



05-4506832



pustaka.upsi.edu.my



Perpustakaan Tuanku Bainun
Kampus Sultan Abdul Jalil Shah



PustakaTBainun



ptbupsi

PEMODELAN KALUT SIRI MASA O_3 , CO DAN SO_2 DI KAWASAN TABURAN PENDUDUK TINGGI MALAYSIA



05-4506832



pustaka

AHMAD BASRI BIN RUSLAN



Perpustakaan Tuanku Bainun
Kampus Sultan Abdul Jalil Shah



PustakaTBainun



ptbupsi

UNIVERSITI PENDIDIKAN SULTAN IDRIS

2021



05-4506832



pustaka.upsi.edu.my



Perpustakaan Tuanku Bainun
Kampus Sultan Abdul Jalil Shah



PustakaTBainun



ptbupsi



05-4506832



pustaka.upsi.edu.my



Perpustakaan Tuanku Bainun
Kampus Sultan Abdul Jalil Shah



PustakaTBainun



ptbupsi

**PEMODELAN KALUT SIRI MASA O_3 , CO DAN SO_2
DI KAWASAN TABURAN PENDUDUK
TINGGI MALAYSIA**

AHMAD BASRI BIN RUSLAN



05-4506832



pustaka.upsi.edu.my



Perpustakaan Tuanku Bainun
Kampus Sultan Abdul Jalil Shah



PustakaTBainun



ptbupsi

**TESIS DIKEMUKAKAN BAGI MEMENUHI SYARAT UNTUK
MEMPEROLEH IJAZAH SARJANA SAINS
(MOD PENYELIDIKAN)**

**FAKULTI SAINS DAN MATEMATIK
UNIVERSITI PENDIDIKAN SULTAN IDRIS**

2021



05-4506832



pustaka.upsi.edu.my



Perpustakaan Tuanku Bainun
Kampus Sultan Abdul Jalil Shah



PustakaTBainun



ptbupsi



Sila tanda (✓)

Kertas Projek

Sarjana Penyelidikan

Sarjana Penyelidikan dan Kerja Kursus

Doktor Falsafah

✓

INSTITUT PENGAJIAN SISWAZAH

PERAKUAN KEASLIAN PENULISAN

Perakuan ini telah dibuat pada 16 Februari 2021.

i. Perakuan pelajar :

Saya, AHMAD BASRI BIN RUSLAN (M20181001203) DARI FAKULTI SAINS DAN MATEMATIK dengan ini mengaku bahawa disertasi /tesis yang bertajuk PEMODELAN KALUT SIRI MASA O_3 , CO DAN SO_2 DI KAWASAN TABURAN PENDUDUK TINGGI MALAYSIA adalah hasil kerja saya sendiri. Saya tidak memplagiat dan apa-apa penggunaan mana-mana hasil kerja yang mengandungi hak cipta telah dilakukan secara urusan yang wajar dan bagi maksud yang dibenarkan dan apa-apa petikan, ekstrak, rujukan atau pengeluaran semula daripada atau kepada mana-mana hasil kerja yang mengandungi hak cipta telah dinyatakan dengan sejelasnya dan secukupnya.

05-4506832 pustaka.upsi.edu.my Perpustakaan Tuanku Bainun Kampus Sultan Abdul Jalil Shah PustakaTBainun ptbupsi

Tandatangan pelajar

ii. Perakuan Penyelia:

Saya, DR. NOR ZILA BINTI ABD HAMID dengan ini mengesahkan bahawa hasil kerja pelajar yang bertajuk PEMODELAN KALUT SIRI MASA O_3 , CO DAN SO_2 DI KAWASAN TABURAN PENDUDUK TINGGI MALAYSIA adalah dihasilkan oleh pelajar seperti nama di atas, dan telah diserahkan kepada Institut Pengajian Siswazah bagi memenuhi sebahagian/sepenuhnya syarat untuk memperoleh Ijazah IJAZAH SARJANA SAINS

23 MAC 2021

Tarikh

Tandatangan Penyelia



**INSTITUT PENGAJIAN SISWAZAH /
INSTITUTE OF GRADUATE STUDIES**

**BORANG PENGESAHAN PENYERAHAN TESIS/DISERTASI/LAPORAN KERTAS PROJEK
DECLARATION OF THESIS/DISSERTATION/PROJECT PAPER FORM**

Tajuk / Title: PEMODELAN KALUT SIRI MASA O₃, CO DAN SO₂ DI
KAWASAN TABURAN PENDUDUK TINGGI MALAYSIA

No. Matrik /Matric's No.: M20181001203

Saya / I : AHMAD BASRI BIN RUSLAN

(Nama pelajar / Student's Name)

mengaku membenarkan Tesis/Disertasi/Laporan Kertas Projek (Kedoktoran/Sarjana)* ini disimpan di Universiti Pendidikan Sultan Idris (Perpustakaan Tuanku Bainun) dengan syarat-syarat kegunaan seperti berikut:-

acknowledged that Universiti Pendidikan Sultan Idris (Tuanku Bainun Library) reserves the right as follows:-

1. Tesis/Disertasi/Laporan Kertas Projek ini adalah hak milik UPSI.
The thesis is the property of Universiti Pendidikan Sultan Idris
2. Perpustakaan Tuanku Bainun dibenarkan membuat salinan untuk tujuan rujukan dan penyelidikan.
Tuanku Bainun Library has the right to make copies for the purpose of reference and research.
3. Perpustakaan dibenarkan membuat salinan Tesis/Disertasi ini sebagai bahan pertukaran antara Institusi Pengajian Tinggi.
The Library has the right to make copies of the thesis for academic exchange.

4. Sila tandakan (✓) bagi pilihan kategori di bawah / Please tick (✓) for category below:-

☐ **SULIT/CONFIDENTIAL**

Mengandungi maklumat yang berdarjah keselamatan atau kepentingan Malaysia seperti yang termaktub dalam Akta Rahsia Rasmi 1972. / Contains confidential information under the Official Secret Act 1972

☒ **TERHAD/RESTRICTED**

Mengandungi maklumat terhad yang telah ditentukan oleh organisasi/badan di mana penyelidikan ini dijalankan. / Contains restricted information as specified by the organization where research was done.

☐ **TIDAK TERHAD / OPEN ACCESS**

Ahmad Basri Bin Ruslan

(Tandatangan Pelajar/ Signature)

DR. NOR ZIL KHAID HAMID
Senior Lecturer
Department of Mathematics
Faculty of Science and Mathematics
Universiti Pendidikan Sultan Idris
35900 Tanjung Malim, Perak

(Tandatangan Penyelia / Signature of Supervisor)
& (Nama & Cop Rasmi / Name & Official Stamp)

Tarikh: 23 MAC 2021

Catatan: Jika Tesis/Disertasi ini **SULIT @ TERHAD**, sila lampirkan surat daripada pihak berkuasa/organisasi berkenaan dengan menyatakan sekali sebab dan tempoh laporan ini perlu dikelaskan sebagai **SULIT** dan **TERHAD**.

Notes: If the thesis is **CONFIDENTIAL** or **RESTRICTED**, please attach with the letter from the organization with period and reasons for confidentiality or restriction.



PENGHARGAAN

Saya telah dibimbing, disokong dan diberikan pertolongan oleh ramai pihak sepanjang perjalanan di peringkat sarjana ini. Syukur ke hadrat Ilahi kerana telah memberikan saya rahmat dan kesihatan sepanjang perjalanan menyelesaikan kajian dan penulisan.

Terima kasih tidak terhingga diucapkan kepada permata hati iaitu ibunda dan ayahanda Puan Wan Salmah binti Wan Ngah, Puan Nik Nur Izzah binti Nik Mood dan Encik Ruslan bin Ismail serta ahli keluarga yang lain yang telah banyak membantu, memberi dorongan dan kata-kata semangat untuk saya terus kuat sepanjang pengajian saya serta sokongan dari segi kewangan. Harus ditulis juga penghargaan buat kesayangan yang tidak jemu memberikan dorongan iaitu adik beradik saya Mohamad Luqman, Nur Fatehah, Nur Hasanah, Nur Aishah, Izzul Ikhwan, Nur Hajar Aisya, Izzati Ilyani dan Nur Aliya serta keluarga ipar iaitu Hamidi dan Khalida sehingga diri ini mampu berada di tahap ini. Sentiasa di fikiran apabila jauh dari keluarga iaitu keluarga angkat tercinta di Sungai Buloh yang sentiasa memberikan semangat dan dorongan di saat diri ini berduka iaitu En Lutfi, Puan Ainul Hawa, Adam Fathi, Aafa Ahlami, Ateef Hamim dan Aseem Fawwaz.

Saya turut ingin merakamkan penghargaan dan terima kasih yang tidak terhingga kepada satu-satunya pensyarah penyelia saya Dr. Nor Zila Abd Hamid yang sanggup mengorbankan masa dan tenaga untuk membimbing saya sehingga saya berjaya melaksanakan dan menyiapkan kajian ini dengan jayanya.

Saya juga merakamkan setinggi-tinggi terima kasih kepada pihak Universiti Pendidikan Sultan Idris serta Fakulti Sains dan Matematik kerana memberi peluang dan kemudahan sepanjang saya menjalankan penyelidikan ini. Ucapan terima kasih ini juga dirakamkan kepada Jabatan Alam Sekitar Malaysia kerana memberikan data siri masa yang saya perlukan dan Kementerian Pelajaran Malaysia (KPM) atas pembiayaan dari segi kewangan melalui geran penyelidikan dengan kod 2019-0005-102-02-(FRGS/1/2018/STG06/UPSI/02/1). Tidak lupa juga kepada Kolej Aminuddin Baki dan Pusat Sukan yang banyak membantu dalam pelbagai aspek sepanjang saya melanjutkan pelajaran di peringkat sarjana di UPSI.

Buat sahabat handai, terima kasih bagi yang sentiasa memberikan dorongan dan kata semangat serta berkongsi gelak tawa untuk sentiasa membangkitkan semangat untuk menyiapkan kajian ini. Mereka adalah Khairunnisa, Nadiah, Syahidatul, Hidayah, Akmal, Syarmila, Azwan Miswan, Ammar Azhar, Akmal, Hasif, Najib, Awie, Johan, Hanif, Amiruddin, Syaiful, Aqil Idrus, Aqil Jahizi, Syafiq, Adib, Saiful Azlan, Shahida, Eikmal, Hafizhamzi, Izzul, Amirul, Arifah, Shamilah Banu, Fazira Jane, Farhani, Izzah Maidin, Noorashikin, Nurnadaliyana, Nazri, Zulhaimi, Iqbal, Syd Fikri, Muin serta mereka yang lain yang sentiasa bersama sewaktu jatuh dan bangun sepanjang perjalanan menyiapkan kajian ini.





ABSTRAK

Kajian ini bertujuan membina model peramalan siri masa ozon (O_3), karbon monoksida (CO) dan sulfur dioksida (SO_2) mengikut bulan bagi tahun 2014 dan 2017 di tiga buah negeri dengan taburan penduduk paling tinggi di Malaysia iaitu Selangor, Johor dan Sabah. Tiga stesen pencerap dipilih bagi setiap negeri iaitu stesen Shah Alam, Muar dan Kota Kinabalu. Terdapat tiga objektif utama kajian iaitu untuk mengesan kehadiran dinamik kalut dalam siri masa O_3 , CO dan SO_2 , meramal siri masa O_3 , CO dan SO_2 dan menambahbaik kaedah penentuan nilai jiran terdekat k bagi proses peramalan. Kaedah Cao dan plot ruang fasa digunakan dalam mengesan kehadiran dinamik kalut. Dua langkah terlibat dalam meramal O_3 , CO dan SO_2 iaitu pembinaan semula ruang fasa dan proses peramalan. Sebelum melakukan peramalan, tiga parameter perlu ditentukan iaitu masa tunda τ , matra pembenaman m dan nilai jiran terdekat k . Parameter τ ditentukan melalui kaedah purata maklumat bersama dan penetapan $\tau = 1$. Parameter m dikira melalui kaedah Cao. Parameter k adalah ditentukan melalui kaedah penambahbaikan menggunakan graf pekali korelasi (pk) melawan k . Nilai k terbaik adalah k yang memberikan pk maksimum. Melalui kaedah Cao dan plot ruang fasa, keputusan menunjukkan kehadiran dinamik kalut dalam siri masa yang dikaji. Nilai pk peramalan dengan pendekatan kalut adalah lebih baik daripada kaedah konvensional regresi linear. Dapatan turut menunjukkan bahawa peramalan adalah lebih baik dengan menggunakan nilai k melalui kaedah penambahbaikan. Kesimpulannya, pendekatan kalut telah berjaya meramal siri masa O_3 , CO dan SO_2 . Implikasinya, kajian boleh diperluaskan bagi meramal siri masa seperti jerebu, nitrogen dioksida, kelajuan angin dan suhu. Kajian ini diharapkan dapat membantu pihak bertanggungjawab untuk menguruskan tahap kualiti udara dengan lebih baik.





