Repository University of Riau https://repository.unri.ac.id Hak cipta milik Universitas Riau

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan sumber:
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan Universitas Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Riau.

PENGEMBANGAN MODEL PERAMALAN INFLOW WADUK PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA AIR KOTOPANJANG MENGGUNAKAN PENDEKATAN ANFIS

Imam Suprayogi[1)], Nurdin[2)], Yohanna Lilis Handayani[3)], dan Ria Utami[4)]
[1,2] Dosen Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Riau
[3,4] Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Riau
e-mail : drisuprayogi@yahoo.com

Abstract

Prediksi inflow adalah sebuah kunci dalam perencanaan komponen, desain, operasi, pengembangan dan pemeliharaan Sumber Daya Air (SDA) yang tersedia. Model prediksi inflow memiliki banyak manfaat dalam aplikasi SDA seperti pengendali banjir, mencegah kekeringan dan mengoptimalkan operasi waduk untuk keberlanjutan sistem Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA). Tujuan utama penelitian adalah mengembangkan model untuk memprediksi inflow rata-rata harian pada Waduk PLTA Koto Panjang serta menguji keandalan model untuk dapat diterapkan di lapangan. Metode pendekatan yang digunakan dalam penelitian ini mengunakan metode yang dikembangkan oleh Roger Jang pada tahun 1993 dari Departemen Teknik Listrik dan Ilmu Komputer dari Universitas California, Amerika Serikat dengan melakukan pola penggabungan komponen Soft computing antara Fuzzy Logic dan Artificial Neural Network (ANN) yang lazim disebut algoritma Adaptive Neuro Fuzzy Inference System (ANFIS). Data yang dipergunakan untuk mengembangkan model prediksi inflow waduk PLTA Kotopanjang adalah data yang bersumber dari pencatatan data debit runtun waktu dari tahun 2007 – 2012 yang telah dilakukan oleh PT.PLN (Persero) KIT Sumbagut Sektor KIT Pekanbaru unit PLTA Kotopanjang. Komposisi data debit runtun waktu dari tahun 2007- 2010 sebanyak 70% untuk proses training data sedangkan 30% data debit untuk proses testing data. Selanjutnya data tahun 2011 dipergunakan untuk membangun model dan data debit runtun waktu tahun 2012 untuk proses prediksi data inflow waduk PLTA Kotopanjang. Hasil utama penelitian membuktikan bahwa hasil prediksi inflow Waduk PLTA Koto Panjang pada tahun 2012 menggunakan pendekatan algoritma ANFIS dengan nilai RMSE dan koefisien korelasi (r) berturut-turut sebesar 90 dan 0.64.

***Keywords** : model, peramalan, inflow, PLTA, ANFIS*

1. PENDAHULUAN

Bendungan Kotopanjang merupakan bendung eka guna (*single purpose)* sebagai pusat pembangkit listrik tenaga air yang memanfaatkan potensi air Sungai Kampar Kanan. Alur sungai Kampar Kanan tersebut di bendung untuk mengumpulkan dan menaikkan muka air agar diperoleh ketinggian muka air yang direncanakan dan besaran debit yang bisa diambil sepanjang tahun yang diperlukan untuk memutar turbin PLTA Kotopanjang. Bendungan Kotopanjang secara geografis terletak pada 100° 27’ BT – 100° 52’ BT dan 0° 15’ LU – 0° 22’ LU, tepatnya di Kecamatan Bangkinang, Kabupaten Kampar, Provinsi Riau. Luas daerah tangkapan air bendungan PLTA Kotopanjang sekitar 3.229 km^2, yang meliputi sebagian kecil di Kecamatan Bangkinang Barat dan Kecamatan Kampar Kiri Hulu, Kecamatan XIII Koto, Kabupaten Pasaman dan Kabupaten Limapuluh Koto Provinsi Sumatera Barat, sedangkan sungai-sungai yang mengalir ke waduk Kotopanjang ada enam buah yaitu sungai Kapur Nan Gadang, sungai Mahat, sungai Sadang, sungai Santa, sungai Takus dan sungai Binawang.

Repository University of Riau https://repository.unri.ac.id Hak cipta milik Universitas Riau
Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan sumber:
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan Universitas Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Riau.

