

MODEL PENELUSURAN BANJIR MENGGUNAKAN PENDEKATAN ADAPTIVE NEURO FUZZY INFERENCE SYSTEM (ANFIS)

(Studi Kasus : Sub DAS Siak)

Anggi Febrian¹⁾, Manyuk Fauzi²⁾, Imam Suprayogi²⁾

¹⁾Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Riau

²⁾Dosen Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Riau

Kampus Bina Widya Jln. HR Soebrantas KM 12,5 Pekanbaru, Kode Pos 28293

Email : anggifebrian99@gmail.com

Abstract

The purpose of this research is predict the height of water level of the Siak Sub-watershed Pantai Cermin Station in 2012 by using water level data recorded by Tandun Station and Pantai Cermin Station in the same year. The approach itself uses softcomputing method. Softcomputing method has been widely used as hydrological analysis model, one of them for flood routing forecasting. ANFIS model is one of the softcomputing method that can predict the height of water level. ANFIS models need to be tested reliability of the Siak sub-watershed given the importance of streamflow information to generate management, planning, and early warning system of flood. In this research, ANFIS model which built using AWLR water level data Station Tandun and Station Pantai Cermin for 4 years (2009-2012). ANFIS model was conducted by network model configuration is 2 input and 1 output. The result of water level forecasting by using ANFIS models show that the results of the training, testing and validation that excellent results with value the test statistic parameters of the correlation coefficient (R) is 0,9314 that is in category of very strong correlation, statistic parameters of RMSE (root mean square error) 0,4866 meter, and the test parameters of the average valuation relative error by 14,1439 %.

Keywords: Flood Routing, Water Level, Softcomputing, ANFIS.

A. PENDAHULUAN

Banjir biasanya dianggap sebagai kenaikan tinggi muka air sungai yang melebihi keadaan normalnya atau dalam pengertian umum meluapnya air melewati batas kapasitas saluran yang normal sehingga banjir dapat menimbulkan kerusakan/kerugian. Kerugian akibat banjir seperti kehilangan harta benda bahkan jiwa seseorang seringkali sulit dihindari karena peristiwa terjadinya begitu cepat sehingga perlu adanya peringatan dini sebagai prediksi akan timbulnya banjir. Banjir disebabkan oleh berbagai macam faktor yaitu kondisi daerah tangkapan hujan, durasi dan intensitas hujan, *land cover*, kondisi topografi dan kapasitas jaringan drainase. Banjir dapat dikatakan merupakan fenomena alam yang relatif lebih sederhana,

karena fluidanya didominasi hanya satu jenis saja (Kodoatie, 2002).

Sungai Siak merupakan salah satu sungai besar yang memiliki potensi sumber daya air yang cukup baik dan peranan yang sangat penting dalam perkembangan wilayah dan ekonomi khususnya di Provinsi Riau. Sungai Siak secara keseluruhan dari hulu hingga hilirnya melewati beberapa kabupaten/kota, yaitu Kabupaten Rokan Hulu, Kabupaten Kampar, Kota Pekanbaru, Kabupaten Bengkalis dan Kabupaten Siak. Mengingat rawannya kawasan DAS Siak terhadap bencana banjir dan longsor disebabkan oleh pencemaran, erosi, *land cover* serta intensitas hujan yang tinggi maka perlu adanya model penelusuran banjir pada DAS Siak agar dapat menghasilkan manajemen, perencanaan,

dan sistem peringatan dini (*early warning system*) bahaya banjir.

