



05-4506832



pustaka.upsi.edu.my



Perpustakaan Tuanku Bainun
Kampus Sultan Abdul Jalil Shah



PustakaTBainun



ptbupsi

ANALISIS DAN PERAMALAN DATA SIRI MASA ALIRAN SUNGAI DENGAN MENGUNAKAN PENDEKATAN KALUT

NUR HAMIZA ADENAN



05-4506832



pustaka.upsi.edu.my



Perpustakaan Tuanku Bainun
Kampus Sultan Abdul Jalil Shah



PustakaTBainun



ptbupsi

**TESIS YANG DIKEMUKAKAN UNTUK MEMPEROLEH IJAZAH
IJAZAH DOKTOR FALSAFAH**

**FAKULTI SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITI KEBANGSAAN MALAYSIA**



05-4506832



pustaka.upsi.edu.my



Perpustakaan Tuanku Bainun
Kampus Sultan Abdul Jalil Shah



PustakaTBainun



ptbupsi



Aliran sungai penting untuk dianalisis dan diramal bagi menyalurkan maklumat aliran sungai di kawasan berkepentingan di Malaysia bagi tujuan pengurusan sumber air dan pengawalan banjir. Maka, satu kajian telah dijalankan dengan mengaplikasikan pendekatan kalut bagi menganalisis dan meramal aliran sungai di beberapa kawasan berkepentingan di Malaysia. Pelaksanaan kajian ini adalah merangkumi tiga objektif iaitu (1) mengenal pasti kehadiran telatah kalut pada aliran sungai; (2) meramal siri masa aliran sungai dan (3) mencadangkan kaedah penambahbaikan bagi peramalan aliran sungai. Kajian ini diperincikan kepada kawasan yang lebih spesifik bagi meneliti kesesuaian kaedah yang digunakan. Kawasan yang berbeza ini adalah meliputi stesen aliran sungai di kawasan yang mempunyai keluasan tadahan air yang berbeza, aliran sungai di dataran banjir dan aliran sungai di bandar. Kaedah dimensi korelasi digunakan bagi mencapai objektif yang pertama. Hasil kajian menunjukkan semua aliran sungai yang dikaji adalah bertelatah kalut dengan mencatatkan nilai dimensi korelasi yang rendah. Maka, kehadiran telatah kalut pada aliran sungai di kawasan berkepentingan di Malaysia dapat dikenal pasti. Manakala, hasil kajian bagi objektif yang kedua menunjukkan data aliran sungai yang digunakan di dalam kajian ini dapat diramal dengan menggunakan pendekatan kalut. Hasil penelitian terhadap peramalan bagi skala masa harian dan mingguan menunjukkan peramalan data aliran sungai di kawasan ini adalah lebih tepat diramal dengan menggunakan nilai dimensi pembenaman optimum daripada pendekatan songsang berbanding kaedah piawai. Objektif ketiga yang mencadangkan penambahbaikan pendekatan kalut dengan menekankan isu pengurangan gangguan. Hasil kajian menunjukkan data aliran sungai berjaya diramal dan mencatatkan peningkatan masing-masing sehingga 0.68% dan 1.29% bagi peramalan data harian dan mingguan apabila dibandingkan dengan hasil peramalan dengan menggunakan pendekatan kalut. Kesimpulannya, pendekatan kalut berjaya diaplikasikan bagi meramal aliran sungai di kawasan berkepentingan di Malaysia. Maka, hasil kajian ini dapat menyumbangkan maklumat aliran sungai kepada pihak yang berkenaan bagi menguruskan sumber air dan pengawalan banjir bagi kawasan yang dikaji.



ANALYSIS AND PREDICTION OF RIVER FLOW TIME SERIES DATA USING CHAOS APPROACH

ABSTRACT

It is important to analyse and predict river flow to provide river flow information at the important sites in Malaysia for the purpose of water resources management and flood control. Thus, a study was conducted by applying the chaos approach to analyse and predict the river flow in some important sites in Malaysia. Implementation of this study is comprised of three objectives, (1) to identify the presence of chaotic behaviour of the river flow; (2) to predict the river flow and (3) to propose improvement to the chaos approach for chaotic river flow prediction. This study investigated the more specific areas to examine the appropriateness of the methods used. The different areas include river flow stations in areas with different watershed acreage, floodplain and in the city. To achieve the first objective, the correlation dimension method is used. The results showed that all examined data are recorded as low values of correlation dimension. The results for the second objective showed that all examined data in this study can be predicted using chaos approach. The river flow prediction that involves daily and weekly data is more accurate if using the optimal embedding dimension of the inverse approach compared to standard methods. The third objective is to propose the improved method of chaos approach which emphasizes the issue of noise reduction. The prediction results for daily and weekly river flow data showed that the accuracy of prediction based on correlation coefficient increased respectively to 0.68% and 1.29% when using the improved method compared to chaos approach. Overall, chaos approach successfully used to predict the river flow at the important sites in Malaysia. Thus, these findings could provide river flow information to the relevant authorities to manage water resources and flood control for the area studied.