Dikatakan oleh **Akbari (2012)** bahwa pada pertengahan bulan Juni 2006, PLN melakukan Teknik Modifikasi Cuaca (TMC) melalui hujan buatan untuk menambah debit air akibat surutnya debit air di PLTA Kotopanjang dan pada sat itu diduga muka air di PLTA Kotopanjang mencapai 73.8 mdpl berdampak turbin pembangkit listrik tidak bisa menghasilkan daya listrik bila air permukaan hanya mencapai 76.4 mdpl. Kondisi debit air PLTA Kotopanjang yang terus menurun membuat PLN terpaksa memadamkan sebagian pelanggan secara bergilir sejak akhir bulan Mei sampai Agustus. Dari kebutuhan total listrik untuk wilayah Riau Daratan sebesar 20 MW, PLTA Kotopanjang saat itu hanya mampu menghasilkan listrik sebesar 60 MW dari kapasitas maksimalnya sebesar 114 MW.

Masih dikatakan oleh **Akbari (2012)** bahwa karakter hujan di wilayah Sumatera bagian utara terbagi menjadi dua, yakni yang berada di sebelah Timur Bukit Barisan dan sebelah Barat Bukit Barisan. Curah hujan di sebelah Timur Bukit Barisan memiliki karakteristik curah hujan lebih rendah dibanding rata-rata keseluruhan wilayah Sumatera bagian Utara. Dan curah hujan di sebelah Barat Bukit Barisan memiliki karakteristik curah hujan lebih tinggi dibanding rata-rata keseluruhan wilayah Sumatera bagian Utara.

Isu terpenting dalam manajemen pengelolaan waduk PLTA Kotopanjang adalah besaran debit aliran masuk karena ia menentukan jumlah air yang akan dikeluarkan untuk menggerakkan turbin pembangkit listrik. Dipertegas oleh **Magar, dkk (2011)** bahwa prediksi inflow adalah sebuah kunci dalam perencanaan komponen, desain, operasi, pengembangan dan pemeliharaan sumber daya air yang tersedia. Model prediksi inflow memiliki banyak manfaat dalam aplikasi Sumber Daya Air (SDA) seperti pengendali banjir, mencegah kekeringan dan mengoptimalkan operasi waduk untuk keberlanjutan sistem PLTA.

Banyak fenomena keteknikan (*engineering*) dan alam yang sulit dan rumit, yang perlu didekati (diprediksi) dengan model fisik dan/atau model matematik sehingga dalam kesehariannya para ilmuwan akan selalu bergelut dengan pemodelan (*modeling)*. Dalam pemodelan, tentu mengandung ketidaksamaan atau kesalahan. Kesalahan tersebut mungkin dikarenakan skemanya, asumsi-asumsi, ataupun karena faktor manusianya **(Pratikto, 1999)**. Dikatakan ole **Iriawan (2005)** bahwa kesalahan merupakan bentuk ketidakberdayaan ilmuwan atas ketidakmampuannya dalam menerangkan seluruh fakta yang diperoleh merangkai dalam sebuah model. Tugas utama ilmuwan adalah bagaimana menerangkan suatu fakta/fenomena suatu model sedemikian hingga akan mempunyai kesalahan sekecil-kecilnya.

Pada dekade terakhir ini, model *softcomputing* sebagai cabang dari ilmu kecerdasan buatan (*artificial intelligence*) diperkenalkan sebagai alat peramalan seperti sistem berbasis pengetahuan (*knowledge based system*), sistem pakar (*expert system*), logika *fuzzy* (*fuzzy logic*), jaringan syaraf tiruan (*artificial neural network*) dan algoritma genetika (*genetic algorithm*) **(Purnomo, 2004).**

Masih dikatakan **Purnomo (2004)** bahwa dasar pemilihan model *softcomputing* sebagai *tool* dalam pemodelan sistem, model *softcomputing* memiliki keunggulan spesifik (generik) yang mampu bekerja pada sistem tak linier yang cukup sulit model matematikanya, serta fleksibilitas parameter yang dipakai yang biasa merupakan kendala pada *tool* yang lain dan karakteristik dari model berbasis pengetahuan dan pembelajaran tidak memiliki persamaan matematis karena sepenuhnya model dikendalikan oleh algoritma.

Adakalanya komponen-komponen utama dari *softcomputing*, saling

Hak cipta milik Universitas Riau
Repository University of Riau https://repository.unri.ac.id
Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan sumber:
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan Universitas Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Riau

dipadupadankan untuk mendapatkan algoritma yang lebih sempurna. Pada tahun 1993, Roger Jang dari Departemen Teknik Listrik dan Ilmu Komputer dari Universitas California, Amerika Serikat mengembangkan system *hybrid* (*hybrid system*) antara *fuzzy* logic dan *artificial neural network* yang menghasilkan system *neuro fuzzy* struktur *adaptive neuro fuzzy inference system* atau yang lebih dikenal algoritma ANFIS.

