ANALISIS ALGORITMA PREDIKSI CURAH HUJAN MENGGUNAKAN HYBRID PARTIALLY CONNECTED FEEDFORWARD NEURAL NETWORK (PCFNN) DAN NESTED GENETIC ALGORITHM (GA)

Yana Meinitra Wati[1], Fhira Nhita, ST., MT.[2], Dr. Adiwijaya, M.Si[3]

[1,2,3]Fakultas Informatika, Universitas Telkom, Bandung

[1]yanameinitrawati@gmail.com, [2]farid.alchair@gmail.com, [3]kang.adiwijaya@gmail.com

Abstrak

Pola curah hujan yang selalu berubah-ubah di setiap tempat dan jam, menyebabkan data curah hujan termasuk ke dalam data *time series*. Informasi mengenai cuaca khususnya tentang curah hujan sangat berguna sekali terhadap beberapa aktifitas kehidupan. Untuk itu dibutuhkan metode prediksi curah hujan yang cukup akurat, khususnya pada wilayah Soreang Kabupaten Bandung.

Sistem prediksi curah hujan yang digunakan dalam penelitian tugas akhir ini adalah algoritma *Partially Connected Feedforward Neural Network* (PCFNN) untuk memprediksi curah hujan satu bulan ke depan berdasarkan data curah hujan bulanan yang diperoleh dari Badan Meteorologi dan Geofisika (BMKG) Bandung untuk wilayah Soreang. Selain itu juga digunakan algoritma *Genetic Algorithm* (GA) untuk mengoptimasi struktur dan bobot pada PCFNN, sehingga dapat diperoleh arsitektur dan bobot yang optimal.

Hasil struktur dan bobot PCFNN yang optimal menggunakan pengolahan data *centered moving average* dan dibangkitkan 20.000 solusi individu dengan kombinasi parameter ukuran populasi dan maksimum generasi 100 dan 200 sehingga didapatkan MAPE rata – rata pelatihan dan pengujian sebesar 17.583% dengan performansi diatas 75%.

Kata kunci : prediksi, curah hujan, PCFNN, *Genetic Algorithm, feedforward, centered moving average*.

Abstract

The pattern of rainfall always changing in any place and time, that affects rainfall forecast data into time series. Information about weather especially rainfall its very usefull for some of our daily activity. So we need the accurate method for rainfall forecast, especially in Soreang area, Bandung.

The rainfall prediction system that used in this final project is Partially Connected Feedforward Neural Network (PCFNN) algorithm for one month rainfall prediction based on rainfall data from National Weather Board in Bandung for Soreang area. Besides that Genetic Algorithm method use in this final project to optimize structure and weight on PCFNN, so we will get the optimum structure and weight.

The optimal structure and weight from PCFNN using centered moving average and generated 20.000 individual solution with combine parameter on population size and maximum generation 100 and 200 so the average MAPE from training and testing are 17,583% with performance above 75%.

Kata kunci : prediction, rainfall, PCFNN, Genetic Algorithm, feedforward, centered moving average.

1. Pendahuluan

Indonesia memiliki dua musim yaitu musim hujan dan musim kemarau. Musim kemarau biasanya terjadi di awal bulan April sampai dengan bulan September, sedangkan musim hujan terjadi mulai bulan Oktober hingga bulan Maret. Informasi mengenai cuaca khususnya tentang curah hujan sangat berguna sekali terhadap beberapa aktifitas kehidupan seperti pada bidang pertanian, perkebunan, perikanan, dan lain – lain. Namun sekarang ini tidak ada lagi informasi yang pasti tentang perubahan kedua musim tersebut dikarenakan pemanasan global. Oleh karena itu, dibutuhkan prediksi curah hujan untuk mengetahui pola curah hujan yang selalu berubah – ubah di setiap tempat dan waktu.

Salah satu metode prediksi yang berkembang saat ini adalah menggunakan *Artificial Neural Network (ANN)*. Namun, umumnya hampir semua aplikasi ANN menggunakan *Fully Connected Feedforward Neural Network* (FCFNN). FCFNN sering menyebabkan kompleksitas yang tinggi bahkan redudansi[3], maka diharapkan dengan penggunaan *Partially Connected Feedforward Neural Network* (PCFNN) dapat memberikan kinerja dan hasil yang sama baiknya dengan FCFNN. Selain itu dibutuhkan algoritma *Evolutionary Algorithms* (EAs), yang bersifat generalitas sehingga memudahkan dalam menyelesaikan berbagai masalah optimasi untuk melatih ANN.

