



Estimasi Parameter Model Curah Hujan Menggunakan *Particle Swarm Optimization* (PSO): Studi Kasus Ketapang dan Melawi

Nahriyatunnur Hidayatus Solihah¹⁾, Muliadi¹⁾, Arie Antasari Kushadiwijayanto^{2*)}

¹⁾Jurusan Fisika -FMIPA Universitas Tanjungpura

²⁾Jurusan Ilmu Kelautan -FMIPA Universitas Tanjungpura

^{*)}Email korespondensi: arie.antasari.k@fmipa.untan.ac.id

ABSTRAK—Kalimantan Barat memiliki pola hujan unik yaitu pola hujan ekuatorial dan monsun. Kabupaten Ketapang dan Melawi merupakan daerah yang berada dalam pola hujan peralihan monsun-ekuatorial sehingga sulit untuk diprediksi. Pada penelitian ini, Deret *Fourier* termodifikasi orde 1 sampai 20 telah digunakan untuk memodelkan curah hujan di kedua daerah tersebut. Parameter model dari masing-masing orde dicari menggunakan Algoritma *Particle Swarm Optimization* (PSO). Masing-masing orde dievaluasi menggunakan data curah hujan dari tahun 1985 sampai 2012 sehingga didapatkan model terbaik. Parameter model tersebut selanjutnya diperbaiki menggunakan PSO dan data tahun 2013 sampai 2014. Uji model dilakukan dengan cara memprediksi curah hujan di tahun 2015 sampai 2016 menggunakan parameter model yang telah diperbaiki dan hasilnya dibandingkan dengan data pada tahun yang sama. Dari hasil penelitian didapatkan bahwa model curah hujan terbaik di Ketapang adalah Deret *Fourier* Orde 3 (DFO3), dan di Melawi adalah Deret *Fourier* Orde 2 (DFO2). Indeks korelasi kedua model tersebut dinilai baik setelah dilakukan perbaikan parameter yaitu 0,79 untuk daerah Ketapang, dan 0,74 di daerah Melawi. Hasil uji prediksi curah hujan di kedua daerah ini memiliki kecocokan pola dengan data pengamatan, dengan indeks korelasi di masing-masing daerah adalah 0,68 dan 0,67. Kesimpulannya, kedua model tersebut dapat dengan baik memodelkan pola hujan di kedua daerah ini. Meskipun demikian, model DFO2 kurang baik memperkirakan curah hujan di bulan Desember-April, dimana bulan tersebut memiliki curah hujan ekstrim.

KEYWORD: *Deret Fourier Termodifikasi, Ketapang, Melawi, Particle Swarm Optimization, Prediksi Curah Hujan*

I. PENDAHULUAN

Kalimantan Barat (Kal-bar) merupakan provinsi yang memiliki pola curah hujan unik karena dipengaruhi oleh monsun, IOD, ENSO, dan iklim ekuatorial (Yuggotomo and Ihwan 2014; BMKG 2014). Secara umum pola hujan di Kal-bar adalah pola ekuatorial kecuali di bagian Selatan Kal-bar, Kabupaten Ketapang (BMKG 2014). Pola hujan ekuatorial yang dipengaruhi monsun menyebabkan curah hujan di provinsi ini sulit untuk diprediksi.

Berbagai model matematik digunakan untuk memodelkan curah hujan sehingga akan berguna dalam kepentingan prediksi. Prediksi curah hujan yang akurat akan membantu pembangunan bidang pertanian, mitigasi bencana (seperti banjir dan tanah longsor), dan

manajemen pengelolaan air. Model curah hujan menggunakan *Autoregressive Integrated Moving Average* (ARIMA) telah dicoba oleh Lusiani and Habinuddin (2011), Factmawati *et al.* (2014), dan Mukid and Sugito (2013). Selain ARIMA, *Quadratic-Hill Climbing* (Anggraini *et al.* 2014), dan metode *Newton Raphson* (Nurfarahin *et al.* 2014) juga telah diterapkan untuk memodelkan curah hujan. Di Kal-bar, model yang sering digunakan untuk studi model curah hujan adalah persamaan matematik yang berasal dari Deret *Fourier* (Anggraini *et al.* 2014; Nurfarahin 2014, Arman 2012, Ihwan 2012). Model ini dianggap dapat mewakili pola hujan di Kal-bar yang fluktuatif.

