



MODEL NON LINEAR KEJADIAN CURAH HUJAN EKSTRIM DI KOTA PALU MENGGUNAKAN PROGRAM JAVA

Sitti Nurrahmi¹, Dedy Farhamsa², dan Iqbal²

¹*Jurusan Fisika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Alauddin Makassar*

²*Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Tadulako, Palu*

email: sitti.nurrahmi@uin-alauddin.ac.id

INFO ARTIKEL

Status artikel:

Diterima: 13 Juni 2020

Disetujui: 29 Juni 2020

Tersedia online: 30 Juni
2020

Keywords: Rainfall

Models, Extreme Rainfall

Event, Jawa

Programming.

ABSTRACT

Weathers and climates are the main factors that affected the various activities of life. The increasing of human activity has made the change in environment biophysics components, which are major contributors about climate change. The most important of the climate change process are the emergence of extreme events, for example extreme rainfall events, that the rainfall have more than 50 mm intensity / day. To know characteristic of climate change occur, needed a model that represented the rainfall data in various meteorology station. Based on it, author make a modeling the extreme rainfall in Palu city using Java programming. The results of the extreme rainfall events that predictions in 10 years using software models and Java programming, in Palu city with using fourier series function order 5 with *RSquire* value 0,79, predicted the extreme rainfall will likely increase every year with the highest event are 2 times/years. The prediction was featuring the precise value with the real data. So, we can conclude that the extreme rainfall model tends to be accurate and can be used to predict the extreme rainfall in Palu city and in other cities .

1. PENDAHULUAN

Cuaca dan iklim merupakan faktor utama yang sangat berpengaruh terhadap berbagai aktifitas kehidupan. Aktifitas manusia yang makin meningkat menjadikan timbulnya perubahan pada komponen biofisik lingkungan, seperti peningkatan konsentrasi gas-gas rumah kaca di atmosfer, yang merupakan penyumbang utama terjadinya pemanasan dan perubahan iklim.

Akibat yang paling penting dari proses perubahan iklim adalah timbulnya peristiwa ekstrim. Pada umumnya timbulnya peristiwa ekstrim diasosiasikan dengan terjadinya

penyimpangan iklim yaitu suatu penyimpangan cuaca dan iklim dari kondisi umum atau reratanya dalam selang waktu tertentu. Salah satu yang termasuk penyimpangan cuaca dan iklim adalah curah hujan ekstrim, yaitu curah hujan yang mempunyai intensitas dalam 1 hari >50 mm. Curah hujan ekstrim merupakan salah satu data yang penting sebagai pertimbangan dalam desain infrastruktur.

Untuk mengetahui karakteristik perubahan iklim yang terjadi, dibutuhkan sebuah model yang dapat mewakili data-data curah hujan di berbagai stasiun Meteorologi. Karena model merupakan tiruan dari suatu proses alam yang dituangkan kedalam bahasa matematika, fisika dan bahasa komputer, maka model akan menjadi lebih baik bila dibuat mendekati fenomena-fenomena yang terjadi di alam yang sangat berpengaruh terhadap sistem yang akan dikaji. Sehingga dengan model tersebut para peneliti dapat memprediksi perilaku curah hujan di masa akan datang dengan mengikuti data di masa lalu. Sehingga penulis membuat suatu penelitian terkait pemodelan kejadian curah hujan ekstrim . Sebagai contoh, (Farhamsa, 2008) telah melakukan studi kasus untuk pemakaian perangkat lunak Sistem Pemodelan Perubahan Iklim. Akibat dari pola cuaca yang semakin tidak stabil, dengan membuat sebuah model dengan metode *Non-Linier Least Square* dan *Fast Fourier Transform* (FFT). Metode *Least Square* digunakan untuk mencari kurva terbaik yang dapat memproyeksikan perubahan data cuaca yang terjadi dalam beberapa tahun terakhir, sedangkan metode FFT digunakan untuk mencari sifat berulangnya suatu *trend* anomali cuaca. Namun, data curah hujan yang tersedia di Indonesia tergolong masih sedikit dengan wilayahnya yang sangat luas. Memodelkan fungsi non-linier seperti ini tidaklah mudah. Oleh karena itu, dibutuhkan perangkat yang dapat menghasilkan model yang paling sesuai dengan memilih metode yang mempunyai faktor error terkecil, yaitu dengan menggunakan metode *Non-Linier Least Square* dengan pemrograman Java.

