

PERBANDINGAN KUALITI UDARA ANTARA KAWASAN PERINDUSTRIAN PASIR GUDANG DAN AKTIVITI PERTANIAN DI KOTA TINGGI, JOHOR

(Air Quality Differences Between Industrial Pasir Gudang and Agricultural Kota Tinggi, Johor)

Nureen Annisa Shahlan & Mastura Mahmud*

ABSTRAK

Kualiti udara di dua tempat yang berbeza penggunaan guna tanah di Johor dikaji untuk mendapat kepastian sama ada terdapat perbezaan antaranya. Pasir Gudang didominasi oleh kegiatan perindustrian, dengan nilai *Enhanced Vegetation Index* (EVI) antara 0.14 hingga 0.16 mewakili kawasan yang kurang ketumpatan tumbuhan manakala EVI lebih tinggi antara 0.42 hingga 0.65 terdapat di Kota Tinggi. Data kualiti udara seperti zarah terampai (PM₁₀), Indeks Pencemaran Udara (IPU), gas nitrogen dioksida, sulfur dioksida, ozon dan karbon monoksida dianalisis melalui kaedah statistik deskriptif dan ujian-t. Kualiti udara di Pasir Gudang ternyata lebih tercemar berbanding Kota Tinggi, kecuali untuk gas ozon yang lebih tinggi di Kota Tinggi kerana pelepasan bahan sebatian organik meruap daripada tumbuhan kelapa sawit menghasilkan ozon melalui reaksi kimia dalam kehadiran matahari. Selain itu, fenomena jerebu rentas sempadan pada tahun 2013 menyebabkan kemerosotan kualiti udara dengan bacaan tertinggi PM₁₀ di Pasir Gudang sebanyak 459 µg/m³ berbanding 438 µg/m³ di Kota Tinggi, manakala bacaan tertinggi pada 2015 adalah 351 µg/m³ (Pasir Gudang) berbanding 244 µg/m³ di Kota Tinggi. Nilai harian tinggi ini melebihi had kriteria *New Malaysian Ambient Air Quality Standard* (2020) di samping mencapai tahap IPU merbahaya pada 2013 dan sangat tidak sihat pada 2015. Terdapat perbezaan kualiti udara antara kedua tempat ketika tiada jerebu, manakala sewaktu peristiwa jerebu pada 2013 nilai IPU dan PM₁₀ adalah daripada populasi yang sama. Hasil kajian ini boleh membantu pihak pembuat dasar dan orang awam berkenaan betapa tercemarnya udara ambien apabila jerebu rentas sempadan berlaku yang memudaratkan kesihatan mereka di samping juga kesedaran terhadap tahap kualiti udara dalam keadaan tanpa jerebu.

Kata kunci: kualiti udara, pencemaran udara, jerebu, Pasir Gudang, Kota Tinggi, kegiatan ekonomi

ABSTRACT

Air quality at two different land-use types in Johore is studied to ascertain whether there are differences between them. Low vegetation density with Enhanced Vegetation Index (EVI) from 0.14 to 0.16 represents industrial Pasir Gudang, in contrast to higher EVI (0.42 to 0.65) in agricultural Kota Tinggi. Descriptive statistics and the t-test analysed the air quality differences for pollutants such as suspended particulates (PM₁₀), Air Pollution Index (API), nitrogen dioxide, sulfur dioxide, ozone, and carbon monoxide. Generally, Pasir Gudang is slightly polluted than

Kota Tinggi, except for the higher ozone readings in Kota Tinggi formed from the chemical reactions in the sunlight of volatile organic compounds released by the oil palm vegetation. The air quality deteriorated during the transboundary haze events in 2013 and 2015, with a maximum value of PM₁₀ at 459 µg/m³ in Pasir Gudang and 438 µg/m³ in Kota Tinggi, in contrast to 351 µg/m³ (Pasir Gudang) and 244 µg/m³ in Kota Tinggi in 2015. These daily values exceed the New Malaysian Ambient Air Quality Standard (2020) criteria that concurrently attained dangerous API levels in 2013 and very unhealthy levels in 2015. T-test results show air quality differed between the two locations when there is no haze, however during the haze event in 2013, the average value of API and PM₁₀ indicate the air quality was from the same population. This information may benefit the policymakers and public on how polluted the ambient air is when cross-border haze occurs that can be detrimental to their health thereby increase their awareness of the air quality during haze-free conditions.

Keywords: air quality, air pollutions, haze, Pasir Gudang, Kota Tinggi, economic activities

PENGENALAN

Johor merupakan salah satu negeri yang mempunyai sumbangan ekonomi yang besar kepada negara. Johor terkenal dengan sektor perindustriannya yang maju di samping sektor pertanian dan pelancongan yang dilihat memberikan sumbangan kepada ekonomi Johor. Namun begitu, pembangunan di kawasan perindustrian dan perubahan guna tanah memberi kesan sama ada secara positif atau tidak bukan sahaja terhadap kawasan sekitarnya tetapi merangkumi sosial, ekonomi, persekitaran dan guna tanah (Surya et al. 2020). Pencemaran alam sekitar disebabkan oleh kegiatan manusia sama ada sengaja atau tidak sengaja seperti pelepasan gas pencemaran oleh kilang-kilang ke ruang udara, pembuangan sisa kumbahan, asap kenderaan, pembakaran hutan serta aktiviti yang berkaitan dengan pengaruh manusia (Mahmud & Ab Llah 2010). Aktiviti perindustrian yang dijalankan di Kawasan Perindustrian Pasir Gudang (KPPG), contohnya, dapat mencemarkan kualiti udara kesan daripada pembebasan asap dan bahan pencemar daripada kilang-kilang yang terdapat di kawasan tersebut. Sebaliknya, aktiviti pertanian seperti penanaman kelapa sawit di Kota Tinggi juga boleh menyumbang kepada pencemaran kualiti alam sekitar daripada pencemaran air yang disebabkan oleh racun serangga serta efluen sisa selepas proses mengeluarkan minyak sayuran dari buah sawit daripada kilang kelapa sawit (Kamyab et al. 2018).

Pencemaran udara merupakan sesuatu yang amat membimbangkan kesan daripada aktiviti-aktiviti ekonomi yang dijalankan. Selain itu, Malaysia turut digemparkan dengan kejadian pencemaran sisa kimia di Sungai Kim Kim yang terletak di Pasir Gudang, Johor pada 7 Mac 2019 akibat daripada pembuangan haram sisa kimia di Sungai Kim Kim. Pencemaran ini turut menjejaskan kualiti udara akibat pelepasan asap toksik. Peristiwa pencemaran toksik udara dan bau di Pasir Gudang telah menyebabkan pelajar sekolah mengalami gejala sesak nafas, loya dan muntah (Rohaniza Idris 2019). Pembangunan yang tidak lestari memberi kesan jangka panjang yang negatif terhadap alam sekitar kerana kepadatan industri kimia yang tinggi di Pasir Gudang menjadi penyumbang utama kepada impak keupayaan beban persekitaran termasuk udara, tanah dan sungai (Hasnan 2019). Oleh itu, kegiatan industri yang pesat di Pasir Gudang tanpa kawalan memberi impak kepada kualiti udara dan kesihatan penduduk sekelilingnya.

