

Pendugaan Data Runtun Waktu Debit Aliran Sungai Cikeruh dengan Metode Thomas-Fiering

Meiske Shabrina Pesik*, Didi Suhaedi

Prodi Matematika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam,
Universitas Islam Bandung, Indonesia

*meiskeshabrina@gmail.com, dsuhaedi@unisba.ac.id

Abstract. The Cikeruh River is a source of water for the people who live in the watershed area. The shift in land management has resulted in problems in the availability of water resources. As a policy to overcome this problem, an estimation of the flow rate of the Cikeruh river was carried out. Cikeruh river flow discharge data is observational data with a monthly period included in time series data or time series data. This data has a seasonal pattern so that the method that can be used to predict the discharge data is the Thomas-Fiering Method. To estimate the discharge data for 2018, the Cikeruh river flow discharge data were used every month from 2011 to 2017 as many as 84 historical data. Then after getting the results of the 2018 debit data estimation, the *mean error* value calculated using Thomas-Fiering was 0.0291.

Keywords: Forecasting, Debit, Thomas-Fiering, River, Cikeruh.

Abstrak. Sungai Cikeruh merupakan sumber air bagi masyarakat yang bermukim di wilayah daerah aliran sungai. Terjadinya pergeseran tata kelola lahan mengakibatkan permasalahan ketersediaan sumber daya air. Sebagai suatu kebijakan untuk mengatasi permasalahan tersebut maka dilakukan pendugaan debit aliran sungai Cikeruh. Data debit aliran sungai Cikeruh merupakan data pengamatan dengan periode bulanan yang termasuk dalam data *time series* atau data runtun waktu. Data ini memiliki pola musiman sehingga metode yang dapat digunakan untuk membuat pendugaan data debit adalah Metode Thomas-Fiering. Untuk menduga data debit tahun 2018 digunakan data debit aliran sungai Cikeruh setiap bulannya dari tahun 2011 sampai 2017 sebanyak 84 data historis. Kemudian setelah mendapatkan hasil pendugaan data debit tahun 2018 didapatkan nilai *Mean Error* perhitungan menggunakan Thomas-Fiering adalah 0.0291.

Kata Kunci: Peramalan, Debit, Thomas-Fiering, Sungai, Cikeruh.

A. Pendahuluan

Sungai Cikeruh memiliki peranan penting sebagai sumber daya air yang dapat dimanfaatkan dalam pertanian, industri, kebutuhan rumah tangga, sanitasi lingkungan dan lainnya oleh masyarakat sekitarnya. Namun, pada dewasa ini terjadi pergeseran tata kelola lahan sehingga menimbulkan beberapa permasalahan mengenai ketersediaan jumlah debit air sungai. Kurangnya ketersediaan air dapat menyebabkan permasalahan tidak tercukupinya kebutuhan air. Sedangkan, jumlah debit berlebih dapat menyebabkan meluapnya air sehingga terjadi banjir yang dapat memberikan dampak buruk berkepanjangan apabila tidak atasi dengan cepat.

Permasalahan ketersediaan debit aliran sungai dapat diatasi dengan melakukan antisipasi untuk mengurangi atau mencegah dampak buruk yang akan datang. Salah satu bentuk kegiatan antisipasi tersebut adalah melakukan pendugaan nilai debit aliran sungai dengan pendekatan berbasis statistik dalam memperkirakan potensi ketersediaan debit aliran sungai yang dapat diuraikan dalam perhitungan matematis. Prosedur pendugaan data debit memiliki keterkaitan dengan banyaknya data yang tersedia dan konsistensi karakteristik data yang menjadi dasar pemilihan metode dan jangka waktu peramalan [1]. Berdasarkan ketersediaan data debit historis dan bentuk plot data debit aliran sungai yang menunjukkan adanya kecenderungan berpola musiman, sehingga salah satu metode statistika yang direkomendasikan adalah Metode Thomas-Fiering. Metode ini dapat berelasi dengan waktu, mewakili suatu urutan peristiwa dan selalu dipengaruhi oleh peristiwa sebelumnya. Kemudian setelah pendugaan debit aliran sungai dilihat nilai penyimpangan peramalan dengan nilai aktual menggunakan *Mean Error*.

