

**RESEARCH PAPER**

**Peramalan Siri Masa Aras Sungai Empangan di Selangor Menggunakan Pendekatan Kalut dan Kaedah Penghampiran Linear Setempat**

*Prediction of Water Level Time Series Data for Dam at Selangor using Chaotic Approach and Local Linear Approximation Method*

Nur Hanani Zakaria<sup>1</sup>, Nur Hamiza Adenan<sup>1</sup>\*, Nor Suriya Abd Karim<sup>1</sup>, Adib Mashuri<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Jabatan Matematik, Fakulti Sains dan Matematik, Universiti Pendidikan Sultan Idris, 35900 Tanjong Malim, Perak, Malaysia

<sup>2</sup>Kolej Vokasional Batu Lanchang, 11600 Jelutong, Pulau Pinang, Malaysia

\*Corresponding author: hamieza@fsmt.upsi.edu.my

**Published:** 18 February 2021

**To cite this article (APA):** Zakaria, N. H., Adenan, N. H., Abd Karim, N. S., & Mashuri, A. (2021). Prediction of Water Level Time Series Data for Dam at Selangor using Chaotic Approach and Local Linear Approximation Method. *Journal of Science and Mathematics Letters*, 9, 10-17. <https://doi.org/10.37134/jsml.vol9.sp.2.2021>

**To link to this article:** <https://doi.org/10.37134/jsml.vol9.sp.2.2021>

**Abstract**

The increase in demand of water resources is in line with the increasing number of residents especially in urban areas. This indicates that there is a need to predict water level so that an adequate water supply can be channelled to the main dam to meet the demands of the residents. Hence, this study is conducted in order to develop a prediction model using chaos approach for the time series data in Sungai Klang that is located in urban areas. Prediction based on chaos approach is divided into two phases which are; detection of chaos behaviour and prediction process. The detection of chaotic behaviour is performed by 0 – 1 test. Meanwhile, the prediction phase is conducted using the local linear approximation method (KPLS). The results show that the water level time series in Sungai Klang is chaotic using 0 – 1 test. Next, the prediction using KPLS shows that the prediction result is good since the predicted time series and the observed time series are almost the same and the value of correlation coefficient obtained is 0.8002. Therefore, the water level in Sungai Klang was successfully predicted using chaotic approach and it is expected to help those responsible authorities in optimizing water resources management in Selangor.

**Keywords:** 0-1 test; local linear approximation method; prediction; chaotic approach; water level

**Abstrak**

Peningkatan permintaan sumber air selari dengan peningkatan jumlah penduduk terutamanya di kawasan bandar. Hal ini menunjukkan terdapat keperluan bagi meramal aras air sungai supaya air yang mencukupi dapat disalurkan ke empangan utama bagi memenuhi permintaan penduduk. Maka, kajian ini dilaksanakan untuk membina model peramalan dengan menggunakan pendekatan kalut terhadap data siri masa aras air Sungai Klang yang terletak di kawasan bandar. Peramalan berasaskan pendekatan kalut dibahagikan kepada dua fasa iaitu pengesanan telatah kalut dan proses peramalan. Pengesanan telatah kalut dilaksanakan dengan menggunakan kaedah ujian 0 – 1. Manakala, peramalan dilaksanakan dengan menggunakan kaedah penghampiran linear setempat (KPLS). Dapatan kajian menunjukkan bahawa data siri masa aras air di Sungai Klang adalah bertelatah kalut dengan menggunakan kaedah ujian 0 – 1. Seterusnya, peramalan dengan menggunakan KPLS menunjukkan bahawa peramalan yang dilaksanakan adalah bagus kerana hasil peramalan