Pencemaran udara yang tidak terkawal dapat mengakibatkan fenomena jerebu. Pencemaran udara di Malaysia lazimnya berpunca daripada sumber tempatan atau disebabkan jerebu rentas sempadan oleh pembakaran biojisim terbuka (Sentian et al. 2019). Pembakaran hutan secara besar-besaran di Kalimantan, Indonesia sering mengakibatkan fenomena jerebu di Malaysia (Mahmud & Abu Hanifah 2009). Kualiti udara yang merosot dan pencemaran udara yang tidak terkawal dapat memberi kesan kepada perubahan iklim serta memberi impak kepada kesihatan manusia. Banyak bahan pencemar yang boleh memudaratkan kesihatan manusia, contohnya, zarah terampai dapat menembusi sistem pernafasan dan menyebabkan penyakit pernafasan dan penyakit kardiovaskular (Manisalidis et al. 2020).

Pada tahun 2019, negara kita mencatatkan bacaan Indeks Pencemaran Udara (IPU) tertinggi kerana berlakunya peristiwa jerebu rentas sempadan. Bacaan IPU sebanyak 266 merupakan bacaan tertinggi di dunia, diikuti Afrika Selatan (217), Indonesia (207), India (194) dan China dengan bacaan 178 (Huda 2019). Berlainan pula dengan keadaan pada tahun 2020, rentetan daripada isu pandemik COVID-19 yang melanda dunia termasuk Malaysia apabila kerajaan Malaysia melaksanakan Perintah Kawalan Pergerakan (PKP). Kesan daripada pengurangan perjalanan oleh kenderaan dan operasi industri tidak beroperasi sewaktu PKP tersebut, dari bulan Mac hingga Julai 2020 pencemaran udara berkurang sebanyak 45 peratus (Hassan 2020) dan peningkatan IPU bagi bilangan hari 'bersih' sebanyak 26% dan pengurangan bilangan hari 'sederhana' sebanyak 19% (Jabatan Alam Sekitar 2020).

Justeru, penyelidikan mengenai perbezaan kualiti udara kesan daripada kegiatan ekonomi di Pasir Gudang dan Kota Tinggi dilakukan dengan menganalisis tren antara bahan pencemar, nitrogen dioksida (NO₂), sulfur dioksida (SO₂), ozon (O₃), karbon monoksida (CO), zarah terampai (PM₁₀) dan bacaan Indeks Pencemaran Udara (IPU). Kawasan-kawasan tersebut mempunyai dominasi dalam kegiatan ekonomi dan guna tanah yang berbeza. Kota Tinggi lebih tertumpu kepada kegiatan pertanian dan pelancongan manakala Pasir Gudang lebih terarah kepada aktiviti perindustrian dan ekonomi.

METODOLOGI DAN DATA

Data harian sekunder kualiti udara diperolehi daripada Jabatan Alam Sekitar (JAS) merangkumi IPU, CO, NO₂, SO₂, O₃ dan PM₁₀ selama 5 tahun dari tahun 2013 sehingga 2017 bagi Kota Tinggi dan Pasir Gudang. Analisis data menggunakan teknik statistik deskriptif bagi mendapatkan maklumat dan tren bahan pencemar. Selain itu, ujian t turut digunakan untuk menganalisis perbezaan kualiti udara antara Pasir Gudang dengan Kota Tinggi. Majlis Perbandaran Pasir Gudang (MPPG) juga membantu dengan memperuntukkan peta guna tanah, jumlah keseluruhan penduduk di kawasan Pasir Gudang serta senarai nama kilang-kilang yang terdapat di KPPG.

Ketumpatan kehijauan tumbuhan diukur melalui *Enhanced Vegetation Index* (EVI) yang diperolehi daripada data *Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer* (MODIS) pada pelantar satelit Terra dan Aqua (Huete et al. 2006). EVI mengukur kehijauan tumbuhan lebih berkesan di kawasan dengan hutan hujan yang mempunyai kandungan klorofil yang tinggi dan ia lebih peka terhadap perubahan struktur kanopi seperti indeks kawasan daun, jenis kanopi, fisiognomi tumbuhan dan seni bina kanopi (Huete et al. 2002). Pengiraan EVI memperbetulkan aspek litupan tanah di bawah kanopi tumbuhan dengan menggunakan jalur biru untuk menghilangkan sisa

pencemaran atmosfera yang disebabkan oleh asap dan sub-piksel awan cirrus nipis (Huete et al. 2002). Nilai EVI berjulat daripada -0.2 hingga 1 di mana nilai positif (0.3 hingga 1) menandakan kawasan yang diliputi oleh tumbuhan hijau dan berdaun, manakala nilai lebih rendah (0 hingga 0.3) menunjukkan kawasan yang mempunyai sedikit atau tiada tumbuhan (Jiang et al. 2008). Data tahunan EVI dari 2013 hingga 2017 digunakan untuk melihat perbezaan antara kawasan pertanian di Kota Tinggi dan perindustrian di Pasir Gudang.

KAWASAN KAJIAN

Pasir Gudang dan Kota Tinggi terletak di negeri Johor di selatan Semenanjung Malaysia. Johor berkeluasan 19,210 km² dan merupakan negeri kelima terbesar di Malaysia. Pasir Gudang adalah sebuah bandar raya (Suhaini 2020) yang berada di daerah Johor Bahru dan terletak 30 km di timur Johor Bahru (Rajah 1a). Kawasan pentadbiran Pasir Gudang adalah seluas 359.57 km² (Majlis Perbandaran Pasir Gudang 2020). Kawasan Pasir Gudang mempunyai dua kawasan industri utama iaitu Kawasan Perindustrian Pasir Gudang (KPPG) (Rajah 1b) dan Kawasan Perindustrian Tanjung Langsat yang berkeluasan 3.09 km².

Kebanyakan guna tanah di KPPG terdiri daripada kawasan industri dengan hampir 2005 buah kilang berlesen dengan 250 berbasaskan bahan kimia (Shu & Lee 2019). Justeru, tahap kualiti udara yang tercemar di kawasan perindustrian KPPG yang padat pembangunannya akan menjejaskan kesihatan lebih 500,000 penduduk yang tinggal di kawasan perumahan sekelilingnya (Jadual 1 dan Rajah 1b). Jumlah keseluruhan penduduk di kawasan Pasir Gudang telah meningkat dari tahun 2013 dengan jumlah penduduk pada tahun 2019 dianggarkan sebanyak 533,868 orang (Majlis Perbandaran Pasir Gudang 2020). Peningkatan jumlah penduduk di kawasan Pasir Gudang menunjukkan permintaan dalam sektor perindustrian dan tahap kemajuan ekonomi.

Kawasan Pasir Gudang terletak di dalam zon pembangunan Iskandar Malaysia yang dikenali sebagai Zon Ekonomi Utama D yang berteraskan perindustrian dan pengeluaran seperti Taman Perindustrian Pasir Gudang, Kompleks Perindustrian Tanjung Langsat, Pelabuhan Pasir Gudang, dan Pelabuhan Tanjung Langsat. Aktiviti ekonomi utama lebih menumpu kepada industri penapisan minyak palma dan aktiviti-aktiviti hilir termasuk industri berat dan logistik, elektrik dan elektronik, kimia, oleokimia, industri berasaskan makanan dan kejuruteraan serta pelabuhan dan logistik serta pergudangan.

Daerah Kota Tinggi seluas 3488.7 km² (Rajah 1a) merupakan daerah terbesar di Johor dengan 10 buah mukim yang mempunyai lebih 220,800 penduduk (DOSM 2021). Terdapat 26 buah kampung induk Melayu tradisional, 117 buah kampung rangkaian, 29 buah penempatan rancangan tanah FELDA, beberapa kawasan FELCRA dan 5 buah kawasan bandar baru KEJORA serta petempatan orang asli (Majlis Daerah Kota Tinggi 2020). Selain penanaman kelapa sawit, kegiatan pelancongan juga pesat kerana terdapat banyak kawasan hutan rekreasi seperti air terjun serta aktiviti ekonomi lain seperti perlombongan dan perniagaan (Wikipedia 2020). Bagaimanapun, Daerah Kota Tinggi akan berubah dengan kewujudan projek berkaitan minyak dan gas di zon Kompleks Petroleum Bersepadu Pengerang (PIPC) di Pengerang dengan kawasan seluas 9,105 hektar dan merangkumi loji penapisan minyak, petrokimia dan terminal simpanan minyak yang akan meningkatkan ekonomi negeri Johor (Wikipedia 2020).

