



PERMODELAN MATEMATIK MENGGUNAKAN PENDEKATAN KALUT TERHADAP ARAS AIR SUNGAI KLANG DAN SUNGAI LANGAT, SELANGOR



NUR HANANI BINTI ZAKARIA

UNIVERSITI PENDIDIKAN SULTAN IDRIS

2024





**PERMODELAN MATEMATIK MENGGUNAKAN PENDEKATAN KALUT
TERHADAP ARAS AIR SUNGAI KLANG DAN SUNGAI LANGAT,
SELANGOR**

NUR HANANI BINTI ZAKARIA



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

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

2024





Sila tanda (✓)

Kertas Projek

Sarjana Penyelidikan

Sarjana Penyelidikan dan Kerja Kursus

Doktor Falsafah

✓

INSTITUT PENGAJIAN SISWAZAH

PERAKUAN KEASLIAN PENULISAN

Perakuan ini telah dibuat pada :.....6.....(hari bulan).....2.....(bulan) 2024...

i. Perakuan pelajar :

Saya, Nur Hanani Binti Zakaria, M2019000708 dari Fakulti Sains dan Matematik (SILA NYATAKAN NAMA PELAJAR, NO. MATRIK DAN FAKULTI) dengan ini mengaku bahawa disertasi/tesis yang bertajuk Permodelan Matematik Menggunakan Pendekatan Kalut Terhadap Aras Air Sungai Klang dan Sungai Langat, Selangor

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 se jelasnya dan secukupnya

Tandatangan pelajar

ii. Perakuan Penyelia:

Saya, Dr. Nur Hamiza Binti Adenan (NAMA PENYELIA) dengan ini mengesahkan bahawa hasil kerja pelajar yang bertajuk Permodelan Matematik Menggunakan Pendekatan Kalut Terhadap Aras Air Sungai Klang dan Sungai Langat, Selangor

(TAJUK) dihasilkan oleh pelajar seperti nama di atas, dan telah diserahkan kepada Institut Pengajian Siswazah bagi memenuhi sebahagian/sepenuhnya syarat untuk memperoleh Ijazah Sarjana Sains (Matematik) (SILA NYATAKAN NAMA IJAZAH).

29/3/2024

Tarikh

Dr. NUR HAMIZA ADENAN
Penyarah Kanan
Tahap Sarjana
Fakulti Sains Dan Matematik
Universiti Pendidikan Sultan Idris

UPSI/IPS-3/BO 31
Pind.: 01 m/s: 1/1
**INSTITUT PENGAJIAN SISWAZAH /
INSTITUTE OF GRADUATE STUDIES**
**BORANG PENGESAHAN PENYERAHAN TESIS/DISERTASI/LAPORAN KERTAS PROJEK
DECLARATION OF THESIS/DISSERTATION/PROJECT PAPER FORM**

Tajuk / Title: Permodelan Matematik Menggunakan Pendekatan Kalut
Terhadap Aras Air Sungai Klang dan Sungai Langat, Selangor.

No. Matrik / Matric's No.: M20191000708

Saya / I: Nur Hanani Binti Zakaria

(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

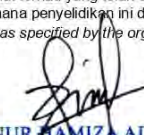
☒ **TERHAD/RESTRICTED**

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**


(Tandatangan Pelajar/ Signature)

Tarikh: 29/3/2024


Dr. NUR HAMIZA ADENAN
(Tandatangan Penyele / Signature of Supervisor)
& (Nama & Cop Rasmi / Name & Official Stamp)
Universiti Pendidikan Sultan Idris

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

Syukur ke hadrat Ilahi kerana dengan limpah dan kurniaNya, saya dapat menyiapkan tesis ini dengan jayanya. Sekalung penghargaan dan ucapan terima kasih juga saya ucapkan kepada kedua ibu bapa saya, Zakaria Bin Salleh dan Rahana Binti Abd Razak serta semua adik beradik saya kerana telah banyak memberikan sokongan dan dorongan dalam saya menyiapkan tesis ini. Tanpa doa dan restu daripada mereka, saya tidak mungkin akan sampai ke tahap ini. Tidak dilupakan buat suami tercinta, Muhamad Amin Bin Husain kerana sentiasa memahami dan menyokong saya dalam perjuangan saya menyiapkan tesis ini. Tanpa sokongan dan dorongan beliau, saya tidak mampu menyiapkan tesis ini dengan sempurna. Saya juga ingin merakamkan jutaan penghargaan dan terima kasih kepada penyelia saya, Dr. Nur Hamiza Binti Adenan kerana telah banyak memberikan bimbingan serta tunjuk ajar sepanjang saya menjalankan kajian ini. Terima kasih juga saya tujukan buat rakan-rakan serta pensyarah-pensyarah yang telah banyak menyumbangkan idea serta tidak putus-putus memberikan semangat dan mendoakan kejayaan saya. Ucapan terima kasih juga saya ucapkan kepada pihak Universiti Pendidikan Sultan Idris serta Fakulti Sains dan Matematik kerana menyediakan pelbagai kemudahan supaya saya dapat menikmati pembelajaran yang selesa dan berkesan. Akhir sekali, jutaan penghargaan kepada pihak Jabatan Pengairan dan Saliran Malaysia (JPS) kerana telah memberikan maklumat dan data yang saya perlukan bagi menyempurnakan kajian ini.



ABSTRAK

Kajian ini bertujuan untuk membina model matematik menggunakan pendekatan kalut terhadap aras sungai. Permodelan matematik aras air sungai adalah penting bagi memberi isyarat awal jika berlaku kekurangan air di Selangor yang mempunyai kepadatan penduduk tinggi di Malaysia. Selain itu, peramalan air sungai juga penting dalam meningkatkan pengurusan sumber air di Selangor. Kajian ini dijalankan bagi mengesan kehadiran telatah kalut dan meramal data aras air sungai di Selangor dengan menggunakan pendekatan kalut. Kajian ini merangkumi tiga objektif iaitu (i) mengesan kehadiran telatah kalut bagi aras air sungai (ii) meramal aras air sungai menggunakan pendekatan kalut dan (iii) menambahbaik kaedah peramalan penghampiran purata setempat (KPPS) bagi peramalan data siri masa aras air sungai. Kawasan kajian merupakan sungai yang mengalir ke empangan di Selangor dan diperincikan kepada dua iaitu Sungai Klang dan Sungai Langat. Data yang digunakan di dalam kajian ini melibatkan dua skala masa iaitu harian dan mingguan. Hasil kajian bagi objektif pertama menunjukkan telatah kalut dapat dikesan melalui kaedah ujian 0-1, kaedah Cao dan kaedah plot ruang fasa. Hasil dapatan objektif kedua menunjukkan data siri masa aras air sungai yang dikaji memberikan peramalan yang amat cemerlang dengan nilai pekali kolerasi 0.990 menggunakan KPPS dengan kombinasi parameter $\tau=1$ dan d_{songsang} berbanding kaedah lain dalam kajian ini. Manakala, objektif ketiga berjaya dicapai apabila kaedah penambahbaikan peramalan penghampiran purata setempat [(KPPS)] _penambahbaikan) dapat memberikan hasil peramalan yang lebih cemerlang berbanding KPPS bagi sebahagian kombinasi parameter. Kesimpulannya, data siri masa aras air Sungai Klang dan Sungai Langat berjaya diramal menggunakan pendekatan kalut. Implikasinya, kajian ini diharap mampu menyumbangkan maklumat aras air sungai kepada pihak berkepentingan bagi membuat persiapan awal jika berlaku isu kekurangan air serta dapat mengoptimumkan pengurusan sumber air di Selangor.