CHAOTIC MODELLING FOR O₃, CO AND SO₂ TIME SERIES OF HIGH POPULATION DISTRIBUTION AREA IN MALAYSIA

ABSTRACT

This study aims to develop prediction model of the monthly time series of ozone (O₃), carbon monoxide (CO) and sulfur dioxide (SO₂) for year 2014 and 2017 in three Malaysian states with highest population distribution which are Selangor, Johor and Sabah. Three stations are selected for each state namely Shah Alam, Muar and Kota Kinabalu station. There are three main research objectives which are to detect the presence of chaotic dynamics in the O₃, CO and SO₂ time series, predict the O₃, CO and SO₂ time series and improve the method of determining the nearest neighbor value k for prediction process. Cao method and phase space plot are used to detect the presence of chaotic dynamics. Two steps involved two predict O₃, CO and SO₂ namely phase space reconstruction and prediction process. Before predicting, three parameters need to be determined namely delay time τ , embedding dimension m and nearest neighbor value k . The τ parameter is determined through average mutual information method and setting of $\tau = 1$. The m parameter is calculated via Cao method. Parameter k is determined through improved method using correlation coefficient (cc) against k graph. The best k value is k that produces maximum cc . Through the Cao method and phase space plot, results show the presence of chaotic dynamics in the observed time series. The prediction's cc values through chaotic approach is better than the conventional method of linear regression. Finding also shown that prediction is better by using k value through the improved method. As a conclusion, chaotic approach has successfully predicted the O₃, CO and SO₂ time series. In implication, this study can be extended to predict time series such as haze, nitrogen dioxide, wind speed and temperature. This study is hoped can help the stakeholders to manage air quality level better.



ISI KANDUNGAN

	Muka Surat
PENGAKUAN	ii
PENGESAHAN PENYERAHAN TESIS	iii
PENGHARGAAN	iv
ABSTRAK	v
ABSTRACT	vi
ISI KANDUNGAN	vii
SENARAI JADUAL	xii
SENARAI RAJAH	xiv
SENARAI SINGKATAN	xxxi

BAB 1 PENDAHULUAN

1.1	Pengenalan	1
1.2	Latar Belakang Kajian	2
1.3	Penyataan Masalah	4
1.4	Objektif Kajian	9
1.5	Persoalan Kajian	9
1.6	Signifikan Kajian	10
1.6.1	Mengesan Kehadiran Dinamik Kalut	10
1.6.2	Membina Model Peramalan	10
1.6.3	Penentuan Nilai k Terbaik untuk Peramalan	11
1.7	Batasan Kajian	11

1.8	Kerangka Tesis	14
1.9	Kesimpulan	15

BAB 2 KAJIAN KEPUSTAKAAN

2.1	Pengenalan	16
2.2	Kesan Terdedah kepada Bahan Pencemar Udara	17
2.3	Kesan Bahan Pencemar Udara di Kawasan Taburan Penduduk Tinggi	20
2.4	Pemodelan Melalui Pendekatan Kalut ke atas Siri Masa	23
2.4.1	Pengesanan Kehadiran Dinamik Kalut	24
2.4.2	Pembinaan Model Peramalan	26
2.4.3	Perkembangan Pendekatan Kalut	28
2.4.3.1	Malaysia	28
2.4.3.2	Luar Negara	30
2.5	Kajian Parameter Nilai Jiran Terdekat, k	30
2.6	Kesimpulan	32

BAB 3 METODOLOGI

3.1	Pengenalan	34
3.2	Sistem Dinamik	35
3.3	Pendekatan Kalut	35
3.3.1	Pembinaan Semula Ruang Fasa	36
3.3.1.1	Penentuan Parameter τ	39
3.3.1.2	Penentuan Parameter m	42
3.3.1.3	Pengesanan Kehadiran Dinamik Kalut	45
3.4	Pembinaan Model Peramalan	50

3.4.1	Asas Peramalan	50
3.4.2	Model Berasaskan Pendekatan Kalut	50
3.4.2.1	Pengiraan Pencarian k - Jiran Terdekat	51
3.4.3	Proses Peramalan Berasaskan Pendekatan Kalut	54
3.4.3.1	Kaedah Penghampiran Purata Setempat (kpps)	54
3.4.3.2	Kaedah Penghampiran Linear Setempat (kpls)	56
3.4.3.3	Kaedah Penambahbaikan Penghampiran Linear Setempat (kppls)	57
3.4.4	Peramalan Menggunakan kaedah penambahbaikan dalam Penentuan Nilai k	58
3.4.4.1	Kpps	60
3.4.4.2	Kpls	61
3.4.4.3	Kppls	62
3.5	Model Konvensional Regresi Linear (ARL)	63
3.6	Petunjuk Prestasi	64
3.7	Perisian Matlab R2010a	67
3.8	Carta Alir Kajian	68
3.9	Kesimpulan	70

BAB 4 DATA SIRI MASA

4.1	Pengenalan	71
4.2	Taburan Penduduk di Malaysia	72
4.2.1	Taburan Penduduk di Shah Alam, Selangor	73
4.2.2	Taburan Penduduk di Muar, Johor	75

4.2.3	Taburan Penduduk di Kota Kinabalu, Sabah	78
4.3	Status Pencemaran Udara	80
4.4	Data Siri Masa	87
4.4.1	Bilangan Data	89
4.4.2	Data Hilang	90
4.5	Kesimpulan	96

BAB 5 PEMODELAN KALUT SIRI MASA O_3 , CO DAN SO_2

5.1	Pengenalan	97
5.2	Kehadiran Dinamik Kalut	98
5.2.1	Analisis Parameter	98
5.2.2	Hasil Dapatan Kehadiran Dinamik Kalut Menggunakan Kaedah Plot Ruang Fasa	99
5.2.3	Hasil Dapatan Kehadiran Dinamik Kalut Menggunakan Kaedah Cao	100
5.3	Peramalan	102
5.3.1	Hasil Dapatan Peramalan	103
5.3.2	Hasil Dapatan dan Analisis bagi Peramalan Kpps, Kpls dan Kppls	139
5.3.3	Hasil Dapatan dan Analisis bagi Perbandingan Peramalan k kaedah Konvensional dan k -terbaik	143
5.4	Analisis Purata Nilai k - Terbaik	148
5.5	Kesimpulan	150

BAB 6 KESIMPULAN DAN CADANGAN KAJIAN LANJUTAN

6.1	Pengenalan	151
6.2	Dapatan-Dapatan Penting Keseluruhan Kajian	152

6.3	Cadangan Kajian Masa Hadapan	155
6.3.1	Penentuan Parameter	155
6.3.2	Saiz Data Siri Masa	156
6.3.3	Data dan Lokasi Kajian	157
6.4	Kesimpulan	157
RUJUKAN		158
LAMPIRAN A		168
LAMPIRAN B		197
LAMPIRAN C		223



SENARAI JADUAL

No. Jadual	Muka Surat
2.1 Aplikasi pendekatan kalut di Malaysia	29
2.2 Aplikasi pendekatan kalut di luar negara	30
3.1 Petunjuk bagi nilai pk	66
4.1 Skala Indeks Pencemaran Udara (IPU)	86
4.2 Pelepasan bahan pencemar ke udara mengikut punca (<i>juta tan metrik</i>)	86
4.3 Pelepasan bahan pencemar ke udara (<i>juta tan metrik</i>)	86
4.4 Pembahagian data siri masa latihan data siri masa ujian	88
4.5 Peratusan data hilang di Shah Alam, Selangor	93
4.6 Peratusan data hilang di Muar, Johor	94
4.7 Peratusan data hilang di Kota Kinabalu, Sabah	95
5.1 Keputusan analisis dinamik kalut dan peramalan menggunakan k terbaik bagi siri masa O_3 pada tahun 2014 dan 2017 di Shah Alam	105
5.2 Keputusan analisis dinamik kalut dan peramalan menggunakan k terbaik bagi siri masa CO pada tahun 2014 dan 2017 di Shah Alam	107
5.3 Keputusan analisis dinamik kalut dan peramalan menggunakan k terbaik bagi siri masa SO_2 pada tahun 2014 dan 2017 di Shah Alam	109
5.4 Keputusan analisis dinamik kalut dan peramalan menggunakan k terbaik bagi siri masa O_3 pada tahun 2014 dan 2017 di Muar	117
5.5 Keputusan analisis dinamik kalut dan peramalan menggunakan k terbaik bagi siri masa CO pada tahun 2014 dan 2017 di Muar	119
5.6 Keputusan analisis dinamik kalut dan peramalan menggunakan k terbaik bagi siri masa SO_2 pada tahun 2014 dan 2017 di Muar	121





5.7	Keputusan analisis dinamik kalut dan peramalan menggunakan k terbaik bagi siri masa O_3 pada tahun 2014 dan 2017 di Kota Kinabalu	129
5.8	Keputusan analisis dinamik kalut dan peramalan menggunakan k terbaik bagi siri masa CO pada tahun 2014 dan 2017 di Kota Kinabalu	131
5.9	Keputusan analisis dinamik kalut dan peramalan menggunakan k terbaik bagi siri masa SO_2 pada tahun 2014 dan 2017 di Kota Kinabalu	133
5.10	Analisis kaedah yang memberikan prestasi peramalan terbaik	140
5.11	Analisis perbandingan masa tunda	142
5.12	Perbandingan bilangan peramalan menggunakan nilai k bagi siri masa O_3	146
5.13	Perbandingan bilangan peramalan menggunakan nilai k bagi siri masa CO	146
5.14	Perbandingan bilangan peramalan menggunakan nilai k bagi siri masa	147
5.15	SO_2 Julat dan purata nilai jiran terdekat k terbaik	149





SENARAI RAJAH

No. Rajah	Muka Surat
1.1 Taburan penduduk di Malaysia mengikut negeri tahun 2010	8
3.1 Contoh keputusan PMB siri masa O_3 di Shah Alam	41
3.2 Contoh keputusan kaedah Cao menggunakan $\tau = 1$	44
3.3 Contoh keputusan kaedah Cao menggunakan $\tau = 4$ dari PMB	44
3.4 Contoh plot ruang fasa 2D siri masa O_3 di Shah Alam	46
3.5 Contoh plot ruang fasa 3D siri masa O_3 di Shah Alam	46
3.6 Contoh plot ruang fasa siri masa CO di Shah Alam	47
3.7 Contoh plot ruang fasa siri masa SO_2 di Muar	48
3.8 Contoh keputusan kaedah Cao	49
3.9 Contoh plot pk melawan k bagi model kpps	61
3.10 Contoh plot pk melawan k bagi model kpls	62
3.11 Contoh plot pk melawan k bagi model kppls	63
3.12 Contoh kehadiran NaN dikesan pada plot k melawan pk	63
3.13 Carta alir kajian	69
4.1 Peta Malaysia	72
4.2 Peta kedudukan Shah Alam di negeri Selangor	73
4.3 Peta kedudukan Muar di negeri Johor	75
4.4 Peta kedudukan Kota Kinabalu di negeri Sabah	78
4.5 Komposisi udara	80
4.6 Contoh plot siri masa O_3 bagi bulan Jun 2014 di Shah Alam	88
4.7 Contoh plot siri masa CO bagi bulan September 2014 di Muar	89





