

**RESEARCH PAPER**

**Peramalan Melalui Pendekatan Kalut ke atas Siri Masa Karbon Monoksida di Kawasan Perindustrian**

*Forecasting Through the Chaotic Approach on Carbon Monoxide Time Series in Industrial Area*

Khairunnisa Che Jusoh<sup>1\*</sup>, Nor Zila Abd Hamid<sup>1</sup>, Syafruddin Side<sup>2</sup>

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

<sup>2</sup>Jabatan Matematik, Universitas Negeri Makassar, 90222 Makassar, Indonesia.

\*Corresponding author: nisachejusoh@gmail.com

**Published:** 20 February 2021

**To cite this article (APA):** Che Jusoh, K., Abd Hamid, N. Z., & Side, S. (2021). Forecasting Through the Chaotic Approach on Carbon Monoxide Time Series in Industrial Area. *Journal of Science and Mathematics Letters, 9*, 55-62. <https://doi.org/10.37134/jsml.vol9.sp.7.2021>

**To link to this article:** <https://doi.org/10.37134/jsml.vol9.sp.7.2021>

**Abstrak**

Kajian ini berfokus kepada menganalisis dan meramal data siri masa karbon monoksida (CO) di salah sebuah kawasan perindustrian di Malaysia iaitu Seberang Perai, Pulau Pinang menggunakan pendekatan kalut. Sebelum proses peramalan, data siri masa diuji terlebih dahulu untuk mengenalpasti kehadiran dinamik kalut. Melalui Kaedah Cao, didapati bahawa sifat kalut hadir dalam siri masa CO. Oleh yang demikian, proses peramalan dijalankan melalui Kaedah Penghampiran Setempat. Pekali korelasi dipilih sebagai petunjuk prestasi. Keputusan peramalan menunjukkan bahawa nilai pekali korelasi adalah 0.9032 yang mana nilai tersebut hampir kepada satu. Hasil ramalan yang sangat baik ini menunjukkan bahawa Kaedah Penghampiran Setempat boleh digunakan untuk meramal kepekatan CO. Kesimpulannya, pendekatan kalut telah berjaya menganalisis dan meramal siri masa CO di kawasan perindustrian Seberang Perai. Diharapkan dengan penemuan ini dapat membantu pihak bertanggungjawab untuk mengawal pencemaran CO di kawasan perindustrian.

**Kata kunci:** Peramalan; kawasan perindustrian; Kaedah Cao; karbon monoksida; kaedah penghampiran setempat

**Abstract**

This study focuses on forecasting and analyzing the concentration of carbon monoxide (CO) in one of the Malaysian Industrial area namely Seberang Perai using a chaotic approach. Before forecasting process, the time series are tested in advance to determine whether or not the nature is chaotic. Through the Cao method, chaotic dynamic present in the CO times series. Therefore, the forecasting model through the local linear approximation is constructed for forecasting purpose. The result shows that the correlation value is 0.9032 which is near to one. This excellent forecasting result shows that the local linear approximation method can be used to forecast the concentration of CO. In conclusion, the chaotic approach has successfully analyzed and forecasted the CO time series in the Seberang Perai industrial area. These findings are expected to help stakeholder to manage CO pollution in Malaysian Industrial area.

