

**KOMPARASI KAJIAN MODEL HIDROLOGI RUNTUN WAKTU
MENGUNAKAN *SOFT COMPUTING*
(Studi Kasus: DAS Siak Hulu)**

Luluk Masfufa¹⁾, Manyuk Fauzi²⁾, Imam Suprayogi¹⁾

¹⁾Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil, ²⁾Dosen Jurusan Teknik Sipil
Fakultas Teknik Universitas Riau, Pekanbaru 28293
E-mail : lulukmasfufa@yahoo.com

ABSTRACT

There are several methods that can be used to predict discharge some future time, but the results still have relatively high error value. The use of models softcomputing a method that can be used to model a hydrological analysis such as forecasting discharge. Adaptive Neuro Fuzzy Inference System (ANFIS) is one softcomputing models that have proven reliability in conducting hydrological analysis as to forecast the flood discharge, and long reservoir inflow of seawater intrusion. Reliability ANFIS models need to be tested in the analysis of hydrological especially to predict discharge.

ANFIS models were built to predict discharge using the main data is data on Tapung river left in the year 2002-2012 (except on taun 2007). Then ANFIS foresees the discharge of each of the data sources and analyze the magnitude of the error forecasting results debit ANFIS models. Then the forecast results will be compared with the results of forecasting with ANN method.

Results discharge by using ANFIS models showed excellent results with test parameter value statistical correlation coefficient (R) of more than 0.75 are included in the category of correlation is very strong. To forecast results debit ANFIS models, yielding a value of correlation (R) of 0.99 while the forecast results debit ANN method produces a value of correlation (R) of 0.94903.

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

I. PENDAHULUAN

Latar Belakang

Sungai Siak adalah sebuah sungai yang terletak di Provinsi Riau, yang merupakan sungai terdalam di Indonesia. Kedalaman sungai siak dahulu mencapai 30 meter, namun akibat pendangkalan kini tinggal sekitar 18 meter. Daerah Aliran Sungai Siak sebagai bagian dari ruang yang memiliki karakteristik tersendiri, wilayahnya melintasi 4 kabupaten dan 1 kota yang merupakan satu kesatuan ekologis yang tidak dapat dipisahkan. Keempat kabupaten dan kota yang termasuk ke dalam wilayah DAS Siak adalah Kabupaten Rokan Hulu,

Kabupaten Kampar, Kota Pekanbaru, Kabupaten Bengkalis dan Kabupaten Siak.

DAS Siak secara keseluruhan terbagi ke dalam dua bagian sub DAS, yaitu bagian hulu dan bagian hilir. Sub DAS Siak bagian hulu salah satunya mencakup Sungai Tapung Kiri yang terletak di Kecamatan Tapung Kabupaten Kampar. Pencatatan data *Automatic Water Level Record* (AWLR) dan debit pada Sungai Tapung Kiri yang tersedia di Balai Wilayah Sungai Sumtera III belum dilakukan secara maksimal, sebab masih ditemukan data yang tidak lengkap dan juga dilakukannya pencatatan data secara

manual. Hal ini yang menjadi dasar bahwa sangat perlu dilakukan sebuah penelitian yang berkaitan dengan model hidrologi berupa *soft computing* agar dapat mengetahui besarnya debit yang mengalir di Sungai Tapung Kiri untuk beberapa hari kedepan.

Tujuan dari Penelitian ini melakukan pengolahan dan analisis data untuk menentukan Peramalan debit aliran sungai pada Sungai Tapung Kiri dengan model *Software Adaptive Neuro Fuzzy Inference System* (ANFIS) , serta dapat Mengimplementasikan metode ANFIS untuk analisis data runtun waktu, kemudian membandingkan dengan hasil analisis menggunakan metode *Artificial Neural Network* (ANN) untuk mengetahui kehandalan soft computing yang terbaik. Manfaat dari penelitian ini adalah sebagai metode alternatif dalam peramalan debit aliran sungai dan sebagai bahan referensi pada penelitian yang akan menganalisa masalah serupa ataupun lebih lanjut dalam masalah hidroteknik lainnya.

II. TINJAUAN PUSTAKA

Debit

Pengukuran debit dapat dilakukan secara langsung dan secara tidak langsung. Pengukuran debit secara langsung adalah pengukuran yang dilakukan dengan menggunakan peralatan berupa alat pengukur arus (*current meter*), pelampung, zat warna, dll. Debit hasil pengukuran dapat dihitung segera setelah pengukuran selesai dilakukan. Pengukuran debit secara tidak langsung adalah pengukuran debit yang dilakukan dengan menggunakan rumus hidrolika misal rumus *Manning* atau *Chezy*. Pengukuran dilakukan dengan cara mengukur parameter hidraulis sungai yaitu luas

penampang melintang sungai, keliling basah, dan kemiringan garis energi.