Algoritma Eas yang digunakan adalah *Genetic Algorithm* (GA). GA yang digunakan memiliki dua *loop*, yaitu *loop* pertama digunakan untuk mencari kromosom struktur pada PCFNN dan *loop* yang kedua untuk mencari bobot yang tepat dari hasil kromosom struktur yang telah didapatkan. Diharapkan dengan penggunaan GA yang berulang ini atau dapat disebut juga *Nested Genetic Algorithm* (NGA) dapat menghasilkan arsitektur dan bobot yang optimal untuk PCFNN dalam memprediksi curah hujan di Kabupaten Bandung. Oleh karena itu, pada tugas akhir ini akan

dilakukan analisis dan implementasi untuk prediksi curah hujan menggunakan algoritma PCFNN yang dioptimasi oleh GA, sehingga memberikan hasil prediksi curah hujan untuk satu bulan berikutnya dengan performansi diatas 75%.

2. Dasar Teori

2.1 Data Curah Hujan

Data curah hujan bulanan diperoleh dari BMKG Bandung dimulai dari bulan Januari 2005 – Desember 2014. Berikut *sampel* data curah hujan bulanan dalam satuan millimeter (mm).

Tabel 3.1 Sampel Data Curah Hujan Soreang Kabupaten Bandung

Tahun	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Ags	Sep	Okt	Nov	Des
2005	346.4	316.6	229.0	115.2	105.4	212.6	46.5	60.9	78.8	217.8	181.4	121.0
2006	224.2	164.7	26.4	233.5	5.8	20.5	19.1	-	-	74.6	39.6	528.7
…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…
2014	309	89	418.7	217.6	176.7	196	181	120	1	65	297	316

2.2 Normalisasi

Mengubah data aktual menjadi nilai dengan range [0 – 1]. Berikut ini adalah rumus untuk normalisasi data.

$$X_n = \frac{X_i - min\ X}{\max X - \min X} \quad (1)$$

Keterangan :
X_n : Data normalisasi
X_i : Data aktual yang akan dinormalisasi
$min\ X$: Nilai minimum dari keseluruhan data
$\max X$: Nilai maksimum dari keseluruhan data

2.3 Centered Moving Average

Centered moving average (CMA) berfungsi untuk menghaluskan data curah hujan yang memiliki pola naik turun secara ekstrim. Pada *centered moving average* (CMA) diperlukan pengamatan pada periode genap dengan periode terkecil yaitu 4. Pada CMA periode 4, pusat *moving average* pertama berada pada titik 2.5 (setengah periode awal) sedangkan pusat rata-rata yang kedua berada pada titik 3.5 (setengah periode akhir). Namun seharusnya rata-rata dari dua *moving average* berpusat di titik 3 agar simetris. Masalah ini dapat diselesaikan dengan menambahkan 2 periode *moving average* dari 4 periode *centered moving average*, sehingga dapat dinotasikan menjadi 2x4 MA dengan rumus sebagai berikut :

$$T_{2.5} = (Y_1 + Y_2 + Y_3 + Y_4)/4 \quad (2)$$
$$T_{3.5} = (Y_2 + Y_3 + Y_4 + Y_5)/4 \quad (3)$$

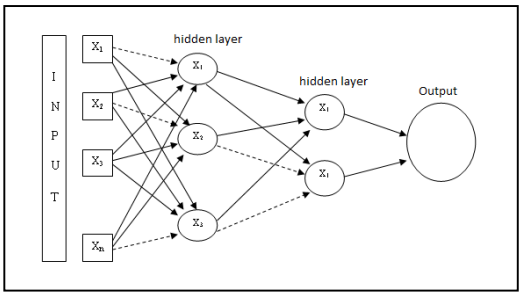
Sehingga rata-rata dari dua 4 MA atau 2x4 MA adalah :

$$T_3 = \frac{T_{2.5} + T_{3.5}}{2} \quad (4)$$
$$= \frac{1}{2}\left(\frac{Y_1 + Y_2 + Y_3 + Y_4}{4} + \frac{Y_2 + Y_3 + Y_4 + Y_5}{4}\right) \quad (5)$$
$$= (Y_1 + 2Y_2 + 2Y_3 + 2Y_4 + Y_5)/8 \quad (6)$$

Sehingga pada awal dan terakhir variabel memiliki bobot 1/8 = 0.125 dan variabel lainnya memiliki bobot dua kali nilai variabel tersebut yaitu 1/4 = 0.25. Oleh karena itu, 2x4 MA sama dengan *weighted moving average* 5 periode[12].

