

REKOD JANGKA PANJANG METANA DAN HIDROKARBON BUKAN
METANA DI MALAYSIA SERTA KESANNYA KE ATAS PEMBENTUKAN
OZON PERMUKAAN BUMI

MOHD RASHDAN BIN TOPA

TESIS YANG DIKEMUKAKAN UNTUK MEMENUHI SEBAHAGIAN
DARIPADA SYARAT MEMPEROLEH IJAZAH SARJANA SAINS

FAKULTI SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITI KEBANGSAAN MALAYSIA
BANGI

2018

PENAKUAN

Saya akui karya ini adalah hasil kerja saya sendiri kecuali nukilan dan ringkasan yang tiap-tiap satunya telah saya jelaskan sumbernya.

29 Jun 2018

MOHD RASHDAN TOPA
P87964

PENGHARGAAN

Syukur alhamdulillah kepada Allah S.W.T kerana dengan berkat dan nikmat serta kurniaan dariNya dapat saya menyiapkan tesis ini dalam tempoh waktu yang ditetapkan. Jutaan terima kasih kepada Prof. Dr. Mohd Talib Latif selaku penyelia tesis yang banyak memberi semangat, bimbingan dan tunjuk ajar. Ribuan terima kasih juga kepada semua rakan penyelidik di Makmal Iklim dan Lautan, Fakulti Sains dan Teknologi terutamanya saudara Chung Jing Xiang, Encik Famey Yusoff dan Cik Anis Asma yang sudi berkongsi kepakaran serta buah fikiran terutamanya dalam pemprosesan dan penganalisan data.

Terima kasih juga kepada pihak Jabatan Perkhidmatan Awam (JPA) dan majikan saya, Jabatan Alam Sekitar (JAS) yang memberi tajaan dan peluang kepada saya untuk mempertingkatkan ilmu supaya dapat berkhidmat dengan lebih baik lagi dalam perkhidmatan awam.

Tidak lupa kepada isteri dan anak-anak yang sentiasa memahami dan memberi banyak ruang waktu untuk dan sokongan semasa menyiapkan tesis ini. Tanpa sokongan semua pihak terlibat, tesis ini sudah tentu tidak dapat disempurnakan dengan baik. Kesudian anda semua menghulur bantuan amat saya hargai.

Tiada gading yang tidak retak. Meskipun tesis ini banyak kekurangannya, saya berharap ia sedikit sebanyak dapat memberi manfaat kepada para pencinta ilmu dan pihak-pihak berkepentingan.

Semoga Allah memberkati segala ilmu yang dicurahkan dan memberikan balasan yang lebih baik jua. Amin.

ABSTRAK

Gas metana (CH_4) adalah gas rumah hijau (GHG) yang menyebabkan perubahan iklim dan pemanasan dunia manakala hidrokarbon bukan metana (HBM) pula adalah pencetus kepada pembentukan ozon (O_3) permukaan bumi yang berbahaya kepada kesihatan. Kajian CH_4 dan HBM yang dijalankan ini dibuat untuk melihat tren pelepasan CH_4 dan HBM di Malaysia dalam satu jangka masa yang panjang (10 tahun) dari tahun 2000 hingga 2009 dan hubungan kedua-duanya dengan O_3 . Data CH_4 , HBM dan O_3 daripada 20 stesen pemantauan kualiti udara automatik berterusan Jabatan Alam Sekitar (JAS) di Malaysia telah dianalisa menggunakan kaedah statistik termasuk analisa linear regresi dan korelasi Pearson. Hasil kajian mendapati nilai bacaan kepekatan purata bulanan CH_4 tertinggi dicatatkan di stesen Larkin, Johor Bahru iaitu 2.609 ± 0.541 ppm. Bagi HBM, rekod bacaan nilai purata bulanan tertinggi dicatatkan di stesen Bukit Rambai, Melaka iaitu 0.749 ± 0.256 ppm. Nilai kepekatan CH_4 terkini (tahun 2009) bagi Malaysia adalah 2.001 ppm dan nilai ini adalah lebih tinggi sedikit daripada kepekatan CH_4 dunia yang terkini iaitu 1.855 ppm. Taburan kepekatan CH_4 dan HBM yang lebih tinggi didapati tertumpu di kawasan bandar dan perindustrian iaitu di kawasan Melaka, Johor dan Selangor manakala kawasan sub-bandar seperti Jerantut menunjukkan kepekatan CH_4 dan HBM yang jauh lebih rendah. Tren kepekatan CH_4 dan HBM menunjukkan kepelbagaian tren kepekatan di seluruh Malaysia dimana bagi kedua-dua CH_4 dan HBM, 10 stesen menunjukkan tren kepekatan menaik manakala 10 stesen lagi menunjukkan tren kepekatan menurun. Analisis korelasi bagi menentukan hubungan CH_4 dengan bahan pencemar O_3 mendapati 15 stesen menunjukkan korelasi positif yang sangat kecil dan lemah ($r < 0.20$ dan $0.20 < r < 0.40$) manakala 5 stesen lagi menunjukkan korelasi negatif. Bagi HBM pula, 14 stesen menunjukkan korelasi positif manakala 6 stesen lagi menunjukkan korelasi negatif. Daripada 14 stesen tersebut, 12 stesen menunjukkan hubungan positif yang lemah ($0.20 < r < 0.40$) manakala 2 stesen lagi menunjukkan hubungan positif yang sederhana ($0.40 < r < 0.70$). Bagaimanapun hubungan antara CH_4 dan HBM dengan bahan pencemar O_3 bagi kesemua stesen adalah tidak signifikan ($p > 0.05$) berdasarkan nilai r yang diperolehi iaitu $r < 0.5$. Stesen Shah Alam didapati menunjukkan korelasi CH_4 dan HBM paling tinggi dengan O_3 berbanding stesen-stesen lain.

ABSTRACT

Methane (CH₄) is a greenhouse gas (GHG) that causes climate change and global warming while non-methane hydrocarbons (NMHCs) are precursor for the formation of earth's surface ozone (O₃) that harmful to health. The CH₄ and NMHCs study was conducted to look at the CH₄ and NMHCs trends in Malaysia over a long period of time (10 years) from 2000 to 2009 and the relationship between the two with O₃. The CH₄, NMHCs and O₃ data from the 20 continuous automatic air quality monitoring stations of the Department of Environment (DOE) in Malaysia have been analyzed using statistical methods including linear regression and pearson correlations. The results showed that the highest monthly average concentration of CH₄ was recorded at Larkin station, Johor Bahru at 2.609 ± 0.541 ppm. For NMHCs, the highest monthly average reading was recorded at Bukit Rambai station, Melaka at 0.749 ± 0.256 ppm. The current concentration of CH₄ for Malaysia (year 2009) was 2.001 ppm and this value was slightly higher than the current world CH₄ concentration of 1.855 ppm. Higher concentrations of CH₄ and NMHCs are concentrated in urban and industrial areas in Johor, Selangor and Melaka. Sub-urban areas such as Jerantut show much lower of CH₄ and NMHCs concentrations. CH₄ and NMHCs concentrations show a wide range of concentration trends across Malaysia where for both CH₄ and NMHCs, 10 stations show an upward trend, while another 10 stations show a downward trend. The correlation analysis to determine the CH₄ relationship with O₃ pollutants found that 15 stations showed very small and weak positive correlations ($r < 0.20$ and $0.20 < r < 0.40$) while 5 stations showed a negative correlation. For NMHCs, 14 stations showed positive correlation while 6 stations showed a negative correlation. Of the 14 positive correlation stations, 12 stations showed weak positive relationships ($0.20 < r < 0.40$) while 2 stations showed moderate positive relationships ($0.40 < r < 0.70$). However, the relationship between CH₄ and NMHCs with O₃ pollutants for all stations was not significant ($p > 0.05$) based on r value obtained i.e. $r < 0.5$. Shah Alam station was found to show the highest correlation of CH₄ and NMHCs with O₃ compared to other stations.

KANDUNGAN

		Halaman
PENGAKUAN		ii
PENGHARGAAN		iii
ABSTRAK		iv
ABSTRACT		v
KANDUNGAN		vi
SENARAI JADUAL		viii
SENARAI ILUSTRASI		ix
SENARAI SINGKATAN		xi
BAB I	PENDAHULUAN	
1.1	Pengenalan	1
1.2	Rasional Kajian	4
1.3	Objektif Kajian	4
1.4	Skop Kajian	5
BAB II	ULASAN KEPUSTAKAAN	
2.1	Pengenalan Metana (CH ₄)	6
	2.1.1 Sumber pelepasan CH ₄	7
	2.1.2 Malaysia: Sumber pelepasan utama CH ₄	10
	2.1.3 CH ₄ dan Gas Rumah Hijau (GHG)	10
2.2	Pengenalan Hidrokarbon Bukan Metana (HBM)	12
	2.2.1 Sumber pelepasan HBM	14
2.3	Hubungan CH ₄ dan HBM dengan Pencemar Udara Utama	15
	2.3.1 Hidrokarbon dan kabut fotokimia	15
	2.3.2 Pencemaran ozon (O ₃)	16
	2.3.3 Hubungan CH ₄ dengan O ₃	18

2.3.4	Hubungan HBM dengan O ₃	19
2.3.5	Hubungan HBM dengan NO _x	20
2.3.6	Hubungan HBM dengan CO	21

BAB III KAEDAH KAJIAN

3.1	Lokasi Kajian	22
3.2	Pengumpulan Data	25
3.2.1	Data kualiti udara	25
3.2.2	Stesen pengawasan kualiti udara automatik	25
3.2.3	Piawai kualiti udara ambien di Malaysia	26
3.2.4	Audit data kualiti udara	28
3.3	Analisis Data	30
3.3.1	Analisis Deskriptif	30
3.3.2	Analisis Regrasi Linear	31
3.3.3	Korelasi Pearson	33
3.3.4	Perbandingan kepekatan CH ₄	34

BAB IV HASIL KAJIAN DAN PERBINCANGAN

4.1	Analisis Statistik Deskriptif Kepekatan CH ₄	36
4.1.1	Corak taburan kepekatan CH ₄	38
4.1.2	Perbandingan kepekatan CH ₄ dunia	40
4.2	Analisis Statistik Deskriptif Kepekatan HBM	41
4.2.1	Corak taburan kepekatan HBM	43
4.3	Tren Kepekatan CH ₄	45
4.4	Tren Kepekatan HBM	50
4.5	Hubungan Antara CH ₄ dengan O ₃	56
4.6	Hubungan Antara HBM dengan O ₃	58

BAB V	KESIMPULAN	
5.1	Rumusan Kajian	61
5.2	Ulasan dan Cadangan	65
	RUJUKAN	67
	LAMPIRAN	
Lampiran A	Kepekatan Purata Bulanan CH ₄ Stesen Kajian Mengikut Bilangan Bulan dari Tahun 2000 hingga 2009	78
Lampiran B	Kepekatan Purata Bulanan HBM Stesen Kajian Mengikut Bilangan Bulan dari Tahun 2000 hingga 2009	82
Lampiran C	Kepekatan Purata Bulanan CH ₄ dan HBM Setiap Stesen Kajian dari Tahun 2000 hingga 2009	87
Lampiran D	Nilai Korelasi r antara CH ₄ dan Bahan Pencemar O ₃	88
Lampiran E	Nilai Korelasi r antara HBM dan Bahan Pencemar O ₃	89

SENARAI JADUAL

No. Jadual		Halaman
Jadual 3.1	Lokasi kajian CH ₄ dan HBM	22
Jadual 3.2	Piawai baru kualiti udara ambien di Malaysia	27
Jadual 3.3	Alat tentukur bagi setiap parameter yang diaudit	29
Jadual 3.4	Nilai korelasi dan kekuatan hubungan	34
Jadual 3.5	GHG dan Potensi Pemanasan Global (GPW)	35
Jadual 4.1	Rekod kepekatan CH ₄ mengikut stesen dari Januari 2000 hingga Disember 2009	37
Jadual 4.2	Rekod kepekatan HBM mengikut stesen dari Januari 2000 hingga Disember 2009	42
Jadual 4.3	Nilai korelasi r di antara CH ₄ dengan bahan pencemar O ₃	57
Jadual 4.4	Nilai korelasi r di antara HBM dengan bahan pencemar O ₃	59

SENARAI ILUSTRASI

No. Rajah		Halaman
Rajah 2.1	Anggaran pelepasan antropogenik dunia CH ₄ mengikut punca, 2010	9
Rajah 2.2	Malaysia: Sumber pelepasan utama CH ₄	10
Rajah 2.3	Pelepasan GHG dunia mengikut gas	11
Rajah 2.4	Ringkasan mekanisma oksidasi fotokimia CH ₄ di troposfera	19
Rajah 3.1	Peta lokasi stesen kajian CH ₄ dan HBM	24
Rajah 3.2	Stesen pengawasan kualiti udara automatik Jabatan Alam Sekitar	26
Rajah 4.1	Peta haba kepekatan purata bulanan CH ₄ mengikut stesen (2000-2009)	38
Rajah 4.2	Kepekatan global purata bulanan CH ₄ dunia	40
Rajah 4.3	Peta haba kepekatan purata bulanan HBM mengikut stesen (2000-2009)	44
Rajah 4.4a-4.4e	Tren kepekatan CH ₄ mengikut zon	46
Rajah 4.5a-4.5e	Tren kepekatan HBM mengikut zon	51

SENARAI SINGKATAN

APCS	<i>Absolute Principal Component Scores</i>
ASCII	American Standard Code for Information Interchange
ASMA	Alam Sekitar Malaysia Sdn. Bhd.
CAQM	<i>Continuous Air Quality Monitoring</i>
CDO	<i>Climate Data Operator</i>
CH ₄	Metana
CO	Karbon monoksida
CO ₂	Karbon dioksida
Dis	Disember
et al.	<i>(et alia): and others</i>
GHG	Gas rumah hijau (<i>Greenhouse gases</i>)
GMI	<i>Global Methane Initiative</i>
GWP	Potensi Pemanasan Global (<i>Global Warming Potential</i>)
H ₂ O	molekul air
HBM	Hidrokarbon bukan metana
HFCs	<i>Hydrofluorocarbons</i>
hlm.	Halaman
ICBE	<i>International Carbon Bank and Exchange</i>
IPCC	<i>Intergovernmental Panel of Climate Change</i>
IPU	Indeks Pencemar Udara
JAS	Jabatan Alam Sekitar
LPG	Gas petroleum cecair (<i>Liquefied petroleum gases</i>)
MATLAB	<i>Matrix Laboratory</i>
N	nitrogen
NetCDF	<i>Network Common Data Form</i>
N ₂ O	nitrus oksida
NC2	<i>Second National Communication</i>
NMHCs	<i>Non-Methane Hydrocarbons</i>
NMVOCs	sebatian organik meruap bukan metana
NOAA	National Oceanic & Atmospheric Administration
NO ₂	nitrogen dioksida

NO _x	oksida nitrogen
N ₂ O	nitrus oksida
O	oksigen tunggal
O ₂	molekul oksigen
O ₃	ozon
OH	ion hidroksil
PAN	Peroksil nitrat
PCA	<i>Principal Component Analysis</i>
PFCs	<i>Perfluorocarbons</i>
PM	bahan zarah terampai
PM _{2.5}	zarah terampai berdiameter 2.5 mikrometer
PM ₁₀	zarah terampai berdiameter 10 mikrometer
POM	<i>Polycyclic organic matter</i>
QGIS	<i>Quantum Geographic Information System</i>
SF ₆	<i>Hexafluoride</i>
SOA	<i>Secondary organic aerosol</i>
THC	<i>Total Hydrocarbon</i>
USEPA	<i>United State Environment Protection Agency</i>
uv	ultra lembayung
VOCs	Sebatian organik meruap
WMO	World Meteorological Organization

SENARAI SIMBOL

$^{\circ}\text{C}$	darjah celcius
g/L	gram seliter (1 g/L = 1 kg/m ³)
K	kelvin
kJ/mol	kilo joule per mol
Mt	juta tan (1 Mt = 10 ⁶ kg = 1 Gg)
ppb	bahagian per ribu juta
ppm	bahagian per juta
Tgal	<i>thousand gallons</i>
Tg yr ⁻¹	Tg (1 Tg = 1 million tons) setahun
tCO ₂ eq	tan CO ₂ – equivalent
Wm ⁻²	watt per square metre (W/m ²)
±	sisihan piawai

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 PENGENALAN

Tren peningkatan suhu bumi yang disebabkan oleh pemanasan global kini merupakan satu ancaman dunia. Pemanasan global berlaku akibat pelepasan gas rumah hijau (GHG) ke atmosfera dan ia mempunyai kesan yang besar terhadap iklim dunia (Halady & Rao 2010; Boakye-Agyei 2011).

Metana (CH_4) - GHG dengan jangka hayat singkat tetapi kuat, terbebas dari sumber yang pelbagai dan luas bertebaran dan memberikan satu cabaran yang unik. CH_4 adalah GHG penting yang menyumbang 0.48 Wm^{-2} kepada daya tekanan radiasi (*radiative forcing*). Sejak kebelakangan ini, CH_4 telah menjadi topik perbincangan hangat dan menjadi sebahagian strategi dalam menangani isu pemanasan global. Ini kerana CH_4 mempunyai jangka hayat atmosfera yang agak singkat iaitu lebih kurang 10 tahun yang bermaksud mengurangkan CH_4 akan menyebabkan pengurangan daya tekanan radiasi kepada beberapa tahun sahaja. Tambahan pula, CH_4 mempunyai potensi pemanasan global (GWP) yang lebih besar daripada karbon dioksida (CO_2) (GWP 28 dalam tempoh 100 tahun), bermakna bahawa untuk pelepasan jisim CH_4 dan CO_2 yang sama, CH_4 menyumbang lebih banyak kepada daya tekanan radiasi berbanding CO_2 (Myhre et al. 2013).

Sumber-sumber utama pelepasan CH_4 dapat dibahagikan kepada sumber semula jadi (tanah basah, rembesan geologi, rayap, hidrat CH_4 , dan lautan) dan sumber antropogenik (arang batu, eksploitasi minyak dan gas, penanaman padi, haiwan ruminan domestik dan sisa buangan) (Kirschke et al. 2013).

Dari pertengahan 1990-an hingga pertengahan 2000-an, kadar pertumbuhan atmosferik CH₄ telah menghampiri sifar yang mencerminkan keseimbangan sumber dan sinki. Walau bagaimanapun, sejak tahun 2006, kadar pertumbuhan ini telah menjadi positif semula (Dlugokencky et al. 2011; Nisbet et al. 2014; Rigby et al. 2008). Punca kepada peningkatan ini masih belum difahami sepenuhnya tetapi ia mungkin disebabkan oleh gabungan peningkatan pelepasan antropogenik serta peningkatan pelepasan daripada tanah lembap tropika dan sub-tropika yang didorong oleh kepelbagaian iklim (Kirschke et al. 2013). Pelepasan antropogenik yang lebih tinggi mungkin disebabkan oleh peningkatan eksploitasi minyak, gas dan arang batu yang telah dipacu oleh pertumbuhan ekonomi di Asia Timur terutamanya China di mana pengeluaran arang batu sahaja meningkat pada kadar 10% setahun antara tahun 2000 dan 2009 (Cheng et al. 2011).

Kepekatan global CH₄, GHG yang penting dan menyebabkan perubahan iklim, kini berkembang lebih cepat dan menghampiri senario GHG yang paling intensif (Saunio 2016). Wuebbles dan Hayhoe (2002) dalam kajiannya menyatakan bahawa sejak tahun 1700-an, aktiviti manusia yang berkembang pesat khususnya dalam bidang pertanian, penggunaan bahan api fosil, dan pelupusan sisa telah menyebabkan peningkatan pelepasan CH₄ sebanyak dua kali ganda. Akibatnya kepekatan CH₄ atmosfera telah meningkat dengan faktor 2-3 sebagai tindak balas kepada peningkatan ini, dan kadar ini terus meningkat. Analisis terbaru pula menunjukkan bahawa peningkatan pesat dalam kepekatan CH₄ global sejak akhir-akhir ini yang kebanyakannya biogenik, berkemungkinan besar berpunca daripada aktiviti pertanian dengan sumbangan yang lebih kecil daripada penggunaan bahan api fosil dan tanah lembap.

Pada abad ke-21 ini, sasaran yang ditetapkan adalah untuk memastikan peningkatan pemanasan global kurang daripada 20°C. Namun semua negara hanya memberi fokus kepada pengurangan pelepasan karbon dioksida (CO₂) tetapi kurang perhatian terhadap pelepasan CH₄. Memandangkan CH₄ adalah 21 kali lebih kuat daripada CO₂, seharusnya semua negara harus mengambil langkah perlu untuk mengurangkan pelepasan CH₄. Perhatian tambahan amat diperlukan untuk mengukur

dan mengurangkan pelepasan CH₄ kerana ia memberi faedah besar ke atas iklim, ekonomi, kesihatan dan faedah tambahan kepada pertanian yang saling melengkapi dengan tebatan CO₂ (Saunois et al. 2016).

Pencemaran hidrokarbon kepada persekitaran sama ada daripada petroleum, racun perosak atau lain-lain bahan organik toksik adalah sangat serius. Pencemaran alam sekitar yang berpunca dari aktiviti petroleum adalah membimbangkan kerana hidrokarbon petroleum merupakan toksik kepada semua bentuk kehidupan (Abha & Singh 2012). Kehadiran beberapa hidrokarbon bukan metana (HBM) di udara pula boleh menyebabkan keracunan dalam atmosfera. Sebagai contoh, benzena, 1,3-butadiena, formaldehid, asetaldehid dan *polycyclic organic matter* (POM) adalah merupakan sebatian toksik (Arsene et al. 2009).

HBM yang merupakan kumpulan utama *volatile organic compounds* (VOCs) atmosfera dan pelopor utama ozon (O₃) terbebas ke atmosfera melalui pelbagai sumber semulajadi dan antropogenik (Sharma et al. 2000). Sumber-sumber pencemaran HBM di udara kawasan bandar sering didominasi oleh pelepasan antropogenik seperti pelepasan kenderaan, pelepasan industri, pelepasan asap, gas petroleum cecair (LPG) dan kebocoran gas asli (Barletta et al. 2005; Tang et al. 2007; Duan et al. 2008).

HBM merupakan pelopor kepada O₃ permukaan tanah dengan kehadiran matahari dan oksida nitrogen (Pasquela & Maurizio 2015) di mana kehadiran HBM di atmosfera menghasilkan satu tindak balas kompleks yang berupaya menjana oksida fotokimia seperti O₃ dan peroksil nitrat (PAN) yang amat merbahaya kepada kesihatan manusia dan tumbuh-tumbuhan (Sillman 2003; Kampa & Castanas 2007). Oleh kerana kesan negatif HBM terhadap persekitaran atmosferik serta kesihatan manusia, pengukuran HBM atmosferik telah dijalankan di beberapa kawasan bandar seluruh dunia (Shirai et al. 2007; Gaimoz et al. 2011; Waked et al. 2016) dan keputusan menunjukkan bahawa HBM memberi sumbangan besar kepada atmosferik O₃ dan *secondary organic aerosol* (SOA) di kebanyakan bandaraya dan meningkatkan risiko kanser akibat pencemaran benzena dengan rekod melebihi nilai 1.0×10^{-6} di sesetengah bandaraya (Zhou et al. 2011; Du et al. 2014).

Kajian CH₄ dan HBM yang dijalankan ini belum pernah dibuat sebelumnya dimana tren pelepasan CH₄ dan HBM di Malaysia dalam satu jangka masa yang panjang (10 tahun) dari tahun 2000 hingga 2009 dan hubungan kedua-duanya dengan O₃ akan dikaji.

1.2 RASIONAL KAJIAN

Berdasarkan rujukan dan kajian kepustakaan adalah jelas bahawa gas CH₄ adalah gas GHG yang menyebabkan perubahan iklim dan pemanasan dunia manakala HBM pula adalah pencetus kepada pembentukan O₃ permukaan bumi yang berbahaya kepada kesihatan. Maka adalah penting satu kajian dijalankan untuk mengetahui tahap pelepasan CH₄ dan HBM di negara kita Malaysia dan impaknya kepada persekitaran.

Pemantauan berterusan kualiti udara ambien bagi parameter CH₄ dan HBM hanya dibuat oleh Jabatan Alam Sekitar (JAS) dari tahun 2000 hingga 2009. Selepas tahun 2009, tiada lagi rekod data bahan pencemar CH₄ dan HBM kerana pemantauan bagi parameter ini tidak lagi dijalankan oleh JAS. Tempoh 10 tahun kajian dijalankan adalah suatu jangkamasa panjang yang mencukupi bagi melihat secara keseluruhan tren kepekatan CH₄ dan HBM di Malaysia dan menilai impaknya kepada persekitaran.

Antara faedah yang akan diperolehi daripada kajian ini adalah ianya akan memberi manfaat bagi para penyelidik dan masyarakat dalam memahami secara umumnya tahap kualiti udara ambien bagi CH₄ dan HBM di Malaysia dan kesan pencemaran CH₄ dan HBM terhadap persekitaran. Selain itu, ia juga dapat membantu agensi terlibat seperti JAS dan pihak Kementerian Sumber Asli dan Alam Sekitar (NRE) dalam merancang program pengawasan kualiti udara dengan lebih berkesan.

1.3 OBJEKTIF KAJIAN

Objektif kajian ini dijalankan adalah seperti berikut:

1. Mengenalpasti kawasan yang mempunyai kepekatan CH₄ dan HBM yang tertinggi.

2. Melihat tren kualiti udara bagi CH₄ dan HBM dari tahun 2000-2009.
3. Menentukan hubungan antara CH₄ dan HBM dengan O₃.

1.4 SKOP KAJIAN

Fokus kajian yang dijalankan adalah terhadap kesemua 20 stesen pemantauan kualiti udara automatik berterusan di Malaysia yang membekalkan data kualiti udara bagi CH₄ HBM di mana analisa terhadap data sekunder kualiti udara yang diperolehi dari JAS dan Alam Sekitar Malaysia Sdn. Bhd (ASMA). Selain daripada melihat tren kualiti udara ambien CH₄ dan HBM di Malaysia, hubungan antara CH₄ dan HBM dengan bahan pencemar udara lain terutamanya O₃ juga turut dikaji.

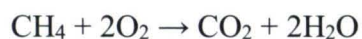
BAB II

ULASAN KEPUSTAKAAN

2.1 PENGENALAN METANA (CH₄)

Metana (CH₄) adalah sejenis hidrokarbon yang tidak berwarna, tidak berbau, tidak berasa, hampir tidak beracun dan boleh terbakar. Pada kepekatan yang tinggi dan tanpa kehadiran oksigen, CH₄ menjadi gas narkotik (Agarwal 2009). Metana dengan formula kimia CH₄ terhasil secara semulajadi di udara pada kepekatan lebih kurang 0.0002% daripada proses pereputan anaerobik bahan organik, pertumbuhan beberapa jenis tanaman dan aktiviti penternakan. CH₄ adalah komponen utama gas asli iaitu sebanyak 85% (Blanchfield 2011).

Ketumpatan gas CH₄ adalah 0.717 kg/m³, dan ia lebih ringan daripada udara. CH₄ menjadi cecair di bawah 112 K dan menjadi pepejal di bawah 90.5 K. Gas ini mempunyai kelarutan yang lemah dalam air, tetapi larut dengan baik dalam pelarut organik. Pembakaran CH₄ adalah tindak balas yang paling penting menghasilkan sejumlah besar haba (890 kJ/mol). Ini menjelaskan peranan CH₄ sebagai sumber tenaga utama (Carey 2007):



Pendedahan kepada CH₄ boleh berlaku dalam pelbagai cara. Oleh kerana CH₄ hadir secara semula jadi dalam atmosfera, orang ramai mungkin terdedah kepada CH₄ tetapi dalam kepekatan yang sangat rendah. Penggunaan peralatan gas di rumah juga boleh meningkatkan pendedahan kepada CH₄ akibat penggunaan yang tidak betul atau berlakunya kebocoran. Pendedahan kepada CH₄ juga boleh berlaku di tempat kerja yang melibatkan pengeluaran atau penggunaan CH₄. Kesan buruk terhadap kesihatan yang

mungkin berlaku akibat pendedahan kepada CH_4 bergantung kepada cara dan jumlah pendedahan tersebut. Dalam kes-kes yang teruk, pendedahan kepada CH_4 boleh menyebabkan komplikasi jantung dan pernafasan, dan seterusnya menyebabkan kematian. Sentuhan kulit dengan cecair CH_4 juga boleh menyebabkan radang dingin (Bull 2010).

Pada hari ini CH_4 digunakan di seluruh dunia sebagai sumber bahan api industri dan domestik antaranya untuk memanaskan rumah kediaman atau menjana elektrik. Usaha-usaha juga sedang giat dijalankan untuk menggunakan CH_4 yang terhasil daripada aktiviti lombong arang batu dan tapak pelupusan sampah sebagai sumber alternatif bahanapi (Hilgenkamp 2006). Penggunaanya kini telah merangsang ke arah pembangunan ekonomi mampan kerana menyediakan sumber tenaga rendah karbon (Reay et al. 2010).

2.1.1 Sumber Pelepasan CH_4

CH_4 dihasilkan dengan banyak oleh organisma hidup. Penghasilan CH_4 berlaku apabila kumpulan bakteria yang dipanggil bakteria metanogenik berespirasi secara anaerobik dan menukarkan karbohidrat kepada CH_4 dan sebatian lain (Ramsden 1996).

Sumber pelepasan CH_4 yang dikenal pasti adalah daripada aktiviti secara semula jadi dan aktiviti antropogenik (Denman et al. 2007; Bader et al. 2016; Dlugokencky et al. 2009). Aktiviti manusia yang berkaitan dengan pertanian dan sektor tenaga adalah sumber utama antropogenik CH_4 iaitu penapaian perut ternakan (17%), penanaman padi (7%), perlombongan arang batu (7%), eksploitasi minyak dan gas (12%) dan pengurusan sisa (11%). Manakala daripada sumber-sumber semulajadi metana adalah daripada tanah lembap (34%), anai-anai (4%), hidrat CH_4 dan lautan (3%) bersama-sama dengan pembakaran biojisim (4%). Angka-angka yang dihasilkan ini adalah berdasarkan kepada kajian oleh Chen dan Prinn (2006), Fung et al. (1991) dan Kirschke et al. (2013) yang menggunakan data inventori pelepasan simulasi CH_4 GEOS-Chem v9-02 (Turner et al. 2015). Bagaimanapun diperhatikan masih terdapat ketidakpastian yang jelas di sebalik angka-angka yang diperolehi (Bader et al. 2016).

Berdasarkan kajian terbaru atmosfera, pelepasan global CH_4 dianggarkan pada 559 [540-568] $\text{Tg CH}_4 \text{ yr}^{-1}$ untuk dekad 2003-2012 (Saunois et al. 2016). Sumber tropikal, termasuk sumber semulajadi dan antropogenik mewakili dua pertiga daripada jumlah pelepasan global yang didominasi oleh pelepasan daripada tanah lembap. Kira-kira dua pertiga daripada pengeluaran global CH_4 juga disumbangkan oleh aktiviti antropogenik, termasuk dari kedua-dua pertengahan latitud dan kawasan tropika (Saunois et al. 2016).

a. Sumber semulajadi

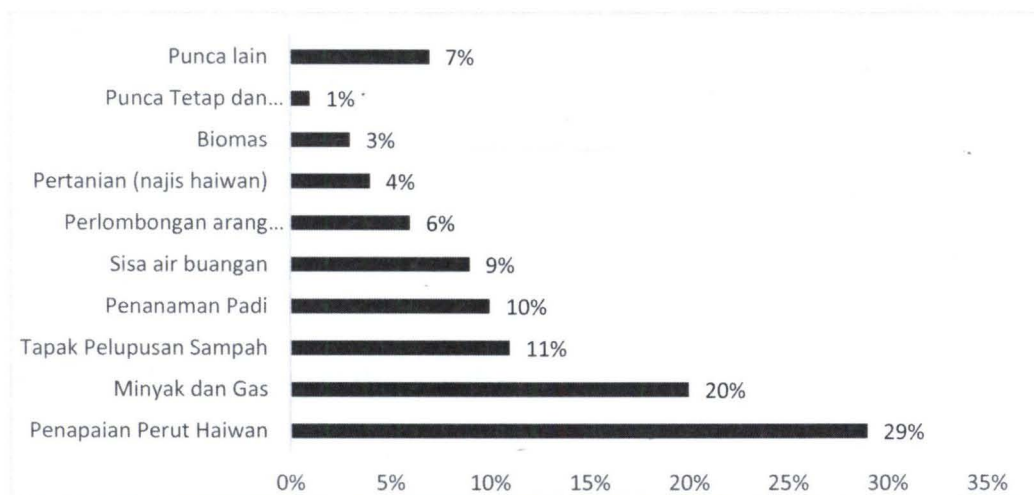
Sumber semulajadi utama pelepasan CH_4 adalah daripada tanah lembap, anai anai dan pelepasan daripada sumber pesisir dan luar pesisir geologi. Di peringkat dunia, sumber antropogenik CH_4 mengatasi sumber semulajadi (Reay et al. 2010). Jumlah keseluruhan pelepasan CH_4 dari kedua-dua sumber ini dianggarkan sebanyak 582 Tg CH_4 setahun dimana lebih kurang 200 Tg CH_4 disumbangkan oleh sumber semula jadi (Denman et al. 2007).