Akurasi suatu model prediksi curah hujan ditentukan oleh model matematik dan

ketepatan nilai koefisien yang digunakan. Dalam penelitian ini, koefisien-koefisien tersebut diperkenalkan sebagai parameter model. Nilai parameter model tersebut dapat dicari secara analitik maupun secara acak. Pada model matematik tak linier, pencarian nilai parameter model merupakan permasalahan tersendiri (Arman 2012). Penentuan nilai parameter model yang tepat akan memberikan hasil yang tepat terhadap keluaran model.

Model curah hujan biasanya dinyatakan dalam sistem persamaan tak linier (Arman 2012; Ihwan 2012; Nurfarahin 2014; Anggraini 2014). Pencarian parameter pada sistem tersebut biasanya dilakukan dengan metode iterasi seperti pencarian terstruktur/sistematis, dan pencarian secara acak (Grandis 2009). Metode metropolis, *Simulated Annealing* (SA), Algoritma Genetik, dan *Particle Swarm Optimization* (PSO) merupakan metode pencarian acak yang sering digunakan untuk mencari parameter dari sistem persamaan tak linier tersebut.

PSO telah banyak digunakan untuk pencarian parameter model tak linier. Mauliana (2016), dan Ary (2017) menggunakan PSO untuk menentukan parameter model banjir. Nurmahaludin (2013) menggunakan PSO sebagai bagian dari algoritma kecerdasan buatan. PSO juga telah digunakan dalam riset model curah hujan oleh Factmawati *et al.* (2014).

Penelitian ini bertujuan menerapkan PSO untuk mencari parameter model curah hujan di Kal-bar khususnya Ketapang dan Melawi. Dimana pada studi sebelumnya, parameter model dicari menggunakan SA (Arman 2012). Sedangkan Deret *Fourier* digunakan sebagai model curah hujan Kal-bar karena dianggap mewakili kondisi pola hujan di daerah kajian berdasar studi sebelumnya (Anggraini 2014; Nurfarahin 2014; Arman 2012; Ihwan 2012).

II. METODE PENELITIAN

2.1 Data dan Model Matematik

Daerah kajian dalam penelitian ini

adalah Kabupaten Ketapang dan Melawi Provinsi Kalimantan Barat, Gambar 1. Data curah hujan bulanan yang digunakan adalah dari tahun 1985 sampai tahun 2016. Dimana data tahun 1985 sampai 2012 diperoleh dari laman resmi BMKG, dataonline.bmkg.ac.id, sedangkan data tahun 2013 sampai 2016 diperoleh dari Stasiun Klimatologi Siantan Kalimantan Barat. Data tersebut digunakan sebagai masukan dalam proses pencarian parameter, perbaikan model, dan data pembandingan hasil model. Pencarian orde dan estimasi parameter model menggunakan data dari tahun 1985 sampai 2012. Perbaikan parameter model menggunakan data curah hujan tahun 2013 dan 2014. Selanjutnya, data tahun 2015 dan 2016 digunakan untuk pembandingan dalam uji hasil model prediksi curah hujan.



