

PEMETAAN KEPEKATAN METANA DI SEMENANJUNG MALAYSIA (A Mapping of Methane Concentration in Peninsular Malaysia)

AHMAD MAHIR RAZALI^{1,2} & YEOW POOI MUN¹

ABSTRAK

Pemanasan global merupakan masalah persekitaran yang amat serius di negara maju dan juga di negara yang sedang membangun. Antara punca utamanya ialah peningkatan gas rumah hijau. Gas metana merupakan satu daripada gas rumah hijau yang berupaya memerangkap haba 21 kali ganda lebih berkesan berbanding dengan karbon dioksida. Objektif kajian ini adalah untuk membuat peta kepekatan gas metana di Semenanjung Malaysia, membandingkan perubahan kepekatan gas metana mengikut bulan dan menentukan lokasi yang mempunyai kepekatan metana yang tertinggi berdasarkan data tahun 2009. Hasil kajian ini menunjukkan lokasi kepekatan metana yang tertinggi adalah di utara negeri Perak; sekitar Klang di Selangor dan Pengerang di Johor. Kajian ini juga mendapati lokasi yang mempunyai kepekatan metana yang tinggi tidak banyak berubah mengikut masa.

Kata kunci: analisis data ruang; pemanasan global; metana; kriging; semivariogram

ABSTRACT

Global warming is a very serious environmental problem in developed and developing countries. It is caused by the increased of greenhouse gases. Methane gas is one of the greenhouse gases that can trap heat 21 times more effective than carbon dioxide. The purpose of this study is to map the methane concentration for Peninsular Malaysia, compare the methane concentration as it changes over the months and determine the locations which have the most methane concentration based on the year 2009 data. The study shows that the highest concentrations of methane occurred in northern part of Perak, around Klang in Selangor and Pengerang in Johor. The study also found that locations of high concentration of methane do not change over time.

Keywords: spatial data analysis; global warming; methane; kriging; semivariogram

1. Pengenalan

Pencemaran alam sekitar merupakan masalah global yang dihadapi oleh semua negara di dunia. Hampir semua negara menjadikan pencemaran alam sekitar sebagai isu utama. Kesedaran tentang kemerosotan kualiti alam sekitar meningkat sejak dekad 1970-an, iaitu persidangan pertama dunia diadakan di Stockholm, Sweden, Eropah yang khusus membincangkan mengenai pencemaran alam sekitar (Jasiman 1996).

Pencemaran udara boleh ditakrifkan sebagai gas, cecair, atau zarah yang terkandung di udara sehingga berlakunya perubahan dan menjejaskan kehidupan atau bahan-bahan lain. Bahan-bahan tersebut terampai di udara dan memberi kesan negatif kepada manusia, tumbuh-tumbuhan dan haiwan. Bahan-bahan ini boleh masuk ke tubuh manusia melalui pernafasan dan berupaya menyekat pengaliran oksigen ke saluran-saluran darah. Ini mengakibatkan pelbagai penyakit seperti penyakit barah, asma, kekejangan dan anemia. Di samping itu, habuk, asap, kabus, wap atau bahan-bahan lain juga boleh menghalang penglihatan merupakan pelbagai bentuk pencemaran udara (Jasiman 1996).

Selain itu, menurut Jasiman (1996) pencemaran udara boleh dikelaskan kepada pencemaran primer dan sekunder. Pencemaran primer merupakan penghasilan sulfur monoksida dan karbon monoksida akibat daripada proses pembakaran yang tidak lengkap. Proses ini menyebabkan zarah-zarah yang halus terampai di udara dan memberi kesan sampingan kepada kesihatan.

Kebanyakannya disebabkan oleh ekzos kenderaan, kawasan industri dan penggunaan dapur arang atau kayu. Pencemaran sekunder pula adalah berpunca daripada tindak balas sulfur dioksida (SO_2) yang bergabung dan membentuk gas-gas yang tidak diperlukan oleh benda hidup.

Iklim dan cuaca di Malaysia telah diganggu oleh pencemaran udara secara tidak langsung. Iklim Khatulistiwa yang panas dan lembap sepanjang tahun ini tidak lagi berada pada paras yang normal. Kejadian banjir besar yang sering kali berlaku di negeri-negeri bertanah rendah dalam beberapa tahun ini disebabkan oleh pemanasan global kesan dari pencemaran udara ini. Untuk menjamin kesejahteraan hidup manusia dan alam sekitar, Jabatan Alam Sekitar (JAS) Malaysia memantau kualiti udara secara berterusan untuk mengesan setiap perubahan status kualiti udara yang boleh menjejaskan kesihatan manusia dan alam sekitar. Objektif pertama kajian ini adalah untuk membuat pemetaan kepekatan metana di Semenanjung Malaysia. Keduanya untuk melakukan perbandingan kepekatan metana bagi setiap bulan pada tahun 2009. Objektif terakhir adalah untuk menentukan lokasi yang mempunyai kepekatan metana yang tertinggi.

Data diperolehi daripada JAS, Malaysia dari Januari hingga Disember tahun 2009. Kajian tertumpu kepada data kepekatan metana di 18 buah stesen yang berada di Semenanjung Malaysia. Bilangan keseluruhan data metana adalah 216 data yang merupakan purata bulanan bagi tahun 2009 di antara 18 buah stesen tersebut. Nilai data daripadakesemua stesen ini digunakan untuk pemetaan kepekatan metana. Peta kepekatan metana Semenanjung Malaysia bagi setiap bulan digunakan untuk membandingkan perubahan pola kepekatan metanadi Semenanjung Malaysia.

2. Kajian Kepustakaan

2.1 Metana

Metana adalah komponen utama dalam gas asli dan dibebaskan ke atmosfera oleh proses biologi yang berlaku dalam persekitaran anaerobik. Di atmosfera, metana menyerap radiasi inframerah. Sifat metana ini menyebabkan pemanasan atmosfera. Maka metana merupakan satu daripada gas rumah hijau. Metana boleh berada di atmosfera selama sekitar 9-15 tahun dan sekitar 21 kali lebih berkesan dalam memerangkap haba di atmosfera berbanding dengan karbon dioksida dalam tempoh 100 tahun (U.S. Environmental Protection Agency 2012).

