

MODEL HUBUNGAN ANTARA TINGGI MUKA AIR-DEBIT MENGGUNAKAN PENDEKATAN ADAPTIVE NEURO FUZZY INFERENCE SYSTEM (ANFIS)

(Studi Kasus : Pos Duga AWLR Stasiun Pantai Cermin)

Naufal Muhammad Fahmi¹⁾, Imam Suprayogi²⁾, Manyuk Fauzi²⁾

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

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

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

Email: Naufalmhdfahmi@student.unri.ac.id

Abstract

Rating Curve is a equation to describe correlation between of the stage-discharge in AWLR (Automatic Water Level Recorder). This equation (formula) is important for the planning of water resources and hidrology model. The equation in AWLR on the site Pantai Cermin Surb-Watershed Siak Hulu in years of 2002-2009 is not-available because it hasn't data of the rating curve equation based on it, This research was developed to predict the rating curve equation on the site Pantai Cermin.

This Research using Matlab R2013a software as a tool with ANFIS Sugeno Model. The data in ANFIS Sugeno Model using combination between data of stage-discharge in years of 2002-2006. The output of that is the data discharge in year of 2008. Result of this research with using of these data that it consist of 70% of the training data, 30% of the testing data, and 100% of validation data is a very good of the correlation value. The correlation values of this research are 0.99999, 0.99998, and 0.99999. The equation of the rating curve in 2009 is the $Q=22,279 \times H^{1,3036}$ with the correlation value $R=0,9999587$.

Keyword : Rating Curve, ANFIS, Model Sugeno, Site of Pantai Cermin.

A. PENDAHULUAN

Liku kalibrasi merupakan teknik dasar yang digunakan dalam perhitungan debit seperti perencanaan sumber daya air, penanganan sedimen dan model hidrologi (Ghimie and Reddy, 2010).

Penelitian tentang analisis liku kalibrasi telah dilakukan oleh oleh Atiaa (2015) dengan memprediksi persamaan liku kalibrasi di Stasiun Pengukuran di Sungai Gharraf, Selatan Iraq menggunakan *input combination* dari data tinggi muka air dan data debit dengan pendekatan ANN algoritma *backpropagation*. Hasil yang didapatkan $R=0,88$ dan tergolong kedalam nilai koefisien korelasi sangat kuat. Sehingga dari penelitian ini dapat dipakai untuk menganalisis persamaan liku kalibrasi di sungai-sungai yang ada di Indonesia termasuk Sub DAS Siak Provinsi Riau.

Masalah yang terjadi di Sub Das Siak terutama pada Stasiun Pantai Cermin ialah pada tahun 2009 tidak tersedianya liku kalibrasi dan hanya tersedia data hubungan tinggi muka air sebagai fungsi waktu. Mengingat peranan penting yang dimiliki oleh sungai Siak untuk perkembangan wilayah dan ekonomi di Provinsi Riau. Mengharuskan adanya sebuah manajemen yang baik dalam pengolahan di Sungai Siak terutama pengolahan data yang lengkap seperti persamaan liku kalibrasi setiap tahunnya. Penelitian mengenai analisis liku kalibrasi di Stasiun Pantai Cermin telah dilakukan oleh Mahyudin (2013) menggunakan model Jaringan Syaraf Tiruan menghasilkan nilai korelasi $R=0,99$ dan termasuk kedalam tingkat korelasi yang tergolong kuat Namun dalam penelitian Mahyudin (2013) hanya memakai single input dan single output serta jumlah iterasi yang terlalu banyak. Sehingga untuk

mengurangi kelemahan tersebut maka dirasa perlu untuk mencoba memakai metode softcomputing yang lain seperti metode *Adaptive Neuro Fuzzy Inference System* (ANFIS).

Penggunaan Metode ANFIS dalam meramalkan model hidrologi mempunyai performa yang cukup baik. Hal ini dibuktikan dengan penelitian yang dilakukan oleh Sari (2015) untuk meramalkan pasang surut pada pelabuhan Tanjung Buton Siak dengan menggunakan metode ANFIS menghasilkan nilai korelasi $R=0,87$. Dan Masfufa (2016) menggunakan metode ANFIS untuk meramalkan debit dan menganalisis data runtun waktu di Sungai Tapung Kiri menghasilkan nilai korelasi $R=0,99$.