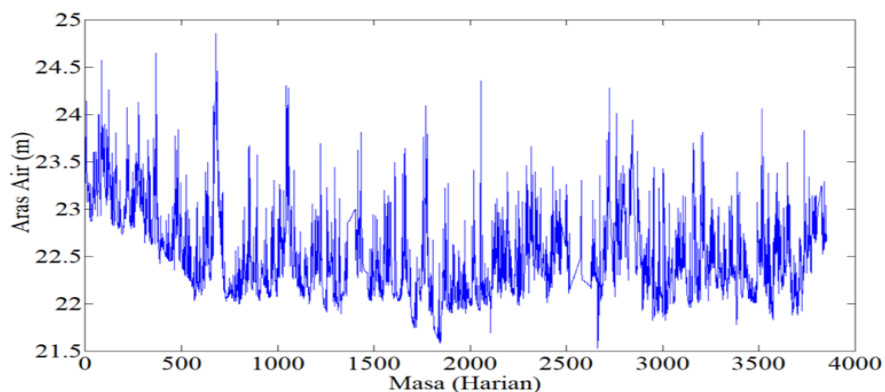
menunjukkan siri masa ramalan dan siri masa sebenar adalah hampir sama antara satu sama lain dengan nilai pekali kolerasi yang diperolehi adalah 0.8002. Oleh itu, aras air di Sungai Klang berjaya diramal dengan menggunakan pendekatan kalut dan dijangka dapat membantu pihak yang bertanggungjawab dalam mengoptimumkan pengurusan sumber air di Selangor.

**Kata kunci:** ujian 0-1; kaedah penghampiran linear setempat; peramalan; pendekatan kalut; aras air

## PENGENALAN

Di Malaysia, air merupakan salah satu sumber yang penting kepada rakyat dan merupakan keperluan asas bagi kehidupan. Transformasi bandar yang pesat membangun adalah di persekitaran lembah Klang dan proses yang berlaku kadangkala melebihi kemampuan persekitaran fizikal seperti sumber air (Azim Mohd Zanuddin et al., 2018). Pembangunan yang pesat menyebabkan jumlah penduduk semakin bertambah dan pastinya permintaan sumber air juga meningkat terutama dari sektor domestik, pertanian dan industri (Jabatan Pengairan dan Saliran, 2016). Kesannya, berlaku krisis air di Selangor yang 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). Maka, sungai yang menyalurkan air ke empangan di Selangor perlu dikenal pasti dan peramalan terhadap aras air sungai perlu dilaksanakan bagi tujuan membantu dalam mengoptimumkan pengurusan sumber air di Selangor.

Lembangan Sungai Klang merupakan antara sumber air mentah di Selangor yang mengalir ke tiga buah empangan iaitu empangan Tasik Subang, empangan Klang Gates dan empangan Sungai Batu (Jabatan Perancangan Bandar dan Desa Negeri Selangor, 2015). Seterusnya, aras air Sungai Klang (SK01) di stesen 3116430 mencatatkan nilai aras air tidak menentu seperti yang ditunjukkan dalam Rajah 1. Ini menunjukkan bahawa kajian yang dilaksanakan adalah penting bagi meramal aras air sungai empangan di Sungai Klang jika berlaku sebarang gangguan bekalan air.



**Rajah 1** Siri masa aras air Sungai Klang (SK01)

Kajian ini menggunakan pendekatan kalut dalam meramal aras air Sungai Klang. Pendekatan kalut dipilih dalam kajian ini kerana ianya hanya memerlukan satu pembolehubah sahaja iaitu data siri aras air sungai sahaja untuk melakukan peramalan. Menurut Hamid (2015), pendekatan ini dapat menganalisis dan meramal fenomena kompleks dalam jangka pendek. Beberapa pendekatan lain pernah digunakan dalam melakukan peramalan seperti kaedah rangkaian neural buatan (ANN) bagi meramal data siri masa hidrologi. Tetapi, peramalan menggunakan pendekatan kalut memberikan hasil

peramalan yang lebih cemerlang berbanding kaedah ANN (Kumar et al., 2019). Pelbagai kajian telah dilaksanakan dengan mengaplikasikan pendekatan kalut terhadap data siri masa hidrologi di luar negara dan di Malaysia antaranya adalah aliran sungai (Ghorbani et al., 2018; Adenan & Noorani, 2016), aras air pantai (Wang & Babovic, 2014), aras air tasik (Shiri et al., 2016), aras air sungai (Mashuri et al., 2019) dan hujan (Chettih et al., 2015).