4.8	Contoh plot siri masa SO ₂ bagi bulan Mei 2014 di Kota Kinabalu	89
5.1	Contoh a) plot ruang fasa b) kaedah Cao c) k terbaik kppls d) k terbaik kppls e) k terbaik kppls f) model terbaik iaitu kppls dengan gabungan parameter $\tau = 1, m = 3, k = 146$ menghasilkan $pk = 0.8605$ bagi siri masa O ₃ bulan Jun 2014 di Shah Alam	112
5.2	Contoh a) τ melalui kaedah PMB b) plot ruang fasa c) kaedah Cao d) k terbaik kppls e) k terbaik kppls f) k terbaik kppls g) model terbaik iaitu kppls dengan gabungan parameter $\tau_{pmb} = 4, m = 6, k = 60$ menghasilkan $pk = 0.8773$ bagi siri masa O ₃ bulan Jun 2014 di Shah Alam	114
5.3	Contoh a) plot ruang fasa b) kaedah Cao c) k terbaik kppls d) k terbaik kppls e) k terbaik kppls f) model terbaik iaitu kppls dengan gabungan parameter $\tau = 1, m = 5, k = 43$ menghasilkan $pk = 0.9827$ bagi siri masa CO bulan September 2014 di Muar	124
5.4	Contoh a) τ melalui kaedah PMB b) plot ruang fasa c) kaedah Cao d) k terbaik kppls e) k terbaik kppls f) k terbaik kppls g) model terbaik iaitu kppls dengan gabungan parameter $\tau_{pmb} = 5, m = 6, k = 59$ menghasilkan $pk = 0.9821$ bagi siri masa CO bulan September 2014 di Muar	126
5.5	Contoh a) plot ruang fasa b) kaedah Cao c) k terbaik kppls d) k terbaik kppls e) k terbaik kppls f) model terbaik iaitu kppls dengan gabungan parameter $\tau = 1, m = 5, k = 68$ menghasilkan $pk = 0.9304$ bagi siri masa SO ₂ bulan Jun 2014 di Kota Kinabalu	136
5.6	Contoh a) τ melalui kaedah PMB b) plot ruang fasa c) kaedah Cao d) k terbaik kppls e) k terbaik kppls f) k terbaik kppls g) model terbaik iaitu kppls dengan gabungan parameter $\tau_{pmb} = 2, m = 5, k = 92$ menghasilkan $pk = 0.9300$ bagi siri masa SO ₂ bulan Jun 2014 di Kota Kinabalu	138
A.1	a) Plot ruang fasa $\tau = 1$ b) Kaedah Cao $\tau = 1$ c) Plot ruang fasa τ_{pmb} d) Kaedah Cao τ_{pmb} bagi siri masa O ₃ di Shah Alam pada Januari 2014	168
A.2	a) Plot ruang fasa $\tau = 1$ b) Kaedah Cao $\tau = 1$ c) Plot ruang fasa τ_{pmb} d) Kaedah Cao τ_{pmb} bagi siri masa O ₃ di Shah Alam pada Februari 2014	168





- A.3 a) Plot ruang fasa $\tau = 1$ b) Kaedah Cao $\tau = 1$ c) Plot ruang fasa τ_{pmb} d) Kaedah Cao τ_{pmb} bagi siri masa O_3 di Shah Alam pada Mac 2014 169
- A.4 a) Plot ruang fasa $\tau = 1$ b) Kaedah Cao $\tau = 1$ c) Plot ruang fasa τ_{pmb} d) Kaedah Cao τ_{pmb} bagi siri masa O_3 di Shah Alam pada April 2014 169
- A.5 a) Plot ruang fasa $\tau = 1$ b) Kaedah Cao $\tau = 1$ c) Plot ruang fasa τ_{pmb} d) Kaedah Cao τ_{pmb} bagi siri masa O_3 di Shah Alam pada Mei 2014 170
- A.6 a) Plot ruang fasa $\tau = 1$ b) Kaedah Cao $\tau = 1$ c) Plot ruang fasa τ_{pmb} d) Kaedah Cao τ_{pmb} bagi siri masa O_3 di Shah Alam pada Jun 2014 170
- A.7 a) Plot ruang fasa $\tau = 1$ b) Kaedah Cao $\tau = 1$ c) Plot ruang fasa τ_{pmb} d) Kaedah Cao τ_{pmb} bagi siri masa O_3 di Shah Alam pada Julai 2014 171
- A.8 a) Plot ruang fasa $\tau = 1$ b) Kaedah Cao $\tau = 1$ c) Plot ruang fasa τ_{pmb} d) Kaedah Cao τ_{pmb} bagi siri masa O_3 di Shah Alam pada Ogos 2014 171
- A.9 a) Plot ruang fasa $\tau = 1$ b) Kaedah Cao $\tau = 1$ c) Plot ruang fasa τ_{pmb} d) Kaedah Cao τ_{pmb} bagi siri masa O_3 di Shah Alam pada September 2014 172
- A.10 a) Plot ruang fasa $\tau = 1$ b) Kaedah Cao $\tau = 1$ c) Plot ruang fasa τ_{pmb} d) Kaedah Cao τ_{pmb} bagi siri masa O_3 di Shah Alam pada Februari 2017 172
- A.11 a) Plot ruang fasa $\tau = 1$ b) Kaedah Cao $\tau = 1$ c) Plot ruang fasa τ_{pmb} d) Kaedah Cao τ_{pmb} bagi siri masa O_3 di Shah Alam pada Mac 2017 173
- A.12 a) Plot ruang fasa $\tau = 1$ b) Kaedah Cao $\tau = 1$ c) Plot ruang fasa τ_{pmb} d) Kaedah Cao τ_{pmb} bagi siri masa O_3 di Shah Alam pada April 2017 173
- A.13 a) Plot ruang fasa $\tau = 1$ b) Kaedah Cao $\tau = 1$ c) Plot ruang fasa τ_{pmb} d) Kaedah Cao τ_{pmb} bagi siri masa O_3 di Shah Alam pada Mei 2017 174
- A.14 a) Plot ruang fasa $\tau = 1$ b) Kaedah Cao $\tau = 1$ c) Plot ruang fasa τ_{pmb} d) Kaedah Cao τ_{pmb} bagi siri masa O_3 di Shah Alam pada Ogos 2017 174





- A.15 a) Plot ruang fasa $\tau = 1$ b) Kaedah Cao $\tau = 1$ c) Plot ruang fasa τ_{pmb} d) Kaedah Cao τ_{pmb} bagi siri masa O_3 di Shah Alam pada September 2017 175
- A.16 a) Plot ruang fasa $\tau = 1$ b) Kaedah Cao $\tau = 1$ c) Plot ruang fasa τ_{pmb} d) Kaedah Cao τ_{pmb} bagi siri masa O_3 di Shah Alam pada Oktober 2017 175
- A.17 a) Plot ruang fasa $\tau = 1$ b) Kaedah Cao $\tau = 1$ c) Plot ruang fasa τ_{pmb} d) Kaedah Cao τ_{pmb} bagi siri masa O_3 di Shah Alam pada November 2017 176
- A.18 a) Plot ruang fasa $\tau = 1$ b) Kaedah Cao $\tau = 1$ c) Plot ruang fasa τ_{pmb} d) Kaedah Cao τ_{pmb} bagi siri masa O_3 di Shah Alam pada Disember 2017 176
- A.19 a) Plot ruang fasa $\tau = 1$ b) Kaedah Cao $\tau = 1$ c) Plot ruang fasa τ_{pmb} d) Kaedah Cao τ_{pmb} bagi siri masa CO di Shah Alam pada Januari 2014 177
- A.20 a) Plot ruang fasa $\tau = 1$ b) Kaedah Cao $\tau = 1$ c) Plot ruang fasa τ_{pmb} d) Kaedah Cao τ_{pmb} bagi siri masa CO di Shah Alam pada Februari 2014 177
- A.21 a) Plot ruang fasa $\tau = 1$ b) Kaedah Cao $\tau = 1$ c) Plot ruang fasa τ_{pmb} d) Kaedah Cao τ_{pmb} bagi siri masa CO di Shah Alam pada Mac 2014 178
- A.22 a) Plot ruang fasa $\tau = 1$ b) Kaedah Cao $\tau = 1$ c) Plot ruang fasa τ_{pmb} d) Kaedah Cao τ_{pmb} bagi siri masa CO di Shah Alam pada April 2014 178
- A.23 a) Plot ruang fasa $\tau = 1$ b) Kaedah Cao $\tau = 1$ c) Plot ruang fasa τ_{pmb} d) Kaedah Cao τ_{pmb} bagi siri masa CO di Shah Alam pada Mei 2014 179
- A.24 a) Plot ruang fasa $\tau = 1$ b) Kaedah Cao $\tau = 1$ c) Plot ruang fasa τ_{pmb} d) Kaedah Cao τ_{pmb} bagi siri masa CO di Shah Alam pada Jun 2014 179
- A.25 a) Plot ruang fasa $\tau = 1$ b) Kaedah Cao $\tau = 1$ c) Plot ruang fasa τ_{pmb} d) Kaedah Cao τ_{pmb} bagi siri masa CO di Shah Alam pada Julai 2014 180
- A.26 a) Plot ruang fasa $\tau = 1$ b) Kaedah Cao $\tau = 1$ c) Plot ruang fasa τ_{pmb} d) Kaedah Cao τ_{pmb} bagi siri masa CO di Shah Alam pada Ogos 2014 180





- A.27 a) Plot ruang fasa $\tau = 1$ b) Kaedah Cao $\tau = 1$ c) Plot ruang fasa τ_{pmb} d) Kaedah Cao τ_{pmb} bagi siri masa CO di Shah Alam pada Oktober 2014 181
- A.28 a) Plot ruang fasa $\tau = 1$ b) Kaedah Cao $\tau = 1$ c) Plot ruang fasa τ_{pmb} d) Kaedah Cao τ_{pmb} bagi siri masa CO di Shah Alam pada November 2014 181
- A.29 a) Plot ruang fasa $\tau = 1$ b) Kaedah Cao $\tau = 1$ c) Plot ruang fasa τ_{pmb} d) Kaedah Cao τ_{pmb} bagi siri masa CO di Shah Alam pada Disember 2014 182
- A.30 a) Plot ruang fasa $\tau = 1$ b) Kaedah Cao $\tau = 1$ c) Plot ruang fasa τ_{pmb} d) Kaedah Cao τ_{pmb} bagi siri masa CO di Shah Alam pada Januari 2017 182
- A.31 a) Plot ruang fasa $\tau = 1$ b) Kaedah Cao $\tau = 1$ c) Plot ruang fasa τ_{pmb} d) Kaedah Cao τ_{pmb} bagi siri masa CO di Shah Alam pada Februari 2017 183
- A.32 a) Plot ruang fasa $\tau = 1$ b) Kaedah Cao $\tau = 1$ c) Plot ruang fasa τ_{pmb} d) Kaedah Cao τ_{pmb} bagi siri masa CO di Shah Alam pada Mac 2017 183
- A.33 a) Plot ruang fasa $\tau = 1$ b) Kaedah Cao $\tau = 1$ c) Plot ruang fasa τ_{pmb} d) Kaedah Cao τ_{pmb} bagi siri masa CO di Shah Alam pada April 2017 184
- A.34 a) Plot ruang fasa $\tau = 1$ b) Kaedah Cao $\tau = 1$ c) Plot ruang fasa τ_{pmb} d) Kaedah Cao τ_{pmb} bagi siri masa CO di Shah Alam pada Mei 2017 184
- A.35 a) Plot ruang fasa $\tau = 1$ b) Kaedah Cao $\tau = 1$ c) Plot ruang fasa τ_{pmb} d) Kaedah Cao τ_{pmb} bagi siri masa CO di Shah Alam pada Julai 2017 185
- A.36 a) Plot ruang fasa $\tau = 1$ b) Kaedah Cao $\tau = 1$ c) Plot ruang fasa τ_{pmb} d) Kaedah Cao τ_{pmb} bagi siri masa CO di Shah Alam pada Ogos 2017 185
- A.37 a) Plot ruang fasa $\tau = 1$ b) Kaedah Cao $\tau = 1$ c) Plot ruang fasa τ_{pmb} d) Kaedah Cao τ_{pmb} bagi siri masa CO di Shah Alam pada September 2017 186
- A.38 a) Plot ruang fasa $\tau = 1$ b) Kaedah Cao $\tau = 1$ c) Plot ruang fasa τ_{pmb} d) Kaedah Cao τ_{pmb} bagi siri masa CO di Shah Alam pada Oktober 2017 186