Gambar 1. Peta Daerah Kajian (Ketapang dan Melawi) ditandai dengan warna kuning

Deret *Fourier* termodifikasi (Persamaan (1)) digunakan sebagai model matematik dalam penelitian ini dengan, n merupakan nomor suku, A_n adalah amplitudo (tinggi curah hujan dalam milimeter) pada setiap suku, ω adalah frekuensi sudut, f adalah frekuensi, t menunjukkan indeks waktu dalam bulan dan φ_n menunjukkan fase pada setiap suku. Curah hujan selau bernilai positif sehingga Pers. (1) harus menghasilkan nilai positif. Parameter model pada Persamaan (1) seperti A_n , f dan φ_n dicari menggunakan algoritma PSO.

$$F(x) = \left| \sum A_n \cos(n\omega t + \varphi_n) \right| \quad (1)$$

dengan

$$\omega = 2\pi f \quad (2)$$

2.2 Particle Swarm Optimization

Algoritma PSO merupakan metode optimisasi yang dilakukan secara acak. Algoritma ini terinspirasi dari pola dan tingkah laku migrasi burung. Solusi dari algoritma ini didapatkan dengan cara memperkenalkan populasi partikel yang dianggap sebagai tebakan solusi. Kemudian, masing-masing partikel dievaluasi. Konvergensi terhadap solusi yang diharapkan akan tercapai berdasarkan pengalaman terbaik dari satu individu (*individual best*) dan pengalaman kelompok (*global best*). Algoritma PSO dimulai dengan memperkenalkan masing-masing parameter model pada Persamaan (1) satu populasi dan nilainya ditentukan secara acak menggunakan Persamaan (3).

$$x_i = x_o + rand(x_t - x_o) \quad (3)$$

dengan x_i adalah parameter model individu ke i , x_o merupakan dugaan batas bawah parameter model dan x_t merupakan dugaan batas atas parameter model.

Parameter yang telah didefinisikan selanjutnya akan dimodelkan menggunakan Persamaan (1). Hasil model dievaluasi sehingga didapatkan nilai *global best* dan *individual best*. Berdasarkan kedua nilai tersebut, maka perubahan/*update* parameter dapat dilakukan menggunakan persamaan berikut (Kennedy and Eberhart 1995):

$$V_i(t) = V_i(t-1) + c_1 r_1 (X_i^L - X_i(t-1)) + \dots + c_2 r_2 (X^G - X_i(t-1)) \quad (4)$$

dan

$$X_i(t) = V_i(t) + X_i(t-1) \quad (5)$$

dengan V_i adalah perpindahan individu, X_i adalah posisi partikel, x^L menyatakan lokal *best* ke- i , x^G adalah global *best*, c_1, c_2 adalah *learning factor* dan r_1, r_2 menyatakan bilangan random yang bernilai antara 0 sampai 1. Langkah dalam algoritma PSO ini diulangi berkali-kali sampai didapatkan hasil yang dianggap memuaskan.

2.3 Desain Penelitian

Penelitian ini memiliki tiga tahapan yaitu tahap pencarian orde dan estimasi parameter model, tahap peningkatan kualitas model, dan tahap uji coba (prediksi). Alur penelitian ditunjukkan pada Gambar 2.

Pencarian orde dan parameternya dilakukan untuk mendapatkan orde deret yang paling optimum dalam memodelkan curah hujan. Orde Deret *Fourier* 1 sampai 20 dievaluasi, dan orde terbaik akan digunakan sebagai model prediksi hujan. Parameter model setiap orde dicari menggunakan PSO. Evaluasi kecocokan data curah hujan dari tahun 1985 sampai 2012 digunakan sebagai masukan pada tahap ini. Evaluasi kecocokan/*fitness* ditentukan berdasarkan nilai galat akar rata-rata kuadrat/ *Root Mean Square Error* (RMSE) dan indeks korelasi menggunakan Persamaan (6).