## DATA

Data yang digunakan dalam kajian ini adalah siri masa aras air sungai empangan di Sungai Klang. Siri masa aras air sungai yang terlibat adalah dalam unit meter (m). Rajah 1 menunjukkan data siri masa harian yang dicerap dari 1 Januari 2000 sehingga 21 Julai 2010 ( $N = 3855$ ). Maka, data siri masa  $X(j)$  yang terlibat dapat direkodkan sebagai:

$$X(j) = \{x_1, x_2, x_3, \dots, x_N\}, \text{ iaitu} \quad (1)$$

$$X(j) = \{x_1, x_2, x_3, \dots, x_{3855}\}, \text{ dimana } j = 1, \dots, N. \quad (2)$$

Di dalam kajian ini, data siri masa  $X$  telah dibahagikan kepada dua bahagian iaitu (i) data latihan  $(X(j)_{latihan})$  dan (ii) data ujian  $(X(j)_{ujian})$ . Data daripada tahun 2000 sehingga 2009 (3653 data) iaitu data latihan digunakan bagi mengesan kehadiran telatah kalut dan peramalan. Data  $X(j)_{latihan}$  dalam kajian ini adalah:

$$X(j)_{latihan} = \{x_1, x_2, x_3, \dots, x_{3653}\}. \quad (3)$$

Manakala, keseluruhan data pada 2010 (202 data) digunakan untuk mengukur prestasi peramalan.

$$X(j)_{ujian} = \{x_{3653}, x_{3654}, x_{3655}, \dots, x_{3855}\}. \quad (4)$$

## METODOLOGI

Terdapat dua fasa dalam mengaplikasikan pendekatan kalut iaitu (1) pengesanan kehadiran telatah kalut dan (2) peramalan. Fasa pertama dilaksanakan melalui kaedah ujian 0 – 1. Pengesanan kehadiran telatah kalut adalah penting sebelum fasa peramalan diteruskan. Jika telatah kalut hadir pada siri masa yang digunakan, maka peramalan terhadap siri masa yang terlibat boleh diteruskan. Namun, jika telatah kalut tidak dapat dikesan, maka peramalan tidak dapat dilaksanakan.

Kaedah ujian 0 – 1 digunakan di dalam kajian ini kerana kaedah ini telah berjaya mengesan kehadiran telatah kalut pada data siri masa  $PM_{10}$  (Sapini et al., 2017). Tambahan lagi, kaedah ujian 0 – 1 ini belum pernah diaplikasikan terhadap data siri masa hidrologi. Maka, kajian ini merupakan perintis bagi menguji sama ada kaedah 0 – 1 dapat mengesan kehadiran telatah kalut pada data siri masa aras sungai di Malaysia. Selain daripada itu, kaedah ini dinyatakan dapat mengesan telatah kalut dengan mudah kerana menggunakan sistem dua angka iaitu 0 dan 1 iaitu telatah kalut tidak dapat dikesan jika hasil pengiraan menghampiri angka 0 tetapi telatah kalut hadir jika hasil pengiraan menunjukkan nilai menghampiri angka 1 (Gottwald & Melbourne, 2014; Gottwald & Melbourne, 2009).

