	76.7	75.6	80.2	69.9

JADUAL 3 . Nilai bacaan aras purata bunyi trafik pada hari tidak bekerja

No Stesen	Nilai Aras Purata Bunyi Hari Tidak Bekerja (Leq)			
	Pagi	Tengah Hari	Petang	Malam
S1	75.8	74.8	73.5	68.9
S2	79.7	78.1	78.9	73.3
S3	73.5	75.1	75.4	76.9
S4	73.5	71.4	71.7	69.9
S5	80.8	79.8	80.3	74.3
S6	78.3	75.4	80.4	72.6
S7	78.1	73.4	80.0	75.5
S8	76.8	79.1	73.1	71.5
S9	75.5	73.8	75.3	73.6
S10	75.4	72.3	74.3	73.2
S11	73.5	75.7	72.3	68.0
S12	74.3	73.2	70.1	70.8
S13	73.0	77.1	70.1	69.2
S14	76.5	76.2	77.7	73.0
S15	77.4	75.6	80.7	69.6

#### PERBANDINGAN ARAS KEBISINGAN MENGIKUT HAD PIAWAIAN

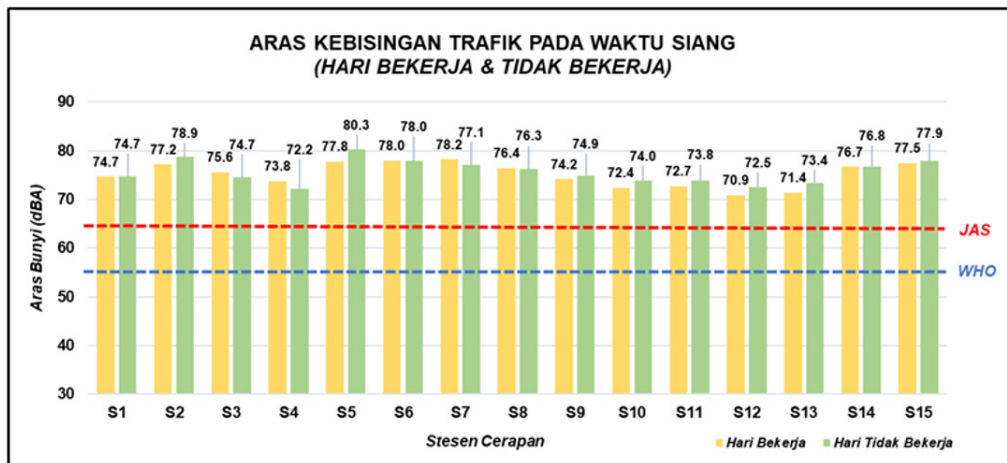
Satu analisa perbandingan dibuat ke atas data cerapan siang dan malam pada waktu bekerja dan tidak bekerja bagi setiap stesen persampelan yang terlibat seperti yang ditunjukkan pada Rajah 3 dan Rajah 4. Aras kebisingan trafik pada

waktu siang bagi setiap stesen cerapan adalah melebihi tahap kebisingan yang dihadkan oleh Jabatan Alam Sekitar (JAS) iaitu 65 dBA dan *World Health Organization* (WHO) dengan had aras bunyi 55 dBA bagi kategori kawasan gunatanah bandar dan komersial. Tahap bacaan aras kebisingan yang tertinggi (Leq) pada hari bekerja dan hari tidak bekerja di siang hari adalah masing – masing dengan nilai 78.2 (S7) dan 80.3 dBA (S5). Jika dibandingkan nilai tahap kebisingan tersebut, hari tidak bekerja adalah melebihi daripada hari bekerja pada siang hari. Ini kerana aliran trafik di stesen 5 merupakan laluan kepada kenderaan bermotor terutamanya lori yang memasuki kawasan perindustrian Kulim Hi-Tech, di mana kilang- kilang di kawasan ini masih beroperasi walaupun pada hari tidak bekerja.