B. Landasan Teori

1. METODE THOMAS FIERING

Time series atau runtun waktu adalah himpunan observasi data terurut dalam waktu. Metode *time series* adalah metode dengan perhitungan analisa pola hubungan antara variabel yang akan diperkirakan dengan variabel waktu. Langkah penting dalam menganalisis data runtun waktu berarti memilih suatu metode yang tepat dengan membagi data masa lalu menjadi beberapa komponen kemudian memproyeksikannya pada masa yang akan datang dengan mempertimbangkan jenis pola data. Secara umum terdapat empat pola data runtun waktu, yaitu horizontal, *trend*, musiman dan siklis. [2]

Metode Thomas-Fiering dikembangkan oleh Thomas dan Fiering pada tahun 1962 untuk memodelkan pembangkitan data aliran sungai bulanan akibat terbatasnya catatan debit aliran historis sungai yang pendek. Metode ini merupakan modifikasi model hidrologi yang dapat mengkaji catatan atau data sebelumnya untuk menduga peluang terjadinya kejadian yang akan datang dengan asumsi relevansi jangka waktu [3]. Pembangkitan data dapat dilakukan jika data runtun waktu memiliki periode yang cukup panjang, jika data hanya memiliki jumlah yang terbatas maka dapat dilakukan dengan metode resesi. Metode Thomas-Fiering mengizinkan adanya ketidakstasioneran dalam data aliran bulanan namun memiliki rangkaian data yang bersifat sama dengan data historis.

Model hidrologi basis matematik yang menghasilkan (*to generate*) suatu urutan nilai (*sequence of value*) yang merupakan hasil dari proses acak dengan memasukkan peluang. Simulasi ini akan memberikan data sintetik dengan nilai rerata, varian, standar deviasi yang terpelihara [4]. Metode Thomas-Fiering dibangun oleh beberapa parameter periodik yang menjadi dasar dalam melakukan perhitungan untuk menentukan akurasi data yang berasal dari parameter sebagai berikut:

1. Rerata nilai (Q_j)

Rerata dari debit sungai merupakan nilai yang diperoleh dari jumlah keseluruhan data pengujian kemudian dibagi dengan jumlah data (n) yang diuji, dirumuskan sebagai berikut:

$$\bar{Q}_y = \frac{\sum_{i=1}^n Q_{i,j}}{n} \quad (1)$$

Di mana $Q_{i,j}$ adalah nilai rerata pada tahap ke- j pada urutan data ke- i dan n merupakan jumlah tahun.

2. Standar Deviasi debit pada bulan $(j+1)$

Standar Deviasi atau simpangan baku umum digunakan untuk mengetahui sebaran data pengujian atau dispersi data di sekitar nilai rerata. Dirumuskan sebagai berikut:

$$S_{j+1} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (Q_{i,j} - \bar{Q}_j)^2}{n - 1}} \tag{2}$$

3. Koefisien korelasi (r_j)

Koefisien Korelasi yang dinyatakan dengan r , merupakan ukuran kovarian khusus yang memperhatikan masalah penskalaan variabel berbeda antara -1 sampai dengan 1. Nilai koefisien korelasi pada penelitian ini diterapkan untuk mengetahui hubungan debit bulanan j dengan data debit bulan $(j+1)$. Jika nilai koefien korelasi mendekati 1, maka memiliki hubungan variabel bebas yang kuat. Sedangkan apabila nilai koefisien korelasi mendekati -1, maka berarti hubungan antara variabel bebas dan variabel terikat memiliki hubungan berbanding terbalik. Apabila keadaan nilai koefisien korelasi bernilai 0 artinya hubungan variabel bebas dan variabel terikat tidak memiliki hubungan sama sekali. Koefisien korelasi antara debit bulan j dengan debit bulan $(j+1)$ dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$r_j = \frac{-\sum_{i=1}^n (Q_{i,j} - \bar{Q})(Q_{i,j-1} - \bar{Q} - 1)}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (Q_{i,j} - \bar{Q})^2 \sum_{i=1}^n (Q_{i,j-1} - \bar{Q} - 1)^2}} \tag{3}$$