Menurut Gottwald dan Melbourne (2009), terdapat dua pembolehubah perlu dikira iaitu  $p_c(n)$  dan  $q_c(n)$  yang mana  $n = 1, 2, 3, \dots, 3653$  dan  $c \hat{=} (0, \rho)$ . Pembolehubah  $p_c(n)$  dan  $q_c(n)$  dapat dikira menggunakan persamaan:

$$p_c(n) = \mathring{A} \sum_{j=1}^n X(j) \cos(jc), \text{ dan} \quad (5)$$

$$q_c(n) = \mathring{A} \sum_{j=1}^n X(j) \sin(jc). \quad (6)$$

Seterusnya, anjakan min kuasa dua,  $M_c$  perlu dikira melalui pembolehubah  $p_c(n)$  dan  $q_c(n)$ . Anjakan min kuasa dua,  $M_c$  dikira melalui persamaan:

$$M_c(n) = \lim_{N \rightarrow \infty} \frac{1}{N} [p_c(j+n) - p_c(j)]^2 + [q_c(j+n) - q_c(j)]^2. \quad (7)$$

Merujuk kepada Gottwald dan Melbourne (2014), persamaan (7) memerlukan  $n \notin 3653$ . Namun, kajian tersebut mencadangkan untuk menghadkan pengiraan  $M_c(n)$  dengan mencadangkan nilai  $n_{cut}$ . Nilai  $n_{cut}$  yang dicadangkan dalam kajian ini dan berdasarkan kajian Gottwald dan Melbourne (2014) yang mana dapat memberikan hasil dapatan yang terbaik adalah:

$$n_{cut} = \frac{N}{10}, \text{ yang mana} \quad (8)$$

$$n_{cut} = \frac{3653}{10}. \quad (9)$$

Seterusnya, kadar pertumbuhan asimptot,  $K_c$  perlu dianggarkan menggunakan persamaan:

$$K_c = \lim_{x \rightarrow \infty} \frac{\log M_c(n)}{\log(n)}. \quad (10)$$

Persamaan (5) hingga (9) perlu diulangi bagi beberapa nilai  $c$  daripada  $c \hat{\in} (0, \rho)$  yang dipilih secara rawak. Menurut Gottwald dan Melbourne (2009), secara praktiknya, bilangan  $c$  yang dipilih adalah lebih daripada 5. Kehadiran telatah kalut dapat dikesan dengan mengira nilai  $K$  yang merupakan penunjuk bagi kehadiran telatah. Apabila nilai  $0.05 < K < 1$ , maka telatah kalut hadir pada data siri masa yang dikaji. Manakala, kehadiran telatah kalut tidak dapat dikenal pasti pada data siri masa yang dikaji jika nilai  $0 < K < 0.05$ . Nilai  $K$  dikira dengan persamaan berikut:

$$K = \text{median}(K_c). \quad (11)$$

Seterusnya, peramalan dilaksanakan dengan menggunakan kaedah purata linear setempat (KPLS) setelah kehadiran telatah kalut dapat dikesan. Asas bagi peramalan menggunakan KPLS adalah pembinaan ruang fasa. Pembinaan ruang fasa adalah apabila data siri masa yang dikaji (satu dimensi) dibina semula kepada beberapa ruang fasa ( $d$ -dimensi). Hasil pembinaan ruang fasa tersebut digunakan untuk peramalan. Siri masa  $X(j)_{latihan}$  dibina semula kepada ruang fasa  $d$ -dimensi dengan menggunakan persamaan berikut:

$$Y_j = \{x_j, x_{j+t}, x_{j+2t}, \dots, x_{j+(d-1)t}\}. \quad (12)$$

Merujuk kepada persamaan (11), pembinaan ruang fasa memerlukan parameter masa tunda,  $\tau$  dan dimensi pembedaan  $d$ . Di dalam kajian ini, nilai  $\tau$  dikira dengan menggunakan kaedah purata maklumat bersama (PMB). Kaedah PMB yang digunakan untuk penentuan nilai  $\tau$  adalah melalui persamaan berikut:

$$I(T) = \frac{1}{N} \sum_{a=1}^N p(u_a, u_{a+T}) \log_2 \left[ \frac{p(u_a, u_{a+T})}{p(u_a) p(u_{a+T})} \right], \quad (13)$$

yang mana  $p(u_a)$  dan  $p(u_{a+T})$  adalah kebarangkalian untuk mendapatkan  $(u_a)$  dan  $(u_{a+T})$  dalam siri masa  $X_{latihan}$ . Manakala,  $p(u_a, u_{a+T})$  merupakan nilai kebarangkalian merujuk kepada  $p(u_a)$  dan  $p(u_{a+T})$ . Nilai  $\tau$  adalah nilai minimum pertama  $I(T)$ .

