APLIKASI MODEL *ADAPTIVE NEURO FUZZY INFERENCE SYSTEM* UNTUK PERAMALAN PASANG SURUT DI AIR LAUT (study kasus Pelabuhan Tanjung Buton Siak)

Fitria Sari
Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil S1 Fakultas Teknik Universitas Riau

Andy Hendri
Dosen Jurusan Teknik Sipil S1 Fakultas Teknik Universitas Riau

Imam Suprayogi
Dosen Jurusan Teknik Sipil D3Fakultas Teknik Universitas Riau

Kampus Bina Widya J. HR Soebrantas KM 12,5 Pekanbaru, Kode Pos 28293
Email : sariwardana21@gmail.com

Abstract: Previous researchers have much success using the model Adaptive Neuro Fuzzy Inference System (ANFIS) as a forecasting model for hydrological analysis. Reliability of ANFIS models need to be tested, especially to farecast of the tidal. In this research, ANFIS models which built using data tidal observations in Tanjung Buton (2004). The result of tidal forecasting by using ANFIS models show excellent results with value the test statistic parameters of the correlation coefficient (R) more than 0.87 that is in category of very strong correlation, statistic parameters of RMSE (root mean square error) 0.445 m, and the test parameters of the average valuation relative error by 11,8%. In comparison the tidal forcasting results used ANFIS models with tidal forcasting results used the Admiralty method, values of the parameter test by mean relative error used ANFIS model is smaller with value of 11.8%, while values of the parameter test by mean relative error used Admiralty method is larger that is 22.4%.

Keywords: hydrological analysis, tidal forecasting, softcomputing, ANFIS.

1. PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara kepulauan yang harus dapat memberdayakan transportasi laut secara maksimal. Peningkatan jalur transportasi laut merupakan salah satu upaya untuk dapat meningkatkan perekonomian dan pertahanan negara. Untuk mencapai hal tersebut, pemerintah perlu melakukan peningkatan kualitas dan perawatan bangunan pantai seperti dermaga, arus pelayaran dan bangunan pantai lainnya (Habibie, 2008).

Pada pembangunan pelabuhan/dermaga, dermaga tersebut harus memiliki elevasi lebih tinggi dari HHWL (*Highest High Water Level*/ Air Tinggi Tertinggi) agar ketika pasang tertinggi terjadi, dermaga tersebut tidak tenggelam. Pada bidang pelayaran, jalur pelayaran untuk kapal haruslah lebih rendah dari LLWL (*Lowest Low Water Level*/ Air Rendah Terendah) agar ketika surut terendah, kapal masih bisa berlayar dan dasar kapal tidak mengenai dasar perairan (Ongkosono dan Suyarso, 1989).

Peramalan pasang surut sangat dibutuhkan pelabuhan untuk dapat menentukan level air tertinggi dan terendah satu hari kedepan atau beberapa hari kedepan agar pelabuhan dapat menentukan jenis kapal yang akan masuk dan keluar pelabuhan. Hal ini bertujuan agar pelabuhan dapat melayani arus kapal sesuai dengan level air di pelabuhan pada saat pasang dan surut terjadi.

ANFIS (*Adaptive Neuro Fuzzy Inference System*) merupakan salah satu model *softcomputing* yang dapat memprediksi khususnya dalam bidang hidrologi. ANFIS merupakan jaringan adaptif yang berbasis pada sistem kesimpulan *fuzzy* (*fuzzy inference system*) dan dengan penggunaan suatu prosedur *hybrid learning*, ANFIS dapat membangun suatu *mapping input-output* yang

keduanya berdasarkan pada pengetahuan manusia (pada bentuk aturan *fuzzy if-then*) dengan fungsi keanggotaan yang tepat (Taakyudin, 2010).

Beberapa peneliti sebelumnya telah membuktikan keandalan model ANFIS 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 ± 0% dan *error value* pada hasil peramalan lima hari kedepan sebesar ± 5%. Lin dkk (2005) meramalkan debit jangka panjang di PLTA Manwan dengan hasil penelitian menggunakan model ANFIS menghasilkan nilai korelasi atau hubungan yang sangat kuat antara nilai prediksi dan pengamatan dengan nilai korelasi 0,89 dan 0,92. Dan 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 $8{,}09x10^{-5}$.