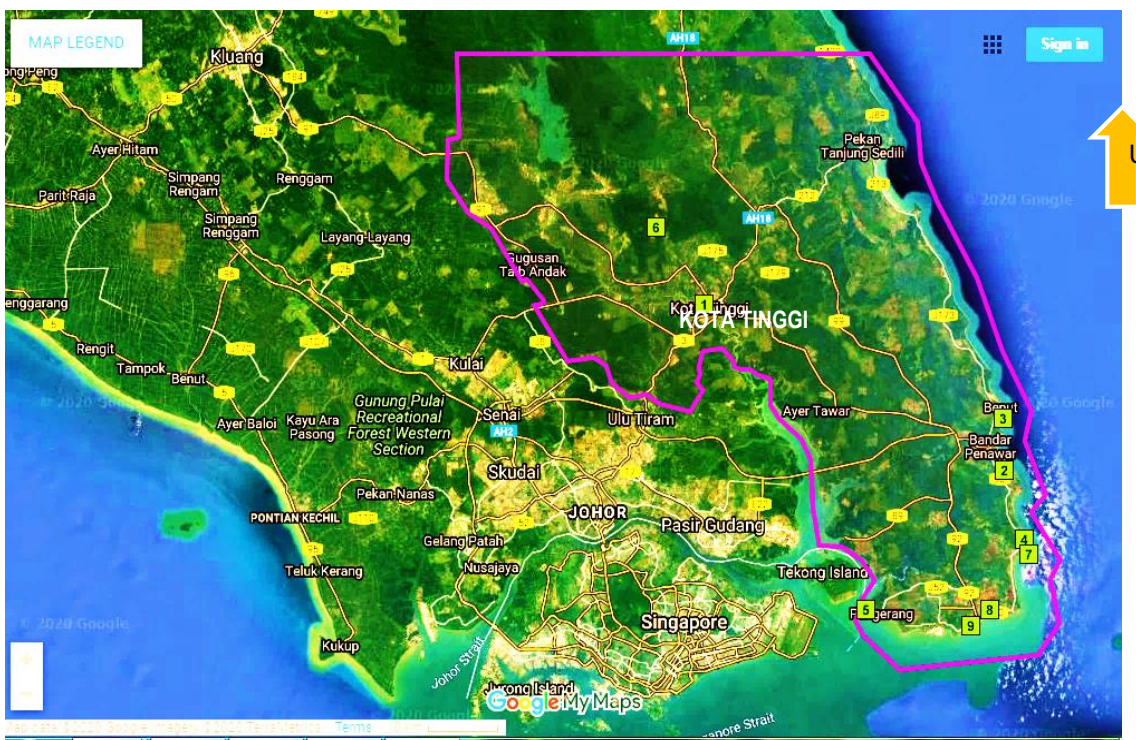
Penduduk di daerah Kota Tinggi kebanyakannya terlibat dengan pertanian terutamanya sebagai peladang Felda, petani/penternak, nelayan, dan pekerja industri (Majlis Daerah Kota Tinggi 2020). Peneroka terlibat dengan aktiviti seperti penanaman semula pokok kelapa sawit bersistematik, industri kampung bersepadu serta pertanian moden dalam Rancangan Malaysia Ke-9. Kebanyakan guna tanah di Daerah Kota Tinggi masih lagi terdiri daripada tanah pertanian kelapa sawit dan tanah hutan rekreasi berhampiran.

Jadual 1: Jumlah keseluruhan penduduk di Kawasan Pentadbiran Pasir Gudang

| Tahun | Melayu | Cina | India | Lain | Bukan Warga | Jumlah |
|-------|---------|---------|--------|-------|-------------|---------|
| 2013 | 123,634 | 69,716 | 14,667 | 1,053 | 18,219 | 227,290 |
| 2014 | 124,826 | 69,826 | 14,814 | 1,120 | 21,160 | 231,700 |
| 2015 | 133,288 | 73,895 | 15,809 | 1,233 | 23,070 | 247,295 |
| 2016 | 192,645 | 106,248 | 22,759 | 1,801 | 34,007 | 357,470 |
| 2017 | 198,931 | 108,832 | 23,463 | 1,852 | 35,106 | 368,185 |
| 2018 | 268,005 | 145,290 | 31,333 | 2,510 | 47,184 | 494,322 |
| 2019 | 288,289 | 154,822 | 32,032 | 2,723 | 53,387 | 533,868 |

Sumber: Majlis Perbandaran Pasir Gudang (2020)