2.4 Partially Connected Feedforward Neural Network

Jaringan syaraf PCFNN adalah jaringan syaraf *Multi Layer Perceptron* (MLP) dengan beberapa koneksi sinaptik yang di non-aktifkan. Keuntungan dari PCFNN antara lain dapat mengurangi waktu pelatihan, mengurangi kebutuhan *hardware*, dan lain – lain. Pada arsitektur ini proses pelatihan menggunakan algoritma perhitungan maju atau *feedforward*[10].



Gambar 2.1 Arsitektur PCFNN (garis putus – putus menandakan koneksi yang akan dihilangkan)

2.5 *Genetic Algorithm* (GA)

Genetic Algorithm (GA) adalah algoritma yang merepresentasikan teori evolusi dan seleksi alam. GA memanipulasi populasi individu dengan merepresentasikannya didalam kromosom [6]. *Genetic Algorithm* dimulai dengan pembentukan sejumlah solusi yang dilakukan secara acak. Sebuah solusi yang dibangkitkan dalam algoritma genetika disebut sebagai kromosom, sedangkan kumpulan kromosom tersebut disebut sebagai populasi. Untuk menyatakan seberapa baik nilai dari suatu individu yang didapatkan dilakukan perhitungan *fitness*.

GA memiliki tiga operasi dasar yang menyerupai proses evolusi :

1. Seleksi orang tua : Proses pemilihan dua individu sebagai orang tua yang dilakukan secara proposional berdasarkan nilai *fitness*nya.
2. *Cross over* (pindah siang) : Pindah silang merupakan salah satu operator dalam GA yang melibatkan dua orang tua untuk menghasilkan individu-individu baru.
3. Mutasi : Mutasi merupakan operator yang menukar nilai gen dengan nilai inversinya, misalnya gennya bernilai 0 menjadi 1.

2.6 Algoritma *Hybrid* ANN dengan *Nested* GA

Masalah penting dalam ANN adalah bagaimana proses *learning* yang baik dan bagaimana membangun struktur yang optimal dengan jumlah *layer* dan jumlah *neuron* pada setiap *layer* juga optimal. EAs dengan sedikit modifikasi dapat digunakan untuk melatih ANN dan untuk menemukan struktur ANN yang optimal. Salah satu algoritma dalam EAs yang bisa digabungkan dengan ANN adalah *Genetic* Algorithm (GA).

GA yang akan digunakan dalam menyelesaikan permasalah prediksi curah hujan adalah *Nested* GA, yaitu GA yang dilakukan sebanyak dua kali. Pada kasus ini, proses GA yang pertama dilakukan untuk menentukan struktur dan dilakukan proses GA yang kedua untuk menemukan bobot yang paling optimal pada struktur tersebut.

2.7 Mean Square Error (MSE)

MSE adalah rata – rata *error* yang dikuadratkan.

$$MSE = \frac{\sum(X_t - F_t)^2}{n} \tag{7}$$

Keterangan
X_t : Nilai aktual
F_t : Nilai prediksi
n : Jumlah data

2.8 Mean Absolute Percentage Error (MAPE)

MAPE adalah ukuran dari akurasi untuk membangun nilai-nilai *time series* pada statistik, khususnya estimasi *trend* [11].

$$MAPE = \frac{100\%}{n}\sum_{t=1}^{n}\left|\frac{A_t - F_t}{A_t}\right| \tag{8}$$