Teknis Pemodelan Menggunakan Pendekatan ANFIS

Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System (ANFIS) merupakan jaringan adaptif yang berbasis pada sistem kesimpulan *fuzzy* (*fuzzy inference system*). 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).

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;

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

ROI dan Epoch

ROI atau *range of influence* di ANFIS merupakan salah satu nilai pengatur dalam proses *running data* di ANFIS. ROI pada ANFIS terletak pada *toolbox* ANFIS di opsi pilihan "sub. clustering" dibagian data index "Generate FIS". Besarnya nilai ROI untuk pengatur proses *running data* ANFIS berkisar antara 0 sampai 1.

Epoch merupakan banyaknya jumlah iterasi atau pengulangan proses yang dilakukan oleh model ANFIS dalam melakukan *running data*. *Epoch* juga merupakan salahsatu fungsi pengatur model ANFIS dalam melakukan proses *running*. Pengaturan nilai *epoch* mempengaruhi hasil proses ANFIS tidak terlalu signifikan karena nilai *epoch*

hanya mengatur banyaknya iterasi yang dilakukan oleh model ANFIS. Pengaturan nilai *epoch* terdapat pada data index “Train FIS”. Nilai *epoch* berkisar antara 1 sampai tak terbatas.

Kriteria tingkat kesalahan menurut Arun Goel (2011) yaitu *Correlation Coefficient* (R). *Correlation Coefficient* (R) merupakan nilai perbandingan antara prediksi dengan nilai sebenarnya.

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

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

R = 0 : tidak ada korelasi antara 2 variabel,

0 < R ≤ 0,25 : korelasi sangat lemah,

0,25 < R ≤ 0,50 : korelasi cukup,

0,50 < R ≤ 0,75 : korelasi kuat,

0,75 < R ≤ 0,99 : korelasi sangat kuat,

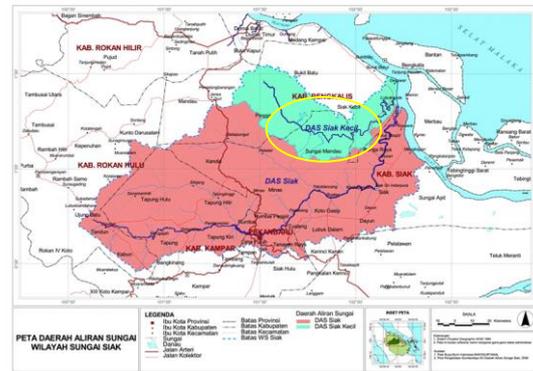
R = 1 : korelasi sempurna.

III. METODOLOGI PENELITIAN

Umum

Metode penelitian yang digunakan merupakan metode yang telah dikembangkan oleh Roger Jang pada tahun 1993 dari Universitas California, Amerika Serikat. Metode ini adalah sebuah sistem gabungan (*hybrid system*) antara logika *fuzzy* dan jaringan saraf tiruan yang menghasilkan Algoritma ANFIS. Secara keseluruhan metodologi disusun berdasarkan latar belakang penelitian, mengidentifikasi masalah, perumusan masalah dan tujuan utama dari penelitian ini sendiri Lokasi dalam penelitian ini adalah Sub DAS Siak Hulu, Sungai Siak, Provinsi Riau. Sungai Tapung Kiri yang termasuk dalam wilayah Tandun Kabupaten Rokan Hulu dan Kecamatan

Tapung Kiri Kabupaten Kampar. Peta Lokasi dapat dilihat pada Gambar 1.



Sumber: google

Gambar 1. Peta Lokasi Penelitian

Prosedur Penelitian

Tahapan-tahapan pekerjaan yang dilakukan pada penelitian ini ditunjukkan pada Gambar yang masing-masing tahap diuraikan berikut ini:

1) Pekerjaan pengumpulan data

Pengumpulan data pada penelitian ini didapat dari Balai Wilayah Sungai Sumatera III Provinsi Riau.

