

## ACE 3-039 Pola Pemetaan Jalur Evakuasi Tsunami Pesisir Kota Bandar Lampung

Any Nurhasanah<sup>1\*</sup>, Yulfriwini<sup>1</sup>, Susilowati<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Teknik Sipil, Universitas Bandar Lampung  
any\_nurhasanah@yahoo.com

### Intisari

Secara geografis Provinsi Lampung berada pada zona subduksi antara Lempeng Eurasia dan Lempeng Indo-Australia. Hal ini mengakibatkan Provinsi Lampung menjadi daerah rawan tsunami. Menurut Kementerian ESDM (2014), Provinsi Lampung merupakan salah satu dari 19 wilayah di Indonesia yang terindikasi rawan tsunami. Dampak buruk yang ditimbulkan oleh tsunami adalah menimbulkan korban jiwa yang tidak sedikit. Pada tsunami Aceh 2004 misalnya, korban jiwa yang ditimbulkan mencapai 227.898 orang (U.S. Geological Survey, 2004). Korban jiwa pada tsunami Jepang mencapai 18.102 orang (Badan Kepolisian Nasional Jepang, 2011). Salah satu upaya mitigasi untuk mengurangi resiko tsunami adalah membuat peta jalur evakuasi sampai ke tempat yang aman atau Tempat Pengungsian Akhir (TPA). Penelitian ini dilakukan dengan cara mempelajari pemetaan jalur evaluasi yang sudah ada. Jalur evakuasi yang sudah ada kemudian dibandingkan dengan kondisi sekarang. Untuk dibandingkan dengan hasil survey pada saat sekarang. Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat digunakan untuk panduan jalur evakuasi masyarakat pada pesisir Kota Bandar Lampung.

Kata Kunci: peta, jalur evakuasi, tsunami

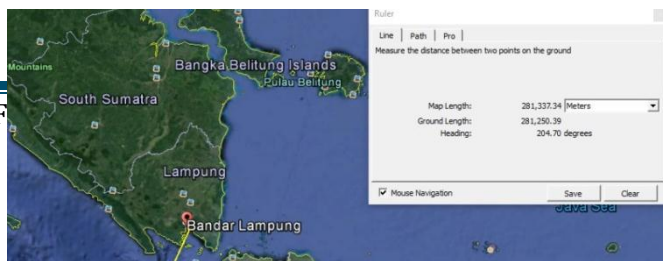
### LATAR BELAKANG

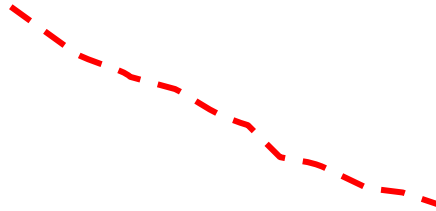
Provinsi Lampung secara geografis berada pada zona subduksi antara Lempeng Eurasia dan Lempeng Indo-Australia (Gambar 1). Hal ini mengakibatkan Provinsi Lampung menjadi daerah rawan tsunami.

Menurut Kementerian ESDM (2014), Provinsi Lampung merupakan salah satu dari 19 wilayah di Indonesia yang terindikasi rawan tsunami. Selain itu, di bagian selatan Provinsi Lampung terdapat dua teluk besar, yaitu Teluk Semangka dan Teluk Lampung yang terdapat anak gunung Krakatau yang merupakan gunung api aktif. Dampak kerusakan akibat tsunami pada daerah teluk lebih dahsyat karena tsunami yang masuk ke daerah teluk tinggi tsunaminya lebih tinggi dibandingkan dengan tsunami yang menjalar pada perairan biasa.

Provinsi Lampung yang sebagian wilayahnya merupakan wilayah pesisir pada Teluk Semangka mempunyai tiga sumber bahaya tsunami, yaitu

1. Jalur subduksi antara lempeng tektonik Indo-Australia terhadap lempeng tektonik Eurasia. Penunjaman (*subduction*) lempeng Indo-Australia yang bergerak relatif ke utara dengan lempeng Eurasia yang bergerak ke selatan menimbulkan jalur gempa bumi sepanjang pulau Sumatera, Jawa, Bali dan Nusa Tenggara. Sumber bahaya tsunami yang pertama ini mempunyai kedalaman  $\pm 5,4$  km dengan jarak  $\pm 280$  km dari pesisir Bandar Lampung.
2. Lempeng pengunci yang merupakan perpanjangan dari Sesar Semangko. Sesar Semangko adalah patahan aktif sepanjang pulau Sumatera yang merupakan dampak dari proses subduksi lempeng Indo-Australia terhadap lempeng Eurasia. Sumber bahaya tsunami yang kedua ini berada tepat dihadapan Teluk Semangka dengan kedalaman  $\pm 1,6$  km dan mempunyai jarak  $\pm 96$  km dari Pesisir Lampung.
3. Gunung Anak Krakatau. Gunung Anak Krakatau yang berdasarkan sejarah pada tahun 1883 mengalami erupsi yang sangat luar biasa sehingga menyebabkan volcano-tsunami di wilayah pesisir sepanjang Selat Sunda. Tsunami yang dihasilkan mencapai ketinggian 36 s.d. 41 meter. Sumber bahaya tsunami ketiga ini berjarak  $\pm 65$  km dari Pesisir Kota Bandar Lampung.