Menurut Agensi Perlindungan Alam Sekitar Amerika Syarikat, metana banyak terhasil daripada proses biologi anaerobik seperti dalam industri kelapa sawit. Gas metana meningkat dalam persekitaran juga disebabkan oleh organisma reput di tanah lembap. Metana juga dibebaskan secara pasif melalui proses pereputan sampah di tapak pelupusan sampah terbuka dan proses pemprosesan sisa. Kegiatan manusia seperti pembakaran bahan api fosil yang tidak lengkap, kegiatan pengeluaran beras dan pengedaran gas asli juga menyebabkan peningkatan metana di persekitaran.

2.2 Kajian lepas mengenai metana

Cao *et al.* (1998) meramalkan pembebasan metana daripada tanah lembap dan kepekaan terhadap perubahan iklim. Kepekatan metana yang mempengaruhi iklim global ini amat membimbangkan. Tanah lembap semula jadi ataupun sawah padi merupakan unsur utama pembebasan metana. Pembebasan metana daripada tanah lembap adalah satu proses ekosistem yang berhubung rapat dengan proses pertumbuhan tumbuhan, penguraian bahan organik tanah, methanogenesis dan pengoksidaan metana Untuk mendapatkan jangkaan pembebasan metana

yang lebih tepat, model ekosistem yang melakukan mekanisme pelepasan metana digunakan. Model ini dapat digunakan untuk meramal fluks metana pada masa depan di bawah iklim yang berbeza. Kesimpulannya, pembebasan metana berkadar langsung dengan kelembapan tanah. Pembebasan metana juga meningkat sekiranya suhu meningkat.

Donald dan Hayhoe (2000) mengkaji trend kepekatan metana di atmosfera. Tujuan kajian tersebut adalah untuk menentukan kadar peningkatan metana dan faktor yang mempengaruhi kepekatan metana terhadap kimia atmosfera dan iklim global. Berdasarkan kajian ini, metana merupakan gas surih organik yang paling banyak di atmosfera. Sejak tahun 1700 masehi, kegiatan manusia seperti dalam bidang pertanian, penggunaan bahan fosil dan pelupusan sisa yang berkembang pesat ini meningkatkan kepekatan metana sebanyak 2-3 kali ganda. Kepekatan metana yang semakin meningkat ini berpotensi memberi kesan yang negatif terhadap kimia atmosfera dan iklim global. Sebagai kesimpulannya, kepekatan metana dalam atmosfera didapati meningkat secara mendadak sejak abad yang lepas dan dijangka akan terus meningkat.

Sha *et al.* (2011) mengkaji tentang pembebasan metana dari tanah lembap dan pola ruang bagi metana. Data bulanan dicerap di kawasan paya air tawar dan pinggir sungai di Ohio, Amerika Syarikat dari bulan November 2008 hingga bulan Oktober 2009. Ujian Kruskal-Wallis dan Ujian Mann-Whitney digunakan untuk membandingkan pembebasan metana di antara tanah lembap yang berbeza. Kesimpulannya, pembebasan metana di pinggir sungai lebih tinggi daripada pembebasan metana dari paya lencongan sungai. Variasi ruang ini disebabkan oleh kesan kekerapan banjir, fluks air bawah tanah dan produktiviti tanah lembap. Selain itu, kadar pembebasan metana juga dipengaruhi oleh suhu tanah dan kedalaman air.

2.3 Kajian lepas bagi analisis ruang terhadap gas metana

Lefohn (2006) membuat kajian tentang bagaimana kaedah kriging biasa digunakan untuk meramal indeks pendedahan ozon di Amerika Syarikat pada tahun 2004 dan 2005. Pemilihan kaedah kriging biasa dalam kajian ini berdasarkan ciri-ciri data pada tahun 2004 dan 2005 menyebabkan kaedah kriging biasa menjadi pilihan yang sesuai sebagai penganggar. Data ozon dalam bulan April sehingga bulan September digunakan. Selain itu, data lengkap telah dibetulkan kerana data purata per jam hilang akan menyebabkan anggaran indeks kumulatif daripada data purata per jam pincang rendah. Maka, satu skim pembetulan telah digunakan untuk menganggarkan indeks kumulatif. Kajian ini dilakukan dengan pertamanya penyemakan dan pengesahan latitud, longitud, dan ketinggian setiap stesen. Seterusnya, variogram bagi setiap indeks pendedahan pada tahun 2004 dan 2005 dikira dan dimodelkan. Akhirnya, maklumat tentang nilai ramalan, koordinat, dan variasi disediakan. Namun kajian ini menunjukkan ramalan indeks pendedahan ozon di Amerika Syarikat pada tahun 2004 dan 2005 dapat dilakukan dengan kaedah kriging biasa.

Nas dan Bertay (2008) mengkaji pemetaan kualiti air bawah tanah di Konya, Turki. Objektif kajian ini untuk menentukan taburan ruang kualiti air bawah tanah dan memetakan kualiti air bawah tanah di kawasan Konya dengan menggunakan GIS dan teknik geostatistik. Kaedah kriging biasa digunakan untuk mendapatkan taburan ruang bagi setiap parameter. Kaedah kriging paling berguna jika data bertaburan normal. Transformasi dilakukan untuk mendapatkan data yang bertaburan normal dan memenuhi andaian kebolehubahsuaian yang sama bagi data. Dalam kajian ini, model-model semivariogram diuji bagi setiap pemboleh ubah data set. Ramalan prestasi dinilai oleh pengesahan-silang. Kesimpulannya, teknik kriging telah berjaya memetakan kualiti air bawah tanah di Konya, Turki dan keupayaan air bawah tanah dapat ditunjukkan. Penggunaan kriging mempunyai kelebihan di mana ia sangat fleksibel dan membolehkan penilaian autokorelasi ruang. Walau bagaimanapun, kelemahan

kriging adalah keperluan untuk membuat banyak keputusan tentang transformasi, trend, model dan parameter.