**Keywords:** Forecasting; industrial area; Cao method; carbon monoxide; local linear approximation method

**Scope:** Mathematics

## **PENGENALAN**

Pencemaran udara berlaku apabila wujud keadaan kemerosotan kualiti udara impak daripada aktiviti manusia atau antropogenik seperti asap daripada kenderaan bermotor dan trafik, aktiviti domestik serta industri (Mabahwi, Leh, & Omar, 2015). Terdapat lima bahan pencemar udara utama yang dipantau oleh Jabatan Alam Sekitar Malaysia (JASM) iaitu zarah terampai ( $PM_{10}$ ), sulfur dioksida ( $SO_2$ ), nitrogen dioksida ( $NO_2$ ), ozon ( $O_3$ ) dan karbon monoksida (CO). Kajian sebelum ini telah dilakukan ke atas siri masa bahan pencemar  $O_3$  (Zaim & Hamid 2017; Hamid & Nooraini 2017),  $PM_{10}$  (Hamid & Noorani 2014) dan  $NO_2$  (Jusoh & Hamid 2019). Oleh kerana hasil peramalan ke atas siri masa  $O_3$ ,  $PM_{10}$  dan  $NO_2$  tersebut memberangsangkan, maka kajian diteruskan ke atas bahan pencemar udara CO. Menurut Yusup et. al. (2014), CO adalah gas yang terhasil daripada proses pembakaran bahan api dan biojisim yang tidak lengkap seperti asap rokok dan asap kenderaan. JASM menjelaskan bahawa CO menjejaskan kesihatan manusia, iaitu dengan mengurangkan kadar oksigen untuk kegunaan organ dan tisu badan. Hal ini menyebabkan kesakitan pada dada, sakit jantung, sesak nafas dan beberapa penyakit lain yang berkaitan dengan pernafasan.

Menurut Jamalani et. al. (2018), negara yang sedang membangun seperti Malaysia sedang mengalami perkembangan yang pesat dalam sektor perindustrian. Hal ini telah menyumbang kepada isu alam sekitar. Dalam kajian yang dijalankan oleh mereka, telah menunjukkan tahap pencemaran yang tinggi hasil daripada aktiviti perindustrian dan perniagaan. Selain itu, dapatan kajian yang dijalankan oleh Amil et. al. (2016) telah menunjukkan bahawa pencemaran udara memberikan impak ke atas udara persekitaran di kawasan perindustrian. Melalui kajian-kajian tersebut dapat dilihat bahawa bahan pencemaran udara menunjukkan kepekatan yang tinggi di kawasan perindustrian. Oleh yang demikian, pengkaji memilih kawasan perindustrian sebagai lokasi kajian untuk meramal siri masa CO.

Rani et. al. (2018) telah menjalankan analisis tren bacaan IPU dari tahun 2010 sehingga 2015. Dapatan kajian mendapati bahawa bacaan IPU pada bulan Jun 2013 mencatat nilai yang paling tinggi iaitu 663, yang mana berada di dalam tahap kecemasan. Selain itu, bacaan IPU data tertentu ditahap yang tidak sihat adalah pada bulan Jun 2013, Julai 2013, September 2015, dan Oktober 2015. Berdasarkan kajian tersebut dapat dilihat bahawa bacaan IPU pada monsun barat daya iaitu pada bulan Jun sehingga September sering mencatat bacaan yang tidak sihat. Oleh itu, analisis variasi siri masa CO akan dijalankan di kawasan industri Seberang Perai pada monsun barat daya.

Pendekatan kalut mampu menganalisis dan meramal sesuatu fenomena itu dalam jangka masa pendek. Analisis dan peramalan hasil daripada aplikasi pendekatan kalut semakin berkembang dan diguna pakai dalam pelbagai bidang seperti perubatan (Kantz & Schreiber 2004), hujan (Hamid & Noorani, 2012), hidrologi (Domenico et. al, 2013; Adenan & Noorani 2015), suhu (Bahari & Hamid 2019) serta peramalan ke atas siri masa bahan pencemar  $O_3$  (Zaim & Hamid 2017; Hamid & Nooraini 2017) dan  $PM_{10}$  (Hamid & Noorani 2014). Pendekatan kalut ini telah membawa kejayaan dalam pemodelan pelbagai siri masa di dalam dan luar negara. Tetapi, pendekatan kalut ini belum diaplikasikan ke atas siri masa CO. Oleh yang demikian, aplikasi pendekatan kalut dipilih untuk menganalisis dan meramal siri masa CO di kawasan perindustrian iaitu Seberang Perai.

## Data Siri Masa

Kajian ini dijalankan di stesen yang terletak di Seberang Perai, Pulau Pinang yang merupakan salah satu kawasan perindustrian. Siri masa CO yang dikaji adalah dicerap mengikut jam. Tempoh kajian ini dijalankan adalah selama empat bulan iaitu bermula 1 Jun 2014 sehingga 30 September 2014 dimana tempoh tersebut adalah semasa monsun barat daya. Keseluruhan tempoh siri masa adalah 2928 jam. Siri masa  $X$  direkodkan dalam bentuk skala satu matra seperti (1).