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum (D_{cal} - D_{obs})^2} \quad (6)$$

dan

$$r = \sqrt{\frac{D_t^2 - D^2}{D_t^2}} \quad (7)$$

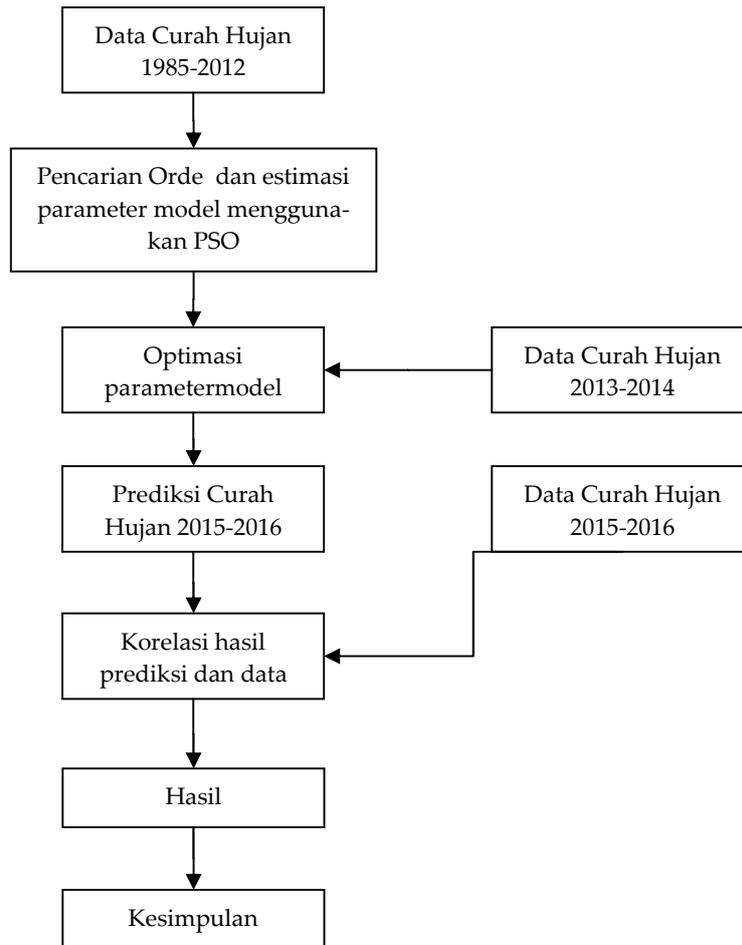
$$D_t^2 = \sum (D_{obs} - \overline{D_{obs}})^2 \quad (8)$$

$$D^2 = \sum (D_{obs} - D_{cal})^2 \quad (9)$$

dimana D_{cal} adalah data hasil model, D_{obs} data pengamatan, r adalah indeks korelasi. Deret dengan orde yang memiliki RMSE terkecil dan indeks korelasi paling besar dipilih sebagai model karena dianggap baik (Nurfarahin *et al.* 2014).

Model terbaik selanjutnya diperbaiki dengan cara memperbaharui kembali parameter model menggunakan PSO. Data hujan tahun 2013 dan 2014 digunakan sebagai referensi untuk estimasi parameter model. Penggunaan data tersebut dilakukan dengan asumsi bahwa curah hujan 2013 dan 2014 memiliki kedekatan hubungan dengan curah hujan pada 2 tahun berikutnya (2015 dan 2016). Hasil estimasi parameter model yang telah diperbaharui digunakan untuk memprediksi curah hujan pada tahun 2015 dan 2016. Hasil prediksi kemudian dievaluasi

kecocokannya terhadap data pengamatan tahun 2015 sampai 2016.



Gambar 2. Bagan Alur Penelitian

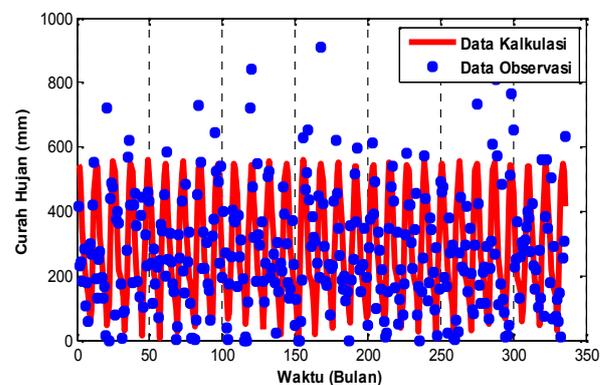
III. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Model Curah Hujan Ketapang