Dengan keberhasilan yang dilakukan oleh beberapa peneliti dalam meramalkan model hidrologi menggunakan metode ANFIS, maka dalam penelitian ini akan menguji tingkat keandalan metode *Adaptive Neuro Fuzzy Inference System* (ANFIS) untuk mencari persamaan liku kalibrasi (*Rating Curve*) pada Sungai Siak Sub DAS Siak Pantai Cermin Tahun 2009 dan memakai skema *input combination* yang dikembangkan oleh Atiaa (2015), dimana menggunakan kombinasi dari data debit dan data konversi tinggi muka air.

B. TINJAUAN PUSTAKA

Adapun tinjauan pustaka ini dapat dilihat di bawah ini:

B.1 Liku Kalibrasi (*Rating Curve*)

liku kalibrasi (*Rating Curve*) diperoleh dengan mengkorelasikan dua variabel yaitu tinggi muka air dan debit di stasiun hidrometri menggunakan Hubungan grafis. Hubungan grafis antara variabel tinggi muka air dan debit dapat dilakukan dengan menghubungkan titik-titik pengukuran dengan garis lengkung di atas kertas logaritmik. Persamaan liku

kalibrasi dapat diperoleh dengan persamaan sbb: (Sri Harto, 2000)

$$Q = A(H + \Delta H)^B$$

Dengan :

Q = debit ($m^3/detik$),

A,B = tetapan,

H = tinggi muka air (m),

ΔH = angka koreksi, antara nol papan duga dan angka papan duga dengan $Q=0$.

B.2 *Adaptive Neuro Fuzzy Inference System* (ANFIS)

ANFIS (*Adaptive Neuro Fuzzy Inference System* atau *Adaptive Network-based Fuzzy Inference System*) adalah arsitektur yang secara fungsional sama dengan *fuzzy rule base* model sugeno (Kusumadewi, 2003).

Menurut Jang, dkk (1997), Misalkan ada 2 *input* yaitu X_1 dan X_2 serta satu *output* Y, maka dalam model Sugeno ada aturan dalam pemodelan yaitu :

1. Jika x_1 adalah A_1 dan x_2 adalah B_1 .

$$y_1 = C_{11}x_1 + C_{12}x_2 + C_{10}$$

2. Jika x_1 adalah A_1 dan x_2 adalah B_2 .

$$y_2 = C_{21}x_1 + C_{22}x_2 + C_{20}$$

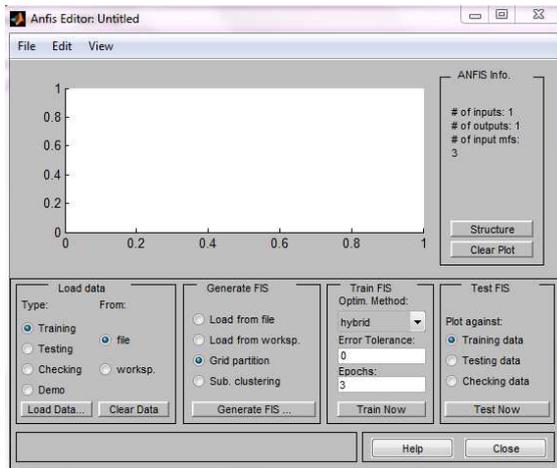
Jika α predikat untuk aturan ke dua aturan adalah w_1 dan w_2 , maka dapat dihitung rata-tara terbobot :

$$y = \frac{w_1y_1 + w_2y_2}{w_1 + w_2} = \bar{w}_1y_1 + \bar{w}_2y_2$$

B.3 Pemodelan ANFIS (MATLAB)

Matlab (*Matrix Laboratory*) merupakan sebuah pemrograman matematika lanjutan dengan dasar pemikiran menggunakan sifat dan bentuk matriks. Untuk melihat fungsi ANFIS dalam matlab bisa membuat "anfisedit"

pada command di matlab seperti terlihat pada Gambar 1.



Gambar 1 Tampilan ANFIS Pada Matlab

B.4 ROI dan Epoch

Roi atau *Range Influence Range* merupakan salah satu nilai pengatur pada proses *Running* data. Rentang nilai pada ROI berkisar antara 0 sampai 1.