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

dengan  $N$  adalah jumlah jam cerapan.

## METODOLOGI

Pendekatan kalut diaplikasikan dalam kajian ini bagi membangun model bagi siri masa CO. Sebelum model peramalan dibina, kehadiran dinamik kalut dalam siri masa CO perlu dikesan terlebih dahulu. Bagi mengesan kehadiran dinamik kalut, kaedah Cao telah dipilih. Setelah siri masa CO terbukti kalut, maka model peramalan dibina menggunakan Kaedah Penghampiran Purata Setempat. Bagi tujuan pembinaan model peramalan, ruang fasa pelbagai matra dibina semula dengan menggunakan siri masa  $X_{latihan}$ . Mengikut teori Takens (1981) dengan masa tunda  $\tau$  dan matra pembedan  $m$ , ruang fasa  $m$ -matra adalah dalam bentuk

$$Y_j^m = (x_j, x_{j+\tau}, x_{j+2\tau}, \dots, x_{j+(m-1)\tau}) \quad (2)$$

Terdapat dua paramater yang perlu ditentukan iaitu masa tunda  $\tau$  dan matra pembedan  $m$ . Kaedah yang dipilih untuk mencari nilai  $\tau$  adalah kaedah purata maklumat bersama manakala untuk mencari nilai  $m$ , kaedah Cao telah dipilih.

### Kaedah Purata Maklumat Bersama

Menurut Liebert & Schuster (1989), pemilihan  $\tau$  akan mempengaruhi sifat penarik yang membina ruang fasa dan seterusnya memberi kesan terhadap hasil peramalan. Kaedah yang telah digunakan secara meluas untuk menganggar nilai optimum  $\tau$  adalah kaedah purata maklumat bersama (pmb). Purata maklumat bersama adalah :

$$I(T) = \frac{1}{N} \sum_{a=1}^N p(u_a, u_{a+T}) \log_2 \left[ \frac{p(u_a, u_{a+T})}{p(u_a)p(u_{a+T})} \right] \quad (3)$$

di mana  $p(u_a)$  dan  $p(u_{a+T})$  adalah kebarangkalian untuk mendapat  $u_a$  dan  $u_{a+T}$  dalam siri masa  $X_{latihan}$  manakala  $p(u_a, u_{a+T})$  adalah kebarangkalian bersama  $p(u_a)$  dan  $p(u_{a+T})$ . Graf  $T$  melawan  $I(T)$  diplot dan  $\tau$  adalah nilai minimum pertama  $T$ .

## Kaedah Cao

Terdapat beberapa kaedah yang sering digunakan untuk mencari  $m$  optimum. Namun, Cao (1997) menjanjikan bahawa kaedah Cao adalah cara yang praktikal untuk mencari nilai  $m$ . Oleh itu kaedah Cao telah dipilih untuk menentukan nilai  $m$ . Kaedah Cao melibatkan dua parameter iaitu  $E1(m)$  dan  $E2(m)$ . Kaedah Cao mengira nilai  $m$  melalui;

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

yang mana

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

dan  $\|\bullet\|$  adalah norma maksimum.  $Y_{jj}^m$  adalah jiran terdekat kepada  $Y_n^m$ . Graf  $m$  melawan  $E1(m)$  adalah diplot. Sekiranya  $E1(m)$  berhenti berubah apabila nilai  $m$  lebih besar daripada  $m_0$ , maka  $m_0 + 1$  adalah matra pembenaman minimum yang dicari iaitu nilai  $m$ . Melalui kaedah Cao juga, parameter  $E2(m)$  dapat membuktikan data siri masa adalah kalut. Cao (1997) turut memperkenalkan pengiraan  $E2(m)$ ;

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

yang mana nilai  $E^*$  dapat dikira dengan menggunakan persamaan berikut:

$$E^*(m) = \frac{1}{N - m\tau} \sum_{n=1}^{N-m\tau} \|x_{N+m\tau}^m - x_{jj+m\tau}^m\| \quad (7)$$

Sekiranya terdapat beberapa  $m$  atau sekurang-kurangnya satu  $m$  yang mana nilai  $E2(m)$  tidak akan bernilai sama dengan satu  $E2(m) \neq 1$ , maka dinamik kalut hadir dalam sesebuah siri masa. Oleh itu,  $E2(m)$  digunakan bagi menguji kehadiran dinamik kalut dalam siri masa CO.