Penelusuran banjir baik berupa ketinggian muka air maupun besarnya debit dapat dilakukan dengan beberapa metode dan pendekatan. Salah satu cara untuk mempelajari perilaku banjir tersebut adalah dengan membangun suatu pemodelan hidrologi. Dalam hal ini metode *softcomputing* lebih sering dilakukan dengan pertimbangan biaya yang diperlukan tidak terlalu besar, mudah untuk dianalisis dan masih memiliki akurasi yang baik. Implementasi penelusuran banjir *stage hydrograph* menggunakan metode *softcomputing* yang sudah pernah dilakukan peneliti sebelumnya adalah menggunakan model Jaringan Saraf Tiruan (JST) pada kasus DAS Siak Stasiun Tandun dan Stasiun Pantai Cermin yang dilakukan oleh Ardiansyah (2014) menggunakan 2 input (Stasiun Tandun dan Stasiun Pantai Cermin) dengan nilai korelasi (R) cukup kuat yaitu 0,543 dan Archieles (2013) menggunakan 1 input (Stasiun Tandun) dengan nilai korelasi (R) yaitu 0,528. Namun penggunaan metode jaringan syaraf tiruan dalam hal peramalan tinggi muka air banjir memiliki beberapa kelemahan yaitu dibutuhkan iterasi yang banyak dalam proses *training* untuk memproses *neural network* yang besar, sehingga terkadang hasil yang diperoleh menjadi kurang akurat. Selain dengan jaringan syaraf tiruan, penelitian mengenai prediksi banjir telah pula dilakukan menggunakan metode Logika Fuzzy yakni prediksi kejadian hujan menggunakan metode *Fuzzy Inference System* (FIS) pada DAS Siak oleh Hafidzilhaj Harys (2013). Namun metode ini memiliki kelemahan yaitu dibutuhkan waktu yang lama dalam menentukan fungsi keanggotaannya untuk memperoleh fungsi keanggotaan yang optimal. Sehingga untuk mengurangi kelemahan dari kedua model penelitian tersebut maka dirasa perlu untuk mencoba menggunakan metode *hybrid* (gabungan) dalam meramalkan penelusuran banjir.

Salah satu bentuk pemodelan *hybrid softcomputing* yang sedang berkembang dan patut di ujicoba keandalannya adalah metode *Adaptive Neuro Fuzzy Inference System* (ANFIS). ANFIS merupakan sistem *hybrid* dalam *softcomputing* yaitu gabungan antara logika fuzzy dengan jaringan syaraf tiruan.

Beberapa penelitian terdahulu telah membuktikan bahwa model ANFIS memiliki performa hasil ramalan yang baik untuk meramalkan fenomena hidrologi seperti yang telah diteliti oleh Suprayogi (2009) tentang intrusi air laut di Sungai Bengawan Solo yang memiliki *error value* pada peramalan satu hari kedepan sebesar $\pm 0\%$ dan *error value* pada hasil peramalan lima hari kedepan sebesar $\pm 5\%$. Utami (2014) menggunakan ANFIS sebagai model peramalan *inflow* waduk untuk memprediksi *inflow* rata-rata harian pada Waduk PLTA Koto Panjang dengan hasil penelitian memiliki nilai error sebesar $8,09 \times 10^{-5}$. Dan Sari (2015) menggunakan ANFIS untuk meramalkan pasang surut pada pelabuhan Tanjung Buton Siak dengan hasil nilai korelasi (R) sangat kuat sebesar 0,87208 dan nilai *Root Mean Square Error* (RMSE) sebesar 0,44506.

Merujuk pada keberhasilan beberapa peneliti dalam menggunakan pendekatan ANFIS sebagai model peramalan fenomena hidrologi, maka dirasa perlu untuk menguji keandalan model ANFIS untuk memprediksi tinggi muka air banjir menggunakan 2 input data yang telah dilakukan oleh Ardiansyah (2014) pada stasiun yang sama mengingat pentingnya informasi mengenai masalah banjir khususnya yang terjadi di Provinsi Riau.

B. TINJAUAN PUSTAKA

ANFIS (*Adaptive Neuro Fuzzy Inference Systems*) merupakan salah satu sistem dalam kelompok *neuro-fuzzy* yaitu sistem *hybrid* dalam *softcomputing*. Sistem *hybrid* merupakan padu padan atau gabungan dari setidaknya dua metode *softcomputing* dengan tujuan untuk

memperoleh algoritma yang lebih sempurna. (Eliyani, 2005)

Jadi, Pemodelan ANFIS adalah suatu bentuk pemodelan *softcomputing* yang merupakan gabungan dari logika fuzzy (logika matematika) dan jaringan saraf tiruan. ANFIS merupakan pendekatan dimana dalam melakukan pengaturan aturan digunakan algoritma pembelajaran terhadap sekumpulan data sehingga pada ANFIS juga memungkinkan aturan-aturan untuk beradaptasi (Utami, 2014).