MATHEMATICAL MODELING USING THE CHAOS APPROACH TOWARDS WATER LEVELS OF THE KLANG AND LANGAT RIVER, SELANGOR

ABSTRACT

This study aims to build a mathematical model using the chaos approach to the river water level. Mathematical modeling of river water levels is important to give an early signal if there is a shortage of water in Selangor which has a high population density in Malaysia. Besides, the prediction of river water level is also important to improve water resource management in Selangor. Therefore, this research was conducted to detect the presence of chaotic behavior and predict water level time series data in Selangor using the chaos approach. This research contained three objectives, (i) to detect the presence of chaotic behavior in river water levels (ii) to predict river water levels using chaos approach and (iii) to propose the improvement method of KPPS by chaos approach for forecasting time series data of river water levels. The study area involves rivers that flow through the dam in Selangor and is focused into two which are Sungai Klang and Sungai Langat. The data used in this study involves two-time scales which are daily and weekly. Findings for the first objective have successfully detected the chaotic behavior by using 0-1 test, Cao method and phase space plot method. Second objective is achieved when all-time series data involved can be predict excellently with the value of correlation coefficient 0.990 using a combination of KPPS method and parameter $\tau=1$ and $d_{songsang}$ compared to other methods. Meanwhile, the third objective is successful when the improvement method of KPPS can provide better forecasting results than KPPS for some parameter combinations. In conclusion, the water level time series data of Sungai Klang and Sungai Langat was successfully predicted using a chaos approach. Therefore, study is expected to be able to provide the information of water level time series data to the authorities as preparations in case of water shortage problem and optimize water resource management in Selangor.



**KANDUNGAN****Muka Surat**

PENGAKUAN KEASLIAN PENULISAN	ii
PENGESAHAN PENYERAHAN TESIS	iii
PENGHARGAAN	iv
ABSTRAK	v
ABSTRACT	vi
KANDUNGAN	vii
SENARAI JADUAL	xiv
SENARAI RAJAH	xviii
SENARAI SINGKATAN	xxiii
SENARAI LAMPIRAN	xxv
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Pengenalan	1
1.2 Latar Belakang Kajian	2
1.3 Pernyataan Masalah	3
1.4 Persoalan Kajian	10
1.5 Objektif Kajian	11
1.6 Signifikan Kajian	11
1.7 Batasan Kajian	12
1.8 Definisi Operasi	13
1.8.1 Permodelan Matematik	13
1.8.2 Pendekatan Kalut	14



1.8.3	Aras Air Sungai	15
1.9	Sumbangan Kajian	16
1.9.1	Sumbangan Kajian kepada Pendekatan Kalut	16
1.9.2	Sumbangan Kajian kepada Bidang Hidrologi	17
1.9.3	Sumbangan Kajian kepada Negara Malaysia	17
1.10	Rumusan	18
BAB 2	KAJIAN LITERATUR	19
2.1	Pengenalan	19
2.2	Telatah Kalut Siri Masa	20
2.3	Perkembangan Kajian dalam Mengesan dan Meramal Data Siri Masa Bertelatah Kalut	22
2.3.1	Mengesan dan Meramal Data Siri Masa Bertelatah Kalut di Malaysia	23
2.3.2	Mengesan dan Meramal Data Siri Masa Bertelatah Kalut di Luar Negara	24
2.4	Aplikasi Pendekatan Kalut Terhadap Data Siri Masa Hidrologi	25
2.4.1	Skala Masa	26
2.4.2	Kaedah Bagi Mengesan Telatah Kalut	27
2.4.2.1	Kaedah Ujian 0-1	29
2.4.2.2	Kaedah Cao	30
2.4.2.3	Kaedah Plot Ruang Fasa	31
2.4.3	Kaedah Peramalan	32
2.4.4	Pemilihan Parameter	34
2.4.4.1	Parameter Masa Tunda τ	35
2.4.4.2	Parameter Dimensi Pembenaman d	35

2.4.4.3	Parameter Jiran Terdekat k	37
2.5	Rumusan	37
BAB 3	METODOLOGI	38
3.1	Pengenalan	38
3.2	Konsep Pendekatan Kalut	39
3.2.1	Pembinaan Semula Ruang Fasa	39
3.2.2	Penentuan Parameter Masa Tunda τ	41
3.2.3	Penentuan Parameter Dimensi Pembenaman d	43
3.2.4	Penentuan Parameter Jiran Terdekat k	44
3.3	Mengesan Kehadiran Telatah Kalut	45
3.3.1	Kaedah Ujian 0-1	45
3.3.2	Kaedah Cao	47
3.3.3	Kaedah Plot Ruang Fasa	48
3.3.2.1	Contoh A: Pembinaan Ruang Fasa	50
3.4	Proses Peramalan	56
3.4.1	Kaedah Penghampiran Purata Setempat (KPPS)	57
3.4.1.1	Contoh B: Peramalan Menggunakan Kaedah Penghampiran Purata Setempat (KPPS)	58
3.4.2	Kaedah Penghampiran Linear Setempat (KPLS)	60
3.4.2.1	Contoh C: Peramalan Menggunakan Kaedah Penghampiran Linear Setempat (KPLS)	61
3.5	Model Penambahbaikan Kaedah Penghampiran Purata Setempat	65

3.5.1	KPPS_{penambahbaikan} bagi Pembinaan Semula Ruang Fasa	67
3.6	Prestasi Peramalan	71
3.7	Aplikasi Terhadap KPPS_{penambahbaikan} Menggunakan Data Sintetik	71
3.7.1	Pemetaan Logistik	72
3.7.2	Contoh D: Pengiraan Data Sintetik Secara Manual	74
3.7.3	Model KPPS_{penambahbaikan} terhadap Pemetaan Logistik	76
3.8	Rumusan	78
BAB 4	DATA SIRI MASA DAN KAWASAN KAJIAN	80
4.1	Pengenalan	80
4.2	Faktor Pemilihan Kawasan Kajian	81
4.3	Pemilihan Kawasan di Selangor	81
4.3.1	Sungai Klang di stesen Jambatan Sulaiman	83
4.3.2	Sungai Langat di stesen Dengkil	86
4.4	Rumusan	88
BAB 5	PENGESANAN KEHADIRAN TELATAH KALUT	90
5.1	Pengenalan	90
5.2	Pengesanan Kehadiran Telatah Kalut Data Siri Masa Aras Air Sungai di Selangor	91
5.2.1	Pengesanan Kehadiran Telatah Kalut Sungai Klang di stesen Jambatan Sulaiman	92
5.2.1.1	Kaedah Ujian 0-1	93
5.2.1.2	Kaedah Cao	94