- A.39 a) Plot ruang fasa $\tau = 1$ b) Kaedah Cao $\tau = 1$ c) Plot ruang fasa τ_{pmb} d) Kaedah Cao τ_{pmb} bagi siri masa CO di Shah Alam pada November 2017 187
- A.40 a) Plot ruang fasa $\tau = 1$ b) Kaedah Cao $\tau = 1$ c) Plot ruang fasa τ_{pmb} d) Kaedah Cao τ_{pmb} bagi siri masa CO di Shah Alam pada Disember 2017 187
- A.41 a) Plot ruang fasa $\tau = 1$ b) Kaedah Cao $\tau = 1$ c) Plot ruang fasa τ_{pmb} d) Kaedah Cao τ_{pmb} bagi siri masa SO₂ di Shah Alam pada Januari 2014 188
- A.42 a) Plot ruang fasa $\tau = 1$ b) Kaedah Cao $\tau = 1$ c) Plot ruang fasa τ_{pmb} d) Kaedah Cao τ_{pmb} bagi siri masa SO₂ di Shah Alam pada Februari 2014 188
- A.43 a) Plot ruang fasa $\tau = 1$ b) Kaedah Cao $\tau = 1$ c) Plot ruang fasa τ_{pmb} d) Kaedah Cao τ_{pmb} bagi siri masa SO₂ di Shah Alam pada Mei 2014 189
- A.44 a) Plot ruang fasa $\tau = 1$ b) Kaedah Cao $\tau = 1$ c) Plot ruang fasa τ_{pmb} d) Kaedah Cao τ_{pmb} bagi siri masa SO₂ di Shah Alam pada Jun 2014 189
- A.45 a) Plot ruang fasa $\tau = 1$ b) Kaedah Cao $\tau = 1$ c) Plot ruang fasa τ_{pmb} d) Kaedah Cao τ_{pmb} bagi siri masa SO₂ di Shah Alam pada Julai 2014 190
- A.46 a) Plot ruang fasa $\tau = 1$ b) Kaedah Cao $\tau = 1$ c) Plot ruang fasa τ_{pmb} d) Kaedah Cao τ_{pmb} bagi siri masa SO₂ di Shah Alam pada Ogos 2014 190
- A.47 a) Plot ruang fasa $\tau = 1$ b) Kaedah Cao $\tau = 1$ c) Plot ruang fasa τ_{pmb} d) Kaedah Cao τ_{pmb} bagi siri masa SO₂ di Shah Alam pada September 2014 191
- A.48 a) Plot ruang fasa $\tau = 1$ b) Kaedah Cao $\tau = 1$ c) Plot ruang fasa τ_{pmb} d) Kaedah Cao τ_{pmb} bagi siri masa SO₂ di Shah Alam pada Oktober 2014 191
- A.49 a) Plot ruang fasa $\tau = 1$ b) Kaedah Cao $\tau = 1$ c) Plot ruang fasa τ_{pmb} d) Kaedah Cao τ_{pmb} bagi siri masa SO₂ di Shah Alam pada November 2014 192
- A.50 a) Plot ruang fasa $\tau = 1$ b) Kaedah Cao $\tau = 1$ c) Plot ruang fasa τ_{pmb} d) Kaedah Cao τ_{pmb} bagi siri masa SO₂ di Shah Alam pada Disember 2014 192





- A.51 a) Plot ruang fasa $\tau = 1$ b) Kaedah Cao $\tau = 1$ c) Plot ruang fasa τ_{pmb} d) Kaedah Cao τ_{pmb} bagi siri masa SO₂ di Shah Alam pada Mei 2017 193
- A.52 a) Plot ruang fasa $\tau = 1$ b) Kaedah Cao $\tau = 1$ c) Plot ruang fasa τ_{pmb} d) Kaedah Cao τ_{pmb} bagi siri masa SO₂ di Shah Alam pada Julai 2017 193
- A.53 a) Plot ruang fasa $\tau = 1$ b) Kaedah Cao $\tau = 1$ c) Plot ruang fasa τ_{pmb} d) Kaedah Cao τ_{pmb} bagi siri masa SO₂ di Shah Alam pada Ogos 2017 194
- A.54 a) Plot ruang fasa $\tau = 1$ b) Kaedah Cao $\tau = 1$ c) Plot ruang fasa τ_{pmb} d) Kaedah Cao τ_{pmb} bagi siri masa SO₂ di Shah Alam pada September 2017 194
- A.55 a) Plot ruang fasa $\tau = 1$ b) Kaedah Cao $\tau = 1$ c) Plot ruang fasa τ_{pmb} d) Kaedah Cao τ_{pmb} bagi siri masa SO₂ di Shah Alam pada Oktober 2017 195
- A.56 a) Plot ruang fasa $\tau = 1$ b) Kaedah Cao $\tau = 1$ c) Plot ruang fasa τ_{pmb} d) Kaedah Cao τ_{pmb} bagi siri masa SO₂ di Shah Alam pada November 2017 195
- A.57 a) Plot ruang fasa $\tau = 1$ b) Kaedah Cao $\tau = 1$ c) Plot ruang fasa τ_{pmb} d) Kaedah Cao τ_{pmb} bagi siri masa SO₂ di Shah Alam pada Disember 2017 196
- B.1 a) Plot ruang fasa $\tau = 1$ b) Kaedah Cao $\tau = 1$ c) Plot ruang fasa τ_{pmb} d) Kaedah Cao τ_{pmb} bagi siri masa O₃ di Muar pada Januari 2014 197
- B.2 a) Plot ruang fasa $\tau = 1$ b) Kaedah Cao $\tau = 1$ c) Plot ruang fasa τ_{pmb} d) Kaedah Cao τ_{pmb} bagi siri masa O₃ di Muar pada Februari 2014 197
- B.3 a) Plot ruang fasa $\tau = 1$ b) Kaedah Cao $\tau = 1$ c) Plot ruang fasa τ_{pmb} d) Kaedah Cao τ_{pmb} bagi siri masa O₃ di Muar pada Mac 2014 198
- B.4 a) Plot ruang fasa $\tau = 1$ b) Kaedah Cao $\tau = 1$ c) Plot ruang fasa τ_{pmb} d) Kaedah Cao τ_{pmb} bagi siri masa O₃ di Muar pada April 2014 198
- B.5 a) Plot ruang fasa $\tau = 1$ b) Kaedah Cao $\tau = 1$ c) Plot ruang fasa τ_{pmb} d) Kaedah Cao τ_{pmb} bagi siri masa O₃ di Muar pada Mei 2014 199





- B.6 a) Plot ruang fasa $\tau = 1$ b) Kaedah Cao $\tau = 1$ c) Plot ruang fasa τ_{pmb} d) Kaedah Cao τ_{pmb} bagi siri masa O_3 di Muar pada Jun 2014 199
- B.7 a) Plot ruang fasa $\tau = 1$ b) Kaedah Cao $\tau = 1$ c) Plot ruang fasa τ_{pmb} d) Kaedah Cao τ_{pmb} bagi siri masa O_3 di Muar pada Julai 2014 200
- B.8 a) Plot ruang fasa $\tau = 1$ b) Kaedah Cao $\tau = 1$ c) Plot ruang fasa τ_{pmb} d) Kaedah Cao τ_{pmb} bagi siri masa O_3 di Muar pada Ogos 2014 200
- B.9 a) Plot ruang fasa $\tau = 1$ b) Kaedah Cao $\tau = 1$ c) Plot ruang fasa τ_{pmb} d) Kaedah Cao τ_{pmb} bagi siri masa O_3 di Muar pada September 2014 201
- B.10 a) Plot ruang fasa $\tau = 1$ b) Kaedah Cao $\tau = 1$ c) Plot ruang fasa τ_{pmb} d) Kaedah Cao τ_{pmb} bagi siri masa O_3 di Muar pada Oktober 2014 201
- B.11 a) Plot ruang fasa $\tau = 1$ b) Kaedah Cao $\tau = 1$ c) Plot ruang fasa τ_{pmb} d) Kaedah Cao τ_{pmb} bagi siri masa O_3 di Muar pada November 2014 202
- B.12 a) Plot ruang fasa $\tau = 1$ b) Kaedah Cao $\tau = 1$ c) Plot ruang fasa τ_{pmb} d) Kaedah Cao τ_{pmb} bagi siri masa O_3 di Muar pada Disember 2014 202
- B.13 a) Plot ruang fasa $\tau = 1$ b) Kaedah Cao $\tau = 1$ c) Plot ruang fasa τ_{pmb} d) Kaedah Cao τ_{pmb} bagi siri masa O_3 di Muar pada April 2017 203
- B.14 a) Plot ruang fasa $\tau = 1$ b) Kaedah Cao $\tau = 1$ c) Plot ruang fasa τ_{pmb} d) Kaedah Cao τ_{pmb} bagi siri masa O_3 di Muar pada Mei 2017 203
- B.15 a) Plot ruang fasa $\tau = 1$ b) Kaedah Cao $\tau = 1$ c) Plot ruang fasa τ_{pmb} d) Kaedah Cao τ_{pmb} bagi siri masa O_3 di Muar pada Ogos 2017 204
- B.16 a) Plot ruang fasa $\tau = 1$ b) Kaedah Cao $\tau = 1$ c) Plot ruang fasa τ_{pmb} d) Kaedah Cao τ_{pmb} bagi siri masa O_3 di Muar pada September 2017 204
- B.17 a) Plot ruang fasa $\tau = 1$ b) Kaedah Cao $\tau = 1$ c) Plot ruang fasa τ_{pmb} d) Kaedah Cao τ_{pmb} bagi siri masa O_3 di Muar pada Oktober 2017 205





- B.18 a) Plot ruang fasa $\tau = 1$ b) Kaedah Cao $\tau = 1$ c) Plot ruang fasa τ_{pmb} d) Kaedah Cao τ_{pmb} bagi siri masa O_3 di Muar pada November 2017 205
- B.19 a) Plot ruang fasa $\tau = 1$ b) Kaedah Cao $\tau = 1$ c) Plot ruang fasa τ_{pmb} d) Kaedah Cao τ_{pmb} bagi siri masa O_3 di Muar pada Disember 2017 206
- B.20 a) Plot ruang fasa $\tau = 1$ b) Kaedah Cao $\tau = 1$ c) Plot ruang fasa τ_{pmb} d) Kaedah Cao τ_{pmb} bagi siri masa CO di Muar pada Mac 2014 206
- B.21 a) Plot ruang fasa $\tau = 1$ b) Kaedah Cao $\tau = 1$ c) Plot ruang fasa τ_{pmb} d) Kaedah Cao τ_{pmb} bagi siri masa CO di Muar pada April 2014 207
- B.22 a) Plot ruang fasa $\tau = 1$ b) Kaedah Cao $\tau = 1$ c) Plot ruang fasa τ_{pmb} d) Kaedah Cao τ_{pmb} bagi siri masa CO di Muar pada Mei 2014 207
- B.23 a) Plot ruang fasa $\tau = 1$ b) Kaedah Cao $\tau = 1$ c) Plot ruang fasa τ_{pmb} d) Kaedah Cao τ_{pmb} bagi siri masa CO di Muar pada Jun 2014 208
- B.24 a) Plot ruang fasa $\tau = 1$ b) Kaedah Cao $\tau = 1$ c) Plot ruang fasa τ_{pmb} d) Kaedah Cao τ_{pmb} bagi siri masa CO di Muar pada Julai 2014 208
- B.25 a) Plot ruang fasa $\tau = 1$ b) Kaedah Cao $\tau = 1$ c) Plot ruang fasa τ_{pmb} d) Kaedah Cao τ_{pmb} bagi siri masa CO di Muar pada Ogos 2014 209
- B.26 a) Plot ruang fasa $\tau = 1$ b) Kaedah Cao $\tau = 1$ c) Plot ruang fasa τ_{pmb} d) Kaedah Cao τ_{pmb} bagi siri masa CO di Muar pada September 2014 209
- B.27 a) Plot ruang fasa $\tau = 1$ b) Kaedah Cao $\tau = 1$ c) Plot ruang fasa τ_{pmb} d) Kaedah Cao τ_{pmb} bagi siri masa CO di Muar pada Oktober 2014 210
- B.28 a) Plot ruang fasa $\tau = 1$ b) Kaedah Cao $\tau = 1$ c) Plot ruang fasa τ_{pmb} d) Kaedah Cao τ_{pmb} bagi siri masa CO di Muar pada November 2014 210
- B.29 a) Plot ruang fasa $\tau = 1$ b) Kaedah Cao $\tau = 1$ c) Plot ruang fasa τ_{pmb} d) Kaedah Cao τ_{pmb} bagi siri masa CO di Muar pada Disember 2014 211