Masseran *et al.* (2011) membuat kajian tentang taburan kelajuan angin di lokasi tertentu yang mampu membekalkan tenaga angin di Malaysia. Dalam kajian ini, lima jenis taburan statistik dipasangkan kepada data purata kelajuan angin per jam untuk 50 stesen dari tahun 2000 hingga 2009 di seluruh Malaysia termasuknya negeri Sabah dan Sarawak. Kaedah yang digunakan untuk analisis taburan ruang bagi kelajuan angin ialah kaedah jarak pemberat songsang kerana data di Semenanjung Malaysia tidak dapat dihuraikan dengan semivariogram. Manakala, data negeri Sabah dan Sarawak sesuai dengan model semivariogram kuasa dan kaedah kriging digunakan untuk menjalankan analisis ruang. Tujuan kajian ini adalah untuk menentukan lokasi yang berpotensi bagi penjana tenaga angin di Malaysia. Kesimpulannya, didapati lokasi di timurlaut, barat laut dan tenggara Semenanjung Malaysia berpotensi serta lokasi selatan Sarawak menjadi tempat sesuai untuk menjana tenaga angin.

Kajian lepas menunjukkan analisis ruang bagi kepekatan pencemar udara jarang dijumpai. Oleh itu, kajian berkaitan analisis ruang digunakan sebagai rujukan untuk menjalankan kajian analisis ruang kepekatan metana. Menurut Lefohn (2006), serta Nas dan Bertkay (2008), pendekatan kriging digunakan kerana kaedah ini mudah, luwes, dan membolehkan penilaian autokorelasi ruang. Justeru, kepekatan metana di Semenanjung Malaysia akan dianalisis dengan menggunakan kaedah kriging.

3. Metodologi

Kaedah yang digunakan untuk mengkaji dan menganalisis data ruang termasuklah cara pembersihan data serta teknik untuk menangani data yang lenyap. Kaedah analisis ruang yang digunakan dalam kajian ini adalah kaedah kriging.

Set data yang digunakan mempunyai satu data yang lenyap bagi bulan Mei 2009. Menurut Amran (2005), terdapat empat kaedah untuk mengatasi masalah data lenyap, iaitu dengan menggantikan nilai sebelum data lenyap, atau menggantikan data lenyap dengan nilai purata antara sebelum dan selepas data lenyap. Atau gunakan teknik menggantikan dengan min keseluruhan atau menggunakan teknik mengabaikan terus data lenyap dalam siri masa. Kajian ini telah menggunakan kaedah kedua untuk mengatasi data lenyap.

3.1 Menggantikan dengan nilai purata antara sebelum dan selepas data lenyap

Kaedah ini menggantikan nilai lenyap dengan purata di antara sebelum dan selepas berlakunya data lenyap. Misalkan satu siri masa metana $y_1, y_2, y_3, \dots, y_{49}, y_{50}, y_{51}, y_{52}, \dots, y_{120}$ mempunyai nilai lenyap pada y_j dengan $j=50$. Bagi menganggar nilai lenyap y_j , nilai tersebut digantikan dengan purata di antara data y_{j-1} dan y_{j+1} . Oleh itu, bagi mendapatkan nilai y_{50} secara tepat

adalah dengan menggunakan $\frac{(y_{j-1})+(y_{j+1})}{2}$ atau $\frac{(y_{49})+(y_{50})}{2}$.

3.2 Analisis data ruang

Statistik ruang adalah satu proses mengekstrak ringkasan data dari ruang dan membandingkannya dengan model teori (Hengl 2009). Kriging merupakan kaedah yang biasa digunakan untuk pemetaan ruang. Aplikasi kaedah kriging juga digunakan dalam pelbagai bidang aplikasi seperti pemetaan hujan, sains kesihatan, sains terma dan sebagainya.

Analisis data ruang bertujuan mengekstrak maklumat tersirat seperti hubungan ruang dan corak yang sukar untuk dilihat dalam data cerapan. Analisis data ruang bersekutukan setiap objek yang berkaitan sama ada atribut ruang atau bukan ruang. Terdapat tiga jenis data ruang, iaitu data titik, garis dan poligon. Data jenis titik berciri satu lokasi tertentu tanpa takat dalam arahan seperti lokasi beberapa kampung, kawasan perindustrian dan bandar. Data jenis garis pula merupakan pasangan koordinat (x,y) yang diskrit seperti sungai dan jalan. Data jenis poligon pula menunjukkan kawasan yang mempunyai sempadan tertentu.

Interpolasi ruang merupakan proses penganggaran nilai titik yang tidak diketahui menerusi nilai titik lain yang diketahui menerusi cerapan. Interpolasi juga menukar data titik kepada data permukaan yang selanjur. Sebagai contoh dalam pemetaan kepekatan, nilai yang berdekatan mempunyai nilai yang hampir sama dengan titik cerapan berbanding dengan nilai berjauhan (Johnston *et al.* 2001). Tatacara interpolasi ruang dibahagikan kepada tiga langkah seperti berikut:

- Langkah 1: Pemeriksaan dan pengesahan koordinat cerapan;
- Langkah 2: Perhitungan semivariogram empirikal dan pemilihan model semivariogram;
- Langkah 3: Pelaksanaan diagnostic.