5.2.1.3	Kaedah Plot Ruang Fasa	98
5.2.2	Pengesanan Kehadiran Telatah Kalut Sungai Langat di stesen Dengkil	100
5.2.2.1	Kaedah Ujian 0-1	101
5.2.2.2	Kaedah Cao	101
5.2.2.3	Kaedah Plot Ruang Fasa	105
5.3	Rumusan	107
BAB 6	PERAMALAN DAN PENAMBAHBAIKAN PERAMALAN	110
6.1	Pengenalan	110
6.2	Peramalan Data Siri Masa Aras Air Sungai	111
6.2.1	Peramalan Data Siri Masa Aras Air Sungai Klang Bertelatah Kalut	111
6.2.1.1	Peramalan KPLS dan KPPS Bagi Data Siri Masa Harian Aras Air Sungai Klang	113
6.2.1.2	Peramalan KPLS dan KPPS Bagi Data Siri Masa Mingguan Aras Air Sungai Klang	118
6.2.2	Peramalan Data Siri Masa Aras Air Sungai Langat Bertelatah Kalut	122
6.2.2.1	Peramalan KPLS dan KPPS Bagi Data Siri Masa Harian Aras Air Sungai Langat	124
6.2.2.2	Peramalan KPLS dan KPPS Bagi Data Siri Masa Mingguan Aras Air Sungai Langat	129
6.2.3	Rumusan Bagi Peramalan Telatah Kalut	134
6.3	Penambahbaikan Peramalan KPPS	136
BAB 7	KESIMPULAN DAN CADANGAN KAJIAN LANJUTAN	141

7.1	Pengenalan	141
7.2	Dapatan Penting Keseluruhan Kajian	142
7.3	Cadangan Kajian Lanjutan	144
7.3.1	Pengesanan Kehadiran Telatah Kalut	144
7.3.2	Kaedah Peramalan	145
7.3.3	Data dan Kawasan Kajian	145
7.4	Rumusan	146
RUJUKAN		147



SENARAI JADUAL

No. Jadual	Muka Surat
1.1 Sumber air di Malaysia (Portal Rasmi Jabatan Pengairan dan Saliran)	4
1.2 Jumlah bilangan lembangan sungai di Malaysia (Jabatan Pengairan dan Saliran, Malaysia)	5
1.3 Empangan pembekalan air negeri Selangor bagi Sungai Klang dan Sungai Langat (Jabatan Perancangan Bandar Dan Desa Negeri Selangor, 2015)	7
1.4 Senarai kajian yang menggunakan pendekatan kalut di Malaysia	9
1.5 Senarai kajian yang menggunakan pendekatan kalut di luar negara	10
1.6 Perincian sungai dan empangan	16
2.1 Kaedah bagi mengesan kehadiran telatah kalut siri masa	21
2.2 Kaedah peramalan setempat bagi siri masa	22
2.3 Aplikasi pendekatan kalut terhadap data siri masa di Malaysia	23
2.4 Aplikasi pendekatan kalut terhadap data siri masa di luar negara	24
2.5 Skala masa bagi data siri masa yang berbeza	26
2.6 Senarai kaedah dalam mengesan telatah kalut bagi data siri masa hidrologi	28
2.7 Kaedah peramalan setempat terhadap data siri masa hidrologi	33
3.1 Aras air Sungai Klang	50
3.2 Hasil perbandingan antara data sebenar dan data ramalan menggunakan KPPS	59





3.3	Kaedah kuasa dua terkecil bagi menentukan nilai parameter A dan B	62
3.4	Hasil perbandingan antara data sebenar dan data ramalan menggunakan KPLS	64
3.5	Hasil perbandingan antara data sintetik melalui pengiraan secara manual dan perisian Matlab R2009b	76
4.1	Tiga empangan utama di lembangan Sungai Klang (Lembaga Urus Air Selangor)	84
4.2	Jadual data siri masa secara harian dan mingguan Sungai Klang	85
4.3	Jadual data siri masa secara harian dan mingguan Sungai Langat	88
5.1	Stesen yang dipilih di Sungai Klang	93
5.2	Jadual keputusan kaedah ujian 0-1 bagi data siri masa aras air Sungai Klang	94
5.3	Stesen yang dipilih di Sungai Langat	100
5.4	Jadual ujian 0-1 bagi data siri masa aras air Sungai Langat	101
5.5	Keputusan keseluruhan nilai parameter dan pengesanan telatah kalut siri masa yang dikaji	109
6.1	Kaedah <i>d</i> -songsang bagi data siri masa aras air Sungai Klang menggunakan data i) harian dan ii) mingguan menggunakan KPLS dan KPPS menggunakan nilai $\tau = 1$	112
6.2	Jadual kombinasi parameter untuk peramalan KPLS bagi data siri masa harian di Sungai Klang	113
6.3	Jadual kombinasi parameter untuk peramalan KPPS bagi data siri masa harian di Sungai Klang	115
6.4	Nilai <i>pk</i> bagi peramalan data siri masa harian di Sungai Klang menggunakan KPLS dan KPPS	117
6.5	Jadual kombinasi parameter untuk peramalan KPLS bagi data siri masa mingguan di Sungai Klang	118
6.6	Jadual kombinasi parameter untuk peramalan KPPS bagi data siri masa mingguan di Sungai Klang	120
6.7	Nilai <i>pk</i> bagi peramalan data siri masa mingguan di Sungai Klang menggunakan KPLS dan KPPS	122





- 6.8 Kaedah d -songsang bagi data siri masa aras air Sungai Langat menggunakan data i) harian dan ii) mingguan menggunakan KPLS dan KPPS menggunakan nilai $\tau = 1$ 123
- 6.9 Jadual kombinasi parameter untuk peramalan KPLS bagi data siri masa harian di Sungai Langat 125
- 6.10 Jadual kombinasi parameter untuk peramalan KPPS bagi data siri masa harian di Sungai Langat 127
- 6.11 Nilai pk bagi peramalan data siri masa harian di Sungai Langat menggunakan KPLS dan KPPS 129
- 6.12 Jadual kombinasi parameter untuk peramalan KPLS bagi data siri masa mingguan di Sungai Langat 130
- 6.13 Jadual kombinasi parameter untuk peramalan KPPS bagi data siri masa mingguan di Sungai Langat 131
- 6.14 Nilai pk bagi peramalan data siri masa mingguan di Sungai Langat menggunakan KPLS dan KPPS 133
- 6.15 Keputusan keseluruhan pk bagi peramalan menggunakan KPLS dan KPPS dengan perbezaan nilai d 136
- 6.16 Nilai pk peramalan data siri masa harian dan mingguan di Sungai Klang dan Sungai Langat menggunakan KPPS dan KPPS_{penambahbaikan} 139





SENARAI RAJAH

No. Rajah	Muka Surat
3.1 Data siri masa bagi aras air Sungai Klang di stesen Jambatan Sulaiman	41
3.2 Pemilihan nilai τ bagi data siri masa harian aras air Sungai Klang di stesen Jambatan Sulaiman	42
3.3 $E1(d)$ melawan d dan $E2(d)$ melawan d bagi data siri masa harian aras air Sungai Klang di stesen Jambatan Sulaiman menggunakan kaedah Cao	48
3.4 Plot ruang fasa bagi data siri masa harian aras air Sungai Klang di stesen Jambatan Sulaiman menggunakan $\tau_{pmb} = 6$	49
3.5 Hasil peramalan menggunakan KPPS pada data siri masa harian aras air Sungai Klang menggunakan kombinasi parameter ($\tau = 1, d_{songsang}$)	60
3.6 Hasil peramalan menggunakan KPLS pada data siri masa harian aras air Sungai Klang menggunakan kombinasi parameter ($\tau = 1, d_{songsang}$)	64
3.7 Carta alir perbandingan peramalan menggunakan KPPS dan KPPS _{penambahbaikan}	67
3.8 Carta alir proses peramalan menggunakan KPPS _{penambahbaikan}	70
3.9 Kesan perubahan nilai μ terhadap persamaan logistic	72
3.10 Perbandingan dua sistem yang mempunyai isyarat awal yang hampir sama untuk persamaan logistic	74
3.11 Rajah serakan bagi data peramalan melawan data sebenar (sintetik) untuk persamaan logistik daripada model logistic	77
3.12 Perbandingan di antara data sebenar (sintetik) dan data ramalan untuk persamaan logistik daripada model logistik pada 202 hari data terakhir	78
4.1 Daerah-daerah di Selangor (Laman web Selangorkini, 2021)	82