Sumber semulajadi pelepasan CH_4 paling banyak adalah daripada tanah lembap terutamanya di kawasan tropik dimana penguraian bahan organik secara anaerobik menyebabkan terhasilnya CH_4 (Hewitt & van Jackson 2009). Tiga faktor utama yang menentukan pelepasan CH_4 dari tanah lembap adalah suhu (Christensen et al. 2003), kedalaman permukaan air tanah (Mac Donald et al. 1998) dan ketersediaan substrat (Christensen et al. 2003). Antara tiga faktor ini, suhu merupakan faktor terpenting. Kajian yang dibuat di beberapa tapak tanah lembap menunjukkan variasi suhu tanah menyumbang 84% kepada variasi pelepasan CH_4 di mana pelepasan CH_4 didapati menunjukkan tindakbalas positif yang ketara dengan peningkatan suhu (Christensen et al. 2003). Adalah dijangkakan dengan peningkatan dua kali ganda kepekatan CO_2 (pemanasan 3.4°C), akan menyebabkan peningkatan 78% pelepasan CH_4 dari tanah lembap (Shindell et al. 2004). Gedney et al. (2004) meramalkan situasi ini boleh menyebabkan kesan radiasi iklim antropogenik antara 3.5% hingga 5% menjelang tahun 2100. Oleh kerana itu, pelepasan CH_4 daripada tanah lembap adalah kritikal kepada bajet pelepasan dunia CH_4 pada masa kini dan akan datang (Reay et al. 2010).

b. Sumber antropogenik

Pelepasan antropogenik dianggarkan menyumbang sekurang-kurangnya 60% daripada jumlah keseluruhan pelepasan CH₄, dimana terdapat kajian yang melaporkan bahawa jumlah pelepasan CH₄ adalah antara 500 hingga 610 Tga1 (Denman et al. 2007). Kepekatan CH₄ di atmosfera semakin meningkat dengan ketara sejak zaman pra-industri (Reay et al. 2010) dan saintis mengaitkan peningkatan CH₄ di atmosfera adalah disebabkan oleh sumber antropogenik melalui aktiviti tapak pelupusan sampah, sistem gas semulajadi, penanaman padi, penternakan, pembakaran biomas, perlombongan arang batu dan sisa air buangan (Hilgenkamp 2006).

Pelepasan antropogenik dunia CH₄ pada tahun 2010 dianggarkan sebanyak 6,875 Mt CO₂ eq. Daripada jumlah ini, 50% daripadanya adalah dari lima punca utama yang menjadi sasaran Global Methane Initiative (GMI) iaitu pertanian, perlombongan arang batu, tapak pelupusan sampah, minyak dan gas asli dan sisa air buangan (Rajah 2.1).

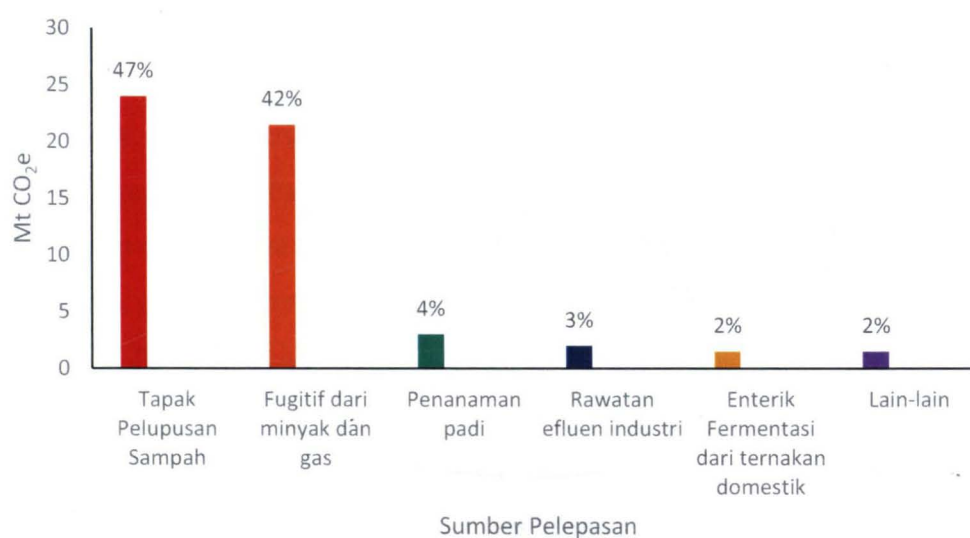


Rajah 2.1 Anggaran pelepasan antropogenik dunia CH₄ mengikut punca, 2010

Sumber: Global Methane Initiative 2016

2.1.2 Malaysia: Sumber Pelepasan Utama CH₄

Berdasarkan rekod inventori dari laporan *Malaysia Second National Communication to the UNFCCC*, sejumlah 52.41 Mt CO₂ eq CH₄ telah dilepaskan. Pelepasan CH₄ Malaysia adalah terutamanya daripada sumber-sumber berikut: tapak pelupusan sisa pepejal, ternakan dan ayam, tanaman padi, perlombongan arang batu, loji pengolahan effluent anaerobik dan pemrosesan minyak dan gas (NC2 2010). Tapak pelupusan sampah (sisa pepejal) merupakan sumber pelepasan tertinggi yang menyumbang 47% diikuti oleh pelepasan fugitif daripada minyak dan gas sebanyak 42% (Rajah 2.2).



Rajah 2.2 Malaysia: Sumber pelepasan utama CH₄

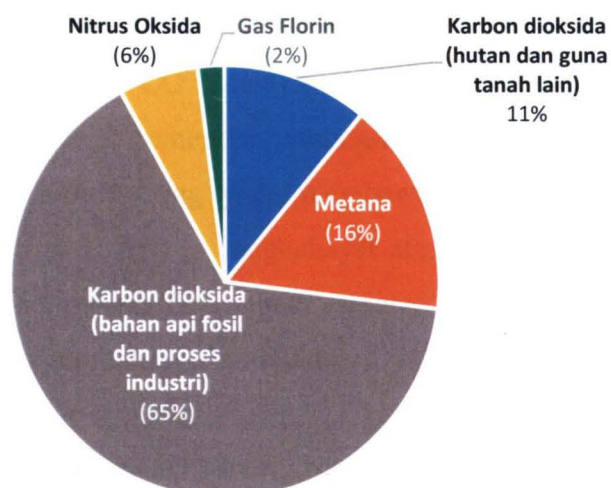
Sumber: Malaysia Second National Communication 2010

2.1.3 CH₄ dan Gas Rumah Hijau (GHG)

Kesan rumah hijau telah ditemui oleh Joseph Fourier pada tahun 1824 dan mula disiasat secara kuantitatif oleh Svante Arrhenius pada tahun 1896. Kesan rumah hijau merupakan satu proses dimana penyerapan dan pelepasan sinar infra merah oleh gas-gas menyebabkan permukaan atmosfera bumi menjadi panas (Chauhan 2010). Fenomena ini terjadi apabila permukaan bumi menjadi panas di siang hari akibat daripada penyerapan tenaga solar dan kemudian menjadi sejuk pada waktu malam kerana sebahagian daripada tenaga terpancar jauh ke angkasa sebagai sinaran

inframerah. Dalam situasi ini, CO₂, wap air, dan sejumlah gas-gas lain seperti CH₄ dan oksida nitrogen bertindak sebagai selimut dan mengekalkan kepanasan bumi pada waktu malam dengan menyekat haba yang dipancarkan dari bumi. Oleh itu, mereka dipanggil “gas rumah hijau” (GHG) dengan CO₂ menjadi komponen utama (Najjar 2011).

Kira-kira satu perlima daripada peningkatan GHG yang berpunca daripada aktiviti manusia sejak 1750 adalah disebabkan oleh CH₄ (Nisbet et al. 2014). Mengikut IPCC (2014), GHG antropogenik yang terhasil berpunca dari pelbagai sumber CO₂, CH₄, nitrus oksida (N₂O), dan gas fluorin (HFCs, PFCs dan SF₆). Walaupun kebanyakan GHG berpunca daripada pembakaran bahan api fosil, kira-kira satu pertiga adalah daripada aktiviti-aktiviti lain seperti pertanian (terutamanya CH₄ dan N₂O), penebangan hutan (terutamanya karbon dioksida), pengeluaran bahan api fosil (terutamanya CH₄), proses industri (terutamanya CO₂, N₂O dan gas fluorin) dan sisa perbandaran dan air sisa (terutamanya CH₄). Mengikut jumlah keseluruhan pelepasan GHG dunia, gas CH₄ menyumbang sebanyak 16%, penyumbang kedua terbesar selepas CO₂ (IPCC 2014) (Rajah 2.3).



Rajah 2.3 Pelepasan GHG dunia mengikut gas
Sumber: IPCC 2014

CH₄ dijangka menjadi antara penyumbang utama kepada perubahan iklim, terutamanya dalam tempoh 10-15 tahun akan datang. Pelepasan CH₄ adalah kedua terbanyak selepas CO₂ dalam pengeluaran GHG dunia. Walaupun kuantiti CH₄ di atmosfera adalah lebih kecil berbanding CO₂, namun potensi pemanasan globalnya (keupayaan gas untuk memerangkap haba dalam atmosfera) adalah 25 kali lebih besar yang menyebabkannya menyumbang lebih daripada satu pertiga daripada pemanasan dunia daripada sumber antropogenik pada masa ini (GMI 2010).

Secara umumnya, pelepasan CH₄ bergantung kepada suhu, kelembapan dan kandungan air yang tersimpan di dalam tanah. Sebagai GHG yang kuat, CH₄ mampu menyebabkan kesan secara langsung dan tidak langsung kepada sistem cuaca. Oleh itu kepekatan pelepasan CH₄ memainkan peranan penting dalam pemanasan global (Fenger & Tjell 2009). Sebagaimana dua lagi gas utama antropogenik iaitu CO₂ dan N₂O, kepekatan CH₄ di atmosfera semakin meningkat dengan ketara sejak zaman pra-industri (Reay et al. 2010) dan saintis meramalkan peningkatan pelepasan GHG ini akan menjadikan bumi lebih panas (Cheremisinoff 2010).

Di permukaan tanah bumi (troposfera), pengoksidaan CH₄ mengawal kadar hidroksil (OH) (Lelieveld 2002) dan merupakan sumber bagi hidrogen dan pelopor O₃ troposfera seperti formaldehid dan CO (Montzka et al. 2011). Di stratosfera, CH₄ memainkan peranan utama sebagai pemendap untuk atom klorin dan sebagai sumber wap air stratosfera iaitu faktor penting yang membawa kepada perubahan iklim permukaan dunia (Solomon et al. 2010). Jangkahayat atmosfera CH₄ dan kesannya terhadap kimia atmosfera menjadikan CH₄ sebagai sasaran utama untuk penggubalan pelepasan GHG dan mitigasi perubahan iklim (Bader et al. 2016).

2.2 PENGENALAN HIDROKARBON BUKAN METANA (HBM)

Hidrokarbon bukan metana (HBM) adalah keseluruhan semua jenis hidrokarbon kecuali CH₄. HBM adalah sebatian organik dengan berat molekul rendah yang mengandungi unsur-unsur karbon dan hidrogen dengan bilangan atom karbon daripada 2 sehingga 12 (Arsene et al. 2009) yang paling mudah dan paling banyak ditemui di

atmosfera. Antara HBM yang popular adalah propana, butana, etilena atau etena, propilena atau propana, asetilena, benzena dan toluena (Phalen 2013). Beberapa jenis hidrokarbon dikesan mempunyai unsur oksigen, nitrogen, sulfur dan beberapa unsur lain. Terdapat beberapa kumpulan sebatian hidrokarbon yang berlainan tetapi tiga kumpulan utama yang biasa terdapat pada bahan api fosil adalah parafin, naftena dan sebatian jenis benzena samada dalam bentuk, pepejal, cecair atau gas (Porteus 2000).

Menurut Arsene et al. (2009), HBM adalah sebatian dengan berat molekul rendah yang mengandungi unsur-unsur karbon dan hidrogen, dengan atom karbon daripada 2 sehingga 12. Pada masa kini ia dikenali sebagai sebatian organik meruap (VOCs), kadang-kadang dirujuk sebagai HBM atau sebatian organik meruap bukan metana (NMVOCs) yang didapati di atmosfera bumi dan dibebaskan dari pelbagai sumber buatan manusia dan semulajadi.

Menurut USEPA (2010), sesetengah hidrokarbon adalah kurang membentuk O₃ berbanding hidrokarbon lain. Oleh itu EPA telah secara rasmi mengeluarkan hidrokarbon ini dari definisi hidrokarbon yang dikawal iaitu VOCs. Definisi ini tidak termasuk CH₄, etana, dan sebatian yang biasanya tidak ditemui dalam kuantiti yang besar dalam ekzos enjin seperti klorohidrokarbon untuk dipertimbangkan sebagai VOCs. Talapatra dan Srivastava (2011) menyatakan bahawa VOCs adalah terhasil daripada kedua-dua sumber semula jadi dan antropogenik. VOCs ini adalah pelbagai jenis bahan kimia termasuk alifatik dan hidrokarbon aromatik, alkohol, aldehid, keton, ester dan sebatian terhalogen yang berkongsi ciri-ciri meruap yang tinggi dalam persekitaran ambien yang menyebabkan perubahan kepada kimia atmosfera.

Kebanyakan bahan api hidrokarbon adalah campuran daripada beberapa jenis sebatian. Petrol contohnya, mengandungi beberapa ratus sebatian hidrokarbon termasuk parafin, olefin serta sebatian aromatik dan ini menjadikannya sebagai hos yang memberi kesan kepada alam sekitar. Kesemua bahan api fosil termasuk minyak mentah dan petroleum yang penting kepada industri adalah merupakan hidrokarbon. Hidrokarbon penting dari aspek alam sekitar kerana ia menghasilkan CO₂ (yang merupakan GHG) apabila dibakar dan merupakan penyumbang utama kepada kabut. Selain itu,

kebanyakan hidrokarbon aromatik dan hidrokarbon yang mengandung halogen adalah toksik atau karsinogenik (Blanchfield 2011).

Kehadiran HBM di atmosfera perlu diberi perhatian penting kerana ia adalah pelopor kepada O₃ dan 25 aerosol organik sekunder lain dan juga disebabkan oleh sifat toksik dan karsinogenik mereka. Oleh itu, penggubalan dan penilaian strategi kawalan HBM, komposisi, lokasi dan kepekatan sebatian hendaklah dilakukan (Vega et al. 2007).

2.2.1 Sumber Pelepasan HBM

HBM dibebaskan ke atmosfera dari sumber antropogenik dan semulajadi. Sumber antropogenik utama adalah daripada pembakaran bahan api fosil (Sauvage et al. 2009), ekzos kenderaan, proses perindustrian (Guo et al. 2004), gas petroleum cair (LPG) penyulingan petroleum, penyejatan bahan api, penggunaan pelarut (Salameh et al. 2016) dan pembakaran biomas (Madhoun et al. 2015; Lal et al. 2012; Kansal 2009).

Selain sumber antropogenik, tumbuh-tumbuhan adalah penyumbang utama biogenik HBM (Singh et al. 2011; Bauri et al. 2015). Sebagai contoh, isoprena adalah sumber biogenik yang paling penting bagi HBM di kawasan luar bandar (Guo et al. 2004; Sharma et al. 2000; Barletta et al. 2008). Sumber lain biogenik HBM termasuk pelepasan daripada lautan (Shaw 2001) dan daripada pengeluaran mikroba (Guenther et al. 2000).

Bagi kawasan bandar, sumber utama HBM adalah pelepasan daripada industri kimia, operasi penapisan, penyejatan pelarut dan ekzos kenderaan (Pandit et al. 1990; Liu et al. 2008). Di kawasan bandar yang sangat tercemar, NMVOC_s biasanya terdiri daripada alkane (40-45%), alkena (10%), hidrokarbon aromatik (20%) dan oksigenat (10-15%) (Harrison 1999). Bagi sumber antropogenik, ianya adalah kesan daripada aktiviti perbandaran dan perindustrian. Kepesatan aktiviti ini dalam perancangan yang tidak teratur adalah gambaran umum di negara-negara membangun di seluruh dunia (Talapatra & Srivastava 2011).

2.3 HUBUNGAN CH₄ DAN HBM DENGAN PENCEMAR UDARA UTAMA

Pencemaran udara kini menjadi satu masalah yang amat serius kepada dunia perindustrian moden. Pencemaran udara boleh ditakrifkan sebagai apa-apa keadaan atmosfera di mana bahan-bahan tertentu hadir dalam kepekatan tertentu yang boleh menghasilkan kesan yang tidak diingini kepada manusia dan ekosistem. Bahan-bahan pencemar udara ini termasuk gas SO₂, NO_x, CO, hidrokarbon, partikulat (asap, habuk, wasap, aerosol dan lain-lain), bahan radioaktif dan sebagainya (Rai et al. 2011). Pencemaran udara boleh mendatangkan kesan berbahaya pada benda-benda hidup dan material. Ia boleh mengganggu proses biokimia dan fisiologi tumbuhan dan menyebabkan kerugian hasil (Heck et al. 1988).

Pencemaran udara persekitaran adalah campuran beribu-ribu komponen. Antaranya bahan zarah terampai (PM), O₃, nitrogen dioksida (NO₂), VOCs (termasuk benzena), CO dan SO₂ adalah yang paling penting dari sudut kesihatan. Pencemar utama seperti zarah jelaga, NO_x dan sulfur dipancarkan terus ke udara melalui pembakaran bahan api fosil (Bonzini et al. 2010). Sumber utama pencemar primer termasuk daripada kenderaan bermotor, penjanaan kuasa, sumber perindustrian dan pemanasan rumah kediaman. Pencemar sekunder, yang terbentuk apabila bahan pencemar utama bertindak balas atau berinteraksi di atmosfera, termasuk terutamanya O₃ dan PM (Schwarze et al. 2006). Abad ke-20 telah menyaksikan peralihan penting dominasi pencemar udara primer di kawasan bandar kepada pencemar udara sekunder. Tiga masalah pencemaran udara ambien yang utama adalah kabut industri dari pembakaran arang batu, kabut fotokimia dari kenderaan bermotor dan pelepasan asap industri, pemendapan asid daripada pembakaran arang batu dan pelepasan daripada ekzos kenderaan bermotor (Rani et al. 2011).

2.3.1 Hidrokarbon dan Kabut Fotokimia

Kabut fotokimia adalah sejenis pencemaran udara unik yang terjadi akibat tindak balas antara cahaya matahari dan bahan pencemar seperti hidrokarbon dan NO₂ (Rani et al. 2011). Dengan kehadiran nitrik oksida (NO) di bawah pembalikan suhu, kelembapan

rendah dan cahaya matahari, hidrokarbon akan menghasilkan kabut fotokimia (yang tidak dikehendaki) yang mengandung pepejal terampai, oksidan seperti O_3 dan bahan organik beracun seperti aldehid (Manahan 2005). Kabut fotokimia bukan sahaja terdiri daripada O_3 tetapi ia juga mengandungi banyak bahan kimia lain termasuk CO, zarahhan seperti jelaga dan debu dan VOCs seperti benzena, butana, dan hidrokarbon lain. Sumber utama bagi hidrokarbon dan NO_2 tersebut adalah kenderaan bermotor. Hidrokarbon dan NO_2 akan bertindakbalas dengan kehadiran cahaya matahari melalui tindakbalas fotokimia untuk membentuk O_3 permukaan bumi yang merupakan komponen utama kabut tersebut (Najjar 2011). Tindakbalas fotokimia ini memainkan peranan penting dalam kimia atmosfera dan NO_2 merupakan bahan fotokimia paling aktif yang ditemui di atmosfera yang tercemar (Ramsden 1999).

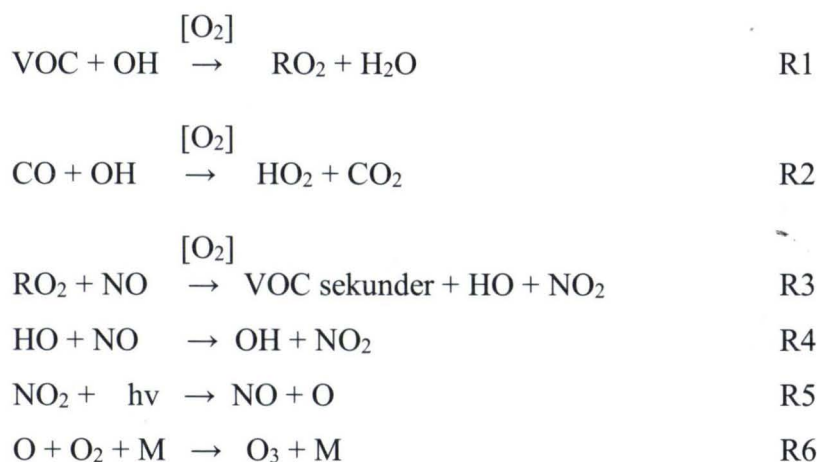
Menurut Rani et al. (2011), antara pencemar udara utama yang bertanggungjawab kepada kabut fotokimia adalah CO, CO_2 , NO, NO_2 dan asid nitrik (HNO_3), SO_2 dan asid sulfurik (H_2SO_4), PM, O_3 dan VOCs. Walaupun kabut fotokimia sering tidak kelihatan, ia boleh menjadi sangat berbahaya kerana boleh menyebabkan kerengsaan saluran pernafasan dan mata. Di kawasan-kawasan dunia yang mempunyai kepekatan kabut fotokimia yang tinggi, didapati bahawa kadar kematian dan penyakit berkaitan pernafasan adalah tinggi. Oleh itu, kabut fotokimia dianggap sebagai satu masalah perindustrian moden.

2.3.2 Pencemaran Ozon (O_3)

O_3 adalah pencemar sekunder yang terbentuk daripada tindakbalas fotokimia NO_x , VOCs, CH_4 dan CO. Proses pembentukan O_3 adalah kompleks dan bergantung kepada cahaya matahari, faktor geografi dan ketersediaan pelopornya (Amann 2008).

Pembentukan pencemar O_3 permukaan tanah didorong oleh dua pelopor pencemar utama yang dipancarkan secara langsung iaitu NO_x dan VOCs melalui urutan tindakbalas. Urutan ini selalunya dimulakan oleh tindakbalas pelbagai VOCs atau CO dengan radikal OH [R1, R2]. Ini diikuti oleh penukaran NO kepada NO_2 (melalui tindakbalas dengan HO_2 atau radikal RO_2), yang juga menjana semula OH [R3, R4]. NO_2

difotolisis untuk menjabarkan oksigen atom, yang kemudiannya bergabung dengan O_2 untuk menghasilkan O_3 [R5, R6] (Sillmann 2003).



Kehadiran cahaya matahari dan suhu persekitaran sangat mempengaruhi pembentukan O_3 (Awang et al. 2000). Menurut Cheremisinoff (2016), dengan kehadiran cahaya matahari di atmosfera, pembentukan O_3 akan berlaku akibat tindakbalas O_3 bersama pelopornya iaitu NO_x , CO dan VOC_s .

O_3 permukaan tanah adalah pencemar sekunder yang sangat penting yang terbentuk daripada tindak balas fotokimia pelbagai pencemar utama. Ia dianggap sebagai GHG yang berpotensi, oksidan yang kuat dan dengan itu memberi kesan buruk terhadap tanaman, manusia, bahan-bahan dan keseluruhan ekosistem (Tzani et al. 2011; Varotsos et al. 2012; Sarnio et al. 2008). Selain pembentukan O_3 troposfera, HBM juga memainkan peranan penting dalam pengeluaran aerosol organik sekunder (SOA) dan beberapa nitrat organik lain (Vione et al. 2006; Atkinson 2000).

O_3 permukaan tanah berasal dari dua sumber utama iaitu O_3 serantau daripada stratosfera dan O_3 tempatan yang terhasil melalui pelopor seperti NO_x dan VOC_s yang berpunca dari pelbagai sumber antropogenik dan semula jadi (Clapp & Jenkin 2001). Bagaimanapun O_3 permukaan tanah yang berbahaya tidak seharusnya dikelirukan dengan O_3 di lapisan tinggi stratosfera yang melindungi bumi daripada sinaran ultraungu matahari yang memudaratkan. O_3 permukaan tanah mengganggu mata dan merosakkan pundi udara dalam paru-paru di mana oksigen dan karbon dioksida bertukar

yang selanjutnya menyebabkan pengerasan tisu lembut ini. Ia juga menyebabkan sesak nafas, sempit, keletihan, sakit kepala, loya dan memburukkan masalah pernafasan seperti asma (Najjar 2011).

2.3.3 Hubungan CH₄ dengan O₃

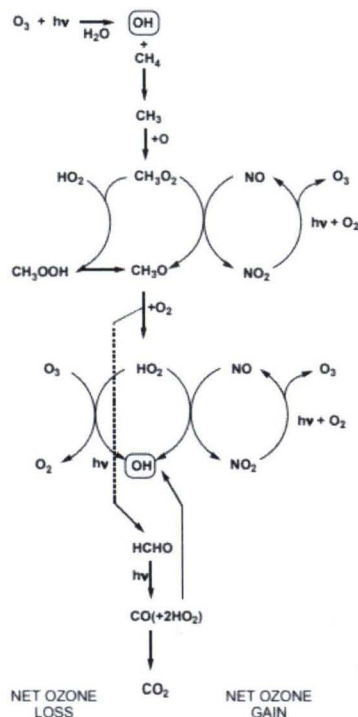
CH₄ dan O₃ merupakan komponen utama yang memacu perubahan iklim dan kimia atmosfera. Kepekatan CH₄ yang meningkat lebih daripada dua kali ganda sejak era pra-industri telah menyebabkan kesan sinaran kira-kira 0.5 Wm⁻² (Prather et al., 2001).

CH₄ juga merupakan gas surih reaktif yang paling banyak di troposfera dan kereaktifan CH₄ adalah penting untuk kimia troposfera dan stratosfera. Pengoksidaan CH₄ oleh hidroksil (OH) dalam troposfera membawa kepada pembentukan formaldehid (CH₂O) dan CO. Dengan NO_x yang mencukupi, CH₄ boleh membentuk O₃. Bersama-sama dengan CO, CH₄ membantu mengawal jumlah OH dalam troposfera (Wuebbles & Hayhoe 2000). Perubahan pada O₃ dan CH₄ dipengaruhi oleh pelepasan NO_x. Sementara peningkatan O₃ berlaku dengan meningkatnya pelepasan NO_x, pelepasan CH₄ akan berkurangan disebabkan peningkatan dalam OH. Sinaran matahari gelombang pendek adalah penting untuk pengeluaran O₃. NO_x (NO dan NO₂) dan radikal hidrogen bebas (H, OH dan HO₂) terlibat dalam proses pembentukan O₃ di kawasan-kawasan yang diterangi cahaya matahari (Persamaan (1) - (5)). Tindakbalas dengan OH adalah tindakbalas utama kehilangan CH₄ di atmosfera (Persamaan (6)). Melalui tindakbalas dengan OH, CH₄ mempunyai jangka hayat 8 tahun di paras atmosfera yang lebih rendah (troposfera dan stratosfera) (Isaksen et al. 2014).



*M mewakili pihak ketiga (biasanya molekul oksigen atau nitrogen)

Ringkasan hubungan CH₄ dan O₃ ditunjukkan dalam dalam Rajah 2.4.



Rajah 2.4 Ringkasan mekanisma oksidasi fotokimia CH₄ di troposfera
(Lightfoot et al. 1992)

Secara keseluruhannya, kesan gabungan peningkatan pelepasan CH₄, CO, NMVOC dan NO_x menyebabkan peningkatan tahap O₃ troposferik sejak zaman pra-industri, yang dikaitkan dengan kesan bersih sinaran kira-kira 0.35 Wm⁻² (Ramaswamy et al. 2001).

2.3.4 Hubungan HBM dengan O₃

HBM adalah pelopor O₃ yang penting. Tindakbalas HBM dengan OH akan menghasilkan pelbagai sebatian oksigenik yang menyebabkan pembentukan O₃ dan lain-lain bahan pencemar udara di dalam atmosfera (Poisson et al. 2000).

Sumbangan hidrokarbon dalam pengeluaran fotokimia O₃ adalah berkaitan tindakbalas mereka dengan OH dan NO_x. Dalam kepekatan NO_x yang tinggi, jumlah

O₃ yang terbentuk ditentukan oleh tahap radikal yang terbentuk daripada tindak balas HBM. Bagaimanapun, dalam kepekatan NO_x yang lebih rendah, ketersediaan NO_x akan menghadkan pembentukan O₃ (Carter 1994).

Disebabkan peranan penting HBM dalam kualiti udara dan pembentukan O₃, World Meteorological Organization Global Atmospheric Watch (WMO/GAW) telah memulakan program untuk mengukur HBM dan sebatian reaktif lain dalam rangkaian global (WMO 2007).

2.3.5 Hubungan HBM dengan NO_x

Sumber utama kedua-dua NO_x dan HBM adalah kenderaan bermotor. HBM dan NO_x bertindak balas dengan kehadiran cahaya matahari di hari panas yang tenang untuk membentuk O₃ permukaan tanah yang merupakan komponen utama kabut (*smog*). Pembentukan kabut biasanya paling tinggi apabila suhu paling tinggi dan terdapat banyak cahaya matahari. Biasanya ini dapat dikesan di kawasan perindustrian. Walaupun kabut permukaan tanah dan O₃ terbentuk di kawasan bandar dengan kadar trafik yang tinggi atau di kawasan industri, angin lazim boleh mengangkut mereka beberapa ratus batu ke bandar-bandar lain. Ini menunjukkan bahawa pencemaran tidak mengenal sempadan dan ianya menjadi satu masalah global (Najjar 2011).

Kira-kira 90% daripada pengeluaran tahunan NO_x berpunca daripada pembakaran bahan api fosil terutamanya dari operasi kenderaan motor di mana pembakaran tidak lengkap yang berlaku meninggalkan HBM yang tidak terbakar sebagai titisan dan gas dalam aliran ekzos kenderaan bermotor. Nitrogen dan oksigen bergabung semasa pembakaran suhu tinggi bahan api di dalam enjin untuk menghasilkan gas oksida nitrik yang kemudiannya dilepaskan ke atmosfera. Dalam masa beberapa jam, tahap oksida nitrik dalam udara akan menurun dengan ketara. Dalam tempoh penurunan itu, tahap NO₂ akan meningkat hingga ke tahap tertinggi. Kemudian, apabila tahap NO₂ menurun, kepekatan gas ketiga iaitu O₃ akan meningkat. Paras O₃ kemudiannya akan berkurangan (Najjar 2011).

2.3.6 Hubungan HBM dengan CO

Pencemar penting lain yang terdapat dalam kabut adalah CO iaitu satu gas yang tidak berwarna, tidak berbau tetapi beracun. CO biasanya dibebaskan daripada kenderaan bermotor dimana pelepasannya boleh meningkat ke tahap berbahaya di kawasan yang mempunyai trafik yang padat dan sesak di bandar-bandar utama. Kehadiran CO menyebabkan organ badan gagal mendapat oksigen yang mencukupi. Pada tahap kepekatan rendah, CO mengurangkan jumlah oksigen yang dibekalkan ke otak dan organ-organ dan otot lain, melambatkan tindak balas badan dan refleks. Ia menimbulkan ancaman yang serius kepada mereka yang mempunyai penyakit jantung kerana melemahkan sistem peredaran dan juga kepada janin kerana oksigen diperlukan untuk pembangunan otak (Najjar 2011).

CO dan HBM adalah sentiasa terdapat di laut pedalaman dan memainkan peranan penting dalam menentukan keupayaan pengoksidaan atmosfera Bumi (Thompson 1992; Prather et al. 2001). Sebatian ini merupakan pengguna utama radikal OH dan terlibat secara langsung dalam menurunkan tahap oksidan atmosfera yang dominan di atmosfera laut pedalaman. Jangka hayat CO permukaan adalah lebih kurang dua bulan (Crutzen 1994; Prather 1996), manakala jangka hayat HBM berkisar dari beberapa jam sehingga beberapa hari (Logan et al. 1981; Atkinson 1990).

BAB III

KAEDAH KAJIAN

3.1 LOKASI KAJIAN

Lokasi kajian yang dijalankan adalah terhadap kesemua 20 stesen pemantauan kualiti udara berterusan secara automatik (CAQM) di seluruh Malaysia (Jadual 3.1 dan Rajah 3.1) yang membekalkan data-data kualiti udara bagi parameter CH₄ dan HBM dari tahun 2000 hingga 2009. Dalam tempoh masa 10 tahun kajian ini dibuat, stesen-stesen pemantauan kualiti udara ini dikawalselia dan diuruskan oleh syarikat Alam Sekitar Malaysia Sdn. Bhd. (ASMA) yang dilantik oleh Jabatan Alam Sekitar Malaysia (JAS) untuk melaksanakan kerja-kerja pengawasan kualiti udara secara berterusan dan membekalkan data kualiti udara kepada JAS.