Di mana:

$Q_{i,j-1}$ = nilai pada tahap ke- $(j-1)$ pada urutan data ke- i

\bar{Q}_{-1} = rerata nilai periode ke- $(j-1)$

4. Koefisien regresi/ *slope* (b_j)

Secara matematis *slope* merupakan ukuran kemiringan pada suatu garis. Sedangkan dalam konsep statistika, *Slope* adalah kontribusi nilai yang dapat menunjukkan besar perubahan variabel bebas.

$$b_j = \frac{r_j S_{j+1}}{S_j} \tag{4}$$

Di mana:

S_{j+1} = standar deviasi debit pada bulan $(j+1)$

S_j = standar deviasi debit pada bulan j

5. Komponen acak

Suatu himpunan aliran historis atau sintetik dari suatu data adalah merupakan urutan angka-angka atau nilai nilai yang dihasilkan dari proses acak (*random process*) dalam urutan interval waktu secara bergantian, urutan tersebut dinamakan deret waktu (*time series*). Pada metode Thomas-Fiering dilakukan transformasi bilangan acak uniform menjadi bilangan acak standar normal dengan perhitungan:

$$\begin{aligned} N_i &= \sqrt{-2 \cdot \ln(u_j) \cdot \text{Cos}(2 \pi U_{i+1})} \\ N_{i+1} &= \sqrt{-2 \cdot \ln(u_j) \cdot \text{Sin}(2 \pi U_{i+1})} \end{aligned} \tag{5}$$

Di mana:

Nilai $\pi = 180^\circ$

N_i dan N_{i+1} = Sepasang bilangan acak standar normal yang berurutan U_i dan U_{i+1} = Sepasang bilangan acak uniform kisaran 0-1

Secara umum persamaan Thomas-Fiering dituliskan sebagai berikut [5]:

$$Q_{i+1} = \bar{Q}_{i+1} + b_j(Q_i - \bar{Q}) + z_i S_{j+1} \sqrt{1 - r_j^2} \tag{6}$$

Di mana:

$j = 1, 2, 3, \dots, 12$ (bulan Januari sampai dengan Desember)

$i = j, 12 \text{ bulan} + j, 24 \text{ bulan} + j, \dots, N \text{ bulan} + j$

Dari persamaan yang telah diuraikan menyatakan bahwa debit aliran pada bulan yang akan datang merupakan rata-rata debit bulan mendatang yang kemudian ditambah dengan faktor yang bergantung pada debit saat ini dan faktor lain yang besarnya acak. [6]

2. UJI KONSISTENSI DATA

Data debit sungai yang akan diolah dan dianalisis perlu dilakukan uji konsistensi terlebih dahulu agar memenuhi asumsi data yang bersifat konsisten. Prosedur uji ini dilakukan untuk memberikan informasi bahwa masing-masing data penelitian berasal dari populasi dengan keragaman yang tidak berbeda jauh. Pengujian konsistensi ini menggunakan metode *Rescaled Adjusted Partial Sums* (RAPS) dengan menguji nilai komulatif penyimpangan terhadap nilai rata-rata kemudian dibagi dengan akar komulatif rerata penyimpangan kuadrat terhadap nilai reratanya.