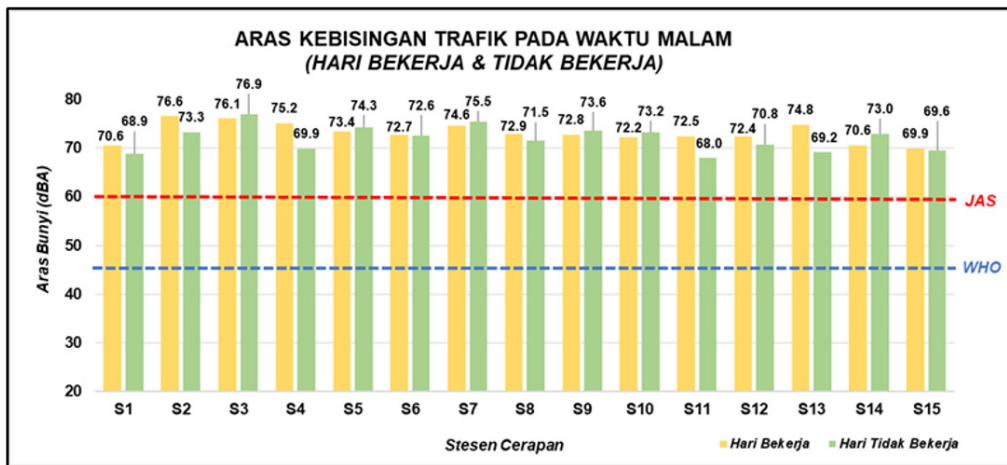
Selain itu, aras kebisingan trafik yang direkodkan pada waktu sebelah malam hari bekerja dan hari tidak bekerja turut melebihi had yang ditetapkan oleh JAS dan WHO iaitu masing-masing dengan had aras bunyi 60 dan 45 dBA seperti yang dipamerkan pada Rajah 4. Bacaan aras kebisingan yang tertinggi direkodkan pada hari bekerja dan tidak bekerja pada waktu malam masing-masing dengan nilai bacaan 76.6 dan 76.9 dBA yang melibatkan lokasi cerapan di stesen 2 dan 3. Berdasarkan kepada kedudukan geografi, stesen 2 dan 3 terletak di laluan utama ke Hospital Kulim serta laluan keluar masuk ke kawasan komersial, institusi pengajian serta kawasan perumahan dan perindustrian.

Merujuk kepada aras bacaan aras kebisingan trafik yang direkodkan melalui pengukuran di lapangan, terdapat tiada perbezaan yang ketara diantara hari bekerja dengan hari tidak bekerja. Masing-masing merekodkan bacaan aras pencemaran bunyi yang melebihi piawaian JAS dan WHO. Malah bacaan aras trafik hari tidak bekerja lebih tinggi berbanding pada hari bekerja pada waktu siang mahupun malam. Hasil keputusan diperolehi ini selari dengan dapatan kajian yang dicapai oleh Rosehan & Abas (2019), di mana nilai purata aras kebisingan tertinggi bagi kawasan pusat bandar ialah 74.0 dBA pada hari hujung minggu, mengatasi purata tertinggi pada hari bekerja iaitu 73.0 dBA.

Berdasarkan kepada data-data cerapan yang diperolehi ini, ianya amat berguna sebagai rujukan dan panduan dalam merangka atau meminda peraturan mengenai had kebisingan untuk kawasan bandar di Malaysia pada masa hadapan. Analisis ini juga akan dapat membantu para penyelidik dan pembuat dasar, terutamanya bagi mereka yang terlibat secara langsung dengan pencemaran bunyi penilaian kesan alam sekitar (EIA) dengan Jabatan Alam Sekitar, Malaysia.