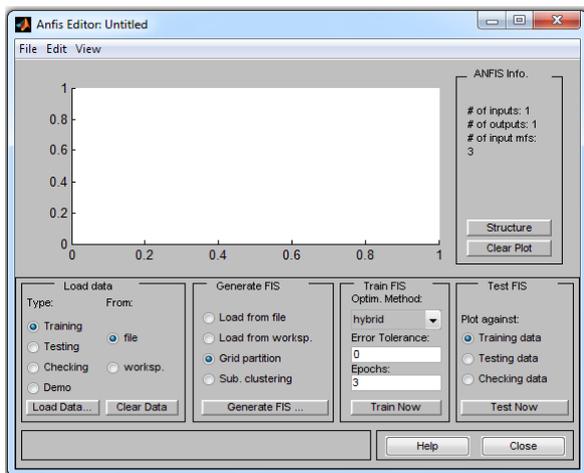
Adapun data yang didapat antara lain :

- a. *discharge hydrograph* pada stasiun *Automatic Water Level Record* (AWLR) Pantai Cermin yang mewakili Sungai Tapung Kiri tahun 2002 sampai 2008 (kecuali 2007).
- b. *stage hydrograph* pada stasiun *Automatic Water Level Record* (AWLR) Pantai Cermin untuk tahun 2009 sampai 2012 yang diubah menjadi *discharge hydrograph* menggunakan persamaan liku kalibrasi yang dikembangkan oleh Mahyudin (2013) menggunakan pendekatan Model ANFIS.

Sedangkan untuk proses pengembangan modelnya digunakan pengelompokan data sebagai berikut :

- untuk data pelatihan (*training*) digunakan data sebanyak 70% dari total data tahun 2002 sampai 2010 (kecuali tahun 2007),
- untuk data pengujian (*testing*) digunakan data sebanyak 30% dari total data tahun 2002 sampai 2010 (kecuali tahun 2007),
- untuk data validasi (*validation*) digunakan data sebanyak 100% dari total data tahun 2002 sampai 2010 (kecuali tahun 2007), dan
- data tahun 2011–2012 digunakan sebagai data pengujian hasil peramalan (simulasi).

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.

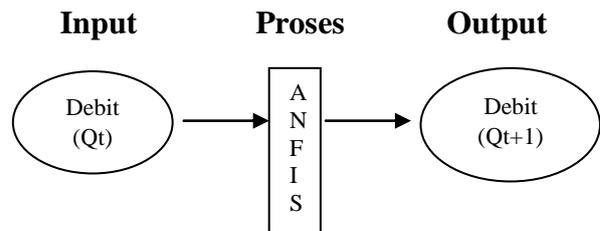


Gambar 3. ANFIS *Toolbox*

IV. ANALISA DAN PEMBAHASAN

Pembangunan Model

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) dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. .Konsep sederhana Pembangunan model ANFIS untuk meramalkan satu hari kedepan.

Skema Simulasi prediksi pembagian jumlah data adalah 70 : 30 total data (2002-2010) dibagi dalam 3 proses yaitu 70% data (2002-2010) untuk proses kalibrasi (*training*), sisa 30% (2002-2010) untuk proses verifikasi (*testing*) dan 100% data (2011-2012) untuk proses validasi (*checking data*). Total jumlah data adalah 3650, data 1 - 1788 ($\pm 70\%$) digunakan untuk proses kalibrasi dan data 766 - 2555 ($\pm 30\%$) digunakan untuk proses verifikasi, data validasi 1 – 730 (100%).

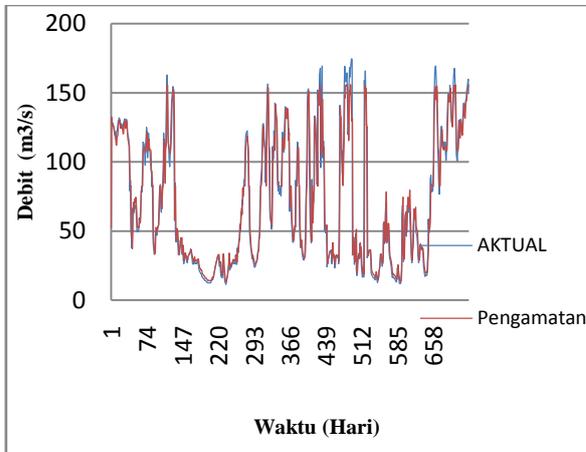
Pengujian Hasil Peramalan

Untuk melihat performa hasil ramalan yang telah dilakukan ini, maka dilakukan perhitungan nilai rata-rata kesalahan yang dihasilkan dan korelasi antara nilai prediksi dan pengamatan.

Tabel 1. Hasil perhitungan nilai R terhadap hasil peramalan ANFIS

FORMULA		MODEL ANFIS				
INPUT	OUTPUT	ROI	EPOCH	R		
				KALIBRASI	VERIFIKASI	SIMULASI
Q _t	Q _{t-1}	0,098	7000	0,873	0,999	0,95167
		0,095	7000	0,873	0,999	0,95167
		0,089	4000	0,873	0,999	0,95163
Q _t	Q _{t-2}	0,09	7000	0,817	0,91	0,89925
		0,092	7000	0,817	0,91	0,89927
		0,092	10000	0,753	0,999	0,84386
Q _t	Q _{t-3}	0,094	10000	0,753	0,999	0,84388
		0,085	10000	0,695	0,994	0,77317
		0,087	10000	0,693	0,996	0,79834
Q _t	Q _{t-4}	0,089	20000	0,693	0,996	0,7977