Bahasa pemrograman java merupakan salah satu dari sekian banyak bahasa pemrograman yang dapat dijalankan di berbagai sistem operasi komputer termasuk telepon genggam. Bahasa pemrograman ini pertama kali dibuat oleh James Gosling saat masih bergabung Sun Microsystems. Bahasa pemrograman ini merupakan pengembangan dari bahasa C++ karena banyak mengadopsi sintak C dan C++. Saat ini Java merupakan bahasa pemrograman yang paling populer digunakan. Kelebihan Java dari bahasa pemrograman yang lain adalah bisa dijalankan diberbagai jenis sistem operasi sehingga dikenal juga bahasa pemrograman *multiplatform*, bersifat pemrograman berorientasi *object* (PBO), memiliki *library* yang lengkap.

Pada persamaan *non-linier*, model bergantung pada beberapa parameter yang tidak diketahui a_k , dimana $k = 0, 1, \dots, m$. Bentuk umum persamaan non-linier adalah

$$y = y(x; a_0, a_1, \dots, a_m) \text{ atau } y = y(x; \mathbf{a}) \quad (1)$$

Pada sistem model curah hujan ekstrim yang akan dibangun, Persamaan (1) dikembangkan menjadi beberapa persamaan *non-linier* sebagai *library* model sistem. Fungsi *chi-square* untuk persamaan *non-linier* ini adalah

$$\chi^2(\mathbf{a}) = \sum_{i=0}^n \left[\frac{y_i - y(x_i; \mathbf{a})}{\sigma_i} \right]^2 \tag{2}$$

Gradient χ^2 yang berhubungan dengan parameter \mathbf{a} diasumsikan bernilai 0 pada saat total selisih antara $y_i - y(x_i; \mathbf{a})$ minimum

$$\frac{\partial \chi^2}{\partial a_k} = -2 \sum_{i=0}^n \frac{[y_i - y(x_i; \mathbf{a})]}{\sigma_i^2} \frac{\partial y(x_i; \mathbf{a})}{\partial a_k} \text{ dimana } k = 0, 1, \dots, m \tag{3}$$

dengan mendiferensialkannya kembali, didapat

$$\frac{\partial^2 \chi^2}{\partial a_k \partial a_l} = -2 \sum_{i=0}^n \frac{1}{\sigma_i^2} \left[\frac{\partial y(x_i; \mathbf{a})}{\partial a_k} \frac{\partial y(x_i; \mathbf{a})}{\partial a_l} - [y_i - y(x_i; \mathbf{a})] \frac{\partial^2 y(x_i; \mathbf{a})}{\partial a_k \partial a_l} \right] \tag{4}$$

Persamaan (4) disebut Hessian untuk $\chi^2(\mathbf{a})$ yang apabila ditulis dalam bentuk matrix menjadi :

$$\nabla^2 \chi^2(\mathbf{a}) = 2\mathbf{J}_{(\mathbf{a})}^T \mathbf{J}_{(\mathbf{a})} + \mathbf{Q}_{(\mathbf{a})} \tag{5}$$

dimana $\mathbf{J}_{(\mathbf{a})}$ adalah matrix Jacobian

$$\begin{pmatrix} \frac{\partial y(x_1; \mathbf{a})}{\partial a_1} & \dots & \frac{\partial y(x_n; \mathbf{a})}{\partial a_1} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ \frac{\partial y(x_n; \mathbf{a})}{\partial a_n} & \dots & \frac{\partial y(x_n; \mathbf{a})}{\partial a_n} \end{pmatrix}$$

dan

$$\mathbf{Q}_{(\mathbf{a})} = 2 \sum_{i=0}^n [y_i - y(x_i; \mathbf{a})] \frac{\partial^2 y(x_i; \mathbf{a})}{\partial a_k \partial a_l} \tag{6}$$

