



# Penambahbaikan Kaedah Peramalan Purata Setempat bagi Peramalan Data Siri Masa Aras Sungai di Kawasan Banjir

## Improvement of Local Mean Approximation Method for Prediction of Water Level Time Series Data in Flooded Area

**Adib Mashuri**

Kolej Vokasional Batu Lanchang, 11600 Jelutong, Pulau Pinang, Malaysia  
m20181000933@siswa.upsi.edu.my

**Nur Hamiza Adenan, Nor Suriya Abd Karim, Rawdah Adawiyah Tarmizi, Nor Zila Abd Hamid**

Fakulti Sains dan Matematik, Universiti Pendidikan Sultan Idris, Perak, Malaysia.  
hamieza@fsmt.upsi.edu.my, suriya@fsmt.upsi.edu.my, rawdah@fsmt.upsi.edu.my,  
nor.zila@fsmt.upsi.edu.my

**Mohd Shahrman Adenan**

Smart Manufacturing Research Institute, Universiti Teknologi MARA, 40450 Shah Alam, Malaysia  
mshahrman@uitm.edu.my

---

### Article Info

#### Article history:

Received Feb 23, 2021

Revised April 22, 2021

Accepted May 15, 2021

#### Keywords:

Aras air  
Bertelatah kalut  
Data hidrologi  
Penambahbaikan kaedah peramalan purata setempat

Water level  
Chaotic behavior  
Hydrological data  
Improvement of Local Mean Approximation Method

---

### Abstrak

Aras air yang agak tinggi, tidak menentu dan melebihi tebing sungai adalah penyebab kepada bencana banjir. Ini memberi kesan kepada berlakunya banjir di kawasan pinggir sungai akibat daripada paras air yang tidak menentu. Tujuan kajian ini adalah untuk mengesan kehadiran telatah kalut dan seterusnya membuat peramalan aras air sungai di Sungai Dungun. Kajian ini menggunakan data siri masa di Sungai Dungun, Terengganu bermula daripada April 2009 hingga Mei 2010 melibatkan bacaan paras air yang melebihi paras bahaya. Pengesanan kehadiran telatah kalut adalah dengan menggunakan kaedah plot ruang fasa dan kaedah Cao. Manakala, peramalan aras air dilakukan menggunakan kaedah penambahbaikan kaedah peramalan purata setempat (penambahbaikan KPPS). Hasil kajian menunjukkan telatah kalut hadir dengan menggunakan kaedah plot ruang fasa dan kaedah Cao. Hasil peramalan menunjukkan bahawa kaedah penambahbaikan ini dapat memberikan hasil peramalan yang cemerlang dengan nilai pekali korelasi melebihi 0.999000. Perbandingan hasil peramalan turut dilaksanakan dengan menggunakan kaedah peramalan purata setempat (KPPS) pada data yang sama. Hasil perbandingan ketepatan peramalan menunjukkan bahawa kaedah penambahbaikan KPPS adalah lebih tepat berbanding peramalan menggunakan kaedah KPPS dengan peningkatan ketepatan hasil peramalan sebanyak 1.77%. Oleh itu, kaedah penambahbaikan KPPS ini adalah sesuai dan dicadangkan untuk digunakan dalam meramal data siri masa aras air sungai di kawasan banjir dan seterusnya memberi manfaat kepada pihak berkuasa tempatan yang bertanggungjawab bagi memberikan amaran awal bencana banjir di kawasan terlibat.

### Abstract

A relatively high and uncertain water level as well as water exceeding the riverbanks be the cause of flood disaster. This give effect to the occurrence of flood in areas along river banks due to uncertain water level. The aim of this study is to

---

determine the presence of chaotic behavior and hence predict the water level at Sungai Dungun. This study used time series data in Sungai Dungun, Terengganu from April 2009 to May 2010 involving data that exceeds dangerous level. Detection of chaotic behavior was conducted by using the phase space plot and Cao method. Meanwhile, water level prediction was carried out using the improved local mean approximation method (improved KPPS). The results showed that the chaotic behavior present by using the phase space plots method and Cao methods. The prediction result showed that the KPPS improvement method can provide excellent prediction with the value of correlation coefficient is more than 0.999000. Comparison on the prediction accuracy of KPPS improvement method with local mean approximation method (KPPS) was also performed on the same data. The comparison outcome indicated that the improved method is more accurate than KPPS method with prediction accuracy of 1.77%. Therefore, the improved KPPS suitable to be used and recommended to be used in prediction of water level time series data in flooded areas and thus give benefit to related local authorities that are responsible for providing early warning of flood disasters in the affected areas.

---

**Corresponding Author:**

Nur Hamiza Adenan,  
Fakulti Sains dan Matematik, Universiti Pendidikan Sultan Idris, Perak, Malaysia.  
email: hamieza@fsmt.upsi.edu.my

---

## 1. Pengenalan

Malaysia merupakan antara negara yang terletak di luar daripada lingkaran api pasifik dan bebas daripada kesan kemusnahan teruk akibat fenomena bencana alam seperti gunung berapi, gempa bumi dan ribut taufan [1]. Namun begitu, bencana banjir berlaku di beberapa negeri di Malaysia hampir setiap tahun antara bulan November hingga Mac [2]. Bencana banjir adalah merujuk kepada sumbangan hujan luar biasa yang tidak mampu ditampung lembangan sungai dan menyebabkan air melimpah keluar ke tebing atau dataran banjir [3]. Manakala, [4] juga menyatakan banjir berlaku disebabkan oleh aras air yang agak tinggi, tidak menentu dan melebihi tebing sungai. Akibatnya, aras air sungai yang tidak menentu memberikan kesan terhadap bacaan aras air sungai dan sukar diramal. Selain itu, banjir boleh berlaku diakibatkan oleh kegagalan sistem pengairan dan saliran seperti sungai untuk menampung lebih air [5].