	Halaman
PENGAKUAN	
PENGHARGAAN	iii
ABSTRAK	iv
ABSTRACT	v
KANDUNGAN	vi
SENARAI JADUAL	x
SENARAI ILUSTRASI	xiii
SENARAI SINGKATAN	xxii
BAB I PENGENALAN	
1.1 Penyataan Masalah	1
1.2 Objektif	4
1.3 Signifikan Kajian	4
1.4 Batasan Kajian	5
1.5 Matlamat dan Motivasi Kajian	6
1.6 Sumbangan Kajian	7
1.6.1 Sumbangan Kajian kepada Penambahbaikan Kaedah	8
1.6.2 Sumbangan Kajian kepada Analisis dan Peramalan	8
Data Aliran Sungai	
1.6.3 Sumbangan Kajian kepada Negara Malaysia	9
1.7 Gambaran Keseluruhan Kajian	9
1.8 Organisasi Tesis	11
BAB II KAJIAN KEPUSTAKAAN	
2.1 Telatah Kalut Siri Masa	14
2.1.1 Ciri-ciri Sistem Bertelatah Kalut	15
2.1.2 Ciri-ciri Siri Masa Bertelatah Kalut	16
2.1.3 Teori Kalut	18
2.1.4 Konsep asas pendekatan kalut bagi peramalan data siri	20
masa	

2.2	Perkembangan Kajian Data Siri Masa Hidrologi di Malaysia	25
2.3	Perkembangan Kajian Analisis dan Peramalan Data Siri Masa	28
2.3.1	Analisis dan Peramalan Data Siri Masa Bertelatah Kalut di Malaysia	28
2.3.2	Analisis dan Peramalan Data Aliran Sungai Bertelatah Kalut di Luar Negara	29
2.3.3	Menganggar Parameter Ruang Fasa	33
2.3.4	Mengenal Pasti Kehadiran Telatah Kalut pada Data Siri Masa	37
2.3.5	Peramalan Data Siri Masa	39
2.4	Kesimpulan	42
BAB III DATA		
3.1	Pengenalan	44
3.2	Pemilihan Kawasan	45
3.2.1	Sungai yang Terletak di Kawasan Tadahan yang Mempunyai Keluasan Berbeza	47
3.2.2	Sungai di Kawasan Dataran Banjir	55
3.2.3	Sungai di Kawasan Bandar	60
3.2.4	Pengiraan aliran Sungai	64
3.3	Kesimpulan	64
BAB IV MENGENAL PASTI KEHADIRAN TELATAH KALUT PADA DATA ALIRAN SUNGAI		
4.1	Pengenalan	66
4.1.1	Kaedah Dimensi Korelasi	67
4.2	Mengenal Pasti Kehadiran Telatah Kalut Aliran Sungai di Kawasan Berkepentingan di Malaysia	71
4.2.1	Sungai yang Terletak di Kawasan Tadahan yang Mempunyai Keluasan Berbeza	72
4.2.2	Sungai di Dataran Banjir	74
4.2.3	Sungai di Kawasan Bandar	75
4.3	Kesimpulan	76
BAB V PERAMALAN DATA SIRI MASA ALIRAN SUNGAI		
5.1	Pengenalan	79

5.2	Kaedah yang Digunakan untuk Peramalan Data Siri Masa Bertelatah Kalut	80
5.2.1	Peramalan Data Siri Masa dengan Menggunakan m daripada Hasil Pengiraan Kaedah Piawai	81
5.2.2	Contoh Peramalan Data Siri Masa Logistik dengan Menggunakan m daripada hasil Pengiraan Kaedah Piawai	89
5.2.3	Peramalan Data Siri Masa dengan Menggunakan Pendekatan Songsang	93
5.2.4	Contoh Peramalan Data Siri Masa Cerapan dengan Menggunakan Pendekatan Songsang	95
5.3	Penilaian Prestasi Peramalan	102
5.4	Peramalan Aliran Sungai di Kawasan Berkepentingan di Malaysia	103
5.4.1	Sungai di Perbezaan Keluasan Kawasan Tadahan	103
5.4.2	Sungai di Dataran Banjir	114
5.4.3	Sungai di Kawasan Bandar	121
5.5	Perbandingan Hasil Peramalan Data Aliran Sungai Bulanan di antara Hasil Peramalan Kaedah ARIMA, SVM dan Pendekatan Kalut	126
BAB VI PENAMBAHBAIKAN KAEDAH PERAMALAN		
6.1	Pengenalan	131
6.2	Kaedah Penambahbaikan Pendekatan Kalut	133
6.2.1	Membina Data Komposit	135
6.2.2	Pembinaan Semula Ruang Fasa bagi Data Komposit	136
6.2.3	Peramalan	137
6.2.4	Contoh Peramalan Menggunakan Data Sintetik	138
6.3	Aplikasi Terhadap Data Sintetik (Data Siri Masa Logistik)	144
6.3.1	Peramalan Terhadap Data Sintetik Tanpa Gangguan pada Data	145
6.3.2	Peramalan Terhadap Data Sintetik dengan Penambahan Gangguan pada Data	145
6.3.3	Perbincangan	149
6.4	Aplikasi Terhadap Data Aliran Sungai Bertelatah Kalut	153
6.4.1	Hasil Kajian	154
6.4.2	Kesimpulan	159

BAB VII KESIMPULAN DAN CADANGAN KAJIAN LANJUTAN

7.1	Kesimpulan	161
7.2	Cadangan Kajian Lanjutan	165

RUJUKAN	166
----------------	------------

LAMPIRAN

A	Graf daripada kaedah dimensi korelasi	179
B	Graf daripada kaedah Cao dan hasil peramalan dengan menggunakan dimensi pembenaman daripada kaedah Cao	191
C	Graf daripada kaedah jiran terdekat palsu dan hasil peramalan dengan menggunakan dimensi pembenaman daripada kaedah jiran terdekat palsu	196
D	Prestasi peramalan bagi dimensi pembenaman yang berbeza dengan menggunakan pendekatan songsang dan hasil peramalan terbaik bagi pendekatan songsang	201
E	Graf x lawan masa bagi data logistik dengan penambahan gangguan pada data dan data komposit yang terlibat	209