Dalam metode Gauss-Newton untuk menyelesaikan permasalahan model *non-linier*, suku $\mathbf{Q}_{(\mathbf{a})}$ dapat diabaikan karena menganggap $\chi^2(\mathbf{a})$ bernilai kecil untuk mengestimasi nilai optimal dari parameter \mathbf{a} . Namun pendekatan ini menjadi tidak akurat apabila nilai $\chi^2(\mathbf{a})$ besar.

2. METODE PENELITIAN

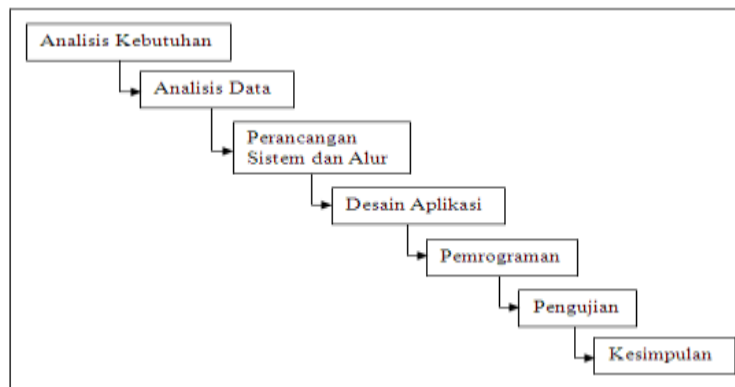
Metode penelitian yang digunakan yaitu rancang bangun perangkat lunak menggunakan metode *waterfall*. Metode *waterfall* merupakan model pengembangan sistem informasi yang sistematis dan sekuensial.

2.1 Data Penelitian

Data penelitian yang digunakan berupa data sekunder curah hujan harian dari stasiun Meteorologi BMKG Mutiara Palu mulai dari tanggal 11 Januari 1990 sampai dengan 31 Desember 2019. Data penelitian ini tersedia secara gratis dan dapat di-*download* pada situs operasional NOAA melalui <http://www7.ncdc.noaa.gov/CDO/mapproduct>.

2.2 Prosedur Penelitian

Ada 7 tahap dalam metode waterfall, antara lain Analisis Kebutuhan, Analisis Data, Perancangan Sistem dan Alur, Desain Aplikasi, Pemrograman, Pengujian, dan Kesimpulan. Sesuai dengan namanya *waterfall* (air terjun) maka tahapan dalam model ini disusun bertingkat, setiap tahap dalam model ini dilakukan berurutan, satu sebelum yang lainnya (Gambar 1). Selain itu dari 1 tahap kita dapat kembali ke tahap sebelumnya.



Gambar 1. Metode *Waterfall*

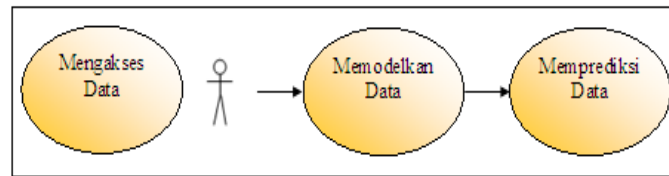
Berikut ini penjelasan tentang masing-masing tahap dalam metode *waterfall* :

1. Analisis Kebutuhan

Pada tahap ini dilakukan analisis-analisis yang berkaitan dengan kebutuhan *user* dalam menghasilkan model curah hujan ekstrim. Kebutuhan yang umumnya diinginkan oleh *user* peneliti adalah terciptanya sebuah perangkat lunak yang dapat mempermudah pembuatan model *non-linier* dengan berbagai pilihan fungsi *non-linier* yang diinginkan. Selain itu, perangkat lunak harus bersifat *user friendly* dan *performance* kerja yang cepat.