Masalah banjir di negara ini adalah disebabkan banjir musim tengkujuh akan berterusan walaupun pelbagai langkah pengstrukturkan dan bukan pengstrukturkan dilaksanakan oleh kerajaan Malaysia di bawah Agensi Pengurusan Bencana Negara (NADMA) untuk mengurangkan kesannya terhadap ekonomi dan kehidupan penduduk. Pertambahan penduduk dan pembangunan yang tertumpu di lembangan dan lurah sungai yang mudah dinaiki air adalah amat sukar dielakkan [6]. Maka, ramalan banjir diperlukan bagi memberi amaran awal kepada pihak berkuasa tempatan dan komuniti terbabit sebagai persediaan awal dalam menangani bencana tersebut dan juga amaran umum kepada pihak berkepentingan. Oleh itu, data siri masa aras sungai di kawasan banjir penting untuk dianalisis dan diramal bagi memberikan maklumat awal bencana banjir.

Terdapat beberapa kaedah yang digunakan bagi membantu mengesan dan meramal data siri masa hidrologi seperti kaedah neutral buatan bagi peramalan data siri masa hujan [7] dan model peramalan purata bergerak bersepadu regresif automatik bagi peramalan aras air laut [8]. Namun, kedua-dua ini merupakan kaedah global yang memerlukan beberapa pembolehubah seperti maklumat data siri masa hujan, aliran sungai dan mendapan bagi meramal aras sungai dalam membantu memberikan maklumat awal berkenaan banjir [7], [8]. Berbeza dengan pendekatan kalut, pendekatan ini yang asasnya adalah pembinaan ruang fasa hanya memerlukan satu pembolehubah sahaja untuk menganalisis dan meramal data siri masa [9].

Terdapat dua peringkat bagi pelaksanaan peramalan dengan menggunakan kaedah kalut iaitu pengesanan kehadiran telatah kalut dan proses peramalan. Di antara kaedah yang telah

---

digunakan bagi mengesan kehadiran telatah kalut bagi siri masa hidrologi adalah plot ruang fasa [10] dan kaedah Cao [11]. Di dalam kajian ini, kedua-dua kaedah digunakan untuk memastikan kehadiran telatah kalut hadir pada siri masa yang dikaji. Pengesanan kehadiran telatah kalut pada siri masa adalah penting kerana data siri masa bertelatah kalut adalah berketentuan dan peka terhadap isyarat awal di mana ia hanya boleh meramal dalam jangka masa yang singkat sahaja [12]. Oleh itu, dengan adanya isyarat awal, maka peramalan pada masa akan datang mampu memberikan kesan yang besar dan hanya peramalan jangka pendek sahaja dapat dibenarkan [13].

Seterusnya, peramalan dilaksanakan dengan mengaplikasikan pendekatan kalut melibatkan dua langkah iaitu (i) pembinaan semula ruang fasa dan (ii) peramalan. Pembinaan ruang fasa melibatkan satu pemboleh ubah iaitu data aras sungai yang dibina semula kepada  $m$ -dimensi [9]. Terdapat beberapa kaedah peramalan bagi memenuhi langkah kedua iaitu langkah peramalan menggunakan pendekatan kalut antaranya adalah Kaedah Peramalan Purata Setempat (KPPS) [14] dan Kaedah Peramalan Linear Setempat (KPLS) [15].

KPPS dipilih dalam kajian ini kerana hasil peramalan cemerlang dalam kajian rintis yang dijalankan sebelum kajian ini dimulakan dan penambahbaikan KPPS adalah hasil dari penambahbaikan kaedah asal KPPS. Selain itu, kajian menggunakan KPPS mendapati bahawa kaedah ini dapat memberikan peramalan cemerlang dengan nilai pekali korelasi melebihi 0.8 seperti peramalan data siri masa karbon dioksida [14] dan peramalan data siri masa bahan pencemar ozon [16].