- B.30 a) Plot ruang fasa $\tau = 1$ b) Kaedah Cao $\tau = 1$ c) Plot ruang fasa τ_{pmb} d) Kaedah Cao τ_{pmb} bagi siri masa CO di Muar pada Januari 2017 211
- B.31 a) Plot ruang fasa $\tau = 1$ b) Kaedah Cao $\tau = 1$ c) Plot ruang fasa τ_{pmb} d) Kaedah Cao τ_{pmb} bagi siri masa CO di Muar pada Februari 2017 212
- B.32 a) Plot ruang fasa $\tau = 1$ b) Kaedah Cao $\tau = 1$ c) Plot ruang fasa τ_{pmb} d) Kaedah Cao τ_{pmb} bagi siri masa CO di Muar pada Mei 2017 212
- B.33 a) Plot ruang fasa $\tau = 1$ b) Kaedah Cao $\tau = 1$ c) Plot ruang fasa τ_{pmb} d) Kaedah Cao τ_{pmb} bagi siri masa CO di Muar pada Ogos 2017 213
- B.34 a) Plot ruang fasa $\tau = 1$ b) Kaedah Cao $\tau = 1$ c) Plot ruang fasa τ_{pmb} d) Kaedah Cao τ_{pmb} bagi siri masa CO di Muar pada September 2017 213
- B.35 a) Plot ruang fasa $\tau = 1$ b) Kaedah Cao $\tau = 1$ c) Plot ruang fasa τ_{pmb} d) Kaedah Cao τ_{pmb} bagi siri masa CO di Muar pada Oktober 2017 214
- B.36 a) Plot ruang fasa $\tau = 1$ b) Kaedah Cao $\tau = 1$ c) Plot ruang fasa τ_{pmb} d) Kaedah Cao τ_{pmb} bagi siri masa CO di Muar pada November 2017 214
- B.37 a) Plot ruang fasa $\tau = 1$ b) Kaedah Cao $\tau = 1$ c) Plot ruang fasa τ_{pmb} d) Kaedah Cao τ_{pmb} bagi siri masa CO di Muar pada Disember 2017 215
- B.38 a) Plot ruang fasa $\tau = 1$ b) Kaedah Cao $\tau = 1$ c) Plot ruang fasa τ_{pmb} d) Kaedah Cao τ_{pmb} bagi siri masa SO₂ di Muar pada Jun 2014 215
- B.39 a) Plot ruang fasa $\tau = 1$ b) Kaedah Cao $\tau = 1$ c) Plot ruang fasa τ_{pmb} d) Kaedah Cao τ_{pmb} bagi siri masa SO₂ di Muar pada Julai 2014 216
- B.40 a) Plot ruang fasa $\tau = 1$ b) Kaedah Cao $\tau = 1$ c) Plot ruang fasa τ_{pmb} d) Kaedah Cao τ_{pmb} bagi siri masa SO₂ di Muar pada Ogos 2014 216
- B.41 a) Plot ruang fasa $\tau = 1$ b) Kaedah Cao $\tau = 1$ c) Plot ruang fasa τ_{pmb} d) Kaedah Cao τ_{pmb} bagi siri masa SO₂ di Muar pada September 2014 217





- B.42 a) Plot ruang fasa $\tau = 1$ b) Kaedah Cao $\tau = 1$ c) Plot ruang fasa τ_{pmb} d) Kaedah Cao τ_{pmb} bagi siri masa SO₂ di Muar pada Oktober 2014 217
- B.43 a) Plot ruang fasa $\tau = 1$ b) Kaedah Cao $\tau = 1$ c) Plot ruang fasa τ_{pmb} d) Kaedah Cao τ_{pmb} bagi siri masa SO₂ di Muar pada November 2014 218
- B.44 a) Plot ruang fasa $\tau = 1$ b) Kaedah Cao $\tau = 1$ c) Plot ruang fasa τ_{pmb} d) Kaedah Cao τ_{pmb} bagi siri masa SO₂ di Muar pada Disember 2014 218
- B.45 a) Plot ruang fasa $\tau = 1$ b) Kaedah Cao $\tau = 1$ c) Plot ruang fasa τ_{pmb} d) Kaedah Cao τ_{pmb} bagi siri masa SO₂ di Muar pada Mei 2017 219
- B.46 a) Plot ruang fasa $\tau = 1$ b) Kaedah Cao $\tau = 1$ c) Plot ruang fasa τ_{pmb} d) Kaedah Cao τ_{pmb} bagi siri masa SO₂ di Muar pada Jun 2017 219
- B.47 a) Plot ruang fasa $\tau = 1$ b) Kaedah Cao $\tau = 1$ c) Plot ruang fasa τ_{pmb} d) Kaedah Cao τ_{pmb} bagi siri masa SO₂ di Muar pada Julai 2017 220
- B.48 a) Plot ruang fasa $\tau = 1$ b) Kaedah Cao $\tau = 1$ c) Plot ruang fasa τ_{pmb} d) Kaedah Cao τ_{pmb} bagi siri masa SO₂ di Muar pada Ogos 2017 220
- B.49 a) Plot ruang fasa $\tau = 1$ b) Kaedah Cao $\tau = 1$ c) Plot ruang fasa τ_{pmb} d) Kaedah Cao τ_{pmb} bagi siri masa SO₂ di Muar pada September 2017 221
- B.50 a) Plot ruang fasa $\tau = 1$ b) Kaedah Cao $\tau = 1$ c) Plot ruang fasa τ_{pmb} d) Kaedah Cao τ_{pmb} bagi siri masa SO₂ di Muar pada Oktober 2017 221
- B.51 a) Plot ruang fasa $\tau = 1$ b) Kaedah Cao $\tau = 1$ c) Plot ruang fasa τ_{pmb} d) Kaedah Cao τ_{pmb} bagi siri masa SO₂ di Muar pada November 2017 222
- B.52 a) Plot ruang fasa $\tau = 1$ b) Kaedah Cao $\tau = 1$ c) Plot ruang fasa τ_{pmb} d) Kaedah Cao τ_{pmb} bagi siri masa SO₂ di Muar pada Disember 2017 222
- C.1 a) Plot ruang fasa $\tau = 1$ b) Kaedah Cao $\tau = 1$ c) Plot ruang fasa τ_{pmb} d) Kaedah Cao τ_{pmb} bagi siri masa O₃ di Kota Kinabalu pada Januari 2014 223





- C.2 a) Plot ruang fasa $\tau = 1$ b) Kaedah Cao $\tau = 1$ c) Plot ruang fasa τ_{pmb} d) Kaedah Cao τ_{pmb} bagi siri masa O_3 di Kota Kinabalu pada Februari 2014 223
- C.3 a) Plot ruang fasa $\tau = 1$ b) Kaedah Cao $\tau = 1$ c) Plot ruang fasa τ_{pmb} d) Kaedah Cao τ_{pmb} bagi siri masa O_3 di Kota Kinabalu pada Mac 2014 224
- C.4 a) Plot ruang fasa $\tau = 1$ b) Kaedah Cao $\tau = 1$ c) Plot ruang fasa τ_{pmb} d) Kaedah Cao τ_{pmb} bagi siri masa O_3 di Kota Kinabalu pada April 2014 224
- C.5 a) Plot ruang fasa $\tau = 1$ b) Kaedah Cao $\tau = 1$ c) Plot ruang fasa τ_{pmb} d) Kaedah Cao τ_{pmb} bagi siri masa O_3 di Kota Kinabalu pada Mei 2014 225
- C.6 a) Plot ruang fasa $\tau = 1$ b) Kaedah Cao $\tau = 1$ c) Plot ruang fasa τ_{pmb} d) Kaedah Cao τ_{pmb} bagi siri masa O_3 di Kota Kinabalu pada Jun 2014 225
- C.7 a) Plot ruang fasa $\tau = 1$ b) Kaedah Cao $\tau = 1$ c) Plot ruang fasa τ_{pmb} d) Kaedah Cao τ_{pmb} bagi siri masa O_3 di Kota Kinabalu pada Julai 2014 226
- C.8 a) Plot ruang fasa $\tau = 1$ b) Kaedah Cao $\tau = 1$ c) Plot ruang fasa τ_{pmb} d) Kaedah Cao τ_{pmb} bagi siri masa O_3 di Kota Kinabalu pada Ogos 2014 226
- C.9 a) Plot ruang fasa $\tau = 1$ b) Kaedah Cao $\tau = 1$ c) Plot ruang fasa τ_{pmb} d) Kaedah Cao τ_{pmb} bagi siri masa O_3 di Kota Kinabalu pada September 2014 227
- C.10 a) Plot ruang fasa $\tau = 1$ b) Kaedah Cao $\tau = 1$ c) Plot ruang fasa τ_{pmb} d) Kaedah Cao τ_{pmb} bagi siri masa O_3 di Kota Kinabalu pada Oktober 2014 227
- C.11 a) Plot ruang fasa $\tau = 1$ b) Kaedah Cao $\tau = 1$ c) Plot ruang fasa τ_{pmb} d) Kaedah Cao τ_{pmb} bagi siri masa O_3 di Kota Kinabalu pada November 2014 228
- C.12 a) Plot ruang fasa $\tau = 1$ b) Kaedah Cao $\tau = 1$ c) Plot ruang fasa τ_{pmb} d) Kaedah Cao τ_{pmb} bagi siri masa O_3 di Kota Kinabalu pada Disember 2014 228
- C.13 a) Plot ruang fasa $\tau = 1$ b) Kaedah Cao $\tau = 1$ c) Plot ruang fasa τ_{pmb} d) Kaedah Cao τ_{pmb} bagi siri masa O_3 di Kota Kinabalu pada Januari 2017 229





- C.14 a) Plot ruang fasa $\tau = 1$ b) Kaedah Cao $\tau = 1$ c) Plot ruang fasa τ_{pmb} d) Kaedah Cao τ_{pmb} bagi siri masa O_3 di Kota Kinabalu pada Februari 2017 229
- C.15 a) Plot ruang fasa $\tau = 1$ b) Kaedah Cao $\tau = 1$ c) Plot ruang fasa τ_{pmb} d) Kaedah Cao τ_{pmb} bagi siri masa O_3 di Kota Kinabalu pada Mac 2017 230
- C.16 a) Plot ruang fasa $\tau = 1$ b) Kaedah Cao $\tau = 1$ c) Plot ruang fasa τ_{pmb} d) Kaedah Cao τ_{pmb} bagi siri masa O_3 di Kota Kinabalu pada Mei 2017 230
- C.17 a) Plot ruang fasa $\tau = 1$ b) Kaedah Cao $\tau = 1$ c) Plot ruang fasa τ_{pmb} d) Kaedah Cao τ_{pmb} bagi siri masa O_3 di Kota Kinabalu pada Jun 2017 231
- C.18 a) Plot ruang fasa $\tau = 1$ b) Kaedah Cao $\tau = 1$ c) Plot ruang fasa τ_{pmb} d) Kaedah Cao τ_{pmb} bagi siri masa O_3 di Kota Kinabalu pada Julai 2017 231
- C.19 a) Plot ruang fasa $\tau = 1$ b) Kaedah Cao $\tau = 1$ c) Plot ruang fasa τ_{pmb} d) Kaedah Cao τ_{pmb} bagi siri masa O_3 di Kota Kinabalu pada Ogos 2017 232
- C.20 a) Plot ruang fasa $\tau = 1$ b) Kaedah Cao $\tau = 1$ c) Plot ruang fasa τ_{pmb} d) Kaedah Cao τ_{pmb} bagi siri masa O_3 di Kota Kinabalu pada September 2017 232
- C.21 a) Plot ruang fasa $\tau = 1$ b) Kaedah Cao $\tau = 1$ c) Plot ruang fasa τ_{pmb} d) Kaedah Cao τ_{pmb} bagi siri masa O_3 di Kota Kinabalu pada Oktober 2017 233
- C.22 a) Plot ruang fasa $\tau = 1$ b) Kaedah Cao $\tau = 1$ c) Plot ruang fasa τ_{pmb} d) Kaedah Cao τ_{pmb} bagi siri masa O_3 di Kota Kinabalu pada November 2017 233
- C.23 a) Plot ruang fasa $\tau = 1$ b) Kaedah Cao $\tau = 1$ c) Plot ruang fasa τ_{pmb} d) Kaedah Cao τ_{pmb} bagi siri masa O_3 di Kota Kinabalu pada Disember 2017 234
- C.24 a) Plot ruang fasa $\tau = 1$ b) Kaedah Cao $\tau = 1$ c) Plot ruang fasa τ_{pmb} d) Kaedah Cao τ_{pmb} bagi siri masa CO di Kota Kinabalu pada Mei 2014 234
- C.25 a) Plot ruang fasa $\tau = 1$ b) Kaedah Cao $\tau = 1$ c) Plot ruang fasa τ_{pmb} d) Kaedah Cao τ_{pmb} bagi siri masa CO di Kota Kinabalu pada Jun 2014 235