4.2	Siri masa harian aras air Sungai Klang di stesen Jambatan Sulaiman	85
4.3	Siri masa mingguan aras air Sungai Klang di stesen Jambatan Sulaiman	85
4.4	Peta lembangan Sungai Langat (Mamat et al., 2021)	86
4.5	Siri masa harian aras air Sungai Langat di stesen Dengkil	87
4.6	Siri masa mingguan aras air Sungai Langat di stesen Dengkil	88
5.1	Keputusan $E1(d)$ bagi data siri masa aras air Sungai Klang secara i) harian dan ii) mingguan menggunakan $\tau = 1$.	96
5.2	Keputusan $E2(d)$ bagi data siri masa aras air Sungai Klang secara i) harian dan ii) mingguan menggunakan $\tau = 1$.	96
5.3	Keputusan nilai τ_{pmb} bagi data siri masa aras air Sungai Klang secara i) harian dan ii) mingguan.	97
5.4	Keputusan $E1(d)$ bagi data siri masa aras air Sungai Klang secara i) harian dan ii) mingguan menggunakan τ_{pmb} .	98
5.5	Keputusan $E2(d)$ bagi data siri masa aras air Sungai Klang secara i) harian dan ii) mingguan menggunakan τ_{pmb} .	98
5.6	Keputusan kaedah plot ruang fasa bagi data siri masa aras air Sungai Klang secara i) harian dan ii) mingguan menggunakan nilai τ_{pmb} .	99
5.7	Keputusan kaedah plot ruang fasa bagi data siri masa aras air Sungai Klang secara i) harian dan ii) mingguan menggunakan nilai $\tau = 1$.	100
5.8	Keputusan nilai τ_{pmb} bagi data siri masa aras air Sungai Langat secara i) harian dan ii) mingguan.	102
5.9	Keputusan $E1(d)$ bagi data siri masa aras air sungai di Sungai Langat secara i) harian dan ii) mingguan menggunakan $\tau = 1$	103
5.10	Keputusan $E2(d)$ bagi data siri masa aras air Sungai Langat secara i) harian dan ii) mingguan menggunakan $\tau = 1$	103
5.11	Keputusan $E1(d)$ bagi data siri masa aras air Sungai Langat secara i) harian dan ii) mingguan menggunakan τ_{pmb} .	104





- 5.12 Keputusan $E2(d)$ bagi data siri masa aras air Sungai Langat secara i) 105
harian dan ii) mingguan menggunakan τ_{pmb} .
- 5.13 Keputusan kaedah plot ruang fasa bagi data siri masa aras air Sungai 106
Langat secara i) harian dan ii) mingguan menggunakan nilai τ_{pmb} .
- 5.14 Keputusan kaedah plot ruang fasa bagi data siri masa aras air Sungai 106
Langat secara i) harian dan ii) mingguan menggunakan nilai $\tau = 1$.
- 6.1 Keputusan peramalan data siri masa harian Sungai Klang menggunakan 114
KPLS bagi (i) kombinasi parameter ($\tau = 1, d_{cao} = 7$) dan (ii) kombinasi
parameter ($\tau = 1, d_{songsang} = 4$)
- 6.2 Keputusan peramalan data siri masa harian Sungai Klang menggunakan 116
KPPS bagi (i) kombinasi parameter ($\tau = 1, d_{cao} = 7$) dan (ii) kombinasi
parameter ($\tau = 1, d_{songsang} = 2$)
- 6.3 Keputusan peramalan data siri masa mingguan Sungai Klang 119
menggunakan KPLS bagi (i) kombinasi parameter ($\tau = 1, d_{cao} = 5$) dan
(ii) kombinasi parameter ($\tau = 1, d_{songsang} = 3$)
- 6.4 Keputusan peramalan data siri masa mingguan Sungai Klang 120
menggunakan KPPS bagi (i) kombinasi parameter ($\tau = 1, d_{cao} = 5$) dan
(ii) kombinasi parameter ($\tau = 1, d_{songsang} = 2$)
- 6.5 Keputusan peramalan data siri masa harian Sungai Langat menggunakan 125
KPLS bagi i) kombinasi parameter ($\tau = 1, d_{cao} = 6$) dan (ii) kombinasi
parameter ($\tau = 1, d_{songsang} = 8$)
- 6.6 Keputusan peramalan data siri masa harian Sungai Langat menggunakan 127
KPPS bagi i) kombinasi parameter ($\tau = 1, d_{cao} = 6$) dan ii) kombinasi
parameter ($\tau = 1, d_{songsang} = 2$)
- 6.7 Keputusan peramalan data siri masa mingguan Sungai Langat 130
menggunakan KPLS bagi i) kombinasi parameter ($\tau = 1, d_{cao} = 5$) dan ii)
kombinasi parameter ($\tau = 1, d_{songsang} = 8$)
- 6.8 Keputusan peramalan data siri masa mingguan Sungai Langat 132
menggunakan KPPS bagi i) kombinasi parameter ($\tau = 1, d_{cao} = 5$) dan ii)
kombinasi parameter ($\tau = 1, d_{songsang} = 2$)
- 6.9 Keputusan peramalan bagi data siri masa harian aras air di Sungai Klang 138
menggunakan i) KPPS dan ii) KPPS_{penambahbaikan}



SENARAI SINGKATAN

τ	masa tunda
τ_{pmb}	nilai τ dari kaedah pmb
d	dimensi pembenam
d_{cao}	nilai d dari kaedah Cao
d_{opt}	dimensi pembenam paling optimum
d -songsang	nilai d dari kaedah songsang
ANN	<i>Artificial Neural Network</i>
DBKL	Dewan Bandaraya Kuala Lumpur
$E1(d)$	parameter kaedah Cao
$E2(d)$	parameter kaedah Cao
hek	hektar (keluasan kawasan tadahan)
JPS	Jabatan Pengairan Dan Saliran
KPKS	Kaedah Penghampiran Kuadratik Setempat
KPLS	Kaedah Penghampiran Linear Setempat
KPPS	Kaedah Penghampiran Purata Setempat
km	kilometer (ukuran panjang sungai)
km ²	kilometer persegi (ukuran keluasan lembangan sungai)
KPPS _{penambahbaikan}	Kaedah Penambahbaikan Penghampiran Purata Setempat



l	liter
$I(T)$	parameter kaedah PMB
$LSSVM$	<i>Least Squares Support Vector Machine</i>
LUAS	Lembaga Urus Air Selangor
m	meter (ukuran aras air sungai)
m^3	meter padu (ukuran isi padu air)
MBPJ	Majlis Perbandaran Petaling Jaya
MBSA	Majlis Bandaraya Shah Alam
MPAJ	Majlis perbandaran Ampang Jaya
MPK	Majlis Perbandaran Klang
MPSJ	Majlis Perbandaran Subang Jaya
mg	milligram (ukuran kapasiti air)
mm	milimeter (ukuran purata air)
PBT	Pihak Berkuasa Tempatan
PMB	Purata maklumat bersama
pk	pekali kolerasi
SK	Sungai Klang
SL	Sungai Langat
SOM	<i>Self-Organizing Map</i>
$TSTOOL$	<i>Time Series Tool</i> (nama perisian)





SENARAI LAMPIRAN

- A Fungsi , Tujuan dan Senarai Empangan
- B Jumlah Penduduk Mengikut Negeri Bagi Tahun 2000, 2010, 2015 dan 2016
- C Jumlah Penduduk Mengikut Pecahan Daerah di Negeri Selangor bagi Tahun 2016 dan 2017
- D Anak-anak Sungai Mengikut PBT di Lembangan Sungai Klang





BAB 1

PENDAHULUAN



1.1 Pengenalan

Bab ini membincangkan tentang pengenalan kajian yang dijalankan. Perbincangan meliputi latar belakang kajian, pernyataan masalah dan objektif kajian. Seterusnya, bab ini juga turut membincangkan tentang signifikan kajian, batasan kajian, definisi operasi, persoalan dan sumbangan kajian.