## Peramalan

Peramalan melalui pendekatan kalut adalah melalui ruang fasa  $m$ -matra persamaan (4). Dengan menggunakan ruang fasa yang dibina, sebuah kaedah penghampiran digunakan untuk meramal siri masa hadapan. Bagi ruang fasa terakhir  $Y_j^m$ , peramalan bagi  $Y_{j+p}^m$  adalah:

$$Y_{j+p}^m = f(Y_j^m) \quad (8)$$

Bagi peramalan satu langkah ke hadapan, persamaan (8) ini akan menjadi  $Y_{j+1}^m = f(Y_j^m)$ . Peramalan bagi nilai  $Y_{j+1}^m$  dilakukan berdasarkan nilai bilangan terdekat bagi  $Y_j^m$ .  $k$  jiran

terdekat bagi  $Y_j^m$  adalah dipilih berdasarkan nilai minimum jarak Euklidian  $\|Y_{j'}^m - Y_j^m\|$  dengan  $j' < j$ . Jika hanya satu jiran terdekat digunakan ( $k=1$ ), maka penghampiran bagi  $Y_{j+1}^m$  adalah  $Y_{j+1}^m$ . Oleh kerana kebiasaannya nilai ( $k=1$ ), maka peramalan diambil sebagai purata nilai  $Y_j^m$  iaitu  $Y_{j+1}^m = \frac{1}{k} \sum_{q=1}^k Y_{j_q+1}^m$ .

Dalam kajian ini, nilai  $k$  ditentukan melalui kaedah cuba jaya. Penentuan nilai  $k$  melalui kaedah cuba jaya pernah dijalankan dengan menggunakan  $k=50$  (Hamid & Noorani 2014; Zaim & Hamid 2017; Hamid, Noorani & Adenan 2017),  $k=100$  (Hamid et. al 2013) dan  $k=200$  (Hamid & Noorani 2013). Casdagli (1991) menyatakan bahawa nilai  $k$  yang kecil sudah memadai untuk mendapatkan keputusan peramalan yang cemerlang. Oleh yang demikian, dalam kajian ini nilai  $k$  yang dipilih adalah  $k=50$ .

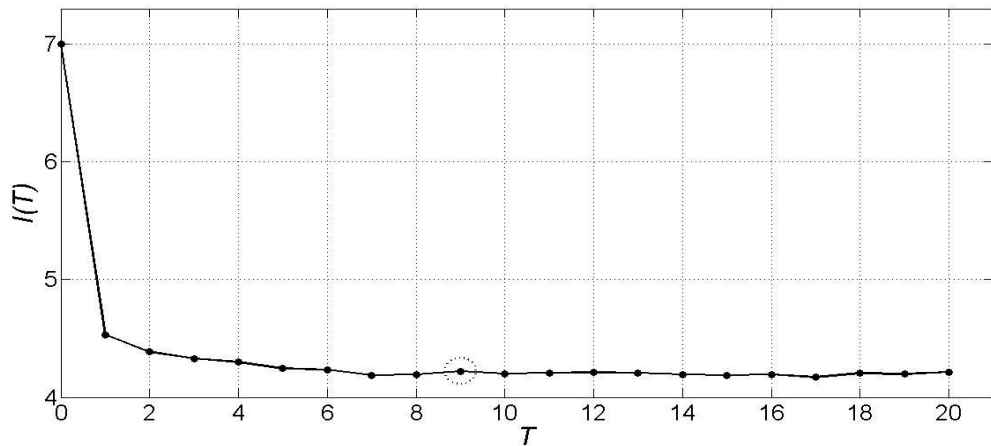
Dalam kajian ini, petunjuk prestasi peramalan yang digunakan adalah pekali korelasi ( $pk$ ) iaitu :

$$pk = \frac{\sum_{L=1}^w (R_L - \bar{R})(S_L - \bar{S})}{\sqrt{\sum_{L=1}^w (R_L - \bar{R})^2} \sqrt{\sum_{L=1}^w (S_L - \bar{S})^2}} \quad (9)$$