Rajah 1a: Peta Daerah Kota Tinggi yang ditandakan oleh garis merah



Sumber: Google MyMaps 2020

Rajah 1b. Imej satelit Kawasan Perindustrian Pasir Gudang



Sumber: GoogleEarth 2019

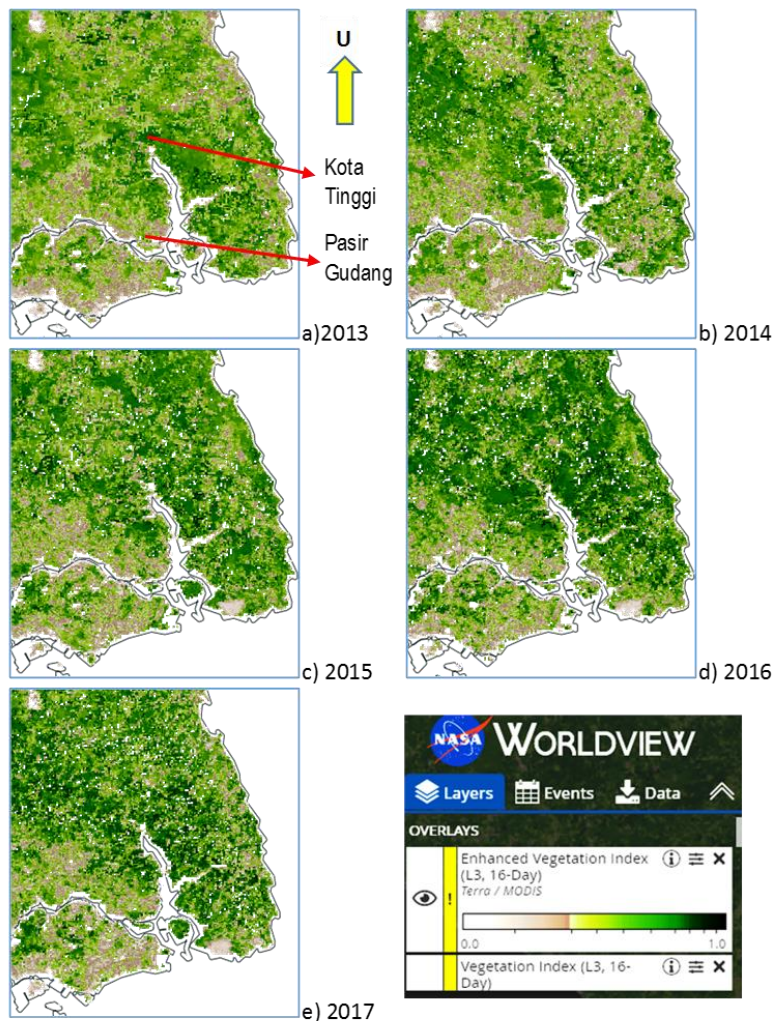
HASIL DAN PERBINCANGAN

Ketumpatan tumbuhan (EVI) tahunan dari 2013 hingga 2017 yang diperolehi daripada imej satelit penderiaan jauh MODIS ditunjukkan pada Rajah 2. Imej yang mempunyai resolusi 250 m menunjukkan ketumpatan tumbuhan yang tidak banyak berubah dengan ketara antara kedua kawasan dari 2013 hingga 2017. Guna tanah di Kawasan Perindustrian Pasir Gudang memaparkan nilai EVI yang rendah dari nilai 0.141 hingga 0.165 yang menandakan bahawa kawasan itu tidak banyak dilitupi tumbuhan hijau, malah agak padat dengan pembangunan yang mempunyai nilai kepantulan yang rendah. Kawasan jejari sepanjang 10 km di sekeliling Kota Tinggi pula mempunyai nilai EVI yang agak tinggi, ber julat antara 0.420 hingga 0.710 yang mewakili kawasan ketumpatan tumbuhan yang padat. Kebanyakan kawasan ini ditanami oleh pokok kelapa sawit, dan perbezaan julat nilai EVI itu disebabkan oleh perubahan fenologi tumbuhan yang dikaitkan dengan fasa pertumbuhan pokok kelapa sawit yang semakin matang dari setahun ke setahun yang juga mempengaruhi fungsi dan produktiviti ekosistem pertumbuhan kelapa sawit itu. Jelaslah bahawa Kawasan Perindustrian Pasir Gudang dan Kota Tinggi mempunyai ketumpatan tumbuhan yang berbeza sepanjang tempoh lima tahun dari 2013 hingga ke 2017.

Bahan pencemar zarah terampai (PM₁₀) dan IPU diutarakan kerana ia adalah petunjuk kualiti udara yang paling ketara. Tren PM₁₀ antara Pasir Gudang dan Kota Tinggi dari tahun 2013 sehingga 2017 menunjukkan secara amnya, purata PM₁₀ di kedua tempat adalah sederhana baik dan kebanyakannya berada di bawah tahap 100 µg/m³ untuk tempoh 24 jam iaitu had kriteria udara ambien yang ditetapkan oleh JAS melalui *New Malaysian Ambient Air Quality Standard* (NMAAQS)(2020). Bagaimanapun, nilai tertinggi setiap tahun telah melebihi had NMAAQS(2020) dan fenomena jerebu rentas sempadan yang berlaku di Malaysia pada 2013 dan

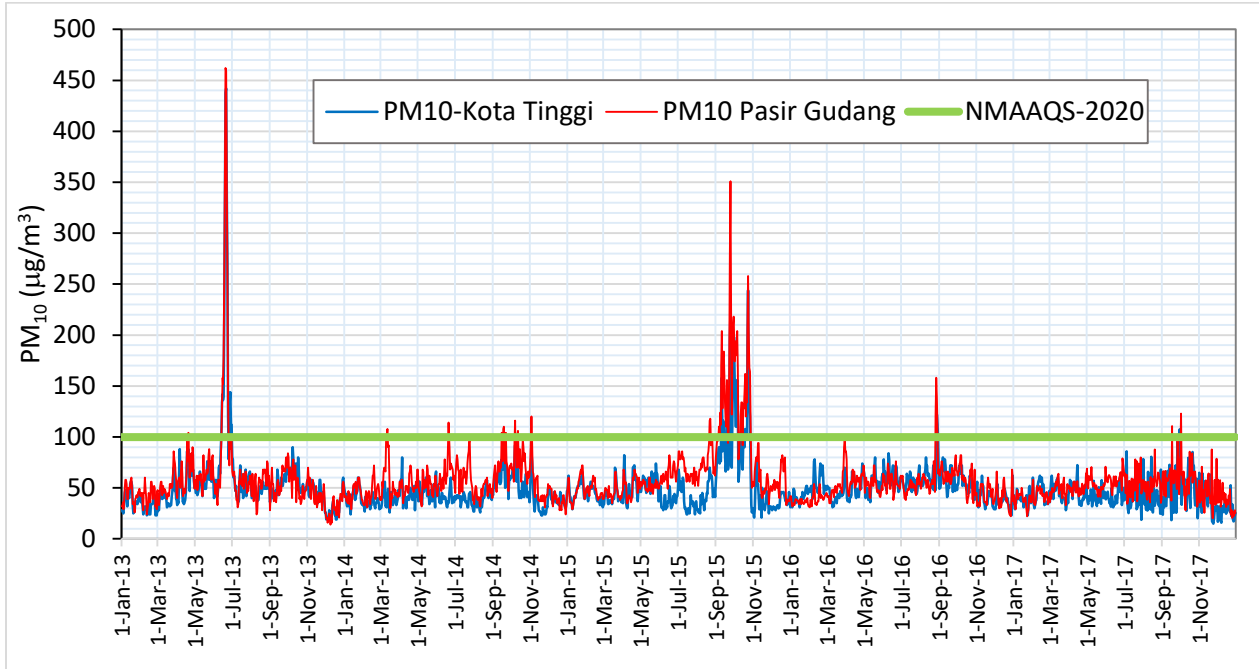
2015 menunjukkan peningkatan yang sangat tinggi dengan bacaan tertinggi pada $462 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (2013) dan $442 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (2015). Kualiti udara (IPU) di Pasir Gudang dan Kota Tinggi mencapai tahap pencemaran yang merbahaya kepada kesihatan selaras dengan bacaan PM_{10} yang tinggi, iaitu 352 dan 327 iaitu (Jadual 2 dan Jadual 3). Rajah 3 memaparkan plot kotak yang menunjukkan nilai purata tahunan PM_{10} adalah rendah dan berlegar di sekitar $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ dengan bacaan di Pasir Gudang sedikit tinggi daripada Kota Tinggi. Terdapat 16 hari pada 2013 di Pasir Gudang yang melebihi nilai NMAAQS-2020, berbanding 12 hari di Kota Tinggi. Pada tahun 2015, had NMAAQS-2020 telah dilepasi sebanyak 29 hari di Pasir Gudang berbanding 50 hari di Kota Tinggi. Bagi kedua tahun, nilai tertinggi PM_{10} di Pasir Gudang masih lebih tinggi daripada di Kota Tinggi.

Rajah 2: *Enhanced Vegetation Index (EVI)* di Pasir Gudang dan Kota Tinggi dari 2013 hingga 2017

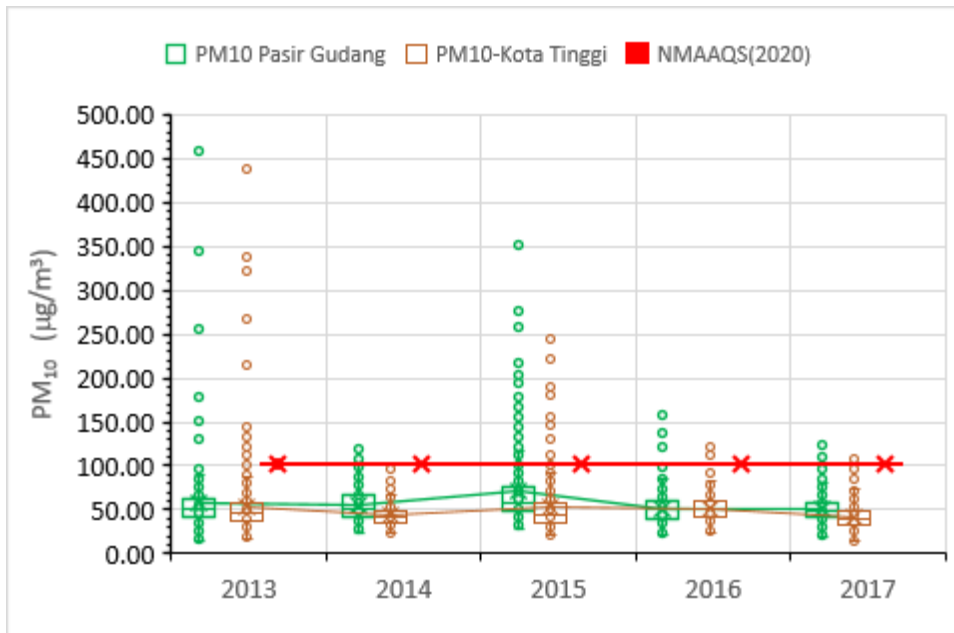


Sumber: Worldview NASA (2020)