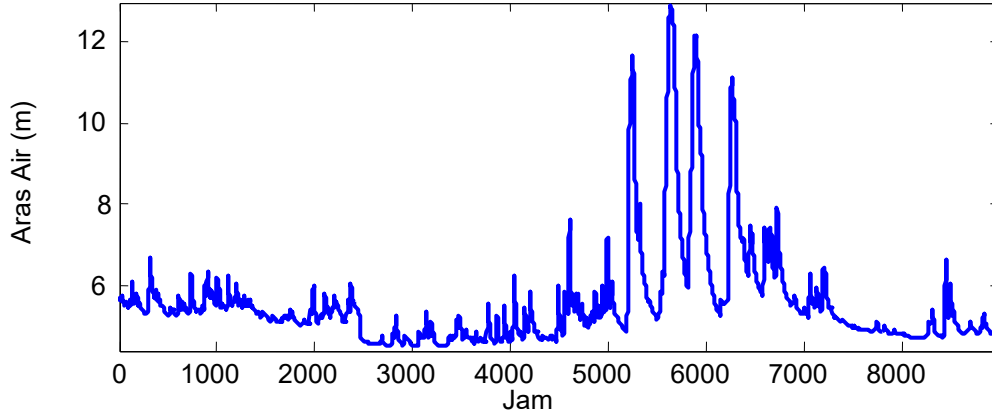
Peramalan berasaskan KPPS kian berkembang demi mendapatkan hasil peramalan yang lebih cemerlang. Antara kajian yang memberikan penambahbaikan terhadap kaedah KPPS adalah kaedah  $k$ -songsang [16]. Kaedah  $k$ -songsang adalah kaedah memvariasikan nilai jiran terdekat,  $k$  dengan perbagai nilai sebagai contoh  $k = 5, 10, 15, 20, 50, 100, 1000$ . Nilai  $k$  yang memberikan pekali korelasi yang terbaik akan digunakan untuk peramalan. Berbeza dengan penambahbaikan KPPS, kaedah ini akan memvariasikan nilai lajur setelah pembinaan ruang fasa dijalankan. Lajur yang memberikan nilai pekali korelasi yang terbaik akan digunakan untuk peramalan. Langkah ini akan diterangkan secara terperinci dalam bahagian seterusnya. Oleh yang demikian, kajian ini dilaksanakan bagi membuat penambahbaikan kepada kaedah KPPS dengan mengambil kira pengiraan purata setiap lajur vektor ruang fasa bagi mendapatkan hasil peramalan yang paling cemerlang seterusnya mengaplikasikan kaedah ini bagi membuat peramalan data siri masa aras sungai di kawasan banjir.

### **3. Metodologi**

#### **3.1 Data Siri Masa**

Dalam kajian ini, data siri masa aras air sungai mengikut jam digunakan kerana ia bersesuaian bagi pengaplikasian kajian hidrologi terutamanya bagi peramalan banjir [17]. Kajian ini melibatkan kawasan dataran banjir dan merupakan kawasan yang sering terlibat dengan bencana banjir. Lokasi kajian adalah di Sungai Dungun, Terengganu di mana stesen yang dipilih merupakan Stesen Jambatan Jerangau yang merupakan stesen yang berhampiran dengan kawasan tumpuan awam seperti sekolah, klinik kesihatan dan balai polis [18].

Rajah 1 menunjukkan data siri masa yang dikaji dengan melibatkan 8983 data siri masa berskala jam bermula pada April 2009 sehingga Mei 2010 yang diperolehi daripada Jabatan Pengairan dan Saliran [19]. Data menunjukkan banjir berlaku pada jam ke 5000 sehingga jam ke 7000 di mana data siri masa aras air sungai melebihi 8.0m iaitu melepasi paras bahaya bagi stesen tersebut [19]. Data pada April 2009 hingga 2010 dipilih kerana kejadian banjir berlaku pada julat masa ini [20].



Rajah 1. Data siri masa aras air sungai di Stesen Jambatan Jerangau

### 3.2 Mengesan kehadiran telatah kalut

Data siri masa aras air sungai di Stesen Jambatan Jerangau dibahagikan kepada dua bahagian iaitu data siri masa latihan,  $X_{latihan}$  yang melibatkan 8618 data untuk mengesan kehadiran telatah kalut yang digunakan untuk peramalan serta data siri masa ujian,  $X_{ujian}$  yang melibatkan 365 data untuk perbandingan ketepatan hasil peramalan.

Kaedah plot ruang fasa dan kaedah Cao [21] digunakan untuk mengesan kehadiran telatah kalut. Asas kaedah plot ruang fasa adalah pembinaan ruang fasa. Pembinaan semula ruang fasa melibatkan pengumpulan data siri masa yang dicerap secara bersiri dengan membina semula ke vektor ruang fasa  $m$ -dimensi. Siri masa  $X$  direkodkan secara skalar dengan siri masa tersebut ditulis seperti berikut:

$$X = \{a_1, a_2, \dots, a_N\}, \quad 1 \leq N \leq 8983. \quad (1)$$

Siri masa  $X$  yang digunakan perlu dibahagikan kepada  $X_{latihan} = \{a_1, a_2, a_3, \dots, a_i\}$  dan  $X_{ujian} = \{a_{i+1}, a_{i+2}, a_{i+3}, \dots, a_N\}$  di mana bagi  $1 \leq i \leq 8618$  dan  $1 \leq N \leq 8983$ . Ruang fasa pelbagai dimensi dibina semula dengan menggunakan siri masa  $X_{latihan}$  dan siri masa  $X_{peramalan}$  diperolehi.

$X_{peramalan} = \{a_{i+1}, a_{i+2}, a_{i+3}, \dots, a_N\}$  merupakan data peramalan yang diperolehi melalui kaedah penambahbaikan KPPS dikira supaya perbandingan ketepatan dapat diukur dengan menggunakan  $X_{ujian}$  dapat dilaksanakan. Nilai  $X_{ujian}$  dan  $X_{peramalan}$  akan diuji dan diukur menggunakan kaedah pekali korelasi dan nilai peramalan yang diperolehi kebiasaannya hampir tepat dan tidak sama dengan nilai  $X_{ujian}$ . Menurut teori Takens [22], ruang fasa dapat dibina semula dengan menggunakan masa tunda,  $\tau$  dan dimensi pembenaman,  $m$  iaitu dengan menggunakan persamaan berikut:

$$Y_i^m = (a_i, a_{i+\tau}, a_{i+2\tau}, \dots, a_{i+(m-1)\tau}) \quad (2)$$

dengan  $i = 1, 2, 3, \dots, N - (m-1)\tau$  di mana  $Y_i \in \mathbb{R}^m$ . Nilai  $\tau$  diperolehi melalui kaedah purata maklumat bersama (PMB). Persamaan yang terlibat untuk mendapatkan nilai  $\tau$  adalah:

$$PMB = \frac{1}{N} \sum_{b=1}^N p(u_b, u_{b+\tau}) \log_2 \left[ \frac{p(u_b + u_{b+\tau})}{p(u_b)p(u_{b+\tau})} \right] \quad (3)$$

dengan  $p(u_b)$  dan  $p(u_{b+\tau})$  adalah kebarangkalian untuk mencari nilai  $u_b$  dan  $u_{b+\tau}$ . Manakala  $p(u_b + u_{b+\tau})$  adalah nilai kebarangkalian bersama merujuk nilai  $p(u_b)$  dan  $p(u_{b+\tau})$  bagi siri masa  $X$ .