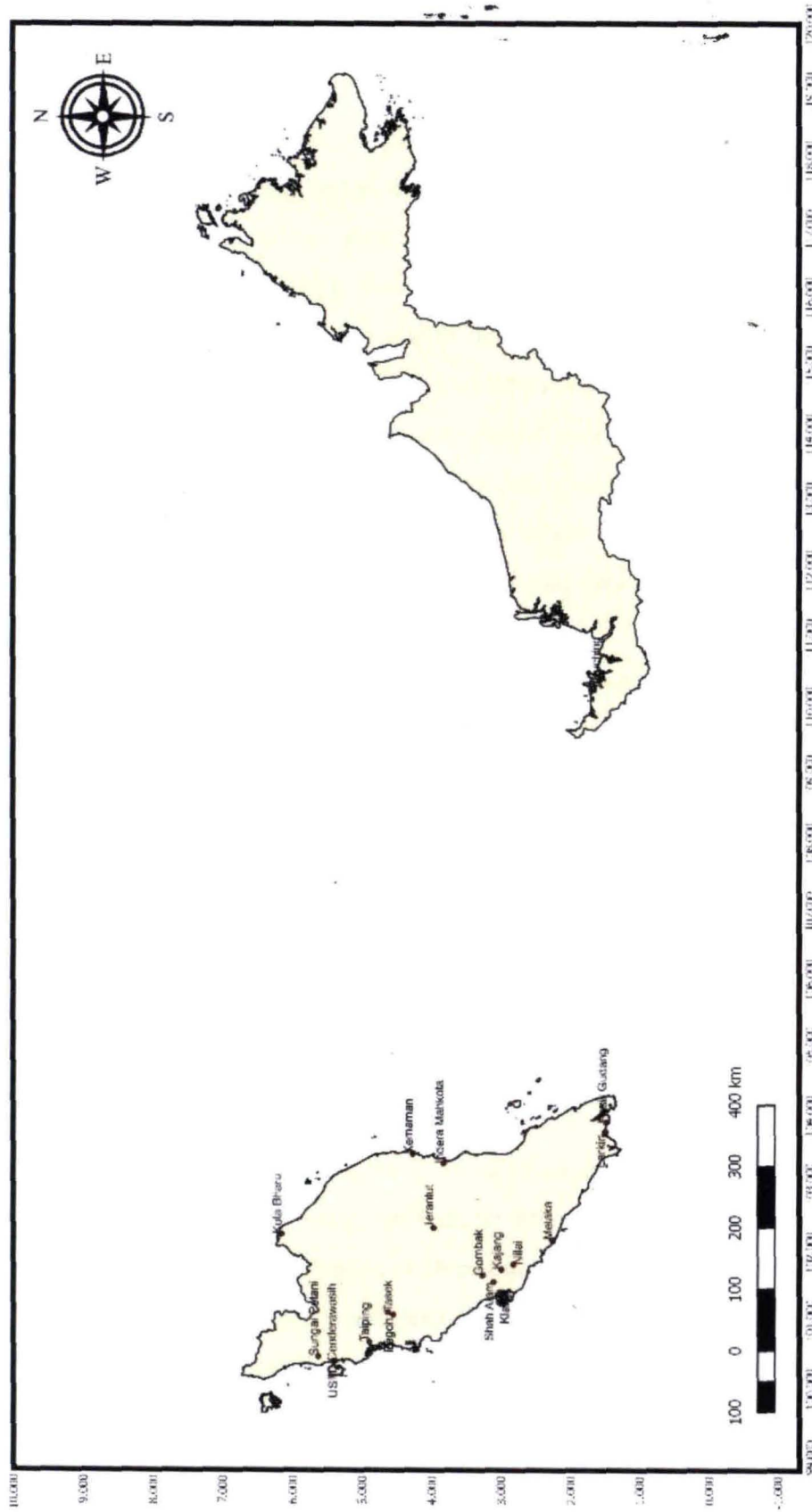
Jadual 3.1 Lokasi stesen kajian CH₄ dan HBM

Stesen	Lokasi	Negeri	Klasifikasi	Latitud	Longitud
CA001	SM Pasir Gudang 2, Pasir Gudang	Johor	Industri	N 01 ⁰ 28.225	E 103 ⁰ 53.637
CA002	SK. Bkt Kuang, Kemaman	Terengganu	Industri	N 04 ⁰ 15.949	E 103 ⁰ 25.936
CA003	SK Cenderawasih	P. Pinang	Industri	N 05 ⁰ 22.265	E 100 ⁰ 23.344
CA004	Depot Ubat, Kuching	Sarawak	Industri	N 01 ⁰ 33.736	E 110 ⁰ 23.331
CA005	Jabatan Bekalan Air Daerah Gombak	Selangor	Perumahan	N 03 ⁰ 15.714	E 101 ⁰ 39.112

bersambung...

...sambungan

CA006	SMK Bukit Rambai, Melaka	Melaka	Industri	N 02 ⁰ 15.515	E 102 ⁰ 10.360
CA007	MMS, Batu Embun, Jerantut	Pahang	Rujukan	N 03 ⁰ 58.238	E 102 ⁰ 20.863
CA008	SM Jalan Tasik, Ipoh	Perak	Industri	N 04 ⁰ 37.764	E 101 ⁰ 6.995
CA009	SK Seberang Jaya 2, Perai	P. Pinang	Sub-Urban	N 05 ⁰ 23.893	E 100 ⁰ 24.235
CA010	Taman Semarak (Phase 2), Nilai	N. Sembilan	Industri	N 02 ⁰ 49.301	E 101 ⁰ 48.689
CA011	SM Perempuan Raja Zarina, Klang	Selangor	Urban	N 03 ⁰ 0.599	E 101 ⁰ 24.502
CA014	SK. Indera Mahkota, Kuantan	Pahang	Sub-Urban	N 03 ⁰ 49.159	E 103 ⁰ 17.791
CA017	SK Bakar Arang, Sg. Petani	Kedah	Sub-Urban	N 05 ⁰ 37.888	E 100 ⁰ 28.182
CA019	Inst. Perguruan Temenggong Ibrahim, Larkin	Johor	Industri	N 01 ⁰ 29.842	E 103 ⁰ 43.606
CA020	SK Kampung Air Puteh, Taiping	Perak	Industri	N 04 ⁰ 53.929	E 100 ⁰ 40.748
CA022	SM Tanjung Chat, Kota Bahru	Kelantan	Perumahan	N 06 ⁰ 8.799	E 102 ⁰ 14.952
CA023	Country Heights, Kajang	Selangor	Perumahan	N 02 ⁰ 59.629	E 101 ⁰ 44.496
CA025	SK TTDI Jaya	Selangor	Sub-Urban	N 03 ⁰ 6.283	E 101 ⁰ 33.371
CA038	Universiti Sains Malaysia	P. Pinang	Sub-Urban	N 05 ⁰ 21.372	E 100 ⁰ 18.476
CA046	SM Pegoh 4, Ipoh	Perak	Urban	N 04 ⁰ 33.198	E 101 ⁰ 4.810



Rajah 3.1 Peta lokasi stesen kajian CH₄ dan HBM

3.2 PENGUMPULAN DATA

3.2.1 Data Kualiti Udara

Kajian ini melibatkan penggunaan data sekunder, bermula dengan pengumpulan data dan seterusnya penganalisaan data tersebut melalui data yang diperolehi daripada Bahagian Udara Jabatan Alam Sekitar (JAS), Putrajaya. Kesemua data ini dicerap melalui stesen-stesen pemantauan kualiti udara berterusan automatik (CAQM) yang berada di beberapa lokasi terpilih di seluruh Malaysia yang dikendalikan oleh syarikat Alam Sekitar Malaysia Sdn. Bhd. (ASMA) yang dilantik bagi melaksanakan kerja-kerja pengawasan kualiti udara secara berterusan oleh Jabatan Alam Sekitar. Data sekunder yang digunakan adalah semua rekod data dari tahun 2000 hingga 2009 bagi kesemua parameter kualiti udara yang dipantau oleh JAS dan data meteorologi.

Data kualiti udara ini terdiri daripada data-data bagi parameter utama yang dikaji iaitu CH₄ dan HBM serta beberapa parameter pencemar udara lain iaitu O₃, CO, NO₂, SO₂ dan zarah terampai dengan saiz berdiameter kurang dari 10 µm (PM₁₀). Parameter meteorologi pula terdiri daripada kelajuan angin, suhu persekitaran dan kelembapan. Selanjutnya bagi setiap data yang telah dikumpulkan ini, analisis akan dijalankan terhadap rekod data harian, bulanan dan tahunan yang diperolehi melalui cerapan data parameter pencemar di stesen pengawasan pada setiap jam.

3.2.2 Stesen Pengawasan Kualiti Udara Automatik

Di bawah Rancangan Malaysia ke-7, pihak Kerajaan telah menswastakan aktiviti pengawasan kualiti udara yang melibatkan penubuhan rangkaian 50 buah stesen pengawasan kualiti udara kebangsaan secara automatik di seluruh negara (Rajah 3.2). Pada tahun 2001, berikutan penubuhan Wilayah Persekutuan Putrajaya, satu stesen pengawasan secara automatik yang dimiliki oleh JAS telah ditambah kepada rangkaian tersebut yang menjadikan 51 stesen keseluruhannya. Kesemua 51 stesen ini dikendalikan oleh Syarikat ASMA. Rangkaian stesen-stesen ini diwujudkan bertujuan

bagi mengumpul dan mendapatkan data-data pencemaran yang boleh digunakan sebagai satu petunjuk pencemaran yang dipanggil Indeks Pencemar Udara (IPU).



Rajah 3.2 Stesen pengawasan kualiti udara automatik Jabatan Alam Sekitar
Sumber : Jabatan Alam Sekitar 2016

Stesen-stesen automatik ini menempatkan alat-alat untuk mengukur dan merekod dan seterusnya menyalurkan bacaan paras enam jenis gas pencemar ambien iaitu $PM_{2.5}$, PM_{10} , NO_2 , CO , SO_2 dan O_3 secara 'on-line' untuk diproses bagi menghasilkan bacaan IPU setiap jam. Stesen-stesen pengawasan ini ditempatkan di beberapa lokasi strategik bagi mencapai objektif pengawasan yang spesifik. Kebanyakan stesen ini ditempatkan di kawasan perumahan bagi memastikan tahap pendedahan pencemaran udara kepada orang awam sentiasa diawasi. Sebahagiannya pula ditempatkan dalam kawasan industri dan kawasan yang sibuk dengan trafik (Jabatan Alam Sekitar 2008).

3.2.3 Piawai Kualiti Udara Ambien di Malaysia

Kepekatan bahan pencemar udara di stesen pengawasan kualiti udara automatik berterusan yang diperolehi akan dibandingkan dengan piawai kualiti udara ambien yang baru untuk menilai kualiti udara. Menurut Jabatan Alam Sekitar (2013), piawai kualiti udara ambien yang baru menggunakan enam parameter pencemar udara iaitu $PM_{2.5}$,

PM₁₀, NO₂, CO, SO₂ dan O₃. Tahap pencemaran udara akan diperketatkan menjelang tahun 2020. Terdapat tiga target interim yang merangkumi target 1 (IT-1) pada tahun 2015, target interim 2 (IT-2) pada tahun 2018 dan pelaksanaan penuh piawai pada tahun 2020 (Jadual 3.2).

Jadual 3.2 Piawai baru kualiti udara ambien di Malaysia

Pencemar Udara	Purata Masa	Unit	Standard-Kualiti Udara Ambien		
			IT-1 (2015)	IT-2 (2018)	Standard (2020)
Bahan Zarah Terampai bersaiz kurang dari 10 µm (PM ₁₀)	1 tahun	µg/m ³	50	45	40
	24 Jam	µg/m ³	150	120	100
Bahan Zarah Terampai bersaiz kurang dari 2.5 µm (PM _{2.5})	1 Tahun	µg/m ³	35	25	15
	24 Jam	µg/m ³	75	50	35
Sulfur Dioksida (SO ₂)	1 Tahun	ppm	0.13	0.11	0.10
	24 Jam	ppm	0.04	0.03	0.03
Nitrogen Dioksida (NO ₂)	1 Jam	ppm	0.17	0.16	0.15
	24 Jam	ppm	0.04	0.04	0.04
Ozon (O ₃)	1 Jam	ppm	0.10	0.10	0.09
	24 Jam	ppm	0.06	0.06	0.05
Karbon Monoksida (CO)	1 Jam	ppm	30	30	36
	8 Jam	ppm	9	9	9

Dalam kajian yang dijalankan ini, kepekatan ambien CH₄ dan HBM yang dianalisis tidak dapat dibandingkan dengan piawai kualiti udara ambien kerana kedua-dua parameter ini tiada dalam senarai parameter dalam piawai tersebut.

3.2.4 Audit Data Kualiti Udara

Bagi menjamin kualiti data yang dihasilkan di semua rangkaian stesen ini, Program Audit Jaminan Mutu (*Quality Assurance Audit*) telah dijalankan oleh JAS ke atas semua 51 stesen kualiti udara automatik bermula tahun 1999. Program audit ini adalah penting bagi memastikan metodologi kerja yang dijalankan oleh pihak ASMA adalah mengikut piawaian yang ditetapkan bagi menjamin kualiti data yang dihasilkan. Penilaian audit ini telah dijalankan dalam dua peringkat iaitu yang pertama audit terhadap kedudukan rangkaian sistem tersebut serta 'performance audit' peralatan 'analyzer' dan keduanya audit terhadap pengendalian stesen oleh pihak ASMA.

i. Objektif Audit

Antara tujuan utama program audit ini dijalankan adalah seperti berikut:

- (a) Menjamin mutu data kualiti udara yang dihasilkan oleh semua stesen;
- (b) Menjamin prosedur dan metodologi kerja-kerja yang dijalankan oleh pihak konsesi adalah mengikut piawaian bagi menghasilkan data yang tepat;
- (c) Memastikan perpindahan kemahiran mengendalikan peralatan pengawasan udara daripada pihak konsesi kepada kakitangan JAS dapat dijalankan dengan sempurna dan berterusan;
- (d) Menilai serta mengesan masalah-masalah yang berlaku di stesen-stesen pengawasan kualiti udara automatik dan seterusnya mencari jalan penyelesaian yang terbaik;
- (e) Membantu kerja-kerja penguatkuasaan Akta Kualiti Alam Sekeliling 1974 dengan mengemukakan data-data dan petunjuk yang berkualiti; dan
- (f) Memastikan proses penyelenggaraan stesen dilaksanakan mengikut konsesi perjanjian.

ii. Prosedur Audit

Pengauditan data kualiti udara dijalankan oleh dua orang pegawai JAS yang telah dilantik bersama kakitangan dari ASMA. Kerja audit dilaksanakan berdasarkan kaedah

penilaian di tapak iaitu kedudukan dan peralatan pengukuran parameter-parameter pencemar di setiap stesen dan juga berdasarkan perbincangan dan pemeriksaan dokumen yang telah disediakan oleh pihak ASMA. Kerja-kerja audit peralatan analyzer direkod menggunakan borang ditetapkan. Prosedur Audit 'Continuous Analyzer' bagi semua parameter yang telah ditetapkan pada setiap stesen bagi gas SO₂, NO/NO_x/NO₂, O₃, CO, THC, CH₄ dan HBM adalah mengikut prosedur yang ditetapkan dalam buku panduan "Quality Assurance Handbook for Air Pollution Measurement System (EPA-600/R-94/038b) Section 2.0.12, June 1984 and 40 CFR 58, Appendices A and B". Secara umumnya program audit melibatkan pengukuran lima bacaan oleh setiap *analyzer* iaitu dengan menyalurkan lima kepekatan gas yang berbeza melibatkan 'zero' ppm, menggunakan alat tentukur yang telah sedia terpasang pada setiap stesen pengukuran. Alat tentukur yang digunakan bagi CH₄ dan HBM adalah seperti di Jadual 3.3.

Jadual 3.3 Alat tentukur bagi parameter CH₄ dan HBM yang diaudit

Peralatan	Parameter diukur	Prinsip pengesanan
TAPI M4020	CH ₄	Flame Ionization Detector
TAPI M4020	HBM	Flame Ionization Detector

Sumber: Bahagian Udara, Jabatan Alam Sekitar 2009

Semasa pemeriksaan audit untuk SO₂, NO/NO_x/NO₂, O₃, CO, THC, CH₄ dan HBM, lima jenis kepekatan yang berbeza termasuk 0 ppm dialirkan pada setiap *analyzer* menggunakan alat kalibrasi yang sedia ada di stesen. Bacaan diambil setelah gas stabil.

iii. Penilaian Keputusan

Kecerunan, pintasan dan korelasi koefisien (r) digunakan untuk menilai keputusan yang diperolehi dari audit yang telah dijalankan. Peraturan untuk penilaian adalah seperti berikut iaitu merujuk kepada 'Quality Assurance Handbook for Air Pollution Measurement System (EPA-600/R-94/038b), Section 2.0.12 June 1984'. Lima titik data

perbandingan bagi setiap pencemar yang diaudit telah digunakan untuk menghasilkan persamaan regresi linear dalam bentuk seperti berikut:

$$C_2 = \text{Kecerunan } (C_1) + \text{Pintasan}$$

Dalam persamaan ini, C_1 adalah kepekatan audit dan C_2 adalah kepekatan yang diperolehi dari stesen yang diaudit.

3.3 ANALISIS DATA

Dari segi pemprosesan data, data kualiti udara yang diperolehi dari Jabatan Alam Sekitar akan ditukarkan format data dari bentuk *American Standard Code for Information Interchange* (ASCII), Microsoft Excel kepada bentuk perduaan (*Binary*) dimana dalam kajian ini adalah format NetCDF (*Network Common Data Form*). Proses penukaran format adalah dengan menggunakan perisian *Matrix Laboratory* (MATLAB) yang dihasilkan oleh syarikat Mathworks. Kemudian data akan dianalisis menggunakan perisian *Climate Data Operator* (CDO) yang ditubuhkan oleh *Max Planck Institute for Meteorology*. Perisian CDO yang digunakan adalah bagi memudahkan untuk menganalisa data jangka masa panjang dan membuat terjemahan data bagi parameter yang dikaji iaitu CH₄, HBM dan O₃.

3.3.1 Analisis Deskriptif

Analisis statistik data deskriptif yang dilakukan dalam kajian ini adalah bagi mengetahui nilai minimum, nilai maksimum, median, purata dan sisihan piawai bagi parameter yang dikaji iaitu parameter CH₄ dan HBM untuk menerangkan taburan parameter serta bagi menentukan status kualiti udara pada tempoh tahun kajian tersebut. Dalam kajian ini, data CH₄ dan HBM yang direkodkan setiap jam di stesen pemantauan berterusan kualiti udara telah diproses menjadi pelbagai skala masa. Hasil perolehan data ini kemudian diterjemah ke dalam bentuk interpolasi di jadual dan peta. Peta yang dihasilkan adalah menggunakan perisian *Quantum Geographic Information System*

(QGIS) yang merupakan perisian percuma yang boleh dimuat turun dari laman sesawang <http://www.qgis.org/en/site/>.

3.3.2 Analisis Regresi Linear

Dalam kajian ini, analisis data yang dicadangkan adalah menggunakan analisis regresi untuk menentukan korelasi antara pencemar. Bagi mengetahui hubungan di antara satu set data berbanding dengan set yang lain, salah satu dari kaedah yang biasa digunakan untuk mendapat nilai hubungan ini adalah menggunakan analisis regresi (Syed Othman & Jamilin 1994). Dengan menggunakan model tersebut, nilai suatu pembolehubah itu dapat diramalkan apabila nilai pembolehubah-pembolehubah lain diketahui. Kaedah ini telah mula digunakan oleh ahli sains British, Sir Francis Galton (1822-1911) di dalam penyelidikannya ke atas buah-buahan dan manusia.

i. Persamaan Regresi

Dalam model regresi linear mudah ia hanya menarifkan hubungan linear di antara dua pembolehubah, X dan Y, iaitu mendapatkan suatu garisan lurus yang menarifkan hubungan di antara kedua-dua pembolehubah. Dengan ini hubungan tersebut boleh ditakrifkan di dalam persamaan berikut;

$$y_i = \alpha + \beta x_i + e_i \quad (1)$$

Di mana y_i dan x_i adalah nilai-nilai bagi pembolehubah y dan x yang berkaitan manakala α dan β adalah parameter-parameter konstan regresi. Nilai e_i pula merupakan pembolehubah rawak dengan purata 0 dan varian σ^2 . Nilai ini merupakan kesalahan ramalan iaitu perbezaan antara nilai y_i dengan nilai ramalan yang dihasilkan oleh persamaan regresi. Oleh kerana model (1) terdiri dari satu pembolehubah tak bersandar X sahaja, jadi ia dikenali dengan model regresi mudah. Tujuan asas analisa regresi adalah untuk menganggarkan nilai-nilai α dan β . Setelah nilai-nilai ini didapati kita boleh membentuk garisan regresi Y ke atas X. Dengan ini hubungan di antara pembolehubah tak bersandar X dan pembolehubah bersandar Y dapat diketahui.

ii. **Andaian-andaian Model Regresi Linear Mudah**

Pembolehubah X dipanggil pembolehubah tak bersandar manakala pembolehubah Y dipanggil pembolehubah bersandar. Pembolehubah X dipanggil pembolehubah tak bersandar kerana ia boleh mengambil sebarang nilai manakala pembolehubah Y dipanggil pembolehubah bersandar kerana nilainya bergantung terus kepada nilai X. Oleh kerana model yang dibincangkan hanya model regresi linear mudah, hanya satu pembolehubah X sahaja diperlukan. Walaubagaimana pun sebelum menggunakan model analisis regresi, andaian-andaian berikut diperlukan:

- (a) Nilai-nilai bagi pembolehubah tak bersandar, X boleh ditetapkan ataupun dipilih secara rawak. Ini bermakna kita boleh memilih nilai X terlebih dahulu. Dengan ini sewaktu kita mengumpul data kita kawal nilai X. Atau, kita mendapatkan nilai X tanpa mengenakan sebarang sekatan. Nilai X seperti ini dikatakan rawak. Apabila nilai X yang digunakan itu ddak rawak, model regresi tersebut dikatakan model regresi klasik.
- (b) Nilai X diukur tanpa sebarang kesalahan.
- (c) Untuk setiap nilai X terdapat subpopulasi nilai-nilai Y. Supaya anggaran dan pengujian hipotesis menjadi sah, subpopulasi-subpopulasi ini mestilah bertaburan normal.
- (d) Varian subpopulasi-subpopulasi Y adalah sama.
- (e) Purata sub-populasi Y semuanya berada di atas garisan lurus. Andaian ini dipanggil andaian kelinearan. Secara simbol ia boleh ditulis seperti berikut:

$$\mu_{y/x} = \alpha + \beta x_i \quad (2)$$
 Di mana $\mu_{y/x}$ adalah purata subpopulasi nilai-nilai Y yang diandaikan wujud untuk x_i .
- (f) Nilai-nilai Y adalah bebas di antara satu sama lain. Ini bererti nilai Y yang didapati bagi setiap nilai X tidak akan bergantung kepada nilai-nilai Y yang didapati oleh nilai X yang lain.

Daripada persamaan (1), e_i boleh ditulis sebagai:

$$e_i = y_i - (\alpha + \beta x_i) \quad (3)$$

e_i menunjukkan jumlah y_i yang tersisih dari purata subpopulasi nilai-nilai Y . Subpopulasi nilai-nilai Y dianggap bertaburan normal dengan varian yang sama. Oleh itu nilai e_i untuk setiap subpopulasi juga bertaburan normal dengan varian σ^2 , varian yang biasa bagi nilai-nilai subpopulasi Y . e_i diandaikan bebas dan taburan mempunyai purata 0.

Model Regrasi Mudah boleh digunakan jika hanya terdapat satu pembolehubah tak bersandar sahaja. Walaubagaimana pun di dalam keadaan sebenar terdapat beberapa pembolehubah tak bersandar di dalam model yang hendak dibina. Model yang terdiri dari beberapa pembolehubah tak bersandar dipanggil model regresi berbagai (*multiple regression model*).

3.3.3 Korelasi Pearson

Analisis Korelasi Pearson digunakan dalam kajian ini adalah bertujuan untuk melihat perkaitan linear di antara pemboleh ubah tidak bersandar dengan pemboleh ubah bersandar untuk menunjukkan signifikan dan arah (positif atau negatif) antara CH_4 dan HBM dengan bahan pencemar O_3 .

Suatu pemboleh ubah yang mempunyai nilai korelasi yang signifikan harus memenuhi syarat $0.5 \leq r \leq 1$ dan $p \leq 0.05$. Nilai r merujuk kepada nilai korelasi. Nilai korelasi adalah positif apabila nilai r berada dalam nilai positif. Nilai korelasi yang positif bermaksud apabila nilai suatu pembolehubah meningkat, pemboleh ubah yang lain akan turut meningkat. Nilai korelasi negatif pula adalah apabila nilai r berada dalam nilai negatif. Nilai korelasi yang negatif bermaksud apabila suatu pemboleh ubah meningkat, pemboleh ubah yang lain akan menurun dan begitu juga sebaliknya.

Dalam menguji tahap kekuatan perkaitan antara pembolehubah-pembolehubah yang dikaji, Guildford's (1973) Rule of Thumb digunakan. Berdasarkan Guildford's Rule of Thumb, apabila nilai r semakin menghampiri 1, maka kekuatan hubungan antara pembolehubah semakin kuat manakala apabila nilai r semakin menghampiri 0,

maka kekuatan antara pembolehubah semakin lemah. Ia dikategorikan kepada 5 bahagian, iaitu nilai r di bawah 0.20 adalah perkaitan yang sangat lemah, julat antara 0.20 hingga 0.40 adalah perkaitan yang lemah, julat antara 0.41 hingga 0.70 adalah perkaitan yang sederhana, julat antara 0.71 hingga 0.90 adalah perkaitan yang kuat dan nilai melebihi 0.90 pula menunjukkan perkaitan yang sangat kuat (Jadual 3.3)

Jadual 3.4 Nilai korelasi dan kekuatan hubungan

Nilai Korelasi	Kekuatan Hubungan
$r < 0.2$	Sangat lemah
$0.20 < r < 0.40$	Lemah
$0.41 < r < 0.70$	Sederhana
$0.71 < r < 0.90$	Kuat
$r > 0.90$	Sangat kuat

Nilai p merujuk kepada nilai signifikan. Lazimnya, apabila nilai r memenuhi syarat $0.5 \leq r \leq 1.0$, secara automatik nilai r akan turut memenuhi syarat $p \leq 0.05$. Hasil analisis korelasi Pearson akan dipersembahkan dalam bentuk jadual nilai korelasi, r dan jadual nilai signifikan, p .

3.3.4 Perbandingan Kepekatan CH₄

Perbandingan kepekatan CH₄ dibuat dengan membandingkan kepekatan ambien CH₄ Malaysia yang diperolehi melalui analisis data sekunder yang diperolehi dari 20 stesen pemantauan kualiti udara di Malaysia dengan kepekatan CH₄ dunia. Melalui perbandingan ini, secara umumnya kita akan dapat mengetahui sejauh mana tahap kepekatan ambien CH₄ Malaysia dengan tahap kepekatan CH₄ dunia.

Bagi tujuan mengukur kepekatan CH₄ Malaysia dan kesannya kepada perubahan iklim atau pemanasan global, nilai CH₄ ini perlu ditukar kepada karbon setara. Setiap GHG seperti CH₄ mempunyai sinaran aktif, atau keupayaan memerangkap haba (ICBE 2000). Untuk membandingkan GHG, mereka mempunyai indeks mengikut GWP masing-masing. GWP adalah keupayaan GHG untuk

memerangkap haba dalam atmosfera berbanding dengan jumlah sama CO₂. CO₂ dianggap mempunyai nilai satu (1). Unit yang biasa digunakan adalah MMTCDE, atau juta tan metrik bersamaan CO₂. Untuk mencapai MMTCDE, berat gas tersebut didarabkan dengan potensi pemanasan global (GWP) (Jadual 3.5). Berat gas dikira dalam gram, dan satu teragram (Tg) yang bersamaan dengan satu juta tan metrik:

$$\text{MMTCDE} = (\text{Tg gas}) \times (\text{GWP})$$

GHG	Potensi Pemanasan Global (GPW)
CO ₂	1
CH ₄	21
N ₂ O	310
HFC's	140 ~ 11 700
PFC's	6 500 ~ 9 200
SF ₆	23 900

Sumber: International Carbon Bank and Exchange 2000

BAB IV

HASIL DAN PERBINCANGAN

4.1 ANALISIS STATISTIK DESKRIPTIF KEPEKATAN CH₄

Analisis deskriptif kepekatan CH₄ sepanjang tempoh kajian dari tahun 2000 hingga 2009 ditunjukkan dalam Jadual 4.1 di mana nilai minimum, maksimum, median dan sisihan piawai ditentukan. Bagi memudahkan analisa, setiap stesen diberikan kod dan disusun mengikut zon lokasi stesen iaitu zon utara, tengah, selatan, timur dan Sarawak.

Nilai deskriptif yang dikenalpasti adalah penting bagi mendapatkan gambaran keseluruhan tahap kepekatan ambien CH₄ dan taburannya di Malaysia. Analisis ini juga digunakan untuk mengenalpasti status pencemaran dan tahap ambien gas CH₄ di Malaysia berbanding dengan kepekatan CH₄ dunia.

Bagi kawasan zon utara, nilai purata CH₄ tertinggi adalah dari stesen Tasek, Ipoh dengan nilai bacaan 2.118 ± 0.168 ppm manakala nilai kepekatan purata CH₄ terendah ditunjukkan oleh stesen USM (1.645 ± 0.160 ppm). Bagi kawasan zon tengah, nilai purata CH₄ tertinggi adalah dari stesen Klang dengan nilai bacaan 2.188 ± 0.118 ppm manakala nilai kepekatan purata terendah ditunjukkan oleh stesen Gombak (1.850 ± 0.125 ppm). Bagi kawasan zon selatan, nilai kepekatan purata CH₄ tertinggi adalah dari stesen Larkin, Johor Bahru dengan nilai bacaan 2.609 ± 0.541 ppm manakala nilai kepekatan purata terendah ditunjukkan oleh stesen Bukit Rambai, Melaka (1.854 ± 0.137 ppm). Bagi kawasan zon timur, nilai purata CH₄ tertinggi adalah dari stesen Kota Bharu dengan nilai bacaan 1.932 ± 0.105 ppm manakala nilai kepekatan purata terendah ditunjukkan oleh stesen Jerantut (1.764 ± 0.091 ppm). Bagi zon Sarawak, stesen Kuching mencatatkan bacaan kepekatan purata CH₄ 2.043 ± 0.214 ppm.

Jadual 4.1 Rekod kepekatan CH₄ mengikut stesen dari Januari 2000 hingga Disember 2009

Zon	Stesen	Kod	Statistik Deskriptif			
			Minimum (ppm)	Maksimum (ppm)	Median (ppm)	Sisihan Piawai
Utara	Sg. Petani	N1	1.678	2.822	1.967	0.223
	Cenderawasih	N2	1.676	2.568	1.929	0.151
	Prai	N3	1.744	2.420	1.979	0.130
	USM	N4	1.645	2.389	1.853	0.160
	Taiping	N5	1.710	2.083	1.869	0.072
	Pegoh	N6	1.706	2.121	1.860	0.097
	Tasek	N7	1.762	2.617	2.118	0.168
Tengah	Gombak	C1	1.590	2.237	1.850	0.125
	Klang	C2	1.967	2.535	2.188	0.118
	Kajang	C3	1.706	2.462	1.959	0.137
	Shah Alam	C4	1.791	2.580	2.138	0.203
	Nilai	C5	1.657	2.637	2.120	0.223
Selatan	Melaka	S1	1.530	2.501	1.854	0.137
	Larkin	S2	1.780	4.314	2.609	0.541
	Pasir Gudang	S3	1.780	2.881	2.142	0.212
Timur	Kota Bharu	E1	1.728	2.260	1.932	0.105
	Kemaman	E2	1.603	2.100	1.808	0.104
	Ind. Mahkota	E3	1.685	2.093	1.836	0.070
	Jerantut	E4	1.606	2.056	1.764	0.091
Sarawak	Kuching	Q1	1.690	2.970	2.043	0.214

Nilai kepekatan ambien CH₄ yang tinggi di stesen Tasek (zon utara), Klang (zon tengah), Larkin (zon selatan) dan Kota Bharu (zon timur) serta stesen Kuching adalah kerana lokasi stesen di kawasan bandar yang berhampiran dengan sumber-sumber pelepasan utama CH₄ seperti tapak pelupusan sampah, loji kumbahan serta pelepasan CH₄ dari aktiviti industri berbanding stesen-stesen lain di zon yang sama. Nilai kepekatan paras ambien CH₄ yang rendah di stesen USM (zon utara), Gombak (zon

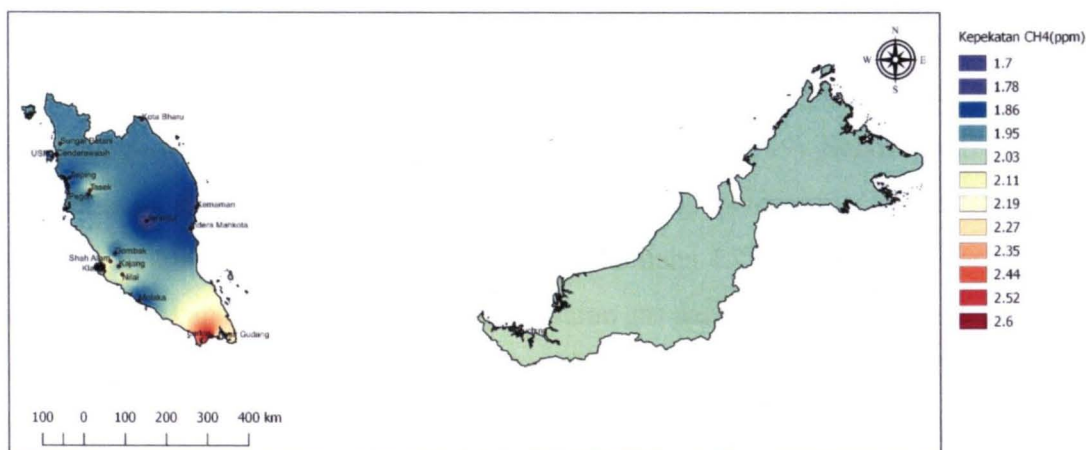
tengah), Bukit Rambai (zon selatan) dan Jerantut (zon timur) berbanding stesen lain di zon yang sama adalah kerana lokasi stesen yang agak jauh sumber pelepasan CH₄.