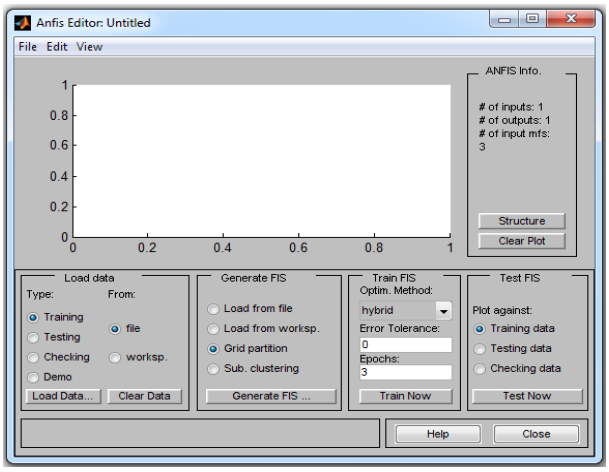
Melihat keberhasilan beberapa peneliti sebelumnya dalam menggunakan pendekatan ANFIS sebagai model peramalan fenomena hidrologi, maka dirasa perlu untuk menguji keandalan model ANFIS dalam memprediksi pasang surut yang sejauh ini penelitian peramalan pasang surut hanya memakai metode lama yang sangat sering digunakan seperti metode Admiralty. Selain itu, hasil peramalan pasang surut dengan menggunakan model ANFIS ini juga akan dibandingkan dengan hasil ramalan pasang surut dengan menggunakan metode Admiralty.

Untuk membangun model ANFIS, peneliti menggunakan data pasang surut berupa data pengukuran di Pelabuhan Tanjung Buton, Desa Sungai Rawa Kabupaten Siak pada tahun 2004. Diharapkan pemodelan ANFIS ini akan memberikan hasil lebih baik dibandingkan metode lainnya agar dapat menjadi referensi baru sebagai model peramalan pasang surut yang handal.

2. METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang digunakan adalah metode algoritma ANFIS (*Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System*) yang merupakan kombinasi antara logika *fuzzy* dan jaringan saraf tiruan. Untuk membangun model ANFIS ini dibutuhkan data pembelajaran sebagai bahan untuk meramalkan pasang surut. Data pembelajaran yang digunakan untuk membangun model ANFIS yaitu data pengukuran pasang surut berupa data jam-jaman selama 15 hari mulai dari tanggal 8 Agustus 2004 sampai 22 Agustus 2004 dengan titik pengamatan yang berada di Desa Sungai Rawa Kabupaten Siak pada posisi $102^{o}17'48"$ BT dan $0^{o}56'14"$ LU.

Dalam membangun model ANFIS, adanya proses kalibrasi atau proses *training* (pembelajaran) yang diharapkan agar sistem dapat mempelajari pola data yang diberikan untuk dapat meramalkan dengan tepat. Kemudian model akan melakukan proses verifikasi atau proses *testing* (pengujian) yang diharapkan sistem bisa memverifikasi data hasil pembelajaran dengan data pengukuran yang bisa memberikan hasil lebih baik. Kemudian sistem akan melakukan proses prediksi atau proses *checking data* agar sistem bisa membangun suatu model yang sangat baik dengan *error data* ramalan yang sangat minimal. Berikut merupakan ANFIS *toolbox* yang digunakan untuk membangun model.



Gambar 1. ANFIS *Toolbox*

Simulasi pembagian jumlah data dibuat dengan tiga kombinasi, yaitu simulasi 1 (70:30), simulasi 2 (65:35), dan simulasi 3 (60:40). Perbandingan simulasi tersebut merupakan pernbandingan jumlah data kalibrasi banding jumlah data verifikasi. Pembagian tersebut merupakan persentase

jumlah data untuk proses kalibrasi (pembelajaran) dan proses verifikasi (pengujian). Ketiga simulasi kombinasi tersebut digunakan untuk membangun model ANFIS dengan menggunakan data utama. Dan untuk data pendukung, simulasi yang digunakan hanya satu simulasi terbaik dari ketiga simulasi tersebut.