Keterangan
A_t : Nilai aktual
F_t : Nilai prediksi
n : Jumlah data

2.9 Perhitungan Nilai Fitness

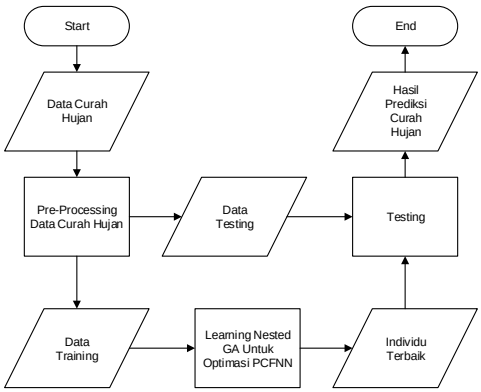
Rumus untuk menghitung nilai *fitness* dengan menggunakan MSE, yaitu :

$$f = \frac{1}{MSE + b} \tag{9}$$

Keterangan
f : Nilai *fitness*
MSE : *Mean Square Error*
b : Nilai yang sangat kecil untuk menghindari pembagian nol (0)

3. Perancangan Sistem

3.1 Deskripsi Sistem

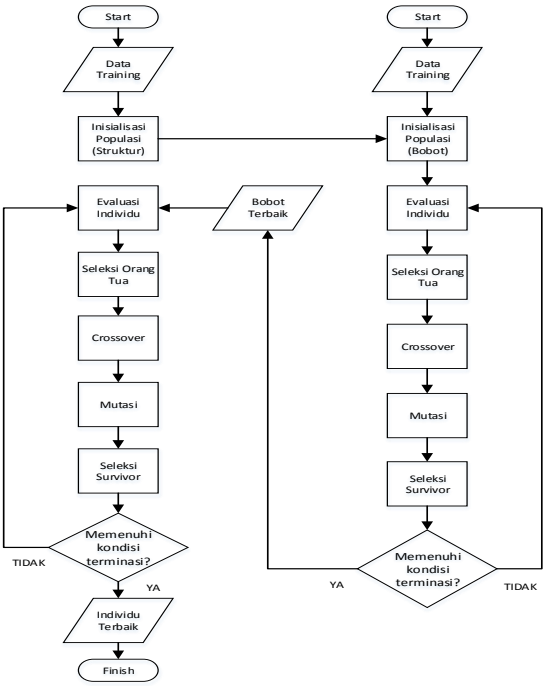


Gambar 3.1 Diagram Perancangan Umum Sistem

Proses yang dilakukan dalam sistem yang dibangun adalah sebagai berikut :

- Melakukan proses pre-processing pada data curah hujan dengan menggunakan *Centered Moving Average* (CMA) periode 2x4 atau setara dengan *Weighted Moving Average* (WMA) periode 5 dan menormalisasikan data hasil *moving average* pada range 0-1.
- Melakukan pembagian data menjadi data *training* dan data *testing*. Pada percobaan ini jumlah data *training* yang digunakan adalah 7 tahun dari keseluruhan data yaitu 10 tahun, dan sisanya 3 tahun digunakan sebagai data *testing*.
- Melakukan proses *learning* PCFNN yang dioptimasi oleh NGA untuk mendapatkan struktur dan bobot PCFNN yang optimal dengan *input* data *training*.
- Mendapatkan struktur dan bobot PCFNN optimal yang akan digunakan pada tahap pengujian dengan *input* data *testing*.
- Menganalisis hasil kombinasi dari parameter – parameter diatas sehingga didapatkan struktur dan bobot yang terbaik untuk memprediksi curah hujan di wilayah Soreang Bandung.