RAJAH 3. Tahap bunyi bising trafik (Leq) hari bekerja dan tidak bekerja waktu siang



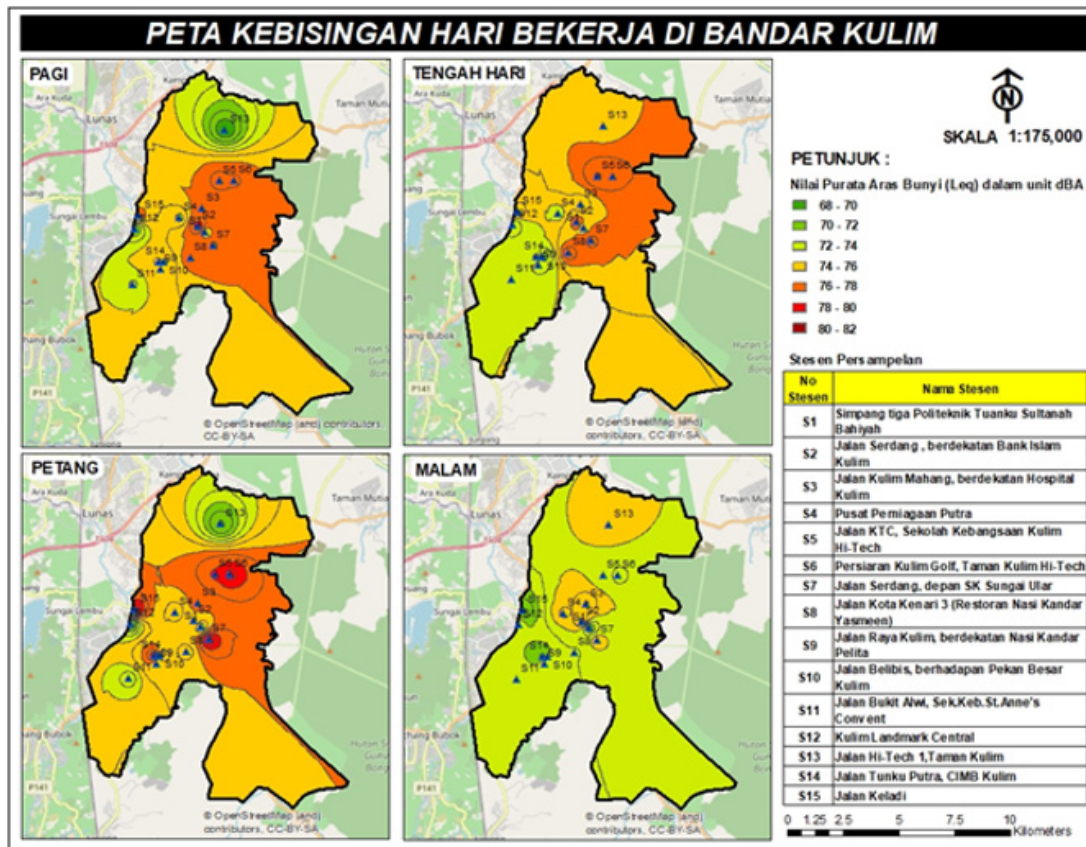
RAJAH 4. Tahap bunyi bising trafik (Leq) hari bekerja dan tidak bekerja waktu malam