SENARAI JADUAL



05-4506832



pustaka.upsi.edu.my

Perpustakaan Tuanku Bainun
Kampus Sultan Abdul Jalil Shah

PustakaTBainun



ptbupsi

No. Jadual		Halaman
2.1	Aplikasi kaedah dimensi korelasi pada data aliran sungai di luar negara	38
2.2	Aplikasi penggunaan peramalan setempat terhadap data siri masa	40
2.3	Model yang digunakan untuk peramalan pendekatan global	41
3.1	Statistik asas data aliran sungai yang terletak di kawasan tadahan yang mempunyai keluasan berbeza	48
3.2	Butiran lembangan Sungai Pahang (Ghani et al. 2012)	52
3.3	Permintaan bekalan air di kawasan Kinta dan Kampar (Jabatan Pengairan Saliran Malaysia 2011)	53
3.4	Peningkatan populasi di kawasan Kinta dan Kampar (Jabatan Pengairan Saliran Malaysia 2011)	53
3.5	Kejadian banjir Sungai Muda di Ladang Victoria (Julien et al. 2010)	57
3.6	Statistik asas aliran Sungai Muda	58
3.7	Statistik asas aliran Sungai Langat dan Sungai Klang	63
4.1	Hasil kajian bagi mengenal pasti kehadiran telatah kalut pada data aliran sungai yang terletak di kawasan tadahan yang mempunyai keluasan berbeza	74
4.2	Hasil kajian bagi mengenal pasti kehadiran telatah kalut pada data aliran sungai yang terletak di dataran banjir	75
4.3	Hasil kajian bagi mengenal pasti kehadiran telatah kalut pada data aliran sungai yang terletak di kawasan bandar	76
4.4	Dapatan kajian bagi mengenal pasti kehadiran telatah kalut di kawasan berkepentingan di Malaysia	78
5.1	Data sintetik bagi persamaan logistik daripada model logistik	92
5.2	Prestasi peramalan bagi hasil peramalan data cerapan aliran sungai harian di Sungai Bernam selama 365 hari dengan menggunakan nilai m yang berbeza (pendekatan songsang)	99



05-4506832



pustaka.upsi.edu.my

Perpustakaan Tuanku Bainun
Kampus Sultan Abdul Jalil Shah

PustakaTBainun



ptbupsi

5.3	Penilaian prestasi peramalan dengan mengambil hasil pengiraan kaedah Cao, kaedah jiran terdekat palsu dan pendekatan songsang untuk mencari nilai dimensi pembenaman optimum (m_{opt}) bagi aliran sungai di perbezaan keluasan kawasan tadahan	113
5.4	Penilaian prestasi peramalan dengan mengambil hasil pengiraan kaedah Cao, kaedah jiran terdekat palsu dan pendekatan songsang untuk mencari nilai dimensi pembenaman optimum (m_{opt}) bagi aliran sungai di dataran banjir	120
5.5	Penilaian prestasi peramalan dengan mengambil hasil pengiraan kaedah Cao, kaedah jiran terdekat palsu dan pendekatan songsang untuk mencari nilai dimensi pembenaman optimum (m_{opt}) bagi aliran sungai di kawasan bandar	125
5.6	Penilaian prestasi bagi hasil peramalan dengan menggunakan kaedah ARIMA dan SVM di stesen Tanjung Tualang di Sungai Kinta dengan menggunakan data bulanan dari bulan Oktober 1976 sehingga Julai 2006 (Shabri & Suhartono 2012)	127
5.7	Penilaian prestasi peramalan bagi dimensi pembenaman (m) yang berbeza pada aliran sungai di Sungai Kinta yang melibatkan data bulanan dari bulan Oktober 1976 sehingga Julai 2006	130
6.1	Hasil pengiraan siri komposit melibatkan data logistik dengan syarat awal $x_1 = 0.6$ dan $\mu = 3.52$ dan melibatkan $N = 70$	141
6.2	Nilai pekali korelasi (CC) bagi dimensi pembenaman (m) yang berbeza dengan menggunakan kaedah penambahbaikan dan pendekatan kalut pada data daripada lelaran persamaan logistik dengan penambahan gangguan pada data	152
6.3	Statistik asas bagi data aliran Sungai Bernam	154
6.4	Prestasi peramalan pendekatan kalut untuk Sungai Bernam, Selangor (nombor stesen: 3813411) untuk data harian dan mingguan	156
6.5	Prestasi peramalan kaedah penambahbaikan untuk Sungai Bernam, Selangor (nombor stesen: 3813411) untuk data harian dan mingguan	157
D.1	Prestasi peramalan bagi hasil peramalan data cerapan bagi aliran Sungai Pahang	201

D.2	Prestasi peramalan bagi hasil peramalan data cerapan bagi aliran Sungai Kinta	202
D.3	Prestasi peramalan bagi hasil peramalan data cerapan bagi aliran Sungai Semenyih	204
D.4	Prestasi peramalan bagi hasil peramalan data cerapan bagi aliran Sungai Muda	205
D.5	Prestasi peramalan bagi hasil peramalan data cerapan bagi aliran Sungai Langat	207
D.6	Prestasi peramalan bagi hasil peramalan data cerapan bagi aliran Sungai Klang	208