$$RAPS = \frac{\sum_{i=1}^k (Y_i - \bar{Y})}{\frac{\sqrt{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}}{n}} \tag{7}$$

$$S_0^* = 0, \quad S_k^* = \sum_{i=1}^k (Y_i - \bar{Y}) \tag{8}$$

$$k = 1, \dots, n$$

Di mana jika $S_0^* = 0$ pada suatu data homogen dapat dianggap bahwa fluktuasi S_k^* disekitar nol karena tidak ada penyimpangan data dari nilai rerata. Perhitungan RAPS diperoleh dari pembagian S_k^* dengan standar deviasi.

$$S_k^{**} = \frac{S_k^*}{D_y}, \quad k = 0, \dots, n \tag{9}$$

Penyimpangan homogenitas secara statistik dinyatakan dengan $Q = maks |S_k^{**}|, 0 \leq k \leq n$. Data dinyatakan homogen dari tingginya nilai Q yang menyatakan perubahan tingkatan, bila $\frac{Q}{\sqrt{n}} \text{ hitung} < \frac{Q}{\sqrt{n}} \text{ tabel}$. Nilai Q tabel dan R tabel ditunjukkan dalam tabel 1.

Tabel 1. Nilai Q/\sqrt{n} dan R/\sqrt{n}

n	Q/\sqrt{n}			R/\sqrt{n}		
	90%	95%	99%	90%	95%	99%
10	1.05	1.14	1.29	1.21	1.28	1.38
20	1.1	1.22	1.42	1.34	1.43	1.6
30	1.12	1.24	1.46	1.4	1.5	1.7
40	1.13	1.26	1.5	1.42	1.53	1.74
50	1.14	1.27	1.52	1.44	1.55	1.78
100	1.17	1.29	1.55	1.5	1.62	1.86
∞	1.22	1.36	1.63	1.62	1.75	2

3. PERHITUNGAN KETELITIAN METODE

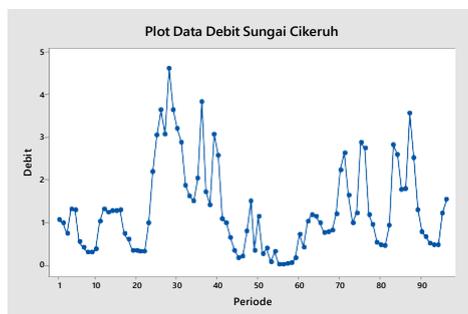
Suatu perhitungan dapat dikatakan sempurna apabila nilai variabel prakiraan sama dengan nilai sebenarnya. Untuk dapat melakukan prakiraan yang selalu tepat sangat sukar, bahkan dapat dikatakan tidak mungkin. Oleh karena itu, diharapkan prakiraan dapat dilakukan dengan nilai kesalahan sekecil mungkin. Pada penelitian ini digunakan pengukuran ketelitian Metode dengan menggunakan *Mean Error*. Kesalahan rata-rata merupakan rata-rata perbedaan antara nilai sebenarnya dengan nilai perkiraan, yang dirumuskan sebagai berikut:

$$ME = \sum \frac{e_i}{n} \quad (8)$$

Kesalahan rata-rata dari suatu perkiraan seharusnya mendekati angka nol bila data yang diamati berjumlah besar, apabila tidak artinya model yang digunakan mempunyai kecenderungan bias atau nilai penyimpangan di atas rata-rata atau sebaliknya.

C. Hasil Penelitian dan Pembahasan

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data debit aliran sungai bulaan Cikeruh pada bulan Januari 2011 sampai dengan Desember 2017.



Gambar 1. Data Debit Sungai Cikeruh

Pada gambar disamping, data debit sungai Cikeruh memiliki pola pergerakan yang hampir sama dalam beberapa periode yang berarti menunjukkan data berpola musiman. Debit aliran sungai tertinggi terdapat pada bulan Juli 20165 yaitu sebesar $0.006 \text{ m}^3/\text{s}$ dan debit aliran sungai tertinggi berada pada bulan April 2013 sebesar $4.603 \text{ m}^3/\text{s}$.