Seterusnya, kaedah Cao digunakan bagi penentuan  $d$  (Cao, 1997). Kaedah Cao digunakan kerana (i) ianya tidak memerlukan sebarang parameter lain kecuali masa tunda  $\tau$  dan (ii) tidak bergantung kepada bilangan data siri masa. Penentuan nilai  $d$  bagi kaedah Cao adalah berdasarkan pengiraan persamaan berikut:

$$E1(d) = \frac{E(d+1)}{E(d)}, \text{ dan} \quad (14)$$

$$E(d) = \frac{1}{N - dt} \hat{a} \sum_{j=1}^{N-dt} \frac{\|Y_j^{d+1} - Y_{jj}^{d+1}\|}{\|Y_j^d - Y_{jj}^d\|} \quad (15)$$

dengan  $\|\cdot\|$  adalah jarak Euklidian dan  $Y_{jj}^d$  adalah jiran terdekat bagi  $Y_j^d$ . Penentuan nilai  $d$  dalam kajian ini adalah berdasarkan nilai  $d$  pertama yang melepasi julat  $0.9 \leq E1(d) \leq 1.0$  (Zaim & Hamid, 2017).

Peramalan bagi data siri masa bertelatah kalut merupakan peringkat terakhir selepas proses pembinaan ruang fasa dilaksanakan. Persamaan asas bagi peramalan ruang fasa yang akan digunakan adalah:

$$Y_{j+T}^d = f(Y_j^d). \quad (16)$$

Berdasarkan persamaan (15), terdapat dua vektor pada dimensi  $d$  iaitu  $Y_j^d$  dan  $Y_{j+T}^d$ . Vektor  $Y_j^d$  menggambarkan keadaan pada masa  $j$  (waktu semasa) manakala vektor  $Y_{j+T}^d$  menggambarkan  $j + T$  (waktu akan datang). Penganggaran  $f$  adalah menggunakan KPLS. Menurut (Velickov, 2004), untuk peramalan yang tepat, KPLS bergantung kepada nilai jiran terdekat  $k_{jiran}$ . Bilangan jiran terdekat  $k_{jiran}$  ditentukan menggunakan persamaan  $k_{jiran} = 2d$  dengan merujuk kajian Adenan dan Noorani (2015).

Nilai  $f$  akan ditentukan menggunakan kaedah ini. Penentuan nilai  $f$  adalah dengan memilih jarak yang paling minimum untuk membentuk vektor terdekat dengan mengambil kira jarak Euklidian di antara vektor pada waktu masa  $Y_j^d$  dan vektor sebelum  $Y_u^d (u = 1, 2, \dots, j - 1)$ . Andaikan jiran terdekat  $k$  adalah  $Y_q^d$  dan peramalan satu langkah ke hadapan adalah  $Y_{q+1}^d$ . Maka, nilai bagi  $Y_q^d$  dan  $Y_{q+1}^d$  digunakan bagi memenuhi persamaan linear  $Y_{q+1}^d = AY_q^d + B$ . Kaedah kuasa dua terkecil digunakan untuk mencari nilai pemalar  $A$  dan  $B$ . Oleh itu, nilai  $Y_{j+T}^d$  akan ditentukan menggunakan persamaan berikut:

$$Y_{j+T}^d = AY_j^d + B. \quad (17)$$

## HASIL KAJIAN DAN PERBINCANGAN

Pengesanan kehadiran telatah kalut adalah dengan menggunakan kaedah 0 – 1 dalam kajian ini dilaksanakan dengan menetapkan nilai  $n_{cut} = 100$  yang mana  $c \hat{1} (0, \rho)$ . Manakala, nilai had untuk  $n_{cut}$  adalah 365.3 dengan merujuk kepada kajian Gottwald dan Melbourne (2014). Merujuk kepada Jadual 1, nilai  $K$  yang diperoleh dengan adalah 0.9806. Berdasarkan kajian Gottwald dan Melbourne (2014), data siri masa yang digunakan adalah bertelatah kalut memandangkan nilai  $K$  yang diperolehi memenuhi syarat iaitu  $0.05 < K < 1$ .