Gambar 1 Jalur subduksi antara lempeng Indo-Australia terhadap lempeng Eurasia

(Sumber: Google Earth, 2016)

Wilayah pesisir Kota Bandar Lampung terdapat di sepanjang Teluk Lampung yang berbentuk U terbalik. Akibat perubahan kedalaman (efek *shoaling*), gelombang menjadi semakin tinggi jika melampaui *bathimetri* yang lebih dangkal. Sifat lain gelombang adalah refleksi yaitu akan berbelok arah jika membentur benda padat atau pantai sehingga jika gelombang tsunami membentur pantai di bagian ujung Teluk Lampung maka akan memantul ke bagian tengah Teluk Lampung. Jika pembelokan terjadi pada kedua sisi dari Teluk Lampung, maka akan terjadi superposisi gelombang, yaitu penggabungan gelombang yang mengakibatkan tinggi gelombang menjadi 2 kalinya.

Untuk mengurangi besarnya korban jiwa, perlu dilakukan mitigasi terhadap bencana tsunami. Salah satu bentuk mitigasi adalah membuat peta jalur evakuasi sampai ke tempat yang aman atau ke Tempat Pengungsian Akhir (TPA).

Gregor Lammel, dkk (2008) meneliti tentang Emergency Preparedness in the Case of a Tsunami—Evacuation Analysis and Traffic Optimization for the Indonesian City of Padang. Penentuan jalur evakuasi dengan mempertimbangkan run up maksimum dan daerah yang tergenang. Thai Charnkol dan Yordphol Tanaboriboon (2006), meneliti tentang analisis perilaku perilaku evakuasi. Pada penelitian ini dibahas tentang perilaku masyarakat dalam hal penyelamatan diri. Penelitian ini juga

memperhatikan perilaku pengambilan keputusan untuk mengambil jalur evakuasi.

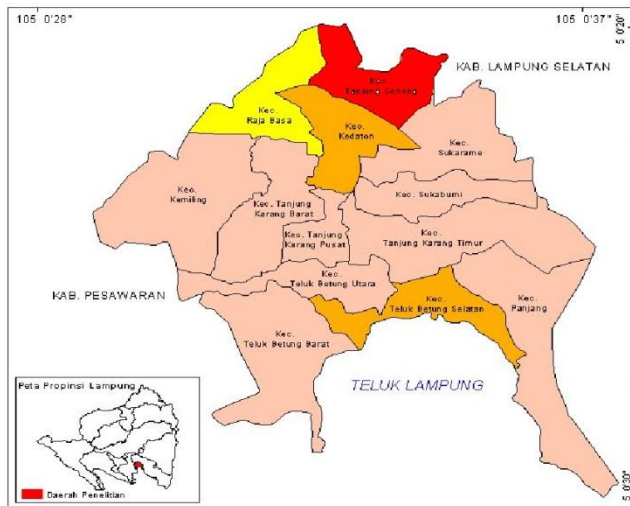
Apabila tsunami menjalar ke pantai yang menyempit dan dangkal, tingginya berubah sesuai dengan perubahan lebar dan/atau perubahan kedalaman seperti terlihat pada Gambar 2. Jika tinggi gelombang tsunami relatif cukup kecil dibandingkan dengan panjang gelombangnya maka dalam penjarannya ke pantai yang menyempit dan dangkal, tingginya akan berubah seseuai dengan rumus *Green*.

$$H_2 = H_1 \left( \frac{b_1}{b_2} \right)^{1/2} \left( \frac{h_1}{h_2} \right)^{1/4} \quad (1)$$

Menurutnya, perbandingan tinggi tsunami pada posisi di pantai yang lebih dangkal ( $H_2$ ) dengan tinggi tsunami di pantai yang lebih dalam ( $H_1$ ) sama dengan pangkat  $\frac{1}{4}$  dari perbandingan perubahan kedalaman air laut di laut dalam ( $h_1$ ) dan kedalaman laut di daerah dangkal ( $h_2$ ) dikalikan dengan akar dari perbandingan lebar teluk di titik yang lebih dalam ( $b_1$ ) dan lebar teluk di titik yang lebih dangkal ( $b_2$ ). Rumus *Green* ini tidak mempertimbangkan pengaruh gesekan dasar laut yang akan memperkecil tinggi gelombang dan pengaruh refleksi.