3.3 Pemeriksaan dan pengesahan koordinat cerapan

Lokasi stesen-stesen dipilih untuk menjalankan kajian. Koordinat terdiri daripada dua paksi, iaitu paksi X dan paksi Y. Paksi X mewakili latitud manakala paksi Y mewakili longitud. Unit koordinat stesen-stesen tersebut diubah dari unit darjah ($^{\circ}$) ke unit perpuluhan. Rumus yang digunakan ialah

$$\text{perpuluhan} = \text{darjah} + \frac{\text{minit}}{60} + \frac{\text{saat}}{3600} \quad (1)$$

3.4 Perhitungan semivariogram empirikal dan pemilihan model semivariogram

Semivariogram digunakan untuk kebersandaran ruang data sebelum penganggaran ruang dilakukan. Ukuran semivariasi antara dua titik bergantung pada jarak antara titik tersebut. Jarak yang jauh menghasilkan semivariogram yang besar manakala jarak yang dekat menghasilkan nilai semivariogram yang kecil. Ini juga dikenali sebagai autokorelasi ruang. Semivariogram empirikal pula digunakan untuk menunjuk perhubungan ini. Pasangan titik yang berdekatan akan mempunyai ukuran semivariogram yang tinggi dan sebaliknya. Langkah pertama untuk menentukan semivariogram empirikal ialah mengira jarak dan perbezaan kuasa dua untuk setiap pasangan lokasi. Jarak antara dua lokasi dikira dengan menggunakan jarak Euklidan, yakni:

$$d_{ij} = \sqrt{(x_i - x_j)^2 + (y_i - y_j)^2} \quad (2)$$

dengan x_i = koordinat x bagi titik i , x_j = koordinat x bagi titik j , y_i = koordinat y bagi titik i , dan y_j = koordinat y bagi titik j . Seterusnya, semivariogram empirikal ialah

$$\frac{1}{2} [z(s_i) - z(s_j)]^2 \quad (3)$$

Semivariogram empirikal juga dikira dengan rumus

$$\hat{\gamma}(h) = \frac{1}{2N(h)} \sum_{(s_i, s_j) \in N(h)} [z(s_i) - z(s_j)]^2 \quad (4)$$

dengan $N(h)$ ialah set pasangan titik bahawa $\|s_i - s_j\| = h$. Kita tidak mampu memplotkan semua pasang lokasi. Maka, pasangan ini dikelaskan kepada *lag bin*. Sebagai contoh, pasangan-pasangan lokasi yang berjarak sebanyak 40m hingga 50m dikelaskan. Kemudian, graf purata semivariogram lawan dengan jarak (atau lag). Dalam kajian ini, model-model semivariogram yang diuji bagi pemboleh ubah kajian adalah model linear, model sfera, model eksponen dan model Gaussian.

Bagi menentukan model yang sesuai untuk menganggar nilai di lokasi yang tidak diketahui, pengesahan-silang amat berguna dalam pemilihan model yang memberi anggaran yang terbaik, iaitu min kuasa duaralat dan punca min kuasa dua ralat. Pertamanya, jika ralat anggaran tidak pincang, min ralat anggaran berhampiran dengan sifar. Maka, min kuasa dua ralat akan menghampiri sifar. Keduanya, punca min kuasa dua ralat menunjukkan dekatnya nilai anggaran dengan nilai sebenar. Maka, punca min kuasa dua ralat harus bernilai kecil bagi menentukan model yang paling sesuai digunakan untuk melaksanakan analisis ruang dengan kaedah kriging.

3.5 Pelaksanaan diagnostik

Menurut Holdaway (1996), kriging adalah satu teknik geostatistik yang digunakan dalam interpolasi ruang data geostatistik. Nilai anggaran dapat dianggar daripada nilai cerapan di lokasi yang diketahui dengan menggunakan kaedah kriging. Kaedah ini berupaya menggabungkan maklumat tentang trend serantau dan tempatan. Variogram digunakan untuk menentukan variasi ruang dan ralat bagi nilai anggaran dapat dikurangkan. Model matematik am untuk kriging diberi oleh

$$Z(s) = \mu + \varepsilon(s), \varepsilon(s) \sim (0, \Sigma) \quad (5)$$

dengan $s=(X,Y)$ ialah lokasi dan $Z(s)$ ialah nilai di lokasi tertentu. μ ialah parameter min yang tidak diketahui dan dianggap malar, Σ perlu dianggar dari semivariogram.

Pemberat kriging dibentuk daripada model semivariogram yang diperoleh dengan melihat struktur ruang data dalam menganggarkan nilai-nilai bagi lokasi yang tidak diketahui. Menerusi kriging, nilai pemboleh ubah rawak z di satu atau lebih titik dapat dianggar dari data yang ada

$z(x_1), \dots, z(x_n)$ di x_1, \dots, x_n . Andaikan min tidak diketahui, kita menganggar Z di titik x_0 iaitu

$$\hat{z}(x_i) = \sum_{i=1}^N \lambda_i z(x_i) \quad (6)$$

dengan λ_i ialah pemberat. Untuk memastikan anggaran ini tidak pincang, pemberat berjumlah 1, iaitu

$$\sum_{i=1}^N \lambda_i = 1 \quad (7)$$

dan ralat anggaran ialah

$$E[\hat{Z}(x_0) - Z(x_0)] = 0. \quad (8)$$

Manakala anggaran variasi pula ialah

$$\text{var}[\hat{Z}(x_0)] = E\left[\{\hat{Z}(x_0) - Z(x_0)\}^2\right]. \quad (9)$$

Persamaan kriging boleh juga diwakili dalam bentuk matrik seperti berikut

$$A\lambda = b \quad (10)$$

dengan

$$A = \begin{bmatrix} \gamma(X_1, x_1) & \gamma(X_1, x_2) & \cdots & \gamma(X_1, x_N) & 1 \\ \gamma(X_2, x_1) & \gamma(X_2, x_2) & \cdots & \gamma(X_2, x_N) & 1 \\ \vdots & \vdots & \cdots & \vdots & \vdots \\ \gamma(X_N, x_1) & \gamma(X_N, x_2) & & \gamma(X_N, x_N) & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 0 \end{bmatrix} \quad (11)$$

$$\lambda^T = [\lambda_1 \ \lambda_2 \ \lambda_3 \ \dots \ \psi(x_0)] \text{ dan } b^T = [\gamma(X_1, x_0) \ \gamma(X_2, x_0) \ \dots \ \gamma(X_N, x_0) \ 1].$$