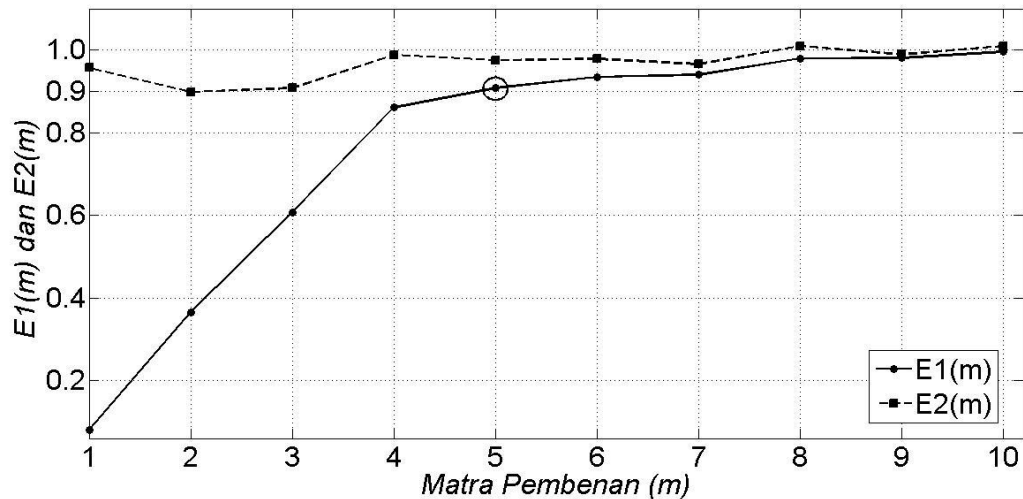
Jika nilai  $pk$  yang diperoleh adalah mendekati satu, maka ia menunjukkan hubungan kuat antara siri masa ramalan dan siri masa sebenar (Gogtay & Thatte, 2017).

## HASIL DAN PERBINCANGAN

Dalam kajian ini, pendekatan kalut telah diaplikasikan ke atas siri masa CO. Kehadiran dinamik kalut dikesan terlebih dahulu dan seterusnya proses peramalan menggunakan kpps akan dijalankan. Kehadiran dinamik kalut siri masa dikesan melalui kaedah Cao. Rajah 1 merupakan keputusan keadah purata maklumat bersama. Daripada rajah tersebut dapat dilihat bahawa nilai  $I(T)$  minimum pertama adalah pada  $\tau = 7$ . Rajah 3 merupakan keputusan  $E1(m)$  dan  $E2(m)$  dari kaedah Cao. Dalam Rajah 2 boleh dilihat bahawa  $E1(m)$  mula menepu pada nilai  $m_0 = 4$  dan terus menepu dengan peningkatan nilai  $m$ . Maka, nilai matra pembenaman,  $m$  adalah 5. Selain itu, dapat diperhatikan bahawa tiada nilai  $E2(m)$  sama dengan satu untuk semua nilai  $m$ . Maka, melalui kaedah Cao dapat dinyatakan bahawa siri masa CO di Seberang Perai adalah berdinamik kalut.