Menurut Jang, dkk (1997), misalkan ada 2 input x, y dan satu output z. Ada 2 aturan pada basis aturan model Sugeno:

Aturan 1: jika x adalah A_1 dan y adalah B_1

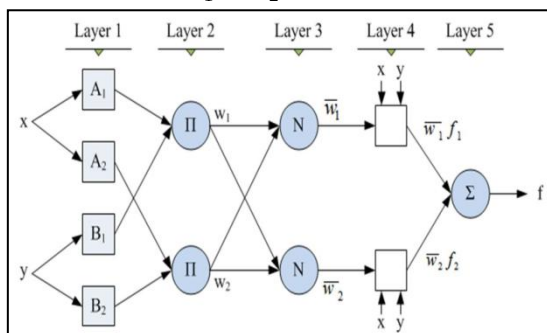
Maka, $f_1 = p_1x + q_1y + r_1$

Aturan 2: jika x adalah A_2 dan y adalah B_2

Maka, $f_2 = p_2x + q_2y + r_2$

Jika w predikat untuk kedua aturan adalah w_1 dan w_2 , maka dapat dihitung rata-rata terbobot adalah;

$$f = \frac{w_1 f_1 + w_2 f_2}{w_1 + w_2} = \bar{w}_1 f_1 + \bar{w}_2 f_2$$



Gambar 1. Arsitektur Jaringan ANFIS
(Sumber: Jang dkk, 1997)

Menurut Jang, dkk (1997), arsitektur jaringan ANFIS terdiri dari lapisan-lapisan sebagai berikut:

Lapisan 1

Tiap-tiap *neuron* i pada lapisan pertama adaptif terhadap parameter suatu fungsi aktivasi. Output dari tiap *neuron* berupa derajat keanggotaan yang diberikan oleh fungsi keanggotaan input, yaitu $\mu_{A_1}[u_1]$, $\mu_{A_2}[u_2]$ atau $\mu_{B_1}[u_1]$ atau $\mu_{B_2}[u_2]$. Sebagai contoh, misalkan fungsi keanggotaan diberikan sebagai berikut.

$$\mu_{A_i} = \frac{1}{1 + \left| \frac{x - c}{a} \right|^{2b}}$$

Lapisan 2

Tiap-tiap *node* pada *layer* akan mengalirkan sinyal yang datang dan mengeluarkan hasil perkalian tersebut sebagai *output*. Sehingga *node function*-nya dirumuskan sebagai berikut:

$$\mu_{A_i}(x) \times \mu_{B_i}(y), i = 1, 2$$

Lapisan 3

Tiap-tiap *node* pada *layer* ini merupakan *node* lingkaran berlabel N. *Node* i menghitung rasio *firing strength rule* i dengan jumlah semua *firing strength rule*.

Hasil ini dikenal dengan nama *normalized firing strength*.

$$w_i = \frac{w_i}{w_1 + w_2}, i = 1, 2$$

Lapisan 4

Tiap-tiap *node* ke- i pada *layer* ini merupakan *node* kotak dengan *node function* sebagai berikut:

$$O_i^4 = \bar{w}_i f_i = \bar{w}_i (p_i x + q_i y + r_i)$$

variabel w_i adalah *output* *layer* 3, dan (p_i, q_i, r_i) adalah himpunan parameter. Parameter-parameter pada *layer* disebut dengan parameter konsekuensi.

Lapisan 5

Tiap-tiap *node* pada *layer* merupakan *node* lingkaran yang berlabel S yang menghitung total output sebagai jumlah dari semua sinyal yang masuk sebagai berikut:

$$O_i^5 \text{ Overall output} = \sum_i \bar{w}_i f_i = \frac{\sum_i w_i f_i}{\sum_i w_i}$$

Menurut Arun Goel (2011), ada dua kriteria tingkat kesalahan yaitu:

1. Root Mean Square Error (RMSE)

Root Mean Square Error (RMSE) adalah besarnya tingkat kesalahan hasil prediksi,

dimana semakin kecil (mendekati 0) nilai RMSE maka hasil prediksi akan semakin akurat.

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum (I_{di} - I_{mi})^2}{n}}$$

2. Correlation Coefficient (R)

Correlation Coefficient (R) merupakan nilai perbandingan antara prediksi dengan nilai sebenarnya.

$$R = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} I_d I_m}{\sqrt{\sum_{i=1}^{i=n} \Delta_d^2 \sum_{i=1}^{i=n} \Delta_m^2}}$$

Dengan:

$$\sum_{i=1}^{i=n} I_d I_m = \sum_{i=1}^{i=n} (I_{di} - \bar{I}_{dr})(I_{mi} - \bar{I}_{mr})$$

$$\sum_{i=1}^{i=n} \Delta_d^2 = \sum_{i=1}^{i=n} (I_{di} - \bar{I}_{dr})^2$$

$$\sum_{i=1}^{i=n} \Delta_m^2 = \sum_{i=1}^{i=n} (I_{mi} - \bar{I}_{mr})^2$$

$$\sum_{i=1}^{i=n} (I_{di} - \bar{I}_{dr})^2 = \sum_{i=1}^{i=n} (I_{mi} - \bar{I}_{mr})^2$$

Keterangan:

I_{di} = tinggi muka air pengukuran pada hari ke-i (m),

I_{mi} = tinggi muka air prediksi pada hari ke-i (m),

I_{dr} = tinggi muka air pengukuran rata-rata (m),

I_{mr} = tinggi muka air prediksi rata-rata (m),

n = jumlah data tinggi muka air yang diramalkan.