**Jadual 1.** Keputusan bagi kaedah ujian 0-1 di Sungai Klang (SK01)

Sungai Klang (SK01)	
Nilai $K$	0.9806

Peramalan telah dilaksanakan dengan menggunakan KPLS pada  $X(j)_{latihan}$ . Sebelum peramalan, pembinaan ruang fasa perlu dilaksanakan dan penentuan parameter  $\tau$  dan  $d$ . Merujuk kepada Jadual 2, nilai minimum pertama  $I(T)$  bagi kaedah PMB adalah 2.536 pada  $T = 8$ , oleh itu nilai  $\tau = 8$ . Jadual 3 menunjukkan  $d$  yang dipilih adalah 6 apabila  $E1(d)$  mula menepu. Cao (1997) tidak menetapkan nilai  $E1(d)$  mula menepu apabila pertambahan nilai  $d$ . Tetapi kajian ini menetapkan dengan nilai pertama dipilih sebagai  $d$  bermula pada nilai 0.9 berdasarkan kajian yang telah dijalankan oleh Zaim dan Hamid (2017). Manakala, nilai  $k_{jiran}$  yang digunakan adalah 12. Maka, kombinasi parameter  $(t, d, k_{jiran})$  bagi pembinaan ruang fasa untuk memenuhi persamaan (11) adalah (8,6,12).

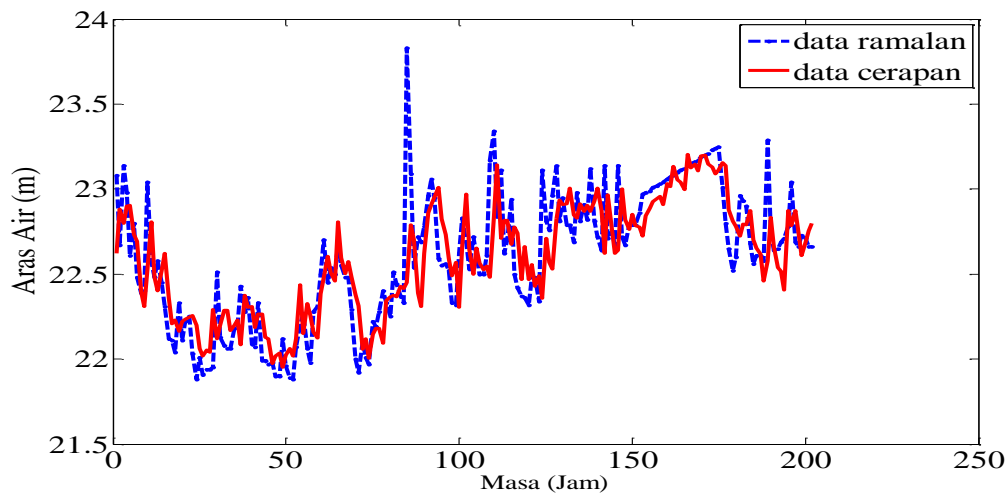
**Jadual 2.** Keputusan bagi penentuan parameter  $t$  bagi kaedah PMB

$T$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$I(T)$	2.861	2.689	2.616	2.58	2.577	2.565	2.539	2.536	2.544	2.505

**Jadual 3.** Keputusan bagi penentuan parameter  $d$  bagi kaedah Cao

$d$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$E1(d)$	0.06	0.34	0.61	0.75	0.83	0.90	0.92	0.95	0.96	0.97