Hasil pecarian orde Deret *Fourier* optimum untuk memodelkan curah hujan Kabupaten Ketapang diperlihatkan pada Tabel 1. Model curah hujan terbaik diberikan oleh Deret *Fourier* orde 3 (DFO3) dengan indeks korelasi 0,58 dan RMSE 156 mm. Hasil model curah hujan dengan DFO3 ditunjukkan pada Gambar 3. Pada Gambar 3, hasil model ditunjukkan oleh grafik berwarna merah dan grafik dengan warna biru menunjukkan data pengukuran di lapangan. Beberapa data hujan ekstrim (> 600 mm) tidak mampu didekati oleh model ini.

Model DFO3 terpilih berdasarkan hasil evaluasi yang telah dilakukan. Nilai parameter model kemudian diperbaiki menggunakan data curah hujan 2013 sampai 2014. Hasil perbaikan diperlihatkan pada

Gambar 4(a). Indeks korelasi dan RMSE model yang telah diperbaiki masing-masing adalah 0,79 dan 82,71 mm. Pada tahap ini, model curah hujan telah berhasil diperbaiki sehingga indeks korelasinya meningkat dari 0,58 menjadi 0,79 dan RMSE berkurang dari 156 mm menjadi 82,71 mm.

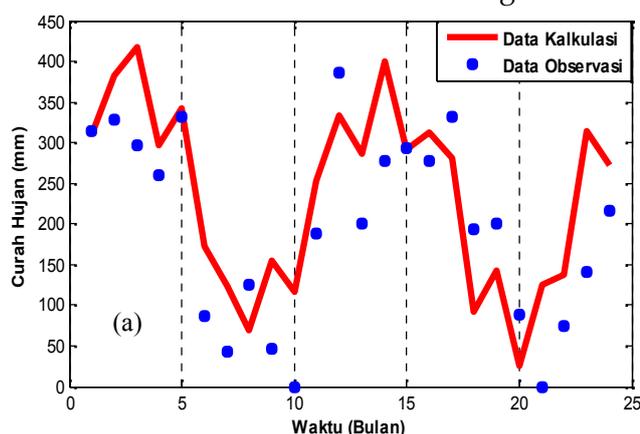


Gambar 3. Hasil model DFO3 terhadap data curah hujan Kabupaten Ketapang (1985-2012)

Tabel 1. Hasil Evaluasi Setiap Orde Deret Fourier untuk Pemodelan Curah Hujan Kabupaten Ketapang (1985-2012)

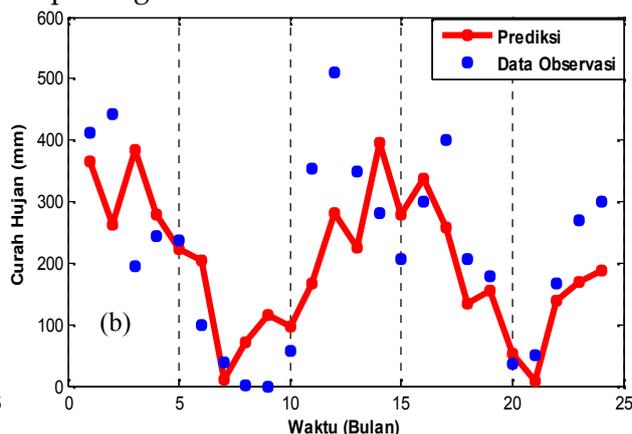
Orde	Korelasi	RMSE	Orde	Korelasi	RMSE
1	0,57	165	11	0,2	202
2	0,56	161	12	0,16	215
3	0,58	156	13	0,33	217
4	0,43	187	14	0,21	224
5	0,49	173	15	0,13	235
6	0,42	195	16	0,18	245
7	0,36	190	17	0,39	226
8	0,42	188	18	0,08	305
9	0,32	207	19	0,13	260
10	0,22	216	20	0,15	318

Parameter hasil perbaikan diperlihatkan dalam Tabel 2. Parameter tersebut digunakan



untuk prediksi curah hujan di dua tahun berikutnya guna melihat kemampuan model. Hasil prediksi diperlihatkan pada Gambar 4 (b). Indeks korelasi hasil prediksi terhadap data adalah 0,68 dan RMSE sebesar 107 mm.