Rajah 3: Tren PM₁₀ (µg/m³) di Pasir Gudang dan Kota Tinggi dari 2013 hingga 2017



Rajah 4: Plot kotak untuk PM₁₀ (µg/m³) di Pasir Gudang dan Kota Tinggi



Kepekatan purata gas NO₂, SO₂ dan CO turut menunjukkan bacaan yang lebih tinggi di Pasir Gudang berbanding di Kota Tinggi manakala bacaan purata gas O₃ lebih tinggi di Kota Tinggi (0.042 ppm). Selain itu, nilai pekali ubahan (*Coefficient of Variation, CV*) bagi IPU dan gas-gas bahan pencemar mempunyai nilai lebih besar dari 1 di Pasir Gudang dan Kota Tinggi pada tahun 2013 yang menggambarkan data tersebar jauh daripada nilai purata (Jadual 2 dan Jadual 3). Pada tahun 2014 pula, walaupun tahun ini tidak dianggap mengalami jerebu rentas sempadan yang teruk, namun bacaan IPU bagi Pasir Gudang lebih rendah daripada Kota Tinggi manakala bacaan PM₁₀ tertinggi adalah lebih tinggi di kawasan Pasir Gudang (120 µg/m³) dan Kota Tinggi (104 µg/m³). Bacaan purata untuk gas lain seperti NO₂, SO dan CO adalah lebih tinggi di Pasir Gudang berbanding di Kota Tinggi. Bacaan gas O₃ pula hampir sama antara dua kawasan iaitu 0.042 ppm di Pasir Gudang dan 0.044 ppm di Kota Tinggi. Nilai CV bagi IPU dan gas-gas pencemar bagi kedua- kawasan mencatatkan nilai lebih dari 1, yang menandakan data tersebar jauh dari nilai purata. Hal ini demikian kerana Pasir Gudang mempunyai banyak sektor perindustrian, perkilangan dan aktiviti kenderaan yang aktif yang melepaskan banyak bahan pencemar berbanding Kota Tinggi yang lebih didominasi oleh tumbuhan di hutan rekreasi dan pertanian kelapa sawit.

Bagi tahun 2015, kualiti udara (IPU) mencapai tahap sangat tidak sihat di kawasan Pasir Gudang (201) dan 147 di Kota Tinggi. Bacaan PM₁₀ juga menunjukkan Pasir Gudang mencatatkan bacaan yang lebih tinggi (351 µg/m³) berbanding Kota Tinggi (244 µg/m³) kerana berlakunya fenomena jerebu rentas sempadan. Nilai CV bagi semua bacaan IPU dan gas bahan pencemar di Pasir Gudang dan Kota Tinggi adalah tersebar luas daripada nilai purata kerana jerebu. Begitu juga dengan bacaan purata gas NO₂, SO₂ dan CO adalah lebih tinggi di Pasir Gudang berbanding Kota Tinggi. Tapi, bacaan purata O₃ pula lebih tinggi di Kota Tinggi berbanding Pasir Gudang. Tumbuhan melepaskan sebatian organik meruap (*volatile organic compound, VOC*) yang bertindak balas dengan nitrogen oksida dalam kehadiran cahaya matahari untuk membentuk ozon (Misztal et al. 2011). VOC biogenik seperti isoprene dilepaskan pada kadar 7.8 mg /m²h¹ oleh pokok kelapa sawit untuk perlindungan tanaman terhadap tekanan anoksik (Jardine et al. 2010), tekanan oksidatif (Loreto & Schnitzler 2010), tekanan terma (Behnke et al. 2010), tekanan herbivora (Laothawornkitkul et al. 2008) dan tarikan pendebunga (Misztal et al. 2010). Ini adalah antara punca kenapa gas ozon adalah agak tinggi di kawasan perladangan berbanding dengan kawasan perindustrian seperti di Pasir Gudang.

Selanjutnya, analisis ujian t dengan anggapan varians tidak sama digunakan bagi mengkaji perbezaan tahap kualiti udara antara kawasan Pasir Gudang dan Kota Tinggi. Pernyataan hipotesis nul adalah bahawa tiada perbezaan yang signifikan untuk parameter kualiti udara antara Pasir Gudang dan Kota Tinggi (Jadual 4). Pada tahun 2013, untuk bacaan IPU, nilai t adalah 0.627 dan nilai p yang dihitung sebanyak 0.531 melebihi nilai 0.05 menandakan tiada perbezaan yang signifikan antara kedua kawasan. Bagi PM₁₀ juga tiada perbezaan signifikan wujud. Oleh itu, pada tahun 2013 (tahun berlakunya jerebu rentas sempadan), tahap kualiti udara antara Pasir Gudang dan Kota Tinggi tidak mempunyai perbezaan yang ketara. Parameter ozon juga adalah sama antara kedua kawasan. Seterusnya, pada tahun 2014, hasil ujian t menunjukkan bahawa terdapat perbezaan yang ketara antara kedua kawasan bagi parameter IPU, NO₂, SO₂, O₃, CO dan PM₁₀.

Jadual 2: Hasil analisis statistik deskriptif di Pasir Gudang dari tahun 2013 sehingga 2017