1. UJI KONSISTENSI DATA DEBIT SUNGAI

Uji RAPS data debit sungai dikatakan memenuhi syarat apabila nilai $\frac{Q}{\sqrt{n}} \text{ tabel} < \frac{Q}{\sqrt{n}} \text{ hitung}$ serta $\frac{R}{\sqrt{n}} \text{ tabel} < \frac{R}{\sqrt{n}} \text{ hitung}$. Perhitungan Analisis Uji konsistensi debit sungai dengan metode RAPS pada sungai Cikeruh adalah sebagai berikut:

$$\frac{Q}{\sqrt{n}} = \frac{|Sk^{**}|_{maks}}{\sqrt{n}} = \frac{3.2239}{\sqrt{84}} = 0.3517$$

$$\frac{R}{\sqrt{n}} = \frac{Sk^{**} maks - Sk^{**} min}{\sqrt{n}} = \frac{3.2238 - (-1.2092)}{\sqrt{84}} = 0.4836$$

Dari perhitungan dapat diperoleh bahwa $\frac{R}{\sqrt{n}}_{hitung} = 0.4836 < \frac{R}{\sqrt{n}}_{tabel} = 1.50$ dan $\frac{Q}{\sqrt{n}}_{hitung} < \frac{Q}{\sqrt{n}}_{tabel} = 1.22$. Berdasarkan Uji konsistensi data dengan menggunakan metode RAPS hasil pengujian data debit sungai bulanan Cikeruh adalah konsisten. Data yang konsisten ini menunjukkan bahwa data curah debit yang digunakan pada analisa penelitian tidak mengalami pergeseran nilai rerata sehingga dapat digunakan untuk analisa berikutnya.

2. PENDUGAAN DEBIT BULANAN METODE THOMAS-FIERING

Prediksi debit bulanan menggunakan metode Thomas-Fiering terdiri atas 12 persamaan regresi linear untuk masing-masing bulan dalam satu tahun yang ditunjukkan oleh persamaan 6. Persamaan regresi linear ini terdiri akan terdiri dari 48 parameter perhitungan. Nilai parameter untuk membangkitkan data Metode Thomas-Fiering dilakukan menggunakan *Microsoft excel* perhitungan 48 parameter dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 2. Hasil Perhitungan Parameter

Bulan	Qj	Sj	rj	bj
Jan	1.2305	0.76355	0.74283	0.88043
Feb	1.3768	0.90499	0.81546	1.12585
Mar	1.7781	1.24945	0.59614	0.56871
Apr	1.9898	1.19196	0.76566	0.7087
Mei	1.6410	1.10329	0.84719	0.67631
Jun	1.1728	0.88076	0.95036	0.88031
Jul	0.8629	0.81584	0.97312	0.62493
Agus	0.6298	0.52393	0.98248	1.10084
Sept	0.5678	0.58704	0.89335	1.09868
Okt	0.6765	0.72197	0.88573	1.2031
Nov	1.1330	0.98066	0.83574	0.89679
Des	1.7052	1.0523	0.71319	0.51749

Untuk memprediksikan debit bulanan dengan persamaan Thomas-Fiering pada bulan Januari 2018 maka debit bulan November dan Desember diposisikan sebagai variabel bebas. Untuk prediksi debit bulanan tahun 2018 bergantung pada nilai Z_i dari debit hasil prediksi tahun 2017 yang diperoleh. Nilai Z_i adalah berasal dari variat acak uniform kemudian dihitung menggunakan persamaan 5. Nilai Z_i yang diperoleh adalah sebagai berikut.