PETA DISTRIBUSI ARAS KEBISINGAN HARI BEKERJA DAN HARI TIDAK BEKERJA

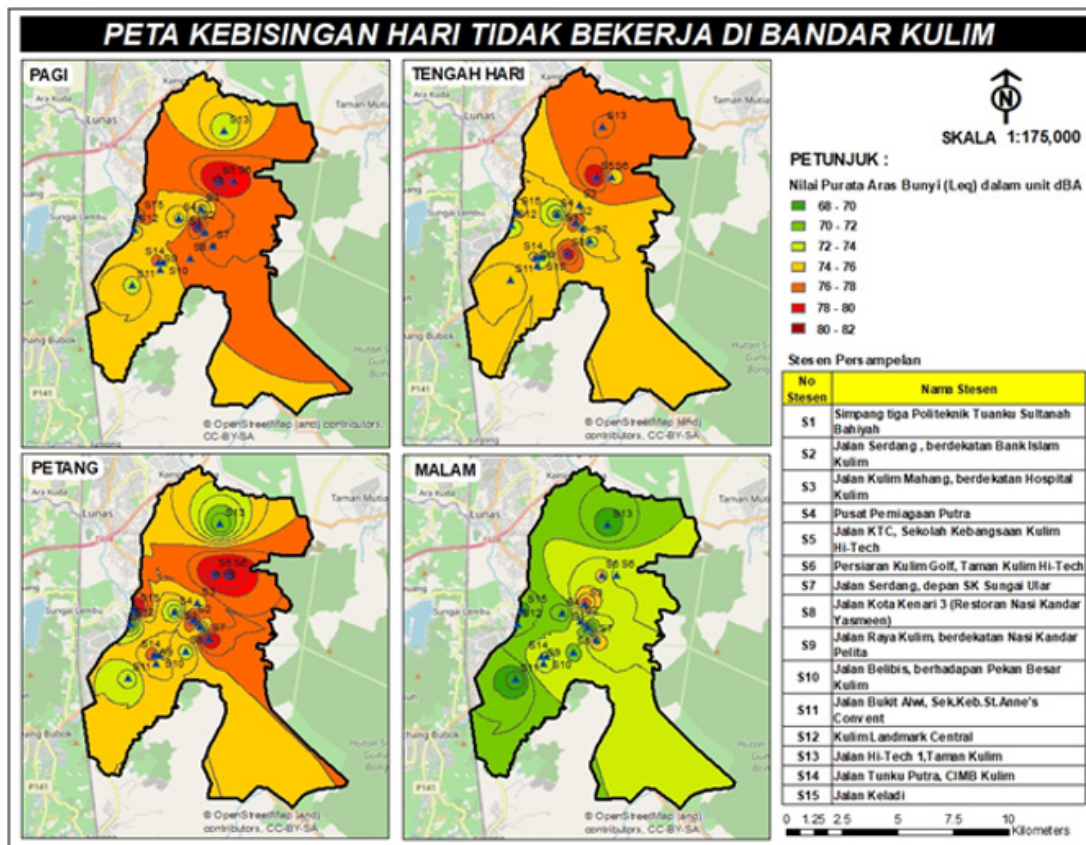
Rajah 5 dan Rajah 6 masing-masing menunjukkan peta kebisingan pada hari bekerja dan hari tidak bekerja mengikut waktu pagi, tengah hari, petang dan malam. Berdasarkan kepada rajah tersebut, nilai purata aras kebisingan (Leq) yang dicerap di stesen persampelan ditunjukkan dalam paparan peta yang mempunyai tujuh (7) pengkelasan iaitu 68-70 dBA, 70-72 dBA, 72-74 dBA, 74-76 dBA, 76-78 dBA, 78-80 dBA dan 80-82 dBA. Kawasan yang menerima tahap kebisingan yang tertinggi diwakili dengan ton warna merah tua manakala kawasan yang menerima aras kebisingan yang terendah pula diwakili dengan ton warna hijau tua berdasarkan kepada sumber stesen persampelan.

Dengan merujuk kepada Rajah 5, aras kebisingan trafik yang dicatatkan di sekitar bandar kulim menunjukkan

pola taburan yang tidak statik dan berubah-ubah mengikut masa dan tempat dengan bacaan purata aras bunyi (Leq) rata-rata dalam lingkungan 68 dBA sehingga 82 dBA. Waktu pagi, tengah hari dan petang menunjukkan pola taburan pencemaran yang berbeza aras kebisingan dan kebanyakannya berada pada tahap yang tinggi. Aras kebisingan yang paling tinggi direkodkan adalah di sebelah petang waktu bekerja, di mana melibatkan stesen 12 dan 8 dengan nilai aras purata pada lingkungan 80-82 dBA. Kawasan yang terjejas adalah di sekitar kawasan Kulim Landmark Central dan Jalan Kota Kenari 3, berhampiran dengan Restoran Nasi Kandar Yasmeen manakala stesen 13 pula mencatatkan nilai purata aras bunyi yang terendah iaitu sekitar lingkungan 68-70 dBA pada waktu bekerja. Lokasi stesen 13 adalah berdekatan dengan kilang osram yang melibatkan jalan bersimpang 4. Walaubagaimanapun, keadaan kebisingan trafik semakin berkurangan apabila menjelang waktu malam.