| Tahun | Statistik | IPU | SO ₂ (ppm) | NO ₂ (ppm) | O ₃ (ppm) | CO (ppm) | PM ₁₀ (µg/m ³) |
|-------|------------|--------|-----------------------|-----------------------|----------------------|----------|---------------------------------------|
| 2013 | Purata | 55.46 | 0.01 | 0.03 | 0.042 | 0.94 | 57.88 |
| | Median | 52.00 | 0.01 | 0.03 | 0.037 | 0.81 | 52.00 |
| | Sis Piawai | 29.41 | 0.00 | 0.01 | 0.018 | 0.51 | 44.44 |
| | CV (%) | 53.03 | 73.60 | 45.30 | 42.201 | 54.56 | 76.78 |
| | Julat | 332.00 | 0.02 | 0.08 | 0.100 | 4.14 | 448.00 |
| | Maksimum | 352.00 | 0.02 | 0.09 | 0.108 | 4.41 | 462.00 |
| 2014 | Purata | 53.28 | 0.01 | 0.03 | 0.042 | 0.81 | 55.56 |
| | Median | 52.00 | 0.01 | 0.03 | 0.040 | 0.72 | 52.00 |
| | Sis Piawai | 12.35 | 0.00 | 0.01 | 0.015 | 0.39 | 17.72 |
| | CV (%) | 23.17 | 70.82 | 38.79 | 35.553 | 48.12 | 31.89 |
| | Julat | 62.00 | 0.02 | 0.07 | 0.081 | 2.16 | 96.00 |
| | Maksimum | 90.00 | 0.02 | 0.07 | 0.090 | 2.34 | 120.00 |
| 2015 | Purata | 60.81 | 0.00 | 0.03 | 0.038 | 0.94 | 71.54 |
| | Median | 55.00 | 0.01 | 0.03 | 0.036 | 0.81 | 58.00 |
| | Sis Piawai | 22.56 | 0.00 | 0.01 | 0.014 | 0.45 | 42.42 |
| | CV (%) | 37.11 | 60.53 | 40.20 | 36.999 | 47.69 | 59.29 |
| | Julat | 172.00 | 0.02 | 0.05 | 0.089 | 2.79 | 322.00 |
| | Maksimum | 201.00 | 0.02 | 0.05 | 0.099 | 3.06 | 351.00 |
| 2016 | Purata | 49.93 | 0.01 | 0.02 | 0.025 | 0.84 | 51.53 |
| | Median | 51.00 | 0.00 | 0.02 | 0.027 | 0.72 | 52.00 |
| | Sis Piawai | 11.40 | 0.00 | 0.02 | 0.021 | 0.35 | 15.05 |
| | CV (%) | 22.84 | 63.70 | 84.40 | 82.345 | 42.14 | 29.21 |
| | Julat | 80.00 | 0.02 | 0.12 | 0.092 | 2.16 | 136.00 |
| | Maksimum | 104.00 | 0.02 | 0.12 | 0.092 | 2.16 | 158.00 |
| 2017 | Purata | 54.498 | 0.006 | 0.026 | 0.038 | 1.323 | 50.165 |
| | Median | 56.336 | 0.005 | 0.026 | 0.036 | 1.258 | 49.000 |
| | Sis Piawai | 9.075 | 0.004 | 0.009 | 0.015 | 0.528 | 13.298 |
| | CV (%) | 16.653 | 74.379 | 35.835 | 41.054 | 39.910 | 26.508 |
| | Maksimum | 83.000 | 0.023 | 0.054 | 0.105 | 3.157 | 102.620 |

Selanjutnya, pada tahun 2015, kesemua parameter kualiti udara mempunyai nilai p yang lebih kecil daripada 0.05, menyebabkan hipotesis nul ditolak yang menandakan perbezaan yang ketara antara kedua kawasan. Bacaan IPU dan PM₁₀ di Kota Tinggi adalah agak tinggi kerana fenomena jerebu yang melanda Malaysia. Bagi tahun 2016, terdapat perbezaan yang ketara untuk semua parameter kualiti udara menyebabkan hipotesis nul ditolak. Hanya parameter PM₁₀ menunjukkan perbezaan ketara berbanding parameter lain. Berdasarkan analisis statistik ujian t, hanya tahun 2013 menunjukkan persamaan yang agak ketara untuk IPU, ozon dan PM₁₀ manakala

tahun 2014, 2015, 2016 dan 2017 menunjukkan perbezaan kualiti udara yang ketara antara kedua kawasan.

Jadual 3: Hasil analisis statistik deskriptif di Kota Tinggi dari tahun 2013 sehingga 2017

| Tahun | Statistik | IPU | SO₂ (ppm) | NO₂ (ppm) | O₃ (ppm) | CO (ppm) | PM₁₀ (µg/m³) |
|--------------|------------------|------------|---------------------------------|-----------------------------|----------------------------|---------------------|---|
| 2013 | Purata | 54.11 | 0.00 | 0.01 | 0.042 | 0.54 | 54.23 |
| | Median | 49.00 | 0.00 | 0.01 | 0.038 | 0.45 | 47.00 |
| | Sis Piawai | 28.81 | 0.00 | 0.01 | 0.023 | 0.25 | 42.88 |
| | CV (%) | 53.24 | 75.69 | 60.89 | 60.927 | 46.63 | 79.06 |
| | Julat | 302.00 | 0.01 | 0.03 | 0.155 | 2.34 | 424.00 |
| | Maksimum | 327.00 | 0.01 | 0.03 | 0.155 | 2.61 | 442.00 |
| 2014 | Purata | 48.55 | 0.00 | 0.01 | 0.045 | 0.51 | 43.52 |
| | Median | 46.00 | 0.00 | 0.01 | 0.042 | 0.45 | 41.00 |
| | Sis Piawai | 14.25 | 0.00 | 0.01 | 0.016 | 0.17 | 12.09 |
| | CV (%) | 29.35 | 63.27 | 59.36 | 38.363 | 33.25 | 27.79 |
| | Julat | 110.00 | 0.01 | 0.03 | 0.123 | 1.53 | 81.00 |
| | Maksimum | 135.00 | 0.01 | 0.03 | 0.135 | 1.53 | 104.00 |
| 2015 | Purata | 51.18 | 0.00 | 0.01 | 0.043 | 0.52 | 53.78 |
| | Median | 48.00 | 0.00 | 0.01 | 0.040 | 0.45 | 44.00 |
| | Sis Piawai | 18.97 | 0.00 | 0.01 | 0.015 | 0.31 | 32.43 |
| | CV (%) | 37.06 | 69.68 | 68.75 | 38.050 | 59.21 | 60.30 |
| | Julat | 123.00 | 0.01 | 0.03 | 0.105 | 2.07 | 244.00 |
| | Maksimum | 147.00 | 0.01 | 0.03 | 0.105 | 2.25 | 244.00 |
| 2016 | Purata | 53.26 | 0.00 | 0.01 | 0.045 | 0.47 | 51.19 |
| | Median | 51.00 | 0.00 | 0.01 | 0.040 | 0.45 | 50.00 |
| | Sis Piawai | 15.20 | 0.00 | 0.01 | 0.018 | 0.16 | 13.75 |
| | CV (%) | 28.54 | 69.82 | 60.20 | 45.769 | 34.65 | 26.87 |
| | Julat | 101.00 | 0.01 | 0.04 | 0.128 | 0.90 | 122.00 |
| | Maksimum | 128.00 | 0.01 | 0.04 | 0.128 | 1.08 | 122.00 |
| 2017 | Purata | 54.50 | 0.01 | 0.03 | 0.041 | 1.32 | 50.16 |
| | Median | 56.34 | 0.01 | 0.03 | 0.038 | 1.26 | 49.00 |
| | Sis Piawai | 9.08 | 0.00 | 0.01 | 0.014 | 0.53 | 13.30 |
| | CV (%) | 16.65 | 74.38 | 35.83 | 37.555 | 39.91 | 26.51 |
| | Julat | 105.00 | 0.02 | 0.06 | 0.086 | 3.61 | 122.86 |
| | Maksimum | 105.00 | 0.02 | 0.06 | 0.086 | 3.61 | 122.86 |

Secara keseluruhan, bagi ujian statistik deskriptif, nilai IPU dan PM₁₀ menunjukkan bacaan yang lebih tinggi di Pasir Gudang pada tahun yang tidak berlaku jerebu. Begitu juga dengan gas NO₂, SO₂ dan CO juga lebih tinggi di Pasir Gudang berbanding Kota Tinggi pada

keempat tahun manakala gas O₃ lebih menampakkan nilai yang sedikit tinggi di Kota Tinggi. Kegiatan pertanian dan perindustrian dapat mempengaruhi kualiti udara di sesuatu kawasan. Hasil analisis ujian t menunjukkan bahawa tahun 2013 sewaktu jerebu hebat mempengaruhi kualiti udara secara menyeluruh telah menyebabkan terdapat persamaan terhadap kualiti udara antara kedua tempat, manakala tahun 2014, 2015, 2016 dan 2017 menunjukkan perbezaan yang ketara walaupun tahun 2015 menghadapi jerebu.