## METODOLOGI STUDI

Wilayah studi pada penelitian ini di Kecamatan Teluk Betung Selatan Bandar Lampung (Gambar 2). Langkah awal yang dilakukan adalah membuat peta wilayah Kecamatan Teluk Betung Selatan. Selanjutnya di tentukan ketinggian masing-masing wilayah. Survey dilakukan untuk menginventarisasi jalur dan rambu evakuasi yang sudah ada.



Gambar 2 Wilayah Studi Kecamatan Teluk Betung Selatan Kota Bandar Lampung

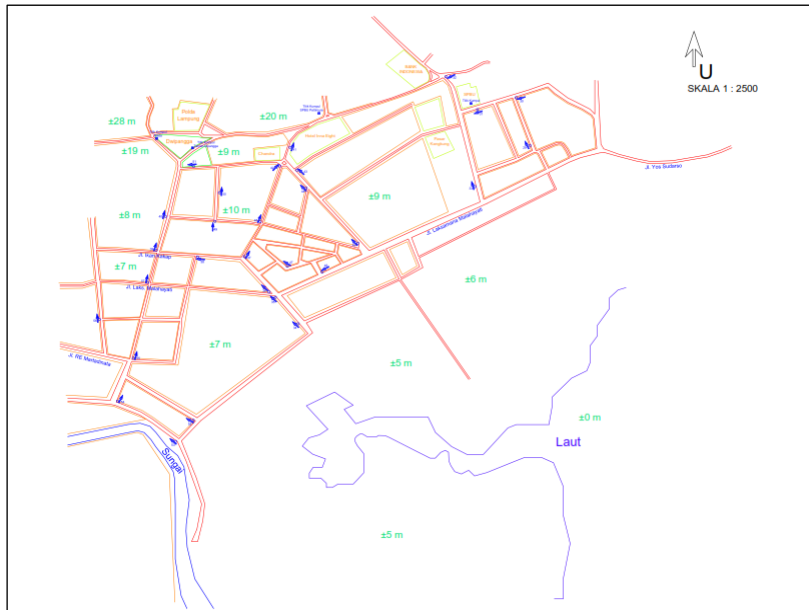
### HASIL STUDI DAN PEMBAHASAN

Hasil studi menunjukkan adanya penempatan rambu evakuasi yang tidak tepat seperti tidak jelasnya arah evakuasi (Gambar 3.a.), rambu evakuasi yang mulai roboh (Gambar 3.b.)



Gambar 3 Jalur evakuasi; a. Rambu tidak jelas arah evakuasinya, b. Rambu sudah roboh

Hasil pemetaan jalur evakuasi seluruhnya dapat dilihat pada Gambar 4. Jarak tempuh terjauh dari bibir pantai ke arah titik kumpul berkisar 1,2-1,5 km. Apabila kecepatan orang berjalan 1,36m/s maka waktu yang dibutuhkan sampai ke titik kumpul adalah berkisar 15 menit.



Gambar 4 Pemetaan jalur evakuasi

Apabila tsunami terjadi pada patahan lempeng subduksi, tsunami akan sampai ke bandar lampung dalam waktu lebih kurang 100 menit. Waktu 100 menit sangat cukup digunakan untuk menyelamatkan diri ke tempat/titik kumpul, karena waktu yang diperlukan untuk mencapai titik kumpul hanya 15 menit. Namun apabila pemicu tsunami adalah gunung Krakatau, waktu untuk menyelamatkan diri adalah 30 menit. Hal ini dapat mengakibatkan kematian apabila orang tidak cepat lari ke tempat yang lebih aman. Belum lagi orang berdesak-desakan karena panik. Waktu 30 menit menjadi tidak cukup untuk menyelamatkan diri

## KESIMPULAN DAN REKOMENDASI

### KESIMPULAN

Jalur evakuasi yang baik dapat mengurangi resiko kematian pada saat bencana tsunami. Selain itu perlu diadakan proses pembelajaran dan latihan evakuasi, agar masyarakat tau apa yang harus dilakukan apabila terjadi tsunami.

### REKOMENDASI

Setelah pemetaan jalur evakuasi di dapat, perlu dilakukan simulasi numeris untuk mengetahui jumlah orang yang selamat dan hambatan-hambatan selama proses evakuasi.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terimakasih saya sampaikan kepada DRPM Kemenristek Dikti atas dukungannya dalam penelitian ini.