RAJAH 5. Peta Kebisingan Hari Bekerja Di Bandar Kulim



RAJAH 6. Peta Kebisingan Hari Tidak Bekerja Di Bandar Kulim

Pada hari tidak bekerja pula, taburan tahap pencemaran bunyi adalah berbeza di antara satu sama lain pada waktu pagi, tengah hari, petang dan malam. Stesen persampelan 5, 6 dan 12 mencatat aras kebisingan yang tinggi pada waktu petang berbanding dengan waktu yang lain iaitu dalam lingkungan bacaan bunyi 80-82 dBA. Seterusnya, aras kebisingan yang rendah direkod melibatkan stesen 7, 11, 12 dan 13 pada sebelah malam dalam lingkungan 68-70 dBA. Walaubagaimanapun, tahap bunyi ini masih melebihi piawaian yang ditetapkan oleh JAS mahupun WHO iaitu masing-masing 60 dan 45 pada hari tidak bekerja. Salah satu sebab utama tahap kebisingan tinggi berlaku pada stesen-stesen ini adalah disebabkan oleh tempat-tempat tersebut yang merupakan tumpuan kawasan perdagangan. Selain itu, kepadatan bangunan di sekitar titik-titik ini yang sejajar dengan jalan, tiada penghadang hingar dan kekurangan kawasan hijau menyebabkan nilai bunyi tinggi untuk dihasilkan.

Pola ruangan pencemaran kebisingan ini adalah ditentukan melalui kaedah interpolasi IDW, di mana nilai aras kebisingan di kawasan yang tidak dicerap adalah berdasarkan kepada kedudukan stesen yang dipilih di sekitar kawasan kajian. Menurut Haslina et al., (2015), teknik ini membolehkan pengukuran sesuatu fenomena dengan mengambil kira nilai titik persampelan yang telah dicerap di sesuatu kawasan dan seterusnya dapat meramalkan nilai baharu bagi keseluruhan kawasan tersebut. Ianya dilihat sebagai satu kaedah mudah tanpa memerlukan pertambahan stesen cerapan yang menyebabkan peningkatan kos dan masa. Asas utama teknik IDW adalah berdasarkan kepada konsep Spatial Autocorrelation, di mana penentuan nilai data pada sesuatu lokasi baru adalah berdasarkan hubungkait dan jarak di antara lokasi yang ditentukan dengan sampel titik yang telah dicerap atau yang mempunyai nilai. Oleh yang demikian, titik persampelan yang terletak jauh dari stesen persampelan mempunyai pemberat yang lemah dan berkurang. Ini menunjukkan bahawa kedudukan titik persampelan yang berada dalam jarak yang dekat atau hampir di antara satu sama lain dalam sesuatu kawasan secara langsung akan mempunyai ciri dan sifat yang sama. Hasil yang akan dihasilkan adalah dalam bentuk data raster GRID.

Meskipun terdapat pelbagai kaedah interpolasi yang lain seperti Kriging, Radial Basis Function (RBF) dan Spline, namun teknik interpolasi IDW lebih sesuai digunapakai untuk memaparkan taburan keruangan aras kebisingan di kawasan kajian. Ini adalah merujuk kepada ciri-ciri taburan sampel titik stesen yang rawak serta kedudukannya yang berada di atas permukaan bumi yang tidak rata dengan jaraknya yang tidak sama. Ini menunjukkan terdapat sedikit perbezaan dengan kaedah permodelan geostatistik yang lain. Kriging kebiasaannya

digunakan dalam kajian sains tanah dan geologi. Teknik ini juga lebih sesuai diaplikasikan apabila pengkaji mengetahui terdapat bias terarah (directional bias) di dalam data tersebut.