3.2 Learning GA untuk Optimasi PCFNN

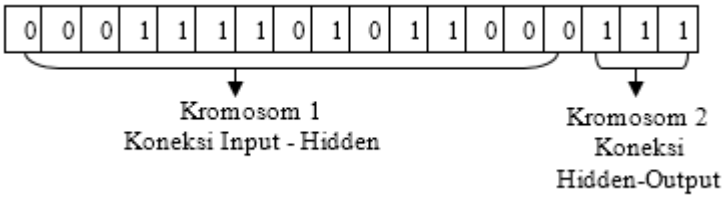


Gambar 3. 2 Proses Learning NGA dan PCFNN

3.2.1 Inisialisasi Populasi

3.2.1.1 Pembentukan Populasi Pada Pelatihan Struktur

Struktur PCFNN berisi koneksi antara *neuron input* terhadap *neuron hidden* dan koneksi antara *neuron hidden* terhadap *neuron output* sehingga dibutuhkan 2 kromosom, yaitu kromosom 1 sebagai koneksi antara *input* ke *hidden* dan kromosom 2 sebagai koneksi antara *hidden* ke *output*. Jumlah *neuron input, hidden,* dan *output* sudah ditetapkan bahwa jumlah *neuron input* adalah 5 karena pada *preprocessing* menggunakan *centered moving average* periode 5. Kemudian *output* yang digunakan adalah 1, karena hasil keluaran dari sistem adalah untuk memprediksi curah hujan satu bulan ke depan. Sehingga untuk menentukan jumlah *neuron hidden* menggunakan rumus $N_H = \sqrt{N_I * N_O}$, dengan N_I adalah jumlah *neuron input* dan N_O adalah jumlah *neuron output*. Sehingga didapatkan jumlah *neuron hidden* adalah $\sqrt{5} = 2.236\ldots$ yang apabila dibulatkan ke atas menjadi 3.



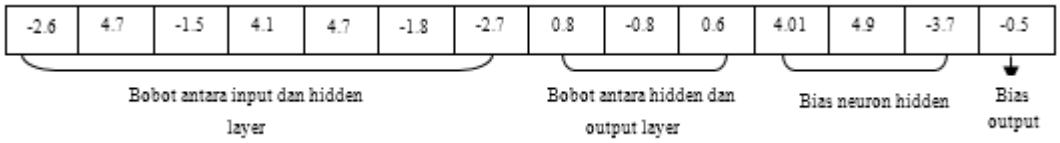
Gambar 3.3 Contoh Kromosom Untuk Struktur PCFNN

3.2.1.1 Pembentukan Populasi Pada Pelatihan Bobot

Pada pelatihan bobot, gen pada kromosom bobot menggunakan representasi real yang diisi dengan bilangan yang acak. Setiap kromosom bobot mewakili satu struktur jaringan syaraf tiruan yang secara otomatis mengikuti struktur dari jaringan syaraf tiruan tersebut. Banyaknya jumlah gen pada setiap kromosom dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$K = I + (2*H) + O \quad (10)$$

Keterangan :
K : Jumlah gen kromosom bobot
I : Jumlah koneksi dari *neuron input* terhadap *neuron hidden*
H : Jumlah koneksi dari *neuron hidden* terhadap *neuron output*
O : Jumlah *neuron output*



Gambar 3.4 Contoh Kromosom Bobot

3.2.2 Evaluasi Individu

Evaluasi individu dilakukan dengan mengevaluasi setiap bobot menggunakan algoritma pelatihan maju (*feedforward*). Hasil dari algoritma tersebut berupa nilai *error* yang akan digunakan untuk menghitung MAPE atau MSE pada akhir prosesnya. Kemudian, hasil dari perhitungan MSE tersebut akan digunakan untuk mencari nilai *fitness* pada masing-masing kromosom.

3.2.3 Seleksi Orang Tua

Seleksi orang tua dilakukan menggunakan algoritma *Roullette Wheel* agar seleksi orang tua dipilih berdasarkan probabilitas yang berbeda – beda.

3.2.4 Perkawinan Silang (Crossover)

Dibutuhkan proses *crossover* pada pasangan orang tua untuk menghasilkan anak dengan variasi gen baru. Dengan proses *crossover* tersebut kromosom anak bisa saja lebih baik dari pada orang tua, namun bisa saja sama dengan gen orang tua atau lebih buruk dari gen orang tua. Oleh karena itu, dalam *crossover* ada sebuah parameter yang dinamakan probabilitas *crossover* yang berfungsi untuk menunjukkan probabilitas individu tersebut akan melakukan proses perkawinan silang.

3.2.5 Mutasi

Proses mutasi yaitu menukar nilai gen dengan nilai sebaliknya atau pembalikan bit, misal mengubah gen bernilai 1 menjadi 0. Mutasi juga dapat dilakukan dengan mengubah gen secara acak sesuai dengan probabilitas mutasi yang ditentukan.