Secara umum model DFO3 mampu mengikuti pola hujan di daerah ini. Meskipun demikian, model tersebut kurang mampu memberikan taksiran di bulan-bulan dengan curah hujan ekstrim seperti bulan November, Desember, dan Mei. Pengaruh monsun dapat teramati dengan jelas pada data hasil prediksi. Terjadi satu kali musim hujan dengan puncak tertinggi terjadi di Desember-Mei. Curah hujan rendah <100 mm hanya terjadi selama 4 bulan, hal tersebut mengindikasikan bahwa pengaruh ekuatorial masih memainkan peran penting di daerah ini.



Gambar 4. (a) Hasil perbaikan model DFO3 terhadap data curah hujan Kabupaten Ketapang (2013-2014), dan (b) Prediksi Curah Hujan Kabupaten Ketapang (2015-2016)

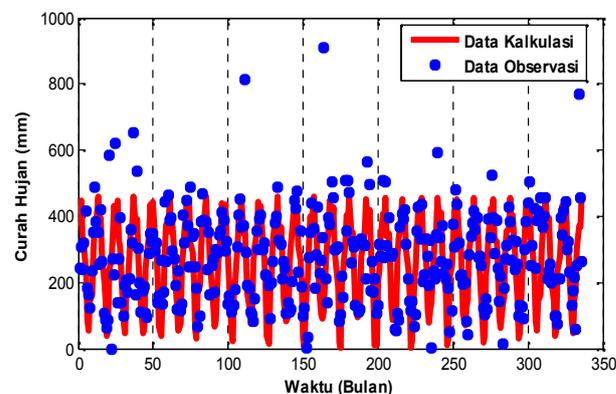
Tabel 2. Parameter model DFO3 yang telah diper-baiki.

Parameter model	Nilai	Parameter model	Nilai
f	0,54	φ_1	334,22°
A_1	314,32	φ_2	146,77°
A_2	70,01	φ_3	241,31°
A_3	25,12		

3.2 Model Curah Hujan Melawi

Hasil evaluasi seluruh orde Deret Fourier untuk Kabupaten Melawi ditunjukkan pada Tabel 3. Orde Deret Fourier yang paling optimum dari hasil pencarian adalah orde 2.

Indeks korelasi dan RMSE yang didapatkan menggunakan Deret Fourier orde 2 (DFO2) masing-masing adalah 0,68 dan 115 mm.

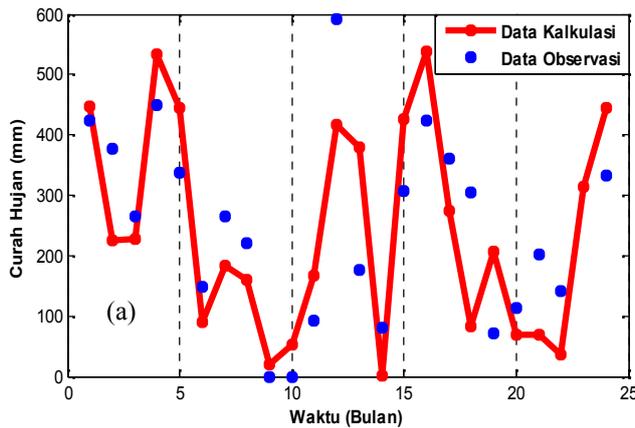


Gambar 5. Hasil model DFO2 terhadap data curah hujan Kabupaten Melawi (1985-2012)