Tabel 3. Nilai Variat Acak Z_i

Bulan	Z
Jan	-0.24443
Feb	-0.58824
Mar	0.988552
Apr	-1.66074
Mei	0.155187
Jun	-0.25345
Jul	-0.00276
Agus	-0.15955
Sept	0.132627
Okt	-0.08523
Nov	0.647342
Des	0.050231

Prediksi debit bulanan pada januari tahun 2018 menggunakan Z_i dari debit hasil prediski 2017 adalah sebagai berikut:

$$Q_{jan} = 1.2305 + 0.8804(Q_{des} - 1.7052) + z_i 0.76355 \sqrt{(1 - 0.74283^2)} = 1.8789$$

Perhitungan tersebut dilakukan untuk debit bulan selanjutnya hingga bulan Desember 2018 sehingga hasil peramalan debit sungai Cikeruh tahun 2018 adalah sebagai berikut:

Tabel 4. Hasil Peramalan Data Debit Sungai Cikeruh Tahun 2018

Bulan	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agus	Sept	Okt	Nov	Des
Q_{j+1}	1.8789	1.7986	3.0097	1.5893	1.461	0.9449	0.72	0.4569	0.4128	0.4615	1.2888	1.8228

Proses perhitungan deret waktu debit sungai Cikeruh melalui metode Thomas-Fiering dilakukan hingga mendapatkan hasil terbaik agar nilai peramalan mendekati nilai aktual karena perlu melakukan *generate* nilai acak berulang kali. Dari hasil perhitungan diatas selama tahun 2018 debit aliran sungai tertinggi berada pada bulan maret dan terendah pada bulan Juli.

3. HASIL PERHITUNGAN KETELITIAN METODE

Tabel 5. Nilai Mean Error Debit Sungai

Periode	Metode T-F	Nilai aktual	Mean Error
Jan	1.8789	1.7529	-0.1321
Feb	1.8439	1.7814	-0.0625
Mar	3.1037	3.5487	0.445
Apr	1.7144	2.5013	0.7869
Mei	1.5057	1.2897	-0.216
Jun	0.9537	0.775	-0.1787

Jul	0.7201	0.6519	-0.0682
Agt	0.4674	0.4955	0.0281
Sep	0.4195	0.4687	0.0492
Agt	0.4619	0.4668	0.0049
Nov	1.2612	1.214	-0.0472
Des	1.7919	1.531	-0.2609
			0.0291

Untuk melakukan verifikasi kecocokan metode dan data dalam penelitian ini digunakan ukuran kebaikan pengukuran, yaitu *Mean Error* antara data hasil peramalan dengan data aktualnya melalui perhitungan telah diketahui bahwa Debit aliran sungai memiliki nilai *Mean Error* 0.0291.

D. Kesimpulan

Berdasarkan hasil pembahasan pada bab sebelumnya dapat disimpulkan metode Thomas-Fiering dapat meramalkan data debit aliran sungai Cikeruh dengan ketelitian perhitung sebesar 0.0291. Dari hasil perhitungan di atas selama tahun 2018 debit aliran sungai tertinggi berada pada bulan Maret dan terendah pada bulan Juli.

Daftar Pustaka

- W. Hatmoko dan K. Dipl, "Peramalan debit aliran sungai," dalam *Pedoman Kontruksi dan Bandunan*, Pusat Penelitian dan Pengembangan Sumber Daya Air, Badan Penelitian dan Pengembangan, Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah, 2004, p. 13.
- J. H. & D. Wichers, *Business Forecasting Eight Edition*, New Jersey: Pearson Pretice hall, 2005.
- W. Marsh, *Landscape Planning Environmental Applications*, New York: John Wiley, 1991.
- C. Soemarto, *Hidrologi Teknik*, Surabaya: Usaha Nasional, 1987.
- R. Clarke, *Mathematical Models In Hydrology*, Rome: FAO of The United Nations, 1973.
- J. Suryanto1, "PERBANDINGAN KINERJA MODEL ARIMA DAN THOMAS-FIERING DALAM MEMPREDIKSI DEBIT SUNGAI LONING, MAGELANG," *Jurnal AGIFOR*, vol. XV, 2016.