Bagi kaedah interpolasi Spline pula, ianya menganggarkan nilai menggunakan fungsi matematik yang meminimumkan kelengkungan permukaan keseluruhan dan seterusnya menghasilkan permukaan yang rata di mana melalui titik input. Fungsi interpolasi RBF pula digunakan untuk menghasilkan permukaan rata dari sebilangan besar titik-titik data. Alat geostatistik ini menghasilkan keputusan yang baik untuk permukaan yang berbeza-beza seperti ketinggian. Walau bagaimanapun, teknik ini tidak sesuai apabila terdapat perubahan besar berlaku pada nilai permukaan bagi jarak yang pendek atau apabila terdapat kesalahan pengukuran atau ketidakpastian terhadap data sampel.

Berdasarkan kepada kajian yang dijalankan oleh Nejad et al., (2019), teknik IDW dapat menggambarkan realiti yang lebih baik untuk pengukuran tahap pencemaran kebisingan berbanding kaedah interpolasi Kriging. Namun, dapatan ini berbeza dengan kajian yang dilakukan oleh Bostanci, (2018), di mana mendapati bahawa kaedah RBF merupakan teknik permodelan terbaik dalam memaparkan peta pencemaran bunyi bagi permukaan tanah yang rata berbanding teknik IDW dan Kriging.

Secara asasnya, prinsip pengurangan bunyi adalah berkadar terus dengan jarak sumber bunyi, semakin jauh sumber bunyi, maka semakin berkurangan bunyi yang dikesan. Ianya juga boleh berubah mengikut masa dan kawasan. Menurut Wu & Hung (2016), tidak ada penentuan khusus mengenai teknik interpolasi ruang yang terbaik untuk situasi tertentu walaupun beberapa saranan umum pengkaji-pengkaji telah diterbitkan. Maka, adalah penting untuk menilai dan memahami ketepatan dan kebolehpercayaan data permukaan yang dihasilkan daripada teknik interpolasi yang digunakan. Bilangan dan pengagihan taburan titik kawalan sangat mempengaruhi ketepatan data permukaan yang dihasilkan.

## PERBINCANGAN DAN KESIMPULAN

Dapatan kajian ini menunjukkan kepentingan peranan pihak-pihak yang berkaitan dalam mengawal pelepasan bunyi bising di sekitar kawasan kajian. Setiap perancangan pembangunan dan pelaksanaan undang-undang serta kaedah kawalan haruslah dipergiatkan dan berterusan. Kesedaran terhadap kepentingan alam sekitar melalui pendidikan sama ada secara formal atau tidak formal perlu dilakukan agar semua lapisan masyarakat memahami isu berkaitan alam sekitar secara amnya dan kebisingan trafik secara khususnya. Antara langkah bagi mengatasi



pencemaran bunyi di kawasan kajian adalah melalui kaedah perancangan guna tanah. Pengubalan polisi menerusi pembentukan rancangan pembangunan serta sistem kawalan pembangunan yang bertindak sebagai agen pelaksanaan dan polisi yang digariskan dalam rancangan pembangunan boleh dijalankan.

Selain itu, penyemakan semula pengezonan guna tanah, penyediaan halangan seperti tembok dan penanaman pokok, penetapan had paras bunyi mengikut zon guna tanah dan pengurusan lalu lintas yang berkesan seperti menghadkan tempoh masa laluan kepada kenderaan berat atau menyediakan laluan yang jauh dari kawasan perumahan serta menyediakan laluan khas yang melibatkan perjalanan terus tanpa melalui pusat bandar. Pemasangan penghadang hinggar di sekitar stesen yang terjejas dapat mengatasi pencemaran bunyi. Namun, jenis penghadang bunyi bising yang hendak dipasang bergantung pada tahap bunyi bising yang diterima di kawasan tersebut. Pembinaan tempok mampu mengurangkan bunyi bising sebanyak 10-15 dBA. Walaubagaimanapun, kriteria ketinggian, tebal dan jenis tembok perlu diambil kira dalam faktor pemilihan tembok yang akan dipasang di jajaran jalan yang terjejas.