SENARAI ILUSTRASI

No. Rajah		Halaman
1.1	Gambar rajah blok menunjukkan kaedah yang dicadangkan	10
2.1	Kesan perubahan nilai μ terhadap persamaan logistik	16
2.2	Perbandingan dua sistem yang mempunyai syarat awal yang hampir sama untuk persamaan logistik	17
2.3	Kaedah yang digunakan untuk mengenal pasti kehadiran telatah kalut	18
2.4	Ruang keadaan asal bagi pemetaan Lorenz	19
2.5	Hasil pembinaan ruang fasa bagi siri masa Lorenz	19
2.6	Konsep asas aplikasi pendekatan kalut terhadap analisis dan peramalan data siri masa	21
2.7	Kaedah yang dicadangkan bagi proses peramalan	23
3.1	Kawasan yang terlibat dengan bencana banjir Hashim (2010)	46
3.2	Data aliran sungai harian di stesen Lubok Paku, Sungai Pahang	49
3.3	Data aliran sungai harian di stesen Tanjung Tualang, Sungai Kinta	49
3.4	Data aliran sungai harian di stesen Kampung Rinching, Sungai Semenyih	50
3.5	Lembangan Sungai Pahang	51
3.6	Lembangan Sungai Kinta	53
3.7	Lembangan Sungai Langat (Chang et al. 2012)	55
3.8	Lembangan Sungai Muda (Chang et al. 2012)	59
3.9	Data aliran sungai harian di stesen Ladang Victoria, Sungai Muda	59
3.10	Lembangan Sungai Klang (Lai 1983)	62
3.11	Data aliran sungai harian di stesen Kajang, Sungai Langat	63

3.12	Data aliran sungai harian di stesen Jambatan Sulaiman, Sungai Klang	64
4.1	Carta alir bagi kaedah dimensi korelasi	68
4.2	Ilustrasi gambar rajah yang menunjukkan langkah-langkah untuk menganggarkan nilai dimensi korelasi (Velickov 2004)	69
4.3	Maklumat purata saling bagi data aliran sungai harian di Sungai Kinta	70
4.4	Graf $\ln C(r)$ melawan $\ln r$ bagi data aliran sungai harian di Sungai Kinta	71
4.5	Eksponen korelasi (v) lawan dimensi pembenaman (m) bagi data aliran sungai harian di Sungai Kinta	71
5.1	Carta alir bagi proses peramalan dengan menggunakan m daripada hasil pengiraan kaedah piawai	82
5.2	Fungsi dua parameter Cao iaitu $E1(m)$ dan $E2(m)$	83
5.3	Carta alir bagi menganggarkan nilai dimensi pembenaman (m) menerusi kaedah Cao	84
5.4	Carta alir bagi membuktikan kehadiran telatah kalut pada data siri masa menerusi kaedah Cao	85
5.5	Graf $E1(m)$ melawan m bagi data siri masa sintetik bagi persamaan Henon	86
5.6	Graf $E2(m)$ melawan m bagi data siri masa sintetik bagi persamaan Henon	86
5.7	Carta alir bagi menganggarkan nilai dimensi pembenaman (m) menerusi kaedah jiran terdekat palsu	87
5.8	Pecahan bagi jiran terdekat palsu bagi data siri masa sintetik bagi persamaan Henon daripada Model Henon	89
5.9	Graf bagi data sintetik bagi persamaan logistik daripada model logistik	92
5.10	Perbandingan di antara data sebenar dan data ramalan bagi data sintetik untuk persamaan logistik daripada model logistik	93
5.11	Gambar rajah serakan untuk data ramalan melawan data cerapan bagi data sintetik untuk persamaan logistik daripada model logistik	93

5.12	Carta alir menganggarkan nilai dimensi pembenaman (m) menggunakan pendekatan songsang	100
5.13	Perbandingan di antara data cerapan dan data ramalan bagi data aliran sungai di Sungai Bernam dengan nilai m_{opt} daripada pendekatan songsang	101
5.14	Gambar rajah serakan bagi data ramalan melawan data cerapan bagi data aliran sungai di Sungai Bernam dengan nilai m_{opt} daripada pendekatan songsang	101
5.15	$E2(m)$ lawan m bagi Sungai Pahang bagi data aliran sungai harian dan data aliran sungai mingguan	105
5.16	$E2(m)$ lawan m bagi Sungai Kinta bagi data aliran sungai harian dan data aliran sungai mingguan	106
5.17	$E2(m)$ lawan m bagi Sungai Semenyih bagi data aliran sungai harian dan data aliran sungai mingguan	107
5.18	$E2(m)$ lawan m bagi Sungai Muda bagi data aliran sungai harian dan data aliran sungai mingguan	115
5.19	$E2(m)$ lawan m bagi Sungai Langat dan Sungai Klang bagi data aliran sungai harian dan data aliran sungai mingguan	123
5.20	Data bulanan aliran Sungai Kinta di Stesen Tanjung Tualang dari bulan Oktober 1976 sehingga Julai 2006 (Shabri & Suhartono 2012)	128
6.1	Carta alir bagi kaedah penambahbaikan	134
6.2	Graf x lawan masa untuk persamaan logistik dengan syarat awal $x_1 = 0.6$ dan $\mu = 3.52$ dan melibatkan $N = 70$	139
6.3	Data komposit melawan masa	143
6.4	Perbandingan hasil peramalan bagi data siri masa logistik dengan menggunakan kaedah penambahbaikan	143
6.5	Rajah serakan bagi hasil peramalan bagi data siri masa logistik dengan menggunakan kaedah penambahbaikan	143
6.6	Graf x lawan masa (i) untuk persamaan logistik dengan syarat awal $x_1 = 0.6$ dan $\mu = 3.52$ dan melibatkan $N = 500$	146
6.7	Data komposit untuk persamaan logistik dengan syarat awal $x_1 = 0.6$ dan $\mu = 3.52$ dan melibatkan $N = 500$	146