Epoch merupakan banyaknya jumlah iterasi yang akan digunakan pada proses *Running* data. Rentang untuk nilai epoch berkisar 1 hingga tak terbatas. Besarnya jumlah iterasi yang diberikan akan berdampak pada nilai *error* yang diberikan, makin banyak jumlah Epoch yang diberikan maka nilai *error* RMSE akan semakin kecil.

B.5 Kriteria Tingkat Kesalahan

Menurut Arun Goel (2011), ada 2 kriteria tingkat kesalahan yaitu *correlation coefficient* (R) merupakan perbandingan antara hasil prediksi dengan nilai yang sebenarnya dan *Root Mean Square Error* (RMSE) merupakan besarnya tingkat kesalahan hasil prediksi akan semakin akurat. Adapun persamaan R adalah sebagai berikut :

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

Dalam melakukan interpretasi mengenai kekuatan hubungan antara dua variabel dibuat kriteria dari pengukuran statistik kovarian atau asosiasi antara dua variabel sebagai berikut.

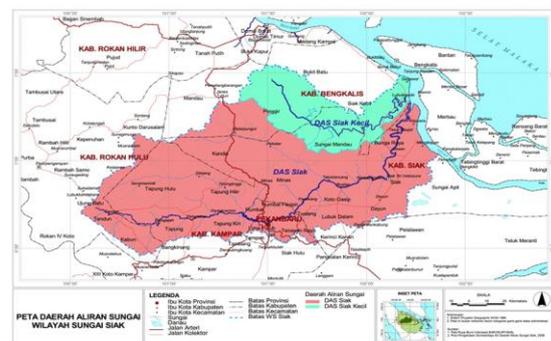
$R = 0$	Tidak ada korelasi antara dua variabel
$0 < R \leq 0,25$	Korelasi sangat lemah
$0,25 < R \leq 0,50$	Korelasi cukup
$0,50 < R \leq 0,75$	Korelasi Kuat
$0,75 < R \leq 0,99$	Korelasi Sangat Kuat
$R = 1,00$	Korelasi Sempurna

C. METODOLOGI PENELITIAN

Metode penelitian ini dikembangkan oleh A. M. Atiaa dari Universitas Basra, Selatan Irak yaitu membuat sebuah model hubungan debit dan tinggi muka air menggunakan teknik *M5P Decision Tree* dan *TS Fuzzy* untuk menghasilkan persamaan liku kalibrasi (*Rating Curve*).

C.1 Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian adalah Sungai Siak Sub DAS Siak Hulu Stasiun Pantai Cermin Kecamatan Tapung Kabupaten Kampar Provinsi Riau dengan Lokasi Geograsi 00'35'24'' LS / 101'11'46'' BT dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2 Peta Lokasi Stasiun Pantai Cermin

(Sumber : Peta Rupa Bumi Bakosurtanal dan Keppres No. 12)

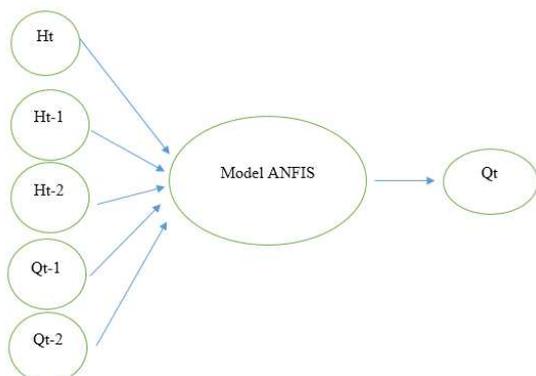
C.2 Pengelompokkan Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data AWLR Stasiun Pantai Cermin Sungai Tapung Kiri berupa data debit dan data konversi tinggi muka air dari tahun 2002–2008 (kecuali tahun 2007). Adapun distribusi pengelompokkan data yaitu sebagai berikut :

1. 70 % data debit dan data konversi tinggi muka air Stasiun Pantai Cermin tahun 2002-2006 digunakan sebagai data pelatihan (*training*),
2. 30 % data debit dan data konversi tinggi muka air Stasiun Pantai Cermin tahun 2002-2006 digunakan sebagai data pengujian (*testing*),
3. 100 % data debit dan data konversi tinggi muka air Stasiun Pantai Cermin tahun 2002-2006 digunakan sebagai data validasi (*validation*),
4. Data tahun 2008 digunakan sebagai data prediksi untuk tahun 2009.