Model ANFIS akan dibangun dengan memberikan nilai kombinasi yang tepat sebagai fungsi keanggotaan model ANFIS. Nilai kombinasi tersebut adalah nilai *epoch* dan nilai ROI. Kedua nilai tersebut merupakan nilai pengaturan dalam membangun model ANFIS agar hasil peramalan yang didapatkan menunjukkan nilai kesalahan yang minimal.

Setelah model ANFIS selesai, selanjutnya melakukan proses analisis hasil ramalan yang dilakukan setelah *running data.* Untuk melakukan analisis hasil, peneliti menggunakan tiga nilai uji parameter statistik, yaitu koefisien korelasi, RMSE, dan uji parameter statistik kesalahan relatif.

3. HASIL PENELITIAN

3.1. Hasil Running Data Model ANFIS Simulasi Utama

Hasil ketiga simulasi *running data* model ANFIS dapat dilihati pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil *Running Data* Model ANFIS

Simulasi	ROI	*epoch*	Korelasi (R)	RMSE (m)	Kesalahan Relatif (%)
1	0,539	1000	0,87208	0,44507	11,80602
2	0,534	1000	0,87161	0,44573	11,87432
3	0,504	1000	0,87194	0,44519	11,86733

Dua kriteria tingkat kesalahan menurut Arun Goel (2011) yaitu nilai RMSE dan koefisien korelasi. Nilai korelasi (R) untuk simulasi 1 didapat dengan menggunakan persamaan berikut :

$$R = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} I_d I_m}{\left(\sum_{i=1}^{i=n} \Delta L_d{}^2 \sum_{i=1}^{i=n} \Delta L_m{}^2\right)^{\frac{1}{2}}} \quad \text{..... (1)}$$

Dengan :

$$\sum_{i=1}^{i=n} I_d I_m = \sum_{i=1}^{i=n} (I_{di} - \bar{I}_{dr})(I_{mi} - \bar{I}_{mr}) = 225{,}15\ m^2$$

$$\sum_{i=1}^{i=n} \Delta I_d{}^2 = \sum_{i=1}^{i=n} (I_{di} - \bar{I}_{dr})^2 = 297{,}632\ m^2$$

$$\sum_{i=1}^{i=n} \Delta I_m{}^2 = \sum_{i=1}^{i=n} (I_{mi} - \bar{I}_{mr})^2 = 223{,}947\ m^2$$

Maka,

$$R = \frac{225{,}15}{(297{,}632 \times 223{,}947)^{\frac{1}{2}}} = 0{,}87208$$

Untuk nilai RMSE simulasi 1 didapat dengan menggunakan persamaan berikut :

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

Dengan :

$$\sum (I_{di} - I_{mi})^2 = 71{,}31106\ m^2$$

$$n = 360$$

Maka,

$$RMSE = \sqrt{\frac{71{,}31106}{360}} = 0{,}44507\ m$$

Nilai kesalahan relatif rata-rata didapatkan dari rata-rata kesalahan setiap jam hasil ramalan dalam satuan persen (%). Perhitungan kesalahan relatif menggunakan persamaan Makridakis, dkk (1999) untuk simulasi 1, ROI 0,539 dan *epoch* 1000 adalah sebagai berikut :

$$Er = \left|\frac{Xi - Xc}{Xc}\right| \times 100\% \quad \text{..... (3)}$$

Dengan :