1.2 Latar Belakang Kajian

Model matematik merupakan model bagi konsep matematik yang dihasilkan seperti fungsi (*functions*) dan persamaan (*equation*). Apabila model matematik dihasilkan, ia akan beralih dari dunia nyata ke konsep matematik. Kemudian, model akan dimanipulasikan menggunakan matematik atau pengiraan berangka yang dibantu dengan penggunaan komputer. Akhirnya, ia membawa penyelesaian yang berguna untuk masalah sebenar (Edwards & Hamson, 1989). Fenomena berasal daripada bahasa Yunani iaitu *phainomenon* yang bermaksud apa yang dilihat. Menurut Kamus Dewan (2017), fenomena adalah sesuatu kejadian yang dapat dikesan oleh pancaindera dan dapat dijelaskan secara ilmiah. Sesuatu fenomena perlu difahami pengkaji sekiranya pengkaji ingin membuat peramalan. Oleh itu, matematik merupakan bahasa sains yang mampu berperanan dalam meneliti sesuatu fenomena termasuk fenomena yang kompleks.

Pada masa kini, kajian berkenaan peramalan siri masa adalah merupakan satu keperluan antaranya untuk peramalan cuaca, perancangan perniagaan dan peramalan harga saham. Terdapat pelbagai kaedah yang diaplikasikan oleh pengkaji-pengkaji lepas dalam meramal sesuatu fenomena seperti aplikasi model purata bergerak autoregresi bersepadu (ARIMA) oleh Box-Jenkins melibatkan peramalan populasi data di negara China (Dai & Chen, 2019). Selain itu, aplikasi model kaedah rangkaian neural buatan (ANN) oleh Niazkar dan Niazkar (2020) melibatkan peramalan siri masa wabak Covid-19 terutama di negara-negara yang mengalami puncak wabak tersebut seperti di China, Jepun, Singapura, Itali dan Afrika Selatan. Seterusnya, pendekatan kalut turut terkenal dalam meramal sesuatu fenomena seperti peramalan bahan pencemar ozon (O_3) oleh Wan Mohd Zaim

dan Abd Hamid (2017), peramalan aras air sungai oleh Mashuri (2020) dan peramalan siri masa aras air laut di Sabah (Mohd Ali et al., 2022).

Pendekatan kalut menjadi pilihan pengkaji dalam menjalankan peramalan aras air sungai berbanding model-model yang lain kerana kaedah ini hanya melibatkan satu data siri masa dalam menganalisis serta mempunyai dua langkah sahaja iaitu mengesan kehadiran telatah kalut dan proses peramalan. Selain itu, peramalan data hidrologi menggunakan kaedah pendekatan kalut memberikan hasil peramalan yang lebih cemerlang berbanding kaedah ANN (Kumar et al., 2019). Menurut Sprott (2003), data siri masa yang bertelatah kalut adalah peka terhadap isyarat awal. Pendekatan ini juga dapat menganalisis dan meramal fenomena kompleks dalam jangka pendek bagi data siri masa berketentuan. Aplikasi pendekatan kalut terhadap aras air sungai di luar negara mahupun di Malaysia telah dilaksanakan oleh pengkaji-pengkaji lepas. Pengkaji-pengkaji lepas percaya kajian ini dapat memberikan manfaat kepada pihak berkepentingan dalam menghadapi sebarang isu kekurangan air serta dapat mengoptimumkan pengurusan sumber air di Selangor. Ini juga menyebabkan pengkaji bermotivasi dalam meneruskan kajian melibatkan pendekatan kalut ini.

1.3 Pernyataan Masalah

Sumber air merupakan salah satu sumber terpenting bagi penduduk di Malaysia. Sumber air boleh dikategorikan kepada beberapa jenis seperti sungai semulajadi, tasik semulajadi, empangan (takungan), tiub telaga, mata air, dan air masin (Ang, 2015). Jadual 1.1

menunjukkan jenis-jenis sumber air di Malaysia seperti purata hujan tahunan, isipadu air yang bergerak dalam permukaan, imbuhan air tanah dan sejatan. Dapat diperhatikan sebanyak 972 bilion m^3 air hujan setahun merupakan penyumbang tertinggi bagi sumber air di Malaysia disusuli dengan isipadu air yang bergerak dalam permukaan sebanyak 496 bilion m^3 , sejatan dan imbuhan air tanah.

Jadual 1.1

Sumber air di Malaysia (Portal Rasmi Jabatan Pengairan dan Saliran)

Jenis	Semenanjung (Setahun)	Sabah (Setahun)	Sarawak (Setahun)	W.P Labuan (Setahun)	Jumlah (Setahun)
Purata Hujan Tahunan (mm)	2,496	2,560	3,640	3,100	2,940
Air Hujan (m^3)	331 bilion	188 bilion	453 bilion	0.28 bilion	972 bilion
Isipadu air (yang bergerak dalam permukaan) (m^3)	141 bilion	87 bilion	268 bilion	0.14 bilion	496 bilion
Imbuhan Air Tanah (m^3)	19 bilion	14 bilion	30 bilion	0.01 bilion	63 bilion
Sejatan (m^3)	170 bilion	87 bilion	156 bilion	0.13 bilion	413 bilion

Sumber: Portal Rasmi Jabatan Pengairan dan Saliran

Berdasarkan Jabatan Perancangan Bandar dan Desa Selangor (2010), sumber air sungai mungkin daripada mata air, tasik ataupun anak-anak-sungai. Sungai merupakan sejenis saluran air tabii yang besar. Tambahan lagi, semua sungai daripada sumbernya akan menuruni bukit (Jabatan Perancangan Bandar dan Desa Selangor, 2010). Ia merupakan cara biasa air hujan yang turun di daratan untuk mengalir ke laut atau takungan air yang besar seperti tasik. Antara ciri-ciri utama sungai adalah berliku-liku, mempunyai jeram dan lubuk, mempunyai flora dan fauna di tebing dan mempunyai hidupan akuatik. Lembangan sungai pula merupakan kawasan tanah di mana air mengalir melaluinya ke kawasan paling

rendah seperti anak sungai, sungai, tasik atau tanah lembap (Jabatan Perancangan Bandar dan Desa Selangor, 2010).