Manakala $\gamma(X_i, x_j)$ ialah nilai semivariogram bagi Z di antara titik x_i dengan x_j , dan $\gamma(X_i, x_0)$ pula ialah nilai semivariogram bagi Z di antara titik x_i dengan x_0 . Menerusi kekangan pemberat dan persamaan pengganda Lagrange didapati $\lambda = A^{-1}b$, manakala variasi kriging diberikan oleh

$$\hat{\sigma}^2(x_0) = b'\lambda. \quad (12)$$

4. Hasil Analisis

Penganggaran bagi kepekatan metana di lokasi yang tidak diketahui di Semenanjung Malaysia dilakukan. Tambahan pula, pola taburan kepekatan metana dapat digambarkan dan dibandingkan setiap bulan sepanjang tahun 2009.

Dalam 216 data, data bulan Mei dalam stesen Maktab Sultan Ismail, Kota Bharu, Kelantan dengan lokasinya N06° 09.520, E102° 15.059 (CA0022) telah lenyap. Kaedah menggantikan nilai cerapan dengan nilai purata antara bulan sebelum dan bulan selepas data lenyap dipilih.

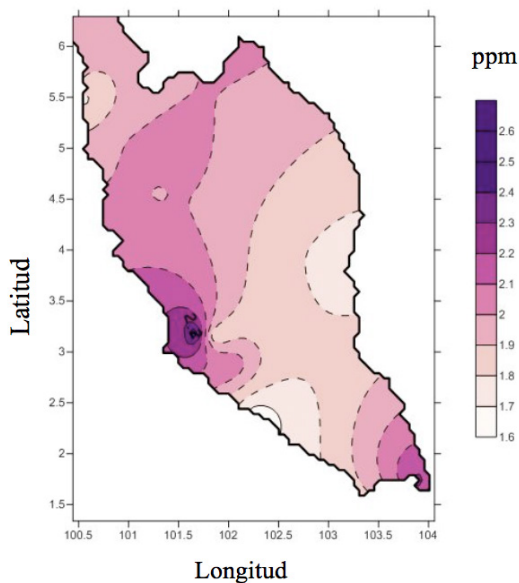
4.1. Pemilihan model semivariogram

Penilaian bagi semivariogram dilakukan sebelum menjalankan analisis ruang bagi kepekatan metana. Model yang sesuai digunakan untuk memberi ramalan yang paling tepat dipilih untuk menjalankan kaedah kriging. Min kuasa dua ralat (MSE) dan punca min kuasa dua ralat (RMSE) dihasilkan untuk membantu pemilihan model semivariogram. Model semivariogram yang mempunyai MSE dan RMSE yang paling kecil serta bersesuaian dengan bentuk semivariogram empirikal dipilih sebagai model padanan. Model semivariogram dipilih untuk

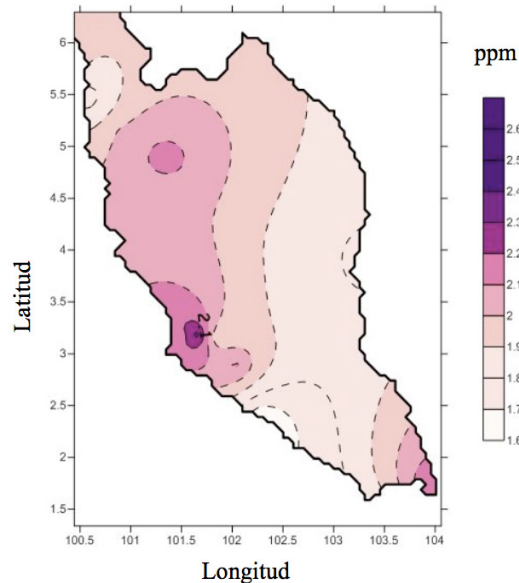
setiap set data bagi 12 bulan pada tahun 2009 sebelum analisis ruang dijalankan dengan menggunakan kaedah kriging.

4.2. Pelaksanaan diagnostik

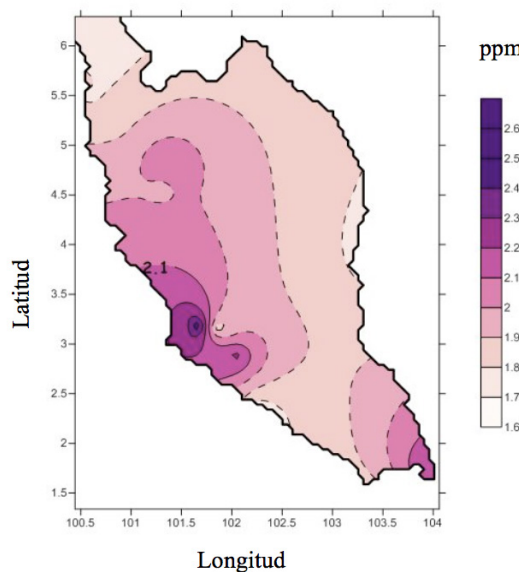
Model semivariogram telah dipilih supaya analisis ruang dengan menggunakan kaedah kriging dapat dijalankan bagi mendapatkan anggaran yang lebih tepat. Dua belas peta Semenanjung Malaysia yang menunjukkan kepekatan metana bagi setiap bulan pada tahun