## REFERENSI

- Gregor Lammel, dkk (2008), Emergency Preparedness in the Case of a Tsunami—Evacuation Analysis and Traffic Optimization for the Indonesian City of Padang.
- Triatmadja. R., (2010), *Tsunami*, Kejadian, Penjalaran, Daya Rusak dan Mitigasinya, Gadjah Mada University Press.
- Triatmadja. R, Nurhasanah. A, Paotonan. C., (2010), A Review of Tsunami Disaster Mitigation in Parangtritis Beach Indonesia, Proceedings Internasional Workshop on Multimodal Sediment, Yogyakarta





## ACE 3-039 Analisis Pasang Surut dengan Menggunakan *Adaptive Neuro Fuzzy Inference System*

Andy Hendri<sup>1\*</sup>, Imam Suprayogi<sup>1</sup>, Fitria sari<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Riau

\*andyh\_pku@yahoo.co.id

### Intisari

Banyak metode yang telah digunakan untuk meramalkan pasang surut tetapi hasilnya masih memiliki tingkat kesalahan yang tinggi. Model *softcomputing* dapat digunakan dalam pemodelan analisis hidrologi seperti peramalan pasang. *Adaptive Neuro Fuzzy Inference System* (ANFIS) merupakan salah satu model *softcomputing* yang telah terbukti keandalannya dalam analisis hidrologi seperti perkiraan debit banjir, dan panjang intrusi air laut. Keandalan model ANFIS harus diuji dalam analisa hidrologi terutama dalam memprediksi pasang surut.

Model ANFIS yang dibangun untuk peramalan pasang surut dengan menggunakan data primer yaitu pengamatan pasang surut di Tanjung Buton pada tahun 2004 dan didukung oleh data tambahan dari pengamatan pasang surut di Tanjung Motong padatahun 2013 dan data pengamatan pasang surut di Buatan pada tahun 2009. Kemudian ANFIS akan meramalkan pasang surut masing-masing sumber data dan menganalisis kesalahan hasil peramalan pasang surut model ANFIS. Khusus untuk hasil ramalan menggunakan data utama, hasil peramalan pasang surut dengan model ANFIS akan dibandingkan dengan data pengukuran.

Hasil peramalan pasang surut dengan menggunakan model ANFIS menunjukkan hasil yang sangat baik dengan nilai parameter uji statistik koefisien korelasi (R) lebih dari 0,8 yang termasuk dalam kategori korelasi yang sangat kuat, parameter statistik RMSE (*root mean square error*) berkisar antara 0,36 m - 0,44 m, dan parameter-parameter uji penilaian kesalahan relatif rata-rata sekitar 8,5% - 23,1%. Hasil peramalan pasang surut untuk model

ANFIS dengan menggunakan data utama, yang menunjukkan nilai kesalahan relatif rata-rata 11,8%.

Kata kunci: Analisis Hidrologi, Peramalan Pasang Surut, *Softcomputing*, ANFIS.

## LATAR BELAKANG

Indonesia merupakan negara kepulauan yang dikelilingi oleh dua lautan yaitu Samudera Indonesia dan Samudera Pasifik serta posisinya yang berada di garis katulistiwa sehingga kondisi pasang surut, angin, gelombang, dan arus laut cukup besar. Daerah pesisir Riau seperti di Tanjung Buton Kabupaten siak adalah salah satu wilayah perairan Indonesia yang memiliki pasang surut cukup besar yang perbedaan pasang dan surut hingga mencapai 3 sampai 4 meter (Diposaptono, 2007).

Prediksi pasang surut air laut 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 sesuai dengan tinggi kedalaman air di kolam pelabuhan ataupun dijalur pelayaran menuju ke pelabuhan. Hal ini bertujuan agar pelabuhan dapat melayani arus kapal sesuai dengan level air di pelabuhan pada saat pasang dan surut terjadi.

Model softcomputing merupakan model peramalan terbaru yang banyak digunakan saat ini yang diperkenalkan sebagai cabang ilmu kecerdasan buatan berbasis pengetahuan, sistem pakar, logika fuzzy, jaringan syaraf tiruan dan algoritma genetika (Suyanto, 2008). Metode konvensional yang biasa digunakan untuk peramalan pasang surut seperti metode Admiralty, metode Least Square, dan metode Fourier memiliki beberapa kekurangan seperti error value yang cukup besar. JST (Jaringan Syaraf Tiruan) atau ANN (Artificial Neural Network) merupakan salah satu model softcomputing untuk memprediksi dengan model statistik yang mampu mengikutsertakan berbagai variabel yang mungkin tidak berhubungan secara langsung (variable proxy) dengan variabel output (Maulana, 2012). Arsitektur ANFIS juga sama dengan Jaringan Syaraf Tiruan (JST) dengan fungsi radial dengan sedikit batasan tertentu. ANFIS sendiri adalah suatu metode yang mana dalam melakukan penyetelan aturan-aturan digunakan algoritma pembelajaran terhadap sekumpulan data. ANFIS juga memungkinkan aturan-aturan untuk beradaptasi (Kusumadewi 2002).