C.2 Pembangunan Model ANFIS

Model yang dibangun adalah mekanisme *Fuzzy Inference Sytem* yang digambarkan dalam sistem *Adaptive Neuro Fuzzy Inference System (ANFIS)*. Adapun skema model ANFIS dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Skema Model ANFIS

Dengan menggunakan skema tersebut maka dibuat suatu kombinasi antara data debit dan data tinggi muka air pada Tabel 1.

Tabel 1. Kombinasi Model ANFIS

Model	Kombinasi	Variabel
	Input	Output
1	Ht	Qt
2	Ht, Qt-1	Qt
3	Ht-1, Ht, Qt-1	Qt
4	Ht-1, Ht, Qt-2, Qt-1	Qt
5	Ht-2, Ht-1, Ht, Qt-2, Qt-1	Qt

D. HASIL DAN PEMBAHASAN

Adapun hasil dan pembahasan adalah sebagai berikut:

D.1 Pembangunan Model ANFIS

Susunan data yang digunakan dalam membangun model ANFIS ialah untuk proses *training* atau pelatihan menggunakan 70% dari data debit tahun 2002-2006, Proses *testing* atau pengujian menggunakan 30% dan untuk proses validasi menggunakan 100% data.

D.2 Hasil Running Model ANFIS

Hasil data yang diperoleh dari program ANFIS merupakan hasil yang didapat dari proses pelatihan, pengujian dan validasi. Dalam proses *Running* membutuhkan variasi antara nilai nilai ROI dan Epoch yang merupakan parameter ANFIS yang bertujuan untuk memberikan nilai korelasi (R) dan RMSE terbaik.

Data yang digunakan untuk proses pelatihan ini adalah 70% dari data debit dan data tinggi muka air tahun 2002-2006. Adapun hasil proses pelatihan setiap kombinasi disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Proses Pelatihan

Kombinasi	ROI	Epoch	Korelasi (R)	RMSE
1	0,12	2000	0,999999	0,068515
2	0,12	2000	0,999995	0,165849
3	0,1	500	0,999934	0,60096
4	0,2	2000	0,999886	0,790568
5	0,2	2000	0,999833	0,957656

Pada tahap pengujian susunan data kombinasi yang digunakan sama dengan proses pelatihan namun urutan datanya

dimulai dari data ke 1277 hingga data ke 1823. Adapun proses pengujian setiap kombinasi disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil Proses Pengujian

Kombinasi	ROI	Epoch	Korelasi (R)	RMSE
1	0,12	2000	0,999998	0,073411
2	0,12	2000	0,999987	0,200449
3	0,1	500	0,999853	0,678647
4	0,2	2000	0,999753	0,866771
5	0,2	2000	0,99961	1,100563

Proses validasi ini menggunakan 100% data yaitu gabungan dari data pelatihan dan data pengujian. Untuk susunan data yang digunakan sama seperti pada tahap pelatihan namun bedanya jumlah data yang digunakan adalah 1823 data. Adapun proses validasi setiap kombinasi disajikan pada Tabel 4.

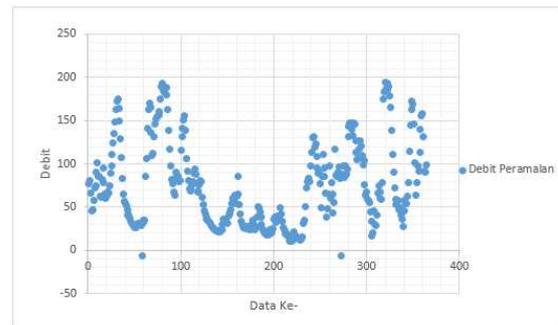
Tabel 4. Hasil Proses Validasi

Kombinasi	ROI	Epoch	Korelasi (R)	RMSE
1	0,12	2000	0,999999	0,07002
2	0,12	2000	0,999994	0,176144
3	0,1	500	0,999918	0,625285
4	0,2	2000	0,999862	0,813661
5	0,2	2000	0,99979	1,002677

D.3 Peramalan Model ANFIS

Dalam membangun sebuah proses peramalan pada ANFIS dibutuhkan sebuah pola pembelajaran. Pola pembelajaran tersebut diambil dari data pada proses validasi yang telah tersimpan. Hasil terbaik pada saat melakukan proses validasi terdapat pada kombinasi 1 dengan nilai ROI 0,12 dan Epoch 2000.