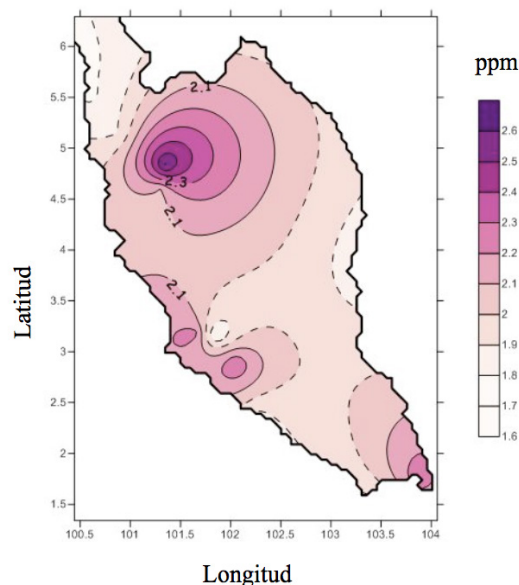
Rajah 4.1: Peta kepekatan metana (ppm) di Semenanjung Malaysia pada Januari, 2009



Rajah 4.2: Peta kepekatan metana (ppm) di Semenanjung Malaysia pada Februari, 2009

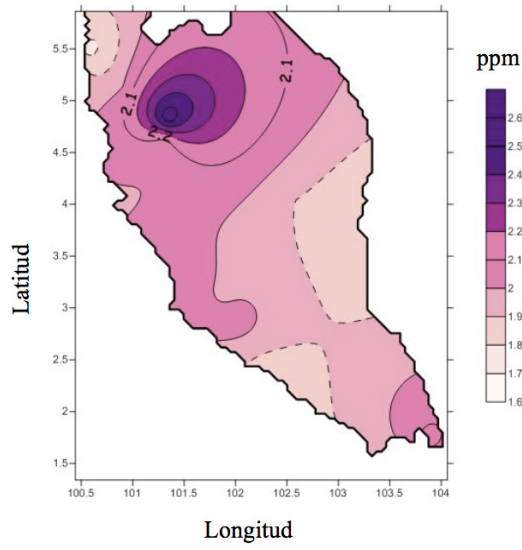


Rajah 4.3: Peta kepekatan metana (ppm) di Semenanjung Malaysia pada Mac, 2009

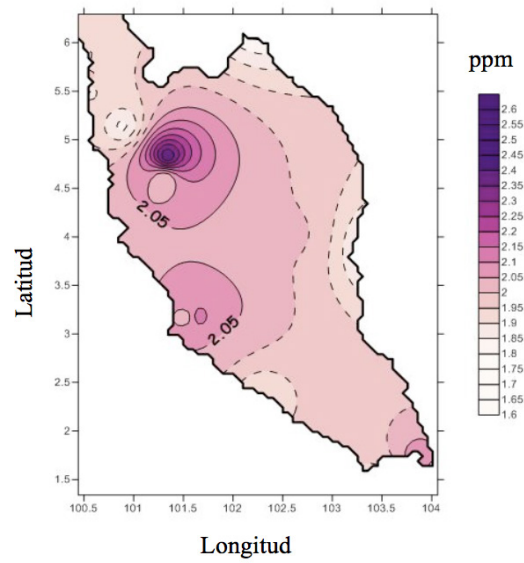


Rajah 4.4: Peta kepekatan metana (ppm) di Semenanjung Malaysia pada April, 2009

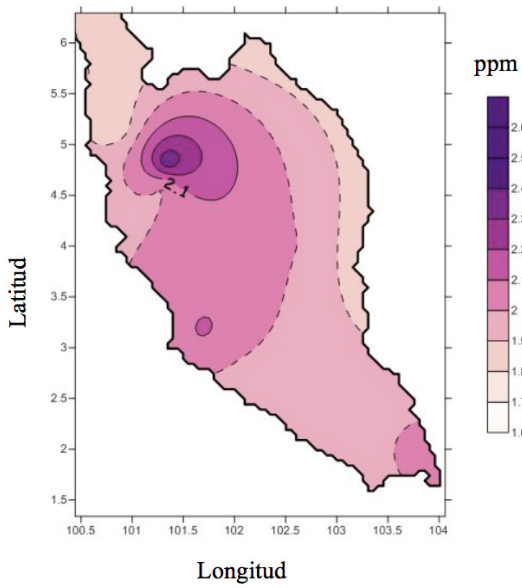
Pemetaan kepekatan metana di Semenanjung Malaysia



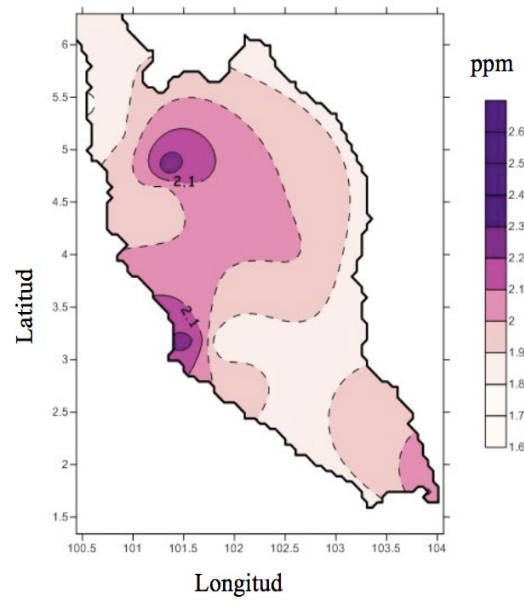
Rajah 4.5: Peta kepekatan metana (ppm) di Semenanjung Malaysia pada Mei, 2009



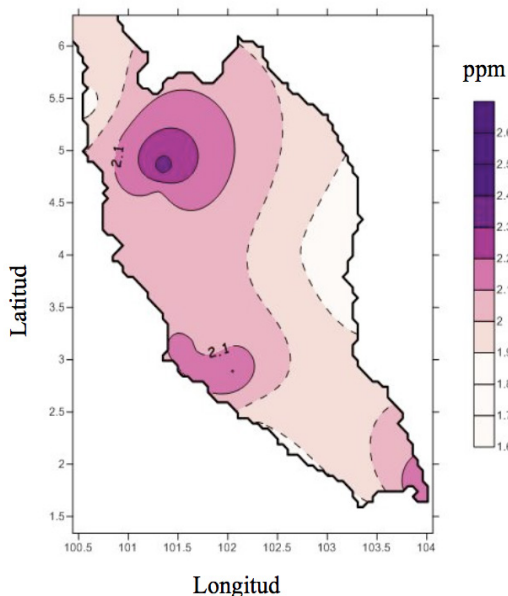
Rajah 4.6: Peta kepekatan metana (ppm) di Semenanjung Malaysia pada Jun, 2009