3.2.6 Seleksi Survivor

Seleksi survivor merupakan suatu proses dimana individu terbaik akan bertahan dan masuk ke generasi berikutnya. Proses seleksi survivor yang dilakukan adalah mengganti semua populasi (*Generational*) sebelumnya dengan semua individu hasil dari *crossover* dan mutasi serta ditambahkan dengan 1 atau 2 individu dari hasil elitisme. Elitisme merupakan sebuah proses yang mengambil individu terbaik dalam sebuah generasi untuk dibawa kembali ke generasi selanjutnya tanpa mengalami *crossover* ataupun mutasi. Tujuan dari proses elitisme adalah untuk mencegah penurunan nilai *fitness*.

3.2.7 Kriteria Berhenti (Terminasi)

Semua proses akan berhenti apabila kromosom atau individu yang dihasilkan sudah memenuhi suatu nilai tertentu atau kriteria lainnya yang telah ditetapkan. Jika tidak maka individu yang bertahan akan masuk ke generasi selanjutnya untuk dilakukan proses pelatihan kembali.

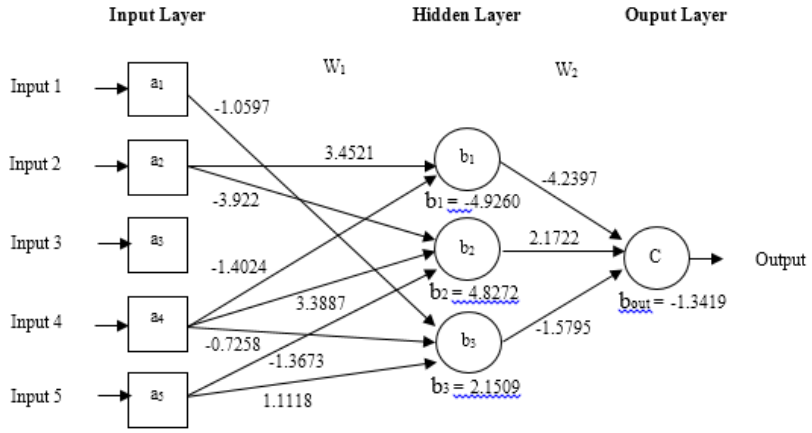
4. Analisis Hasil Pengujian

Tabel 4.1 Hasil Rata-Rata MAPE Running 1 dan 2

No	Pc	Pm	Struktur		Bobot		Rata – Rata MAPE (%)		MAPE Terendah (%)
			Ukuran Populasi	Maks. Generasi	Ukuran Populasi	Maks. Generasi	Running 1	Running 2	
1	0.5	0.1	50	400	10	100	**18.013%**	19.926%	18.013%
2					20	50	**18.071%**	18.921%	18.071%
3			100	200	10	100	**18.658%**	19.769%	18.658%
4					20	50	**18.831%**	18.992%	18.831%
5		0.3	50	400	10	100	18.458%	**17.753%**	17.753%
6					20	50	19.279%	**18.890%**	18.890%
7			100	200	10	100	**19.106%**	19.193%	19.106%
8					20	50	19.242%	**19.209%**	19.209%
9	0.9	0.1	50	400	10	100	19.355%	**18.730%**	19.355%
10					20	50	**18.101%**	19.411%	18.101%
11			100	200	10	100	20.268%	**18.203%**	18.203%
12					20	50	18.778%	**17.583%**	17.583%
13		0.3	50	400	10	100	21.175%	**20.520%**	20.520%
14					20	50	**17.789%**	22.378%	17.789%
15			100	200	10	100	20.969%	**20.624%**	20.624%
16					20	50	**19.442%**	20.781%	19.442%

Berdasarkan Tabel 4-1 didapatkan hasil MAPE terendah adalah 17.583% berada pada percobaan ke-12 yang didapatkan dari proses *running* ke-2 dengan kombinasi parameter Probabilitas *crossover* (Pc) 0.9, Probabilitas mutasi (Pm) 0.1, ukuran populasi dan maksimum generasi struktur 100 dan 200, ukuran populasi dan maksimum generasi bobot 20 dan 50. Oleh karena itu, dapat disimpulkan bahwa pada percobaan ke-12 *running* ke-2 merupakan hasil terbaik yang dihasilkan dari PCFNN yang dioptimasi oleh NGA. Berikut ini adalah hasil struktur dan bobot yang optimal dari percobaan ke-12 *running* ke-2.