Nilai  $\tau$  yang dikenal pasti daripada kaedah PMB digunakan bagi mengesan kehadiran telatah kalut dengan menggunakan kaedah plot ruang fasa. Plot ruang fasa merujuk kepada telatah bagi siri masa dengan diperhatikan melalui evolusi titik ke titik dalam ruang fasa. Plot ruang fasa dibina dalam satah  $\{x(t), x(t+\tau)\}$  dengan nilai  $\tau$  yang diperolehi melalui kaedah PMB. Kewujudan sebuah rantau penarik menunjukkan telatah kalut hadir dalam sesebuah siri masa [23].

Seterusnya, bagi mendapatkan nilai  $m$ , kaedah Cao digunakan memandangkan kaedah ini akan memberikan nilai yang lebih praktikal dalam menentukan nilai  $m$  di mana nilai tersebut memberikan nilai yang optimum  $m$  bagi skalar siri masa [21]. Nilai  $m$  didapati dengan menggunakan:

$$E1(m) = \frac{E(m+1)}{E(m)}, \text{ yang} \quad (4)$$

$$E(m) = \frac{1}{N - m\tau} \sum_{n=1}^{N-m\tau} \frac{\|Y_n^{m+1} - Y_i^{m+1}\|}{\|Y_n^m - Y_i^m\|} \quad (5)$$

dengan  $\|\cdot\|$  adalah merujuk kepada jarak Euklidian dan  $Y_i^m$  merujuk kepada jiran terdekat bagi  $Y_n^m$ . Melalui kaedah Cao juga, sistem yang dikaji dapat dikenal pasti samada berketentuan atau rawak dengan mengenal pasti nilai  $E1(m)$ . Sekiranya nilai  $E1(m)$  terus menepu dengan peningkatan  $m$ , maka siri masa yang dikaji adalah berketentuan. Selain itu, kehadiran telatah kalut bagi data siri masa dapat dikesan sekiranya wujud sekurang-kurangnya satu  $m$  dengan nilai  $E2(m) \neq 1$  [21] Persamaan  $E2(m)$  adalah seperti berikut:

$$E2(m) = \frac{E^*(m+1)}{E^*(m)}, \text{ yang} \quad (6)$$

$$E^*(m) = \frac{1}{N - m\tau} \sum_{i=1}^{N-m\tau} |X_{i:m}^m - X_{N-N+m\tau}^m|. \quad (7)$$

### 3.3 Kaedah Penambahbaikan KPPS

Berbeza dengan kaedah  $k$ -songsang [16], kaedah penambahbaikan KPPS di dalam kajian ini adalah pada pengiraan purata setiap lajur vektor ruang fasa bagi mendapatkan hasil peramalan yang paling cemerlang. Bilangan lajur yang diperolehi adalah bergantung kepada bilangan nilai dimensi ( $m$ ) yang digunakan. Jika nilai  $m$  yang digunakan adalah empat, maka pengiraan purata bagi setiap vektor ruang fasa adalah empat sahaja. Oleh itu, penambahbaikan peramalan yang dicadangkan adalah dengan mengira purata setiap lajur vektor ruang fasa yang bergantung dengan nilai  $m$  bagi mendapatkan peramalan yang paling tepat.

Asas bagi proses peramalan adalah pembinaan ruang fasa yang memerlukan nilai  $\tau$  dan  $m$ . Penetapan  $\tau = 1$  akan digunakan bagi proses peramalan. Penetapan nilai  $\tau = 1$  adalah merujuk kepada kecemerlangan hasil peramalan dengan nilai pekali korelasi melebihi 0.9000 bagi peramalan data siri masa hidrologi [9] dan nilai  $m$  dikenal pasti dengan menggunakan kaedah Cao.

Selepas proses pembinaan ruang fasa, proses peramalan bagi data siri masa bertelatah kalut dilaksanakan. Persamaan asas bagi peramalan ruang fasa menggunakan persamaan berikut:

$$Y_{i+T} = f(Y_i). \quad (8)$$

Vektor  $Y_{i+T}$  dan  $Y_i$  masing-masing menggambarkan keadaan pada masa  $i+T$  (waktu akan datang) dan  $i$  (waktu semasa). Penganggaran  $f$  boleh diselesaikan dengan dua kaedah iaitu dengan menggunakan kaedah peramalan global atau kaedah peramalan setempat. Kaedah peramalan global melibatkan keseluruhan ruang fasa manakala kaedah peramalan setempat hanya memerlukan sebahagian ruang fasa sahaja. Kajian ini menggunakan kaedah peramalan setempat dan melibatkan ruang fasa terakhir  $Y_{i-(m-1)\tau}$ . Jiran terdekat  $k$  bagi  $Y_{i-(m-1)\tau}$  adalah:

$$Y_{pk} = (Y_{pk_1}, Y_{pk_2}, Y_{pk_3}, \dots, Y_{pk_k}). \quad (9)$$

Bagi peramalan satu langkah ke hadapan, ruang fasa  $m$  yang digunakan adalah:

$$Y_{pk^{(1)}} = (Y_{pk_1+1}, Y_{pk_2+1}, Y_{pk_3+1}, \dots, Y_{pk_k+1}). \quad (10)$$