X_4 = Data ramalan jam ke-4 = 250,585 cm

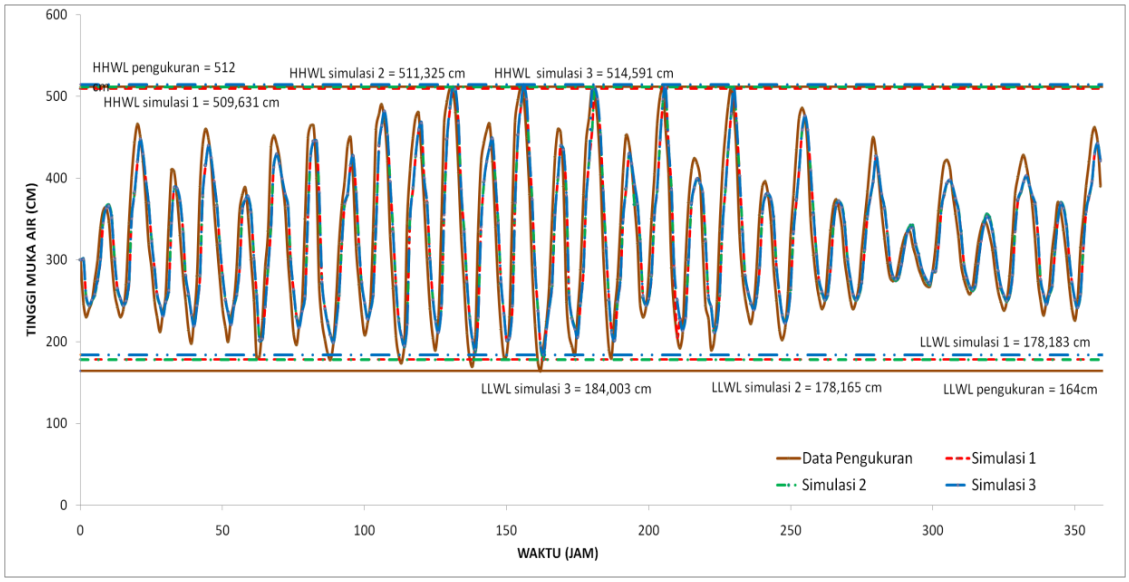
X_{C4} = Data pengukuran jam ke-4 = 250 cm

Maka,

$$Er_4 = \left|\frac{250{,}585 - 250}{250}\right| \times 100\% = 0{,}234\ \%$$

Perhitungan kesalahan relatif dilakukan setiap jam. Maka, untuk rata-rata kesalahan relatif simulasi 1, ROI 0,539 dan *epoch* 1000 dihitung dengan menjumlahkan seluruh kesalahan relatif setiap jam dan dibagi dengan jumlah data (360 data). Hasil kesalahan relatif rata-rata untuk simulasi 1, ROI 0,539 dan *epoch* 1000 didapatkan sebesar 11,80602 %.

Dari ketiga kategori penilaian, simulasi terbaik adalah simulasi 1 karena memiliki nilai kesalahan terkecil jika dibandingkan dengan simulasi 2 dan simulasi 3. Simulasi 1 menggunakan perbandingan data pembelajaran kalibrasi (*training*) dengan verifikasi (*testing*) sebesar 70:30. Hasil ini menunjukkan bahwa perbandingan data pembelajaran kalibrasi (*training*) dengan verifikasi (*testing*) sesuai dengan perbandingan simulasi yang sering digunakan dalam penelitian yang menggunakan model ANFIS seperti yang digunakan oleh peneliti sebelumnya Utami (2014), Suprayogi (2009) dan Lin dkk (2005).



Gambar 2. Perbandingan Hasil Simulasi model ANFIS

Grafik hasil ramalan pada Gambar 2 menunjukkan hasil yang hampir sama. Ketiga simulasi grafik ramalan pasang surut yang dibentuk menghasilkan pola pasang surut yang mendekati dengan pola grafik pasang surut pengukuran dilapangan. Hasil ini membuktikan bahwa peramalan pasang surut menggunakan model ANFIS sangat baik karena pola yang terbentuk dari hasil ramalan dengan data pengukuran hampir sama.

3.2. Perbandingan Model ANFIS dengan Metode Admiralty

Tujuan dari membandingan model ANFIS dengan metode Admiralty adalah untuk mengetahui kehandalan kedua metode tersebut dalam meramalkan pasang surut khususnya untuk data yang digunakan. Dari kedua metode tersebut akan dicari mana yang lebih baik dalam melakukan proses peramalan dengan kriteria nilai uji statistik korelasi, RMSE dan kesalahan relatif. Untuk hasil *running data* dengan menggunakan metode Admiralty, peneliti memakai data dari peneliti sebelumnya (Laset, 2008).