Pengurangan bunyi juga boleh dilakukan melalui kaedah tanaman pokok di sepanjang laluan trafik yang terjejas. Menurut Ow & Ghosh (2017), kebisingan lalu lintas dapat dikurangkan sebanyak 50% dengan intensiti tumbuh-tumbuhan pada tahap minimum hingga sederhana. Tiada peningkatan terhadap aras kebisingan sekiranya menggunakan tumbuh-tumbuhan yang mempunyai intensiti yang lebat.

Selain itu, masalah pencemaran ini dapat diatasi dengan pengawalan sumber pengeluaran bunyi iaitu dengan meneliti dan menilai penggunaan bahan tayar kenderaan bermotor yang berupaya mengurangkan geseran dan dengungan. Pengantian kepada jenis bahan serta bercirikan teknologi hijau bagi pembinaan jalan raya juga dapat membantu bagi mengurangkan pencemaran bunyi trafik.

Di samping itu, beberapa cadangan penambahbaikan terhadap kajian ini adalah termasuk meningkatkan bilangan titik persampelan agar lebih padat dan sekata supaya lebih banyak data dapat dikumpulkan. Ini kerana ketepatan melalui kaedah interpolasi bergantung kepada bilangan sampel yang dicerap dilapangan dan jarak bagi setiap stesen persampelan juga mempengaruhi pola taburan kawasan pencemaran bunyi bising. Selain itu, pengkaji yang lain uga boleh mengkaji pola ruangan pencemaran melalui model-model yang berbeza agar dapat menilai keputusan yang lebih tepat dan disokong dengan verifikasi di lapangan.

Kajian ini menunjukkan penggunaan teknik pemodelan geostatistik IDW dapat mengoptimumkan kualiti kajian kesan kebisingan trafik melalui visualisasi peta dan berkemampuan untuk menganalisa tahap kebisingan di

jalan raya dengan lebih mudah dan cepat. Secara keseluruhannya, dapatan kajian menunjukkan bahawa nilai purata kebisingan trafik di kawasan bandar Kulim melebihi had piawaian yang ditetapkan oleh JAS dan WHO. Aras kebisingan yang direkodkan di 15 stesen persampelan pada hari tidak bekerja adalah melebihi daripada hari bekerja pada waktu siang mahupun di malam hari dengan nilai bacaan yang direkodkan masing-masing adalah 78.2 & 80.3 dBA dan 76.6 & 76.9 dBA.

Meskipun Jabatan Alam Sekitar (JAS) telah meletakkan beberapa panduan khusus mengenai skop kerja yang perlu dipatuhi bagi aspek kebisingan dalam penilaian kesan alam sekitar, masalah pencemaran bunyi trafik yang berlaku di kawasan bandar akibat daripada proses pembangunan dan pemandaran ini sememangnya sukar untuk dielakkan. Walaubagaimanapun, isu ini tidak boleh dipandang enteng oleh mana-mana pihak kerana ia merupakan ancaman dalam senyap yang dapat memberi kesan kepada manusia serta alam sekitar. Perkara ini hendaklah ditangani demi kesejahteraan masyarakat melalui langkah mitigasi yang berkesan sekaligus dapat merealisasikan dasar pembangunan mampan sedunia.

#### PENGHARGAAN

Penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada Politeknik Tuanku Sultanah Bahiyah (PTSB) atas sokongan peralatan yang digunakan sepanjang kajian dijalankan.

#### PENGISYTIHARAN KEPENTINGAN BERSAING

Tiada.