2. Analisis Data

Pada tahap ini dicari fungsi-fungsi yang cocok untuk memodelkan data curah hujan ekstrim. Fungsi-fungsi ini kemudian akan dijadikan *curva fitting* untuk memprediksi data model curah hujan ekstrim. Adapun fungsi-fungsi yang akan dijadikan objek dalam program ini adalah fungsi Polinomial, Eksponensial, Gaussian, dan *Fourier Series*. Di tahap ini pula digunakan persamaan 1 sampai 5 pada bagian pendahuluan digunakan.



Gambar 2. Diagram analisis data

3. Perancangan Sistem dan Alur

Dalam perancangan sistem, akan dihasilkan diagram alur data berupa diagram hubungan antar entitas dan *flowchart* algoritma program.

4. Desain Aplikasi

Dalam tahap ini, keseluruhan analisis dan alur yang telah diperoleh dari tahap sebelumnya direalisasikan dalam bentuk rancangan sistem berbasis komputer. Di tahap ini juga dapat diketahui bagian-bagian yang akan menjadi tampilan/*interface* ataupun yang akan menjadi sistem yang tidak akan ditampilkan. Di tahap ini dirancang desain tampilan. Desain tampilan menjadi sangat penting karena menentukan apakah perangkat lunak ini menarik, *simple*/mudah atau bersifat *user friendly*. Adapun desain aplikasi model curah hujan ekstrem dapat dilihat pada gambar 3. Pada tahap ini juga dibuat kelas-kelas yang berkaitan dengan penelitian ini, sehingga pengguna aplikasi dapat mengolah data dengan aplikasi tersebut agar menghasilkan model yang optimal.

5. Pemrograman

Pada tahap pemrograman/implementasi, dilakukan pemrograman terhadap semua kelas yang telah dibuat pada tahap sebelumnya dengan menggunakan program java JDK 6 dan JRE 5 dengan *compiler* NetBeans IDE 6.8.

6. Pengujian

Pengujian dalam pengembangan perangkat lunak ini bersifat *white box*, dimana pengujian dilakukan secara berkala setiap kali sebuah kelas selesai diprogram. *Error* akan segera diperbaiki apabila ditemukan perbedaan antara *output* yang dihasilkan oleh kelas dengan perhitungan manual.

7. Kesimpulan

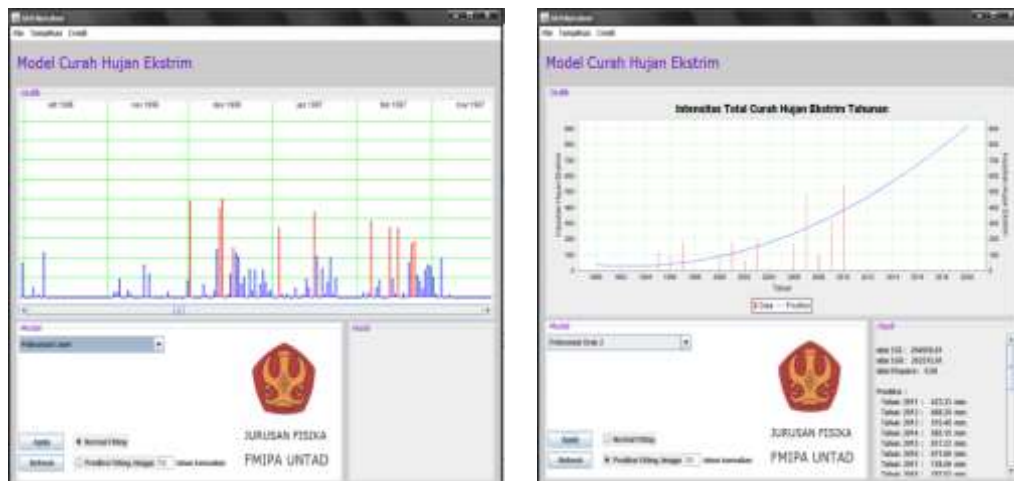
Tahap ini merupakan tahap penggunaan perangkat lunak disertai dengan perawatan dan perbaikan jika masih terdapat kerusakan (*error*).