Antara ciri-ciri lembangan sungai adalah ia merupakan kawasan yang menakung air hujan, wujud dalam pelbagai bentuk dan saiz serta ia akan mengalir di permukaan atau terkumpul di bawah tanah. Jadual 1.2 menunjukkan jumlah lembangan sungai di Malaysia merangkumi kawasan Semenanjung Malaysia, Sabah dan Sarawak. Jika diperhatikan Sabah mempunyai jumlah lembangan utama melebihi 80 km² paling banyak iaitu sebanyak 75 dengan jumlah lembangan keseluruhan iaitu sebanyak 1,468 lembangan disusuli dengan kawasan Semenanjung Malaysia dan Sarawak.

Jadual 1.2

Jumlah bilangan lembangan sungai di Malaysia

Kawasan	Jumlah Lembangan	Jumlah Lembangan Utama (melebihi 80 km ²)
Semenanjung Malaysia	1,235	74
Sabah	1,468	75
Sarawak	283	40
Keseluruhan	2,986	189

Sumber: Jabatan Pengairan dan Saliran, Malaysia

Berdasarkan Jabatan Perancangan Bandar dan Desa Negeri Selangor (2015), pembinaan empangan adalah untuk menstabilkan aliran sungai yang menjadi muka sauk dan sebagai lokasi bagi memproses serta merawat air sungai. Muka sauk ialah bangunan yang dibina di tebing sungai di mana pam jenis '*Submersible*' yang dipasang padanya akan mengepam air mentah ke loji air. Ianya adalah proses pertama bagi rawatan air. Apabila berlakunya hujan lebat, empangan akan menjadi penuh bagi menyimpan air mentah dan akan dilepaskan ketika aliran sungai rendah, cuaca kemarau dan kering. Fungsi empangan

boleh dikategorikan kepada beberapa fungsi. Antara fungsi-fungsi tersebut adalah seperti di Lampiran A. Selain itu, terdapat beberapa empangan di Malaysia yang mempunyai fungsi sampingan dan lebih daripada satu kegunaan seperti empangan Sungai Muda (Kedah) untuk pengairan dan bekalan air, empangan Klang Gates (Selangor) untuk bekalan air dan mitigasi banjir dan empangan Bukit Merah (Perak) untuk pengairan, bekalan air dan rekreasi (Suruhanjaya Perkhidmatan Air Negara Malaysia, 2016).

Di Malaysia, sumber air merupakan nadi kehidupan yang sentiasa diberi penekanan. Selari dengan pembangunan dan peningkatan jumlah penduduk di Malaysia, permintaan sumber air juga semakin meningkat iaitu berlaku pertambahan penduduk pada tahun 2050 seramai 43 juta orang. Ini akan menyebabkan permintaan air bersih dan selamat digunakan meningkat termasuk permintaan air domestik, sektor pertanian dan industri (Jabatan Pengairan dan Saliran, 2016). Ini dapat dilihat apabila jumlah penduduk Malaysia telah meningkat seramai 32.7 juta orang pada tahun 2021 (Berita Harian Online, 2021). Jumlah penduduk di setiap negeri meningkat terutama di Selangor yang mempunyai jumlah penduduk tertinggi. Ini dapat dilihat pada Lampiran B yang menunjukkan jumlah penduduk mengikut negeri bagi tahun 2000, 2010, 2015 dan 2016. Jika diperincikan di setiap daerah di Selangor, daerah Petaling mempunyai jumlah penduduk yang paling tinggi berbanding daerah-daerah lain. Ini dapat dilihat pada Lampiran C.

Berdasarkan Jabatan Pengairan dan Saliran Petaling (2010), lembangan sungai yang terlibat di daerah Petaling adalah lembangan Sungai Buloh, Sungai Klang dan Sungai Langat. Berdasarkan Jabatan Perancangan Bandar dan Desa Negeri Selangor (2015), lembangan Sungai Klang dan Sungai Langat merupakan antara sumber air mentah di

Selangor. Bagi lembangan Sungai Klang hanya 8% daripada jumlah keseluruhan proses air permukaan adalah untuk kegunaan domestik, perdagangan, perniagaan, industri dan kegunaan lain oleh penduduk manakala bagi Sungai Langat adalah sebanyak 27%. Jadual 1.3 menunjukkan sebanyak tiga empangan pembekalan air negeri Selangor yang berada sepanjang lembangan Sungai Klang iaitu empangan Tasik Subang, empangan Klang Gates dan empangan Sungai Batu. Manakala sebanyak dua empangan bagi lembangan Sungai Langat iaitu empangan Sungai Langat dan empangan Sungai Semenyih. Dapat diperhatikan bahawa kesemua empangan terlibat digunakan untuk bekalan air dengan keupayaan simpanan paling tinggi di empangan Sungai Semenyih iaitu sebanyak 59,071 juta *l*. Dengan melihat kepada fungsi empang-empangan ini, pengkaji telah memilih Sungai Klang dan Sungai Langat sebagai kawasan kajian.

Jadual 1.3

Empangan pembekalan air negeri Selangor bagi Sungai Klang dan Sungai Langat

Nama Empangan	Keupayaan Simpanan (Juta Liter)	Lembangan Sungai	Keluasan Kawasan Tadahan (km ²)	Keluasan Empangan (km ²)	Kegunaan
Empangan Tasik Subang	3,500	Sungai Klang	6.5	0.23	Bekalan air
Empangan Sungai Batu	30,199	Sungai Klang	50	2.5	Bekalan air dan tebatan banjir
Empangan Klang Gates	32,013	Sungai Klang	77	2.7	Bekalan air
Empangan Sungai Langat	37,480	Sungai Langat	54	2.5	Bekalan air dan tebatan banjir
Empangan Sungai Semenyih	59,071	Sungai Langat	41	2	Bekalan air dan tebatan banjir

Sumber: Jabatan Perancangan Bandar Dan Desa Negeri Selangor, 2015

Faktor pemilihan kawasan kajian di Selangor yang melibatkan Sungai Klang dan Sungai Langat adalah disebabkan jumlah penduduk dan pembangunan yang semakin meningkat selari dengan permintaan air yang turut meningkat (Abdul Rahman, 2020). Jika diperincikan aras air sungai yang melalui empangan yang terlibat mempunyai paras air normal yang berbeza iaitu aras air Sungai Klang adalah lebih tinggi berbanding aras air Sungai Langat. Ini dapat dilihat apabila paras air normal bagi Sungai Klang adalah tinggi iaitu 23.0m berbanding Sungai Langat iaitu sebanyak 3.9m (Jabatan Pengairan Dan Saliran Malaysia, 2022). Bukan itu sahaja, menurut Berita Harian Online (2015), krisis air di Selangor pernah berlaku di mana kapasiti 34 loji rawatan air mentah di Selangor hanya boleh menampung keperluan sehingga 4661 juta liter air terawat, manakala keperluan air dalam kalangan pengguna meningkat sehingga 4947 juta liter air sehari. Ini menunjukkan bahawa peramalan bagi data siri masa air sungai di kawasan berkaitan sangat penting bagi memberi isyarat awal supaya pihak berkepentingan dapat membuat persiapan awal jika berlaku kekurangan air seterusnya dapat membantu mengoptimumkan pengurusan sumber air di negeri Selangor.

Dalam melaksanakan kajian ini, pengkaji menggunakan pendekatan kalut dalam mengesan kehadiran telatah kalut dan meramal data siri masa aras air sungai di kawasan berkaitan. Jika diperincikan kajian aplikasi pendekatan kalut terhadap data siri masa aras air sungai di negara Malaysia masih belum meluas seperti Jadual 1.4 yang menunjukkan senarai beberapa kajian yang menggunakan pendekatan kalut di Malaysia melibatkan pelbagai jenis data siri masa seperti data aliran sungai (Adenan et al., 2017), data aras air sungai (Mashuri, 2020), dan data aras air laut (Mohd Ali et al., 2022).