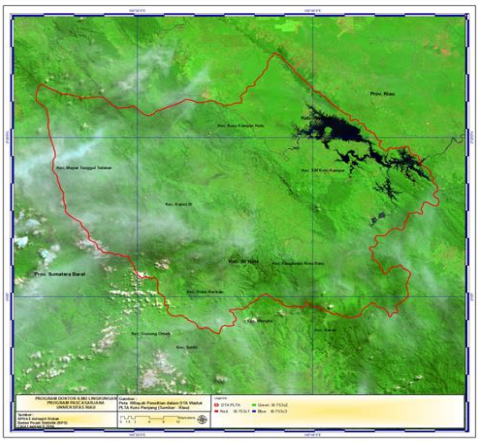
Lin dkk.,(2005) telah berhasil mengembangkan model ANFIS untuk meramalkan debit jangka panjang di PLTA Manwan. PLTA Menwan ini menggunakan Sungai Lancangjiang yang berawal dari dataran tinggi Qinghai Tibet dan berakhir di Laut Cina Selatan sebagai sumber daya airnya. Hasil penelitian Lin menunjukkan bahwa model ANFIS memberikan kinerja prediksi yang baik dengan korelasi antara nilai prediksi dan pengamatan adalah berturut-turut 0.89 dan 0.92.

Merujuk pada keberhasilan penelitian menggunakan ANFIS sebagai model peramalan inflow waduk, maka perlu untuk menguji keandalan model ANFIS untuk memprediksi inflow Waduk PLTA Koto Panjang mengingat pentingnya informasi adanya inflow yang cukup pada waduk ini setiap harinya agar PLTA Koto Panjang bisa terus beroperasi.

2. METODEPENELITIAN

Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian adalah PLTA Koto Panjang yang terletak di Desa Merangin Kecamatan XIII Koto Kampar, Kabupaten Kampar, Provinsi Riau disajikan seperti pada Gambar 1 di bawah ini



Gbr. 1. Lokasi Waduk PLTA Kotopanjang

Sumber : BPDAS Indragiri Rokan dan Hasil olahan

Konsep Model ANFIS

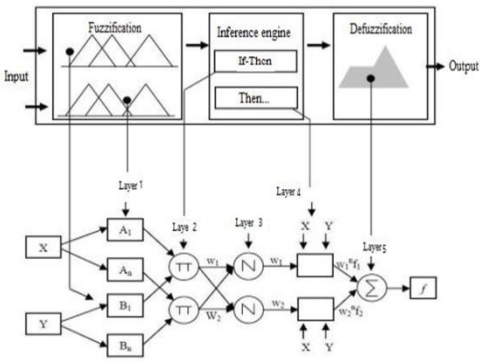
Menurut **Jang,dkk (1997),** misalkan ada 2 *input* x, y dan satu *output* z. Ada 2 aturan pada basis aturan model Sugeno :

Aturan 1 : If x is A_1 and y is B_1
then $f_1 = p_1x + q_1y + r_1$
Aturan 2 : If x is A_2 and y is B_2
then $f_2 = p_2x + q_2y + r_2$

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

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

Selanjutnya arsitektur jaringan ANFIS disajikan seperti pada Gambar 2 di bawah ini



Gbr. 2. Struktur Jaringan ANFIS

Arsitektur jaringan ANFIS menurut **Jang dkk., (1997)** terdiri dari lapisan-lapisan sebagai berikut.

Lapis 1.Tiap-tiap *neuron* i pada lapisan pertama adaptif terhadap parameter suatu fungsi aktivasi.

Hak cipta milik Universitas Riau
Repository University of Riau https://repository.unri.ac.id
Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan sumber:
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan Universitas Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Riau.

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:

$$\mu[x]=\frac{1}{1+\left|\frac{x-c}{a}\right|^{2b}} \quad (2)$$

dimana (a_i, b_i, c_i) adalah parameter-parameter. Jika nilai parameter-parameter ini berubah, maka bentuk kurva yang terjadipun akan ikut berubah. Parameter-parameter pada lapisan itu biasanya dikenal dengan nama *premise parameter*.