Menurut Suwarno (2008), nilai korelasi dikelompokkan dalam beberapa kategori yaitu:

$R = 0$: tidak ada korelasi antara dua variabel,

$0 < R \leq 0,25$: korelasi sangat lemah,

$0,25 < R \leq 0,50$: korelasi cukup,

$0,50 < R \leq 0,75$: korelasi kuat,

$0,75 < R \leq 0,99$: korelasi sangat kuat,

$R = 1,00$: korelasi sempurna.

Untuk kesalahan relatif dihitung dalam menggunakan satuan persentase

menggunakan persamaan Makridakis, dkk (1993) sebagai berikut:

$$Er = \left| \frac{Xi - Xc}{Xc} \right| \times 100\%$$

Keterangan:

Er = kesalahan relatif (%),

Xi = data ramalan,

Xc = data pengukuran.

C. METODOLOGI PENELITIAN

Lokasi penelitian adalah DAS Siak yaitu Sungai Sub Tapung Kiri Pantai Cermin Kecamatan Tapung Kabupaten Kampar (00° 35' 24" LS 101° 11' 46" BT) dan Sungai Sub Tandun Kecamatan Tandun Kabupaten Rokan Hulu (00° 35' 41" LU 100° 28' 31" BT) Provinsi Riau.

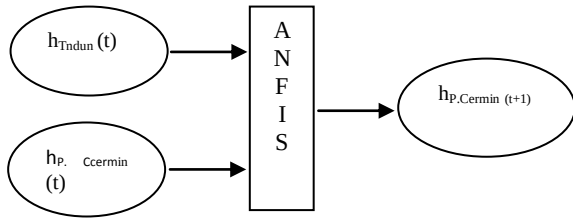
1. Pengumpulan dan Pengelompokan Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data AWLR Stasiun Tandun dan Stasiun Pantai Cermin berupa data tinggi muka air dari tahun 2009–2012 yang dapat dilihat pada Lampiran 1. Sumber data diambil dari Balai Wilayah Sungai Sumatera III Provinsi Riau Jl. Cut Nyak Dien 01, Pekanbaru. Adapun distribusi pengelompokan data yaitu sebagai berikut:

1. 70% data tinggi muka air (Stasiun Tandun dan Stasiun Pantai Cermin) tahun 2009–2011 digunakan sebagai data kalibrasi (*training*),
2. Sisa 30% data tinggi muka air (Stasiun Tandun dan Stasiun Pantai Cermin) tahun 2009–2011 digunakan sebagai data verifikasi (*testing*),
3. Seluruh data tinggi muka air tahun 2009–2011 (Stasiun Tandun dan Stasiun Pantai Cermin) digunakan sebagai data validasi (*checking*).
4. Data tinggi muka air tahun 2012 (Stasiun Tandun dan Stasiun Pantai Cermin) digunakan sebagai data pengujian hasil peramalan (simulasi).

2. Pembangunan Model ANFIS

Model yang dibangun adalah sistem gabungan (*hybrid system*) dari mekanisme *Fuzzy Inference System* yang digambarkan dalam sistem Jaringan Syaraf Tiruan atau yang disebut dengan *Adaptive Neuro Fuzzy Inference System* (ANFIS). Secara sederhana skema konfigurasi model ANFIS dapat dilihat pada Gambar 2 berikut.



Gambar 2. Konfigurasi Model ANFIS

Dari gambar di atas dijelaskan dimana 2 *input* data yaitu data tinggi muka air Stasiun Tandun ($h_{Tandun(t)}$) dan Stasiun Pantai Cermin ($h_{p.Cermin(t)}$) dijalankan kedalam model ANFIS untuk mendapatkan hasil *output* berupa data tinggi muka air Stasiun Pantai Cermin satu hari kedepan ($h_{p.Cermin(t+1)}$) menggunakan model ANFIS yang terdapat pada *software* MATLAB. Caranya dengan membuat suatu model untuk mensimulasikan sistem di atas. Adapun tahapan dalam membangun model ANFIS tersebut yaitu kalibrasi (*training*), verifikasi (*testing*), dan validasi (*checking*). Proses prediksi dilakukan dengan menggunakan model hasil validasi yang dimasukkan kedalam *excel* dalam bentuk grafik hubungan tinggi muka air prediksi dan tinggi muka air aktual. Data tinggi muka air aktual diperoleh dari data *existing* yang tersedia dari data AWLR Stasiun Pantai Cermin tahun 2012.

C. HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Hasil Running Data Model ANFIS

Tahap Kalibrasi

Hasil *running* data untuk proses kalibrasi dapat dilihat pada Tabel 1. Hasil *running* berhenti sampai menemukan nilai kolerasi (R) terbaik dari setiap kombinasi ROI dan Epoch.

Tabel 1. Hasil *Running Data* Kalibrasi

No	ROI	Epoch	Korelasi (R)	RMSE (m)	Error rerata (%)
1	0,1	1	0,9765	0,2626	8,8005
2	0,1	3	0,9765	0,2625	8,8005
3	0,1	10	0,9766	0,2622	8,7996
4	0,1	50	0,9767	0,2614	8,7767
5	0,1	100	0,9769	0,2606	8,7471
6	0,1	200	0,9770	0,2597	8,7219
7	0,1	500	0,9774	0,2575	8,6926
8	0,1	1000	0,9780	0,2542	8,6436
9	0,1	2000	0,9783	0,2522	8,6016
10	0,1	3000	0,9783	0,2522	8,6016

(Sumber: Hasil Perhitungan)

Tahap Verifikasi

Hasil *running* data untuk proses verifikasi dapat dilihat pada Tabel 2. Hasil *running* berhenti sampai menemukan nilai kolerasi (R) terbaik dari setiap kombinasi ROI dan Epoch.

Tabel 2. Hasil *Running Data* Verifikasi

No	ROI	Epoch	Korelasi (R)	RMSE (m)	Error rerata (%)
1	0,1	1	0,9648	0,3054	10,9032
2	0,1	3	0,9648	0,3053	10,9042
3	0,1	10	0,9649	0,3051	10,9081
4	0,1	50	0,9649	0,3052	10,9641
5	0,1	100	0,9649	0,3051	10,9693
6	0,1	200	0,9651	0,3041	10,8977
7	0,1	500	0,9651	0,3044	10,8977
8	0,1	1000	0,9647	0,3056	10,9098
9	0,1	2000	0,9645	0,3062	10,8382
10	0,1	3000	0,9645	0,3062	10,8382

(Sumber: Hasil Perhitungan)

Tahap Validasi

Hasil *running* data untuk proses validasi yang dibuat dapat dilihat pada Tabel 3. Hasil *running* berhenti sampai menemukan nilai kolerasi (R) terbaik dari setiap kombinasi ROI dan Epoch.

Tabel 3. Hasil *Running Data* Validasi

No	ROI	Epoch	Korelasi (R)	RMSE (m)	Error rerata (%)
1	0,1	1	0,9732	0,2761	9,4290
2	0,1	3	0,9733	0,2760	9,4293
3	0,1	10	0,9733	0,2757	9,4298
4	0,1	50	0,9734	0,2752	9,4305
5	0,1	100	0,9735	0,2747	9,4113
6	0,1	200	0,9737	0,2737	9,3723
7	0,1	500	0,9740	0,2723	9,3517
8	0,1	1000	0,9743	0,2706	9,3210
9	0,1	2000	0,9745	0,2695	9,2701
10	0,1	3000	0,9745	0,2695	9,2701

(Sumber: Hasil Perhitungan)

Hasil *running* data untuk validasi dengan perbandingan data *training* dan data *testing* adalah 70:30 menghasilkan nilai korelasi (R) terbaik 0,9745 dengan kategori korelasi sangat kuat menurut Suwarno (2008). Nilai kombinasi ROI dan Epoch yang dihasilkan untuk validasi adalah ROI 0,1 dan Epoch 2000. Dari kombinasi nilai ROI dan Epoch tersebut juga menghasilkan nilai RMSE (*Root Mean Square Error*) sebesar 0,2695 m dan nilai rata-rata kesalahan relatif sebesar 9,2701 %.

Nilai korelasi (R) didapat dengan menggunakan Persamaan 2.21 pada Bab II dengan contoh rincian perhitungan untuk simulasi ROI 0,1 dan Epoch 2000, sebagai berikut:

$$R = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} I_d I_m}{\sqrt{\sum_{i=1}^{i=n} \Delta I_d^2 \sum_{i=1}^{i=n} \Delta I_m^2}}$$

$$R = \frac{1491,0594}{\sqrt{(577,2122 \times 1484,2998)}} = 0,9745$$

Nilai RMSE didapat dengan menggunakan Persamaan 2.20 pada Bab II. Berikut salah satu rincian perhitungan untuk simulasi ROI 0,1 dan Epoch 2000.