Suyanto (2008) mengatakan bahwa telah banyak diperkenalkan model softcomputing yang digunakan sebagai alat peramalan seperti sistem

berbasis pengetahuan, sistem pakar, logika fuzzy, Artificial Neural Network (ANN) dan algoritma genetika. Melihat dari hematnya penggunaan biaya dari metode softcomputing ini, maka perlu dilakukan pengujian kehandalan dari hasil metode tersebut. Salah satu metode softcomputing yang sering digunakan pada saat sekarang ini adalah Artificial Neural Network (ANN).

Goel (2011) mengaplikasikan model Artificial Neural Network (ANN) untuk memprediksi liku kalibrasi aliran sungai Mahanadi di India, dan mendapatkan hasil sangat kuat dalam kriteria uji parameter statistik koefisien korelasinya (R). Deka dkk (2013) juga telah berhasil membangun sebuah pendekatan model hidrologi yaitu dengan menggunakan metode Wavelet-ANN untuk memprediksi debit aliran pada Sungai Brahmaputra, India. Pada penelitian ini Deka menggunakan 10 tahun data debit harian dari tahun 1990 hingga tahun 1999. Dengan melihat dari nilai RMSE hasil penelitian Deka, disimpulkan bahwa unjuk kerja model Wavelet-ANN sangat baik.

Peneliti sebelumnya telah menunjukkan hasil model ramalan dengan menggunakan metode 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  $\pm 5\%$ . 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.

Berdasarkan hasil peneliti sebelumnya dalam menggunakan pendekatan ANFIS sebagai model peramalan pada fenomena hidrologi dan belum adanya peneliti sebelumnya yang menggunakan model ANFIS untuk peramalan pasang surut, maka diperlukan suatu penelitian untuk membangun model ANFIS dan menganalisa kehandalan model ANFIS dalam memprediksi pasang surut. Selain itu, kehandalan model ANFIS ini juga akan dibandingkan dengan hasil data pengukuran.

## **METODOLOGI STUDI**

### **PERAMALAN**

Proses peramalan dengan ANFIS adalah sebagai berikut:

- a. Kalibrasi pertama menggunakan data 70:30, yaitu  $\pm 70\%$  data pasang surut sebagai data kalibrasi dan  $\pm 30\%$  untuk data

verifikasi. Data untuk proses kalibrasi dan verifikasi disusun secara berurutan sesuai waktu kejadian untuk data input-output (simulasi) yang telah ditetapkan.

- b. Data kalibrasi yang telah disusun secara berurutan sesuai waktu kejadian kemudian dimasukkan ke dalam ANFIS. Nilai ROI dapat divariasikan agar mendapatkan nilai RMSE yang terkecil.
- c. Proses kalibrasi (training) data dilakukan setelah memasukkan nilai "Epoch" yang terdapat pada kolom "train FIS".
- d. Untuk melihat nilai RMSE dan plot hasil data kalibrasi (training data), pilih tombol "Training data", kemudian pilih tombol "Test Now". Nilai RMSE hasil kalibrasi dapat dilihat pada bagian bawah toolbox yang bertuliskan "Average testing error".
- e. Untuk proses data verifikasi (testing) bisa dilakukan dengan cara yang sama seperti langkah sebelumnya.
- f. Langkah tersebut terus dilakukan dengan cara merubah nilai "ROI" dan "epoch" sampai nilai "Average testing error" pada proses testing data sangat kecil (mendekati nilai nol).
- g. Mencoba lagi dengan nilai perbandingan kalibrasi dengan verifikasi yang bervariasi seperti 60:40 dan 65:35.

### **ANALISIS MODEL**

Proses analisis model merupakan proses yang dilakukan setelah *running data* kemudian melakukan analisis (penyelidikan atau penguraian) dari hasil yang telah diperoleh agar mendapatkan suatu kesimpulan dari apa yang dilakukan. Adapun analisis model yang dilakukan adalah :

- a. Kalibrasi Model
- b. Verifikasi Model
- c. Simulasi Model, dan
- d. Evaluasi Keandalan ANFIS

### **KALIBRASI MODEL**

Proses kalibrasi model merupakan proses awal analisis yang dilakukan dalam pemodelan ANFIS. Kalibrasi model adalah proses menyesuaikan data hasil pemodelan dengan data hasil pengukuran lapangan. Kalibrasi model akan mudah untuk dilakukan apabila

struktur dari model sudah pernah dicoba pada berbagai kesempatan (Setiawati, 2009).

### **VERIFIKASI MODEL**

Proses verifikasi model merupakan proses yang dilakukan setelah tahap kalibrasi selesai. Proses ini dilakukan dengan tujuan untuk menguji kinerja model pada data di luar periode kalibrasi. Kinerja model biasanya akan lebih baik setelah proses kalibrasi dilakukan dibandingkan dengan data hasil analisis setelah proses verifikasi. Fenomena ini disebut dengan divergensi model. Ketika tingkat kinerja hasil verifikasi model tidak lebih baik atau tingkat divergensi tidak dapat diterima, maka pemodel harus memeriksa kembali struktur model dan prosedur kalibrasi yang sesuai ataupun asumsi yang tepat kemudian merevisinya agar dapat menghasilkan kinerja yang lebih baik.