Lapis 2. Tiap-tiap *node* pada *layer* akan mengalirkan sinyal yang datang dan mengeluarkan hasil perkalian tersebut sebagai output. Sehingga *node function*-nya dirumuskan :

$\mu_{Ai}(x)x\mu_{Bi}(y)$, $i=1,2$

Masing-masing output *node* merepresentasikan *firing strength* suatu *rule*. *Node function* pada *layer* ini dapat menggunakan operator *T-norm* untuk melakukan operasi *AND*

Lapis 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.*

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

Hasil ini dikenal dengna nama *normalized firing strength.*

Lapis 4. Tiap-tiap *node* ke- *i* pada *layer* ini merupakan *node* kotak dengan *node function*:

$$O_i^4=\overline{w}f_i=\overline{w}_i(p_ix+q_iy+r_i)$$

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

Lapis 5. Tiap-tiap *node* pada *layer* merupakan *node* lingkaran yang berlabel S yang menghitung total output sebagai jumlah dari semua sinyal yang masuk:

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

Algoritma Pembelajaran ANFIS

Pada saat *premise parameters* ditemukan, *output* yang terjadi akan merupakan kombinasi linear dari *consequent* parameters, yaitu :

$$f=\frac{w_1}{w_1+w_2}f_1+\frac{w_2}{w_1\ w_2}f_2$$

$$f=\overline{w}_1(p_1x+q_1y+r_1)+\overline{w}_2(p_2x+q_2y+r_2)$$

$$f=(\overline{w}_1x)p_1+(\overline{w}_1y)q_1+(\overline{w}_1)r_1+(\overline{w}_2x)p_2+(\overline{w}_2y)q_2+(\overline{w}_2)r_2$$

adalah *linear* terhadap parameter *consequent* parameter p_1, q_1, r_1, p_2, q_2 dan r_2. Algoritma *hybrid* akan mengatur parameter-parameter p_i, q_i, r_i secara maju dan akan mengatur parameter-parameter (a_i, b_i, c_i) secara mundur. Pada langkah maju, input jaringan akan merambat maju sampai pada lapisan keempat, dimana parameter-parameter p_i, q_i, r_i akan diidentifikasi dengan menggunakan metode *least-square*. Sedangkan pada langkah mundur, *error* sinyal akan merambat mundur dan parameter -parameter (a_i, b_i, c_i) akan diperbaiki dengan menggunakan metode *gradient descent*. Meskipun dapat menggunakan algoritma *back propagation* atau *gradient descent* untuk meng identifikasi parameter - parameter

Repository University of Riau https://repository.unri.ac.id Hak cipta milik Universitas Riau
Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan sumber:
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan Universitas Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Riau.

pada suatu jaringan adaptif, namun biasanya penggunaan algoritma ini membutuhkan waktu relatip lebih lama untuk konvergen. Selanjutnya pada tahun 1997 Jang menggabungkan antara *steepest descent* dan *least square estimator* untuk mengidentifikasi parameter-parameter linier.

Kebutuhan Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data sekunder yang berupa data inflow Waduk PLTA Kotopanjang yang telah dilakukan oleh PT.PLN (Persero) KIT Sumbagut Sektor KIT Pekanbaru unit PLTA Kotopanjang dari tahun 2007- 2012. Adapun distribusi data tersebut yaitu:

1. Tahap pengembangan model, 70% dari total data inflow tahun 2007 - 2010 digunakan sebagai data pelatihan (*training data*) dan 30% lagi digunakan sebagai data pengujian (*testing data*). Kemudian seluruh data tahun 2007 - 2010 digunakan sebagai data simulasi untuk melihat hasil proses pelatihan dan testing data pada tahap pengembangan model secara keseluruhan.
2. Data tahun 2007-2010 juga digunakan sebagai data validasi (*validation*) yang aturan modelnya akan diterapkan untuk membangun model ANFIS menggunakan data tahun 2011.
3. Data tahun 2012 merupakan data yang akan digunakan untuk kebutuhan prediksi inflow waduk satu hari ke depan menggunakan aturan model ANFIS

Uji Ketelitian Model

Uji ketelitian model dilakukan menggunakan uji parameter statistik koefisien korelasi (R) yang mengikuti persamaan sebagai berikut :

$$r = \frac{\sum_{i=1}^{i=N} Q_p Q_m}{\left[\sum_{i=1}^{i=N} \Delta Q_p{}^2 \sum_{i=1}^{i=N} \Delta Q_m{}^2\right]^{1/2}}$$

$\Delta Q_p = Q_{pi} - \bar{Q}_p$ dan $\Delta Q_{mi} = Q_{mi} - \bar{Q}_{mi}$ Dengan Q_p adalah debit pengukuran (m^3/dt), Q_m adalah debit model (m^3/dt) dan n adalah jumlah sampel.