- C.26 a) Plot ruang fasa $\tau = 1$ b) Kaedah Cao $\tau = 1$ c) Plot ruang fasa τ_{pmb} d) Kaedah Cao τ_{pmb} bagi siri masa CO di Kota Kinabalu pada Julai 2014 235
- C.27 a) Plot ruang fasa $\tau = 1$ b) Kaedah Cao $\tau = 1$ c) Plot ruang fasa τ_{pmb} d) Kaedah Cao τ_{pmb} bagi siri masa CO di Kota Kinabalu pada November 2014 236
- C.28 a) Plot ruang fasa $\tau = 1$ b) Kaedah Cao $\tau = 1$ c) Plot ruang fasa τ_{pmb} d) Kaedah Cao τ_{pmb} bagi siri masa CO di Kota Kinabalu pada Disember 2014 236
- C.29 a) Plot ruang fasa $\tau = 1$ b) Kaedah Cao $\tau = 1$ c) Plot ruang fasa τ_{pmb} d) Kaedah Cao τ_{pmb} bagi siri masa CO di Kota Kinabalu pada Januari 2017 237
- C.30 a) Plot ruang fasa $\tau = 1$ b) Kaedah Cao $\tau = 1$ c) Plot ruang fasa τ_{pmb} d) Kaedah Cao τ_{pmb} bagi siri masa CO di Kota Kinabalu pada Februari 2017 237
- C.31 a) Plot ruang fasa $\tau = 1$ b) Kaedah Cao $\tau = 1$ c) Plot ruang fasa τ_{pmb} d) Kaedah Cao τ_{pmb} bagi siri masa CO di Kota Kinabalu pada Mac 2017 238
- C.32 a) Plot ruang fasa $\tau = 1$ b) Kaedah Cao $\tau = 1$ c) Plot ruang fasa τ_{pmb} d) Kaedah Cao τ_{pmb} bagi siri masa CO di Kota Kinabalu pada Mei 2017 238
- C.33 a) Plot ruang fasa $\tau = 1$ b) Kaedah Cao $\tau = 1$ c) Plot ruang fasa τ_{pmb} d) Kaedah Cao τ_{pmb} bagi siri masa CO di Kota Kinabalu pada Jun 2017 239
- C.34 a) Plot ruang fasa $\tau = 1$ b) Kaedah Cao $\tau = 1$ c) Plot ruang fasa τ_{pmb} d) Kaedah Cao τ_{pmb} bagi siri masa CO di Kota Kinabalu pada Julai 2017 239
- C.35 a) Plot ruang fasa $\tau = 1$ b) Kaedah Cao $\tau = 1$ c) Plot ruang fasa τ_{pmb} d) Kaedah Cao τ_{pmb} bagi siri masa CO di Kota Kinabalu pada Ogos 2017 240
- C.36 a) Plot ruang fasa $\tau = 1$ b) Kaedah Cao $\tau = 1$ c) Plot ruang fasa τ_{pmb} d) Kaedah Cao τ_{pmb} bagi siri masa CO di Kota Kinabalu pada September 2017 240
- C.37 a) Plot ruang fasa $\tau = 1$ b) Kaedah Cao $\tau = 1$ c) Plot ruang fasa τ_{pmb} d) Kaedah Cao τ_{pmb} bagi siri masa CO di Kota Kinabalu pada Oktober 2017 241





- C.38 a) Plot ruang fasa $\tau = 1$ b) Kaedah Cao $\tau = 1$ c) Plot ruang fasa τ_{pmb} d) Kaedah Cao τ_{pmb} bagi siri masa CO di Kota Kinabalu pada November 2017 241
- C.39 a) Plot ruang fasa $\tau = 1$ b) Kaedah Cao $\tau = 1$ c) Plot ruang fasa τ_{pmb} d) Kaedah Cao τ_{pmb} bagi siri masa CO di Kota Kinabalu pada Disember 2017 242
- C.40 a) Plot ruang fasa $\tau = 1$ b) Kaedah Cao $\tau = 1$ c) Plot ruang fasa τ_{pmb} d) Kaedah Cao τ_{pmb} bagi siri masa SO₂ di Kota Kinabalu pada Mei 2014 242
- C.41 a) Plot ruang fasa $\tau = 1$ b) Kaedah Cao $\tau = 1$ c) Plot ruang fasa τ_{pmb} d) Kaedah Cao τ_{pmb} bagi siri masa SO₂ di Kota Kinabalu pada Jun 2014 243
- C.42 a) Plot ruang fasa $\tau = 1$ b) Kaedah Cao $\tau = 1$ c) Plot ruang fasa τ_{pmb} d) Kaedah Cao τ_{pmb} bagi siri masa SO₂ di Kota Kinabalu pada Julai 2014 243
- C.43 a) Plot ruang fasa $\tau = 1$ b) Kaedah Cao $\tau = 1$ c) Plot ruang fasa τ_{pmb} d) Kaedah Cao τ_{pmb} bagi siri masa SO₂ di Kota Kinabalu pada Ogos 2014 244
- C.44 a) Plot ruang fasa $\tau = 1$ b) Kaedah Cao $\tau = 1$ c) Plot ruang fasa τ_{pmb} d) Kaedah Cao τ_{pmb} bagi siri masa SO₂ di Kota Kinabalu pada September 2014 244
- C.45 a) Plot ruang fasa $\tau = 1$ b) Kaedah Cao $\tau = 1$ c) Plot ruang fasa τ_{pmb} d) Kaedah Cao τ_{pmb} bagi siri masa SO₂ di Kota Kinabalu pada Oktober 2014 245
- C.46 a) Plot ruang fasa $\tau = 1$ b) Kaedah Cao $\tau = 1$ c) Plot ruang fasa τ_{pmb} d) Kaedah Cao τ_{pmb} bagi siri masa SO₂ di Kota Kinabalu pada November 2014 245
- C.47 a) Plot ruang fasa $\tau = 1$ b) Kaedah Cao $\tau = 1$ c) Plot ruang fasa τ_{pmb} d) Kaedah Cao τ_{pmb} bagi siri masa SO₂ di Kota Kinabalu pada Disember 2014 246
- C.48 a) Plot ruang fasa $\tau = 1$ b) Kaedah Cao $\tau = 1$ c) Plot ruang fasa τ_{pmb} d) Kaedah Cao τ_{pmb} bagi siri masa SO₂ di Kota Kinabalu pada Mei 2017 246
- C.49 a) Plot ruang fasa $\tau = 1$ b) Kaedah Cao $\tau = 1$ c) Plot ruang fasa τ_{pmb} d) Kaedah Cao τ_{pmb} bagi siri masa SO₂ di Kota Kinabalu pada Jun 2017 247



C.50	a) Plot ruang fasa $\tau = 1$ b) Kaedah Cao $\tau = 1$ c) Plot ruang fasa τ_{pmb} d) Kaedah Cao τ_{pmb} bagi siri masa SO ₂ di Kota Kinabalu pada Julai 2017	247
C.51	a) Plot ruang fasa $\tau = 1$ b) Kaedah Cao $\tau = 1$ c) Plot ruang fasa τ_{pmb} d) Kaedah Cao τ_{pmb} bagi siri masa SO ₂ di Kota Kinabalu pada Ogos 2017	248
C.52	a) Plot ruang fasa $\tau = 1$ b) Kaedah Cao $\tau = 1$ c) Plot ruang fasa τ_{pmb} d) Kaedah Cao τ_{pmb} bagi siri masa SO ₂ di Kota Kinabalu pada September 2017	248
C.53	a) Plot ruang fasa $\tau = 1$ b) Kaedah Cao $\tau = 1$ c) Plot ruang fasa τ_{pmb} d) Kaedah Cao τ_{pmb} bagi siri masa SO ₂ di Kota Kinabalu pada Oktober 2017	249
C.54	a) Plot ruang fasa $\tau = 1$ b) Kaedah Cao $\tau = 1$ c) Plot ruang fasa τ_{pmb} d) Kaedah Cao τ_{pmb} bagi siri masa SO ₂ di Kota Kinabalu pada November 2017	249
C.55	a) Plot ruang fasa $\tau = 1$ b) Kaedah Cao $\tau = 1$ c) Plot ruang fasa τ_{pmb} d) Kaedah Cao τ_{pmb} bagi siri masa SO ₂ di Kota Kinabalu pada Disember 2017	250



SENARAI SINGKATAN

PMB	purata maklumat bersama
k	nilai jiran terdekat
τ	masa tunda
τ_{pmb}	masa tunda menggunakan kaedah purata maklumat bersama
m	matra pembenaman
$E1(m)$	parameter kaedah Cao
$E2(m)$	parameter kaedah Cao
$I(T)$	parameter kaedah pmb
O_3	Ozon
CO	Karbon Monoksida
SO ₂	Sulfur Dioksida
NO ₂	Nitrogen Dioksida
O ₂	Oksigen
PM ₁₀	zarah terampai
UV	Ultraungu
ppb	<i>Part per billion</i>
IPU	Indeks Pencemaran Udara
JASM	Jabatan Alam Sekitar Malaysia
JPM	Jabatan Perangkaan Malaysia
JSM	Jabatan Statistik Malaysia





NASA	<i>National Aeronautics and Space Administration</i>
kpps	Kaedah Penghampiran Purata Setempat
kppls	Kaedah Penghampiran Linear Setempat
kppls	Kaedah Penambahbaikkan Penghampiran Linear Setempat
ARL	Kaedah Regresi Linear
NAN	<i>Not A Number</i>
pk	Pekali korelasi
$rppkd$	Ralat purata punca kuasa dua
prm	Purata ralat mutlak
KDNK	Keluaran dalam Negeri Kasar
TSTOOL	<i>Time Series Tool</i>
Matlab	Program Pengaturcaraan



BAB 1

PENDAHULUAN

Bab ini menerangkan secara ringkas tentang gambaran awal kajian ini. Bab ini bermula dengan latar belakang kajian yang mendorong peramalan menggunakan pendekatan kalut dalam kajian ini. Seterusnya, pernyataan masalah diterangkan yang membawa kepada kajian ini perlu dilakukan. Daripada pernyataan masalah yang dinyatakan, disenaraikan objektif kajian dan persoalan kajian. Kemudian, batasan kajian dan sumbangan kajian juga diterangkan. Akhir sekali, rangka kajian diterangkan secara menyeluruh daripada Bab 1 sehingga Bab 6.



1.2 Latar Belakang Kajian

Matematik gunaan adalah aplikasi kaedah matematik dalam pelbagai bidang seperti sains, perniagaan, industri dan pelbagai lagi. Matematik gunaan digunakan dalam bidang pengkhususan seperti jurusan kewangan, kejuruteraan dan sains komputer yang mana secara amnya menggunakan matematik. Selain itu, matematik gunaan juga boleh menjadi kombinasi dengan bidang kepakaran lain. Matematik digunakan untuk menyelesaikan masalah dengan memformulasikan, membina model dan seterusnya memahami tentang model matematik.

Pendekatan kalut ini sudah mula dimasukkan dalam penulisan ilmiah oleh Li dan Yorke (1975). Merujuk kepada *Period Three Theorem*, Li dan Yorke (1975) membuktikan bahawa mana-mana satu dimensi sistem yang mempamerkan kitaran tetap (*regular cycle*) dalam tempoh tiga kitaran, sistem itu juga akan memaparkan kitaran tetap bagi setiap panjang yang lain yang sepenuhnya menunjukkan kitaran kalut. Peramalan siri masa juga termasuk dalam matematik gunaan. Peramalan adalah bermaksud meramal sesuatu bacaan dalam bentuk kuantiti. Secara amnya, sesuatu bacaan adalah bergantung kepada bacaan data lepas untuk meramal bacaan masa hadapan.

Terdapat beberapa jenis peramalan yang pernah dijalankan antaranya kaedah rangkaian neural (Muhamad et al., 2015) dan kaedah regresi linear berganda (El Aissaoui et al., 2020). Peramalan tahap pencemaraan udara menggunakan kedua-dua kaedah berkenaan adalah bergantung kepada faktor meteorologi seperti suhu air, kelembapan, radiasi matahari dan kelajuan angin. Bukan itu sahaja, gas metana,





karbon monoksida (CO) dan nitrogen dioksida (NO₂) juga merupakan faktor yang diperlukan untuk meramal tahap pencemaran. Namun begitu, data bagi faktor-faktor berkenaan tidak mencukupi. Kelebihan melakukan proses peramalan menggunakan pendekatan kalut adalah kerana, pendekatan kalut hanya memerlukan data lepas sahaja tanpa melibatkan faktor-faktor yang lain. Antara peramalan yang pernah dijalankan oleh beberapa pengkaji adalah kajian terhadap siri masa ozon (Hamid, Noorani dan Adenan, 2017), siri masa aliran sungai (Adenan, Hamid, Mohamed dan Noorani, 2017), siri masa aras laut (Ali dan Hamid, 2019a), siri masa suhu (Bahari dan Hamid, 2019a) dan siri masa hidrologi (Mashuri, Adenan dan Hamid, 2019). Hasil peramalan melalui pendekatan kalut menunjukkan prestasi peramalan yang cemerlang berdasarkan pekali korelasi (pk). Oleh itu, peramalan menggunakan pendekatan kalut dipilih dalam kajian ini.