Secara umumnya, berdasarkan ringkasan analisa statistik deskriptif di Jadual 4.1, nilai bacaan purata kepekatan tertinggi CH₄ adalah dicatatkan di stesen Larkin, Johor Bahru iaitu 2.609 ± 0.541 ppm. Nilai bacaan purata kedua tertinggi dan purata ketiga tertinggi pula direkodkan oleh stesen Klang dan Pasir Gudang dengan bacaan kepekatan 2.188 ± 0.118 ppm dan 2.142 ± 0.212 ppm masing-masing.

Kepekatan CH₄ yang ketara tinggi di stesen Larkin, Johor Bahru berbanding stesen-stesen lain di Malaysia adalah terutamanya kerana lokasi kedudukan stesen tersebut dan sumber-sumber pelepasan gas CH₄ yang terdapat di sekitar kawasan tersebut. Berdasarkan maklumat yang diperolehi dari portal *Geographical Information System* (GIS) Jabatan Alam Sekitar, di sekitar stesen Larkin terdapat lebih kurang 954 punca tetap dan 32 jenis industri yang berpotensi membebaskan gas CH₄.

4.1.1 Corak Taburan Kepekatan CH₄

Rajah 4.1 menunjukkan peta haba yang menunjukkan corak taburan kepekatan CH₄ dimana nilai purata bulanan kepekatan CH₄ bagi tempoh 10 tahun (2000-2009) untuk setiap stesen diplotkan pada peta Malaysia.



Rajah 4.1

Peta haba kepekatan purata bulanan CH₄ mengikut stesen (2000-2009)

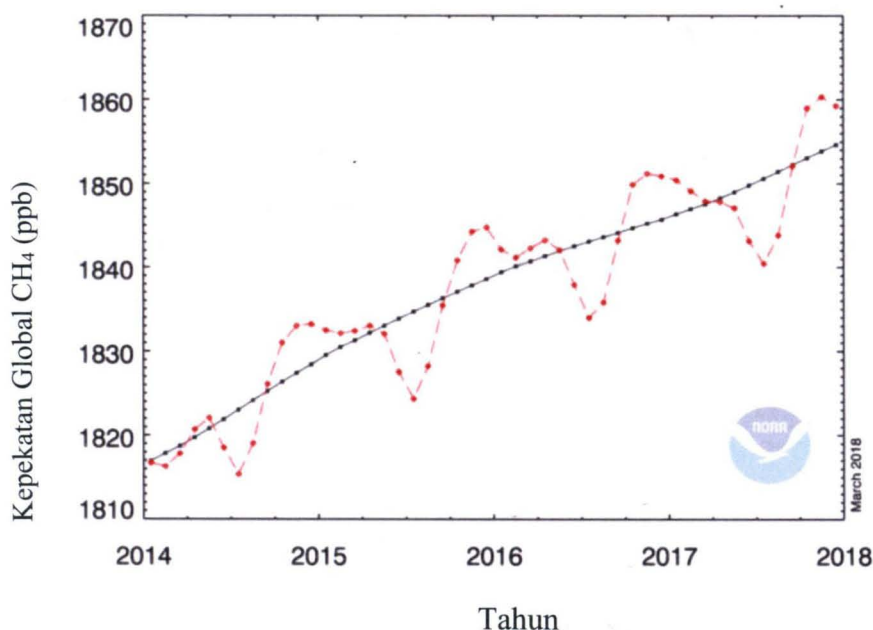
Berdasarkan peta haba di Rajah 4.1, corak taburan kepekatan CH₄ yang lebih tinggi tertumpu di kawasan bandar iaitu di kawasan Johor Bahru, Pasir Gudang, Klang, Shah Alam dan Kuching manakala kawasan sub-bandar terutamanya Jerantut menunjukkan kepekatan yang lebih rendah. Hasil keputusan kajian yang lebih kurang sama telah diperolehi oleh Razali dan Mun (2014) yang membuat pemetaan kepekatan CH₄ di Semenanjung Malaysia dimana dalam kajian mereka berdasarkan data tahun 2009 mendapati kebanyakan kepekatan CH₄ tertumpu di lokasi negeri Selangor dan Johor manakala kawasan yang berdekatan dengan lokasi tersebut juga dipengaruhi dan mempunyai kepekatan CH₄ yang sederhana.

Di dalam kajian ini, kepekatan CH₄ yang lebih tinggi di kawasan bandar sememangnya telah dijangka kerana wilayah bandar dianggap sebagai sumber utama CH₄ (Muramatsu 1995; Padhy & Varshney 2000; Vesilind et al. 2002). Pelepasan CH₄ daripada kawasan bandar ini termasuk berpunca daripada pembakaran bahan bakar fosil, sisa perbandaran dan pengurusan kumbahan, saluran air dan kolam yang tersekat, pelepasan sisa air dari kediaman, sisa makanan, pasar dan lain-lain menyumbang kepada pengeluaran CH₄. Selain itu, kepulauan panas bandar (*urban heat island*) juga menjadikan keadaan malam yang panas yang sesuai untuk penjanaan CH₄ (Thomas et al. 2009).

Pada masa ini, lebih daripada 70% CO₂ daripada bahan bakar fosil, dan sejumlah besar CH₄ antropogenik, dikeluarkan dari bandar-bandar di seluruh dunia (International Energy Agency 2008). Pemerhatian terhadap tahap CH₄ yang tinggi di bandar-bandar besar menunjukkan bahawa pengeluaran CH₄ antropogenik yang ketara diperolehi daripada kawasan bandar (Blake et al. 1984; Wunch et al. 2009). Selain itu, IPCC turut melaporkan bahawa sebahagian besar pelbagai jenis pelepasan CH₄ antropogenik adalah daripada kawasan bandar (IPCC 2006), dimana 15% hingga 40% daripadanya telah dianggarkan berpunca daripada pengeluaran gas dan minyak, sektor industri, tapak pelupusan sampah dan rawatan sisa (Denman et al. 2007). Ito et al. (2001) dalam kajiannya juga mendapati tingkah laku spasial dan temporal CH₄ atmosfera di kawasan metropolitan Nagoya melaporkan nilai yang lebih tinggi di kawasan bandar.

4.1.2 Perbandingan Kepekatan CH₄ Dunia

Data kepekatan CH₄ dunia yang terkini (2018) daripada National Oceanic & Atmospheric Administration (NOAA Research) adalah 1.855 ppm. Tren bagi kepekatan CH₄ dunia dari tahun 2014 hingga 2018 ditunjukkan pada Rajah 4.2. Bagi tahun 2016, kepekatan CH₄ dunia adalah 1.859 ppm dan bagi tahun 2017 sebanyak 1.850 ppm. Bahagian Pemantauan Global Makmal Penyelidikan Sistem Bumi NOAA telah mengukur CH₄ sejak 1983 di rangkaian stesen pemantauan udara di dunia secara global (Dlugokencky et al. 1994). Data purata global CH₄ dibentuk dengan memperhalusi (*smoothing*) data di setiap stesen pemantauan sebagai fungsi masa dan kemudian nilai-nilai tersebut diplot sebagai fungsi garis lintang untuk 48 langkah waktu yang sama setiap tahun. Purata global CH₄ dikira dari plot latitud pada setiap langkah masa (Masarie & Tans 1995) https://www.esrl.noaa.gov/gmd/ccgg/trends_ch4/.



Rajah 4.2 Kepekatan global purata bulanan CH₄ dunia

Sumber: National Oceanic & Atmospheric Administration
(U.S. Department of Commerce) 2018

Berdasarkan analisis yang telah dijalankan, kepekatan purata bulanan CH₄ Malaysia yang terkini (tahun 2009) adalah 2.001 ppm. Nilai ini adalah lebih tinggi sedikit dari kepekatan CH₄ dunia yang terkini iaitu 1.855 ppm. Nilai kepekatan CH₄

yang lebih tinggi sedikit dari kepekatan global mungkin berpunca daripada aktiviti perindustrian Malaysia yang masih membangun pada tahun tersebut dimana banyak terdapat kolam rawatan terbuka daripada loji kumbahan dan kilang kelapa sawit dan tapak pelupusan sampah yang berpotensi menghasilkan gas CH₄. Bagaimanapun penentuan sumber sebenar punca pelepasan CH₄ ini adalah di luar skop kajian ini dan suatu kajian lanjut mungkin boleh dibuat menggunakan *Chemical Transport Model* untuk menentukan punca sebenar pelepasan CH₄.

Pemerhatian oleh Thomas et al. (2009) juga mendapati bahawa kepekatan CH₄ di tahap permukaan bumi secara signifikannya adalah lebih tinggi daripada nilai purata global CH₄ (Thomas et al. 2009). Walaupun pelepasan global CH₄ secara relatifnya agak terkawal tetapi tidak bagi pelepasan serantau dan sumbangan pelepasan daripada sumber individu (Townsend-Small et al. 2012; Sinha et al. 2007).

4.1 ANALISIS STATISTIK DESKRIPTIF KEPEKATAN HBM

Analisis deskriptif kepekatan HBM sepanjang tempoh kajian dari tahun 2000 hingga 2009 ditunjukkan dalam Jadual 4.2 di mana nilai minimum, maksimum, median dan sisihan piawai ditentukan. Bagi memudahkan analisa, setiap stesen diberikan kod dan disusun mengikut zon lokasi stesen iaitu zon utara, tengah, selatan, timur dan Sarawak. Nilai deskriptif yang dikenalpasti adalah penting bagi mendapatkan gambaran keseluruhan tahap kepekatan ambien HBM dan taburannya di Malaysia.

Bagi kawasan zon utara, nilai purata HBM tertinggi adalah dari stesen Cenderawasih, P. Pinang dengan nilai bacaan 0.357 ± 0.090 ppm manakala nilai kepekatan purata terendah HBM adalah di stesen USM, Pulau Pinang dengan nilai kepekatan 0.192 ± 0.047 ppm. Bagi kawasan zon tengah, nilai purata HBM tertinggi adalah dari stesen Klang dengan nilai bacaan 0.468 ± 0.076 ppm manakala nilai kepekatan purata HBM terendah adalah dari stesen Gombak (0.324 ± 0.100 ppm). Bagi kawasan zon selatan, nilai purata HBM tertinggi adalah dari stesen Bukit Rambai Melaka dengan nilai bacaan 0.749 ± 0.256 ppm manakala nilai kepekatan purata HBM terendah adalah dari stesen Pasir Gudang (0.320 ± 0.094 ppm).

Jadual 4.2 Rekod kepekatan HBM mengikut stesen dari Januari 2000 hingga Disember 2009

Zon	Stesen	Kod	Minimum (ppm)	Maksimum (ppm)	Purata (ppm)	Sisihan Piawai
Utara	Sg. Petani	N1	0.218	0.656	0.350	0.084
	Cenderawasih	N2	0.178	0.621	-0.357	0.090
	Prai	N3	0.214	0.562	0.351	0.062
	USM	N4	0.067	0.332	0.192	0.047
	Taiping	N5	0.120	0.384	0.212	0.051
	Pegoh	N6	0.105	0.411	0.196	0.056
	Tasek	N7	0.137	0.382	0.215	0.043
Tengah	Gombak	C1	0.082	0.696	0.324	0.100
	Klang	C2	0.296	0.662	0.468	0.076
	Kajang	C3	0.109	0.579	0.354	0.096
	Shah Alam	C4	0.213	0.859	0.465	0.128
	Nilai	C4	0.138	0.528	0.305	0.079
Selatan	Melaka	S1	0.140	1.275	0.749	0.256
	Larkin	S2	0.150	1.881	0.534	0.248
	Pasir Gudang	S3	0.090	0.591	0.320	0.094
Timur	Kota Bharu	E1	0.135	0.524	0.275	0.071
	Kemaman	E2	0.067	0.216	0.121	0.030
	Ind. Mahkota	E3	0.053	0.183	0.105	0.029
	Jerantut	E4	0.042	0.210	0.087	0.030
Sarawak	Kuching	Q1	0.110	0.435	0.288	0.078

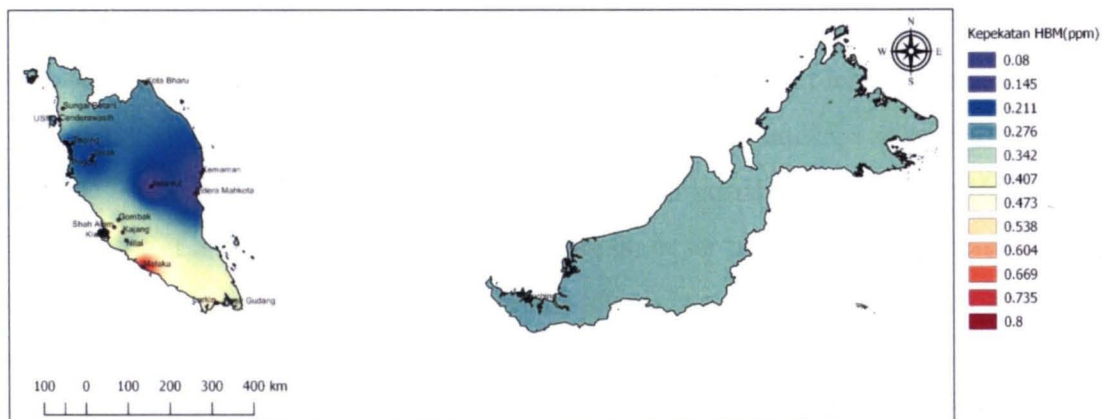
Bagi kawasan zon timur, nilai purata HBM tertinggi adalah dari stesen Kota Bharu dengan nilai bacaan 0.275 ± 0.071 ppm dan nilai kepekatan purata HBM terendah adalah dari stesen Jerantut (0.042 ± 0.030 ppm). Bagi zon Sarawak, stesen Kuching mencatatkan bacaan kepekatan purata HBM 0.288 ± 0.0078 ppm.

Nilai kepekatan ambien HBM yang tinggi di stesen Cenderawasih (zon utara), Klang (zon tengah), Bukit Rambai (zon selatan) dan kota Bharu (zon pantai timur) serta stesen Kuching adalah dijangka berikutan lokasi stesen yang terletak di kawasan urban dengan aliran trafik yang sibuk di kawasan tersebut berbanding stesen-stesen lain di zon yang sama. Nilai kepekatan paras ambien HBM yang rendah di stesen USM (zon utara), Gombak (zon tengah), Pasir Gudang (zon selatan) dan Jerantut (zon timur) berbanding stesen lain di zon yang sama adalah kerana kurang aliran trafik di kawasan tersebut.

Secara keseluruhannya, rekod jangka panjang HBM dengan nilai purata tertinggi di Malaysia adalah dicatatkan di stesen Bukit Rambai, Melaka iaitu 0.749 ± 0.256 ppm. Nilai bacaan purata kedua tertinggi dan ketiga tertinggi pula direkodkan oleh stesen Larkin dan Klang dengan bacaan kepekatan 0.534 ± 0.248 ppm dan 0.468 ± 0.076 ppm masing-masing. Kepekatan HBM yang tinggi di stesen Bukit Rambai, Melaka berbanding stesen-stesen lain di Malaysia adalah terutamanya kerana lokasi kedudukan stesen tersebut di kawasan yang berhampiran sumber-sumber pelepasan gas HBM terutamanya daripada aktiviti industri dan berdekatan laluan trafik yang sibuk. Berdasarkan maklumat yang diperolehi dari laman sesawang *Geographical Information System* Jabatan Alam Sekitar, di sekitar stesen Bukit Rambai Melaka juga terdapat lebih kurang 612 punca tetap selain punca bergerak yang berpotensi menyumbang pencemaran HBM.

4.2.1 Corak Taburan Kepekatan HBM

Rajah 4.3 pula menunjukkan peta haba yang menunjukkan taburan kepekatan HBM dimana nilai purata bulanan kepekatan HBM bagi tempoh 10 tahun (2000-2009) untuk setiap stesen diplotkan pada peta Malaysia.



Rajah 4.3 Peta haba kepekatan purata bulanan HBM mengikut stesen (2000-2009)

Berdasarkan peta haba di Rajah 4.3, corak taburan kepekatan HBM yang lebih tinggi tertumpu di kawasan bandar dan perindustrian iaitu di kawasan Melaka, Johor Bahru, Klang dan Shah Alam manakala kawasan sub-bandar seperti Jerantut menunjukkan kepekatan HBM yang jauh lebih rendah. Kepekatan HBM yang lebih tinggi di kawasan bandar ini mungkin berpunca daripada aktiviti industri dan kenderaan yang lebih banyak di kawasan bandar.

Kajian terdahulu menunjukkan bahawa sumber antropogenik utama HBM adalah pelepasan kenderaan dan industri yang berkaitan dengan pembakaran bahan api fosil, kebocoran gas petroleum cecair (LPG), penyejatan bahan api, penyulingan petroleum, dan penggunaan pelarut (Cheng et al. 1997; Chen et al. 2001; Na et al. 2001; Seila et al. 2001; Watson et al. 2001; He et al. 2002).

Di kawasan atmosfera bandar, HBM adalah kumpulan pencemar udara yang paling penting (Guo et al. 2004) dan sumber pelepasan HBM terbesar di kebanyakan kawasan bandar adalah kenderaan (Parrish et al. 2009) di mana sebahagian daripada VOCs yang dibebaskan adalah berpunca dari bahan api yang tidak terbakar (Caplain et al. 2006). Sumber yang berkaitan dengan trafik dan lalu lintas adalah merupakan sumber utama HBM iaitu alkana, alkena, alkina dan hidrokarbon aromatik di kawasan bandar (Caplain et al. 2006; Fredrich & Obermeier 1999) tetapi di kawasan kediaman atau perindustrian, sumber lain juga mungkin penting.

Di kawasan bandar, tahap ambien HBM adalah sangat dipengaruhi oleh faktor-faktor seperti jenis/umur kenderaan, bahan api yang digunakan oleh kenderaan, kadar aliran, kelajuan lalu lintas, keadaan jalan raya dan aktiviti manusia, variasi musim (Lal et al. 2012; Madhoun et al 2015; Tang et al 2009) dan keadaan persekitaran (Lal et al. 2012; Pandit et al 2011). Tambahan pula, populasi besar penduduk yang memerlukan lebuh raya, rangkaian lalu lintas yang sibuk dilengkapi kemudahan stesen minyak, bangunan pejabat yang tinggi, kompleks kediaman dan komersil yang menghalang udara mudah melaluinya serta hab perindustrian yang berdekatan turut menyumbang kepada kepelbagaian punca pelepasan HBM (Talaptra & Srivastava 201).

Chan et al. (2006) dalam kajiannya mendapati bahawa kawasan perindustrian merekodkan nisbah pencampuran VOC_s yang tertinggi. Walaupun jangka hayat atmosfera yang secara relatifnya adalah singkat (2-3 hari), toluena, yang sebahagian besarnya dibebaskan daripada penggunaan pelarut industri dan pelepasan kenderaan, adalah merupakan kuantiti HBM yang paling banyak. Ini diikuti oleh etana, etena, ethyna, propana, n-butana, i-pentana, benzena, dan m-xylena.

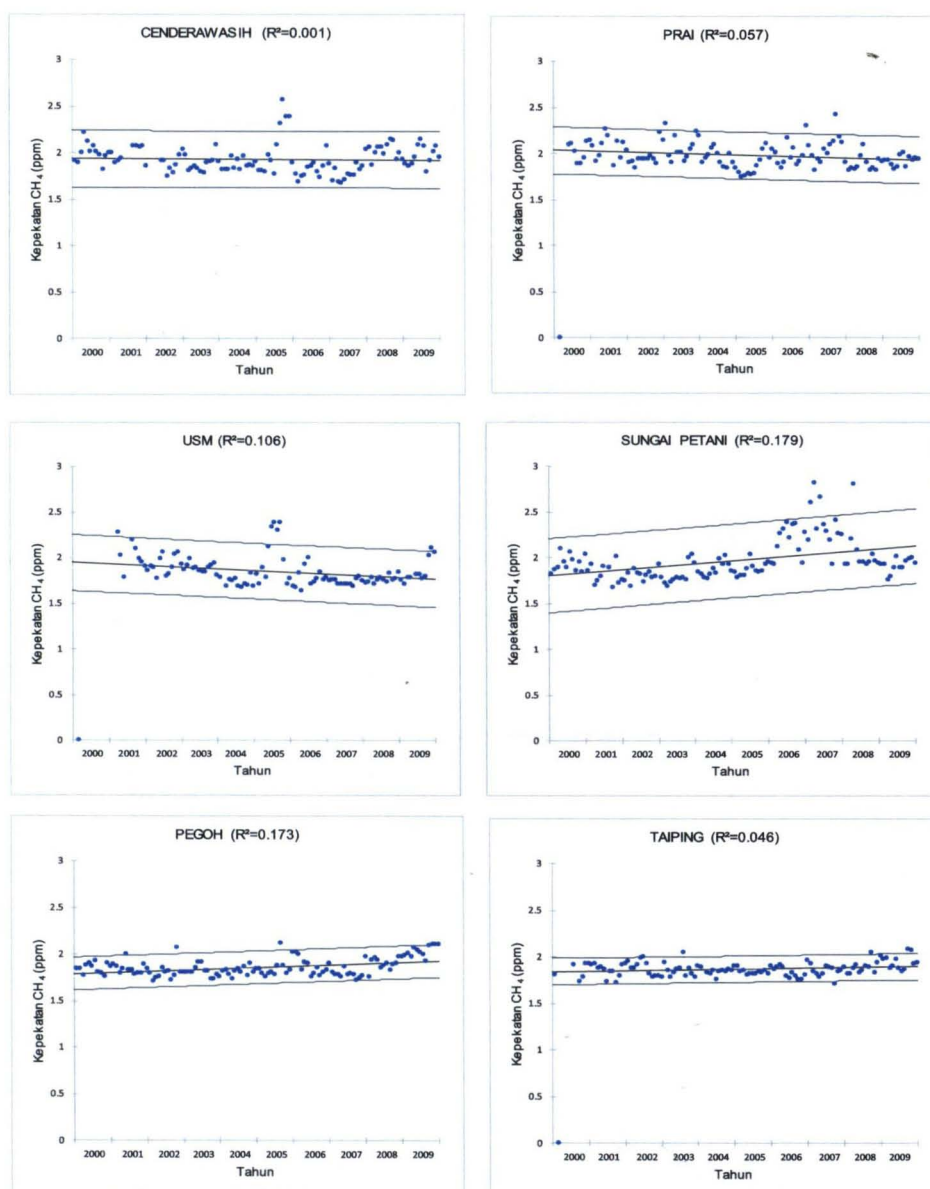
Bagaimanapun skop kajian ini tidak melibatkan pengenalpastian secara spesifik sumber pelepasan HBM. Untuk mengenalpasti punca-punca yang berpotensi melepaskan HBM, *Principal Component Analysis/Absolute Principal Component Scores* (PCA/APCS) model boleh digunakan. Model PCA/APCS telah sering digunakan untuk mengenal pasti kemungkinan sumber HBM di seluruh dunia (Pandit et al. 2011; Guo et al. 2004; Sanchez et al. 2008). Sebagai contoh, Guo et al. (2004) menggunakan model reseptor PCA/APCS untuk mengenal pasti kemungkinan sumber HBM dan mendapati ekzos kenderaan dan pembakaran bio-bahan bakar adalah sumber utama HBM di timur China.

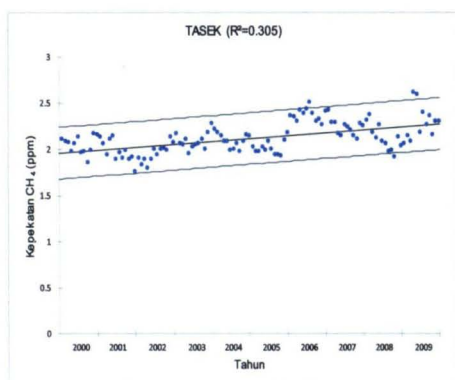
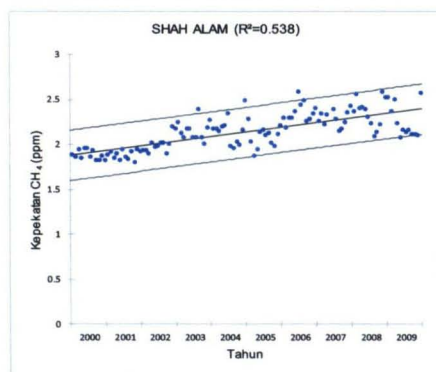
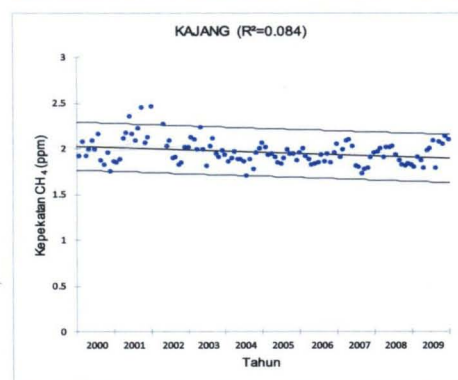
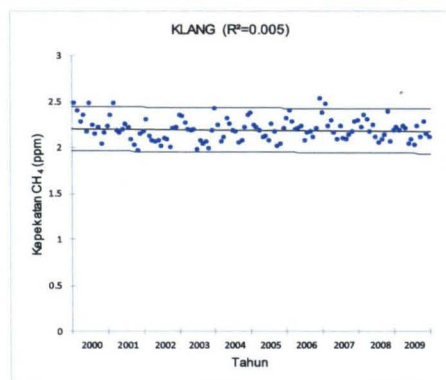
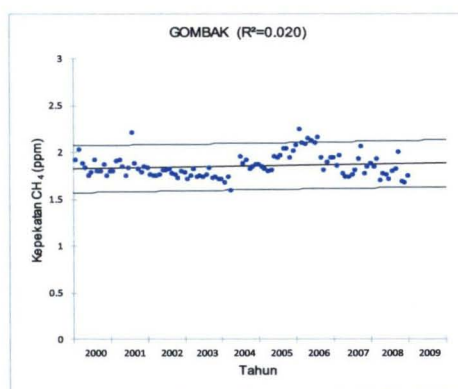
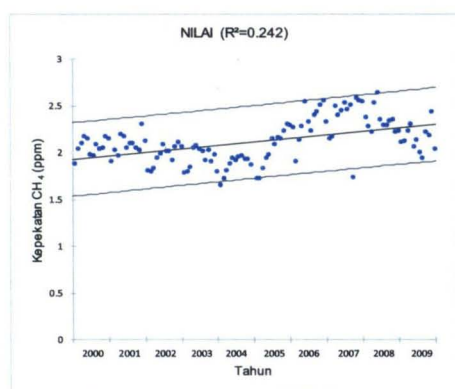
4.3 TREN KEPEKATAN CH₄

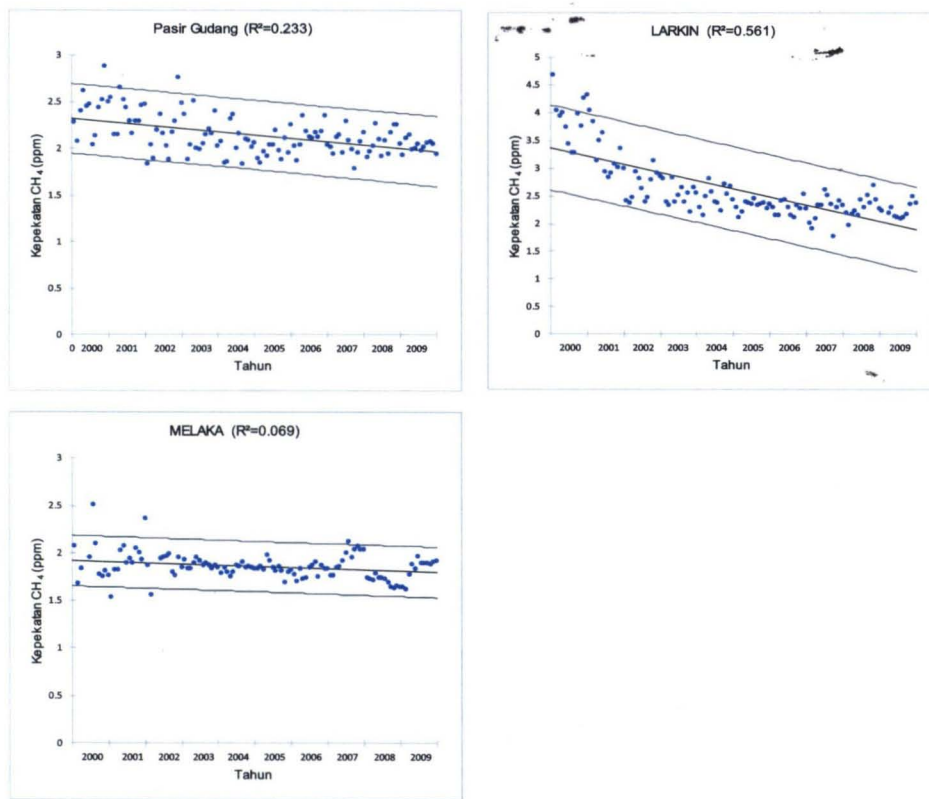
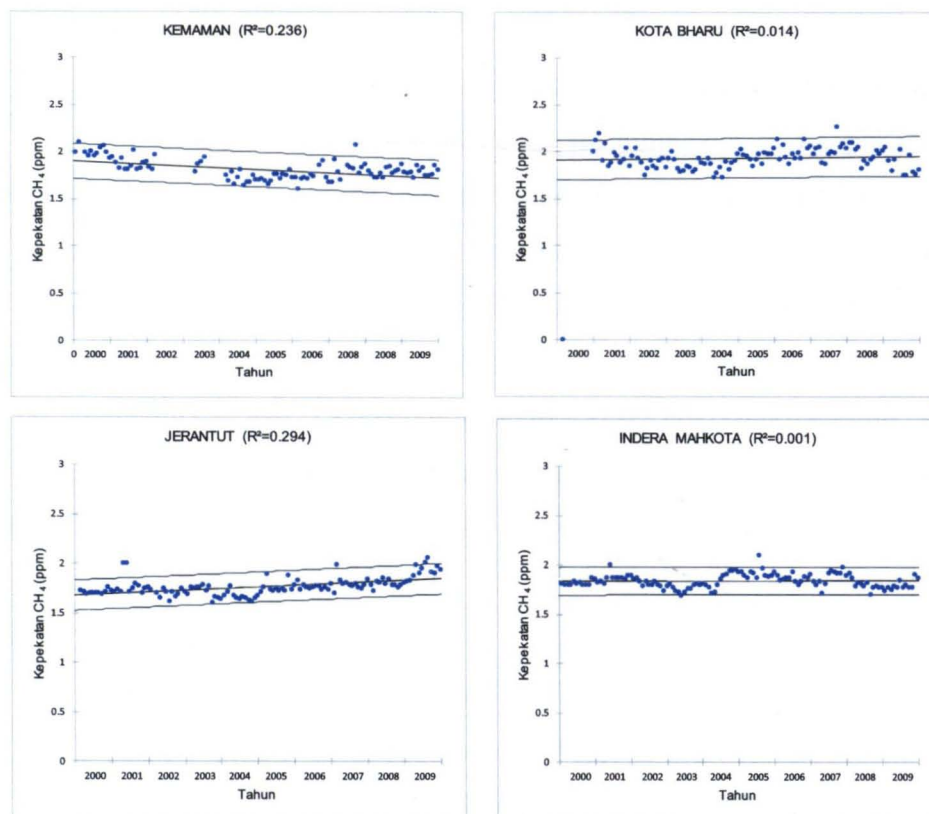
Bagi menunjukkan tren kepekatan CH₄, analisis regrasi linear digunakan untuk menentukan samada terdapat hubungan linear yang positif atau negatif untuk menunjukkan tren menaik atau menurun. Dalam analisis ini data yang digunakan

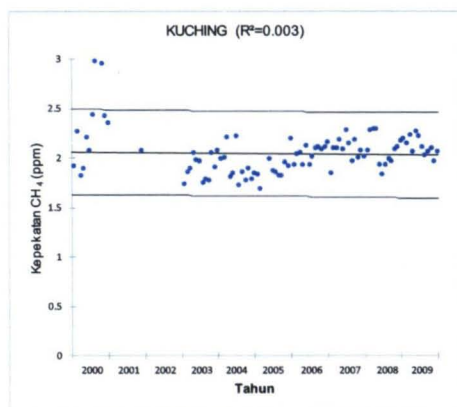
adalah data purata bulanan CH_4 yang diploketkan dari tahun 2000 hingga 2009 bagi setiap stesen.