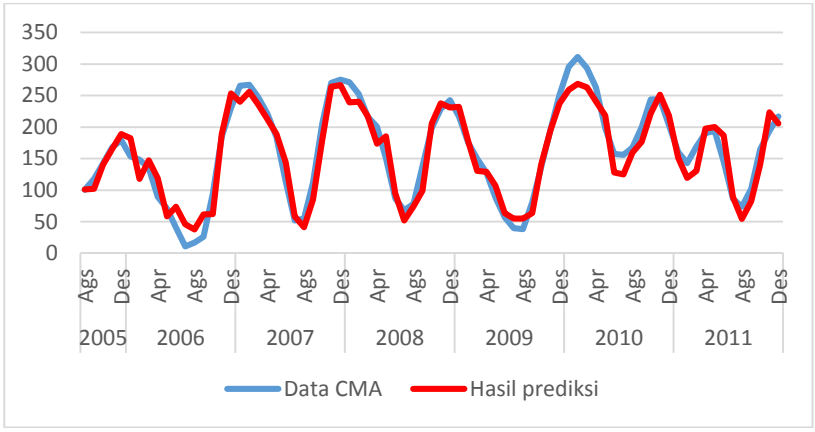
Berikut hasil struktur dan bobot terbaik yang didapatkan:



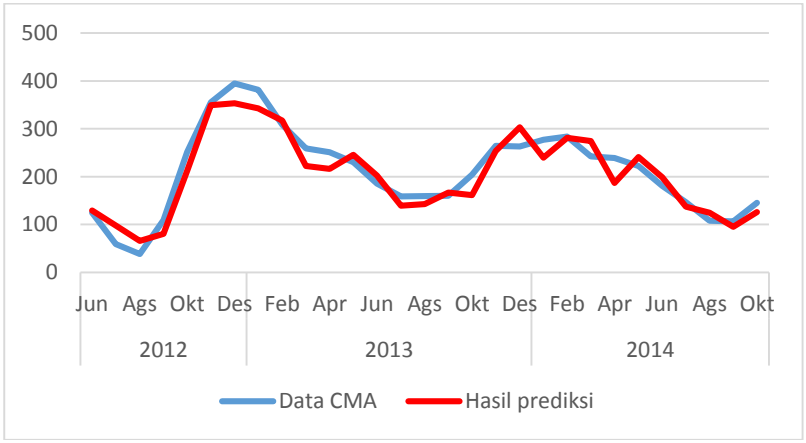
Gambar 4.1 Hasil Struktur Terbaik

Berikut ini adalah grafik perbandingan hasil proses pelatihan dan pengujian data CMA dengan hasil prediksi dalam bentuk CMA dari struktur dan bobot pada Gambar 4.1

.



Gambar 4.2 Hasil Perbandingan antara data CMA dan hasil prediksi pada proses pelatihan



Gambar 4.3 Hasil Perbandingan antara data CMA dan hasil prediksi pada proses pengujian

5. Kesimpulan dan Saran

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan analisis terhadap hasil pengujianyang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan bahwa :

a. *Hybrid* PCFNN dan *Nested* GA menghasilkan koneksi dan bobot yang optimal dengan kombinasi parameter Probabilitas *crossover* (Pc) 0.9, Probabilitas mutasi (Pm) 0.1, ukuran populasi dan maksimum generasi

struktur 100 dan 200, ukuran populasi dan maksimum generasi bobot 20 dan 50 dengan MAPE terendah adalah 17.583%.

b. Pencarian solusi menggunakan *Nested* GA membutuhkan waktu yang lama karena proses pencarian struktur dan bobot dilakukan terpisah dan masing – masing menggunakan proses Algoritma Genetika (AG).
c. Data hasil *centered moving average* dengan periode 2x4 setara dengan hasil *weighted moving average* periode 5 dengan posisi hasil *moving average* berada di tengah – tengah data.
d. Hasil prediksi PCFNN yang dioptimasi oleh *Nested* GA memberikan MAPE sebesar 17.583% dengan performansi diatas 75%.