Klasifikasi kekuatan derajat hubungan berdasarkan hasil nilai koefisien korelasi disajikan seperti pada Tabel 1 di bawah ini.

Tabel 1. Penetapan Nilai Koefisien Korelasi (r)

Nilai Koefisien Korelasi (R)	Derajat Hubungan
r=0	Tidak Ada Korelasi
0<r<0.25	Korelasi Sangat Lemah
0.25<r<0.50	Korelasi Cukup
0.50<r<0.75	Korelasi Kuat
0.50<r<0.75	Korelasi Sangat Kuat
r=1	Sempurna

Sumber : Suwarno, 1999

2. *Root Mean Square Error* (RMSE)
   RMSE merupakan besarnya tingkat kesalahan hasil prediksi, dimana semakin kecil (mendekati 0) nilai RMSE maka hasil prediksi akan semakin akurat. Nilai RMSE dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut.

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum (X - Y)^2}{n}}$$

Dengan n =Jumlah data.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Perancangan Model ANFIS

Perancangan arsitektur jaringan sistam *neuro fuzzy* dengan struktur ANFIS digunakan pola hubungan antara input-output yang diambil dari data inflow Waduk PLTA Koto Panjang dari tahun 2007-2010. Pola hubungan antara input dan output data inflow yang digunakan untuk membangun model ANFIS ini kemudian disusun secara *time series* dengan formula matematisnya disajikan seperti pada persamaan di bawah ini.

$$Q_{t+1} = f(Q_t)$$

Hak cipta milik Universitas Riau
Repository University of Riau https://repository.unri.ac.id
Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan sumber:
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan Universitas Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Riau.

$$Q_{t+1} = f(Q_{t-1}, Q_t)$$
$$Q_{t+1} = f(Q_{t-2}, Q_{t-1}, Q_t)$$
$$Q_{t+1} = f(Q_{t-3}, Q_{t-2}, Q_{t-1}, Q_t)$$

Dengan Q_t adalah inflow pada saat t (m^3/dt), Q_{t-1} adalah inflow pada saat t-1 (m^3/dt), Q_{t-2} adalah inflow pada saat t-2 (m^3/dt), Q_{t-3} adalah inflow pada saat t-3 (m^3/dt) dan Q_{t+1} adalah inflow pada saat t+1 (m^3/dt). Selanjutnya skema model untuk berbagai variasi jumlah input yang diujicobakan untuk membangun model ANFIS pada penelitian ini disajikan seperti Tabel 2 di bawah ini

Tabel 2. Skema Model ANFIS

Skema Model	Input Model	Output Model
1	Q_t	Q_{t+1}
2	Q_t , Q_{t-1}	Q_{t+1}
3	Q_t , Q_{t-1}, Q_{t-2}	Q_{t+1}
4	Q_t , Q_{t-1}, Q_{t-2}, Q_{t-3}	Q_{t+1}

Dikatakan **Suprayogi (2009)** bahwa ada dua tahap yang sangat penting pada proses prediksi menggunakan sistem *neuro fuzzy* algoritma ANFIS yaitu proses training data dan proses data. Aplikasi dengan sistem *neuro fuzzy* struktur ANFIS membutuhkan data training dan data testing. Keduanya berisi pola *input/output*. Jika training data dipergunakan untuk melatih struktur ANFIS, testing data digunakan untuk menilai unjuk kerja struktur ANFIS.

Proses Training Data

Training data dipergunakan untuk melatih struktur ANFIS. Pada penelitian ini dilakukan menggunakan data training sebanyak 70% dari serangkaian data debit tahun 2002 – 2010 yang diambil dari data inflow Waduk PLTA Kotopanjang yang telah dilakukan oleh PT.PLN (Persero) KIT Sumbagut Sektor KIT Pekanbaru unit PLTA Kotopanjang Adapun hasil selengkapnya proses training data menggunakan program bantu MATLAB 7.0 disajikan seperti Tabel 3 di bawah ini.