Rajah 4.4a, 4.4b, 4.4c, 4.4d dan 4.4e menunjukkan tren kepekatan CH_4 mengikut zon iaitu zon utara, tengah, selatan, timur dan Sarawak.



Rajah 4.4a Tren kepekatan CH_4 bagi zon utaraRajah 4.4b Tren kepekatan CH_4 bagi zon tengah

Rajah 4.4c Tren kepekatan CH_4 bagi zon selatanRajah 4.4d Tren kepekatan CH_4 bagi zon timur



Rajah 4.4e Tren kepekatan CH₄ bagi zon Sarawak

Hasil kajian mendapati bahawa dalam tempoh 10 tahun (2000 hingga 2009) cerapan data ambien CH₄, terdapat kepelbagaian tren kepekatan CH₄ diperhatikan di seluruh Malaysia mengikut stesen dimana daripada 20 stesen yang dianalisis, 10 stesen menunjukkan tren kepekatan CH₄ menaik manakala 10 stesen lagi menunjukkan tren kepekatan CH₄ menurun. Bagaimanapun tren kepekatan CH₄ menunjukkan corak yang agak sama jika dilihat mengikut zon.

Bagi zon utara, terdapat dua corak tren yang agak ketara berbeza iaitu stesen Taiping, Tasek, Pegoh dan Sungai Petani menunjukkan tren kepekatan CH₄ menaik manakala stesen di Pulau Pinang iaitu stesen Prai, Cenderawasih dan USM menunjukkan tren kepekatan CH₄ menurun. Bagi zon tengah, stesen Nilai, Gombak dan Shah Alam menunjukkan tren kepekatan CH₄ menaik manakala stesen Klang dan Kajang menunjukkan tren kepekatan menurun. Bagi zon selatan didapati stesen Larkin, Pasir Gudang dan Melaka menunjukkan tren kepekatan CH₄ menurun.. Bagi zon timur, stesen Indera Mahkota, Jerantut dan Kota Bharu menunjukkan tren kepekatan CH₄ menaik manakala stesen Kemaman menunjukkan tren menurun. Stesen Kuching pula menunjukkan tren CH₄ menurun.

Tren kepekatan CH₄ yang menurun terutamanya di stesen Larkin, Pasir Gudang dan Melaka di zon selatan serta stesen Prai, Cenderawasih dan USM di zon utara mungkin kerana terdapat penambahbaikan kepada kepada sistem pelupusan sampah dan

sistem pengolahan kumbahan dan efluen yang lebih baik dan cekap iaitu daripada sistem terbuka kepada sistem tertutup dimana kurangnya pelepasan gas CH₄ susulan kesedaran oleh pihak industri dan penguatkuasaan yang dijalankan.

Tren kepekatan CH₄ yang menaik di stesen Tasek, Pegoh dan Sungai Petani pula mungkin disebabkan perkembangan perindustrian yang semakin pesat di kawasan ini atau terdapatnya punca-punca baru yang membebaskan gas CH₄. Menurut Olivier et al. (2017), pelepasan CH₄ daripada sisa air buangan industri adalah salah satu daripada kategori yang paling cepat berkembang, iaitu 3% daripada pengeluaran CH₄. Sejak tahun 2000, pengeluaran dari kedua-dua kategori ini dan pengeluaran arang batu dan gas asli telah meningkat lebih daripada 65%.

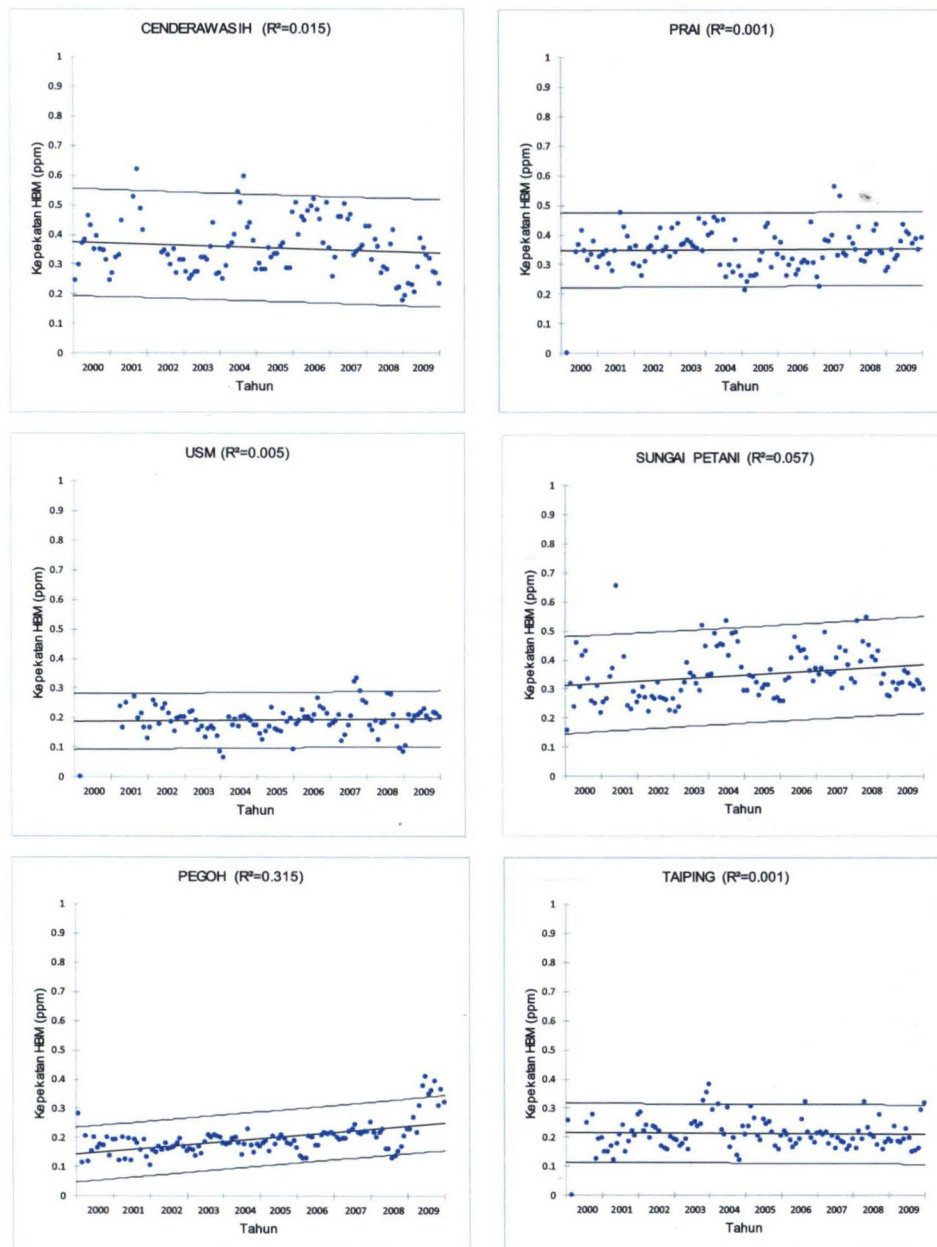
Dari segi tren kepekatan CH₄ global, kadar pertumbuhan kepekatan CH₄ secara progresif mula menurun selepas tahun 1990 (Dlugokencky et al. 1998), yang membawa kepada penstabilan kepekatan CH₄ antara tahun 1999 dan 2007. Sejak tahun 2007, pengukuran yang dibuat menunjukkan bahawa kepekataannya mula meningkat lagi (Dlugokencky et al. 2003, 2009; Rigby et al. 2008).

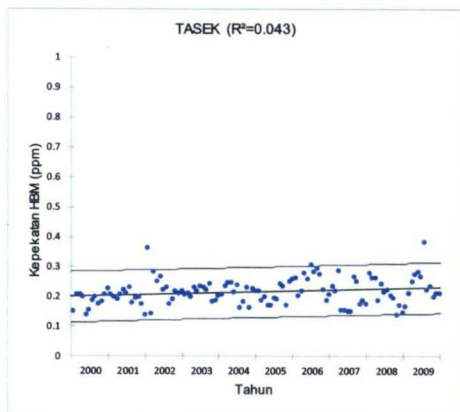
CH₄ berbeza daripada CO₂ kerana ia dibebaskan ke atmosfera melalui pelbagai sumber, samada secara semula jadi atau antropogenik. Disebabkan oleh kepelbagaian sumber pelepasan CH₄ ini, pelepasannya turut dipengaruhi oleh pelbagai faktor yang termasuk penggunaan tenaga, taburan populasi penduduk, amalan pertanian dan iklim. Juga terdapat bukti kukuh bahawa pelepasan CH₄ boleh berubah dari semasa ke semasa (Wuebbles & Hayhoe 2002).

4.3 TREN KEPEKATAN HBM

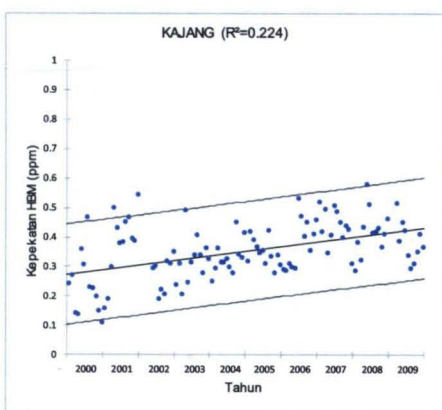
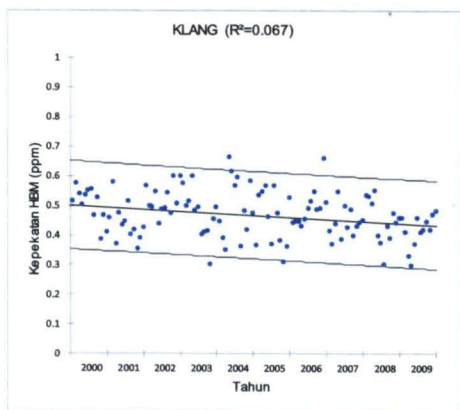
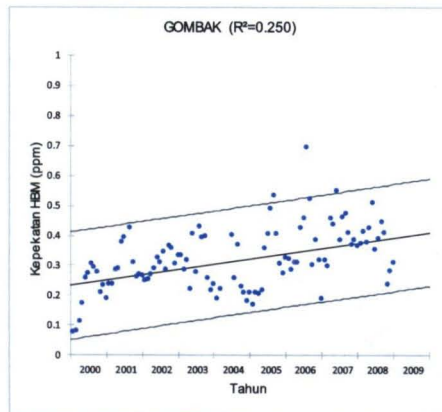
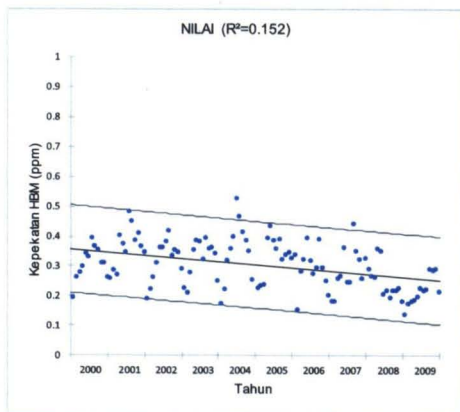
Bagi menunjukkan tren kepekatan HBM, analisis regresi linear digunakan untuk menentukan samada terdapat hubungan linear yang positif atau negatif untuk menunjukkan tren menaik atau menurun. Dalam analisis ini data yang digunakan adalah data purata bulanan HBM yang diplotkan dari tahun 2000 hingga 2009 bagi setiap stesen.

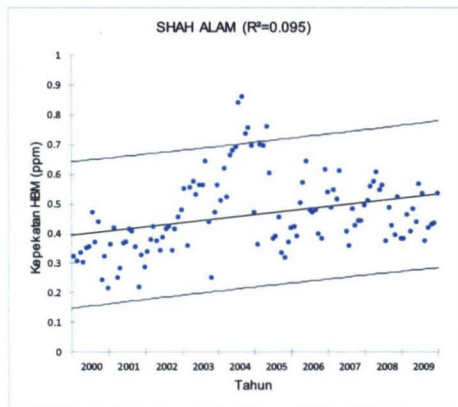
Rajah 4.5a, 4.5b, 4.5c, 4.5d dan 4.5e menunjukkan tren kepekatan HBM mengikut zon iaitu zon utara, tengah, selatan, timur dan Sarawak.



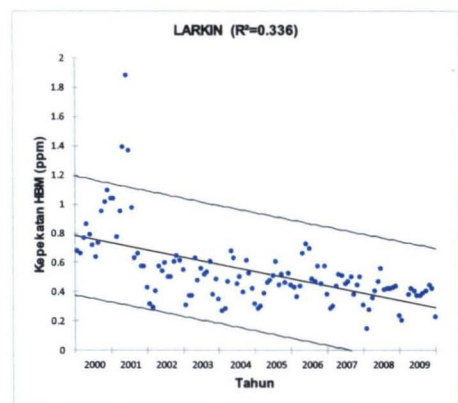
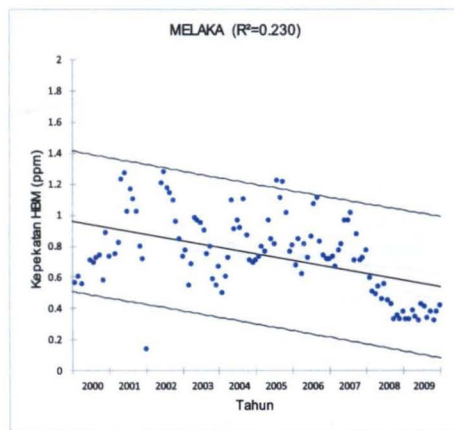
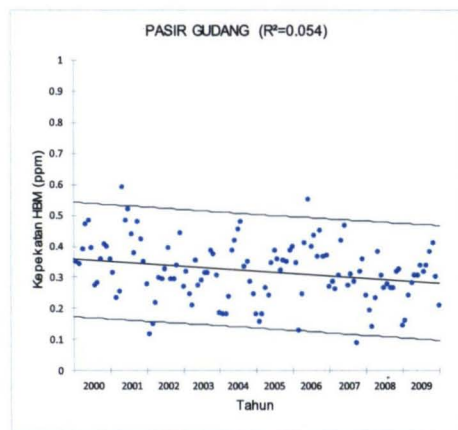


Rajah 4.5a Tren kepekatan HBM bagi zon utara

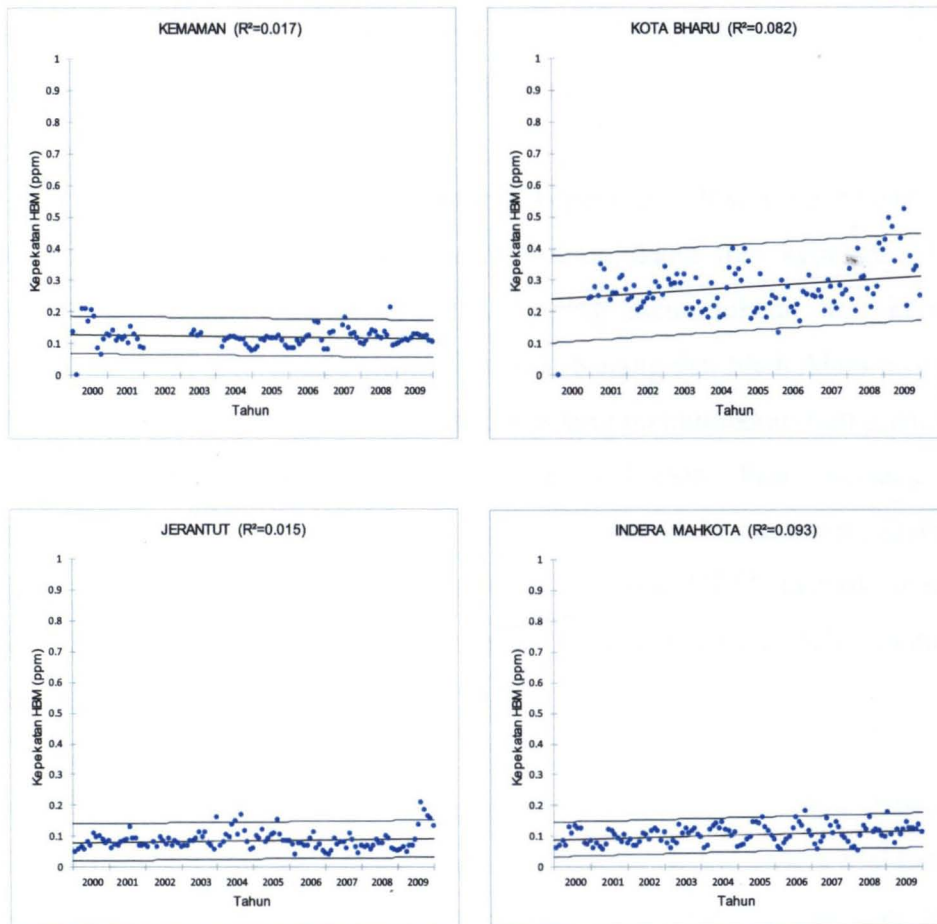




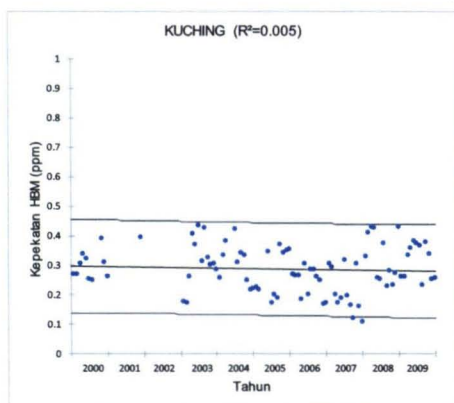
Rajah 4.5b Tren kepekatan HBM bagi zon tengah



Rajah 4.5c Tren kepekatan HBM bagi zon selatan



Rajah 4.5d Tren kepekatan HBM bagi zon timur



Rajah 4.5e Tren kepekatan HBM bagi Sarawak

Hasil kajian mendapati bahawa dalam tempoh 10 tahun (2000 hingga 2009) cerapan data ambien HBM, terdapat kepelbagaian tren kepekatan HBM yang diperhatikan mengikut stesen di seluruh Malaysia dimana daripada 20 stesen yang

dianalisis, 10 stesen menunjukkan tren kepekatan HBM menaik manakala 10 stesen lagi menunjukkan tren kepekatan HBM menurun.

Bagi zon utara diperhatikan tren kepekatan HBM yang pelbagai iaitu Sungai Petani, Prai, USM, Pegoh dan Tasek menunjukkan tren kepekatan HBM menaik manakala stesen Cenderawasih dan Taiping menunjukkan tren kepekatan HBM menurun. Bagi zon tengah, stesen Gombak, Kajang dan Shah Alam menunjukkan tren HBM menaik manakala stesen Nilai dan Klang menunjukkan tren menurun. Bagi zon selatan didapati semua stesen iaitu stesen Larkin, Pasir Gudang dan Melaka menunjukkan tren kepekatan HBM yang menurun. Bagi zon timur, stesen Kota Bharu, Indera Mahkota dan Jerantut menunjukkan tren HBM menaik manakala stesen Kemaman menunjukkan tren menurun. Stesen Kuching pula menunjukkan tren kepekatan HBM menurun.

Tren kepekatan HBM yang menaik di kawasan Sungai Petani, Prai, USM, Pegoh, Tasek, Gombak, Kajang, Shah Alam, Kota Bharu, Indera Mahkota dan Jerantut dijangka berkait rapat dengan pertambahan kenderaan di kawasan tersebut dalam tempoh 10 tahun kajian dijalankan memandangkan pelepasan daripada kenderaan merupakan punca utama VOCs di kawasan bandar (Barletta et al. 2005; Theloke & Friedrich 2007; Van Langenhove 2010; Huang et al. 2011). Statistik menunjukkan bahawa sehingga akhir tahun 2000 jumlah kenderaan berdaftar di Malaysia adalah sebanyak 10.6 juta (JAS 2000) dan pada akhir tahun 2009, bilangan kenderaan berdaftar meningkat kepada 19,016,782 juta buah kenderaan. Wilayah Persekutuan Kuala Lumpur mendahului negeri-negeri lain dengan mempunyai bilangan kenderaan tertinggi diikuti oleh Johor, Selangor, Pulau Pinang dan Perak (JAS 2009).

Selain pertambahan punca bergerak seperti kenderaan, tren peningkatan kepekatan HBM juga mungkin disebabkan oleh pertambahan punca tetap industri. Zon perindustrian boleh menjadi sumber tetap VOCs kerana ia melibatkan pelepasan dari loji janakuasa, pembakaran dan pelbagai proses perindustrian. Penggunaan pelarut dalam salutan permukaan logam, percetakan dan salutan kain dan panel datar adalah

proses biasa dalam banyak aktiviti perkilangan (Van Langenhove 2010) yang menyumbang kepada pelepasan VOCs.

Tren kepekatan HBM yang menurun di kawasan Johor Bahru, Pasir Gudang, Melaka, Kemaman, Nilai, Klang dan Kuching dijangka terutamanya disebabkan peningkatan pematuhan undang-undang dan peraturan terhadap pelepasan pencemaran VOCs daripada industri dan kenderaan bermotor susulan tindakan penguatkuasaan daripada agensi berkaitan seperti JAS dan sebagainya. Penggunaan enjin dua lejang yang semakin berkurangan disebabkan keluaran gas ekzos enjin dua lejang yang kurang mesra alam berbanding enjin empat lejang dijangka turut menyumbang kepada penurunan ini.

4.5 HUBUNGAN ANTARA CH₄ DENGAN O₃

Analisis korelasi Pearson telah digunakan bagi menentukan hubungan di antara CH₄ dengan bahan pencemar O₃. Nilai purata bulanan CH₄ dan nilai purata maksimum harian O₃ digunakan dalam analisis ini. Jadual 4.3 menunjukkan jadual nilai korelasi Pearson, r yang dibandingkan dengan purata bulanan CH₄ bagi setiap stesen pemantauan CH₄ dan O₃ dari tahun 2000 hingga 2009.

Analisis korelasi bagi menentukan hubungan CH₄ dengan bahan pencemar O₃ mendapati 15 stesen menunjukkan korelasi positif yang sangat kecil dan lemah ($r < 0.20$ dan $0.20 < r < 0.40$) manakala 5 stesen lagi menunjukkan korelasi negatif. Korelasi positif bermaksud apabila kepekatan CH₄ meningkat, kepekatan O₃ juga meningkat. Bagi korelasi negatif, ia bermaksud apabila kepekatan CH₄ meningkat, kepekatan O₃ menurun. Bagaimanapun hubungan antara CH₄ dan bahan pencemar O₃ bagi kesemua stesen adalah tidak signifikan ($p > 0.05$) berdasarkan nilai r yang diperolehi iaitu $r < 0.5$.

Berdasarkan analisa, stesen Shah Alam menunjukkan nilai korelasi positif paling tinggi ($r = 0.280$) berbanding stesen lain di Malaysia. Ini bermakna CH₄ bagi stesen Shah Alam paling banyak mempengaruhi pembentukan O₃ berbanding stesen lain. Analisis juga membuktikan bahawa kepekatan CH₄ yang tinggi di sesuatu kawasan

tidak mempengaruhi pembentukan bahan pencemar O₃. Ini ditunjukkan oleh stesen Larkin (2.609 ppm, $r= 0.007$) dan Klang (2.188 ppm, $r=0.132$) di mana walaupun merekodkan kepekatan CH₄ paling tinggi di Malaysia tetapi menunjukkan nilai korelasi yang rendah dengan O₃.

Jadual 4.3 Nilai korelasi r di antara CH₄ dan bahan pencemar O₃

Zon	Stesen	Kod	Purata Bulanan CH ₄	Korelasi Pearson (r)
Utara	Sungai Petani	N1	1.967	0.032
	Cenderawasih	N2	1.929	-0.138
	Prai	N3	1.979	-0.212
	USM	N4	1.853	0.053
	Taiping	N5	1.869	-0.004
	Pegoh	N6	1.860	0.195
	Tasek	N7	2.118	0.024
Tengah	Gombak	C1	1.850	0.138
	Klang	C2	2.188	0.132
	Kajang	C3	1.959	-0.039
	Shah Alam	C4	2.138	0.280
	Nilai	C5	2.120	-0.116
Selatan	Melaka	S1	1.854	0.013
	Larkin	S2	2.609	0.007
	Pasir Gudang	S3	2.142	0.137
Timur	Kota Bharu	E1	1.932	0.029
	Kemaman	E2	1.808	0.061
	Indera Mahkota	E3	1.836	0.021
	Jerantut	E4	1.764	0.034
Sarawak	Kuching	Q1	2.043	0.166

Hubungan antara CH₄ dan bahan pencemar O₃ bagi kesemua stesen adalah tidak signifikan adalah kerana pembentukan O₃ bukan hanya bergantung kepada kehadiran CH₄ semata-mata. Pengeluaran fotokimia O₃ di troposfera berlaku melalui pengoksidaan radikal hidroksil (OH), CO, CH₄ dan HBM dengan kehadiran NO_x (Monks et al. 2015). Variasi tahunan dalam kepekatan O₃ pada mana-mana skala spasial bergantung kepada beberapa faktor, seperti jarak dekat dengan sumber-sumber utama pelopor O₃, lokasi geografi dan faktor meteorologi (Logan 1985).

4.6 HUBUNGAN ANTARA HBM DENGAN O₃

Analisis korelasi Pearson telah digunakan bagi menentukan hubungan di antara HBM dengan bahan pencemar O₃. Nilai purata bulanan HBM dan nilai purata maksimum harian O₃ digunakan dalam analisis ini.

Jadual 4.4 menunjukkan jadual nilai korelasi Pearson, r bagi setiap stesen pemantauan HBM yang dibandingkan dengan purata bulanan CH₄ bagi setiap stesen pemantauan HBM dan O₃ dari tahun 2000 hingga 2009.

Analisis korelasi bagi menentukan hubungan HBM dengan bahan pencemar O₃ mendapati 14 stesen menunjukkan korelasi positif manakala 6 stesen lagi menunjukkan korelasi negatif. Daripada 14 stesen tersebut, 12 stesen menunjukkan hubungan positif yang lemah ($0.20 < r < 0.40$) manakala 2 stesen lagi menunjukkan hubungan positif yang sederhana ($0.40 < r < 0.70$).

Korelasi positif bermaksud apabila kepekatan HBM meningkat, kepekatan O₃ juga meningkat. Bagi korelasi negatif, ia bermaksud apabila kepekatan HBM meningkat, kepekatan O₃ menurun. Bagaimanapun hubungan antara HBM dan bahan pencemar O₃ bagi kesemua stesen adalah tidak signifikan ($p > 0.05$) berdasarkan nilai r yang diperolehi iaitu $r < 0.5$.

Jadual 4.4 Nilai korelasi r di antara HBM dengan bahan pencemar O₃

Zon	Stesen	Kod	Purata Bulanan HBM	Korelasi Pearson (r)
Utara	Sungai Petani	N1	0.350	0.346
	Cenderawasih	N2	0.357	-0.167
	Prai	N3	0.351	-0.137
	USM	N4	0.192	-0.156
	Taiping	N5	0.212	0.295
	Pegoh	N6	0.196	0.313
	Tasek	N7	0.215	-0.016
Tengah	Gombak	C1	0.324	0.328
	Klang	C2	0.468	0.255
	Kajang	C3	0.354	-0.104
	Shah Alam	C4	0.465	0.431
	Nilai	C5	0.305	0.286
Selatan	Melaka	S1	0.749	0.067
	Larkin	S2	0.534	0.245
	Pasir Gudang	S3	0.320	0.386
Timur	Kota Bharu	E1	0.275	-0.266
	Kemaman	E2	0.121	0.340
	Indera Mahkota	E3	0.105	0.399
	Jerantut	E4	0.087	0.019
Sarawak	Kuching	Q1	0.288	0.217

Berdasarkan analisa, stesen Shah Alam menunjukkan nilai korelasi positif paling tinggi berbanding stesen lain iaitu $r = 0.431$ yang membuktikan HBM bagi stesen Shah Alam memberikan kesan yang lebih banyak terhadap pembentukan O₃ berbanding stesen lain.

Hubungan antara HBM dan bahan pencemar O₃ bagi kesemua stesen adalah tidak signifikan adalah kerana pembentukan O₃ bukan hanya bergantung kepada kehadiran CH₄ semata-mata tetapi melibatkan banyak faktor yang mempengaruhinya.

O₃ terbentuk daripada pelopor utamanya iaitu NO_x, NMVOCs, CO dan CH₄ dengan kehadiran cahaya matahari (radiasi UV) melalui tindak balas yang kompleks (Lee et al. 2014). Banyak kajian yang telah dilakukan juga menunjukkan bahawa pembentukan O₃ dan pengangkutannya bergantung kepada faktor meteorologi (Millan et al. 2000; Thompson et al. 2001).

Dalam kajian ini juga, ia tidak dapat menghasilkan korelasi positif yang kuat antara HBM dan O₃. Korelasi antara HBM dan O₃ dalam kajian ini memperlihatkan kompleksiti dan perbezaan dalam proses-proses yang menentukan kimia O₃ dalam persekitaran yang berbeza yang diwakili oleh stesen-stesen pemantauan kualiti udara berterusan JAS.

BAB V

KESIMPULAN

5.1 RUMUSAN KAJIAN

Gas CH₄ adalah GHG yang menyebabkan perubahan iklim dan pemanasan dunia manakala HBM pula adalah pencetus kepada pembentukan O₃ permukaan bumi yang berbahaya kepada kesihatan. Sehubungan itu kajian ini adalah penting untuk mengetahui tahap pelepasan dan status pencemaran CH₄ dan HBM di Malaysia memandangkan belum pernah ada kajian tren jangka panjang CH₄ dan HBM dibuat sebelum ini.

Bagi mendapatkan gambaran keseluruhan tahap kepekatan ambien CH₄ dan HBM serta taburannya di Malaysia, analisis deskriptif telah digunakan untuk mengenalpasti status pencemaran dan tahap ambien gas CH₄ dan HBM di Malaysia. Berdasarkan ringkasan analisa statistik deskriptif, nilai bacaan purata kepekatan tertinggi CH₄ adalah dicatatkan di stesen Larkin, Johor Bahru iaitu 2.609 ± 0.541 ppm. Nilai bacaan purata kedua tertinggi dan purata ketiga tertinggi pula direkodkan oleh stesen Klang dan Pasir Gudang dengan bacaan kepekatan 2.188 ± 0.118 ppm dan 2.142 ± 0.212 ppm masing-masing. Kepekatan CH₄ yang ketara tinggi di stesen Larkin, Johor Bahru berbanding stesen-stesen lain di Malaysia adalah disebabkan oleh lokasi kedudukan stesen tersebut dan sumber-sumber pelepasan gas CH₄ iaitu punca tetap industri yang banyak terdapat di sekitar kawasan tersebut.

Bagi perbandingan dengan kepekatan CH₄ dunia, nilai kepekatan purata bulanan CH₄ Malaysia yang terkini (tahun 2009) adalah 2.001 ppm. Nilai ini adalah lebih tinggi sedikit dari kepekatan CH₄ dunia yang terkini iaitu 1.855 ppm. Nilai kepekatan CH₄ yang lebih tinggi sedikit dari kepekatan global mungkin berpunca daripada aktiviti

perindustrian Malaysia yang masih membangun pada tahun tersebut dimana banyak terdapat kolam rawatan terbuka daripada loji kumbahan dan kilang kelapa sawit dan tapak pelupusan sampah yang berpotensi menghasilkan gas CH₄

Dari segi corak taburan CH₄, kepekatan CH₄ yang lebih tinggi didapati tertumpu di kawasan bandar iaitu di kawasan Johor Bahru, Pasir Gudang, Klang, Shah Alam dan Kuching manakala kawasan sub-bandar terutamanya Jerantut menunjukkan kepekatan yang lebih rendah. Kepekatan CH₄ yang lebih tinggi di kawasan bandar sememangnya telah dijangka kerana wilayah bandar dianggap sebagai sumber utama pelepasan CH₄ melalui aktiviti pembakaran bahan bakar fosil, sisa perbandaran dan pengurusan kumbahan, saluran air dan kolam yang tersekat, pelepasan sisa air dari kediaman, sisa makanan, pasar dan lain-lain menyumbang kepada pengeluaran CH₄ yang banyak berlaku di kawasan bandar.