Katakan;

$$X_{\text{peramalan}} = \{X_{\text{peramalan}}^1, X_{\text{peramalan}}^2, X_{\text{peramalan}}^3, \dots, X_{\text{peramalan}}^m\} \text{ yang mana } X_{\text{peramalan}} = \{a_{i+1}, a_{i+2}, a_{i+3}, \dots, a_N\}.$$

Ruang fasa lajur pertama bagi persamaan (9) dan ruang fasa lajur pertama bagi persamaan (10) iaitu untuk memenuhi peramalan bagi siri masa lajur pertama,  $X_{\text{peramalan}}^1$  masing-masing ialah:

$$a_{pk} = (a_{pk_1}, a_{pk_2}, a_{pk_3}, \dots, a_{pk_k}) \quad \text{dan} \quad (11)$$

$$a_{pk^{(1)}} = (a_{pk_1+1}, a_{pk_2+1}, a_{pk_3+1}, \dots, a_{pk_k+1}) \quad (12)$$

Nilai  $a_{i+1}$  adalah diramal melalui:

$$a_{i+1} = \frac{\sum_{i=1}^k (a_{pk+1})}{k}$$

Bagi meramal  $a_{i+2}$ , siri masa  $X_{latihan}$  perlu dikemaskini dengan menambah nilai  $a_{i+1}$  yang sebenar, iaitu  $X_{latihan} = \{a_1, a_2, a_3, \dots, a_i, a_{i+1}\}$  dan digunakan dalam proses pembinaan semula ruang fasa dan peramalan  $a_{i+2}$ . Proses yang sama akan diulang untuk meramal  $a_{i+3}$  dan seterusnya sehingga peramalan selesai bagi lajur pertama  $X_{peramalan}^1$ . Setelah  $X_{peramalan}^1$  dikenalpasti, perbandingan ketepatan hasil peramalan dengan  $X_{ujian}$  dijalankan dengan mengira pekali korelasi. Proses yang sama diulang bagi setiap lajur  $X_{peramalan}$ . Nilai pekali korelasi dibandingkan bagi peramalan setiap lajur. Nilai pekali korelasi yang tertinggi dipilih sebagai hasil peramalan yang terbaik.

#### 4. Dapatan Kajian dan Perbincangan

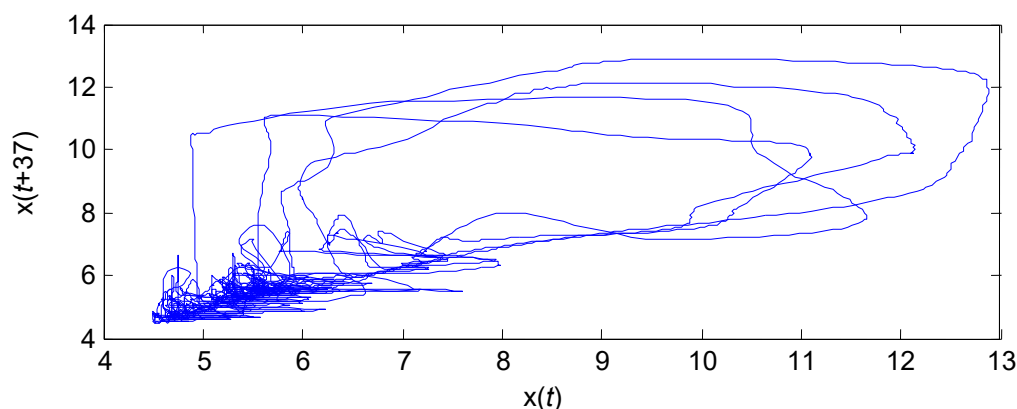
##### 4.1 Kehadiran Telatah Kalut Data Siri Masa Aras Sungai

Jadual 1 menunjukkan nilai  $E1(m)$  bagi mengenal pasti nilai  $m$ . Julat nilai tepu bagi  $E1(m)$  dipilih di antara 0.9 hingga 1.0 seperti kajian data siri masa ozon oleh Hamid [24] bagi mendapatkan nilai  $m$  yang pertama mula menepu. Berdasarkan Jadual 1 dapat dilihat nilai  $E1(m)$  mula menepu bermula pada nilai  $m$  adalah 7. Maka,  $m=7$ . Oleh yang demikian, data siri masa ini adalah bertelatah kalut kerana nilai  $E1(m)$  terus menepu dengan peningkatan  $m$  [21].