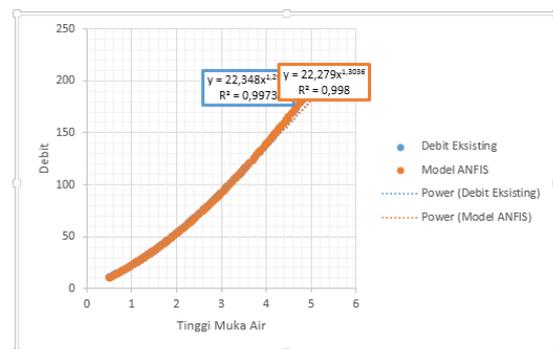
Data yang digunakan pada tahap peramalan ini adalah data diluar dari data yang dipakai pada tahap pelatihan, pengujian dan validasi. Data yang digunakan ialah data debit tahun 2008 pada Stasiun Pantai Cermin. Adapun hasil peramalan debit tahun 2008 disajikan pada Gambar 4.



Gambar 4. Hasil Peramalan Debit Tahun 2008

Hasil yang didapat dari peramalan debit tahun 2008 pada Stasiun Pantai Cermin tersebut ialah nilai $R=0,99995$ dan $RMSE=0,4456$ termasuk kedalam korelasi sangat kuat.

Setelah melakukan peramalan debit, langkah selanjutnya mencari persamaan liku kalibrasi dengan menggunakan persamaan power seperti pada gambar 5.



Gambar 5. Hubungan Antara Debit dan Tinggi Muka Air Untuk Data Eksisting

Berdasarkan Gambar 5. diperoleh persamaan liku kalibrasi menggunakan metode Adaptive Neuro Fuzzy Inference System (ANFIS) adalah $Q = 22,279x^{1,3036}$ dengan nilai korelasi 0,998. Nilai korelasi ini termasuk kedalam tingkat korelasi yang sangat kuat. Dengan nilai korelasi yang sangat kuat maka dianggap bahwa persamaan liku kalibrasi yang dihasilkan diatas dapat digunakan untuk menghitung debit pada tahun 2009.

Hasil yang didapat akan dibandingkan dengan hasil JST dalam mencari persamaan liku kalibrasi. Adapun hasil perbandingan antara model ANFIS dengan model JST dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Perbandingan Model ANFIS dan Model JST

No	Metode	Nilai Korelasi (R)	RMSE
1	ANFIS	0,9999587	0,445606
2	JST	0,9999147	1,70013

Pada Tabel 4. menunjukkan bahwa model ANFIS menghasilkan nilai korelasi (R) lebih tinggi sebesar 0,9999587 dibandingkan dengan model JST yang menghasilkan nilai korelasi sebesar 0,9999147. Sedangkan untuk nilai RMSE model ANFIS menghasilkan nilai RMSE terendah dengan nilai 0,445606 dibandingkan dengan Model JST yang menghasilkan nilai 1,70013. Perbandingan antara kedua metode ini dapat disimpulkan bahwa model ANFIS dalam menghasilkan persamaan liku kalibrasi lebih baik dibandingkan model JST dan juga hasil ini menunjukkan bahwa kedua metode ini dapat digunakan untuk mencari model hidrologi seperti persamaan liku kalibrasi (*Rating Curve*).