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum (I_{di} - I_{mi})^2}{n}}$$

$$RMSE = \sqrt{\frac{79,4473}{1094}} = 0,2695$$

Nilai kesalahan relatif rata-rata didapatkan dari rata-rata kesalahan setiap jam hasil ramalan dalam satuan persen (%). Perhitungan kesalahan relatif menggunakan rumus pada Persamaan 2.22 di Bab II. Berikut salah satu perhitungan kesalahan relatif untuk simulasi ROI 0,1 dan Epoch 2000.

$$Er = \left| \frac{Xi - Xc}{Xc} \right| \times 100\%$$

$$Er_3 = \left| \frac{273,0809 - 278}{278} \right| \times 100\% = 1,7695\%$$

Setiap hari kesalahan relatif dihitung, maka untuk rata-rata kesalahan relatif simulasi ROI 0,1 dan Epoch 2000 dihitung dengan menjumlahkan seluruh kesalahan relatif setiap hari dan dibagi dengan jumlah data (1094 data). Hasil kesalahan relatif rata-rata untuk simulasi ROI 0,1 dan Epoch 2000 didapatkan sebesar 9,2701 %.

2. Pengujian Hasil Peramalan (Simulasi)

Setelah mendapatkan model-model yang maksimum pada model yang dibangun, maka model tersebut siap untuk melakukan peramalan (*forecasting*). Data input yang digunakan adalah data tahun 2012 pada Stasiun Tandun dan Stasiun Pantai Cermin untuk meramalkan tinggi muka air Stasiun Pantai Cermin tahun 2012 dengan menggunakan model ANFIS yang telah dibangun sebelumnya.

Dengan bantuan Program *Microsoft Excel* didapat hasil perhitungan RMSE antara tinggi muka air hasil prediksi (I_{model}) ROI 0,1 dan Epoch 2000 dengan tinggi muka air pengamatan (I_{data}) Stasiun Pantai Cermin tahun 2012 sebagai berikut.

$$R = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} I_d I_m}{\sqrt{\sum_{i=1}^{i=n} \Delta I_d^2 \sum_{i=1}^{i=n} \Delta I_m^2}}$$

$$R = \frac{574,3715}{\sqrt{(56,6520 \times 579,1422)}} = 0,9314$$

Nilai RMSE berdasar simulasi ROI 0,1 dan Epoch 2000 adalah sebagai berikut.

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum (I_{di} - I_{mi})^2}{n}}$$

$$RMSE = \sqrt{\frac{87,1389}{365}} = 0,4866$$

Nilai kesalahan relatif rata-rata didapatkan dari rata-rata kesalahan setiap jam hasil ramalan dalam satuan persen (%). Berikut adalah contoh perhitungan pada data ramalan ke-6.

$$Er = \left| \frac{Xi - Xc}{Xc} \right| \times 100\%$$

$$Er_6 = \left| \frac{158,4190 - 161}{161} \right| \times 100\% = 1,6030\%$$

Setiap hari kesalahan relatif dihitung, maka untuk rata-rata kesalahan relatif simulasi ROI 0,1 dan Epoch 2000 dihitung dengan menjumlahkan seluruh kesalahan relatif setiap hari dan dibagi dengan jumlah data (365 data). Hasil kesalahan relatif rata-rata untuk simulasi ROI 0,1 dan Epoch 2000 didapatkan sebesar 14,1439 %.

3. Hasil Model ANFIS dengan Model ANN

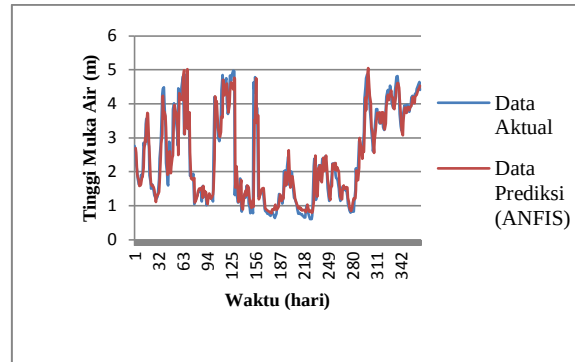
Tujuan dari membandingkan model ANFIS dengan model ANN adalah untuk mengetahui keandalan kedua metode tersebut dalam meramalkan tinggi muka air khususnya untuk data yang digunakan yaitu menggunakan 2 input data tinggi muka air.