Rajah 2 menunjukkan data siri masa aras air sungai empangan di SK01 yang diramal hampir menyamai siri masa yang sebenar. Ini menunjukkan bahawa siri masa aras air sungai empangan di Sungai Klang dapat diramal dengan baik dengan menggunakan pendekatan kalut. Nilai pekali korelasi yang diperolehi adalah 0.8002. Nilai pekali korelasi ini adalah melebihi 0.8000 dan ini wujud korelasi yang tinggi antara data sebenar dengan data yang diramal (Hardy, 2005). Oleh itu, KPLS memberikan hasil peramalan yang cemerlang dalam meramal data siri masa aras air sungai empangan di SK01 yang menunjukkan aras air tidak menentu.



**Rajah 2.** Hasil peramalan data siri masa aras air sungai empangan di SK01

## **KESIMPULAN**

Kajian ini adalah bertujuan untuk melaksanakan peramalan terhadap data siri masa aras sungai empangan di Sungai Klang (SK01). Pemilihan SK01 sebagai kawasan kajian adalah kerana sungai ini merupakan sungai yang menyalurkan air ke empangan yang dapat membantu dalam pengurusan sumber air di Selangor. Data siri masa yang terlibat adalah data siri masa yang tidak menentu dan sukar untuk diramal. Maka, kajian ini telah menggunakan pendekatan kalut untuk membuat peramalan bagi SK01. Pengesanan kehadiran telatah kalut perlu dilaksanakan terlebih dahulu sebelum peramalan dijalankan. Kajian ini menggunakan kaedah ujian 0 – 1. Kaedah ujian 0 – 1 belum pernah lagi digunakan untuk menentukan kehadiran telatah kalut pada data aras sungai di Malaysia dan kajian ini merupakan kajian perintis. Hasil kajian menunjukkan aras air sungai empangan di SK01 adalah bertelatah kalut. Seterusnya, peramalan dilaksanakan dengan menggunakan KPLS. Hasil kajian menunjukkan, data harian aras air sungai empangan di SK01 ini dapat diramal dengan cemerlang menggunakan KPLS. Oleh itu, pendekatan kalut merupakan satu pendekatan yang bagus dalam meramal aras air sungai empangan. Hasil peramalan ini juga dijangka dapat membantu pihak yang bertanggungjawab terhadap pengurusan air yang lebih efisien.

## **PENGHARGAAN**

Ucapan terima kasih kepada pihak Jabatan Pengairan dan Saliran Malaysia di atas perkongsian data siri masa aras air Sungai Klang di stesen Jambatan Sulaiman dan juga pihak Universiti Pendidikan Sultan Idris.