6.8	Hasil peramalan data sintetik bagi persamaan logistik dengan syarat awal $x_1 = 0.6$ dan $\mu = 3.52$ dan melibatkan $N = 500$	147
6.9	Hasil peramalan melibatkan persamaan logistik dengan penambahan 5% gangguan pada data	148
6.10	Hasil peramalan melibatkan persamaan logistik dengan penambahan 10% gangguan pada data	148
6.11	Hasil peramalan melibatkan persamaan logistik dengan penambahan 20% gangguan pada data	149
6.12	Hasil peramalan melibatkan persamaan logistik dengan penambahan 30% gangguan pada data	149
6.13	Data komposit bagi data harian aliran Sungai Bernam	155
6.14	Data komposit bagi data mingguan aliran Sungai Bernam	155
6.15	Hasil peramalan melibatkan data harian aliran Sungai Bernam dengan menggunakan kaedah penambahbaikan	157
6.16	Hasil peramalan melibatkan data mingguan aliran Sungai Bernam dengan menggunakan pendekatan kalut	158
6.17	Hasil peramalan melibatkan data mingguan aliran Sungai Bernam dengan menggunakan kaedah penambahbaikan	158
A.1	Purata maklumat saling bagi data aliran sungai harian di Sungai Pahang	179
A.2	Graf $\ln C(r)$ melawan $\ln r$ bagi data aliran sungai harian di Sungai Pahang	179
A.3	Graf korelasi eksponen (v) melawan $\ln r$ bagi data aliran sungai harian di Sungai Pahang	179
A.4	Korelasi eksponen (v) lawan dimensi pembenaman (m) bagi data aliran sungai harian di Sungai Pahang	180
A.5	Purata maklumat saling bagi data aliran sungai mingguan di Sungai Pahang	180
A.6	Graf $\ln C(r)$ melawan $\ln r$ bagi data aliran sungai mingguan di Sungai Pahang	180
A.7	Graf korelasi eksponen (v) melawan $\ln r$ bagi data aliran sungai mingguan di Sungai Pahang	181

A.8	Korelasi eksponen (v) lawan dimensi pembenaman (m) bagi data aliran sungai mingguan di Sungai Pahang	181
A.9	Purata maklumat saling bagi data aliran sungai mingguan di Sungai Kinta	181
A.10	Graf $\ln C(r)$ melawan $\ln r$ bagi data aliran sungai mingguan di Sungai Kinta	182
A.11	Graf korelasi eksponen (v) melawan $\ln r$ bagi data aliran sungai mingguan di Sungai Kinta	182
A.12	Korelasi eksponen (v) lawan dimensi pembenaman (m) bagi data aliran sungai mingguan di Sungai Kinta	182
A.13	Purata maklumat saling bagi data aliran sungai harian di Sungai Semenyih	183
A.14	Graf $\ln C(r)$ melawan $\ln r$ bagi data aliran sungai harian di Sungai Semenyih	183
A.15	Graf korelasi eksponen (v) melawan $\ln r$ bagi data aliran sungai harian di Sungai Semenyih	183
A.16	Korelasi eksponen (v) lawan dimensi pembenaman (m) bagi data aliran sungai harian di Sungai Semenyih	184
A.17	Purata maklumat saling bagi data aliran sungai mingguan di Sungai Semenyih	184
A.18	Graf $\ln C(r)$ melawan $\ln r$ bagi data aliran sungai mingguan di Sungai Semenyih	184
A.19	Graf korelasi eksponen (v) melawan $\ln r$ bagi data aliran sungai mingguan di Sungai Semenyih	185
A.20	Korelasi eksponen (v) lawan dimensi pembenaman (m) bagi data aliran sungai mingguan di Sungai Semenyih	185
A.21	Purata maklumat saling bagi data aliran sungai harian di Sungai Muda	185
A.22	Graf $\ln C(r)$ melawan $\ln r$ bagi data aliran sungai harian di Sungai Muda	186
A.23	Graf korelasi eksponen (v) melawan $\ln r$ bagi data aliran sungai harian di Sungai Muda	186

A.24	Korelasi eksponen (v) lawan dimensi pembenaman (m) bagi data aliran sungai harian di Sungai Muda	186
A.25	Purata maklumat saling bagi data aliran sungai mingguan di Sungai Muda	187
A.26	Graf $\ln C(r)$ melawan $\ln r$ bagi data aliran sungai mingguan di Sungai Muda	187
A.27	Graf korelasi eksponen (v) melawan $\ln r$ bagi data aliran sungai mingguan di Sungai Muda	187
A.28	Korelasi eksponen (v) lawan dimensi pembenaman (m) bagi data aliran sungai mingguan di Sungai Muda	188
A.29	Purata maklumat saling bagi data aliran sungai harian di Sungai Langat	188
A.30	Graf $\ln C(r)$ melawan $\ln r$ bagi data aliran sungai harian di Sungai Langat	188
A.31	Graf korelasi eksponen (v) melawan $\ln r$ bagi data aliran sungai harian di Sungai Langat	189
A.32	Korelasi eksponen (v) lawan dimensi pembenaman (m) bagi data aliran sungai harian di Sungai Langat	189
A.33	Purata maklumat saling bagi data aliran sungai harian di Sungai Klang	189
A.34	Graf $\ln C(r)$ melawan $\ln r$ bagi data aliran sungai harian di Sungai Klang	190
A.35	Graf korelasi eksponen (v) melawan $\ln r$ bagi data aliran sungai harian di Sungai Klang	190
A.36	Korelasi eksponen (v) lawan dimensi pembenaman (m) bagi data aliran sungai harian di Sungai Klang	190
B.1	Graf $E1(m)$ melawan m bagi data siri masa aliran Sungai Pahang	191
B.2	Perbandingan di antara data sebenar dan data ramalan bagi data siri masa harian aliran Sungai Pahang ($\tau = 1, m = 15$)	191
B.3	Perbandingan di antara data sebenar dan data ramalan bagi data siri masa mingguan aliran Sungai Pahang ($\tau = 1, m = 16$)	191
B.4	Graf $E1(m)$ melawan m bagi data siri masa aliran Sungai Kinta	192