#### RUJUKAN

- Azlan Abas, Azahan Awang & Jamaluddin Md Saad. 2017. Impak bilangan kenderaan terhadap pencemaran bunyi di Banda Hilir, Melaka. *Malaysian Journal of Society and Space* 13(4): 47–55.
- Bostanci, B. 2018. Accuracy assessment of noise mapping on the main street. *Arabian Journal of Geosciences* 11(1): 1–12.
- Brown, A.L. 2015. Effects of road traffic noise on health: From burden of disease to effectiveness of interventions. *Procedia Environmental Sciences* 30(2015): 3–9.
- Cai, M., Zou, J., Xie, J. & Ma, X. 2015. Road traffic noise mapping in Guangzhou using GIS and GPS. *Applied Acoustics* 87: 94–102.
- Haliza Abdul Rahman. 2021. Awas kebisingan berterusan. Sinar Harian. <https://www.sinarharian.com.my/article/124055/KHAS/Pendapat/Awas-kebisingan-berterusan>

- Kapoor, N. 2014. Translational research in environmental and occupational stress. *Translational Research in Environmental and Occupational Stress* 155–167.
- Khan, J., Ketznel, M., Kakosimos, K., Sørensen, M. & Jensen, S.S. 2018. Road traffic air and noise pollution exposure assessment – A review of tools and techniques. *Science of the Total Environment* 634: 661–676.
- Luqmanulhakim Abdul Rahim, Mohmadisa Hashim & Nasir Nayan. 2011. Road traffic noise pollution and its management in Tanjong Malim, Perak. *Journal of Techno-Social* 3(2): 1–12.
- Nejad, P.G., Anuar Ahmad & Irina Safitri Zen. 2019. Assessment of the interpolation techniques on traffic noise pollution mapping for the campus environment sustainability. *International Journal of Built Environment and Sustainability* 6(1–2): 147–159.
- Nor Eliani Ezani. 2019. Zon Pelepasan Rendah, Suatu Inisiatif Menangani Pencemaran Udara. Berita Harian. [https://upm.edu.my/article/zon\\_pelepasan\\_rendah\\_suatu\\_inisiatif\\_menangani\\_pencemaran\\_udara-53429](https://upm.edu.my/article/zon_pelepasan_rendah_suatu_inisiatif_menangani_pencemaran_udara-53429)
- Nur Shazwanie Rosehan & Azlan Abas. 2019. Pencemaran bunyi bising trafik di bandar Batu Pahat, Johor (Traffic noise pollution in Batu Pahat, Johor). *Akademika* 89(2): 97–109.
- Ow, L.F. & Ghosh, S. 2017. Urban cities and road traffic noise: Reduction through vegetation. *Applied Acoustics* 120: 15–20.
- Pal, D. & Bhattacharya, D. 2012. Effect of road traffic noise pollution on human work efficiency in government offices, private organizations, and commercial business centres in Agartala City using fuzzy expert system: A case study. *Advances in Fuzzy Systems* 2012.
- Park, T., Kim, M., Jang, C., Choung, T., Sim, K. A., Seo, D. & Chang, S.II. 2018. The public health impact of road-traffic noise in a highly-populated city, Republic of Korea: Annoyance and sleep disturbance. *Sustainability (Switzerland)* 10(8).
- Rohayu Arifin, Mohmadisa Hashim, Mohamad Suhaily Yusri Che Ngah, Nasir Nayan & Yazid Saleh. 2015. Tahap kebisingan trafik dan kesannya terhadap persekitaran pengajaran-pembelajaran sekolah di pusat bandar Kuala Terengganu. *Geografia : Malaysian Journal of Society and Space* 11(4): 10–23.
- Siti Haslina Mohd Shafie & Mastura Mahmud. 2015. Analisis pola taburan reruang PM 10 dan O 3 di Lembah Klang dengan mengaplikasikan teknik Geographic Information System (GIS) (Spatial distribution analysis of PM 10 and O 3 in the Klang Valley using Geographic Information System (GIS)). *Malaysian Journal of Society and Space* 11(3): 61–73.
- Wu, Y.-H. (Eva) & Hung, M.-C. 2016. Comparison of spatial interpolation techniques using visualization and quantitative assessment. In *Applications of Spatial Statistics*: 17–34.
- Zaiton Haron. 2020. Mampukah bilik darjah kedap bunyi bising direalisasi? Utusan Malaysia Online. <https://www.utusan.com.my/gaya/sains/2020/11/sejauh-mana-bilik-darjah-kedap-udara-mampu-direalisasikan/>.