### **PREDIKSI MODEL**

Proses prediksi model merupakan proses akhir dalam peramalan menggunakan metode ANFIS. Simulasi model menurut Setiawan (2009) adalah upaya memvalidasi penggunaan model untuk memperoleh pengetahuan atau wawasan dari suatu model yang digunakan agar memperoleh data ramalan atau perkiraan yang dapat digunakan oleh pihak yang berkepentingan.

Pada tahap ini, keseluruhan data pengukuran pasang surut dibandingkan dengan data hasil kalibrasi, verifikasi dan prediksi atau simulasi yang digunakan untuk menghitung kehandalan model secara keseluruhan.

### **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.

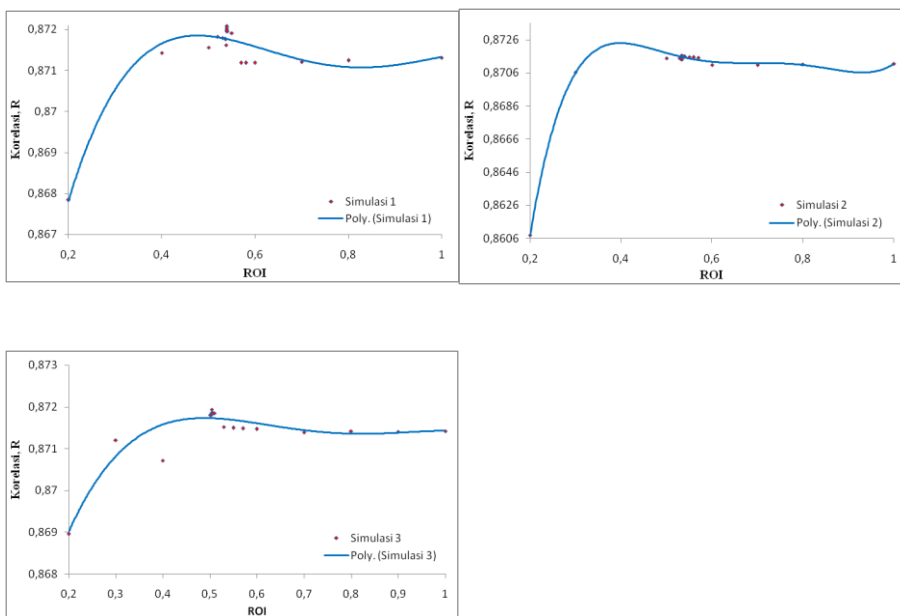
**EVALUASI KEHANDALAN MODEL ANFIS**

Evaluasi kehandalan model dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui seberapa besar perbedaan data hasil pemodelan dengan data pengukuran. Keluaran dari evaluasi kehandalan ini adalah *error value* atau nilai kesalahan serta koefisien nilai hubungan atau keterkaitan data pengukuran dengan data hasil pemodelan.

Ada dua kriteria tingkat kesalahan menurut Goel (2011) yaitu nilai *Root Mean Square Error* (RMSE) dan *Correlation Coefficient* (R). *Root Mean Square Error* (RMSE) adalah besarnya tingkat kesalahan hasil prediksi, dimana semakin kecil (mendekati 0) nilai RMSE maka hasil prediksi akan semakin akurat. Sedangkan *Correlation Coefficient* (R) merupakan nilai perbandingan antara prediksi dengan nilai sebenarnya.

**HASIL STUDI DAN PEMBAHASAN**

Analisa hasil ramalan merupakan analisa kecendrungan pola yang terbentuk dari ketiga simulasi yang dibuat. Kecendrungan pola dilihat melalui grafik yang terbentuk dari hasil pemodelan. Pola yang terbentuk dapat dilihat pada Gambar 1, Gambar 2 dan Gambar 3.



Gambar 1 Pola Hubungan Hasil Perhitungan Korelasi (R) dan ROI

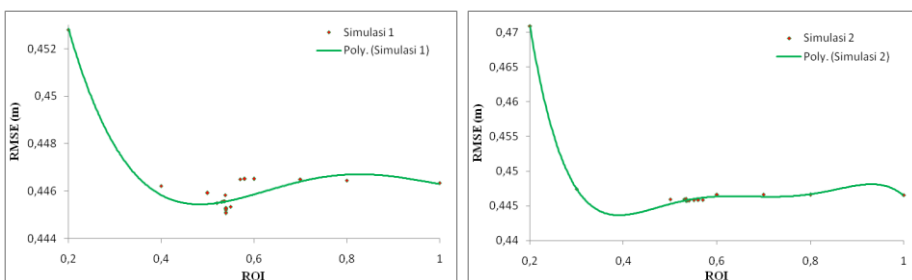
Gambar 1 menunjukkan pola dari masing-masing simulasi yang terbentuk. Dari gambar dapat dilihat nilai korelasi selalu meningkat disaat nilai ROI sekitar 0,4–0,6. Pada penelitian ini, peningkatan nilai korelasi signifikan terjadi saat nilai ROI sekitar 0,2–0,4.