B.5	Perbandingan di antara data sebenar dan data ramalan bagi data siri masa harian aliran Sungai Kinta ($\tau = 1, m = 10$)	192
B.6	Perbandingan di antara data sebenar dan data ramalan bagi data siri masa mingguan aliran Sungai Kinta ($\tau = 1, m = 9$)	192
B.7	Graf $E1(m)$ melawan m bagi data siri masa aliran Sungai Semenyih	192
B.8	Perbandingan di antara data sebenar dan data ramalan bagi data siri masa harian aliran Sungai Semenyih ($\tau = 1, m = 13$)	193
B.9	Perbandingan di antara data sebenar dan data ramalan bagi data siri masa mingguan aliran Sungai Semenyih ($\tau = 1, m = 12$)	193
B.10	Graf $E1(m)$ melawan m bagi data siri masa aliran Sungai Muda	193
B.11	Perbandingan di antara data sebenar dan data ramalan bagi data siri masa harian aliran Sungai Muda ($\tau = 1, m = 10$)	194
B.12	Perbandingan di antara data sebenar dan data ramalan bagi data siri masa mingguan aliran Sungai Muda ($\tau = 1, m = 9$)	194
B.13	Graf $E1(m)$ melawan m bagi data siri masa aliran Sungai Langat	194
B.14	Perbandingan di antara data sebenar dan data ramalan bagi data siri masa harian aliran Sungai Langat ($\tau = 1, m = 10$)	195
B.15	Graf $E1(m)$ melawan m bagi data siri masa aliran Sungai Klang	195
B.16	Perbandingan di antara data sebenar dan data ramalan bagi data siri masa harian aliran Sungai Klang ($\tau = 1, m = 6$)	195
C.1	Pecahan bagi jiran terdekat palsu bagi data aliran Sungai Pahang	196
C.2	Perbandingan di antara data sebenar dan data ramalan bagi data harian aliran Sungai Pahang ($\tau = 1, m = 9$)	196
C.3	Perbandingan di antara data sebenar dan data ramalan bagi data mingguan aliran Sungai Pahang ($\tau = 1, m = 5$)	197
C.4	Pecahan bagi jiran terdekat palsu bagi data aliran Sungai Kinta	197
C.5	Perbandingan di antara data sebenar dan data ramalan bagi data harian aliran Sungai Kinta ($\tau = 1, m = 10$)	197
C.6	Perbandingan di antara data sebenar dan data ramalan bagi data mingguan aliran Sungai Kinta ($\tau = 1, m = 6$)	198

C.7	Pecahan bagi jiran terdekat palsu bagi data aliran Sungai Semenyih	198
C.8	Perbandingan di antara data sebenar dan data ramalan bagi data harian aliran Sungai Semenyih ($\tau = 1, m = 11$)	198
C.9	Perbandingan di antara data sebenar dan data ramalan bagi data mingguan aliran Sungai Semenyih ($\tau = 1, m = 6$)	198
C.10	Pecahan bagi jiran terdekat palsu bagi data aliran Sungai Muda	199
C.11	Perbandingan di antara data sebenar dan data ramalan bagi data harian aliran Sungai Muda ($\tau = 1, m = 13$)	199
C.12	Perbandingan di antara data sebenar dan data ramalan bagi data mingguan aliran Sungai Muda ($\tau = 1, m = 7$)	199
C.13	Pecahan bagi jiran terdekat palsu bagi data aliran Sungai Langat	199
C.14	Perbandingan di antara data sebenar dan data ramalan bagi data harian aliran Sungai Langat ($\tau = 1, m = 10$)	200
C.15	Pecahan bagi jiran terdekat palsu bagi data aliran Sungai Klang ($\tau = 1, m = 7$)	200
C.16	Perbandingan di antara data sebenar dan data ramalan bagi data harian aliran Sungai Klang	200
D.1	Perbandingan di antara data sebenar dan data ramalan bagi data harian aliran Sungai Pahang ($\tau = 1, m = 2$)	201
D.2	Perbandingan di antara data sebenar dan data ramalan bagi data mingguan aliran Sungai Pahang ($\tau = 1, m = 6$)	202
D.3	Perbandingan di antara data sebenar dan data ramalan bagi data harian aliran Sungai Kinta ($\tau = 1, m = 4$)	203
D.4	Perbandingan di antara data sebenar dan data ramalan bagi data mingguan aliran Sungai Kinta ($\tau = 1, m = 9$)	203
D.5	Perbandingan di antara data sebenar dan data ramalan bagi data harian aliran Sungai Semenyih ($\tau = 1, m = 3$)	204
D.6	Perbandingan di antara data sebenar dan data ramalan bagi data mingguan aliran Sungai Semenyih ($\tau = 1, m = 3$)	205
D.7	Perbandingan di antara data sebenar dan data ramalan bagi data harian aliran Sungai Muda ($\tau = 1, m = 5$)	206