05. jika berlaku masalah kekurangan air serta dapat mengoptimalkan pengurusan sumber air di Selangor.

Jadual 1.4

Senarai kajian yang menggunakan pendekatan kalut di Malaysia

Lokasi Kajian	Pengkaji	Data Siri Masa
Malaysia	Mohd Ali, Abd Hamid dan Ishak (2022)	Aras air laut
	Mashuri (2020)	Aras air sungai
	Ruslan dan Abd Hamid (2019)	Karbon monoksida (CO)
	Bahari dan Abd Hamid (2019)	Suhu
	Sapini et al. (2019)	Harga pasaran saham
	Adenan, Abd Hamid, Mohamed dan Noorani (2017)	Aliran sungai

Jadual 1.5

Senarai kajian yang menggunakan pendekatan kalut di luar negara

Lokasi Kajian	Pengkaji	Data Siri Masa
Iran	Rezaei, Garebaghi, Temeliyeh dan Najafabadi (2022)	Aliran air sungai
Portugal	Ofori-Ntow Jnr, Ziggah, Rodrigues dan Relvas (2022)	Kelajuan angin
Singapura	Wang dan Babovic (2014)	Aras air pantai
Turki	Khatibi et al. (2012)	Aras air sungai

1.4 Persoalan Kajian

Terdapat tiga persoalan yang memberi motivasi kepada pengkaji bagi menjalankan kajian ini iaitu:

1.4.1 Adakah kehadiran telatah kalut aras air Sungai Klang dan Sungai Langat,

Selangor dapat dikesan?

1.4.2 Adakah aras air Sungai Klang dan Sungai Langat, Selangor boleh diramal menggunakan pendekatan kalut?

1.4.3 Adakah kaedah penambahbaikan peramalan penghampiran purata setempat dapat meramal data siri masa aras air Sungai Klang dan Sungai Langat, Selangor dengan lebih baik?

Oleh itu, persoalan-persoalan di atas memberikan panduan kepada pengkaji dalam menjalankan kajian ini. Segala penerangan yang lebih terperinci akan diterangkan dari bab ke bab bagi memberi gambaran dan pemahaman kepada para pembaca tentang kajian yang dijalankan.

1.5 Objektif Kajian

Objektif kajian ini adalah seperti berikut:

- 1.5.1 Mengesan kehadiran telatah kalut bagi aras air Sungai Klang dan Sungai Langat, Selangor.
- 1.5.2 Meramal aras air Sungai Klang dan Sungai Langat, Selangor dengan menggunakan pendekatan kalut.
- 1.5.3 Menambahbaik kaedah peramalan penghampiran purata setempat bagi peramalan data siri masa aras air Sungai Klang dan Sungai Langat, Selangor.

1.6 Signifikan Kajian

Kepentingan kajian ini adalah tertumpu kepada penggunaan pendekatan kalut dalam mengesan serta meramal data siri masa aras air sungai terpilih di Selangor. Kajian ini dapat memberikan maklumat kepada pihak berkepentingan bagi membuat persiapan awal jika berlaku masalah kekurangan air. Selain itu, kajian ini dapat mengoptimumkan pengurusan sumber air di Selangor yang mempunyai jumlah penduduk yang tertinggi di Malaysia. Pengkaji memilih Sungai Klang dan Sungai Langat yang membekalkan sumber air kepada penduduk Selangor sebagai kawasan kajian atas faktor peningkatan jumlah penduduk dan pembangunan di Selangor yang menyebabkan permintaan air semakin meningkat. Bukan itu sahaja, pengkaji berpendapat kajian ini dapat membantu pihak berkepentingan dalam membuat persiapan awal jika berlaku sebarang isu kekurangan air serta dapat

mengoptimumkan pengurusan sumber air di Selangor. Paras air normal yang berbeza di kedua-dua kawasan tersebut juga menyebabkan pengkaji ingin mengetahui sama ada pendekatan kalut dapat meramal aras air Sungai Klang dan Sungai Langat.

1.7 Batasan Kajian

Dalam kajian ini, kaedah yang digunakan dalam meramal data siri masa aras air sungai yang dikaji hanya terbatas kepada pendekatan kalut. Hal ini demikian kerana aplikasi pendekatan kalut hanya melibatkan satu pemboleh ubah iaitu data siri masa aras air sungai bagi mengesan kehadiran telatah kalut dan meramal aras air sungai berbanding kaedah lain.

Kajian yang dijalankan ini tidak melibatkan keseluruhan sungai di Malaysia dan hanya berfokus kepada dua batang sungai sahaja iaitu Sungai Klang dan Sungai Langat di Selangor yang memerlukan kajian yang lebih terperinci sebagai persediaan awal jika terdapat sebarang isu kekurangan air, di samping dapat mengoptimumkan pengurusan sumber air. Keperluan kajian ini adalah disebabkan krisis air di Selangor pernah berlaku di mana kapasiti 34 loji rawatan air mentah di Selangor hanya boleh menampung keperluan sehingga 4661 juta liter air terawat, manakala keperluan air dalam kalangan pengguna meningkat sehingga 4947 juta liter air sehari (Berita Harian Online, 2015). Bukan itu sahaja, bekalan air bersih berkurangan akibat permintaan meningkat selari pertambahan penduduk, perbandaran dan sektor ekonomi khususnya industri (Abdul Rahman, 2020). Selain itu, terdapat pelbagai aplikasi ke atas jenis data siri masa yang diramal oleh pengkaji-pengkaji lepas menggunakan pendekatan kalut seperti aplikasi data siri masa aras air Pantai oleh Wang dan Babovic (2014), aplikasi data siri masa aras air tasik oleh Shiri



et al. (2016), aplikasi data siri masa aras air sungai oleh Ghorbani, Khatibi, Mehr dan Asadi (2018) dan aplikasi data siri masa aliran sungai oleh Rezaei et al. (2022).

Namun begitu, kajian ini hanya terbatas kepada aplikasi data siri masa aras air sungai kerana sesuai dengan objektif kajian yang ingin dikaji. Manakala, bacaan aras air sungai dicatat oleh tolok aras yang diletakkan di setiap stesen sungai-sungai di Malaysia oleh Jabatan Pengairan dan Saliran Malaysia (JPS). Kawasan kajian yang dipilih oleh pengkaji diperincikan bagi mengesan kehadiran telatah kalut dan meramal aras air sungai terlibat dengan hanya terbatas kepada data siri masa harian dan mingguan. Pengkaji juga menggunakan Matlab 2009 (Matlab, 2009) dan pakej TSTOOL (Merkwirth et al., 2009) bagi membantu menganalisis data serta membuat peramalan bagi data siri masa yang terlibat.



1.8 Definisi Operasi

1.8.1 Permodelan Matematik

Menurut Meyer (1985), model merupakan sesuatu konsep atau objek yang diaplikasikan bagi mewakili sesuatu. Manakala, menurut Sabri dan Othman (2014), matematik adalah ilmu yang mengajar manusia berfikir logik dengan pembuktian bahasa yang tersendiri bagi menunjukkan konsep yang terkandung di dalamnya. Menurut Edwards dan Hamson (1989), model matematik merupakan model bagi konsep matematik yang dihasilkan seperti fungsi (*functions*) dan persamaan (*equation*). Apabila model matematik dihasilkan, ia akan beralih dari dunia nyata ke dunia konsep matematik yang abstrak. Kemudian, model akan



dimanipulasikan menggunakan teknik matematik atau pengiraan berangka yang dibantu dengan penggunaan komputer. Akhirnya, ia akan masuk ke dunia nyata dengan membawa penyelesaian yang berguna untuk masalah sebenar.