Bagi HBM, nilai purata tertinggi HBM dicatatkan di stesen Bukit Rambai, Melaka iaitu 0.749 ± 0.256 ppm. Nilai bacaan purata kedua tertinggi dan ketiga tertinggi pula direkodkan oleh stesen Larkin dan Klang dengan bacaan kepekatan 0.534 ± 0.248 ppm dan 0.468 ± 0.076 ppm masing-masing. Kepekatan HBM yang tinggi di stesen Bukit Rambai, Melaka berbanding stesen-stesen lain di Malaysia dijangka disebabkan oleh lokasi kedudukan stesen tersebut yang terletak berdekatan laluan trafik yang sibuk dengan kenderaan dan aktiviti industri yang diketahui menjadi penyumbang besar pencemaran HBM.

Dari segi corak taburan kepekatan HBM, didapati kepekatan HBM yang lebih tinggi tertumpu di kawasan bandar dan perindustrian iaitu di kawasan Melaka, Johor Bahru, Klang dan Shah Alam manakala kawasan sub-bandar seperti Jerantut menunjukkan kepekatan HBM yang jauh lebih rendah. Kepekatan HBM yang lebih tinggi di kawasan bandar ini mungkin berpunca daripada aktiviti industri dan kenderaan yang lebih banyak di kawasan bandar.

Untuk menunjukkan tren kepekatan CH₄ dan HBM, analisis regrasi linear telah digunakan untuk menentukan samada terdapat hubungan linear yang positif atau negatif

untuk menunjukkan tren kepekatan menaik atau menurun. Dalam analisis ini data purata bulanan CH₄ dan HBM telah diplotkan dari tahun 2000 hingga 2009 bagi setiap stesen. Dari segi tren kepekatan CH₄, berdasarkan analisa regrasi linear mudah yang dijalankan, terdapat kepelbagaian tren kepekatan CH₄ diperhatikan di seluruh Malaysia mengikut stesen dimana daripada 20 stesen yang dianalisis, 10 stesen menunjukkan tren kepekatan CH₄ menaik manakala 10 stesen lagi menunjukkan tren kepekatan CH₄ menurun. Bagaimanapun tren kepekatan CH₄ menunjukkan corak yang agak sama jika dilihat mengikut zon. Tren kepekatan CH₄ yang menurun terutamanya di stesen Larkin, Pasir Gudang dan Melaka di zon selatan serta stesen Prai, Cenderawasih dan USM di zon utara mungkin kerana terdapat penambahbaikan kepada kepada sistem pelupusan sampah dan sistem pengolahan kumbahan dan efluen yang lebih baik dan cekap iaitu daripada sistem terbuka kepada sistem tertutup dimana kurangnya pelepasan gas CH₄ susulan kesedaran pihak industri dan penguatkuasaan yang dijalankan. Tren kepekatan CH₄ yang menaik di stesen Tasek, Pegoh dan Sungai Petani pula mungkin disebabkan perkembangan perindustrian yang semakin pesat di kawasan ini atau terdapatnya punca-punca baru yang membebaskan gas CH₄.

Bagi HBM, analisa regrasi mudah yang dijalankan mendapati terdapat kepelbagaian tren kepekatan HBM yang diperhatikan mengikut stesen di seluruh Malaysia dimana daripada 20 stesen yang dianalisis, 10 stesen menunjukkan tren kepekatan HBM menaik manakala 10 stesen lagi menunjukkan tren kepekatan HBM menurun. Tren kepekatan HBM yang menaik di kawasan Sungai Petani, Prai, USM, Pegoh, Tasek, Gombak, Kajang, Shah Alam, Kota Bharu, Indera Mahkota dan Jerantut dijangka berkait rapat dengan pertambahan kenderaan di kawasan tersebut selain pertambahan punca tetap industri yang menjadi sumber tetap VOCs melalui aktiviti daripada loji janakuasa, pembakaran dan pelbagai proses perindustrian. Tren kepekatan HBM yang menurun di kawasan Johor Bahru, Pasir Gudang, Melaka, Kemaman, Nilai, Klang dan Kuching pula dijangka disebabkan peningkatan pematuhan undang-undang dan peraturan terhadap pelepasan pencemaran VOCs daripada industri dan kenderaan bermotor susulan tindakan penguatkuasaan daripada agensi berkaitan.

Selanjutnya analisis korelasi Pearson telah digunakan untuk menentukan hubungan di antara CH₄ dan HBM dengan bahan pencemar O₃ dimana dalam analisis ini nilai purata bulanan CH₄ dan HBM dan nilai purata maksimum harian O₃ telah digunakan. Analisis korelasi bagi menentukan hubungan CH₄ dengan bahan pencemar O₃ mendapati 15 stesen menunjukkan korelasi positif yang sangat kecil dan lemah ($r < 0.20$ dan $0.20 < r < 0.40$) manakala 5 stesen lagi menunjukkan korelasi negatif dan hubungan antara CH₄ dan bahan pencemar O₃ bagi kesemua stesen adalah tidak signifikan ($p > 0.05$) berdasarkan nilai r yang diperolehi iaitu $r < 0.5$. Stesen Shah Alam didapati menunjukkan nilai korelasi positif paling tinggi ($r = 0.280$) berbanding stesen lain di Malaysia yang bermakna CH₄ bagi stesen Shah Alam paling banyak mempengaruhi pembentukan O₃ berbanding stesen lain dan hubungan antara CH₄ dan bahan pencemar O₃ bagi kesemua stesen adalah tidak signifikan kerana pembentukan O₃ bukan hanya bergantung kepada kehadiran CH₄ semata-mata.

Analisis korelasi bagi menentukan hubungan HBM dengan bahan pencemar O₃ mendapati 14 stesen menunjukkan korelasi positif manakala 6 stesen lagi menunjukkan korelasi negatif. Daripada 14 stesen tersebut, 12 stesen menunjukkan hubungan positif yang lemah ($0.20 < r < 0.40$) manakala 2 stesen lagi menunjukkan hubungan positif yang sederhana ($0.40 < r < 0.70$). Sebagaimana CH₄, stesen Shah Alam juga menunjukkan nilai korelasi positif HBM paling tinggi berbanding stesen lain iaitu $r = 0.431$ yang membuktikan HBM bagi stesen Shah Alam memberikan kesan yang lebih banyak terhadap pembentukan O₃ berbanding stesen lain. Hubungan antara HBM dan bahan pencemar O₃ bagi kesemua stesen didapati tidak signifikan kerana pembentukan O₃ juga bergantung kepada pelopor utamanya iaitu NO_x, NMVOCs, CO dan CH₄ dengan kehadiran cahaya matahari.

Dari segi korelasi dengan O₃, HBM didapati mempunyai korelasi yang lebih kuat berbanding CH₄ kerana dua stesen HBM menunjukkan hubungan positif yang sederhana berbanding CH₄ yang tiada korelasi positif sederhana. Dalam kajian ini juga, didapati CH₄ dan HBM tidak dapat menghasilkan korelasi positif yang kuat dengan O₃ yang menggambarkan kompleksiti dan perbezaan dalam proses-proses yang menentukan kimia O₃ dalam persekitaran yang berbeza.

5.2 ULASAN DAN CADANGAN

Pengetahuan mengenai atmosferik ambien CH_4 dan HBM, pengenalan profil sumber dan kesannya terhadap kesihatan yang disebabkan oleh pendedahan amatlah penting dalam mewujudkan program pembangunan, perancangan dan pelaksanaan peraturan dan strategi pengurangan pencemaran kedua-duanya.

Dalam hal ini, Malaysia merupakan sebuah negara perindustrian, komersil, pendidikan, pelancongan dan hab pengangkutan. Aktiviti-aktiviti di atas ini menyebabkan peningkatan beban pencemaran udara ambien persekitaran yang mendatangkan kebimbangan terutamanya kepada penduduk bandar. Oleh itu, maklumat lengkap mengenai tahap ambien CH_4 dan HBM amatlah diperlukan untuk membangunkan dasar dan strategi oleh Kerajaan untuk meningkatkan kualiti udara di kawasan bandar selain dapat mengawal pembentukan O_3 permukaan bumi.

Sebagai tindak balas terhadap kebimbangan terhadap pencemaran udara dan perubahan iklim, pihak Kerajaan Malaysia boleh memperkuatkan program mitigasi kualiti udara dan perubahan iklim mereka melalui langkah-langkah yang menjurus kepada penilaian yang lebih baik terhadap dasar kualiti udara dengan sentiasa memantau perubahan dalam pelepasan, kepekatan ambien dan pendedahan bahan-bahan pencemar. Untuk mencapai objektif ini, sistem pengurusan kualiti udara perlu meningkatkan resolusi spasial dan temporal rangkaian pemantauan ambien dan inventori pelepasan. Program pemantauan yang baru dan sedia ada perlu direka bentuk semula untuk menangani lebih banyak bahan pencemar. Lebih banyak perhatian dan pertimbangan harus diberikan kepada penggunaan sistem pengukuran pelepasan berterusan untuk mengesan sebarang perubahan terhadap pelepasan pencemar dan GHG. Perhatian juga harus diberikan kepada pembangunan model matematik yang mengintegrasikan tindak balas fotokimia terkini dan modul meteorologi yang berupaya memberi simulasi lebih baik keadaan atmosfera dan impak yang lebih baik pada skala serantau, walaupun tidak global.

Kajian ini dapat memberikan gambaran umum keseluruhan status pencemaran ambien CH₄ dan HBM di Malaysia dan memberi input berguna dalam menilai polisi dasar-dasar alam sekitar semasa kualiti udara serta dapat dijadikan rujukan ketika merancang program pembangunan, pelaksanaan peraturan dan strategi pengurangan pencemaran kualiti udara.

RUJUKAN

- Abha, S. & Singh, C. S. 2012. *Hydrocarbon Pollution: Effects on Living Organisms, Remediation of Contaminated Environments, and Effects of Heavy Metals Co-Contamination on Bioremediation*. Introduction to Enhanced Oil Recovery (EOR) Processes and Bioremediation of Oil-Contaminated Sites, 185–206.
- Agarwal, S. K. 2009. *Air Pollution*. APH Publishing Corporation
- Amann, M. 2008. *Health Risks of Ozone from Long-range Transboundary Air Pollution*. WHO
- Arsene, C., Bougiatioti, A. & Mihalopoulos, N. 2009. Sources and Variability of Non-Methane Hydrocarbons in the Eastern Mediterranean. *Global Nest Journal*, 11(3), 333–340.
- Atkinson, R. 1990. *Tropospheric reactions of the haloalkyl radicals formed from hydroxyl radical reaction with a serie of alternative fluorocarbons*, in: *Scientific Assessment of Stratospheric Ozone: 1989*, World Meteorological Organization Global Ozone Research and Monitoring Project – Report No. 20, II, 165–205, Appendix: AFEAS Report, Geneva, Switzerland.
- Atkinson, R. 2000. Atmospheric chemistry of VOCs and NO_x, *Atmos. Environ.*, 34, 2063–2101.
- Awang MB, Jaafar AB, Abdullah AM, Ismail MB, Hassan MN, Abdullah R, Johan S, Noor H. 2000. Air quality in Malaysia: Impacts, management issues and future challenges. *Respirol.*;5:183–196. doi: 10.1046/j.1440-1843.2000.00248.x
- Bader, W., Bovy, B., Conway, S., Strong, K., Smale, D., Turner, A. J., Blumenstock, T. et al. 2016. Ten years of atmospheric methane from ground-based NDACC FTIR observations. *Atmospheric Chemistry and Physics Discussions*, 0(August), 1–31.
- Barletta, B., Meinardi, S., Rowland, F.S., Chan, C.Y., Wang, X.M., Zou, X.C., Chan, L.Y. and Blake, D.R. 2005. Volatile Organic Compounds in 43 Chinese Cities. *Atmos. Environ.* 39: 5979–5990.
- Barletta, B. et al. 2008. Ambient mixing ratios of nonmethane hydrocarbons (NMHCs) in two major urban centers of the Pearl River Delta (PRD) region: Guangzhou and Dongguan. *Atmospheric Environment*. vol.42, pp.4393-4408.
- Bauri, N., Bauri, P., Kumar, K. & Jain, V. K. 2015. Evaluation of seasonal variations in abundance of BTXE hydrocarbons and their ozone forming potential in ambient urban atmosphere of Dehradun (India). *Air Quality, Atmosphere and Health*. vol.3, pp.95-106.
- Blake, D. R., Woo, V. H., Tyler, S.C. & Rowland, F.S. 1984. Methane mole fractions

- and source strengths in urban locations, *Geophys. Res. Lett.*, 11, 1211–1214
- Blanchfield, D. S. 2011. *Environmental Encyclopedia Volume 2 : L-Z. : Historical Chronology, Environmental Legislation in the United States, Organization, General Index.* Gale.
- Boakye-Agyei, K. 2011. Approaching climate adjusted environmental due diligence for multilateral financial institutions. *Int. J. Clim. Chang. Str.*, 3(3), 264-274.
- Bonzini, M., Tripodi, A., Artoni, A., Tarantini, L., Marinelli, B., Bertazzi, P.A., Apostoli, P. & Baccarelli, A. 2010. *Effects of inhalable particulate matter on blood coagulation.* *J. Thromb. Haemost.* 8, 662–668.
- Bull, S. 2010. Methane General information. *UK Health Protection Agency*, 1–4. Retrieved from https://www.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/318336/hpa_Methane_General_Information_v1.pdf
- Caplain, I., Cazier, F., Nouali, H., Mercier, A., Déchaux, J., et al. 2006. Emissions of unregulated pollutants from European gasoline and diesel passenger cars. *Atmosph Environ* 40: 5954-5966.
- Carey, F. 2007. *The Biochemistry of Methane Oxidation*; A.S. Hakemian and A.C. Rosenzweig, *The Annual Review of Biochemistry*, Vol 76, pp. 223–241; <https://scienicing.com/properties-methane-gas-5090934.html>
- Carter, W. P. L. 1994. Development of Ozone Reactivity Scales for Volatile Organic Compounds. *J. Air Waste Manage. Assoc.* 44: 881–899.
- Chan, L. Y., Chu, K. W., Zou, S. C., Chan C. Y., Wang, X. M., Barletta, B., Blake, D. R., Gou, H. & Tsail W. Y. 2006. Characteristics of nonmethane hydrocarbons (NMHCs) in industrial, industrial-urban, and industrial-suburban atmospheres of the Pearl River Delta (PRD) region of south China. *Journal of Geophysical Research*, VOL. 111, D11304, doi:10.1029/2005JD006481
- Chen, T. Y., Simpson, I. J., Blake, D. R. & Rowland F. S. 2001. Impact of the leakage of liquefied petroleum gas (LPG) on Santiago air quality, *Geophys. Res. Lett.*, 28, 2193–2196
- Chen, Y.-H. and Prinn, R. G. 2006. Estimation of atmospheric methane emissions between 1996 and 2001 using a three-dimensional global chemical transport model, *J. Geophys. Res. Atmos.*, 111(D10), D10307.
- Cheng, L., Fu, L., Angle, R. P. & Sandhu H.S. 1997. Seasonal variations of volatile organic compounds in Edmonton, Alberta, *Atmos. Environ.*, 31, 239–246.

- Cheng, Y.-P., Wang, L. & Zhang, X. L. 2011. Environmental impact of coal mine methane emissions and responding strategies in China, *Int. J. Greenhouse Gas Control*, 5(1), 157–166, doi:10.1016/j.ijggc.2010.07.007.
- Cheremisinoff, N. P. 2002. *Handbook of Air Pollution Prevention and Control*. Butterworth-Heinemann.
- Christensen, T. R., Panikov, N., Mastepanov, M., Joabsson, A., Stewart, A., Öquist, M., Sommerkorn, M., Reynaud, S. & Svensson, B. 2007. *Biotic controls on CO₂ and CH₄ exchange in wetlands – a closed environment study*. Volume 64, Issue 3, pp 337–354.
- Clapp L. J. & Jenkin, M. E. 2001. Analysis of the relationship between ambient levels of O₃, NO₂, and NO as a function of NO_x in the UK. *Atmospheric Environment*; 35(36): 6391-405.
- Crutzen, P. J. 1994. Global budgets for non-CO₂ greenhouse gases, *Environ. Monit. Assess.*, 31, 1–15, doi:10.1007/bf00547177.
- Denman, K., Brasseur, G., Chidthaisong, A., Ciais, P., Cox, P., Dickinson, R., Hauglustaine, D., Heinze, C., Holland, E. & Jacob, D. 2007. *Couplings between changes in the climate system and biogeochemistry, in Climate Change 2007: The Physical Science Basis, The IPCC Fourth Assessment Report, chap. 7*, Cambridge Univ. Press, Cambridge, U. K.
- Dlugokencky, E. J., Masarie, K. A., Lang, P. M. & Tans, P. P. 1998. *Continuing decline in the growth rate of the atmospheric methane burden*, *Nature*, 393, 447–450.
- Dlugokencky, E. J., Houweling, S., Bruhwiler, L., Masarie, K. A., Lang, P. M., Miller, J. B. & Tans, P. P. 2003. Atmospheric methane levels off: Temporary pause or a new steady-state?, *Geophys. Res. Lett.*, 30, ASC5, doi:10.1029/2003GL018126.
- Dlugokencky, E. J., Bruhwiler, L., White, J. W. C., Emmons, L. K., Novelli, P. C., Montzka, S. A., Masarie, K. A., Lang, P. M., Crotwell, A. M., Miller, J. B. & Gatti, L. V. 2009. Observational constraints on recent increases in the atmospheric CH₄ burden, *Geophys. Res. Lett.*, 36, L18803, doi:10.1029/2009GL039780.
- Dlugokencky, E. J., Nisbet, E.G., Fisher, R. & Lowry, D. 2011. Global atmospheric methane: Budget, changes and dangers, *Philos. Trans. R. Soc. London, Ser. A*, 369(1943), 2058–2072, doi:10.1098/rsta.2010.0341.
- Du, Z., Mo, J., & Zhang, Y. 2014. Risk assessment of population inhalation exposure to volatile organic compounds and carbonyls in urban China, *Environ. Int.*, 73, 33–45.

- Duan, J.C., Tan, J.H., Yang, L., Wu, S.X. & Hao, J.M. 2008. Concentration, Sources and Ozone Formation Potential of Volatile Organic Compounds (VOCs) during Ozone Episode in Beijing. *Atmos. Res.* 88: 25–35.
- Fenger, J. & Tjell, J. C. 2009. *Air Pollution: From A Local to A Global Perspective*. Polyteknisk Forlag, Denmark.
- Friedrich, R & Obermeier, A. 1999. In: Hewitt CN (ed.) *Anthropogenic emissions of volatile organic compounds. Reactive hydrocarbons in the atmosphere*, Academic Press, London 1-39
- Fung, I., John, J., Lerner, J., Matthews, E., Prather, M., Steele, L. P. and Fraser, P. J. 1991. Three-dimensional model synthesis of the global methane cycle, *J. Geophys. Res.*, 96(D7), 13033.
- Gaimoz, C., Sauvage, S., Gros, V., Herrmann, F., Williams, J., Locoge, N., Perrussel, O., Bonsang, B., d'Argouges, O., Sarda- Esteve, R., & Sciare, J. 2011. Volatile organic compounds sources in Paris in spring 2007. Part II: source apportionment using positive matrix factorisation, *Environ. Chem.*, 8, 91–103.
- Gedney, N., Cox, P. M. & Huntingford, C. 2004. Climate feedback from wetland methane emissions. *Geophysical Research Letters*, Vol. 31, L20503, doi:10.1029/2004GL020919
- GMI. 2010. *Global Methane Emissions and Mitigation Opportunities lobal Methane Emissions*. Global Methane Initiative, 2020, 1–4. Retrieved from www.globalmethane.org
- Guenther, A. et al. 2000. Natural emissions of non-methane volatile organic compounds, carbon monoxide, and oxides of nitrogen from North America. *Atmospheric Environment*. vol.34, pp.2205-2230.
- Guo, H., Wang, T. & Louie, P. K. K. 2004. Source apportionment of ambient non-methane hydrocarbons in Hong Kong: application of a principal component analysis/absolute principal component scores (PCA/APCS) receptor model. *Environmental pollution* (Barking, Essex/ : 1987) vol.129, pp.489-98.
- Halady, I. R. & Rao, P. H. 2010. Does awareness to climate change lead to behavioral change? *Int. J. Clim. Chang. Str.*, 2(1), 6-22.
- Harrison, D. 1999. *Development and validation of systems for the analysis of atmospheric hydrocarbons*. University of Leeds, UK.
- He, J., Chen, H. X., Liu, X. X., Hu, J. H., Li, Q. L. & He F. Q. 2002. The analysis of various volatile solvents used in different industries in Zhongshan (in Chinese), *South China J. Pre. Med.*, 28(6), 26– 27.
- Heck, W. W., Taylor, O. C. & Tingey, D.T. 1988. *Assessment of Crop Loss from Air Pollutants*. London: Elsevier Applied Science.

- Hewit, N. & Jackson, V. A. 2009. *Atmospheric Science for Environmental Scientists*. Wiley
- Hilgenkamp, K. 2006. *Environmental Health: Ecological Perspectives*. Jones & Bartlett
- Huang, C., Chen, C, H. et al. 2011. "Emission inventory of anthropogenic air pollutants and VOC species in the Yangtze River Delta region, China." *Atmospheric Chemistry and Physics* 11(9): 4105-4120.
- International Energy Agency. 2008. *IEA World Energy Outlook 2008*, chap. 8, 179–193.
- IPCC. 2006. In: Eggleston, H.S., Buendia, L., Miwa, K., Ngara, T., Tanabe, K. (Eds.), 2006 *IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Energy, vol. 2*. IGES, Hayama, Japan. Prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme
- Isaksen, I. S. A., Berntsen, T. K., Dalsøren, S. B., Eleftheratos, K., Orsolini, Y., Rognerud, B., Stordal, F. et al. 2014. Atmospheric ozone and methane in a changing climate. *Atmosphere*, 5(3), 518–535.
- Ito, A., Takahashi, I., Nagata, Y., Chiba, K. & Haraguchi, H. 2001. Spatial and temporal characteristics of urban atmospheric methane in Nagoya City, Japan: an assessment of the contribution from regional landfills. *Atmospheric Environment*;35 (18): 3137–3144.
- JAS. 2000. *Laporan Tahunan 2000*: Jabatan Alam Sekitar. Malaysia
- JAS. 2009. *Laporan Tahunan 2009*: Jabatan Alam Sekitar. Malaysia
- Jabatan Alam Sekitar. 2013. *Maklumat Umum Indeks Pencemaran Udara (IPU) di Malaysia*. Malaysia. Kementerian Sumber asli dan Alam Sekitar.
- Kampa, M. & Castanas, E. 2007. Human health effects of air pollution. *Environmental Pollution*. 151(2): 362-67.
- Kansal, A. 2009. *Sources and reactivity of NMHCs and VOCs in the atmosphere* : A review. vol.166, pp.17-26.
- Kirschke, S. et al. 2013. Three decades of global methane sources and sinks, *Nat. Geosci.*, 6(10), 813–823, doi:10.1038/ngeo1955
- Kirschke, S., Bousquet, P., Ciais, P., Saunoy, M., Canadell, J. G., Dlugokencky, E. J., Bergamaschi, P. et al. 2013. Three decades of global methane sources and sinks, *Nat. Geosci.*, 6(10), 813–823.
- Lal, S., Sahu, L. K., Venkataramani, S. & Mallik, C. 2012. Light non-methane hydrocarbons at two sites in the Indo-Gangetic Plain. *J. Environ. Monit.* vol.14, pp.1159-1166.

- Lee, Y. C., Shindell, D. T., Faluvegi, G., Wenig, M., Lam, Y. F., Ning, Z., Hao, S. & Lai, C. S. 2014. Increase of ozone concentrations, its temperature sensitivity and the precursor factor in South China, *Tellus B: Chemical and Physical Meteorology*, 66:1, 23455, DOI: 10.3402/tellusb.v66.23455
- Lelieveld, J. 2002. Stability of tropospheric hydroxyl chemistry. *J. Geophys. Res.* 107(D23), 4715.
- Lightfoot, P. D., Cox, R., Crowley, J., Destriau, M., Hayman, G., Jenkin, M., Moortgat, G. & Zabel, F. 1992. Organic peroxy radicals: kinetics, spectroscopy and tropospheric chemistry, *Atmos. Environ. Part A*, 26, 1805–1961, 1992.
- Liu Y., Shao M., Fu L., Lu S., Zeng L. & Tang D. 2008. Source profile of volatile organic compounds (VOCs) measured in China: part I *Atmospheric Environment*, 42, pp. 6247-6260
- Logan, J., Prather, M. J., Wofsy, S. C. & McElroy, M. B. 1981. Tropospheric chemistry: A global perspective, *J. Geophys. Res.- Atmos.*, 86, 7210–7254, doi:10.1029/JC086iC08p07210.
- Logan, J. A. 1985. Tropospheric ozone – seasonal behaviour, trends, and anthropogenic influence, *J. Geophys. Res.-Atmos.*, 90, 10463– 10482, 1985.
- Madhoun, W. A. Al & Ramli, N. A. 2015. Temporal distribution of non-methane hydrocarbon (NMHC) in a developing equatorial island. doi:10.1007/s11869-015-0341-8
- Manahan, S. E. 2005. *Environmental Chemistry 8th Edition*. Section 37-38. CRC Press
- Millan, M.M., Mantilla, E., Salvador,R., Carratala,A., Sanz, M. J., Alonso, L., Gangoiti, G. & Navazo, M. 2000. Ozone cycles in the western Mediterranean basin: Interpretation of monitoring data in complex coastal terrain. *J. Appl. Meteorol.*, 39(4), 487-508 (2000)
- Monks, P. S., Archibald A.T., Colette A., Cooper O., Coyle, M. , Derwent, R., Fowler, D., Granier, C., Law, K. S., Mills, G. E., Stevenson, D. S., Tarasova, O.,Thouret, V., von Schneidemesser, E., Sommarival, R., Wild, O. & Williams, M. L. 2015. Tropospheric ozone and its precursors from the urban to the global scale from air quality to short-lived climate forcer. *Atmos. Chem. Phys.*, 15, 8889–8973.
- Montzka, S. A., Krol, M., Dlugokencky, E., Hall, B., Jockel, P. & Lelieveld, J. 2011. Small Interannual Variability of Global 30 Atmospheric Hydroxyl. *Science (80-.)*, 331(6013), 67–69.
- Muramatsu, H. 1995. *Methane emission in large cities*. TAO;6(3), 367-377.
- Myhre, G. et al. 2013. Chapter 8: *Anthropogenic and natural radiative forcing, in Climate Change: The Physical Science Basis*. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate

- Change, edited by T. F. Stocker et al., Cambridge Univ. Press, Cambridge, U. K., and New York
- Na, K., Kim, Y. P., Moon, K. C., Moon, I & Fung K. 2001. Concentrations of volatile organic compounds in an industrial area of Korea, *Atmos. Environ.*, 35, 2747–2756.
- Najjar, Y. S. H. 2011. Gaseous Pollutants Formation and Their Harmful Effects on Health and Environment. *Innovative Energy Policies*, 1, 1–9.
- Nisbet, E. G., Dlugokencky, E.J. & Bousquet, P. 2014. Methane on the rise-Again, *Science*, 343(6170), 493–495, doi:10.1126/science.1247828.
- NRE. 2010. *Malaysia's Second National Communication (NC2) submitted to the United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC)*. Ministry of Natural Resources and Environment, Putrajaya, Malaysia.
- Olivier, J.G.J., Schure, K. M, & Peters, J. A. H. W. 2017. *Trends In Global CO₂ and Total Greenhouse Gas Emissions: Summary of the 2017 report*: PBL Netherlands Environmental Assessment Agency
- Padhy, P. K. & Varshney, C.K. 2000. Ambient methane level in Delhi. *Chemosphere – Global Change Science*; 2(2): 185-190.
- Pandit, G.G. & Mohan Rao, A.M. 1990. Evaluation of auto exhaust contribution to atmospheric C₂–C₅ hydrocarbons at Deonar, Bombay. *Atmospheric Environment* 24A, 811–813
- Pandit, G. G., Sahu, S. K. & Puranik, V. D. 2011. Distribution and source apportionment of atmospheric non-methane hydrocarbons in Mumbai, India. *Atmospheric Pollution Research*. vol.2, pp.231-236.
- Parrish, D.D., Kuster, W.C., Shao, M., Yokouchi, Y., Kondo, Y., Goldan, P.D., de Gouw, J.A., Koike, M., Shirai, T., 2009. Comparison of air pollutant emissions among mega-cities. *Atmospheric Environment* 43, 6435e6441
- Pasquale, A. & Maurizio, M. 2015. Ozone formation in relation with combustion processes in highly populated urban areas. Volume 2, Issue 3, 764-781. DOI: 10.3934/environsci.2015.3.764
- Phalen, R. F. & Phalen R. N. 2013. *Introduction to Air Pollution Science*. Jones and Bartlett Learning
- Porteus, A. 2000. *Dictionary of Environmental Science and Technology : Third Edition*. Wiley
- Prather, M. J., Ehhalt, D., Dentener, F., Derwent, R., Dlugokencky, E., Holland, E., Isaksen, I., Katima, J., Kirchhoff, V., Matson, P., Midgley, P., & Wang, M. 2001.

- Chapter 4: Atmospheric chemistry and greenhouse gases, in: Climate Change. The scientific basis, edited by: Houghton, J. T., Ding, Y., Griggs, D. J., Noguer, M., van der Linden, P. J., Dai, X., Maskell, K., and Johnson, C. A. *Contribution of working group I to the third assessment report of the intergovernmental panel on climate change*, Cambridge University Press, Cambridge, 239–287.
- Prather, M. J. 1996. Time scales in atmospheric chemistry: Theory, GWPs for CH₄ and CO, and runaway growth, *Geophys. Res. Lett.*, 23, 2597–2600, doi:10.1029/96gl02371.
- Rai, R., Rajput, M., Agrawal, M. & Agrawal, S. B. 2011. Gaseous air pollutants: A review on current and future trends of emissions and impact on agriculture. *Journal of Scientific Research*, 55, 77–102.
- Ramsden, E. N. 1996. *Chemistry of the Environment*. Nelson Thomes
- Rani, B., Singh, U., Chuhan, A., Sharma, D. & Maheshwari, R. 2011. Photochemical Smog Pollution and its mitigation Measures. *Journal of Advanced Scientific Research*, 2(4), 28–33
- Razali, A. M. & Mun, Y. P. 2014. *Pemetaan kepekatan metana di semenanjung malaysia* 10(2), 99–110.
- Reay, D., Smith, P. & van Amstel, A. 2010. *Methane and Climate Change*. Earthscan, London
- Rigby, M., Prinn, R. G., Fraser, P. J., Simmonds, P. G., Langenfelds, R. L., Huang, J., Cunnold, D. M., Steele, L. P., Krummel, P. B., Weiss, R. F., O'Doherty, S., Salameh, P. K., Wang, H. J., Harth, C. M., Muhle, J. & Porter, L. W. 2008. Renewed growth of atmospheric methane, *Geophysical Research Letters*, 35, L22805, doi:10.1029/2008GL036037, <http://www.agu.org/pubs/crossref/2008/2008GL036037.shtml>.
- Saarnio, K., Sillanpaa, M., Hillamo, R., Sandell, E., Pennanen, A. S. & Salonen, R.O. 2008. Polycyclic aromatic hydrocarbons in sizesegregated particulate matter from six urban sites in Europe, *Atmos. Environ.*, 42 (2008) 9087–9097.
- Salameh, T., Sauvage, S., Afif, C., Borbon, A. & Locoge, N. 2016. Source apportionment vs. emission inventories of non-methane hydrocarbons (NMHC) in an urban area of the Middle East: Local and global perspectives. *Atmospheric Chemistry and Physics*. vol.16, pp.3595-3607.
- Saunio M., Jackson R. B., Bousquet, P., Poulter B. & Canadell, J. G. 2016. The growing role of methane in anthropogenic climate change. *Environ. Res. Lett.* 11120207
- Sauvage, S. et al. 2009. Long term measurement and source apportionment of non-methane hydrocarbons in three French rural areas. *Atmospheric Environment*. vol.43, pp.2430-2441.