Tabel 3. Skema Model ANFIS $Q_{t+1} = f(Q_{t-2}, Q_{t-1}, Q_t$

Skema	ROI	R	RMSE
1	0.00005	1	2.89
2	0.0004	1	0.000118
3	0.080	1	0.000008
4	0.09	1	0.000006

Sumber: Hasil *Running* Program MATLAB

Proses Testing Data

Testing data digunakan untuk menilai unjuk kerja struktur ANFIS. Data yang digunakan adalah sebanyak 30% dari serangkaian data debit tahun 2002 – 2010 yang diambil dari data inflow Waduk PLTA Kotopanjang yang telah dilakukan oleh PT.PLN (Persero) KIT Sumbagut Sektor KIT Pekanbaru unit PLTA Kotopanjang. Adapun hasil selengkapnya proses testing data menggunakan program bantu MATLAB 7.0 selengkapnya disajikan seperti Tabel 4 di bawah ini.

Tabel 4. Skema Model ANFIS

Skema	R	RMSE	Korelasi
1	0.29	204.61	Cukup
2	0.33	194.13	Cukup
3	0.57	154.81	Kuat
4	0.53	165.78	Kuat

Sumber: Hasil *Running* Program MATLAB

Proses Simulasi Data

Merujuk pada hasil testing data yang disajikan pada Tabel … di atas, maka model dengan skema 1 dan 2 mengindikasikan pencapaian hasil korelasi pada tingkat cukup sedangkan model skema 3 dan skema 4 menjadi skema terpilih karena memiliki hasil klasifikasi korelasi cenderung kuat.

Adapun data yang digunakan adalah sebanyak 100% dari serangkaian data debit tahun 2002 – 2011 yang diambil dari data inflow Waduk PLTA Kotopanjang yang telah dilakukan oleh PT.PLN (Persero) KIT Sumbagut Sektor KIT Pekanbaru unit PLTA Kotopanjang. Adapun hasil selengkapnya proses simulasi data menggunakan program

bantu MATLAB disajikan seperti pada Tabel 5 di bawah ini.

Tabel 5. Skema Model ANFIS

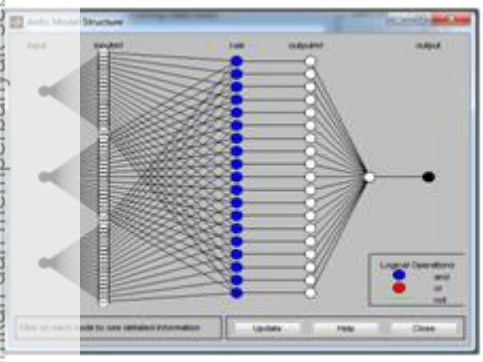
Skema	R	RMSE	Korelasi
3	0.85	90.31	Sangat Kuat
4	0.82	98	Sangat Kuat

Sumber: Hasil *Running* Program MATLAB

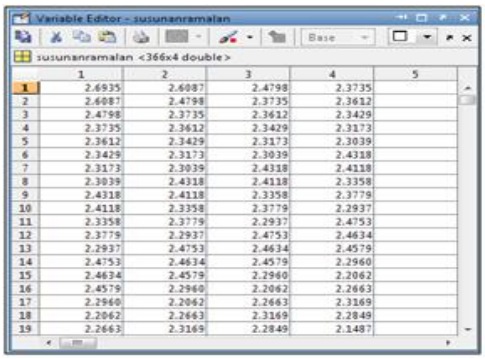
Masih merujuk dari Tabel 5 di atas, maka skema 3 merupakan skema yang terpilih karena menghasilkan unjuk kerja uji statistik RMSE yang kecil dan koefisien korelasi mendekati nilai satu pada tahapan proses simulasi data. Oleh karena itu, model ANFIS skema 3 ditetapkan sebagai model yang akan digunakan untuk meramalkan inflow Waduk PLTA Koto Panjang pada tahun 2012.

Penerapan Model ANFIS

Penerapan model ANFIS Skema 3 dengan pola 3 data input menggunakan data inflow tahun 2012 yang bersumber dari data inflow Waduk PLTA Kotopanjang yang telah dilakukan oleh PT.PLN (Persero) KIT Sumbagut Sektor KIT Pekanbaru unit PLTA Kotopanjang untuk kebutuhan peramalan satu hari ke depan menggunakan program bantu MATLAB 7.7. Susunan input-output data inflow Waduk PLTA Koto panjang tahun 2012 disajikan seperti disajikan pada Gambar 2 di bawah ini.