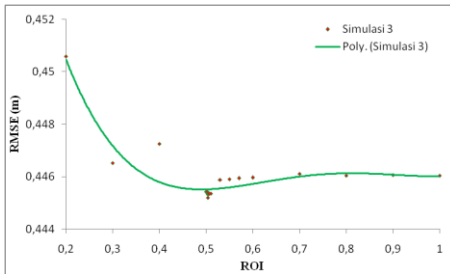
Hasil perhitungan nilai korelasi terbaik dengan kriteria nilai korelasi mendekati sempurna (mendekati angka 1) menunjukkan nilai ROI sebesar 0,539 untuk simulasi 1, nilai ROI 0,534 untuk simulasi 2, dan nilai ROI sebesar 0,504 untuk simulasi 3. Maka untuk penetian ini nilai ROI terbaik dengan kriteria nilai korelasi mendekati sempurna (mendekati nilai 1) berkisar diangka 0,5.

Pola kecendrungan yang terbentuk dari hasil perhitungan pada Gambar 2 menunjukkan nilai RMSE mengecil pada saat nilai ROI sekitar 0,5–0,6. Dari hasil perhitungan, nilai RMSE terkecil dari masing-masing simulasi yang dibentuk adalah RMSE 0,446504498 m untuk ROI 0,57 pada simulasi 1, nilai RMSE 0,445734333 untuk ROI 0,534 pada simulasi 2, dan RMSE 0,445195569 untuk ROI 0,504 pada Simulasi 3.

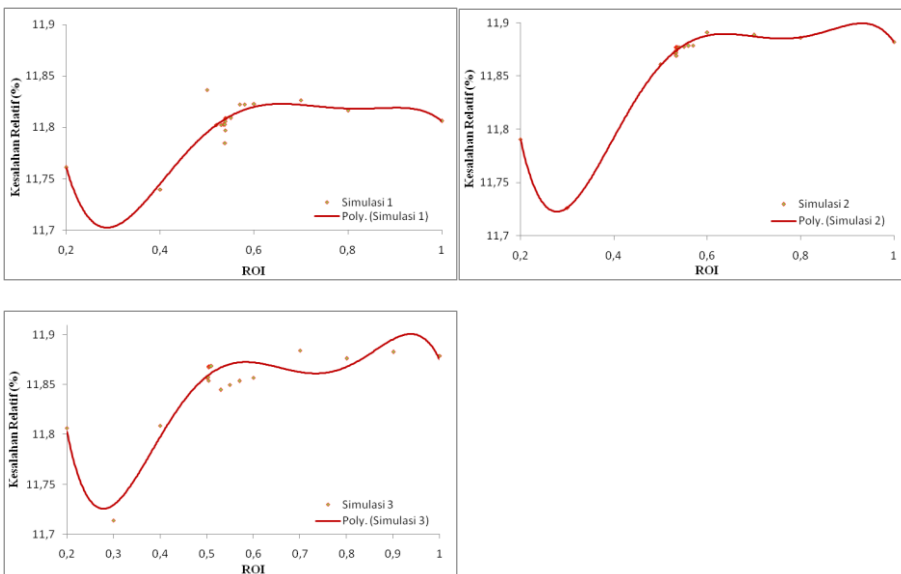
Pola yang terbentuk dari hubungan kesalahan relatif terhadap ROI sedikit berbeda dengan pola yang terbentuk dari korelasi dan RMSE. Pola kesalahan relatif yang terbentuk menghasilkan nilai terkecil saat ROI bernilai 0,3 – 0,4. Dari Gambar 3, kesalahan relatif terkecil untuk simulasi 1 adalah 11,73945916 % saat ROI bernilai 0,4. Untuk simulasi 2 nilai kesalahan terkecil adalah 11,72630122 % saat ROI bernilai 0,3. Dan untuk simulasi 3, nilai kesalahan terkecil adalah 11,71370858 % saat ROI bernilai 0,3.

Perbandingan simulasi model ANFIS merupakan perbandingan dari ketiga simulasi yang digunakan dan mengambil satu simulasi pemodelan yang terbaik dengan patokan nilai korelasi terbesar atau yang paling mendekati angka satu (nilai sempurna). Perbandingan simulasi terbaik yang digunakan dapat dilihat pada Tabel 1.