Tabel 3. Hasil Evaluasi Setiap Orde Deret Fourier untuk Pemodelan Curah Hujan Kabupaten Melawi (1985-2012)

Orde	Korelasi	RMSE	Orde	Korelasi	RMSE
1	0,61	125	11	0,4	191
2	0,68	115	12	0,26	169
3	0,66	131	13	0,35	186
4	0,5	143	14	0,29	205
5	0,47	151	15	0,13	216
6	0,29	155	16	0,15	218
7	0,24	177	17	0,22	237
8	0,28	174	18	0,13	253
9	0,24	179	19	0,19	342
10	0,34	182	20	0,13	294

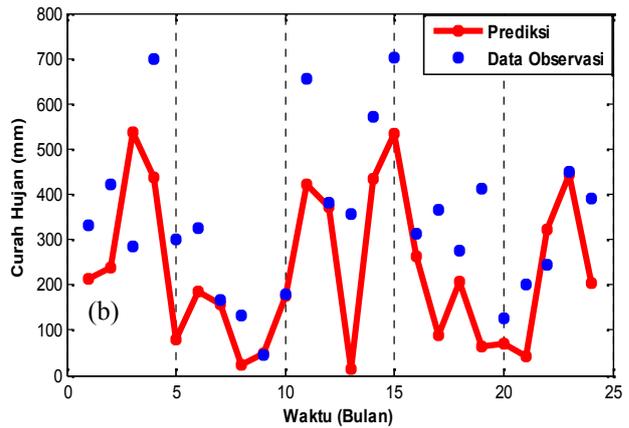
Model DFO2 ini terpilih menjadi model yang mewakili curah hujan di Kabupaten Melawi. Perbandingan model dan data



observasi diperlihatkan pada Gambar 6. Hasil model DFO2 terlihat tidak dapat menduplikasi data hujan yang > 500 mm.

Perbaikan nilai parameter model DFO2 mendapatkan nilai korelasi yang lebih baik yaitu 0,74. Sebaliknya, meskipun nilai korelasinya membaik namun RMSE menjadi 4 mm lebih tinggi dari sebelumnya yaitu 119 mm. Hasil model yang telah diperbaiki diperlihatkan pada Gambar 6 (a).

Parameter DFO2 yang telah diperbaiki digunakan untuk melakukan prediksi curah hujan selama 2 tahun berikutnya (Tabel 4). Hasil prediksi ditampilkan pada Gambar 6 (b). Indeks korelasi antara hasil model dan data pengamatan kedua tahun tersebut adalah 0,67. RMSE hasil model terhadap data pengamatannya adalah 177 mm. Pola hujan di wilayah ini sangat fluktuatif terutama pada bulan Desember - April.



Gambar 6. (a) Hasil perbaikan model DFO2 terhadap data curah hujan Kabupaten Melawi (2013-2014), dan (b) Prediksi Curah Hujan Kabupaten Melawi (2015-2016)

Tabel 4. Parameter model DFO2 yang telah diper- baiki.

Parameter model	Nilai	Parameter model	Nilai
ω	0,09	φ_1	336,02°
A_1	269,44	φ_2	78.24°
A_2	304,11		

IV. KESIMPULAN

Pola curah hujan Kabupaten Ketapang dan Melawi yang fluktuatif dapat didekati dengan DFO3 dan DFO2. Parameter model

DFO3 dan DFO2 telah berhasil dicari menggunakan PSO. Indeks Korelasi hasil perbaikan parameter model di kedua daerah ini mencapai 0,79 dan 0,74, dimana nilai tersebut menunjukkan bahwa model dianggap baik dalam mendekati data observasi. Kedua model tersebut juga mampu memodelkan pola curah hujan kedua wilayah tersebut 2 tahun kedepan dengan akurasi yang cukup baik. Indeks korelasi hasil prediksi di kedua wilayah tersebut adalah 0,68 dan 0,67. Meskipun kedua model tersebut dianggap baik berdasarkan indeks

korelasinya, namun model DFO2 kurang dapat memberikan hasil yang baik di bulan Desember-April yang memiliki kondisi hujan ekstrim.