Gambar 3. Desain aplikasi atau rancangan antarmuka

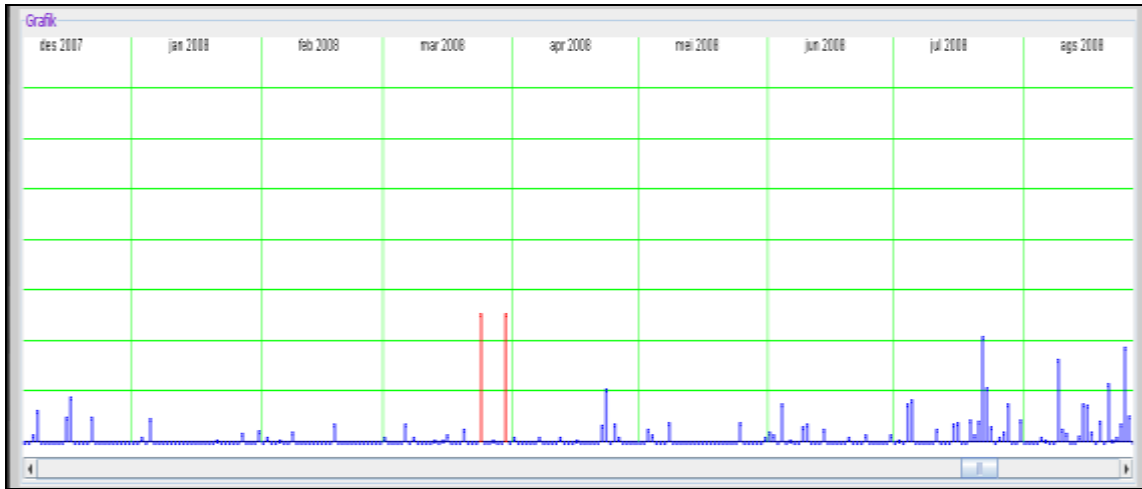
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Dalam pembuatan perangkat lunak ini, tahap pertama yang dilakukan adalah analisa data awal, dimana data awal yang digunakan yaitu berupa data intensitas curah hujan harian dari stasiun Meteorologi Mutiara Palu. Adapun contoh hasil *interface* perangkat lunak model curah hujan ekstrim dapat dilihat pada gambar 4 berikut.



Gambar 4. Contoh hasil *interface* perangkat lunak model curah hujan ekstrim

Adapun hasil model data intensitas curah hujan harian di Daerah Palu dapat dilihat pada gambar 5 berikut.



Gambar 5. Grafik intensitas curah hujan harian di Kota Palu

Satu grid pada sumbu-y, mewakili data intensitas curah hujan sebesar 20 mm. Dari gambar 5, terlihat 2 warna bar untuk mewakili data intensitas curah hujan. Seperti yang telah dijelaskan, hujan ekstrim adalah curah hujan yang mempunyai intensitas > 50 mm/hari. Sehingga dalam pemodelan data intensitas curah hujan ini, bar yang berwarna biru merupakan nilai intensitas curah hujan ≤ 50 mm/hari, sedangkan bar yang berwarna merah merupakan nilai intensitas curah hujan > 50 mm/hari yang merupakan hujan ekstrim. Sehingga dari grafik dapat dibedakan antara data yang termasuk hujan ekstrim dengan data yang termasuk hujan biasa.