- Schwarze, P. E., Ovreik, J., Lag, M., Røfsnes, M., Nafstad, P., Hetland, R. B. & Dybing, E. 2006. Particulate matter properties and health effects. Consistency of epidemiological and toxicological studies. *Hum. Exp. Toxicol.* 25, 559–579.
- Seila, R. L., Main, H. H., Arriaga, J. L., Martí'nez, G. V. & Ramadan, A. B. 2001. Atmospheric volatile organic compound measurements during the 1996 Paso del Norte Ozone Study, *Sci. Total Environ.*, 276, 153– 169.
- Sillman, S. 2003. *Overview: tropospheric ozone, smog and ozone-NOx-VOC sensitivity.* Europe, (x).
- Sharma, U. K., Kajii, Y. & Akimoto, H. 2000. Seasonal variation of C2-C6 NMHCs at Happo, a remote site in Japan. *Atmospheric Environment.* vol.34, pp.4447-4458.
- Shaw, S. L. 2001. The Production of Non-Methane Hydrocarbons by Marine Plankton. *Sciences-New York.* 176 pp.
- Shindell, D.T., Walter, B. P. & Faluvegi, B. P. 2004: Impacts of climate change on methane emissions from wetlands. *Geophys. Res. Lett.*, 31, L21202, doi:10.1029/2004GL021009.
- Shirai, T., Yokouchi, Y., Blake, D. R., Kita, K., Izumi, K., Koike, M., Komazaki, Y., Miyazaki, Y., Fukuda, M., & Kondo, Y. 2007. Seasonal variations of atmospheric C2–C7 nonmethane hydrocarbons in Tokyo, *J. Geophys. Res.-Atmos.*, 112, D24305, <https://doi.org/10.1029/2006JD008163>.
- Singh, A. P., Singh, R., Mina, U., Singh, M. P. & Varshney, C. K. 2011. Emissions of monoterpene from tropical Indian plant species and assessment of VOC emission from the forest of Haryana state. *Atmospheric Pollution Research.* vol.2, pp.72-79.
- Sinha, V., Williams, J., Crutzen, P.J. & Lelieveld, J. 2007. Methane Emissions from Boreal and Tropical Forest Ecosystems Derived from In-Situ Measurements. *Atmospheric Chemistry and Physics Discussions*, 7, 14011-14039. <http://dx.doi.org/10.5194/acpd-7-14011-2007>
- Syed Othmawi Abd Rahman & PM Jamilin Jais. 1994. Regresi Linear Mudah: Kajian Kes Jumlah Kemalangan Di Malaysia Barat. *Journal Teknologi Maklumat*, Fakulti Sains Komputer dan Sistem Maklumat, Universiti Teknologi Malaysia. Disember 1994. 6(1); 16-32.
- Talapatra, A. & Srivastava, A. 2011. Ambient Air Non-Methane Volatile Organic Compound (NMVOC) Study Initiatives in India—A Review. *Journal of Environmental Protection*, 2(1), 21–36.
- Tang, J.H., Chan, L.Y., Chan, C.Y., Li, Y.S., Chang, C.C., Liu, S.C., Wu, D. & Li, Y.D. 2007. Characteristics and Diurnal Variations of NMHCs at Urban, Suburban, and Rural Sites in the Pearl River Delta and a Remote Site in South China. *Atmos. Environ.* 41: 8620–8632.

- Tang, J. H., Chan, L. Y., Chang, C. C., Liu, S. & Li, Y. S. 2009. Characteristics and sources of non-methane hydrocarbons in background atmospheres of eastern, southwestern, and southern China. *Journal of Geophysical Research Atmospheres*, vol. **114**.
- Theloke, J. & Friedrich, R. 2007. "Compilation of a database on the composition of anthropogenic VOC emissions for atmospheric modeling in Europe." *Atmospheric Environment* 41(19): 4148-4160.
- Thomas G., Sherin, A. P & Zachariah, E.J. 2014. Atmospheric methane mixing ratio in a south Indian coastal city interlaced by wetlands. *Procedia Environmental Sciences* .14 – 25
- Thompson, A. M. 1992. The oxidizing capacity of the earth atmosphere - probable past and future changes, *Science*, 256, 1157–1165.
- Thompson, M. L., Reynolds, J., Cox, L. H. Guttorp, P. & Sampson, P. D. 2001. Sampson, A review of statistical methods for the meteorological adjustment of tropospheric ozone. *Atmos. Environ.*, 35(3), 617-630.
- Townsend-Small, A., Tyler, S.C., Pataki, D.E. & Xu, X. 2012. Isotopic Measurements of Atmospheric Methane in Los Angeles, California, USA: Influence of "Fugitive" Fossil Fuel Emissions. *Journal of Geophysical Research*, 117, Article ID: D07308. <http://dx.doi.org/10.1029/2011JD016826>
- Turner, A. J., Jacob, D. J., Wecht, K. J., Maasackers, J. D., Lundgren, E., Andrews, A. E., Biraud, S. C., Boesch, H. et al. 2015. Estimating global and North American methane emissions with high spatial resolution using GOSAT satellite data, *Atmos. Chem. Phys.*, 15(12), 7049–7069.
- Tzanis, C., Varotsos, C., J. Christodoulakis, J., Tidblad, J., Ferm, M., Ionescu, A., Lefevre, R. A., Theodorakopoulou K. & Kreislova, K. 2011. On the corrosion and soiling effects on materials by air pollution in Athens, Greece, *Atmos. Chem. Phys.*, 11 (2011) 12039–12048.
- Van Langenhove, H. 2010. *Volatile Organic Compounds (VOCs)*. Environmental Chemistry Course Notes, University of Ghent, Faculty of Bioscience Engineering: 1-44.
- Varotsos, C., Efstathiou, M., Tzanis C. & Deligiorgi, D. 2012. On the limits of the air pollution predictability: the case of the surface ozone at Athens, Greece, *Environ. Sci. Pollut. Res.*, 19.295–300.
- Vega, E., Sanchez, G. & Molina, L. 2007. Non-methane hydrocarbons source apportionment at different sites in Mexico City during 2002-2003. *Atmospheric Chemistry and Physics Discussions*, 7(5), 13561–13596.
- Vesilind, P. A., Worrell, W. A. & Reinhart, D.R. 2002. *Solid Waste Engineering*; Brooks Cole Publishing Company, 2002

- Vione, D., Maurino, V., Minero, C., Pelizzetti, E., Harrison, M. A. J., Olariu, R. I. & Arsene, C. 2006. Photochemical reactions in the tropospheric aqueous phase and on particulate matter, *Chem. Soc. Rev.*, 35, 441–453. doi:10.1039/b510796m.
- Waked, A., Sauvage, S., Borbon, A., Gauduin, J., Pallares, C., Vagnot, M.-P., Léonardis, T., & Locoge, N. 2016. Multi-year levels and trends of non-methane hydrocarbon concentrations observed in ambient air in France, *Atmos. Environ.*, 141, 263–275.
- Watson, J. G., Chow, J. C. & Fujita E. M. 2001. Review of volatile organic compound source apportionment by chemical mass balance, *Atmos. Environ.*, 35, 1567–1584.
- WMO. 2007. WMO Global Atmosphere Watch (GAW) Strategic Plan:2008– 2015, TD NO. 1384, Geneva. (Available at <http://www.wmo.int/pages/prog/arep/gaw/documents/gaw172-26sept07.pdf>)
- Wuebbles, D. J. & Hayhoe, K. 2002. Atmospheric methane and global change. *Earth-Science Reviews*, 57(3–4), 177–210.
- Wunch, D., Wennberg, P. O., Toon, G. C., Keppel-Aleks, G. & Yavin Y. G. 2009, Emissions of greenhouse gases from a North American megacity, *Geophys. Res. Lett.*, 36, L15810, doi:10.1029/2009GL039825
- Zhou, J., You, Y., Bai, Z., Hu, Y., Zhang, J., & Zhang, N. 2011. Health risk assessment of personal inhalation exposure to volatile organic compounds in Tianjin, China, *Sci. Total Environ.*, 409, 452–459.

LAMPIRAN A

KEPEKATAN PURATA BULANAN CH₄ STESEN KAJIAN MENGIKUT BILANGAN BULAN
DARI TAHUN 2000 HINGGA 2009

Bil. Bulan	Pasir Gudang	Kemaman	Cenderawasih	Kuching	Gombak	Melaka	Jerantut	Tasik	Prai	Nilai	Klang	Indera Mahkota	Sg. Petani	Larkin	Taiping	Kota Bharu	Kajang	Shah Alam
1	2.27318	1.98528	1.92082	1.91645	1.91528	2.07479	1.74947	2.10633		1.88486	2.47798	1.80372	1.82429	4.67204	1.80674		1.91581	1.87828
2	2.07023	2.1	1.88679	2.26942	2.02529	1.6768	1.72955	2.08742		2.04008	2.40133	1.8018	1.86725	4.04093			2.06702	1.85137
3	2.39464		2.00269	1.82608	1.88574	1.83627	1.71722	2.07519		2.09753	2.28258	1.79591	1.88865	3.92792			1.91156	1.93579
4	2.61137	1.98845	2.21305	1.88874	1.83296		1.68696	1.97254		2.16879	2.35174	1.79504	2.09765	3.98674			1.98334	1.84136
5	2.44642	1.9541	2.12672	2.20752	1.75348		1.69576	2.06671	2.09673	2.1415	2.16372	1.83341	1.9482	3.72893			2.08954	1.95843
6	2.47585	2.00376	2.01826	2.06793	1.78711	1.95083	1.70477	2.1372	2.10901	1.98251	2.48089	1.80693	1.88931	3.43672			1.99153	1.95372
7	2.0418	1.95254	2.06845	2.43957	1.91711	2.50075	1.70451	1.96939	2.02997	1.96157	2.24445	1.81438	2.05705	3.27832	1.91587		2.15216	1.86221
8	2.13594	1.97189	2.00699	2.97	1.79158	2.10088	1.698	1.97416	1.8941	2.08896	2.1402	1.7958	1.97149	3.28209			1.86919	1.92629
9	2.43258	2.03549	1.97201		1.7939	1.77276	1.68262	1.85083	1.89358	2.03451	2.21562	1.79471	1.85328	3.98274	1.73799		1.82205	1.81828
10	2.51843	2.06282	1.82363	2.95216	1.86429	1.7493	1.71756	1.99077	1.9502	2.04707	2.04151	1.79045	1.94914	3.74917	1.78459		1.95485	1.82157
11	2.88087	1.98661	1.96693	2.41841	1.74531	1.8022	1.75531	2.1641	2.13505	2.17409	2.15142	1.86569	1.84695	4.25758	1.92351		1.75262	1.87042
12	2.49144	1.92492	2.00589	2.35242	1.79825	1.76266	1.71976	2.15342	2.14667	2.15017	2.2275	1.85812	2.03755	4.31424	1.92418	2.00153	1.85127	1.82402
13	2.54004	1.93929	2.00085		1.79566	1.53	1.71454	2.12792	2.0849	1.90551	2.35013	1.81993	1.86071	4.04455	1.912	2.11655	1.84700	1.88194
14	2.14076	1.87962	1.89242		1.90745	1.81491	1.74102	2.05841	1.91283	2.02511	2.48382	1.83563	1.92387	3.83613	1.92998	2.19279	1.87545	1.91085
15	2.14413	1.8249	1.92103		1.91473	1.82455	1.71228	1.93811	1.98172	1.96876	2.18139	1.81197	1.69401	3.12489	1.88118	1.90973	2.10338	1.83959
16	2.65509	1.92508	1.94381		1.84484	2.02666	1.99959	2.11472	2.10335	2.19725	2.16169	1.86249	1.74802	3.48518	1.89426	2.08943	2.17462	1.89161
17	2.51247	1.81272			1.74852	2.07496	2	2.14118	2.26453	2.1645	2.19618	1.99999	1.79111	3.64525	1.87423	1.84605	2.34909	1.81795
18	2.43477	1.80455			1.82817	1.89511	1.71361	1.89331	2.18801	2.04729	2.25804	1.87063	1.90135	2.93547	1.74066	1.88622	2.15296	1.94141
19	2.28468	1.84573			2.21	1.94378	1.74878	1.95919		2.0943	2.21631	1.8635		2.82356	1.83894	1.99338	2.0837	1.85832
20	2.15206	2.0084	2.0672		1.87701	1.8905	1.79452	1.90367	1.87023	2.10027	2.08016	1.87088	1.89547	2.90783	1.84891	1.94686	2.21209	1.83817
21	2.28816	1.80491	2.0722		1.82246	2.04376	1.77017	1.98617	2.12931	2.04807	2.02171	1.86507	1.67843	3.07542	1.72144	1.87471	2.44522	1.91622
22	2.29489	1.82052	2.06137		1.78935	1.99483	1.70241	1.89428	1.9468	2.02192	1.96678	1.85782	2.01127	3.01111	1.79836	1.9105	2.05997	1.79143
23	2.45915	1.88463	2.07326	2.0789	1.84507	1.93329	1.75259	1.92001	2.12214	2.2969	2.14094	1.89674	1.7292	3.35234	1.92112	2.04282	2.10544	1.94037
24	2.47213	1.89832	1.86		1.82771	2.36691	1.75401	1.76199	2.03186	2.12642	2.16729	1.89078	1.75712	2.99612	1.93322	1.84669	2.46162	1.92049
25	1.83206	1.82704			1.75862	1.87181	1.73171	1.89962	1.90048	1.81122	2.30402	1.85882	1.75087	2.41145	1.94756	1.95621		1.92794
26	2.04118	1.80453			1.75211	1.56		1.83064	1.91086	1.79946	2.12265	1.87228	1.83275	2.3619	1.87985	2.03469		1.93197
27	1.89693	1.97			1.75312		1.69485	1.8906	1.84322	1.82897	2.07358	1.82851	1.68823	2.4645	1.88055	1.92854		1.88768
28	2.19392				1.75755		1.65394	1.7942	1.94584	1.94134	2.0643	1.783	1.87669	2.92946	1.911	1.87742	2.26	2.01555
29	2.36048		1.9116		1.81324	1.93809	1.75319	1.8891	1.94544	1.99149	2.0713	1.82903	1.8281	2.80368	1.98729	1.75021	2.02463	1.96416
30	2.15291		1.91756		1.80666	1.95275	1.71284	2.00509	1.93841	2.08305	2.01668	1.79525	1.82279	2.63011	2.00508	1.82025	2.08545	1.9777
31	2.02546		1.74359		1.81919	1.96512	1.61667	1.93992	1.93682	2.00976	2.0911	1.79781	1.73268	2.39017	1.93403	1.90133	1.8907	2.01305
32	1.8754		1.82854		1.76881	1.9853	1.71384	2.00311	1.98172	2.01419	2.08121	1.83056	1.81003	2.4737	1.8235	1.8405	1.90013	2.01227

33	2.16486		1.78867		1.76528	1.79569	1.66051	2.01161	1.94348	1.91848	2.00558	1.79174	1.84378	2.80196	1.78401	1.82388	1.82167	1.88985
34	2.28731		1.86328		1.72632	1.75707	1.68961	1.98514	1.89656	2.06432	2.21071	1.78558	1.78447	3.12433	1.80038	1.90896	1.84211	2.00522
35	2.7641		1.98049		1.80105	1.95127	1.74855	2.13482	2.22893	2.11473	2.22254	1.73625	1.79908	2.90969	1.79252	1.9247	2.00805	2.19837
36	2.48547		2.04075		1.78122	1.84506	1.70962	2.07029	2.13942	2.0596	2.34876	1.78175	1.93423	2.8479	1.78632	1.82646	2.01721	2.17321
37	2.35846		1.97516	1.74182	1.71257	1.93059	1.6822	2.17195	2.32131	1.78164	2.34311	1.80896	1.7817	2.81316	1.93977	1.9247	2.12425	2.2426
38	1.88184		1.81017	1.86166	1.74433	1.827	1.75491	2.06676	1.97326	1.79401	2.26728	1.76981	1.72421	2.3979	1.85914	1.99511	2.10036	2.12533
39	2.04041		1.83633	1.8883	1.8205	1.83157	1.75318	2.0518	1.90452	1.84074	2.19195	1.73781	1.68637	2.33895	1.78601	1.92006	1.99305	2.07066
40	2.50367	1.77849	1.86051	2.04314	1.73859	1.88757	1.75722	2.11016	2.18729	2.04707	2.17807	1.72315	1.73751	2.82944	1.83505	1.81514	2.22704	2.171
41	2.00548	1.86634	1.83611	1.97436	1.7449	1.95322	1.75438	1.95461	2.01341	2.0745	2.19184	1.68467	1.76521	2.39818	1.86519	1.78869	1.98767	2.17318
42	1.99372	1.88991	1.79375	1.961	1.73664	1.9179	1.7834	2.02775	2.00947	2.03128	1.97871	1.7241	1.77941	2.50305	1.87713	1.79195	1.80395	2.0708
43	2.05083	1.94	1.78003	1.74511	1.75572	1.87218	1.72514	2.05227	1.91123	2.00778	2.06706	1.76425	1.77523	2.65583	2.05016	1.84146	2.02568	2.07726
44	2.14857		1.88809	1.78481	1.82865	1.89579	1.76675	2.06501	1.96839	1.92038	2.03434	1.76551	1.78788	2.3823	1.79433	1.82653	2.10624	2.3813
45	2.20376		1.90809	1.76747	1.72454	1.87187	1.60637	2.10355	2.04588	2.02745	2.06545	1.79889	1.76437	2.55328	1.88542	1.77989	1.93609	2.07559
46	2.16257		1.9142	2.04468	1.73616	1.83755	1.66876	2.00068	2.09302	1.9085	1.98946	1.80488	2.0041	2.20905	1.81603	1.80593	1.89985	2.00579
47	2.39543		2.08672	1.90209	1.70912	1.87432	1.65208	2.18496	2.24048	1.97778	2.17578	1.79112	2.03582	2.6445	1.78736	1.92581	1.97645	2.18132
48	2.02834		1.90466	2.07026	1.71629	1.83902	1.63939	2.272	2.19392	1.79869	2.41769	1.80572	1.94458	2.56109	1.90692	1.88533	1.93307	2.26719
49	2.07356		1.81971	1.99273	1.68165	1.78827	1.67343	2.21767	1.90227	1.65738	2.23972	1.79095	1.84466	2.28487	1.88882	1.87241	1.85537	2.16854
50	1.8489	1.75025	1.81932	1.99682	1.73339	1.84799	1.71372	2.18109	1.95175	1.72285	2.05825	1.7713	1.81896	2.15985		1.93196	1.88655	2.16648
51	1.85309	1.69167	1.82179	2.20843	1.59	1.79295	1.77309	2.14221	1.99157	1.80868	2.10376	1.70712	1.78091	2.49363	1.83729	1.86382	1.96344	2.14606
52	2.31203	1.78497	1.96186	1.81169		1.74744	1.67566	2.08446	2.06425	1.88511	2.31449	1.72873	1.77487	2.81054	1.81463	1.72822	1.87808	2.19578
53	2.3656	1.64999	1.8291	1.84612		1.79285	1.65071	2.08807	2.0966	1.93996	2.25912	1.79598	1.8195	2.57313	1.85896	1.7737	1.87446	2.20346
54	2.00268	1.72664	1.93326	2.21798	1.95706	1.87259	1.63912	1.99457	1.99498	1.91185	2.18517	1.86056	1.88399	2.39662	1.76315	1.83608	1.85385	2.33296
55	2.1601	1.8091	1.82001	1.71803	1.88369	1.85666	1.66076	2.00219	1.89863	1.95415	2.16887	1.89758	1.83386	2.36744	1.84218	1.72818	1.70575	1.97265
56	1.83499	1.64375	1.9655	1.8623	1.91263	1.89942	1.65131	2.06258	1.85724	1.97036	2.04334	1.90471	1.98547	2.22831	1.85277	1.89216	1.87443	1.95432
57	2.09208	1.67778	1.85036	1.77312	1.82504	1.84562	1.62502	1.97304	1.84187	1.93257	2.07886	1.94299	1.92272	2.70743	1.84811	1.80767	1.77514	2.02328
58	2.08364	1.671	1.86646	1.89599	1.84967	1.85791	1.61729	2.08085	2.00066	1.92311	2.21406	1.94643	2.02711	2.52776	1.87172	1.88563	1.95275	1.99263
59	2.00835	1.74973	1.86184	1.78466	1.86853	1.84255	1.64657	2.15299	1.90383	1.87315	2.3493	1.94889	1.92895	2.6766	1.85561	1.9033	2.00495	2.15864
60	2.05843	1.69911	1.90934	1.84224	1.87223	1.83194	1.67707	2.15011	1.84968		2.37527	1.92675	1.86077	2.43044	1.89965	1.97346	2.05612	2.47661
61	1.89318	1.69458	1.80342	1.82835	1.84253	1.83279	1.71417	2.0202	1.79449	1.72679	2.24643	1.92846	1.8438	2.29508	1.90731	2.02079	2.00998	2.2749
62	1.84447	1.71126	1.80221	1.6897	1.82288	1.85415	1.76391	1.97333	1.74446	1.72987	2.212	1.88911	1.786	2.11794	1.84865	1.97021	1.92563	2.01996
63	1.96726	1.68747	1.79503		1.80177	1.81764	1.89276	1.97458	1.76503	1.83386	2.18121	1.86673	1.80287	2.21155	1.85835	1.95495	1.93834	1.86951
64	1.91922	1.64588	1.97185		1.80533	1.97876	1.74161	2.0193	1.78889	1.93578	2.11447	1.9294	1.80768	2.38982	1.81127	1.91437	1.90333	1.94434
65	2.0352	1.68865	1.91895	1.99381	1.95002	1.92072	1.72043	1.99212	1.77638	1.97988	2.11955	1.91415	1.88275	2.37393	1.81424	1.84185	1.84262	2.13144
66	2.03659	1.76392	1.77685	1.86912	1.93824	1.83964	1.74781	2.07948	1.77995	2.13992	2.07591	1.87177	2.03309	2.34971	1.81849	1.91146	1.82745	2.1563
67	2.19271	1.76351	2.083	1.85505	1.96749	1.80686	1.72988	1.99959	1.86582	2.08176	2.24898	2.09255	1.89918	2.45969	1.81579	1.97873	1.8954	2.09763
68	1.97583	1.71607	2.31257	1.8205	2.04129	1.86229	1.75142	1.94026	1.92719	2.15824	2.16656	1.96105	1.86051	2.32842	1.83959	1.86916	1.98638	2.11906
69	1.87768	1.75675	2.56798	1.82152	2.03196	1.81197	1.72645	1.93672	2.04517	2.14226	2.01603	1.89491	1.84426	2.3573	1.82804	1.98448	1.93518	2.01535
70	2.10914	1.75089	2.38976	1.95684	1.94594	1.6928	1.87997	1.93212	2.113	2.22412	2.03621	1.87939	1.85714	2.36183	1.85577	1.97079	1.94359	1.97159
71	1.94769	1.8058	2.38104	1.91049	2.00923	1.7921	1.74094	2.09304	1.94911	2.3012	2.20804	1.8864	1.93029	2.27879	1.81592	1.97777	1.86497	2.10532
72	2.25517	1.72676	1.89608	2.19282	2.0713	1.82341	1.77964	2.17786	2.05362	2.28601	2.31227	1.92871	1.9484	2.3434	1.90899	2.03647	1.949	2.20657

73	2.02938	1.71965	1.77217	1.93419	2.23679	1.77541	1.83813	2.3645	2.01465	2.26641	2.39714	1.89257	1.94346	2.28202	1.87194	2.13085	2.00284	2.29085
74	1.87034	1.60277	1.68356	2.03088	2.09588	1.69733	1.74182	2.35313	1.88884	1.90544	2.27258	1.84949	1.9231	2.15943	1.88679	1.91494	1.91693	2.18489
75	2.0341	1.71257	1.74618	2.05092	2.08193	1.83615	1.77961	2.30394	1.84545	2.13813	2.19356	1.86052	2.11984	2.15919	1.911	2.07142	1.87665	2.2919
76	2.34752	1.71881	1.75669	1.92979	2.14692	1.72751	1.766	2.41865	1.90574	2.27507	2.20842	1.86795	2.26668	2.4178	1.89019	1.94535	1.81513	2.29009
77	2.1786	1.71166	1.84367	2.123	2.1204	1.73071	1.74858	2.38681	2.16978	2.5454	2.22807	1.87099	2.31131	2.4246	1.79148	1.86399	1.83175	2.3675
78	2.12508	1.75668	1.85509	1.92663	2.09205	1.84727	1.75952	2.43318	1.95325	2.33091	2.07075	1.92551	2.37978	2.29829	1.77757	1.97592	1.84036	2.57985
79	2.11501	1.73644	1.89341	2.01005	2.15518	1.86769	1.77368	2.50727	2.06358	2.23039	2.1615	1.83364	2.21939	2.16072	1.83164	1.92499	1.92799	2.43745
80	2.16551		1.79523	2.10081	1.94617	1.89842	1.76925	2.38132	1.88085	2.39311	2.16868	1.80103	2.35669	2.11686	1.7906	1.98778	1.85997	2.47668
81	2.12648	1.85717	1.73072	2.11287	1.8071	1.75074	1.73699	2.30254	1.91397	2.42858	2.10987	1.83763	2.37347	2.33822	1.7602	1.92263	1.93825	2.25472
82	2.18632	1.90248	1.85882	2.08836	1.89788	1.86805	1.75856	2.32463	1.9815	2.50955	2.20226	1.87963	2.08719	2.26594	1.76305	2.13067	1.8452	2.27313
83	2.34877	1.72479	2.07627	2.10829	1.93785	1.83068	1.73712	2.26054	2.30477	2.55847	2.53496	1.87344	1.93589	2.53655	1.81151	2.03851	1.95513	2.33372
84	2.0357	1.67655	1.88396	2.15163	1.93578	1.83377	1.8016	2.41199	2.08604	2.32004	2.37656	1.90336	2.27671	2.2627	1.96574	2.0627	2.05029	2.3934
85	2.01112	1.67718	1.69457	1.84307	1.85948	1.75435	1.70024	2.41912	1.97179	2.14114	2.47067	1.82882	2.19407	2.01839	1.93103	1.98264	1.90339	2.25321
86	1.93461	1.91919	1.82823	2.09743	1.96106	1.76411	1.98959	2.28463	1.82271	2.167	2.23334	1.80167	2.60426	1.91824	1.84549	2.03929	1.98703	2.34302
87	2.11937	1.7809	1.68845	2.09211	1.77055	1.84581	1.83348	2.29305	1.93942	2.49946	2.29374	1.83177	2.82229	2.0897	1.8198	2.05181	2.08828	2.22155
88	2.14029	1.7	1.67554	2.18188	1.74126	1.85545	1.79062	2.16434	1.90556	2.39542	2.15481	1.71542	2.31811	2.3289	1.78077	1.88316	2.09264	2.32794
89	1.95207		1.71338	2.08602	1.73989	1.91488	1.81361	2.14742	2.04956	2.4487	2.07951	1.8083	2.66133	2.32883	1.81792	1.86403	2.02958	
90	2.29199	1.85191	1.76691	2.27586	1.76153	1.99581	1.78152	2.26986	2.00203	2.5293	2.22495	1.91604	2.3671	2.60402	1.9043	1.97483	1.80707	2.38254
91	2.0805	1.82955	1.76414	2.14563	1.8126	2.12459	1.76878	2.24124	2.10041	2.45386	2.09489	1.93531	2.29119	2.51023	1.89368	1.99523	1.79901	2.2813
92	1.99314	1.81844	1.76007	1.97021	1.9276	1.9485	1.79464	2.20435	2.13814	2.51081	2.09058	1.92928	2.19091	2.34621	1.87811	1.98858	1.72087	2.14148
93	1.78	2.07	1.89	2.18	2.06	1.93	1.76	2.14	2.42	1.74	2.13	1.92	1.93	1.78	1.71	2.26	1.77037	2.17278
94	1.95003	1.77284	1.81926	2.0063	1.77283	2.07598	1.74999	2.11032	2.18296	2.57387	2.17232	1.92017	2.41197	2.28371	1.84024	2.04315	1.7848	2.24091
95	2.06872	1.8339	1.85533	2.06784	1.84162	2.03365	1.78933	2.27209	2.11852	2.5544	2.27213	1.98139	2.25994	2.41667	1.85753	2.08476	1.90984	2.34764
96	2.16397	1.86604	2.03596	2.01005	1.87855	2.03798	1.8442	2.25145	1.90516	2.54079	2.28649	1.89834	2.25561	2.33012	1.89141	2.03704	1.95064	2.42306
97	1.90325	1.79149	2.05958	2.0788	1.84476	1.73731	1.78327	2.31051	1.8214	2.37657	2.21759	1.91804	1.93069	2.1869	1.82341	2.09161	1.96299	2.36487
98	1.96552	1.75651	1.86584	2.27424	1.9278	1.71804	1.72864	2.37104	1.83979	2.27688	2.35089	1.87107	1.92585	1.96361	1.82549	2.1018	1.9954	2.55493
99	2.02611	1.72526	1.9996	2.29028	1.69539	1.7078	1.82241	2.17754	1.82922	2.21497	2.30317	1.781	2.20769	2.16127	1.87829	2.02704	1.9092	2.39868
100	2.2637	1.72886	2.06196	2.2912	1.76846	1.78218	1.81148	2.1182	1.85031	2.53213	2.17446	1.81457	2.80772	2.23364	1.91788	2.05077	2.01214	2.41422
101	2.10209	1.76751	2.06523	1.92834	1.75626	1.73162	1.86072	2.26337	1.98238	2.63667	2.24358	1.80623	2.08647	2.14564	1.82961	1.82447	2.01091	2.39056
102	1.91338	1.72579	1.99331	1.83446	1.71542	1.73234	1.79915	2.08142	2.09819	2.35343	2.1088	1.78573	1.94774	2.4301	1.85442	1.90645	2.02294	2.29715
103	2.08745	1.82843	2.09071	1.92294	1.79455	1.72328	1.84852	2.06242	1.90449	2.28499	2.04488	1.81527	1.95482	2.30116	1.90808	1.87285	1.93333	2.23303
104	1.94136	1.84193	2.14032	1.98397	1.82157	1.68738	1.78507	1.97157	1.823	2.28673	2.07963	1.69966	1.92945	2.5041	1.88696	1.91636	1.86487	2.07938
105	2.17142	1.76658	2.13839	1.96736	1.99683	1.64041	1.78454	1.99416	1.84796	2.33836	2.13888	1.77372	1.95282	2.37318	2.05148	1.94182	1.8218	2.13077
106	2.25357	1.79514	1.93223	2.08578	1.6884	1.63243	1.75439	1.92186	1.82484	2.346	2.39101	1.77844	2.03937	2.70088	1.8356	2.01823	1.80646	2.2151
107	2.24977	1.80935	1.99515	2.11388	1.6713	1.65287	1.78647	2.13095	1.93753	2.21315	2.06503	1.76999	1.96919	2.43616	1.93942	1.97845	1.8278	2.57319
108	2.04944	1.87038	1.92672	2.17437	1.74853	1.63642	1.80576	2.04109	1.91379	2.22784	2.17979	1.77298	1.93809	2.27014	2.01374	2.01463	1.82565	2.52176
109	1.9272	1.78112	1.88163	2.19345		1.64014	1.81967	2.06641	1.93168	2.10627	2.21685	1.74154	1.93328	2.24013	1.97935	2.0502	1.79959	2.51537
110	2.11171	1.77761	1.86222	2.15058		1.61977	1.83812	2.14553	1.92457	2.12145	2.18324	1.76927	1.92455		1.99063	1.90825	1.9049	2.358
111	2.14121	1.78715	1.88496	2.22451		1.77342	1.87791	2.08254	1.8783	2.22984	2.22483	1.7436	1.76223	2.18686	1.88351	1.79537	1.86277	2.49861
112	1.98495	1.72456	1.94995	2.06192		1.87601	1.98635	2.61691	1.82662	2.30284	2.20206	1.78575	1.79032	2.28929	1.90332	1.9192	1.78184	2.22381

113	1.99489	1.85686	2.07962	2.26337	1.83788	1.90088	2.5874	1.85913	2.06055	2.0401	1.76821	1.89525	2.14088	1.97878		1.9715	2.07729
114	2.04686	1.79901	2.1473	2.21849	1.95946	1.95673	2.18468	1.99098	2.1364	2.08988	1.84355	2.01732	2.10732	1.88159	2.02261	2.00152	2.16216
115	1.97608	1.82764	2.07005	2.11441	1.8982	2.00785	2.39218	2.01221	1.99914	2.02949	1.7732	1.89135	2.09988	1.84099	1.74755	2.08223	2.12858
116	2.00835	1.7467	1.80145	2.02082	1.88718	2.05567	2.26405	1.85974	1.94471	2.23388	1.80099	1.89789	2.1099	1.87292	1.74586	1.78394	2.15966
117	2.056	1.75121	1.91436	2.05515	1.89626	1.91582	2.36388	1.96137	2.21296	2.10633	1.76625	1.9699	2.17588	2.08319	1.96385	2.06973	2.10871
118	2.06795	1.76438	2.01207	2.09641	1.87671	1.90061	2.15378	1.9323	2.18427	2.28164	1.77006	1.98431	2.35145	2.07121	1.78983	2.04605	2.10791
119	2.04903	1.85477	2.07762	1.96576	1.89847	1.97585	2.29768	1.95	2.42862	2.14264	1.89985	2.00486	2.49465	1.92612	1.76297	2.12924	2.09916
120	1.93877	1.80269	1.95171	2.0579	1.91243	1.93473	2.2998	1.93909	2.03276	2.10698	1.86678	1.93459	2.3786	1.94272	1.80649	2.09305	2.56541