Data terbahagi kepada dua iaitu data berketentuan dan juga rawak. Peramalan bagi data rawak tidak dapat dilakukan manakala bagi data yang berketentuan, peramalan boleh dilakukan (Abarbanel, 1996). Menurut Abarbanel (1996), data kalut adalah di antara berketentuan dan rawak. Namun, sifat kalut ini adalah peka pada nilai awal. Sedikit perubahan pada nilai awal akan memberi kesan kepada peramalan pada masa hadapan. Disebabkan sifat kalut ini peka terhadap nilai awal, hanya peramalan jangka masa pendek dicadangkan (Abarbanel, 1996). Namun, jangka masa yang tetap bagi peramalan jangka masa pendek tidak dinyatakan. Seterusnya, Sprott (2003) dalam kajiannya menyatakan peramalan jangka masa pendek sahaja dibenarkan. Kemudian, Sivakumar (2017) menyatakan data yang digunakan adalah bergantung kepada siri masa yang digunakan. Saiz data digunakan adalah dicadangkan pendek iaitu antara ratusan hingga ribuan data.





Pendekatan kalut sudah digunakan secara meluas di pelbagai negara. Antara kajian yang pernah dilakukan dengan pendekatan kalut adalah peramalan bacaan harian kepekatan logam PM_{10} bersaiz 10 mikron ke bawah di Mumbai oleh Chelani dan Devota (2006), bacaan setiap jam gelombang ribut di Netherlands oleh Siek dan Solomantine (2010), dan bacaan setiap jam kepekatan O_3 di Malaysia oleh Hamid et al. (2017a). Pendekatan kalut juga telah meluas digunakan dalam bidang hidrologi seperti bacaan aliran sungai yang penting untuk meramal banjir oleh Adenan dan Noorani (2017b).

Pembinaan model peramalan menggunakan pendekatan kalut ini perlu melalui dua peringkat iaitu i) pembinaan ruang fasa ii) proses peramalan. Proses peramalan dilakukan menggunakan samada kaedah penghampiran purata setempat (kpps), kaedah penghampiran linear setempat (kpls) dan kaedah penambahbaikan penghampiran linear setempat (kppls).

1.3 Penyataan Masalah

Pencemaran udara berlaku apabila gas, zarah habuk, asap atau bau dilepaskan ke udara pada skala yang besar menjadikannya berbahaya kepada manusia, haiwan dan tumbuhan (Choudary dan Garg, 2013). Pencemaran udara adalah kebimbangan utama manusia yang mempunyai kesan toksikologi yang serius terhadap kesihatan manusia dan alam sekitar (Adel, Bambad dan Mahdi, 2016). Walaupun pencemaran udara di Malaysia masih belum berada pada kadar yang serius sehingga mengorbankan nyawa, namun fenomena jerebu yang berlaku pada tahun 1982, 1988, 1991, 1994 dan 1997





menimbulkan masalah terutama kesan buruk terhadap kesihatan dan penurunan jarak penglihatan (Latif dan Rozali, 2000). Pada Ogos 2005, dilaporkan dalam akhbar Bernama dan Utusan Malaysia bahawa jerebu berlaku dengan indeks pencemaran udara di dua kawasan iaitu Kuala Selangor dan Pelabuhan Klang mencecah lebih 500 bacaan IPU. Merujuk Tanggang et al. (2012), perubahan iklim global telah diiktiraf sebagai masalah alam semula jadi yang semakin mendesak pada abad ke-21. Perkara ini memberikan banyak kesan kepada sistem semulajadi berdasarkan bukti dan pemerhatian saintifik hasil daripada perubahan iklim global. Ini terbukti bahawa pencemaran udara adalah satu isu serantau yang perlu untuk dikaji.

Menurut Jabatan Alam Sekitar Malaysia (JASM), hampir 82% daripada lebih tiga juta tan bahan pencemar udara adalah dibebaskan oleh kenderaan bermotor. Selain melalui ekzos, pencemar udara juga boleh terbebas dalam bentuk hidrokarbon melalui evaporasi pada karburator dan evaporasi pada tangki minyak (Cernuschi et al., 1994). Selain itu, kuantiti pencemar yang dibebaskan bergantung kepada teknologi enjin, umur kenderaan dan bahan api yang digunakan (Ezani, 2019). Hampir 9% pencemar udara disumbangkan oleh sulfur dioksida (SO_2), nitrogen dioksida (NO_2) dan karbon monoksida (CO) merupakan bahan pencemar yang membahayakan kesihatan (Latif, Othman dan Johnny, 2006). Bahan pencemar ozon (O_3) membawa kepada kegagalan pernafasan dan masalah kardiovaskular (Wang et al., 2017). Menyedut bahan pencemar udara ini dalam suatu masa mampu menjejaskan kesihatan manusia bahkan boleh membawa maut jika disedut berlebihan sama ada secara sedar mahupun tidak sedar.





Pencemar O_3 adalah berbahaya kepada kesihatan jika disedut oleh manusia. Kajian oleh Cisneros et al. (2010) mendapati bernafas dan menyedut udara yang mengandungi O_3 boleh menyebabkan tindak balas berbahaya dalam sistem pernafasan. Terdapat golongan berisiko yang menghidap penyakit berbahaya mudah sensitif jika terdedah kepada O_3 lebih-lebih lagi apabila melakukan aktiviti luar. Ini kerana, tahap bacaan O_3 adalah lebih tinggi apabila melakukan aktiviti luar dan semasa melakukan aktiviti fizikal kerana aktiviti berkenaan membuatkan seseorang bernafas dengan lebih laju dan menyedut O_3 pada kadar yang banyak. Mereka yang mempunyai penyakit seperti asma dan beberapa penyakit lain adalah paling berisiko jika terdedah dengan O_3 . Ini kerana ianya boleh mengganggu sistem pernafasan, mengehadkan fungsi paru-paru, menyebabkan kerosakan kekal pada paru-paru dengan simptom batuk dan menjejaskan sistem imunisasi (Nuvolone et al., 2017)



CO merupakan bahan pencemar yang bebas ke udara dalam pelbagai bentuk dan datang dari pelbagai sumber. Kajian tentang jejak karbon pernah dijalankan di Kuala Lumpur oleh Idris dan Mahmud (2017). Dalam kajian berkenaan menekankan tentang bandar membangun menyebabkan penghasilan gas hijau yang kebanyakannya berpunca daripada gas karbon yang tinggi. Ianya berpunca hasil daripada aktiviti-aktiviti daripada kawasan bandar, perindustrian dan pengeluaran kenderaan bermotor. Selain itu, aktiviti manusia juga diklasifikasikan sebagai penyumbang perubahan iklim. Aktiviti manusia termasuk membakar bahan api fosil, pembakaran hutan, membangunkan tanah untuk aktiviti pertanian dan aktiviti di bandar yang menyumbang kepada perubahan iklim (Idris dan Mahmud, 2017). Gas CO pula merupakan gas yang sangat berbahaya kerana beracun, tidak mempunyai rasa dan tidak berbau (Raub dan Benignus, 2002). Apabila menyedut gas CO secara





berlebihan, ianya akan menggantikan tempat O_2 dalam darah dan menyebabkan gangguan pada fungsi organ vital dan akhirnya boleh membawa maut (Raub, Mathieu-Nolf, Hampsom dan Thom, 2000). Kematian kerana keracunan gas CO di Jepun adalah di antara 2000-5000 kematian dan ianya merupakan punca utama kematian kerana keracunan (Kinoshita et al., 2020)

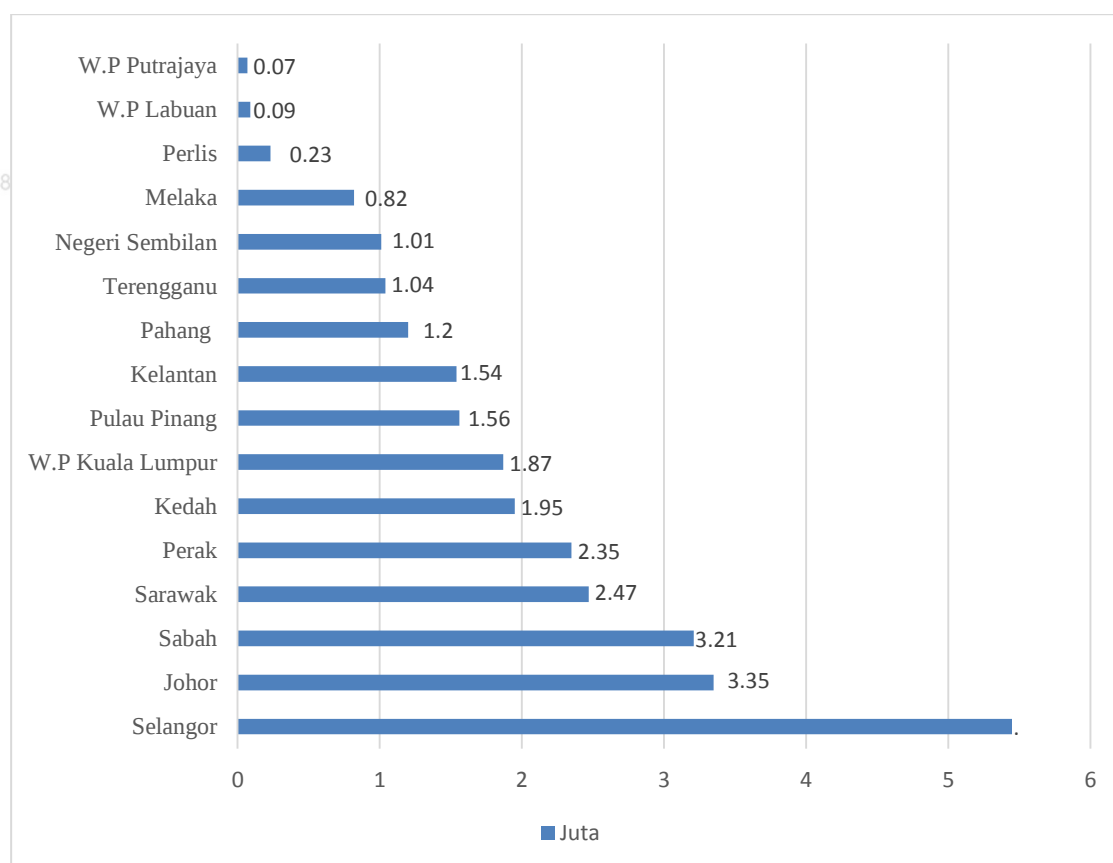
Bagi gas SO_2 yang bebas di atmosfera, ianya adalah toksik (USEPA, 2016). Menyedut SO_2 secara berlebihan boleh mendatangkan bahaya kepada kesihatan dan boleh menyebabkan kematian jika disedut dalam masa yang lama (Kobayashi et al., 2020). Menurut (Kumar, 2017), gas SO_2 yang bebas ke udara dan bercampur dengan air hujan akan teroksida seterusnya mengalami tindak balas kimia yang akhirnya menjadi asid sulfurik. Asid sulfurik ini membahayakan kesihatan dan juga memberikan kesan kepada alam sekitar.

Penjelasan tentang kajian lepas dan bahayanya O_3 , CO dan SO_2 akan di terangkan dengan lebih lanjut di kajian literatur pada Bab 2. Peramalan ke atas siri masa O_3 pernah dijalankan sebelum ini di Malaysia. Kajian O_3 di Malaysia sebelum ini adalah melibatkan demografi yang berlainan dan pada tahun yang berlainan. Sebagai contoh, kajian O_3 yang dijalankan oleh Hamid dan Noorani (2013) adalah di Pahang pada tahun 2009. Bagi kajian ini, kajian adalah dilakukan pada siri masa O_3 di kawasan taburan penduduk tinggi pada tahun 2014 dan 2017.