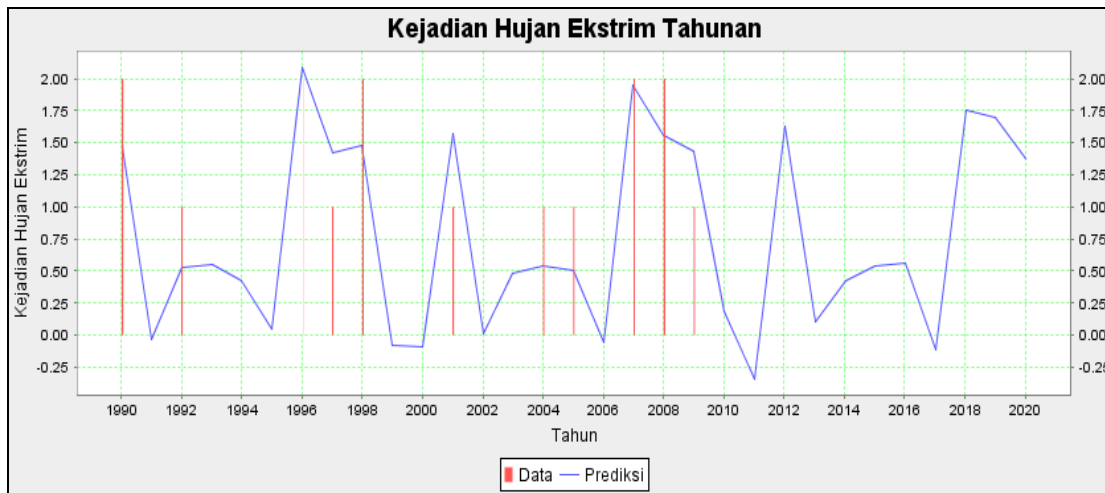
Data kejadian hujan ekstrim tahunan yang diperoleh, dimodelkan dengan menggunakan fungsi-fungsi yang telah dibuat, berdasarkan analisis *non-linier least square*. Seberapa baik model bersesuaian dengan data dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1. Daftar fungsi dan nilai *RSquare* untuk memodelkan data kejadian hujan ekstrim tahunan

No.	Fungsi	Orde	<i>RSquare</i>
1	Polinomial	1	0
2		2	0,02
3		3	0,05
4		4	0,05
5		5	0,45
6	Exponensial	1	0
7		2	0,15
8	Gaussian	1	0
9		2	0,15

10		1	0,34
11		2	0,35
12	Fourier Series	3	0,54
13		4	0,66
14		5	0,79

Untuk Kota Palu, nilai *RSquare* tertinggi dihasilkan oleh fungsi *Fourier Series* orde 5 sebesar 0,79. Nilai *RSquare* ini mewakili nilai korelasi antara model dengan data yang digunakan. Nilai *RSquare* berkisar antara 0 sampai 1. Apabila nilai *RSquare* mendekati 1, menandakan bahwa model dapat bersesuaian secara baik dengan data yang dianalisis. Apabila *RSquare* yang dihasilkan 0,72, berarti 72% model tersebut dapat bersesuaian dengan data yang digunakan. Sehingga untuk Kota Palu, korelasi tertingginya sebesar 79%.



Gambar 6. Data kejadian curah hujan ekstrim tahunan Kota Palu (batang merah) dengan menggunakan model fungsi Fourier Series orde 5 (garis biru).

Dari gambar 6, terlihat bahwa data kejadian curah hujan ekstrim di Kota Palu tidak terjadi setiap tahunnya. Pada tahun 1992, 1997, 2001, 2004, 2005, dan 2009, kejadian curah hujan ekstrim terjadi sebanyak 1 kali. Kejadian curah hujan ekstrim tertinggi terjadi hanya sebanyak 2 kali dalam setahunnya yaitu pada tahun 1990, 1996, 1998, 2007, dan 2008, selebihnya tidak terjadi kejadian curah hujan ekstrim.

Penelitian mengenai pemodelan perubahan iklim juga pernah dilakukan oleh Dedy Farhamsah dengan judul Pemodelan Perubahan Iklim dengan Metode *Least Square Non-Linier* dan *Fast Fourier Transform*, hasil yang diperoleh yaitu curah hujan bersifat periodik tiap tahunnya dan fungsi Deret Fourier dapat menangani data periodik tersebut. Kurva yang dihasilkan oleh fungsi ini juga dapat merefleksikan pola murni curah hujan tahunan sepanjang pengukuran data yang terjadi. Dengan kata lain, apabila sepanjang tahun cuaca di

lokasi tersebut tidak mengalami gangguan dari faktor manapun, maka pola curah hujannya mendekati model fungsi Deret Fourier dengan orde dan frekuensi tertentu. Hasil ini bersesuaian dengan yang diperoleh penulis bahwa *trend* kejadian curah hujan ekstrim di kota Palu dengan kejadian tertinggi sebanyak 2 kali setahun.