Tabel 4. Perbandingan ANFIS dan ANN

Metode	Korelasi (R)	RMSE (m)	Kesalahan Relatif (%)
ANFIS	0,9314	0,4866	14,1439
ANN	0,543	192,014	21,1773

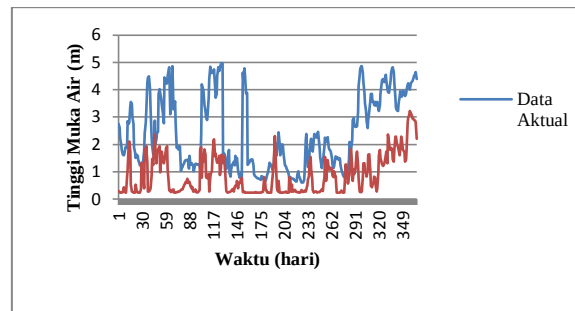
(Sumber: Hasil Perhitungan dan Ardiansyah, 2014)

Model ANN pada Tabel 4. menghasilkan nilai korelasi (R) sebesar 0,543 sedangkan model ANFIS menghasilkan nilai korelasi sebesar 0,9314. Hasil ini cukup jauh berbeda, dimana model ANFIS lebih baik dari metode ANN.



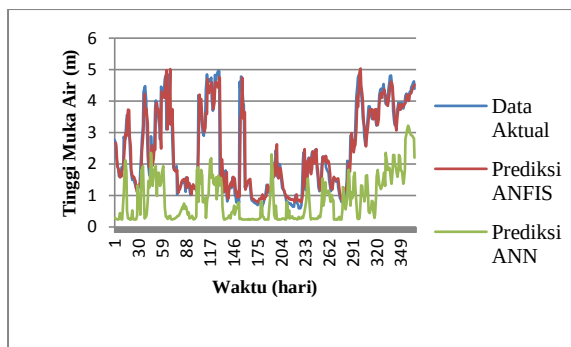
Gambar 3. Data Aktual vs Data ANFIS 2012

Gambar 3. menampilkan hasil grafik yang dibentuk dari data pengukuran dengan data hasil model ANFIS tahun 2012. Grafik ramalan yang terbentuk dengan data pengukuran yang terjadi hampir sama. Pola yang terbentuk dan tinggi muka air yang terjadi antara data pengukuran dengan data model ANFIS memiliki nilai yang hampir sama.



Gambar 4. Data Aktual vs Data ANN 2012

Hasil grafik yang terbentuk dari data pengukuran dengan data hasil ramalan dengan metode ANN tahun 2012 pada Gambar 4. menampilkan perbedaan yang cukup signifikan antara grafik data pengukuran dengan grafik metode ANN. Data hasil ramalan dengan menggunakan metode ANN ini didapatkan dari hasil ramalan yang teliti oleh peneliti sebelumnya (Ardiansyah, 2014). Besarnya perbedaan grafik antara data pengukuran dengan data ramalan metode ANN inilah yang membuat peneliti ingin menguji keandalan metode ANN dengan model ANFIS.



Gambar 5. Data Aktual vs Data ANFIS vs Data ANN 2012

Gambar 5. merupakan grafik tinggi muka air yang terbentuk dari data pengukuran, model ANFIS dan metode ANN. Grafik hasil ramalan tinggi muka air dengan menggunakan metode ANN selisih cukup jauh dari data pengukuran lapangan. Tetapi jika dibandingkan dengan model ANFIS, grafik hasil ramalan tinggi muka air yang terbentuk jauh lebih baik karena hasil grafik yang terbentuk dari model ANFIS hampir sama dengan grafik data pengukuran. Hal ini membuktikan bahwa model ANFIS lebih baik dalam proses peramalan tinggi muka air jika dibandingkan dengan metode ANN.

D. KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

1. Proses pembangunan model ANFIS menghasilkan nilai koefisien korelasi (R) dan RMSE pada tahap pelatihan adalah 0,9783 dan 0,2522 dan pengujian adalah 0,9645 dan 0,3062 serta validasi adalah 0,9745 dan 0,2695. Berdasarkan klasifikasi nilai R, menurut Suwarno (2008) model tersebut mempunyai tingkat korelasi sangat kuat dengan nilai koefisien korelasi berada pada $0,75 < R \leq 0,99$.
2. Proses simulasi prediksi tinggi muka air Stasiun Pantai Cermin tahun 2012 menghasilkan nilai koefisien korelasi (R) adalah 0,9314, tingkat kesalahan (RMSE) adalah 0,4866 dan rata-rata kesalahan relatif adalah 14,1439 %.