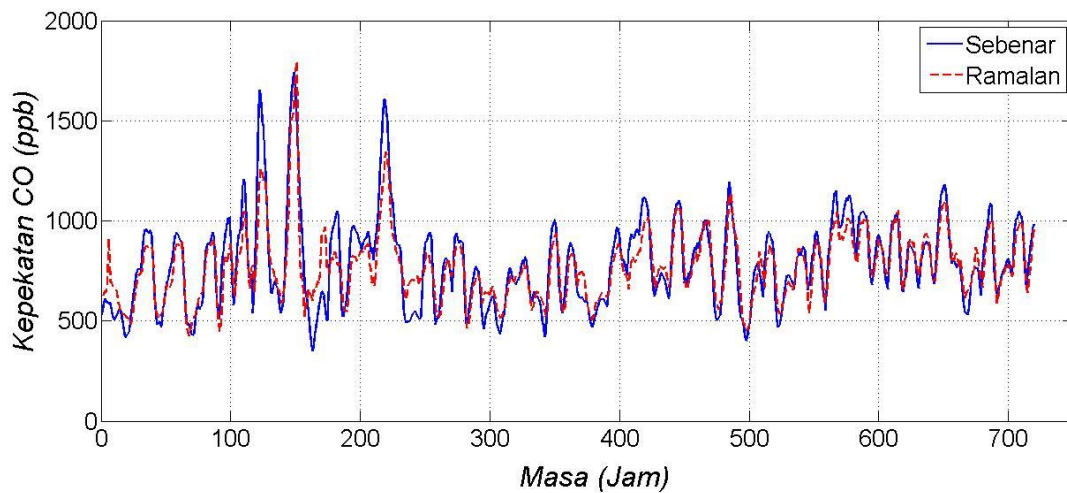
Rajah 1. Purata Maklumat Bersama



Rajah 2. Kaedah Cao

### Keputusan Peramalan

Peramalan melalui pendekatan kalut adalah melalui vektor ruang fasa  $m$ -matra persamaan (4). Menggunakan  $\tau = 7$  dan  $m = 5$  yang diperoleh, ruang fasa dibina. Setelah ruang fasa dibina, peramalan melalui kpps dengan menggunakan  $k = 50$  dijalankan ke atas siri masa CO. Nilai pekali korelasi adalah 0.9032 iaitu menghampiri satu menunjukkan hubungan yang kuat antara siri masa ramalan dan siri masa sebenar (Gogtay & Thatte, 2017). Hasil ramalan yang sangat baik ini menunjukkan bahawa kaedah penghampiran setempat boleh digunakan untuk meramal kepekatan CO. Rajah 3 merupakan graf perbandingan siri masa sebenar dengan siri masa yang diramal. Melalui rajah tersebut, dapat dilihat bahawa nilai yang di ramal adalah sangat menghampiri nilai yang sebenar. Secara keseluruhannya, hasil peramalan ke atas siri masa CO di kawasan perindustrian Seberang Perai adalah cemerlang berdasarkan nilai pekali korelasi yang diperoleh.



Rajah 3. Keputusan peramalan

## KESIMPULAN

Dalam kajian ini, didapati bahawa siri masa CO di kawasan perindustrian Seberang Perai adalah bersifat kalut berdasarkan analisis daripada kaedah Cao. Data selama empat bulan iaitu semasa tempoh monsun barat daya yang diramal menunjukkan hasil yang baik dengan nilai pekali korelasi 0.9032. Terdapat lima bahan pencemar udara utama yang dipantau oleh JASM iaitu  $PM_{10}$ ,  $SO_2$ ,  $NO_2$ ,  $O_3$  dan CO. Dalam kajian sebelum ini, peramalan menggunakan pendekatan kalut telah dilakukan ke atas bahan pencemar  $PM_{10}$  dan  $O_3$ . Dalam kajian ini juga telah menunjukkan bahawa siri masa CO dapat diramal melalui pendekatan kalut. Maka, peramalan melalui pendekatan kalut boleh terus dikembangkan lagi ke atas siri masa pencemar  $NO_2$  dan  $SO_2$ .

## PENGHARGAAN

Penghargaan diberikan kepada Jabatan Alam Sekitar Malaysia di atas pemberian data untuk menjalankan kajian ini. Kajian yang dijalankan adalah di bawah tajaan geran penyelidikan dengan kod 2019-0005-102-02 (FRGS/1/2018/STG06/UPSI/02/1).