Dari tabel 1 dapat dilihat hasil peramalan untuk 1 hari ke depan (Q_{t+1}) level 1 dengan nilai ROI=0,098, nilai epoch=7000 dan nilai R=0,948 memiliki tingkat korelasi sangat kuat. Performa model cenderung menurun mulai Q_{t+1} sampai Q_{t+4} ditandai dengan berkurangnya nilai R. Performa model yang paling baik adalah dari Q_{t+1} sampai Q_{t+4} karena memiliki tingkat korelasi sangat kuat. Artinya peramalan dengan menggunakan gabungan Transformasi ANFIS untuk 1, 2, 3 dan 4 hari ke depan menghasilkan tingkat korelasi yang sangat kuat.



Gambar 4. Hasil Perbandingan Antara Debit Pengamatan dengan Debit Peramalan Model ANFIS untuk SKEMA 1.

Untuk hasil model maksimum yang didapat berdasarkan uji parameter statistik koefisien korelasi (R) pada model ANFIS dan ANN dapat dilihat pada tabel di bawah ini.

Tabel 2. Hasil Nilai Koefisien Korelasi (R) dari Model ANFIS dan ANN.

Tabel 2. Hasil Nilai Koefisien Korelasi (R) dari Model ANFIS dan ANN.

Skema Peramalan	ANFIS (R)	ANN (R)
Q _{t+1}	0.999	0.94903
Q _{t+2}	0.91	0.88912
Q _{t+3}	0.999	0.82771
Q _{t+4}	0.96	0.76211

Sumber: Hasil Program Excel

Dari keempat konfigurasi model yang telah dibuat yang dapat dilihat pada Tabel 4.16 di atas, dapat dilihat bahwa model ANN untuk skema pertama menghasilkan nilai R sebesar 0,94, kemudian skema kedua 0,88, untuk skema ketiga menghasilkan nilai sebesar 0,82 dan skema keempat menghasilkan nilai R sebesar 0,76. Dimana pada konfigurasi model ANFIS menghasilkan nilai R untuk skema pertama mendapatkan nilai R sebesar 0,99, lalu skema kedua mendapatkan nilai 0,91, selanjutnya pada skema ketiga didapat nilai 0,99 dan skema keempat memperoleh nilai R sebesar 0,96. Berdasarkan tabel di atas terlihat unjuk kerja yang lebih bagus dari model ANFIS terhadap model ANN pada setiap skema peramalan berdasarkan uji parameter statistik koefisien korelasi (R).

V. KESIMPULAN

1. Proses pembangunan model ANFIS menghasilkan nilai koefisien korelasi (R) tahap pelatihan adalah 0,873 dan pengujian adalah 0,99 serta validasi adalah 0,951. Maka untuk nilai korelasi yang diperoleh oleh metoda ANN adalah sebesar 0.94903 sedangkan untuk metoda ANFIS adalah sebesar 0,999 Berdasarkan klasifikasi nilai R, model tersebut mempunyai tingkat korelasi sangat kuat dengan nilai koefisien korelasi berada pada $0,75 < R \leq 0,99$.

2. Model ANFIS yang dibangun untuk memprediksi Debit beberapa hari kedepan pada tahun 2011- 2012 mempunyai tingkat keandalan yang sangat kuat dibandingkan dengan model ANN pada tinjauan kasus yang sama.

SARAN

Berdasarkan kesimpulan maka penulis merekomendasikan saran-saran sebagai berikut :

1. Penelitian berikutnya bisa dilakukan dengan menggunakan bantuan transformasi wavelet untuk menghilangkan *noise* pada data debit 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.

DAFTAR PUSTAKA

- Zadeh, Lotfi. 1992. *Fuzzy Logic*. Berkeley: University of California.
- Anonim. 2009. *Hidrograf*. Available at: <URL: <http://sipil-inside.blogspot.com/2009/10/hidrograf.html>> [Accessed 20 Maret 2015].
- Anonim. 2010. *Hidrometri*. Available at: <URL: <http://belajar-sipil.blogspot.com/2010/12/hidrometri.html>> [Accessed 20 Maret 2015].
- 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.
- Setiawati, E.P. 2009. *Penyusunan Model*. Bandung: Fakultas Kedokteran Universitas Padjajaran.
- Sri Harto. 1993. *Analisis Hidrologi*. Jakarta: Gramedia.
- Suprayogi, Imam. 2009. *Model Peramalan Instruksi 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 2015].
- Triatmodjo, Bambang. 2008. *Hidrologi Terapan*. Beta Offset: Yogyakarta.
- 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.