Kajian kali ini dilakukan ke atas siri masa O_3 , CO dan SO_2 di tiga kawasan taburan penduduk paling tinggi di Malaysia mengikut negeri iaitu Selangor, Johor dan Sabah. Merujuk Rajah 1.1, taburan penduduk paling tinggi di Malaysia ini adalah



mengikut analisis data daripada Jabatan Statistik Malaysia yang dibanci oleh Jabatan Perangkaan Malaysia (JPM) pada tahun 2010. Oleh kerana bancian dilakukan selama sepuluh tahun sekali, maka data yang paling terkini adalah pada tahun 2010 oleh JPM (2019). Bancian akan datang bakal dilakukan pada 2020 untuk data taburan penduduk terkini. Pengkaji memilih tiga negeri berdasarkan taburan penduduk tinggi pada tahun 2010 iaitu Selangor (5.45 juta), Johor (3.35 juta) dan Sabah (3.21 juta). Pemilihan data dibuat mengikut tempat di mana pencerapan dilakukan oleh Jabatan Alam Sekitar Malaysia (JASM) mengikut daerah iaitu bagi Selangor di stesen pencerap di Shah Alam, Johor di stesen pencerap di Muar dan di Sabah stesen pencerap Kota Kinabalu.



Rajah 1.1. Taburan penduduk di Malaysia mengikut negeri tahun 2010

Sumber : <https://www.mycensus.gov.my/geostats/map.php?m=1>



1.4 Objektif Kajian

Terdapat tiga objektif iaitu

- i. Mengesan kehadiran dinamik kalut ke atas siri masa O_3 , CO dan SO_2 di kawasan taburan penduduk tinggi di Malaysia.
- ii. Meramal siri masa O_3 , CO dan SO_2 di kawasan taburan penduduk tinggi Malaysia menggunakan pendekatan kalut.
- iii. Menambahbaik kaedah penentuan nilai jiran terdekat k bagi peramalan ke atas siri masa O_3 , CO dan SO_2 di kawasan dengan taburan penduduk tinggi Malaysia.



1.5 Persoalan Kajian



Terdapat tiga persoalan kajian iaitu:

- i. Adakah dinamik kalut hadir dalam siri masa O_3 , CO dan SO_2 di kawasan taburan penduduk tinggi di Malaysia?
- ii. Adakah peramalan ke atas siri masa O_3 , CO dan SO_2 di tiga kawasan taburan penduduk tinggi Malaysia menggunakan pendekatan kalut dapat dijalankan?
- iii. Apakah nilai jiran terdekat k yang terbaik bagi peramalan ke atas siri masa O_3 , CO dan SO_2 di kawasan taburan penduduk tinggi Malaysia dapat diaplikasikan?





1.6 Signifikan Kajian

1.6.1 Mengesan Kehadiran Dinamik Kalut

Kajian ini menjadi yang pertama dalam menentukan kehadiran dinamik kalut ke atas siri masa CO dan SO₂ di Malaysia. Ini kerana, sebelum ini kajian ke atas siri masa O₃ sudah dilakukan oleh Hamid dan Noorani (2013) dan Zaim (2018). Akan tetapi, kajian Zaim (2018) sebelum ini ke atas siri masa O₃ adalah di tempat kajian yang berbeza dan juga melibatkan bilangan siri masa mengikut monsun. Jadi, kajian ini adalah perlu untuk dilakukan kerana pemilihan tempat pada kajian ini adalah di kawasan taburan penduduk tinggi dan saiz siri masa mengikut bulan. Pengesanan dinamik kalut adalah asas sebelum diteruskan dengan proses peramalan. Oleh itu, kajian ini adalah signifikan untuk dijalankan ke atas siri masa O₃, CO dan SO₂.



1.6.2 Membina Model Peramalan

Selepas proses mengesan kehadiran dinamik kalut dilakukan, penentuan parameter masa tunda τ , matra pembenaman m dan nilai jiran terdekat k dilakukan. τ dan m ditentukan melalui kaedah purata maklumat bersama dan kaedah Cao. Manakala, kebanyakan kajian lepas menggunakan nilai k melalui kaedah cuba jaya. Bagi kajian ini, penentuan nilai k adalah dilakukan dengan kaedah plot graf pk melawan k . Prestasi model peramalan adalah dinilai menggunakan pekali korelasi (pk) dengan membandingkan nilai sebenar dan nilai peramalan sebagai pengukur. Nilai k yang memberikan nilai pk yang maksimum adalah dipilih. Pembinaan model peramalan





dijalankan menggunakan tiga kaedah iaitu kpps, kpls dan kppls. Oleh itu, kajian ini adalah signifikan untuk dijalankan.

1.6.3 Penentuan nilai k terbaik

Dalam kajian ini, pengkaji akan menentukan nilai terbaik bagi k dalam proses peramalan. Nilai terbaik k ini ditentukan menggunakan plot graf dengan k terbaik yang menghasilkan pk yang maksimum. Model peramalan yang cemerlang dapat dibina dengan penentuan nilai k yang terbaik ini. Pada kajian sebelum ini, penentuan nilai k sebelum ini ditentukan dengan kaedah cuba jaya. Kaedah cuba jaya ini dilakukan kerana penentuan nilai bagi parameter k ini tidak di titik beratkan sehingga tahun 2018 dalam kajian Zaim (2018) dengan menggunakan kaedah k -songsang dalam kajiannya. Selain itu, dari Zaim (2018) kaedah penghampiran purata setempat (kpps) sahaja digunakan dalam kajian k -songsang. Dalam kajian ini, ketiga-tiga kaedah iaitu kpps, kpls dan kppls dalam menentukan nilai terbaik bagi k . Nilai k yang menghasilkan nilai pk maksimum dinamakan sebagai k terbaik dan digunakan untuk peramalan. Oleh itu, kajian ini adalah signifikan untuk dijalankan.

1.7 Batasan Kajian

Jabatan Alam Sekitar Malaysia (JASM) merupakan badan berkanun yang memantau kualiti udara di Malaysia. JASM memantau enam bahan pencemar iaitu Ozon (O_3), Zarah Terampai (PM_{10}), Karbon Monoksida (CO), Nitrogen Oksida (NO), Nitrogen





Dioksida (NO_2) dan Sulfur Dioksida (SO_2). Beberapa kajian terhadap O_3 telah dilaksanakan semenjak tahun 2014 menggunakan pendekatan kalut. Namun, kajian terhadap CO , SO_2 dan NO_2 menggunakan pendekatan kalut belum pernah dijalankan. Oleh itu, pengkaji memilih untuk mengkaji beberapa bahan dalam peramalan bahan pencemar di tiga tempat taburan penduduk tinggi. Siri masa yang dikaji adalah diperhatikan mengikut jam. Kajian ini bermula pada i) Januari 2014 sehingga Disember 2014 dan ii) Januari 2014 sehingga Disember 2017. Data tahun 2014 dipilih kerana pada tahun 2014, terdapat fenomena jerebu yang melanda negara. Data tahun 2017 digunakan kerana kajian bermula pada 2018 dan data tahun 2017 ada yang terbaru pada ketika itu. Kajian tidak dilakukan bagi tahun 2015 dan 2016 adalah kerana data yang diperolehi daripada JASM hanya bagi 2014 dan 2017 sahaja. Data yang dianalisis untuk proses peramalan adalah O_3 , CO dan SO_2 . Data siri masa berkenaan diasingkan mengikut bulan.



Pemilihan tempat juga memberikan sedikit konflik kepada pengkaji. Ini kerana, pada awalnya pengkaji ingin mengkaji di kawasan penduduk berkepadatan tinggi. Namun begitu, data yang diperolehi daripada Jabatan Perangkaan Malaysia menunjukkan tempat yang penduduk berkepadatan tinggi mempunyai taburan penduduk paling rendah seperti di Labuan. Jadi, peramalan yang dilakukan dikawasan yang kurang aktif kegiatan industri dan beberapa sebab lain yang mungkin menyebabkan kurangnya kepentingan mengkaji bahan pencemar dibebaskan di udara. Selain itu, pemilihan stesen bagi setiap negeri juga terhad. Ini kerana, data yang diperolehi oleh Jabatan Alam Sekitar Malaysia hanya pada satu stesen bagi setiap negeri.





Pengkaji memilih tiga bahan pencemar ini iaitu O_3 , CO dan SO_2 kerana pengkaji telah melakukan kajian rintis untuk kesemua bahan pencemar. Hasil daripada kajian rintis, tiga siri masa ini didapati kalut. Namun begitu, terdapat beberapa bulan yang mempunyai data hilang. Data pada tahun 2014 dan 2017 adalah dipilih. Kemudian data diasingkan mengikut bulan. Data hilang ialah data yang hilang lebih daripada 50% bagi setiap bulan. Oleh itu, beberapa bulan sahaja dipilih untuk dilakukan kajian dengan peratusan data hilang kurang daripada 50%. Butiran tentang data siri masa yang dipilih diterangkan dengan lebih lanjut pada Bab 4. Kajian rintis adalah dilakukan bagi melihat kehadiran dinamik kalut dan sebelum diteruskan dengan proses peramalan. Setelah dinamik kalut dikesan hadir, siri masa berkenaan digunakan untuk kajian rintis dalam menambahbaik prestasi model peramalan dengan menentukan nilai terbaik bagi k untuk setiap kaedah yang digunakan.



Kajian rintis penambahbaikan model peramalan telah dijalankan dengan menggunakan nilai k terbaik. Maka, masa yang diambil untuk menyelesaikan pengiraan bagi setiap kaedah adalah didapati berbeza mengikut siri masa. Pengiraan dilakukan dengan bantuan perisian Matlab R2010a dan juga TSTOOL. Masa yang diambil oleh setiap model berbeza kerana terdapat beberapa pengulangan pengiraan pada nilai k . Namun, penambahbaikan boleh dilakukan pada masa hadapan dengan menggunakan beberapa teknik dan juga pengetahuan pengaturcaraan bahasa komputer yang lebih baik. Tseng (2014) menggunakan kaedah *preallocating array* ke saiz maksimum untuk menghalang semua pergerakan perantaraan dan menyalin penerangan. Hasil daripada itu, kajian berkenaan mampu mengurangkan masa pengiraan dari 0.00046 saat kepada 0.0004 saat.





Untuk kesimpulan, terdapat tiga batasan kajian yang menambahkan lagi penggunaan masa iaitu (i) pemilihan demografi kurang memuaskan dengan data yang diperolehi (ii) data hilang yang banyak dan (iii) masa yang diambil oleh perisian Matlab R2010a untuk menyelesaikan pengiraan.

1.8 Kerangka Tesis

Tesis ini mengandungi enam bab keseluruhannya. Bab 1 merupakan pengenalan kepada pendekatan kalut dan aplikasi dengan data sebenar. Bermula dengan pengenalan, pengkaji seterusnya menerangkan tentang latar belakang kajian. Daripada latar belakang kajian, beberapa pernyataan masalah disenaraikan yang membawa kepada pembinaan persoalan kajian.

Bab 2 adalah pembentangan kajian-kajian lepas yang memberikan pengukuhan tentang kajian yang sedang dijalankan oleh pengkaji. Beberapa kajian perpustakaan juga dilakukan ke atas data siri masa dan tema yang dipilih bagi menyokong kajian ini. Bab 3 pula menerangkan tentang keseluruhan metodologi kajian. Satu demi satu huraian terperinci tentang pemodelan kalut merangkumi definisi asas dan penerangan lengkap formulasi formula bagi setiap kaedah yang digunakan untuk mengesan kehadiran dinamik kalut dan membina model peramalan. Pengkaji juga meletakkan beberapa contoh kajian rintis bagi memberikan gambaran awal dalam proses menjawab objektif kajian ini.

Bab 4 adalah penerangan tentang data siri masa yang dipilih. Penerangan





tentang tempat, bahan pencemar dan taburan penduduk adalah diterangkan pada bab ini. Terdapat beberapa set data bagi bulan-bulan tertentu di mana data hilang dikesan. Proses pengisian atau penggantian semula data yang hilang diterangkan. Peratusan data yang hilang dinyatakan di bab ini seterusnya jumlah keseluruhan set data siri masa yang digunakan turut diterangkan.

Bab 5 pula menerangkan keseluruhan dapatan kajian dan perbincangan. Dapatan kajian dihuraikan dengan beberapa penjelasan daripada kajian perpustakaan yang telah dijalankan di Bab 2. Pada bab yang terakhir, iaitu Bab 6, pengkaji menerangkan kesimpulan bagi setiap dapatan kajian yang telah disusun pada Bab 5. Kesimpulan tentang objektif kajian diterangkan secara terperinci untuk kefahaman yang lebih lanjut pada bab ini. Cadangan bagi kajian pada masa hadapan juga



1.9 Kesimpulan

Bab ini membincangkan tentang latar belakang kajian, pernyataan masalah, objektif kajian. Seterusnya, persoalan kajian, signifikan kajian dan batasan kajian juga diterangkan.