D.8	Perbandingan di antara data sebenar dan data ramalan bagi data mingguan aliran Sungai Muda ($\tau = 1, m = 4$)	206
D.9	Perbandingan di antara data sebenar dan data ramalan bagi data harian aliran Sungai Langat ($\tau = 1, m = 4$)	207
D.10	Perbandingan di antara data sebenar dan data ramalan bagi data harian aliran Sungai Klang ($\tau = 1, m = 4$)	208
E.1	Data siri masa logistik dengan penambahan 5% gangguan pada data	209
E.2	Data komposit melawan masa bagi data siri masa logistik dengan penambahan 5% gangguan pada data	209
E.3	Data siri masa logistik dengan penambahan 10% gangguan pada data	210
E.4	Data komposit melawan masa bagi data siri masa logistik dengan penambahan 10% gangguan pada data	210
E.5	Data siri masa logistik dengan penambahan 20% gangguan pada data	210
E.6	Data komposit melawan masa bagi data siri masa logistik dengan penambahan 20% gangguan pada data	211
E.7	Data siri masa logistik dengan penambahan 30% gangguan pada data	211
E.8	Data komposit melawan masa bagi data siri masa logistik dengan penambahan 30% gangguan pada data	211

SENARAI SINGKATAN



m^3s^{-1}	kadar aliran sungai
i	masa
m	dimensi
τ	masa penangguhan
r	jejari atau jarak
$C(r)$	fungsi bagi pengiraan dimensi korelasi
$I(\tau)$	purata maklumat saling
k	bilangan jiran terdekat
v	korelasi eksponen
D_2	dimensi korelasi
$E1(m)$	parameter kaedah Cao
$E2(m)$	parameter kaedah Cao
m_{opt}	dimensi pembenaman optimum
CC	pekali korelasi
RMSE	ralat purata punca kuasa
MAE	ralat mutlak purata
TSTOOL	Time Series Tools (nama perisian)
TISEAN	Nonlinear time series analysis (nama perisian)
ARIMA	kaedah purata bergerak bersepadu auto regresi
SVM	kaedah sokongan vektor mesin





BAB I

PENGENALAN

1.1 PENYATAAN MASALAH

Pengaliran sungai adalah satu fenomena yang berlaku sepanjang tahun. Aliran sungai perlu sentiasa diramal bagi menyenangkan penduduk mengambil langkah berjaga-jaga untuk menghadapi musibah akibat aliran sungai yang tidak menentu. Selain itu, pengurusan sumber air juga berkait rapat dengan aliran sungai. Pengurusan sumber air penting bagi memenuhi keperluan harian yang meningkat pada masa hadapan seiring dengan pertambahan penduduk dan pembangunan ekonomi yang pesat. Bekalan air yang mencukupi dapat merangsang dan mengekalkan pertumbuhan ekonomi. Maka, peramalan aliran sungai yang tepat bukan saja dapat memberikan maklumat awal terhadap bencana banjir bahkan dapat membantu dalam menguruskan sumber air yang lebih optimum.

Terdapat beberapa kawasan aliran sungai perlu diperincikan bagi membantu menyalurkan maklumat aliran sungai kepada pihak bertanggungjawab iaitu (1) aliran sungai di perbezaan keluasan kawasan tadahan; (2) aliran sungai di dataran banjir dan (3) aliran sungai di bandar. Ketiga-tiga kawasan ini perlu diperincikan kerana dipengaruhi oleh pelbagai faktor seperti saiz kawasan tadahan, hujan, bentuk muka bumi, jenis tanah, arah angin dan suhu. Perincian terhadap aliran sungai di keluasan tadahan air yang berbeza adalah memfokuskan kepada tiga aliran sungai yang terletak di tiga kawasan tadahan aliran sungai yang mempunyai keluasan berbeza iaitu kawasan tadahan air terbesar, sederhana dan terkecil. Ini adalah kerana sesuatu kawasan tadahan tersebut mengawal turun naik bagi paras air, kelajuan dan aliran sungai (Chapman 1996). Maka, aliran sungai yang terletak di keluasan kawasan tadahan yang berbeza

mempengaruhi aliran sungai sesuatu kawasan. Oleh itu, tiga stesen aliran sungai yang terletak di tiga keluasan kawasan tadahan yang berbeza dikaji bagi menguji keberkesanan aplikasi pendekatan ini terhadap aliran sungai yang tidak menentu.

Perincian kedua bagi kajian ini tertumpu pada aliran sungai di dataran banjir. Dataran banjir adalah kawasan tanah yang terletak hampir dengan lembah sungai. Kawasan ini akan banjir apabila aliran sungai melebihi alur sungai (Jabatan Perancangan Bandar dan Desa Semenanjung Malaysia 2010). Terdapat beberapa faktor yang boleh menyebabkan banjir antaranya adalah faktor cuaca, hujan dan bentuk muka bumi bagi sesuatu kawasan. Faktor-faktor ini boleh memberi kesan terhadap aliran sungai. Maka, aliran sungai di kawasan dataran banjir mempunyai nilai aliran sungai yang tidak terkawal. Oleh itu, satu stesen aliran sungai telah dipilih bagi mengkaji kesesuaian penggunaan pendekatan kalut terhadap data aliran sungai yang terletak di dataran banjir.

Aliran sungai di bandar merupakan perincian kawasan yang ketiga. Aliran sungai di kawasan ini dapat digambarkan dengan satu kawasan yang tidak dibangunkan bertukar kepada satu kawasan pertanian atau pembangunan dan keadaan ini mengganggu struktur tanah (Hall 1984). Gangguan struktur tanah ini mempengaruhi aliran sungai di kawasan ini dan seterusnya banjir kilat boleh berlaku. Oleh itu, data aliran sungai dari dua stesen aliran sungai yang dikenal pasti terletak di bandar digunakan untuk dianalisis dan diramal dengan menggunakan pendekatan kalut.