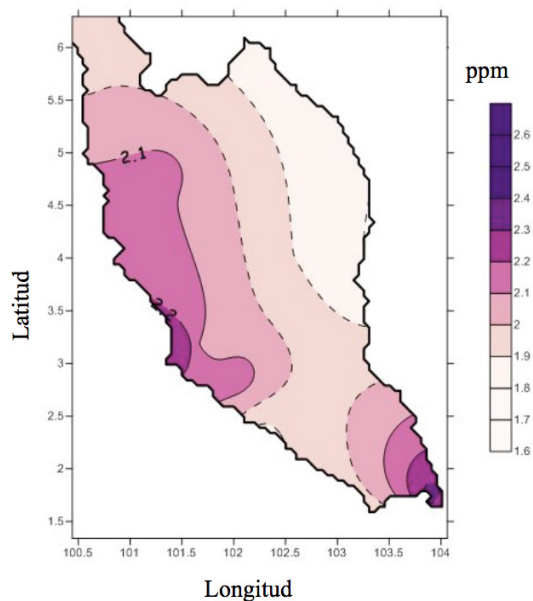
Rajah 4.7: Peta kepekatan metana (ppm) di Semenanjung Malaysia pada Julai, 2009



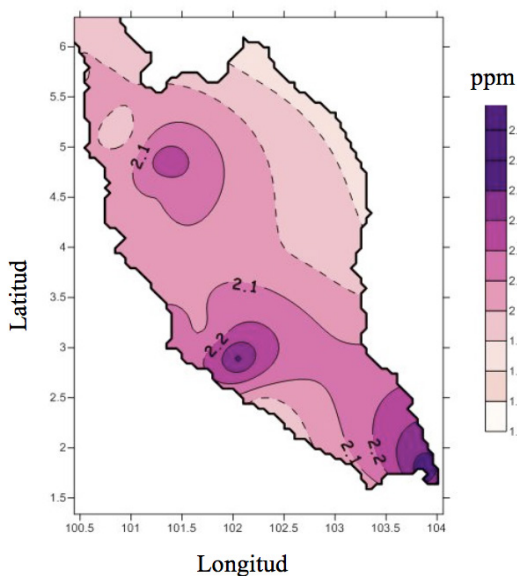
Rajah 4.8: Peta kepekatan metana (ppm) di Semenanjung Malaysia pada Ogos, 2009



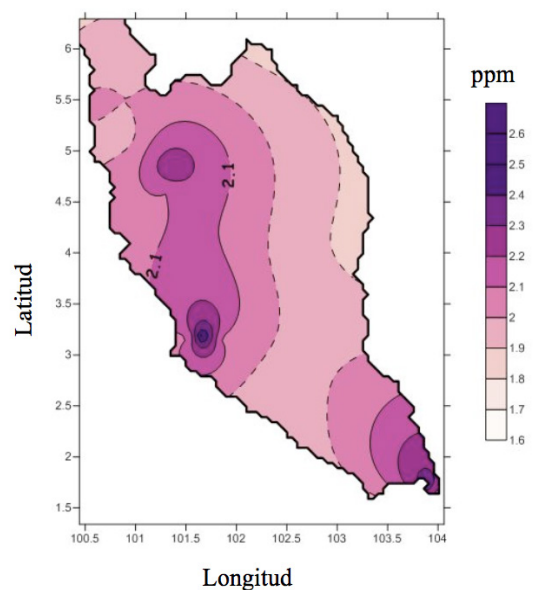
Rajah 4.9: Peta kepekatan metana (ppm) di Semenanjung Malaysia pada September, 2009



Rajah 4.10: Peta kepekatan metana (ppm) di Semenanjung Malaysia pada Oktober, 2009



Rajah 4.11: Peta kepekatan metana (ppm) di Semenanjung Malaysia pada November, 2009



Rajah 4.12: Peta kepekatan metana (ppm) di Semenanjung Malaysia pada Disember, 2009

2009 telah dihasilkan. Julat bagi setiap peta di antara 1.60 ppm hingga 2.60 ppm. Semakin gelap warna menunjukkan kepekatan metana yang semakin tinggi dan sebaliknya.

Rajah 4.1, 4.2 dan 4.3 menunjukkan kepekatan metana di Semenanjung Malaysia pada bulan Januari, Februari dan Mac bagi tahun 2009. Kepekatan metana yang berada di lokasi negeri Selangor mempunyai nilai yang paling tinggi.

Rajah 4.4, 4.5, 4.6, 4.7, 4.8 dan 4.9 pula menunjukkan kepekatan metana pada bulan April hingga September bagi tahun 2009. Berdasarkan rajah tersebut, lokasi negeri Selangor dan utara negeri Perak merupakan lokasi kritikal yang mempunyai kepekatan metana yang agak membimbangkan, iaitu bernilai lebih daripada 2.00 ppm.

Manakala Rajah 4.10, 4.11, dan 4.12 menunjukkan kepekatan metana pada bulan Oktober, November dan Disember bagi tahun 2009. Didapati gas metana tertumpu di tiga lokasi kritikal, iaitu di negeri Selangor, Perak dan pantai timur Johor.