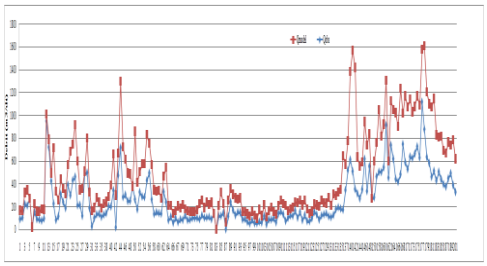


Gbr2. Skema Model 3 dengan Pola 3 input (Q_{t-2}, Q_{t-1},Q_t) dan 1 output (Q_{t+1})



Gbr. 3.Pola 3 input (Q_{t-2}, Q_{t-1},Q_t) dan 1 output (Q_{t+1})

Perbandingan antara hasil ramalan inflow (Q_m) menggunakan aturan MAFIS2 dengan inflow pengamatan (Q_{obs}) Waduk PLTA Koto Panjang tahun 2012 untuk selanjutnya disajikan seperti pada Gambar 4 di bawah ini.



Gbr 4. Perbandingan Inflow Prediksi (Q_m) MAFIS2 dengan Inflow Pengamatan (Q_{obs}) Waduk PLTA Koto Panjang tahun 2012

Selanjutnya dengan merujuk dari Gambar 4 di atas menyatakan bahwa perbedaan yang signifikan banyak terjadi pada musim penghujan yaitu pada bulan Oktober-April. Perbedaan ini bisa disebabkan oleh perubahan iklim seperti terjadinya perbedaan pola curah hujan antara tahun 2011 dan 2012 maupun perubahan lainnya seperti perubahan pada *catchment area*.

Perbedaan yang sangat signifikan pada hasil ramalan inflow tahun 2012 menggunakan MAFIS2 terjadi pada prediksi inflow tanggal 11 November 2012. Pada tanggal tersebut prediksi inflow menggunakan aturan MAFIS2 adalah 1159.86 m^3/dt sedangkan inflow sebenarnya yang terjadi adalah 516.14 m^3/dt. Hal ini bisa terjadi dikarenakan

Hak cipta milik Universitas Riau
Repository University of Riau https://repository.unri.ac.id
Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan sumber:
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan Universitas Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Riau.

Hak cipta milik Universitas Riau
Repository University of Riau https://repository.unri.ac.id
Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan sumber:
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan Universitas Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Riau.

adanya pola data input yang sama (antara data inflow 2011 yang digunakan untuk kalibrasi dengan data inflow 2012 yang akan diramalkan) tetapi memiliki nilai output yang bebeda sehingga ketika dilakukan peramalan inflow tahun 2012, hasil ramalan menjadi tidak akurat.

Selanjutnya performa hasil ramalan yang telah dilakukan dicari nilai rata-rata kesalahan yang dihasilkan dan korelasi antara nilai inflow prediksi (Q_m) dan nilai inflow hasil pengamatan (Q_{obs}) PLTA Kotopanjang menggunakan bantuan program *Microsoft Excel* maka akan diperoleh nilai hasil RMSE tahun 2012 sebesar 165.95 sedangkan nilai koefisien korelasi (r) sebesar 0.64 yang diklasifikasikan memiliki derajat korelasi hubungan yang kuat.

Merujuk hasil uji parameter statistik RMSE dan koefisien korelasi dengan mendasarkan aturan model ANFIS yang telah terbentuk ini bisa digunakan untuk meramalkan inflow hari berikutnya dan seterusnya dengan memasukkan data inflow 3 hari sebelumnya (Q_{t-2}, Q_{t-1} dan Q_t) sebagai input sehingga akan diperoleh prediksi inflow satu hari ke depan (Q_{t+1}) untuk dapat memberikan informasi besaran inflow yang akan tersedia pada Waduk PLTA Koto Panjang guna pengoperasian turbin. Ketika nilai prediksi inflow satu hari ke depan (Q_{t+1}) menunjukkan nilai kurang lebih setara 110 m^3/dt, maka bisa segera dilakukan persiapan pelaksanaan Teknologi Modifikasi Cuaca (TMC) semisal hujan buatan untuk mengantisipasi kejadian proses tidak beroperasinya turbin manakala nilai debitnya kurang dari 110 m^3/dt .

4. KESIMPULAN

Berdasarkan analisis dan pembahasan di atas, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut.