Di Malaysia, perkembangan kajian terhadap analisis dan peramalan aliran sungai semakin berkembang. Terdapat beberapa kaedah telah berjaya digunakan untuk tujuan tersebut seperti model hidrodinamik (Ghani et al. 2010), model kejuruteraan hidraulik (Julien et al. 2010), kaedah rangkaian neural buatan (ANN) (Azamathulla et al. 2009; Toriman et al. 2009; Zainal & Juahir 2006), kaedah logik kabur (Yaacob et al. 2005), model rangkaian neural statik (El-Shafie et al. 2012), kaedah pengaturcaraan ungkapan gen (Azamathulla et al. 2011) dan kaedah kuasa dua terkecil mesin vektor sokongan (LSSVM) (Shabri & Suhartono 2012). Merujuk kepada senarai yang digunakan, pendekatan kalut masih belum diterokai untuk digunakan bagi kajian

aliran sungai. Sepanjang pengetahuan penulis, kajian ini merupakan kajian perintis yang pertama membawa pendekatan kalut untuk mengenal pasti telatah kalut dan meramal data siri masa aliran sungai di Malaysia. Oleh itu, kajian ini penting bagi menunjukkan kesesuaian penggunaan pendekatan kalut terhadap data siri masa aliran sungai di Malaysia.

Aplikasi pendekatan kalut terhadap analisis dan peramalan aliran sungai di Malaysia masih dalam peringkat awal kajian. Walau bagaimanapun, di luar negara, aplikasi pendekatan kalut terhadap data aliran sungai menjadi perhatian kebanyakan penyelidik di kalangan pengkaji hidrologi. Kebanyakan penyelidik telah bersetuju dengan kehadiran telatah kalut terhadap data siri masa di dalam bidang hidrologi dan mengaplikasikan pendekatan kalut bagi peramalan data siri masa hidrologi (Elshorbagy et al. 2002; Ghorbani et al. 2010; Khatibi et al. 2012; Sivakumar 2002). Maka, sampailah masa pendekatan kalut ini diaplikasi terhadap data aliran sungai di Malaysia bagi melihat sama ada dapatan kajian yang diperoleh seiring dengan dapatan kajian luar negara. Beberapa negara yang telah mengaplikasikan kaedah ini bagi menganalisis dan meramal data siri masa aliran sungai di antaranya adalah seperti berikut; China (Jayawardena & Lai 1994), Amerika Syarikat (Wilcox et al. 1991), Italy (Porporato & Ridolfi 1996), Republik Czech (Stehlik 1999), Denmark (Sivakumar 2002), Jerman (Wang et al. 2008) dan Turki (Khatibi et al. 2012). Keseluruhan negara yang disenaraikan ini telah berjaya mengaplikasikan pendekatan kalut bagi menganalisis dan meramal aliran sungai.

Perincian terhadap kawasan yang ditetapkan di dalam kajian ini bukan sahaja dapat menguji kemampuan pendekatan kalut di dalam analisis dan peramalan aliran sungai malah kaedah yang bersesuaian bagi menganggarkan parameter ruang fasa untuk pembinaan ruang fasa bagi tujuan peramalan boleh dikenal pasti. Maka, kajian ini dapat memberikan maklumat penting terhadap keberkesanan pendekatan kalut bagi menganalisis dan meramal aliran sungai di Malaysia yang diperincikan terhadap aliran sungai di kawasan yang ditetapkan di dalam kajian ini. Menurut Williams (1998), dinamik tak linear adalah kajian mengenai pergerakan tak linear dan sistem dinamik tak linear adalah sistem yang berubah terhadap masa. Maka, aliran sungai dikaitkan dengan salah satu sistem dinamik tak linear di dalam kajian ini. Manakala alat untuk

menganalisis dan meramal aliran sungai adalah dengan menggunakan pendekatan kalut.

1.2 OBJEKTIF

Hidrologi permukaan air melibatkan pergerakan air sepanjang permukaan bumi. Maklumat mengenai aliran air yang mengalir ini penting bagi mereka yang terlibat dengan pengawalan musibah banjir, pembangunan, pengurusan dan penyaluran sumber air. Perkembangan kajian terhadap kejadian banjir dan pengurusan sumber air bergantung kepada analisis terhadap rekod aliran sungai yang berkaitan dengan kawasan tersebut. Maka, analisis dan peramalan aliran sungai boleh membantu menyalurkan maklumat mengenai telatah aliran sungai dan hasil peramalan aliran sungai kepada pihak yang berwajib untuk diguna pakai bagi mengatasi masalah banjir dan menguruskan sumber air. Oleh itu, kajian ini tertumpu kepada:

1. Menganalisis kehadiran telatah kalut pada aliran sungai di kawasan berkepentingan di Malaysia.
2. Meramal aliran sungai di kawasan berkepentingan di Malaysia.
3. Mencadangkan kaedah penambahbaikan bagi peramalan aliran sungai bertelatah kalut.

1.3 SIGNIFIKAN KAJIAN

Signifikan kajian ini adalah pada penggunaan pendekatan kalut untuk menganalisis dan meramal data aliran sungai di kawasan berkepentingan di Malaysia. Kawasan berkepentingan ini meliputi kawasan yang memerlukan maklumat hasil analisis dan peramalan yang mana dapat memberikan maklumat terhadap aliran sungai yang penting untuk pengurusan sumber air dan pengawalan banjir. Maka, analisis dan peramalan dengan menggunakan pendekatan kalut dapat membantu menyumbangkan maklumat aliran sungai kepada pihak bertanggungjawab supaya pengurusan sumber air, pembinaan sistem perparitan di bandar dan pengawalan banjir dapat dilaksanakan