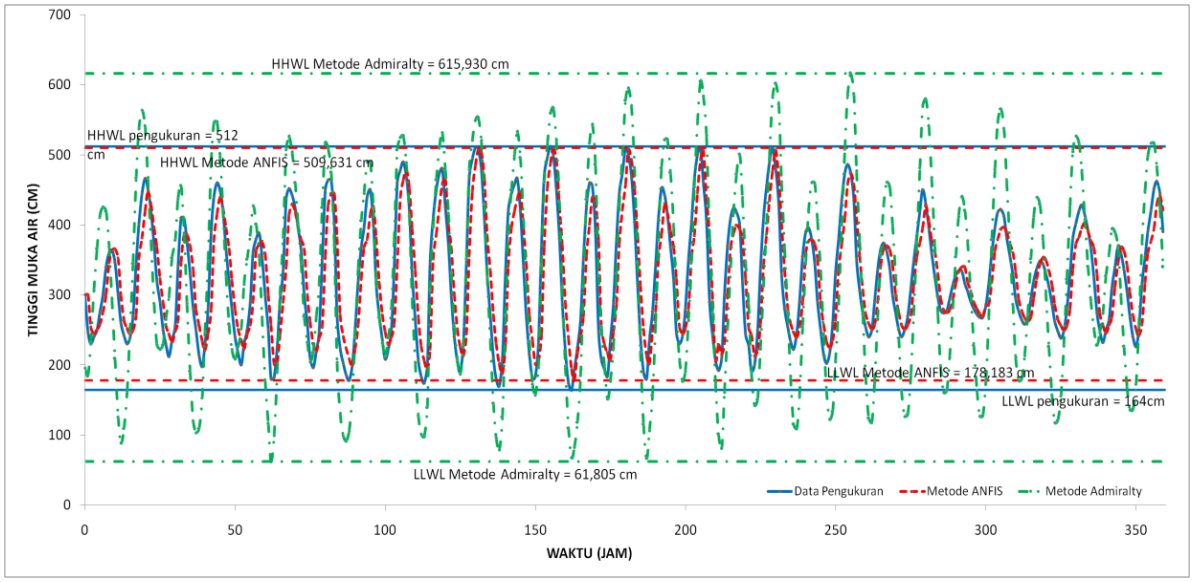
Tabel 2. Hasil Model ANFIS & Metode Admiralty

Metode	Korelasi (R)	RMSE (m)	Kesalahan Relatif (%)
ANFIS	0,872087431	0,445068861	11,80602138
Admiralty	0,869271466	0,790526693	22,41213091

Metode Admiralty pada Tabel 2 menghasilkan nilai korelasi sebesar 0,869 sedangkan model ANFIS menghasilkan nilai korelasi sebesar 0,872. Hasil ini tidak jauh berbeda, namun model ANFIS masih lebih baik dari metode Admiralty. Untuk nilai RMSE, medel ANFIS menghasilkan nilai 0,445 dan metode Admiralty menghasilkan nilai 0,79. Nilai RMSE metode Admiralty hampir dua kali lebih besar dari model ANFIS. Ini artinya model ANFIS jauh lebih baik dari pada metode Admiralty jika perbandingannya

menggunakan nilai RMSE. Dan untuk nilai kesalahan relatif, metode Admiralty menghasilkan nilai kesalahan relatif rata-rata setiap jam sebesar 22,4 %, sedangkan model ANFIS hanya menghasilkan nilai kesalahan relatif sebesar 11,8 %. Hasil kesalaha relatif metode Admiralty dua kali lebih besar dari pada kesalahan relatif model ANFIS. Hal ini berarti model ANFIS juga lebih baik dari pada metode Admiralty dalam proses peramalan pasang surut jika menggunakan perbandingan nilai kesalahan relatif.

Dari ketiga kriteria penilaian dalam membandingkan model ANFIS dengan metode Admiralty tersebut, dapat disimpulkan bahwa model ANFIS menghasilkan ramalan pasang surut yang lebih baik daripada metode Admiralty. Hasil grafik yang terbentuk dari data pengukuran dengan model ANFIS dan metode Admiralty pada Gambar 3.



Gambar 3. Perbandingan Data Pengukuran dengan Model ANFIS dan Metode Admiralty

Dari Gambar 3, dapat dilihat grafik pasang surut yang terbentuk dari data pengukuran, model ANFIS dan metode Admiralty. Grafik hasil ramalan pasang surut dengan menggunakan metode Admiralty lebih besar untuk keadaan pasang dan lebih kecil dalam keadaan surut, namun pola yang terbentuk mengikuti grafik dengan menggunakan data pengukuran. Tetapi jika dibandingkan dengan model ANFIS, grafik hasil ramalan pasang surut yang terbentuk jauh lebih baik karena hasil grafik yang terbentuk dari model ANFIS hampir sama dengan grafik data pengukuran. Hal ini membuktikan bahwa ANFIS lebih baik dalam proses peramalan pasang surut jika dibandingkan dengan metode Admiralty.