5.2 Saran

Setelah melakukan analisis dan percobaan, penulis memiliki saran, diantaranya:

a. Pada penelitian selanjutnya untuk memprediksi curah hujan dapat menggunakan algoritma lainnya selain *Genetic Algorithm* sebagai perbandingan dari hasil performansi *Genetic Algorithm*.
b. Untuk mendapatkan struktur dan bobot terbaik perlu dilakukan percobaan dengan berbagai kombinasi parameter seperti Probabilitas *crossover* (Pc), Probabilitas mutasi (Pm), ukuran populasi dan maksimum generasi yang nantinya akan sangat berpengaruh pada tingkat performansi.
c. Pada penelitian selanjutnya hasil prediksi menggunakan data *moving average* sebaiknya dilakukan pengembalian data menjadi data aktual kembali (*demoving average*), agar mendapatkan hasil prediksi yang mendekati data aktual yang sebenarnya.

Daftar Pustaka:

[1] Adhika Ramadan Nugraha, Wicaksono Aji Indrawarman. 2013. "Pemantau Curah Hujan dengan Menggunakan Web". Binus University, Jakarta.
[2] Apriani, Ridha. 2012. "Algoritma Genetika Untuk Menyelesaikan Permasalahan Penjadwalan Perkuliahan Dan Praktikum". Universitas Sumatera Utara, Medan.
[3] Belciug Smaranda, El-Darzi Elia. 2010. "A Partially Connected Neural Network Network Based Approach with Application to Breast Cancer Detection and Recurrence"2010 Fifth IEEE International Conference.
[4] Cahyono, Budi Andhik. "Analisis Pemanfaatan Small Disjunct Pada Decision Tree Dengan Algoritma Genetika". Institut Teknologi Telkom, Bandung.
[5] E. W. Weisstein, "Moving Average", Wolfram MathWorld, [Online]. Available :http://mathworld.wolfram.com/MovingAverage.html. [Diakses 31 Oktober 2014].
[6] Hadavandi, Esmaeil, Hassan Shavandi, Arash Ghanbari. 2010. "A Genetic Fuzzy Expert System for Stock Price Forecasting". 2010 Seventh Conference on Fuzzy Systems and Knowledge Discovery (FSKD 2010).
[7] Han, J., & Kamber M. (2006). "Data Mining Concept and Techniques". San Francisco: Morgan Kaufmann.
[8] Kurniawan, Mokhamad Fajar. 2014. "Analisis dan Implementasi Algoritma Differential Evolution (DE) Pada Algoritma Jaringan Syaraf Tiruan (JST) Untuk Prediksi Curah Hujan di Kabupaten Bandung". Telkom University, Bandung.
[9] Maru'ao, Dini Oktaviani. 2010. "Neural Network Implementation in Foreign Exchange Kurs Prediction". Gunadarma University, Jakarta.
[10] Nurcahyo Septian, Nhita Fhira, Adiwijaya. 2014. "Rainfall Prediction in Kemayoran Jakarta Using Hybrid Genetic Algorithm (GA) and Partially Connected Feedforward Neural Network". 2014 Second International Conference on Information and Communication Technology (ICoICT).
[11] Putri, Irzanes. 2014. "Analisis dan Implementasi Algoritma Genetika (AG) Pada Jaringan Syaraf Tiruan (JST) Untuk Prediksi Curah Hujan di Kabupaten Bandung". Telkom University, Bandung.
[12] Spyros Makridakis, Steven C. Wheelwright, dan Rob J. Hyndman (Wiley, 1998, 3rd edition). "Forecasting : Methods and Applications".
[13] Suyanto. (2008). "Soft Computing Membangun Mesin ber-IQ Tinggi". Informatika, Bandung.
[14] Tanjung, Wira Septi Elisyah. 2010. "Kajian Algoritma Genetika Pada Travelling Salesman Problem". Universitas Sumatera Utara, Medan.
[15] Tokar A. Sezin, Johnson Peggy. 1999. "Rainfall – Runoff Modeling Using Artificial Neural Networks". Lakehead University, Amerika Serikat.
[16] Widyadana I Gede Agus, Febriana Lala. 2001. "Penerapan Evolutionary Algorithm Pada Penjadwalan Produksi (Studi Kasus di PT Brother Silver Product Indonesia)". Universitas Kristen Petra, Surabaya.
[17] Wiyanti DT, Pulungan R. 2012. "Peramalan Deret Waktu Menggunakan Model Fungsi Basis Radial (RBF) dan Auto Regressive Integrated Moving Average (ARIMA)". Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.