Jadual 4: Hasil Ujian t bagi pencemar udara dan IPU antara Pasir Gudang dan Kota Tinggi

| Unsur | Tahun | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 |
|------------------|----------------|-----------|----------|----------|-----------|----------|
| IPU | t Stat | 0.627 | 4.786 | 6.242 | -3.348 | 7.742 |
| | P(T<=t) 1-tail | 0.265 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| | Result p | Terima Ho | Tolak Ho | Tolak Ho | Tolak Ho | Tolak Ho |
| SO ₂ | t Stat | 12.971 | 10.335 | 17.536 | 11.885 | 12.687 |
| | P(T<=t) 1-tail | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| | Result p | Tolak Ho | Tolak Ho | Tolak Ho | Tolak Ho | Tolak Ho |
| NO ₂ | t Stat | 26.532 | 29.107 | 26.167 | 7.433 | 21.702 |
| | P(T<=t) 1-tail | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| | Result p | Tolak Ho | Tolak Ho | Tolak Ho | Tolak Ho | Tolak Ho |
| O ₃ | t Stat | -0.501 | -2.615 | -4.093 | -13.705 | -2.898 |
| | P(T<=t) 1-tail | 0.308 | 0.005 | 0.000 | 0.000 | 0.002 |
| | Result p | Terima Ho | Tolak Ho | Tolak Ho | Tolak Ho | Tolak Ho |
| CO | t Stat | 13.510 | 13.339 | 14.618 | 18.126 | 18.965 |
| | P(T<=t) 1-tail | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| | Result p | Tolak Ho | Tolak Ho | Tolak Ho | Tolak Ho | Tolak Ho |
| PM ₁₀ | t Stat | 1.129 | 10.726 | 6.355 | 0.326 | 7.940 |
| | P(T<=t) 1-tail | 0.130 | 0.000 | 0.000 | 0.372 | 0.000 |
| | Result p | Terima Ho | Tolak Ho | Tolak Ho | Terima Ho | Tolak Ho |

Walaupun impak kepada kesihatan awam tidak dibincangkan, bagaimanapun, kriteria yang telah dihadkan oleh JAS iaitu NMAAQs-2020 untuk PM₁₀, NO₂, SO₂, O₃ dan CO adalah standard primer untuk perlindungan kepada kesihatan manusia terutama mereka yang bergejala asma, kanak-kanak dan warga emas. Begitu juga dengan IPU yang dibangunkan sebagai petunjuk kepada kualiti udara dan impaknya kepada kesihatan manusia (Department of Environment 1997). Penyelidikan untuk kualiti udara di negeri Johor ini telah menunjukkan bahawa dalam tempoh lima tahun dari 2013 hingga 2017, selatan Johor telah mengalami kualiti udara yang secara puratanya adalah baik tetapi terdapat beberapa bacaan yang melepasi kualiti udara tidak sihat berlaku selama beberapa hari terutama apabila peristiwa jerebu rentas sempadan yang mencapai tahap merbahaya (2013) dan tidak sihat pada tahun 2015. Pihak JAS memaparkan nilai IPU dalam talian setiap hari dalam portal APIMS (Air Pollutant Index of Malaysia) sebagai panduan kepada umum untuk mendapatkan nilai kualiti udara semasa. Orang awam harus peka terhadap kualiti

udara di persekitaran mereka terutama berkenaan betapa tercemarnya udara persekitaran sewaktu jerebu atau ketika pencemaran udara yang disebabkan oleh industri seperti di Pasir Gudang yang memudaratkan kesihatan mereka di samping juga kesedaran terhadap tahap kualiti udara dalam keadaan tanpa jerebu. Dengan adanya kelengkapan sistem pengawasan pemantauan kualiti udara secara nyata yang memberi amaran awal sekiranya berlaku insiden pencemaran di Pasir Gudang dan menjadikannya sebagai bandar industri pertama di negara yang dibekalkan sistem amaran pencemaran udara (Noh 2020). Kerjasama antara pihak berkuasa tempatan dalam melaksanakan pemantauan dengan kesedaran penduduk di sekeliling kawasan industri harus dipertingkatkan agar kesejahteraan hidup penduduk serta pencemaran alam yang dikawal selia dapat diseimbangkan.

KESIMPULAN

Hasil kajian telah menunjukkan bahawa ciri guna tanah yang ketara antara dua lokasi di Johor, iaitu KPPG yang mempunyai kepadatan bangunan dan aktiviti perindustrian dan di Kota Tinggi, yang mempunyai pertanian kelapa sawit yang luas mempengaruhi kualiti udara persekitarannya. Pencemaran udara di KPPG adalah lebih tinggi berbanding Kota Tinggi dalam keadaan biasa sewaktu tiada kejadian jerebu rentas sempadan yang hebat. Terdapat perbezaan untuk kesemua parameter kualiti udara antara kedua tempat sewaktu keadaan tanpa jerebu hebat kecuali ketika jerebu teruk pada 2013 untuk parameter IPU, gas ozon dan zarah terampai. Khususnya, peristiwa jerebu rentas sempadan yang teruk pada 2013 telah menyebabkan nilai harian PM_{10} melepasi kriteria NMAAQS (2020) selama 16 hari di Pasir Gudang, berbanding 12 hari di Kota Tinggi. Nilai PM_{10} dan IPU yang tinggi dan hampir sama di kedua tempat telah dibuktikan secara statistik bahawa tiada perbezaan purata untuk kualiti udara antara kedua tempat itu. Nilai-nilai melampau PM_{10} dan IPU yang tinggi selama beberapa hari sewaktu jerebu melepasi 75 persentil telah menguasai keseluruhan data untuk tahun itu dan menjadikan Pasir Gudang dan Kota Tinggi adalah sama untuk IPU, O_3 dan PM_{10} (2013) untuk kedua tempat dan 2016 (untuk PM_{10} sahaja). Bagaimanapun, untuk jerebu 2015 masih memaparkan bahawa kualiti udara antara kedua tempat menunjukkan perbezaan yang signifikan.

Sebagai kesimpulan, kualiti udara di Pasir Gudang dan Kota Tinggi lazimnya berbeza, kecuali dalam keadaan tertentu seperti jerebu rentas sempadan pada tahun 2013. Pasir Gudang yang lebih didominasi oleh aktiviti perindustrian mempunyai kualiti udara yang lebih terjejas berbanding Kota Tinggi yang lebih tertumpu kepada aktiviti pertanian. Ketumpatan tumbuhan yang lebih tinggi di Kota Tinggi melepaskan gas VOC yang mempengaruhi pembentukan gas ozon dalam kehadiran matahari. Hasil penyelidikan ini mengukuhkan dapatan bahawa kawasan KPPG perlu diawasi dan dipantau dengan sistem pengawasan pemantauan kualiti udara automatik agar dapat memberi amaran awal masalah pencemaran di Pasir Gudang demi menjaga kualiti persekitaran terutama kepada penduduk yang tinggi berhampiran KPPG. Kajian berkenaan kesedaran penduduk terhadap persepsi dan kepekaan mereka terhadap kualiti udara berhampiran kawasan KPPG untuk masa hadapan dapat menilai kesejahteraan hidup penduduk di sekitar KPPG dan membantu pihak perancang bandar dalam membentuk dan melaksanakan polisi tambahan di kawasan ini.