Dalam memilih model fungsi terbaik, tidak hanya dilihat dari seberapa besar model mampu bersesuaian dengan data, tetapi juga dilihat nilai prediksi yang dihasilkan untuk kejadian curah hujan ekstrim beberapa tahun kedepannya, prediksi tersebut dapat diterima oleh akal atau tidak. Adapun nilai-nilai prediksi yang dihasilkan oleh model terbaik di Kota Palu, Makassar, dan Gorontalo dapat dilihat pada tabel 2.

Tabel 2. Prediksi kejadian curah hujan ekstrim tahunan di Kota Palu dengan menggunakan model terbaik

No.	Tahun Prediksi	Prediksi Kejadian Curah Hujan Ekstrim	Kejadian Curah Hujan Ekstrim Sebenarnya
1	2011	0	2
2	2012	2	1
3	2013	0	0
4	2014	0	0
5	2015	0	0
6	2016	1	1
7	2017	0	0
8	2018	2	0
9	2019	2	1

Berdasarkan tabel 2 dapat dilihat bahwa kesesuaian antara model dengan data sebenarnya hampir dikatakan sempurna karena perbedaan data yang diperoleh tidak jauh berbeda, bahkan ada yang menampilkan nilai yang sama. Sehingga, dapat disimpulkan bahwa model kejadian hujan ekstrim ini cenderung akurat dan dapat digunakan untuk memprediksi kejadian hujan ekstrim di Kota Palu maupun di kota-kota lainnya.

4. SIMPULAN

Hasil prediksi kejadian hujan ekstrim selama 10 tahun dengan menggunakan perangkat lunak model curah hujan ekstrim dengan Program Java, untuk Kota Palu dengan menggunakan model fungsi *Fourier Series* orde 5, dengan nilai *RSquare* 0,79 diprediksi kejadian hujan ekstrim akan cenderung meningkat setiap tahunnya dengan kejadian tertinggi sebanyak 2 kali kejadian. Prediksi ini menampilkan nilai yang hampir akurat dengan data yang sebenarnya. Sehingga, dapat disimpulkan bahwa model kejadian hujan ekstrim ini cenderung akurat dan dapat digunakan untuk memprediksi kejadian hujan ekstrim di Kota Palu maupun di kota-kota lainnya.

5. DAFTAR PUSTAKA

- Aster, R. C., Borchers, B., Clifford, T. H. (2018). *Parameter Estimation and Inverse Problems*. Elsevier Academic Press.
- Cheng, L., AghaKouchaka, A. (2014). *Nonstationary Precipitation Intensity Duration-Frequency Curves for Infrastructure Design in a Changing Climate*. *Scientific Reports*. 2014; 4: 7093. Page. 1-6. Published online 2014 Nov 18. DOI: 10.1038/srep07093.
- Fridayanthie, E.W. dkk., (2016). Rancang bangun sistem informasi simpan pinjam karyawan menggunakan metode object oriented programming (studi kasus: pt. Arta buana sakti tangerang). *Jurnal Techno Nusa Mandiri*, Vol. XIII, No. 2 September 2016.
- Sasmito, Ginanjar Wiro. (2017). Penerapan Metode *Waterfall* Pada Desain Sistem Informasi Geografis Industri Kabupaten Tegal. *Jurnal Informatika: Jurnal Pengembangan IT (JPIT)*, Vol. 2, No. 1, Januari 2017, ISSN: 2477-5126 e-ISSN: 2548-9356.
- Supari, Sudibyakto, Ettema, J., Aldrian, E., (2012). *Spatiotemporal Characteristics Of Extreme Rainfall Events Over Java Island, Indonesia*. *The Indonesian Journal of Geography*. Vol. 44. No1. Page. 62-86. DOI: 10.22146/indo.j.geog,2391.