V. UCAPAN TERIMA KASIH

Kami sampaikan ucapan Terima Kasih kepada Stasiun Klimatologi Siantan Kalimantan Barat untuk dukungan data dalam penelitian ini. Kami juga berterima kasih kepada Bapak Andi Ihwan M.Si, Bapak Apriansyah M.Si, Ibu Irfana Diah Faryuni M.Si, dan Bapak M.Elifant Yuggotomo, S.Si, untuk kesediaannya memberikan bantuan dan saran dalam penelitian ini. Penelitian ini juga mendapat dukungan dari beasiswa Comdev & Outreach Universitas Tanjungpura.

VI. DAFTAR PUSTAKA

- Anggraini, N., Ihwan, A., and Jumarang, M.I., 2014. Prediksi Curah Hujan bulanan di Kota Pontianak Berdasarkan Metode Quadratic-Hill Climbing. *PRISMA FISIKA*, 2(1), 15-18.
- Arman, Y., 2012. Pemodelan Curah Hujan Kota Ketapang Menggunakan Metode Simulated Annealing. *Jurnal Aplikasi Fisika*, 8(2), 55-59.
- Ary, M., 2017. Aplikasi Prediksi Banjir Metode Fuzzy Logic, Hasil Algoritma Spade dan Algoritma PSO. In: *Konferensi Nasional Ilmu Sosial & Teknologi (KNiST)*, 342-348.
- Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG), 2014. *Prakiraan Musim Hujan 2014/2015 di Indonesia*. Jakarta: BMKG.
- Factmawati, M., Widodo, B., and Wahyuningsih, N., 2014. *Estimasi Autoregressive Integrated Average (ARIMA) Menggunakan Algoritma Particle Swarm Optimization (Studi Kasus: Peramalan Curah Hujan DAS Brangkal, Mojokerto)*. Surabaya: Skripsi-ITS.
- Grandis, H., 2009. *Pengantar Pemodelan Inversi Geofisika*. Jakarta: Himpunan Ahli Geofisika Indonesia (HAGI).
- Ihwan, A., 2012. Penyesuaian Fungsi Deret Fourier untuk Karakteristik Pola Curah Hujan di Pontianak. *POSITRON*, 2(1), 29-32.
- Kennedy, J., and Eberhart, R., 1995. Particle Swarm Optimization. *Proceedings of the IEEE International Conference Neural Networks*, 4, 1942-1948.
- Lusiani, A., and Habinuddin, E., 2011. Pemodelan Autoregressive Integrated Moving Average (ARIMA) Curah Hujan di Kota Bandung. *Sigma-Mu*, 3(2), 9-25.
- Mauliana, P., 2016. Prediksi Banjir Sungai Citarum dengan Logika Fuzzy Hasil Algoritma Particle Swarm Optimization. *INFORMATIKA*, 3, 269-276.
- Mukid, M.A., and Sugito, 2013. Model Prediksi Curah Hujan dengan Pendekatan Regresi Proses Gaussian (Studi Kasus di Kabupaten Grobogan). *Media Statistika*, 6(2), 113-122.
- Nurfarahin, N., Ihwan, A., and Jumarang, M.I., 2014. Prediksi Curah Hujan Bulanan Di Wilayah Sambas Kalimantan Barat Berdasarkan Metode Newton Raphson. *PRISMA FISIKA*, 2(1), 19-22.
- Nurmahaludin., 2013. Perancangan Algoritma Belajar Jaringan Syaraf Tiruan Menggunakan Particle Swarm Optimization (PSO). *Jurnal POROS TEKNIK*, 5(1), 18-23.
- Yuggotomo, M.E., and Ihwan, A., 2014. Pengaruh Fenomena El Niño Southern Oscillation dan Dipole Mode Terhadap Curah Hujan di Kabupaten Ketapang. *POSITRON*, 4(2), 35-39.