Jadual 1. Nilai  $E1(m)$  bagi mengesan kehadiran telatah kalut

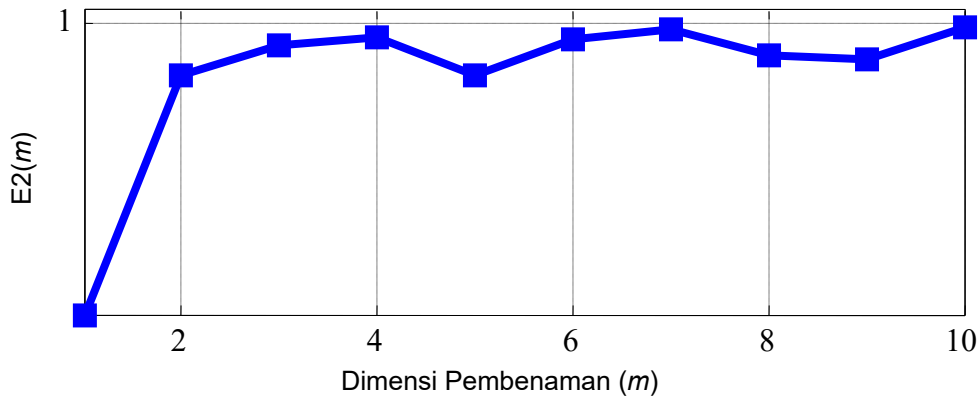
$m$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$E1(m)$	0.0531	0.3716	0.6549	0.7621	0.8323	0.8979	0.9233	0.9304	0.9548	0.9746

Rajah 2 merupakan plot ruang fasa dengan menggunakan nilai  $\tau = 37$  dan  $m = 7$  bagi data siri masa aras sungai di Stesen Jambatan Jerangau. Parameter  $\tau$  yang diperolehi ini didapati dengan menggunakan kaedah PMB. Plot ruang fasa bagi data siri masa aras sungai di Stesen Jambatan Jerangau menunjukkan telatah data yang bermula daripada satu titik asal, melalui trajektori dan bergerak dalam satu ruang dapat dilihat. Terdapat beberapa titik terpencil yang menjauhi ruang itu. Hal ini berkemungkinan terdapat gangguan hingar yang datang daripada bendasing lain yang turut tercerap bersama ketika aktiviti merekod data siri masa aras air sungai [25]. Namun, kebanyakan titik berada dalam trajektori ruang tersebut dan wujud satu rantau penarik dalam ruang fasa yang mencadangkan bahawa telatah kalut hadir dalam siri masa aras air sungai yang diuji [23]. Maka, kehadiran telatah kalut bagi data siri masa yang melibatkan siri masa tidak menentu dan melepasi aras bahaya bagi kawasan di Sungai Dungun dapat dikesan dengan menggunakan plot ruang fasa.



Rajah 2. Plot ruang fasa bagi data siri masa aras air di Stesen Jambatan Jerangau

Kehadiran telatah kalut dalam data siri masa aras sungai yang digunakan dapat disahkan lagi melalui Rajah 3 dengan terdapat sekurang-kurangnya satu nilai  $E2(m) \neq 1$ . Maka, data siri masa bagi Stesen Jambatan Jerangau adalah bertelatah kalut dan boleh diramal menggunakan pendekatan kalut.



Rajah 3.  $E2(m)$  bagi data siri masa aras air di Stesen Jambatan Jerangau

#### 4.2 Peramalan data siri masa aras sungai menggunakan kaedah penambahbaikan KPPS

Peramalan menggunakan pendekatan kalut dapat dilaksanakan setelah telatah kalut bagi data siri masa aras air sungai di Stesen Jambatan Jerangau dapat dikesan. Asas bagi peramalan menggunakan pendekatan kalut adalah melibatkan persamaan (2) dan memerlukan parameter  $\tau$  dan  $m$ . Proses peramalan dilaksanakan dengan menetapkan nilai  $\tau = 1$  dengan merujuk kepada kajian [9]. Merujuk kepada Jadual 2, nilai  $m = 4$  digunakan untuk pembinaan ruang fasa bagi memenuhi proses peramalan.

Jadual 2.  $E1(m)$  bagi data siri masa aras air di Stesen Jambatan Jerangau untuk peramalan

$m$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$E1(m)$	0.1704	0.6728	0.8739	0.9323	0.9569	0.9652	0.9754	0.9819	0.9853	0.9877

Hasil peramalan ditunjukkan pada Jadual 3 yang mana empat lajur terlibat dalam pengiraan pekali korelasi iaitu  $X_{\text{peramalan}} = \{X_{\text{peramalan}}^1, X_{\text{peramalan}}^2, X_{\text{peramalan}}^3, X_{\text{peramalan}}^4\}$  kerana  $m = 4$ . Hasil peramalan menunjukkan nilai pekali korelasi yang tertinggi adalah pada  $X_{\text{peramalan}}^3$  iaitu dengan nilai pekali korelasi 0.999450 berbanding  $X_{\text{peramalan}}^1, X_{\text{peramalan}}^2$  dan  $X_{\text{peramalan}}^4$ . Nilai pekali korelasi bagi  $X_{\text{peramalan}}^3$  menunjukkan ketepatan hasil peramalan yang paling hampir dengan  $X_{\text{ujian}}$ . Oleh itu,  $X_{\text{peramalan}}^3$  dipilih sebagai hasil peramalan terbaik.

Jadual 3. Hasil peramalan menggunakan kaedah penambahbaikan KPPS

$X_{\text{peramalan}}$	$X_{\text{peramalan}}^1$	$X_{\text{peramalan}}^2$	$X_{\text{peramalan}}^3$	$X_{\text{peramalan}}^4$
Pekali Korelasi	0.981731	0.994127	0.999450	0.996947

Perbandingan hasil peramalan dilaksanakan dengan membandingkan hasil peramalan menggunakan kaedah KPPS. Jadual 4 menunjukkan perbandingan ketepatan hasil peramalan menggunakan kaedah penambahbaikan KPPS dan kaedah KPPS.