Dalam kajian ini, pemodelan matematik adalah merujuk kepada pembinaan model peramalan dengan menggunakan persamaan matematik iaitu melibatkan pembinaan semula ruang fasa dengan mencari parameter masa tunda τ , parameter dimensi pembenaman d dan parameter jiran terdekat k terlebih dahulu sebelum melalui proses peramalan menggunakan dua kaedah iaitu kaedah penghampiran purata setempat (KPPS) dan kaedah penambahbaikan peramalan penghampiran purata setempat (KPPS_{penambahbaikan}). Akhir sekali, pengkaji akan mencari nilai pekali kolerasi (pk) sebagai petunjuk prestasi bagi siri masa ramalan dan siri masa sebenar yang dikaji.

1.8.2 Pendekatan Kalut

Pendekatan kalut adalah merujuk kepada teori kalut yang digunakan buat pertama kali oleh Li dan Yorke (1975). Pada tahun 1965, pendekatan kalut telah digunakan buat pertama kali oleh Edward Lorenz dalam bidang meteorologi. Namun begitu, teori ini telah diaplikasikan dalam pelbagai bidang seperti matematik, tingkah laku, astronomi, mekanik, fizik, biologi dan sebagainya (Alami, Ghorbani & Malekani, 2013). Teori kalut adalah satu teori kompleks, tidak linear dan mempunyai sistem dinamik yang dipelopori oleh Lorenz (1963). Pendekatan kalut adalah peka terhadap isyarat awal (Sprott, 2003). Malah, menurut Abd Hamid (2015), pendekatan ini dapat menganalisis dan meramal fenomena kompleks

dalam jangka pendek. Dalam kajian ini, pendekatan kalut digunakan bagi meramal data siri masa aras air Sungai Klang dan Sungai Langat di Selangor.

1.8.3 Aras Air Sungai

Berdasarkan Jabatan Perancangan Bandar dan Desa Selangor (2010), sungai merupakan sejenis saluran air tabii yang besar. Semua sungai daripada sumbernya akan menuruni bukit. Ia merupakan cara biasa air hujan yang turun di daratan untuk mengalir ke laut atau takungan air yang besar seperti tasik. Antara ciri-ciri utama sungai adalah berliku-liku, mempunyai jeram dan lubuk, mempunyai flora dan fauna di tebing dan mempunyai hidupan akuatik. Menurut Kamus Dewan (2017), empangan merupakan tambak untuk menahan arus atau aliran air. Manakala, berdasarkan Jabatan Perancangan Bandar dan Desa Negeri Selangor (2015), pembinaan empangan adalah untuk menstabilkan aliran sungai yang menjadi muka sauk dan sebagai lokasi bagi memproses serta merawat air sungai. Muka Sauk ialah bangunan yang dibina di tebing sungai di mana pam jenis '*Submersible*' yang dipasang padanya akan mengepam air mentah ke loji air. Berdasarkan kajian ini, aras air sungai terlibat merujuk kepada sungai yang mengalir ke empangan. Terdapat dua buah sungai serta lima buah empangan yang diperincikan oleh pengkaji bagi kajian ini seperti Jadual 1.6.

Jadual 1.6

Perincian sungai dan empangan

Negeri	Sungai	Empangan
Selangor	Sungai Klang	Empangan Tasik Subang
		Empangan Klang Gates
		Empangan Sungai Batu
	Sungai Langat	Empangan Sungai Langat
		Empangan Sungai Semenyih

1.9 Sumbangan Kajian

1.9.1 Sumbangan Kajian kepada Pendekatan Kalut

Kajian melibatkan aplikasi pendekatan kalut telah meluas di Malaysia mahupun di luar negara. Namun begitu, aplikasi pendekatan kalut keatas data siri masa aras air sungai yang mengalir ke empangan masih belum meluas. Kajian ini merupakan kajian terbaru melibatkan data siri masa aras air sungai yang mengalir ke empangan. Namun begitu, kajian melibatkan aras air sungai pernah dilaksanakan oleh Mashuri et al. (2019) dan Mashuri (2020) melibatkan data siri masa aras air sungai di kawasan banjir. Oleh itu, kajian ini merupakan perkembangan bagi kajian lepas yang menggunakan pendekatan kalut dalam membuat peramalan dalam bidang matematik. Maka, sumbangan kajian ini merujuk kepada perkembangan kaedah penambahbaikan peramalan purata setempat dalam mendapatkan hasil peramalan yang lebih cemerlang.

Sumbangan kajian kepada penambahbaikan kaedah dapat dilihat melalui KPPS_{penambahbaikan} yang telah dicadangkan oleh pengkaji. Kaedah penambahbaikan ini merupakan satu kaedah penambahbaikan KPPS yang baru dan lain daripada kaedah penambahbaikan KPPS yang dicadangkan oleh pengkaji lepas seperti kajian oleh Mashuri

(2020). Hal ini demikian kerana secara amnya, peramalan menggunakan KPPS akan menggunakan lajur pertama bagi setiap vektor ruang fasa. Manakala penambahbaikan KPPS yang dicadangkan oleh Mashuri (2020) adalah dengan memvariasikan setiap lajur dan memilih nilai pk yang tertinggi antara lajur yang dinilai. Berbeza dengan kajian ini yang membentuk satu lajur baru berdasarkan hasil purata setiap baris vektor ruang fasa. Maka, KPPS_{penambahbaikan} yang dicadangkan oleh pengkaji ini dapat meningkatkan ketepatan hasil peramalan melalui nilai pk yang cemerlang, sekali gus memberikan sumbangan kepada penambahbaikan kaedah.

1.9.2 Sumbangan Kajian kepada Bidang Hidrologi

Kajian aplikasi pendekatan kalut terhadap data siri masa aras air sungai masih belum meluas di Malaysia. Kajian terbaru telah dilaksanakan oleh Mashuri (2020) menggunakan data siri masa aras air sungai di kawasan banjir. Namun begitu, kajian ini merupakan kajian sumbangan baru dalam bidang hidrologi melibatkan aras air sungai yang mengalir ke empangan di Malaysia.

1.9.3 Sumbangan Kajian kepada Negara Malaysia

Sumbangan kajian ini kepada negara Malaysia dapat dilihat melalui hasil kajian yang diperolehi melibatkan kawasan Sungai Klang dan Sungai Langat yang membekalkan



sumber air kepada penduduk di Selangor bagi memenuhi kepentingan yang digariskan oleh pengkaji iaitu:

- i. Dapat memberikan maklumat awal kepada pihak berkepentingan jika berlaku sebarang isu kekurangan air di Selangor.
- ii. Dapat mengoptimumkan pengurusan sumber air di Selangor.

1.10 Rumusan

Secara keseluruhannya, bab ini membincangkan tentang latar belakang kajian, pernyataan masalah, objektif, persoalan serta signifikan kajian. Selain itu, bab ini juga merangkumi batasan kajian, definisi operasi serta sumbangan yang turut dibincangkan. Untuk bab seterusnya pengkaji akan menerangkan dengan lebih terperinci tentang pendekatan kalut dan kajian-kajian lepas.