## RUJUKAN

- Abarbanel, H.D.I. (1996). *Analysis of observed chaotic data*. New York: Springer-Verlag.
- Adenan, N.H. & Noorani, M.S.M. (2015). Peramalan data siri masa aliran sungai di dataran banjir dengan menggunakan pendekatan kalut. *Sains Malaysiana*. 44(3), 463-471.
- Amil, N., Latif, M.T., Khan, M. F., & Mohamad, M. (2016). Seasonal Variability of  $PM_{2.5}$  composition and sources in the Klang Valley urban-industrial environment. *Atmospheric Chemistry and Physics*, 16(8), 5357–5381.
- Bahari, M. & Hamid, N.Z.A. (2019). Analysis and prediction of temperature time series using chaotic approach. *IOP Conferences Series: Earth and Environmental Science*. 289, 1-7.
- Cao L. (1997). Practical method for determining the minimum embedding dimension of a scalar time series. *Physica D: Nonlinear Phenomena*. 110, 1-2.

- Casdagli M. (1991). Chaos and deterministic versus stochastic non-linear modelling. *Santa Fe Institute*, 54(2), 303-328.
- Domenico, M.De, Ghorbani, M.A., Makarynsky, O., Makarynska, D., & Asadi, H. (2013). Chaos and reproduction in sea level. *Applied Mathematical Modelling*, 37(6), 3687–3697.
- Gogtay, N. J., & Thatte, U. M. (2017). Principles of correlation analysis. *Journal of Association of Physicians of India*, 65(3), 78–81.
- Hamid, N.Z.A. & Noorani, M.S.M. (2012). On prediction of Subang, Selangor daily rainfall data: An application of local approximation method. *Jurnal Sains dan Matematik*. 4(2), 49-57.
- Hamid, N.Z.A. & Noorani, M.S.M. (2013). An improved prediction model of ozone concentration time series based on chaotic approach. *International Journal of Mathematical and Computational Sciences*. 7(11), 206-211.
- Hamid, N.Z.A. & Noorani, M.S.M. (2014). Suatu kajian perintis menggunakan pendekatan kalut bagi pengesanan sifat dan peramalan siri masa kepekatan PM<sub>10</sub>. *Sains Malaysiana* 43(3), 475-481.
- Hamid, N.Z.A. & Noorani, M.S.M. (2017) Aplikasi model baharu penambahbaikan pendekatan kalut ke atas peramalan siri masa kepekatan ozon. *Sains Malaysiana* 46(8), 1333-1339.
- Jamalani, M.A., Abdullah, A.M., Azid, A., Ramli, M.F., Baharudin, M.R., Chng, K., Sciences, H. (2018). PM<sub>10</sub> Emission Inventory of Industrial and Road Transport Emission Inventory of Industrial and Road Transport Vehicles in Klang Valley, Peninsular Malaysia. *Journal of Fundamental and Applied Sciences*, 10(1S), 313-324.
- Jusoh, K.C. & Hamid, N.Z.A. (2020). Meramal bacaan maksimum harian nitrogen dioksida menerusi pendekatan kalut. *Juornal of Quality Measurement and Analysis*. 16(1), 79-89.
- Kantz, H. & Schreiber, T. (2004). *Nonlinear time series analysis*. Cambridge: Cambridge University Press. hlm. 369.
- Liebert, W. & Schuster, H. (1989). Proper choice of the time delay for the analysis of chaotic time series. *Physics Letters A* 142(2), 107-111.
- Mabahwi N.A., Leh O.L.H. & Omar D. (2015). Urban air quality and human health effects in Selangor, Malaysia. *Procedia. Social and Behavioral Sciences*, 170, 282–291.
- Rani, N.L.A., Azid, A., Khalit, S.I., Juahir, H., & Samsudin, M.S. (2018). Air pollution index trend analysis in Malaysia, 2010-15. *Polish Journal of Environmental Studies*, 27(2), 801–808.
- Takens, F. (1981). Detecting strange attractors in turbulence. *Dynamical Systems and Turbulence, Warwick 1980*, 898, 366–381. Springer, Heidelberg.
- Yusup, Y., Ahmad, M.I., & Ismail, N. (2014). Indoor air quality of typical Malaysian open-air restaurants. *Environment and Pollution*, 3(4), 10-23.
- 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 monsoon dengan menggunakan pendekatan kalut. *Sains Malaysiana*. 46(12), 2523-2528.