4. HASIL PENELITIAN

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan, didapatkan beberapa kesimpulan sebagai berikut :

a. Dari ketiga kategori penilaian simulasi (korelasi, RMSE dan kesalahan relatif), maka simulasi 1 adalah simulasi terbaik dibandingkan simulasi 2 dan simulasi 3 dengan menggunakan perbandingan data pembelajaran kalibrasi (*training*) dengan verifikasi (*testing*) sebesar 70:30 yang merupakan perbandingan data yang sering digunakan dalam penelitian menggunakan model ANFIS seperti yang digunakan oleh Utami (2014), Suprayogi (2009) dan Lin dkk (2005).
b. Hasil perhitungan ketiga kategori uji penilaian statistik, didapatkan simulasi 1 (70:30) adalah simulasi terbaik dibandingkan dengan simulasi 2 dan simulasi 3 karena menghasilkan nilai kesalahan terkecil. Untuk simulasi 1, nilai korelasi sebesar 0,87208 dengan kategori korelasi sangat kuat menurut Suwarno (2008), nilai RMSE sebesar 0,44506 meter, dan nilai kesalahan relatif rata-rata sebesar 11,8060 %.

c. Berdasarkan hasil analisa perbandingan metode Admiralty dengan model ANFIS, model ANFIS menghasilkan peramalan pasang surut yang lebih baik dibandingkan metode Admiralty dengan perbandingan hasil penilaian rata-rata kesalahan relatif model ANFIS hanya sebesar 11,8 % sedangkan rata-rata kesalahan metode Admiralty mencapai 22,4 %, penilaian RMSE model ANFIS menghasilkan nilai 0,445 meter sedangkan metode Admiralty menghasilkan nilai lebih besar yaitu 0,790 meter, dan hasil penilaian korelasi model ANFIS sebesar 0,872 sedangkan metode Admiralty menghasilkan nilai 0,869.

DAFTAR PUSTAKA

Goel, Arun. 2011. *ANN-Based Approach for Predicting Rating Curve of an Indian River*. National Institute of Technology, Kurukshetra, India: I. Raftoyiannis.

Habibie, Rahman. 2008. *Prakiraan Pasang Surut dengan Metode Last Square (Studi Kasus Pelabuhan Tanjung Buton)*. Skripsi. Pekanbaru: Fakultas Teknik Universitas Riau.

Laset, Indah. 2008. *Prakiraan Pasang Surut dengan Metode Admiralty (Studi Kasus Pelabuhan Tanjung Buton*. Skripsi. Pekanbaru: Fakultas Teknik Universitas Riau.

Lin, J.Y., dkk. 2005. *Long-Term Prediction of Discharges in Manwan Hydropower Using Adaptive-Network-based Fuzzy Inference Systems Models*. Journal of Lecture Notes in Computer Science. 3612: 1152-1161.

Makridakis, Spyros. 1993. *Metode dan Aplikasi Peramalan*. Jakarta: Airlangga.

Ongkosono dan Suyarso. 1989. *Asean-Australia Cooperativr Progams on Marine Science Project Tides and Tidal Phenomena*, Pasang Surut. Jakarta: Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia Pusat Penelitian dan Pengembangan Oseanologi.

Suprayogi, Imam. 2009. *Model Peramalan Instrusi Air Laut di Estuari Menggunakan Pendekatan Softcomputing*. Disertasi. Semarang: Fakultas Teknik Institut Teknologi Sepuluh November.

Suwarno. 2008. *Anaisis Korelasi*. Available at: <URL: http://suwarnostatistik.wordpress.com/2008/10/12/analisa-korelasi/> [Accessed 15 September 2014].

Taakyudin. 2010. *Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System (ANFIS)*. Available at: <URL: http://takyudin.blogspot.com/2010/06/adaptive-neuro-fuzzy-inference-system.html> [Accessed 11 September 2014].

Utami, Ria. 2014. *Model Peramalan Inflow Waduk PLTA Koto Panjang Menggunakan Pendekatan Adaptive Neuro Fuzzy Inference System*. Skripsi. Pekanbaru: Fakultas Teknik Universitas Riau.