Jadual 4. Nilai pekali korelasi kaedah penambahbaikan KPPS dan kaedah KPPS

Kaedah Peramalan	Kaedah Penambahbaikan KPPS	Kaedah KPPS
Pekali Korelasi	0.999450	0.981731

---

Jadual 4 memaparkan pekali korelasi dengan menggunakan kaedah penambahbaikan KPPS adalah 0.999450 berbanding 0.981731 dengan menggunakan kaedah KPPS. Ini menunjukkan ketepatan hasil peramalan meningkat sebanyak 1.77% dengan menggunakan kaedah penambahbaikan KPPS berbanding kaedah KPPS. Hal ini menunjukkan bahawa kaedah penambahbaikan yang dicadangkan memberikan hasil peramalan yang lebih baik. Maka, berdasarkan dapatan di Jadual 3 dan Jadual 4, kaedah penambahbaikan KPPS mampu untuk meramal data siri masa aras sungai walaupun melibatkan data yang tidak menentu.

## 5. Kesimpulan

Aras air yang agak tinggi, tidak menentu dan melebihi tebing sungai menyumbang kepada bencana banjir di samping kegagalan sistem pengairan dan saluran yang sukar untuk menampung lebihan air di sesuatu kawasan. Akibatnya, aras air sungai yang tidak menentu memberi kesan kepada beberapa kawasan di yang menjadi kawasan banjir seperti di Sungai Dungun, Terengganu.

Peramalan aras sungai di kawasan banjir ini melibatkan dua peringkat iaitu pengesanan kehadiran telatah kalut siri masa aras sungai di Stesen Jambatan Jerangau dan peramalan siri masa. Hasil kajian menunjukkan bahawa kehadiran telatah kalut bagi data siri masa aras air sungai dapat dikesan dengan menggunakan kaedah plot ruang fasa dan kaedah Cao kerana wujudnya rantau penarik dalam ruang fasa dan nilai  $E1(m)$  terus menepu dengan peningkatan  $m$  serta terdapat nilai  $E2(m) \neq 1$ .

Kecemerlangan peramalan aras sungai dengan menggunakan kaedah penambahbaikan KPPS dilaksanakan dan menunjukkan nilai pekali korelasi yang tinggi iaitu 0.999450. Ini menunjukkan peramalan menggunakan kaedah penambahbaikan KPPS bagi data siri masa aras sungai adalah hampir tepat. Tambahan lagi, keberkesanan kaedah penambahbaikan KPPS ini diuji dan didapati berkesan apabila ketepatan hasil peramalan meningkat sebanyak 1.77% jika dibandingkan dengan hasil peramalan menggunakan kaedah KPPS. Ketepatan hasil peramalan diukur dengan nilai pekali korelasi 1.000000 atau 100% tepat, dan kaedah penambahbaikan ini hanya kurang 0.00055 pekali korelasi atau 0.055%.

Oleh yang demikian, dapat disimpulkan bahawa kaedah penambahbaikan KPPS memberikan keputusan lebih cemerlang berbanding kaedah asal KPPS dengan nilai ketepatan melebihi 99%. Seterusnya, kaedah ini lebih mudah digunakan kerana hanya memvariasikan lajur setelah pembinaan ruang fasa sebelum peramalan. Selain itu, kaedah penambahbaikan KPPS ini berkesan untuk digunakan bagi meramal data siri masa aras air sungai di kawasan banjir. Ramalan terhadap keadaan aras sungai dapat membantu pihak berkuasa tempatan dalam memberikan amaran awal kepada komuniti di sekitar kawasan tersebut dan pihak berkepentingan dalam memastikan persediaan bencana dan juga sebagai langkah awal pencegahan banjir.

Kajian ini hanya terhad kepada satu anak sungai sahaja iaitu di Sungai Dungun, Terengganu. Hal ini bagi menunjukkan kaedah penambahbaikan yang dibangunkan dan diuji terhadap satu sungai sahaja. Data yang diperolehi oleh Jabatan Pengairan dan Saliran pula hanya pada bulan April 2009 sehingga Mei 2010. Pada masa akan datang, kajian ini cuba ditambah baik bagi memperoleh data yang lebih terkini untuk dijadikan sebagai data kajian.

## Penghargaan

Jutaan penghargaan diucapkan kepada Jabatan Pengairan dan Saliran Malaysia (JPS) yang memberikan maklumat data siri masa mengikut jam di Stesen Jambatan Jerangau. Selain itu, penghargaan juga diberikan kepada Kementerian Pendidikan Malaysia (FRGS/1/2018/STG06/UPSI/02/3) atas tajaan kewangan bagi menjalankan kajian ini.

## Rujukan

- [1] A. F. Roslan, Z. Hamid, and M. Dul, "Strategic Framework Towards Flood Resilience in Malaysia," *Ing.*, vol. 63, pp. 44–52, Jul. 2015.
- [2] N. E. Alias, H. Mohamad, W. Y. Chin, and Z. Yusop, "Rainfall Analysis of the Kelantan Big Yellow Flood 2014," *J. Teknol.*, vol. 78, no. 9–4, pp. 83–90, 2016.
- [3] H. A. Rahman, "Suatu Tinjauan Terhadap Permasalahan Banjir Kilat di Lembah Klang," in *Persidangan Geografi 2007*, 2007, pp. 1–15.
- [4] B. Yatim, M. Abdullah, and S. Surif, "Banjir: Bencana alam," in *Baharudin Yatim et al. (eds) Banjir besar Johor*, Universiti Kebangsaan Malaysia, Selangor., 2012, pp. 13–18.
- [5] A. W. H. Soeharn, M. Farid, D. S. Abidah, T. R. Maitsa, Setianingsih, and N. Majidah, "Effect