1. Pada tahap membangun model ANFIS melalui serangkain pentahapan training data dengan nilai pencocokan parameter *range of influence* (ROI) sebesar 0.08 akan diperoleh nilai r dan RMSE berturut-turut 1 dan 8 x 10^{-5}
2. Sedangkan pada tahap testing dan simulasi data membuktikan bahwa model ANFIS untuk skema 3 dengan menggunakan pola tiga input model dan satu output prediksi inflow waduk untuk satu hari ke depan menghasilkan uji parameter statistik terbaik menggunakan RMSE berturut – turut 154.77 dan 90.31 sedangkan nilai koefisien korelasi berturut-turut adalah 0.57 dan 0.82
3. Model ANFIS yang telah dibangun divalidasikan menggunakan data inflow Waduk PLTA Koto Panjang Tahun 2011. Aturan model ANFIS skema 3 yang telah divalidasi digunakan untuk meramalkan inflow Waduk PLTA Koto Panjang tahun 2012. Hasil peramalan inflow Waduk PLTA Koto Panjang menggunakan model ANFIS skema 3 memberikan korelasi yang kuat dengan nilai sebenarnya yaitu 0,64 sehingga model bisa diterapkan untuk kebutuhan peramalan inflow waduk PLTA Kotopanjang.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Ketua Pusat Studi Lingkungan Hidup (PSLH) Universitas Riau yang telah berkenan memberi kepercayaan kepada tim hidrologi berkenaan kajian akan Keberlanjutan PLTA Kotopanjang kerjasama antara PSLH Universitas Riau, PLN, PSLH Universitas Andalas Padang, serta PT.PLN (Persero) KIT Sumbagut Sektor KIT Pekanbaru unit PLTA Kotopanjang yang telah berkenan memberikan informasi dan data runtun waktu inflow debit untuk kebutuhan prediksi inflow waduk ke PLTA Kotopanjang .

5. REFERENSI

[1]Akbari D., 2012, *Peranan Curah Hujan Terhadap Penurunan Debit*

Hak cipta milik Universitas Riau
Repository University of Riau https://repository.unri.ac.id
Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan sumber:
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan Universitas Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Riau.

Waduk PLTA Koto Panjang [online]. Program Studi Meteorologi Fakultas Ilmu dan Teknologi Kebumian, Institut Teknologi Bandung.Available at:URL:http://www.meteo.itb.ac.id/wpcontent/uploads/2013/05/1280803-sec.pdf [Accessed 1 Agustus 2013].

[2]Magar, R.B, dkk., 2011, *Intermittent Reservoir Daily Inflow Prediction Using Lumped and Distributed Data Multi-Linear Regression Model*. Journal of earth system science. 120(6): 1067-1084.

[3] Pratikto, W.A., 1999, *Aplikasi Pemodelan Di Teknik Kelautan*, Pidato Pengukuhan Untuk Jabatan Guru Besar Dalam Bidang Aplikasi Numerik dan Mekanika Fluida Pada Jurusan Teknik Kelautan Fakultas Teknik Kelautan (FTK) Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.

[4] Iriawan, N., 2005, *Pengembangan Simulasi Stokhastik Dalam Statistika Komputasi Data Driven*, Pidato Pengukuhan Untuk Jabatan Guru Besar Dalam Bidang Statistik Komputasi dan Proses Stokhastik Pada Jurusan Statistik Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam (MIPA) Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya

[5]Purnomo, M.H., 2004, *Teknologi Soft Computing : Prospek dan Implementasinya Pada Rekayasa Medika dan Elektrik*, Pidato Pengukuhan Untuk Jabatan Guru Besar Dalam Ilmu *Artificial Intelligent* Pada Fakultas Teknologi Industri (TI) Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.

[6]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.

[7]Jang, J.S.R., Sun C.T. dan Mizutani, E., 1997, *Neuro Fuzzy and Soft Computing*. Prentice Hall, London.

[8] Suwarno, 1999, *Statistika Untuk Hidrologi*. Bandung : PT.Nova.

[9]Suprayogi, I., 2009, Model Peramalan Instrusi Air Laut di Estuari Menggunakan Pendekatan Softcomputing, *Disertasi Doktor*, Surabaya: Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Jurusan Teknik Sipil Bidang Keahlian Manajemen dan Rekayasa Sumberdaya Air Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS).

Repository University of Riau https://repository.unri.ac.id Hak cipta milik Universitas Riau

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan sumber:
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan Universitas Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Riau.