Berdasarkan klasifikasi nilai R, menurut Suwarno (2008) model tersebut mempunyai tingkat korelasi sangat kuat dengan nilai koefisien korelasi berada pada $0,75 < R \leq 0,99$.

3. Berdasarkan hasil analisa perbandingan model Jaringan Syaraf Tiruan (ANN) dengan model ANFIS, model ANFIS menghasilkan prediksi tinggi muka air jauh lebih baik dibandingkan model ANN dengan perbandingan hasil penilaian rata-rata kesalahan relatif model ANFIS hanya sebesar 14,1439% sedangkan rata-rata kesalahan model ANN mencapai 21,1773%, penilaian RMSE (*root mean square error*) model ANFIS menghasilkan nilai 0,4866 m sedangkan model ANN menghasilkan nilai jauh lebih besar yaitu 192,014 m, dan hasil penilaian korelasi (R) model ANFIS sebesar 0,9314 sedangkan model ANN menghasilkan nilai 0,543.
4. Model ANFIS yang dibangun untuk memprediksi tinggi muka air pada Stasiun Tandun dan Stasiun Pantai Cermin tahun 2012 mempunyai tingkat keandalan yang sangat kuat dibandingkan dengan model ANN pada tinjauan kasus yang sama.

SARAN

1. Penelitian berikutnya bisa dilakukan dengan menggunakan bantuan transformasi wavelet untuk menghilangkan *noise* pada data tinggi muka air yang akan digunakan sebagai input peramalan sehingga hasil ramalan bisa menjadi lebih akurat dan presisi.
2. Penelitian berikutnya bisa mencoba untuk meramalkan penelusuran tinggi muka air dua hari kedepan, tiga hari kedepan dan selanjutnya dengan menggunakan dua *input*, tiga *input* dan selanjutnya pada model ANFIS.

E. DAFTAR PUSTAKA

- Ardiansyah, Rico. 2014. *Penelusuran Banjir (flood routing) Tinggi Muka dengan Metode Jaringan Saraf Tiruan (JST)*. Tugas Akhir Jurusan Teknik Sipil. Pekanbaru: Universitas Riau.
- Archieles, Asral. 2013. *Penelusuran Banjir Stage Hydrograph menggunakan Metode Jaringan Saraf Tiruan (JST)*. Tugas Akhir Jurusan Teknik Sipil. Pekanbaru: Universitas Riau.
- Eliyani. 2005. *Pengantar Jaringan Syaraf Tiruan*. Materi Kuliah.com
- Goel, Arun. 2011. *ANN-Based Approach for Predicting Rating Curve of an Indian River*. National Institute of Technology, Kurukshetra, India: I. Raftoyiannis.
- Jang, R & Shing, J. 1997. *ANFIS: Adaptive-network-based fuzzy inference system*. IEEE Transaction on System: Man and Cybernetics 23, 665-684.
- Kusumadewi, S. 2006. *Neuro Fuzzy Integrasi Sistem Fuzzy dan Jaringan Syaraf*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Makridakis, Spyros. 1999. *Metode dan Aplikasi Peramalan*. Jakarta: Airlangga.
- Robert J. Kodoatie & Sugiyanto. 2002. *Banjir*. Yogyakarta: Pustaka Pelajar.
- Sari, Fitria. 2015. *Model Peramalan Pasang Surut Menggunakan Pendekatan Adaptive Neuro Fuzzy Inference System (ANFIS)*. Tugas Akhir Jurusan Teknik Sipil. Pekanbaru: Universitas Riau.
- Suprayogi, Imam. 2009. *Model Peramalan Instrusi Air Laut di Estuari Menggunakan Pendekatan Softcomputing*. Disertasi. Semarang: Fakultas Teknik Institut Teknologi Sepuluh November.
- Suwarno. 2008. *Analisis Korelasi*. Available at: <URL: <http://suwarnostatistik.wordpress.com/2008/10/12/analisa-korelasi/>> [Accessed 15 Maret 2014].
- Utami, Ria. 2014. *Model Peramalan Inflow Waduk PLTA Koto Panjang Menggunakan Pendekatan Adaptive Neuro Fuzzy Inference System*. Tugas Akhir Jurusan Teknik Sipil. Pekanbaru: Universitas Riau.