- of Extreme Rain and Land Covering Change in Jatihandap on 20 March 2018 Flash Flood," *MATEC Web Conf.*, vol. 270, p. 04003, 2019.
- [6] Agensi Pengurusan Bencana Negara, "Portal Bencana," *Laman Web*, 2018. [Online]. Available: <http://jpsweb.terengganu.gov.my/index.php/ms/laporan-banjir-2010-2011>.
- [7] R. Acharya, J. Pal, D. Das, and S. Chaudhuri, "Long-Range Forecast of Indian Summer Monsoon Rainfall Using an Artificial Neural Network Model," *Meteorol. Appl.*, vol. 26, no. 3, p. met.1766, Mar. 2019.
- [8] P. K. Srivastava, T. Islam, S. K. Singh, G. P. Petropoulos, M. Gupta, and Q. Dai, "Forecasting Arabian Sea Level Rise using Exponential Smoothing State Space Models and ARIMA from TOPEX and Jason satellite Radar Altimeter Data," *Meteorol. Appl.*, vol. 23, no. 4, pp. 633–639, Oct. 2016.
- [9] N. H. Adenan and M. S. M. Noorani, "Peramalan Data Siri Masa Aliran sungai di Dataran Banjir dengan Menggunakan Pendekatan Kalut," *Sains Malaysiana*, vol. 44, no. 3, pp. 463–471, 2015.
- [10] A. Albostan and B. Önöz, "Implementation of Chaotic Analysis on River Discharge Time Series," *Energy Power Eng.*, vol. 7, pp. 81–92, 2015.
- [11] A. Mashuri, N. H. Adenan, and N. Z. A. Hamid, "Determining the Chaotic Dynamics of Hydrological Data in Flood-prone Area," *Civ. Eng. Archit.*, vol. 7, no. 6, pp. 71–76, Dec. 2019.
- [12] H. D. I. Abarbanel, *Analysis of observed chaotic data*. New York: Springer New York, 1996.
- [13] J. C. Sprott, *Chaos and Time-series Analysis*. Oxford University Press, 2003, pp: 501- 556.
- [14] A. B. Ruslan and N. Z. A. Hamid, "Application of Improved Chaotic Method in Determining Number of k-Nearest Neighbor for CO Data Series," *Int. J. Eng. Adv. Technol.*, vol. 8, no. 6S3, pp. 10–14, Sep. 2019.
- [15] N. Z. A. Hamid and M. S. M. Noorani, "Aplikasi Model Baharu Penambahbaikan Pendekatan Kalut ke atas Peramalan Siri Masa Kepekatan Ozon," *Sains Malaysiana*, vol. 46, no. 8, pp. 1333–1339, 2017.
- [16] W. N. A. W. M. Zaim, N. Z. A. Hamid, and M. S. M. Noorani, "Peramalan Bahan Pencemar Ozon (O3) di Universiti Pendidikan Sultan Idris, Tanjung Malim Perak, Malaysia Mengikuti Monsun dengan Menggunakan Pendekatan Kalut," *Sains Malaysiana*, vol. 46, no. 12, pp. 2523–2528, 2018.
- [17] R. C. Deo, H. R. Byun, G. B. Kim, and J. F. Adamowski, "A real-time hourly water index for flood risk monitoring: Pilot studies in Brisbane, Australia, and Dobong Observatory, South Korea," *Environ. Monit. Assess.*, vol. 190, no. 8, Aug. 2018.
- [18] M. Makhtar *et al.*, "The Application of Apriori Algorithm in Predicting Flood Areas," *Int. J. Adv. Sci. Eng. Inf. Technol.*, vol. 7, no. 3, 2017.
- [19] Jabatan Pengairan dan Saliran, "Pembekalan Data Hidrologi," *Jabatan Pengurusan Sumber Air dan Hidrologi*, 2019. [Online]. Available: <http://h2o.water.gov.my/v2/index.cfm?linkKu=fail/sdata.cfm&menu=2&bahasa=>. [Accessed: 25-Mar-2020].
- [20] JPS Negeri Terengganu, "Laporan Banjir 2010 - 2011," *JPS Negeri Terengganu*, 2020. [Online]. Available: <http://jpsweb.terengganu.gov.my/index.php/ms/laporan-banjir-2010-2011>. [Accessed: 20-Dec-2020].
- [21] L. Cao, "Practical Method for Determining the Minimum Embedding Dimension of a Scalar time series," *Phys. D Nonlinear Phenom.*, vol. 110, no. 1–2, pp. 43–50, Dec. 1997.
- [22] F. Takens, *Detecting strange attractor in turbulence*, vol. 898. New York: Springer-Verlag, 1981.
- [23] B. Sivakumar, "A Phase-Space Reconstruction Approach to Prediction of Suspended Sediment Concentration in Rivers," *J. Hydrol.*, vol. 258, no. 1–4, pp. 149–162, Feb. 2002.
- [24] N. Z. A. Hamid, "Application of chaotic approach in forecasting highland's temperature time series," *IOP Conf. Ser. Earth Environ. Sci.*, vol. 169, no. 1, p. 012107, Jul. 2018.
- [25] N. H. Adenan, N. Z. A. Hamid, Z. Mohamed, and M. S. M. Noorani, "A pilot study of river flow prediction in urban area based on phase space reconstruction," in *The 24th National Symposium on Mathematical Sciences (SKSM24)*, 2017, vol. 1870, p. 040011.