E. KESIMPULAN DAN SARAN

E.1 Kesimpulan

1. Pada tahap pembuatan model ANFIS menghasilkan tiga nilai koefisien korelasi (R) terbaik yang terdapat pada kombinasi 1 dengan menggunakan nilai ROI 0,12 dan Epoch 2000 menghasilkan nilai korelasi pada tahap pelatihan sebesar 0,99999, untuk tahap pengujian nilai korelasi sebesar 0,99998 dan untuk

tahap validasi nilai korelasi sebesar 0,99999. Berdasarkan hasil korelasi, menurut Suwarno (2008) model tersebut mempunyai tingkat korelasi yang sangat kuat karena berada pada rentang nilai $0,75 < R < 0,99$.

2. Proses peramalan debit Stasiun Pantai Cermin tahun 2008 menghasilkan nilai koefisien korelasi (R) sebesar 0,9999587 dan tingkat kesalahan (RMSE) adalah 0,554606. Berdasarkan hasil korelasi, menurut Suwarno (2008) model tersebut mempunyai tingkat korelasi yang sangat kuat karena berada pada rentang nilai $0,75 < R < 0,99$.
3. Persamaan liku kalibrasi tahun 2009 hasil prediksi menggunakan model ANFIS yaitu $Q = 22,279 \times H^{1,3036}$ dengan koefisien korelasi $R=0,9999587$. Sedangkan persamaan liku kalibrasi yang dihasilkan menggunakan model JST yaitu $Q = 22,93 \times H^{1,265}$ dengan koefisien korelasi $R = 0,9999147$.
4. Model ANFIS yang dibangun untuk memprediksi persamaan liku kalibrasi pada Stasiun Pantai Cermin tahun 2009 mempunyai tingkat keandalan lebih baik dibandingkan dengan menggunakan model JST.
5. Skema dalam pembuatan model ANFIS menggunakan hubungan tinggi muka air-debit mempunyai tingkat keandalan yang kuat karena setiap kombinasi memiliki nilai korelasi rata-rata mencapai 0,9999 yang tergolong kedalam tingkat korelasi yang sangat kuat.

E.2 Saran

Berdasarkan kesimpulan dan penelitian yang telah dilakukan maka saran yang dapat disampaikan adalah sebagai berikut:

1. Penelitian berikutnya dapat mencoba mencari persamaan liku

- kalibrasi menggunakan hubungan tinggi muka air-debit dengan menggunakan metode ANFIS untuk Stasiun AWLR lain.
2. Penelitian berikutnya bisa menggunakan program *transformasi wavelet* untuk menghilangkan noise pada data debit dan data tinggi muka air. Untuk menghasilkan ramalan yang lebih akurat.
 3. Penelitian berikutnya dapat mencoba menggunakan *Graphical User Interface* (GUI) dalam ANFIS yang bertujuan untuk memudahkan mencari nilai ROI terbaik dalam memproses model ANFIS untuk peramalan.

DAFTAR PUSTAKA

- Atiaa, A. M. 2015. *Modelling of stage-discharge relationship for Gharraf River, southern Iraq by using data driven techniques: A case study*. Water Utility Journal 9: 31-46.
- Ghimire and Reddy. 2010. *Development Of Stage-Discharge Rating Curve in Rive Using Genetic Algorithms and Model Tree*. Departement of Civil Engineering, Indian Institute of Technology, Bombay, India.
- Jang, R & Shing, J. 1997. *ANFIS: Adaptive-Network-Based Fuzzy Inference System*. IEEE Transactionon System: Man and Cybernetics 23, 665-684.
- Kusumadewi, Sri. 2003. *Artificial Intelegence*. Yogyakarta: Graha Ilmu
- Mahyudin. 2013. *Model Prediksi Liku Kalibrasi Menggunakan Pendekatan Jaringan Saraf Tiruan (JST)*. Tugas Akhir Jurusan Teknik Sipil. Pekanbaru : Universitas Riau.
- Masfufa, Luluk. 2016. *Komparasi Kajian Model Hidrologi Runtun Waktu Menggunakan Soft Computing*. Tugas Akhir Jurusan Teknik Sipil. Pekanbaru: Universitas Riau.
- Sari, Fitria. 2015. *Model Peramalan Pasang Surut Menggunakan Pendekatan Adaptive Neuro Fuzzy Inference System (ANFIS)*. Tugas Akhir Jurusan Teknik Sipil. Pekanbaru: Universitas Riau.
- Sri Harto. 2000. *Hidrologi*. Jakarta: Gramedia.