LAMPIRAN B

KEPEKATAN PURATA BULANAN HBM STESEN KAJIAN MENGIKUT BILANGAN BULAN DARI TAHUN 2000 HINGGA 2009

Bil. Bulan	Pasir Gudang	Kemaman	Cenderawasih	Kuching	Gombak	Melaka	Jerantut	Tasik	Prai	Nilai	Klang	Indera Mahkota	Sg. Petani	Larkin	Taipung	Kota Bharu	Kajang	Shah Alam	USM	Pegoh
1	0.349614	0.137561	0.247266	0.26794	0.0755942	0.564174	0.0482596	0.147978		0.194231	0.512574	0.059627	0.156647	0.676334	0.256954	0.241323	0.320029			0.281204
2	0.343661		0.299282	0.271079	0.0821418	0.602267	0.0560067	0.207413		0.261979	0.572947	0.0701846	0.316429	0.663859		0.269522	0.307067			0.113206
3	0.388541		0.36898	0.307778	0.114676	0.557314	0.0635294	0.206426		0.279124	0.536671	0.0853144	0.235983	0.764539		0.140826	0.333436			0.204152
4	0.468457	0.210535	0.382311	0.33894	0.173979		0.0576425	0.197241		0.297544	0.50082	0.0701023	0.456978	0.857055		0.136845	0.302459			0.117111
5	0.480774	0.208384	0.462186	0.320052	0.258842		0.0823734	0.138073	0.343585	0.341217	0.533014	0.130807	0.307179	0.786435		0.357795	0.34971			0.154963
6	0.392182	0.167909	0.430336	0.253534	0.273441	0.711229	0.0699099	0.152154	0.366467	0.331462	0.552281	0.109574	0.415066	0.717485		0.305055	0.355217			0.20356
7	0.275	0.206765	0.348834	0.2513	0.304848	0.693618	0.110029	0.185126	0.413587	0.394449	0.554468	0.134847	0.430031	0.639715	0.249142	0.468116	0.469731			0.166022
8	0.282631	0.186653	0.393856		0.292391	0.72319	0.0972848	0.197273	0.345623	0.364454	0.467814	0.125684	0.335272	0.733222		0.229541	0.368833			0.178063
9	0.359874	0.0851679	0.349641		0.275917	0.737537	0.100977	0.173538	0.3139	0.353238	0.525822	0.127361	0.25848	0.952566	0.277594	0.226857	0.436419			0.173819
10	0.407884	0.0666291	0.347537	0.389397	0.20965	0.580951	0.0877954	0.180783	0.335242	0.310351	0.387903	0.0762787	0.248744	1.01638	0.124247	0.196957	0.242044			0.200865
11	0.39775	0.111388	0.315059	0.309261	0.232895	0.884648	0.0787692	0.205975	0.378589	0.310931	0.464873	0.0742749	0.308984	1.08924	0.194124	0.150088	0.322558			0.136988
12	0.35904	0.130075	0.245246	0.259808	0.191555	0.733891	0.0863352	0.225745	0.289845	0.262989	0.409066	0.084623	0.218331	1.03903	0.198094	0.239923	0.108644	0.213428		0.191593
13	0.314869	0.125477	0.269929		0.236705		0.0621888	0.204855	0.32574	0.259095	0.458769	0.0607081	0.255188	1.03755	0.15137	0.244882	0.155592	0.360679		0.193487
14	0.231826	0.141863	0.322998		0.236223	0.750406	0.0749206	0.19662	0.333227	0.286886	0.577925	0.0757075	0.265296	0.772757	0.151346	0.277408	0.190769	0.416458		0.12314
15	0.252138	0.109452	0.329443		0.284906	0.824345	0.0704322	0.1893	0.346312	0.270157	0.371836	0.0635804	0.340566	0.949288	0.168174	0.248733	0.297231	0.249172	0.236667	0.201356
16	0.590686	0.122573	0.447095		0.290092	1.23113	0.0821235	0.205055	0.300133	0.402612	0.476	0.0590196	0.368295	1.38717	0.121864	0.350191	0.500288	0.283308	0.165816	0.124886
17	0.48437	0.111937			0.377216	1.26956	0.083265	0.219779	0.276697	0.374069	0.433001	0.0723529	0.655969	1.88058	0.176119	0.333895	0.431372	0.367346	0.247847	0.198287
18	0.518336	0.120018			0.39402	1.023	0.0896593	0.208178	0.344221	0.345091	0.445472	0.119735		1.36599	0.21	0.279177	0.377115	0.369953		0.123144
19	0.437588	0.101287				1.16623	0.127765	0.231008		0.483221	0.516051	0.116647		0.974454	0.243276	0.238565	0.381329	0.41348		0.191627
20	0.379855	0.153461	0.526809		0.425212	1.10002	0.0950213	0.179435	0.475935	0.450311	0.401282	0.103942	0.412098	0.629607	0.149942	0.257493	0.449909	0.404343	0.269156	0.181988
21	0.477792	0.130851	0.620751		0.311772	1.01963	0.0921429	0.195106	0.425063	0.38587	0.419532	0.0950812	0.243519	0.662291	0.185773	0.258056	0.468247	0.353991	0.197388	0.157001
22	0.423906	0.113775	0.488178		0.261994	0.799518	0.0689984	0.198178	0.394602	0.411905	0.355802	0.0822333	0.23147	0.572187	0.221481	0.306294	0.394016	0.216955	0.214268	0.191571
23	0.351113	0.0882098	0.414651	0.393052	0.270493	0.712297	0.0677134	0.171618	0.355037	0.365047	0.389759	0.105794	0.29167	0.574181	0.206962	0.312816	0.384787	0.326806	0.164648	0.1332

24	0.279659	0.0857641		0.266245	0.139572	0.0731459	0.138936	0.300938	0.345021	0.428141	0.0761952	0.25429	0.425733	0.276207	0.267833	0.54239	0.286951	0.130136	0.105095	
25	0.115538			0.248869		0.0651484	0.361625	0.362562	0.188783	0.565836	0.0907692	0.27273	0.315749	0.286361	0.237418		0.33618	0.165411	0.157241	
26	0.151179			0.253087			0.14024	0.294643	0.222152	0.499844	0.069874	0.30607	0.287294	0.2206	0.246016		0.378848	0.259372	0.149519	
27	0.216834			0.268773		0.0812064	0.279956	0.263205	0.262011	0.496364	0.0689595	0.268028	0.407003	0.241679	0.28083		0.423825	0.242782	0.168592	
28	0.299829			0.287956		0.0636007	0.250125	0.310153	0.309752	0.548321	0.0805232	0.22224	0.570299	0.196141	0.206284		0.37468	0.179384	0.158127	
29	0.294561	0.338187		0.326867	1.20272	0.0957414	0.265937	0.355833	0.361891	0.439223	0.107809	0.274843	0.543084	0.23615	0.214872	0.293135	0.343314	0.229659	0.180397	
30	0.324701	0.347615		0.308165	1.2746	0.0871378	0.221793	0.361876	0.361016	0.484722	0.10652	0.267519	0.598268	0.234082	0.230984	0.303231	0.386009	0.247087	0.162965	
31	0.392644	0.32868		0.344654	1.17251	0.0726237	0.227781	0.340045	0.383708	0.488555	0.0904464	0.320184	0.500976	0.223299	0.241044	0.190076	0.413634	0.212989	0.166289	
32	0.294219	0.299632		0.287511	1.14312	0.0914523	0.171557	0.388158	0.41939	0.543338	0.118961	0.268545	0.501362	0.167869	0.256973	0.22348	0.422148	0.187221	0.169531	
33	0.291965	0.351977		0.364514	1.09305	0.0709272	0.190249	0.421984	0.333358	0.475725	0.126092	0.266061	0.600993	0.16336	0.241302	0.204307	0.341652	0.153585	0.181459	
34	0.338259	0.268224		0.358011	0.95734	0.0867057	0.216514	0.344591	0.353917	0.600127	0.11593	0.262051	0.647478	0.156897	0.293509	0.317732	0.415659	0.195835	0.198761	
35	0.441359	0.315467		0.30578	0.841502	0.0778512	0.208515	0.357508	0.346672	0.505839	0.087259	0.225629	0.610728	0.201265	0.276061	0.311736	0.454077	0.203112	0.169825	
36	0.268872	0.315538		0.335544	0.733975	0.0662245	0.217784	0.325379	0.290728	0.600535	0.113656	0.264615	0.54608	0.191889	0.255289	0.348923	0.480205	0.20068	0.155169	
37	0.319613	0.275293	0.177727	0.332504	0.776	0.0703757	0.207218	0.420797	0.224417	0.573196	0.0780398	0.220392	0.304437	0.188311	0.342643	0.238416	0.551922	0.180355	0.162065	
38	0.246989	0.248605	0.171753	0.283996	0.545239	0.0701509	0.209558	0.340188	0.208019	0.498961	0.0599681	0.237209	0.370575	0.169379	0.30151	0.309019	0.360034	0.219386	0.158687	
39	0.209259	0.262182	0.262423	0.316704	0.680131	0.0835227	0.196733	0.437514	0.279175	0.516225	0.0850636	0.292925	0.374646	0.175932	0.285752	0.206599	0.554149	0.221446	0.137532	
40	0.355516	0.131279	0.275159	0.407346	0.220962	0.981053	0.0850168	0.230569	0.365249	0.353415	0.599752	0.077056	0.32038	0.631204	0.194505	0.289031	0.488521	0.574226	0.189842	0.169311
41	0.274647	0.140218	0.272702	0.369827	0.407578	0.961158	0.0915097	0.218312	0.370566	0.384327	0.480496	0.13873	0.391711	0.475997	0.15835	0.319296	0.243774	0.531846	0.15663	0.146262
42	0.290806	0.126265	0.322276	0.435052	0.278085	0.95092	0.115136	0.233652	0.381711	0.382105	0.495354	0.108136	0.35408	0.558232	0.245023	0.290347	0.31442	0.561953	0.17	0.185544
43	0.314381	0.132189	0.321297	0.313057	0.430496	0.902236	0.0971827	0.231264	0.375821	0.322345	0.401446	0.125007	0.343942	0.514615	0.254107	0.317829	0.33819	0.561997	0.134975	0.208344
44	0.312655		0.314409	0.427825	0.396098	0.75007	0.112748	0.220156	0.360087	0.394624	0.410917	0.107861	0.316585	0.532243	0.236924	0.209322	0.40744	0.64226	0.162601	0.202837
45	0.386594		0.356177	0.325679	0.397044	0.794964	0.0770704	0.242175	0.352651	0.35927	0.41557	0.116006	0.295852	0.606233	0.244007	0.189494	0.337481	0.438297	0.16793	0.210581
46	0.375104		0.436596	0.300507	0.256193	0.591286	0.0709063	0.182207	0.454284	0.363467	0.299915	0.12733	0.519885	0.380735	0.327113	0.208087	0.279433	0.250445	0.153368	0.20701
47	0.305342		0.264683	0.305403	0.217296	0.551121	0.0569027	0.186492	0.347266	0.342534	0.452832	0.103328	0.447007	0.482693	0.353906	0.307563	0.36184	0.469126	0.138196	0.202246
48	0.185239		0.267951	0.286805	0.237986	0.667086	0.160281	0.203067	0.43695	0.249521	0.496147	0.0959337	0.344334	0.350382	0.383594	0.228082	0.325116	0.564434	0.0862898	0.183171
49	0.182009		0.250726	0.256547	0.190388	0.49746	0.0711567	0.204597	0.399061	0.173678	0.446348	0.0594955	0.348907	0.267422	0.295423	0.195764	0.249878	0.510803	0.0665574	0.178425
50	0.181283	0.0892157	0.294777	0.334548	0.22336	0.600901	0.0798923	0.232398	0.405746	0.222359	0.388918	0.0680916	0.488834	0.27892		0.207484	0.294255	0.620355		0.179564
51	0.238894	0.108262	0.356278	0.381882		0.721293	0.104825	0.245366	0.458611	0.317663	0.350179	0.120074	0.447027	0.467251	0.315803	0.18152	0.361979	0.522733	0.202781	0.198932
52	0.38442	0.11773	0.372043			1.09319	0.0983333	0.246096	0.444359	0.36003	0.662194	0.135091	0.455321	0.676013	0.223735	0.288356	0.31446	0.660937	0.175147	0.202715
53	0.416879	0.122645	0.396778			0.90898	0.138464	0.214344	0.298892	0.398567	0.6143	0.142763	0.451257	0.6267	0.209475	0.21807	0.312735	0.679652	0.192112	0.180031

54	0.452348	0.123314	0.542062	0.42191	0.400699	0.960855	0.148808	0.236793	0.449728	0.5277	0.566318	0.124103	0.534054	0.448765	0.303785	0.239734	0.324678	0.692	0.168941	0.140088
55	0.478191	0.118262	0.50449	0.311424	0.257528	0.91291	0.104223	0.16	0.257134	0.467062	0.595333	0.145639	0.415611	0.498614	0.166576	0.183002	0.299216	0.837617	0.201378	0.179349
56	0.332694	0.113393	0.5966	0.343652	0.371633	1.10036	0.168796	0.182062	0.29602	0.41398	0.363706	0.122878	0.492043	0.392478	0.197787	0.19117	0.276252	0.858543	0.204557	0.228472
57	0.348419	0.112489	0.421755	0.335315	0.231096	0.869513	0.11895	0.227847	0.274106	0.385858	0.483195	0.116183	0.494212	0.610827	0.139225	0.272885	0.451227	0.735373	0.195987	0.173574
58	0.287609	0.0990438	0.438369	0.250411	0.211549	0.710071	0.0830216	0.161596	0.380127	0.35	0.417464	0.100071	0.463379	0.522663	0.120394	0.33865	0.340817	0.755144	0.188343	0.148015
59	0.244875	0.0861435	0.378365	0.217515	0.1807	0.695593	0.0579912	0.224925	0.292278	0.254018	0.583968	0.113636	0.373653	0.421848	0.237903	0.399602	0.328242	0.696841	0.172784	0.177709
60	0.182206	0.0753143	0.281218	0.223244	0.210702	0.711659	0.0592555	0.216357	0.263436		0.475426	0.0669362	0.292575	0.31636	0.210619	0.318539	0.413832	0.471449	0.173656	0.170892
61	0.156	0.0793927	0.3001	0.226982	0.167948	0.730921	0.100064	0.217048	0.214319	0.227426	0.36683	0.0685206	0.293969	0.28122	0.237052	0.33567	0.319023	0.362294	0.144434	0.179676
62	0.182663	0.0899055	0.280158	0.216294	0.210461	0.799062	0.0913993	0.185776	0.241766	0.234213	0.536056	0.0719777	0.347725	0.300391	0.306447	0.295987	0.418878	0.697518	0.126522	0.190125
63	0.264891	0.114887	0.281734		0.207147	0.767095	0.12172	0.198264	0.260513	0.238921	0.545135	0.0883784	0.342786	0.383419	0.267396	0.399018	0.3914	0.693812	0.154619	0.155233
64	0.243033	0.111172	0.352022		0.217388	0.962545	0.0814742	0.168117	0.263398	0.395874	0.567672	0.0971095	0.32326	0.460088	0.203927	0.356835	0.366169	0.75912	0.16875	0.203663
65	0.347464	0.120291	0.320652	0.344478	0.358773	0.843245	0.0924823	0.169474	0.264315	0.432248	0.463328	0.143457	0.276137	0.479323	0.190757	0.17942	0.344813	0.600727	0.232948	0.17813
66	0.387858	0.116772	0.333147	0.175318	0.405225	0.809164	0.107277	0.193236	0.31375	0.386019	0.369557	0.145293	0.302544	0.505294	0.260251	0.197368	0.352731	0.383112	0.161881	0.198242
67	0.356335	0.11669	0.332098	0.201615	0.491026	1.22542	0.10879	0.190261	0.342713	0.357324	0.564711	0.141707	0.313748	0.605306	0.247688	0.210367	0.309986	0.391741	0.15614	0.208765
68	0.322335	0.115698	0.358274	0.188082	0.535481	1.10686	0.152479	0.242982	0.425858	0.389521	0.47318	0.161659	0.312083	0.442479	0.252567	0.318089	0.423298	0.454048	0.15229	0.196817
69	0.352388	0.123767	0.370655	0.371682	0.404792	1.21691	0.103997	0.233358	0.437108	0.322922	0.383474	0.128993	0.367687	0.511795	0.216993	0.207789	0.332815	0.335457	0.213473	0.180229
70	0.350948	0.110887	0.285359	0.342061	0.30598	1.01209	0.0843324	0.170076	0.288867	0.338173	0.31089	0.11628	0.263966	0.461295	0.168906	0.182017	0.276942	0.318201	0.18541	0.17858
71	0.385852	0.0952367	0.286414	0.351864	0.27527	0.760297	0.0860352	0.249068	0.390203	0.346234	0.360175	0.100351	0.268757	0.520254	0.158622	0.225305	0.338944	0.368178	0.199067	0.187884
72	0.399486	0.0869971	0.474116	0.353518	0.325087	0.806413	0.0843977	0.256003	0.33505	0.327277	0.526855	0.0892057	0.257768	0.445695	0.205781	0.251425	0.305166	0.416643	0.0951857	0.165764
73	0.345206	0.0837537	0.505844	0.270901	0.321494	0.678349	0.0736239	0.263709	0.374127	0.339674	0.443496	0.0634714	0.259025	0.42744	0.222443	0.240975	0.289562	0.423014	0.176818	0.135408
74	0.127569	0.0837213	0.398598	0.265366	0.287035	0.840607	0.0430858	0.20313	0.323093	0.155302	0.446177	0.0584676	0.330293	0.364654	0.210298	0.134692	0.284185	0.388463	0.189496	0.129201
75	0.246585	0.108257	0.457238	0.264055	0.311631	0.623593	0.0764571	0.218093	0.261878	0.281507	0.444339	0.0780495	0.338214	0.432698	0.191345	0.296899	0.309784	0.500856	0.224726	0.131044
76	0.411102	0.0989307	0.445089	0.185142	0.309356	0.814459	0.0777143	0.279574	0.297997	0.322354	0.429227	0.0911404	0.404505	0.659241	0.167493	0.239124	0.296598	0.563298	0.201138	0.206519
77	0.55092	0.108484	0.47964	0.304344	0.425556	0.726094	0.0704816	0.258779	0.317658	0.393811	0.453181	0.0972159	0.479466	0.727085	0.175939	0.276109	0.294879	0.642096	0.202102	0.203431
78	0.397967	0.122015	0.494247	0.201089	0.457094	0.863803	0.0687464	0.305612	0.265769	0.318507	0.491791	0.125221	0.440354	0.695873	0.195485	0.214527	0.530379	0.477811	0.188962	0.174346
79	0.433347	0.124222	0.518357	0.284419	0.69565	1.06797	0.0934801	0.280647	0.281983	0.275268	0.51265	0.161258	0.428364	0.481679	0.261522	0.197577	0.471941	0.471944	0.20914	0.174211
80	0.366244		0.483401	0.285206	0.524207	1.11193	0.112052	0.292233	0.306423	0.29406	0.546021	0.145983	0.435753	0.467909	0.322271	0.221109	0.401312	0.478844	0.267697	0.210391
81	0.45154	0.17035	0.450154	0.261412	0.300673	0.825493	0.0601054	0.272117	0.313896	0.388121	0.487839	0.134035	0.405221	0.568565	0.21698	0.167908	0.449556	0.396785	0.237333	0.21775
82	0.367247	0.165669	0.370457	0.248067	0.385431	0.741054	0.0737803	0.22256	0.305198	0.295253	0.49046	0.183093	0.360212	0.449971	0.198815	0.263371	0.353366	0.38198	0.230882	0.212676
83	0.369656	0.107872	0.504695	0.168225	0.316154	0.715568	0.0549077	0.185577	0.444023	0.248722	0.660708	0.117285	0.325087	0.569899	0.180246	0.254684	0.408234	0.615135	0.212191	0.216415

84	0.268924	0.0832188	0.355469	0.174772	0.190543	0.715492	0.0442314	0.20459	0.307296	0.202419	0.509249	0.0996024	0.368905	0.380842	0.212714	0.315586	0.460064	0.537679	0.173311	0.212216
85	0.284387	0.0794972	0.256866	0.307284	0.318287	0.734594	0.042326	0.23255	0.255826	0.182983	0.412684	0.0746793	0.349644	0.285667	0.216098	0.249929	0.520402	0.48508	0.181032	0.203324
86	0.263708	0.134286	0.322738	0.29482	0.296384	0.666215	0.0520405	0.217251	0.22429	0.182574	0.369918	0.0552327	0.370783	0.302571	0.209314	0.24764	0.41724	0.545778	0.18899	0.191739
87	0.305965	0.13555	0.459254	0.202151	0.459012	0.769452	0.0920458	0.28544	0.322385	0.258822	0.43872	0.0828963	0.496059	0.435647	0.217598	0.267729	0.493693	0.51433	0.20886	0.199508
88	0.418784		0.456827	0.173169	0.438669	0.809239	0.0714307	0.154121	0.382973	0.265773	0.544604	0.0970722	0.358183	0.515696	0.177724	0.244889	0.347362	0.609897	0.123307	0.198498
89	0.465664		0.502233	0.191147	0.551624	0.965299	0.0808084	0.151975	0.378772	0.363021	0.387508	0.158179	0.350847	0.504768	0.20408	0.201418	0.407306		0.1431	0.220808
90	0.273126	0.157304	0.451136	0.319298	0.385512	0.965503	0.0820827	0.148157	0.396885	0.247623	0.498292	0.134901	0.359013	0.450168	0.163255	0.297014	0.505094	0.4075	0.173671	0.231174
91	0.310374	0.183214	0.46643	0.197418	0.461306	1.01362	0.0598782	0.150454	0.562447	0.244957	0.427521	0.109716	0.407956	0.469687	0.198599	0.277835	0.486045	0.359985	0.204501	0.245925
92	0.285663	0.149963	0.329147	0.166572	0.475836	0.710741	0.107713	0.266153	0.331568	0.440314	0.487107	0.146315	0.442004	0.49902	0.184041	0.229688	0.449563	0.482951	0.320061	0.218383
93	0.09	0.13	0.34	0.12	0.41	0.88	0.09	0.25	0.53	0.35	0.4	0.13	0.3	0.38	0.18	0.21	0.396176	0.426022	0.332413	0.214556
94	0.317356	0.134009	0.349391	0.30623	0.371086	0.710357	0.0661848	0.17516	0.3392	0.322119	0.42884	0.101098	0.428667	0.446381	0.159386	0.280767	0.437905	0.44187	0.291571	0.221436
95	0.35758	0.118595	0.362112	0.161855	0.384784	0.724479	0.0464119	0.184794	0.329274	0.258854	0.442653	0.0942336	0.383717	0.497452	0.169926	0.25451	0.426657	0.443036	0.25736	0.220309
96	0.239899	0.100746	0.425578	0.109548	0.365453	0.773726	0.0674086	0.174682	0.389793	0.32783	0.449415	0.0805991	0.333422	0.307289	0.195167	0.26552	0.309505	0.495674	0.25027	0.253856
97	0.193148	0.0983005	0.427659	0.328863	0.373871	0.594561	0.0663833	0.279048	0.371465	0.289379	0.535845	0.0609104	0.323082	0.149969	0.16096	0.33212	0.286072	0.511806	0.174267	0.216583
98	0.140399	0.110261	0.312024	0.411948	0.415889	0.508135	0.0703312	0.263144	0.348068	0.264751	0.531366	0.0671248	0.533807	0.276022	0.22314	0.23745	0.382203	0.55748	0.156406	0.199711
99	0.232365	0.12812	0.380296	0.429868	0.376768	0.490159	0.0582267	0.26273	0.426785	0.263173	0.506182	0.0531231	0.395008	0.352122	0.193804	0.201034	0.32179	0.573926	0.191392	0.219348
100	0.381784	0.142039	0.357477	0.426033	0.42821	0.537313	0.0691704	0.187465	0.312141	0.358054	0.551804	0.100575	0.463421	0.400105	0.320141	0.398479	0.435785	0.608524	0.127038	0.230436
101	0.30651	0.139384	0.269576	0.2594	0.512195	0.462894	0.0876574	0.240725	0.308232	0.349492	0.399297	0.132111	0.548175	0.468367	0.232521	0.30622	0.579001	0.545416	0.180995	0.159929
102	0.266557	0.122217	0.2907	0.253307	0.355752	0.557247	0.0786736	0.213887	0.335268	0.205436	0.372581	0.121155	0.4485	0.553047	0.21137	0.309321	0.510538	0.564462	0.183876	0.160219
103	0.276652	0.118946	0.281381	0.373831	0.392026	0.447672	0.0785673	0.223098	0.340662	0.217605	0.301976	0.162157	0.408606	0.409577	0.20256	0.26981	0.412368	0.375389	0.27989	0.129237
104	0.265282	0.137404	0.367401	0.228945	0.445563	0.427761	0.101795	0.201615	0.413935	0.195348	0.429661	0.112287	0.397115	0.419922	0.173899	0.214035	0.417785	0.487608	0.277758	0.138876
105	0.265514	0.12695	0.412293	0.281036	0.410978	0.327069	0.0925888	0.191926	0.432551	0.216222	0.390235	0.120576	0.428758	0.421244	0.278132	0.255643	0.429035	0.426808	0.208993	0.155234
106	0.319309	0.215504	0.217885	0.233683	0.235877	0.352	0.0613068	0.136515	0.344068	0.217599	0.473695	0.116427	0.31615	0.428003	0.15681	0.279498	0.364609	0.393939	0.17056	0.16834
107	0.327721	0.0950754	0.220732	0.272567	0.283261	0.330299	0.0584831	0.168204	0.339168	0.224009	0.443777	0.0995308	0.348599	0.432024	0.175763	0.413276	0.408419	0.521284	0.0960383	0.206407
108	0.144327	0.0975902	0.178319	0.429368	0.311327	0.379901	0.052525	0.146926	0.277042	0.18044	0.458263	0.0990813	0.277043	0.234448	0.19439	0.394758	0.463484	0.382347	0.085785	0.227908
109	0.16054	0.100681	0.192095	0.260629		0.330971	0.0563291	0.165241	0.288826	0.137902	0.46003	0.178296	0.274894	0.200798	0.185478	0.424638		0.382472	0.103395	0.2282
110	0.242356	0.108852	0.23257	0.262104		0.327531	0.0650801	0.207916	0.348767	0.173412	0.409692	0.106279	0.323156		0.236085	0.493018		0.461057	0.210234	0.270471
111	0.28281	0.115079	0.227828	0.33435		0.389889	0.0490857	0.250365	0.318248	0.18258	0.331431	0.0790789	0.296477	0.378109	0.186273	0.466852	0.513573	0.4075	0.190364	0.21815
112	0.307436	0.109571	0.205457	0.358661		0.345523	0.0693971	0.272561	0.33186	0.186631	0.296106	0.123095	0.316911	0.422733	0.180439	0.358971	0.387504	0.483473	0.205927	0.308534
113	0.306671	0.118003	0.291478	0.380774		0.322359	0.0673919	0.281017	0.3766	0.198533	0.369591	0.107303	0.320218	0.402355	0.194182		0.451068	0.43812	0.207677	0.377726

114	0.336021	0.130045	0.38486	0.375066	0.426662	0.089633	0.264918	0.432953	0.224565	0.45651	0.123338	0.363397	0.367586	0.228673	0.430942	0.421046	0.564961	0.21644	0.411068
115	0.317531	0.131055	0.355961	0.367942	0.414348	0.138951	0.381652	0.41202	0.216615	0.41048	0.145969	0.353362	0.370696	0.199217	0.524459	0.337616	0.532784	0.228813	0.350488
116	0.337443	0.124899	0.329296	0.234515	0.339515	0.209695	0.223645	0.403137	0.222116	0.419781	0.124653	0.317511	0.389097	0.1475	0.217282	0.295331	0.373191	0.204936	0.362183
117	0.383204	0.123224	0.318821	0.379179	0.377512	0.185773	0.235292	0.368849	0.289817	0.44516	0.126667	0.30805	0.402166	0.155424	0.37244	0.308922	0.419851	0.195455	0.392779
118	0.4085	0.126353	0.27378	0.339102	0.324854	0.164588	0.199268	0.386333	0.286171	0.417749	0.123006	0.329607	0.444523	0.16256	0.329626	0.35128	0.432015	0.218425	0.308383
119	0.299881	0.110738	0.271468	0.25442	0.382338	0.157099	0.207784	0.352	0.291833	0.469503	0.138387	0.317415	0.419196	0.293061	0.343276	0.410457	0.43469	0.213982	0.36624
120	0.209476	0.104558	0.23446	0.256538	0.416024	0.133669	0.207691	0.391659	0.213853	0.480688	0.113082	0.299044	0.228353	0.319433	0.249871	0.364131	0.53401	0.201433	0.322252

LAMPIRAN C

**KEPEKATAN PURATA BULANAN CH₄ DAN HBM SETIAP STESEN
KAJIAN DARI TAHUN 2000 HINGGA 2009**

Kod Stesen	No. Stesen	Latitud	Longitud	Stesen	Kepekatan CH₄	Kepekatan HBM
N1	17	5.631467	100.4697	Sungai Petani	1.967	0.35
N2	3	5.371083	100.3891	Cenderawasih	1.929	0.357
N3	9	5.398217	100.4039	Prai	1.979	0.351
N4	38	5.3562	100.3079	USM	1.853	0.192
N5	20	4.899	100.6797	Taiping	1.869	0.212
N6	46	4.552583	101.0809	Pegoh	1.86	0.196
N7	8	4.629683	101.1161	Tasek	2.118	0.215
C1	5	3.2617	101.6517	Gombak	1.85	0.324
C2	11	3.010333	101.4081	Klang	2.188	0.468
C3	23	2.994083	101.7403	Kajang	1.959	0.354
C4	25	3.104783	101.5561	Shah Alam	2.138	0.465
C5	10	2.820767	101.8146	Nilai	2.12	0.305
S1	6	2.2585	102.1727	Melaka	1.854	0.749
S2	19	1.497367	103.7268	Larkin	2.609	0.534
S3	1	1.470417	103.894	Pasir Gudang	2.142	0.32
E1	22	6.158667	102.251	Kota Bharu	1.932	0.275
E2	2	4.265817	103.4323	Kemaman	1.808	0.121
E3	14	3.819317	103.2965	Indera Mahkota	1.836	0.105
E4	7	3.970633	102.3477	Jerantut	1.764	0.087
Q1	4	1.562267	110.3889	Kuching	2.043	0.288

LAMPIRAN D

NILAI KORELASI r DI ANTARA CH_4 DAN BAHAN PENCEMAR O_3

Zon	Stesen	Kod	Regrasi Linear			Korelasi Pearsonn (r)
			Kemiringan	Pintasan	R^2	
Utara	Sungai Petani	N1	0.001	0.043	0.001	0.032
	Cenderawasih	N2	-0.009	0.060	0.019	-0.138
	Prai	N3	-0.013	0.066	0.045	-0.212
	USM	N4	0.003	0.042	0.003	0.053
	Taiping	N5	0.000	0.039	0.000	-0.004
	Pegoh	N6	0.016	0.019	0.038	0.195
	Tasek	N7	0.001	0.051	0.001	0.024
Tengah	Gombak	C1	0.013	0.031	0.019	0.138
	Klang	C2	0.011	0.021	0.017	0.132
	Kajang	C3	-0.003	0.067	0.001	-0.039
	Shah Alam	C4	0.019	0.027	0.078	0.280
	Nilai	C5	-0.004	0.059	0.013	-0.116
Selatan	Melaka	S1	0.001	0.040	0.000	0.013
	Larkin	S2	0.000	0.040	0.000	0.007
	Pasir Gudang	S3	0.005	0.025	0.019	0.137
Timur	Kota Bharu	E1	0.001	0.025	0.001	0.029
	Kemaman	E2	0.006	0.030	0.004	0.061
	Ind. Mahkota	E3	0.002	0.033	0.000	0.021
	Jerantut	E4	0.002	0.050	0.001	0.034
Sarawak	Kuching	Q1	0.004	0.016	0.028	0.166

LAMPIRAN E
NILAI KORELASI r DI ANTARA HBM DAN BAHAN PENCEMAR O_3

Zon	Stesen	Kod	Regrasi Linear			Korelasi Pearsonn (r)
			Kemiringan	Pintasan	R^2	
Utara	Sungai Petani	N1	0.039	0.033	0.120	0.346
	Cenderawasih	N2	-0.018	0.048	0.028	-0.167
	Prai	N3	-0.018	0.047	0.019	-0.137
	USM	N4	-0.026	0.051	0.024	-0.156
	Taiping	N5	0.037	0.030	0.087	0.295
	Pegoh	N6	0.045	0.041	0.098	0.313
	Tasek	N7	-0.004	0.055	0.000	-0.016
Tengah	Gombak	C1	0.038	0.043	0.108	0.328
	Klang	C2	0.033	0.029	0.065	0.255
	Kajang	C3	-0.010	0.066	0.011	-0.104
	Shah Alam	C4	0.046	0.046	0.186	0.431
	Nilai	C5	0.030	0.040	0.082	0.286
Selatan	Melaka	S1	0.002	0.040	0.005	0.067
	Larkin	S2	0.008	0.036	0.060	0.245
	Pasir Gudang	S3	0.029	0.025	0.149	0.386
Timur	Kota Bharu	E1	-0.021	0.034	0.071	-0.266
	Kemaman	E2	0.114	0.027	0.115	0.340
	Ind. Mahkota	E3	0.082	0.028	0.159	0.399
	Jerantut	E4	0.004	0.053	0.000	0.019
Sarawak	Kuching	Q1	0.015	0.020	0.047	0.217