RUJUKAN

- Behnke, K., Kaiser, A., Zimmer, I., Bruggemann, N., Janz, D., Polle, A., Hampp, R., Hansch, R., Popko, J., Schmitt-Kopplin, P., Ehling, B., Rennenberg, H., Barta, C., Loreto, F., & Schnitzler, J.-P. (2010). RNAi-mediated suppression of isoprene emission in poplar transiently impacts phenolic metabolism under high temperature and high light intensities: a transcriptomic and metabolomic analysis. *Plant Mol. Biol.*, 74, 61–75.
- Department of Environment. (1997). *A Guide to Air Pollutant Index in Malaysia*. Kuala Lumpur: Department of Environment.
- Hasnan, H. A. (2019). Lebih 2,000 kilang di Pasir Gudang, tapi tiada zon penampan. *AstroAwani*, 28 Jun 2019. <https://www.astroawani.com/berita-malaysia/lebih-2000-kilang-di-pasir-gudang-tapi-tiada-zon-penampan-211250>.
- Hassan, M. S. (2020). KL “ternoda” lagi. *Harian Metro*. 4 Mei 2020. <https://www.hmetro.com.my/utama/2020/05/574325/klternoda-lagi>.
- Huda, N., 2019. Malaysia di tempat pertama pencemaran udara tertinggi dunia *Astro Awani*. <http://www.astroawani.com/berita-malaysia/malaysia-di-tempat-pertama-pencemaranudara-tertinggi-dunia-217879> [24 July 2020].
- Huete, A. R., Didan, K., Shimabukuro, Y. E., Ratana, P., Saleska, S. R., Hutyra, L. R., Yang, W., Nemani, R. R., & Myneni R. (2006). Amazon rainforests green-up with sunlight in dry season, *Geophys. Res. Lett.*, 33, L06405, doi:10.1029/2005GL025583.
- Huete, A., Didan, K., Miura, T., Rodriguez, E. P., Gao, X., & Ferreira, L. G. (2002). Overview of the radiometric and biophysical performance of the MODIS vegetation indices. *Remote Sensing of Environment*, 83, 195-213.
- Jabatan Alam Sekitar (2020). Status Kualiti Udara Sebelum dan Sepanjang Tempoh Perintah Kawalan Pergerakan oleh Jabatan Alam Sekitar. http://apims.doe.gov.my/public_v2/pdf/Analisis_Kualiti_Udara_Sebelum_Dan_Semasa_PK_P.pdf
- Jardine, K., Karl, T., Lerdau, M., Harley, P., Guenther, A., & Mak, J. E. (2010). Carbon isotope analysis of acetaldehyde emitted from leaves following mechanical stress and anoxia, *Plant Biol.*, 11, 591–597.
- Jiang, Z., Huete, A. R., Didan, K. & Miura, T. (2008). Development of a two-band Enhanced Vegetation Index without a blue band, *Remote Sensing of Environment*, 112(10), 3833-3845.
- Kamyab, H., Chelliapan, S., Md Din, M. F., Rezanian, S., Khademi, T. & Kumar, A. (2018). Palm Oil Mill Effluent as an Environmental Pollutant. *Palm Oil, Viduranga Waisundara, IntechOpen*, doi: 10.5772/intechopen.75811. <https://www.intechopen.com/books/palm-oil/palm-oil-mill-effluent-as-an-environmental-pollutant>.
- Laothawornkitkul, J., Paul, N. D., Vickers, C. E., Possell, M., Taylor, J. E., Mullineaux, P. M., & Hewitt, C. N. (2008). Isoprene emissions influence herbivore feeding decisions, *Plant Cell Environ.*, 31, 1410–1415.
- Loreto, F. & Schnitzler, J.-P. (2010). Abiotic stresses and induced BVOCs. *Trends Plant Sci.*, 15, 154–166.

- Mahmud, M. & Ab Llah, I. H. (2010). Pencemaran udara di Bukit Rambai, Melaka sewaktu peristiwa jerebu tahun 2005. *Geografia OnlineTM Malaysian Journal of Society and Space*, 3(3): 30–39.
- Mahmud, M. & Abu Hanifah, N. H. (2009). Pencemaran udara berikutan peristiwa jerebu tahun 2005: Kajian kes di Perai, Pulau Pinang, Malaysia. *Geografia OnlineTM Malaysian Journal of Society and Space*, 5(2), 1 – 15.
- Majlis Daerah Kota Tinggi. (2020). Info Kota Tinggi, Portal Rasmi Majlis Daerah Kota Tinggi (MDKT). <http://www.mdkt.gov.my/ms/pelawat/info-kota-tinggi> [12 February 2020].
- Majlis Perbandaran Pasir Gudang. (2020). Laporan Jumlah Keseluruhan Penduduk di Kawasan Pentadbiran Majlis Perbandaran Pasir Gudang 2013-2019.
- Manisalidis, I., Stavropoulou, E., Stavropoulos, A. & Bezirtzoglou, E. (2020). Environmental and health impacts of air pollution: A review. *Frontiers in Public Health*, 8:14. doi: 10.3389/fpubh.2020.00014.
- Misztal, P. K., Nemitz, E., Langford, B., Di Marco, C. F., Phillips, G. J., Hewitt, C. N. , MacKenzie, A. R., Owen, S. M., Fowler, D., Heal, M. R. & Cape, J. N. (2011). Direct ecosystem fluxes of volatile organic compounds from oil palms in South-East Asia. *Atmos. Chem. Phys.*, 11, 8995–9017.
- Misztal, P. K., Owen, S. M., Guenther, A. B., Rasmussen, R., Geron, C., Harley, P., Phillips, G. J., Ryan, A., Edwards, D. P., Hewitt, C. N., Nemitz, E., Siong, J., Heal, M. R., & Cape, J. N. (2010). Large estragole fluxes from oil palms in Borneo. *Atmos. Chem. Phys.*, 10, 4343–4358.
- Noh, M. F. (2020). Pasir Gudang pertama dilengkapi sistem amaran pencemaran udara. *Harian Metro*, 23 Februari. <https://www.hmetro.com.my/mutakhir/2020/02/547548/pasir-gudang-pertama-dilengkapi-sistem-amaran-pencemaran-udara>.
- Rohaniza Idris. (2019). Gejala sesak nafas di Pasir Gudang sah akibat pencemaran toksik. *Berita Harian*, 22 Jun 2019. <https://www.bharian.com.my/berita/nasional/2019/06/576836/gejala-sesak-nafas-di-pasir-gudang-sah-akibat-pencemaran-toksik>.
- Sentian, J., Herman, F., Yih, C. Y. & Hian Wui, J. C. (2019). Long-term air pollution trend analysis in Malaysia. *International Journal of Environmental Impacts: Management, Mitigation and Recovery*, 2(4): 309–324.
- Shu, N. & Lee, N. (2019). Malaysia kesan tiga gas merbahaya di ruang udara Pasir Gudang. *Berita Benar*. 26 Jun. <https://www.benarnews.org/malay/berita/my-pasirgudang-gas-190628-06282019141525.html>
- Suhaini, N.A. (2020). Pasir Gudang dinaik taraf sebagai bandar raya. *Berita Harian*. 22 November. <https://www.bharian.com.my/berita/nasional/2020/11/756939/pasir-gudang-dinaik-taraf-sebagai-bandar-raya>.
- Surya, B., Ahmad, D.N.A., Sakti, H.H., & Sahban, H. (2020). Land use change, spatial interaction, and sustainable development in the metropolitan urban areas, South Sulawesi Province, Indonesia. *Land*, 9 (95), 1-43.
- Wikipedia. (2020). Pasir Gudang. https://en.wikipedia.org/wiki/Pasir_Gudang.

MAKLUMAT PENULIS

NUREEN ANNISA SHAHLAN
Universiti Kebangsaan Malaysia
nureenannisa9711@gmail.com

MASTURA MAHMUD* (Pengarang Koresponden)
Universiti Kebangsaan Malaysia
mastura@ukm.edu.my