## RUJUKAN

- Adenan, N. H., & Md Noorani, M. S. (2016). Multiple Time-Scales Nonlinear Prediction of River Flow Using Chaos Approach. *Jurnal Teknologi*, 78(7). <https://doi.org/10.11113/jt.v78.3561>
- Adenan, N. H., & Noorani, M. S. (2015). Peramalan data siri masa aliran sungai di dataran banjir dengan menggunakan pendekatan kalut. *Sains Malaysiana*, 44(3), 463–471. <https://doi.org/10.17576/jsm-2015-4403-19>
- Azim Mohd Zanuddin, I., Saleh, Y., Mahat Jabatan Geografi, H., Sekitar, A., & Sains Kemanusiaan, F. (2018). Pembinaan Indikator Konstruk Sosioekonomi Bagi Mengukur Kesejahteraan Penduduk Dalam Kawasan Pinggiran Wilayah Metropolitan Lembah Klang-Langat, Malaysia. *GEOGRAFI*, 6(6), 90–100. <https://ejournal.upsi.edu.my/index.php/GEOG/article/view/2091>
- Berita Harian Online. (2015, April). *Hidup terjejas tanpa air*. 1–5.
- Cao, L. (1997). Practical method for determining the minimum embedding dimension of a scalar time series. *Physica D: Nonlinear Phenomena*, 110(1–2), 43–50. [https://doi.org/10.1016/S0167-2789\(97\)00118-8](https://doi.org/10.1016/S0167-2789(97)00118-8)
- Chettih, M., Chorfi, K., & Mouattah, K. (2015). Combining a neural network with deterministic chaos theory using phase space reconstruction for daily rainfall-runoff forecasting. *12th International Symposium on Programming and Systems, ISPS 2015*, 181–187. <https://doi.org/10.1109/ISPS.2015.7244983>
- Ghorbani, M. A., Khatibi, R., Danandeh Mehr, A., & Asadi, H. (2018). Chaos-based multigene genetic programming: A new hybrid strategy for river flow forecasting. *Journal of Hydrology*, 562, 455–467. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2018.04.054>
- Gottwald, G. A., & Melbourne, I. (2009). *On the Implementation of the 0–1 Test for Chaos*. 8(1), 129–145.
- Gottwald, G. A., & Melbourne, I. (2014). A test for a conjecture on the nature of attractors for smooth dynamical systems. *Chaos*, 24(2). <https://doi.org/10.1063/1.4868984>
- Hamid, N. Z. A. (2015). *Pemodelan siri masa kepekatan bahan pencemar udara 03, PM10 dan jerebu menerusi pendekatan kalut*. Universiti Kebangsaan Malaysia (UKM).
- Hardy, K. (2005). *Linear Algebra for Engineers and Scientists using Matlab*. Pearson Education, Inc.
- Jabatan Pengairan dan Saliran. (2016). *Laporan Tahunan JPS 2016*.
- Jabatan Perancangan Bandar dan Desa Negeri Selangor. (2015). *Draf Rancangan Struktur Negeri Selangor 2035*.
- Kumar, D., Vatsala, K., Pattanashetty, S., & Sandhya, S. (2019). Comparison of Rainfall Forecasting Using Artificial Neural Network and Chaos Theory. *Lecture Notes in Electrical Engineering*, 545, 413–422. [https://doi.org/10.1007/978-981-13-5802-9\\_38](https://doi.org/10.1007/978-981-13-5802-9_38)
- Mashuri, A., Adenan, H., & Hamid, N. Z. A. (2019). Determining the Chaotic Dynamics of Hydrological Data in Flood-Prone Area. *Civil Engineering and Architecture*, 7(6A), 71–76. <https://doi.org/10.13189/cea.2019.071408>
- Sapini, M. L., Adam, N. S., Ibrahim, N., Rosmen, N., & Yusof, N. M. (2017). The presence of chaos in rainfall by using 0-1 test and correlation dimension. *AIP Conference Proceedings*, 1905(1), 050040. <https://doi.org/10.1063/1.5012259>
- Shiri, J., Shamshirband, S., Kisi, O., Karimi, S., Bateni, S. M., Hosseini Nezhad, S. H., & Hashemi, A. (2016). Prediction of Water-Level in the Urmia Lake Using the Extreme Learning Machine Approach. *Water Resources Management*, 30(14), 5217–5229. <https://doi.org/10.1007/s11269-016-1480-x>
- Velickov, S. (2004). *Nonlinear Dynamics and Chaos*. A.A.Balkema Publishers.
- Wang, X., & Babovic, V. (2014). Enhancing water level prediction through model residual correction based on Chaos theory and Kriging. *International Journal for Numerical Methods in Fluids*, 75(1), 42–62. <https://doi.org/10.1002/flid.3883>
- Zaim, W. N. A. W. M., & Hamid, N. Z. A. (2017). Peramalan Bahan Pencemar Ozon (O<sub>3</sub>) di Universiti Pendidikan Sultan Idris, Tanjung Malim, Perak, Malaysia Mengikut Monsun dengan Menggunakan Pendekatan Kalut. *Sains Malaysiana*, 46(12), 2523–2528. <https://doi.org/10.17576/jsm-2017-4612-30>