5. Perbincangan

Peta yang menghuraikan pola kepekatan metana di Semenanjung Malaysia pada setiap bulan pada tahun 2009 dihasilkan dan pola kepekatan metana bagi setiap bulan pada tahun 2009 dapat dibandingkan. Berdasarkan hasil kajian ini, didapati gas metana tertumpu di tiga lokasi yang kritikal, iaitu di utara negeri Perak, negeri Selangor dan pantai timur negeri Johor. Menurut Agensi Perlindungan Alam Sekitar Amerika Syarikat, U.S. EPA, pembakaran bahan api fosil tidak lengkap, penguraian anaerobik organik di tanah lembap semula jadi merupakan antara unsur utama pembebasan gas metana. Didapati tiga lokasi kritikal, iaitu Tasik Temenggor dan Hutan Paya Laut Matang di utara negeri Perak, Pelabuhan Klang di negeri Selangor serta Kota Tinggi dan Tanjung Piai dalam daerah Pengerang di negeri Johor berhubungan rapat dengan kepekatan metana di Semenanjung Malaysia ini.

Kepekatan metana di Semenanjung Malaysia juga terdapat perubahan trend yang signifikan. Kepekatan metana tertumpu di lokasi negeri Selangor pada awal tahun 2009, iaitu bulan Januari hingga Mac. Pola kepekatan metana berubah dan tertumpu di lokasi utara negeri Perak dan negeri Selangor pada bulan April hingga September. Ini diikuti oleh kepekatan metana yang tertumpu di tiga lokasi kritikal, iaitu di negeri Perak, negeri Selangor dan negeri Johor. Perubahan trend ini dapat dikaitkan dengan Tiupan Angin Monsun Timur Laut pada bulan November hingga Mac dan Tiupan Angin Monsun Barat Daya pada bulan Mei hingga September.

Setelah menjalankan analisis ruang kepekatan metana di Semenanjung Malaysia, didapati pola kepekatan metana, metana mempunyai perubahan atau trend yang signifikan pada tahun 2009. Kebanyakan kepekatan metana tertumpu di lokasi utara negeri Perak, lokasi negeri Selangor dan negeri Johor pada tahun 2009. Peta yang dihasilkan menunjukkan kawasan yang berdekatan dengan lokasi tersebut juga dipengaruhi dan mempunyai kepekatan metana yang sederhana.

6. Kesimpulan

Dalam kajian ini, 18 stesen daripada seluruh Semenanjung Malaysia dipilih untuk dijalankan analisis ruang. Kaedah kriging digunakan untuk menjalankan analisis ruang bagi data kepekatan metana pada tahun 2009. Model semivariogram dipadankan kepada setiap set data mengikut bulanan untuk menyiasat pergantungan ruang data sebelum analisis ruang dijalankan.

Akhirnya, kepekatan metana di Semenanjung Malaysia dapat dihuraikan di dalam peta kontur Semenanjung Malaysia dan dibandingkan bagi setiap bulan pada tahun 2009 serta lokasi kritikal di Semenanjung Malaysia dapat ditentukan, iaitu di negeri Perak, Selangor dan Johor. Objektif kajian ini dapat dicapai dan didapati pendekatan kriging merupakan kaedah yang mudah dan sesuai digunakan dalam menjalankan analisis ruang.

Penghargaan

Kami ingin merakamkan penghargaan kepada Jabatan Alam Sekitar (JAS) Malaysia kerana memberikan data berkenaan.

Rujukan

- Amran S. N. 2005. Perbandingan kaedah penganggaran nilai yang lenyap melalui model Box-Jenkins. Kajian Ilmiah Siswazah. Universiti Kebangsaan Malaysia.
- Cao M., Gregson K. & Marshall S. 1998. Global methane emission from wetlands and its sensitivity to climate change. *Atmospheric Environment* **32**(19): 3293-3299.
- Donald J. W. & Hayhoe K. 2000. Atmospheric methane and global change. *Earth-Science Reviews* **57**:177-210.
- Hengl T. 2009. *A Practical Guide to Geostatistic Mapping*. 2nd Ed. Amsterdam: University of Amsterdam.
- Holdaway R. H. 1996. Spatial modeling and interpolation of monthly temperature usingkriging. *Climate Research* **3**:215-225.
- Jabatan Alam Sekitar. 2012. <http://www.doe.gov.my/portal/> (10 Nov 2014).
- Jasiman A. 1996. *Pencemaran Alam Sekitar: Siri Pencemaran Alam*. Petaling Jaya: Eddiplex Sdn. Bhd.
- Johnston K., Jay M. V. H., Krivoruchko K. & Lucas N. 2001. *Using ArcGIS Geostatistical Analyst*. New York: ESRI.
- Lefohn A. S., Knudsen, H.P. & Shadwick D. S. 2006. Using ordinary kriging estimate the seasonal W126 and N100 24-h concentration for the years 2004 and 2005. http://webcam.srs.fs.fed.us/ozone/spatial/2004/contractor_2004_2005.pdf (20 Sept 2014).
- Masseran N., Razali A. M., Ibrahim K., Wan Zin W. Z. & Zaharim A. 2011. On spatial estimation of wind energy potential in Malaysia. Dlm. *Proceedings of the 5th International Conference on Applied Mathematics, Simulation and Modeling (ASM'11)*, pp. 140-145.
- Nas B. & Berkday A. 2010. Groundwater quality mapping in urban groundwater using GIS. *Environ Monit Assess.* **160**: 215-227.
- Sha C., Mitsch W.J., Mander U., Batson J., Zhang L. & He W. 2011. Methane emissions from freshwater riverine wetlands. *Ecological Engineering* **37**(1):16-24.
- U. S. Environmental Protection Agency. 2012. <http://www.epa.gov> (20 Sept 2014).

¹*Pusat Pengajian Sains Matematik
Fakulti Sains dan Teknologi
Universiti Kebangsaan Malaysia
43600 UKM Bangi
Selangor DE, MALAYSIA
Mel-e: mahir@ukm.edu.my**

²*Pusat Pemodelan dan Analisis Data (DELTA)
Universiti Kebangsaan Malaysia
43600 UKM Bangi, Selangor DE
MALAYSIA*

*Penulis untuk dihubungi