Gambar 2 Pola Hubungan Hasil Perhitungan RMSE (root mean square error) dan ROI



Gambar 3 Pola Hubungan Hasil Perhitungan Kesalahan dan ROI

Tabel 1 Perbandingan Hasil Simulasi Model ANFIS (EPOCH=1000)

| Simulasi | ROI   | Korelasi (R) | RMSE (m) | Kesalahan Relatif (%) |
|----------|-------|--------------|----------|-----------------------|
| 1        | 0,539 | 0,8721       | 0,4450   | 11,806                |
| 2        | 0,534 | 0,8716       | 0,4457   | 11,874                |
| 3        | 0,504 | 0,87194      | 0,4452   | 11,867                |

Hasil perbandingan pada Tabel 1 memperlihatkan hasil yang tidak jauh berbeda diantara ketiga simulasi yang dibuat. Nilai korelasi simulasi 1, simulasi 2, dan simulasi 3 menghasilkan nilai yang bagus yaitu sekitar 0,87 dengan kategori korelasi sangat kuat menurut Suwarno (2008). Namun, dari ketiga simulasi yang digunakan, simulasi 1 menghasilkan



nilai korelasi yang lebih besar dari simulasi yang lainnya yaitu sebesar 0,872.

Selain nilai korelasi, simulasi 1 juga menghasilkan nilai RMSE terkecil dan kesalahan relatif terkecil dibandingkan dengan simulasi lainnya. Untuk RMSE, simulasi 1 menghasilkan nilai 0,4450 m yang hasil tersebut sedikit lebih kecil dari simulasi 2 yang menghasilkan nilai RMSE sebesar 0,4457 m dan simulasi 3 dengan hasil RMSE sebesar 0,4451 m. Dan untuk nilai kesalahan relatif, simulasi 1 menghasilkan nilai 11,80 % yang juga sedikit lebih kecil dari nilai kesalahan relatif simulasi 2 yang menghasilkan nilai 11,87 % dan simulasi 3 yang menghasilkan nilai kesalahan relatif sebesar 11,86%.

Simulasi terbaik yang dipilih dari ketiga katagori tersebut, maka simulasi 1 adalah simulasi terbaik dibandingkan dengan simulasi 2 dan simulasi 3. Simulasi 1 menggunakan perbandingan data pembelajaran kalibrasi (*training*) dengan verifikasi (*testing*) sebesar 70:30 adalah simulasi terbaik dalam pemodelan ANFIS di penelitian ini. Hasil ini menunjukkan bahwa simulasi tersebut adalah simulasi terbaik yang sering digunakan dalam penelitian yang menggunakan model ANFIS seperti yang digunakan oleh peneliti sebelumnya Utami (2014), Suprayogi (2009) dan Lin dkk (2005).

## KESIMPULAN DAN REKOMENDASI

### KESIMPULAN

Kesimpulan merupakan resume hasil studi yang dapat disampaikan dalam bentuk paragraf singkat atau pernyataan menggunakan sistem urutan nomor.

1. Berdasarkan hasil analisa, tipe pasang surut yang terjadi dilokasi pengukuran (Tanjung Buton) merupakan tipe pasang surut harian ganda (*semi diurnal tide*) dimana dalam 1 hari terjadi 2 kali air pasang dan 2 kali air surut dengan ketinggian yang hampir sama dan dapat disesuaikan dengan grafik tipe pasang surut harian ganda menurut Nontji (1987).
2. Faktor penilaian simulasi yang terdiri dari korelasi, RMSE dan kesalahan relatif berdasarkan ketiga katagori simulasi, 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).

3. 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 %.

### REKOMENDASI

Agar model ANFIS dapat menghasilkan ramalan pasang surut yang lebih baik dan lebih akurat, peneliti selanjutnya dapat mencoba memberikan data pasang surut untuk membangun model ANFIS yang lebih banyak dengan rentang pengukuran pasang surut yang lebih lama.

### REFERENSI

- Diposaptono, 2007. *Pasang Surut Air Laut*. Available at: <URL:<http://www.Wikipedia.org.wiki>> [Accessed 19 Mei 2014].
- Goel, Arun. 2011. *ANN-Based Approach for Predicting Rating Curve of an Indian River*. National Institute of Technology, Kurukshetra, India: I. Raftoyiannis.
- Kusumadewi, S. 2002. *Analisis dan Desain Sistem Fuzzy Menggunakan Toolbox Matlab*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- 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.
- Maulana, Rizki. 2012. *Prediksi Curah Hujan dan Debit Menggunakan Adaptive Neuro Fuzzy Inference System [online]*. Institut Teknologi Bandung: Program Studi Meteorologi Fakultas Ilmu dan Teknologi Kebumihan. Available at: <URL:<http://www.meteo.itb.ac.id/wpcontent/uploads/2012/10/12807001-sec.pdf>> [Accessed 23 Mei 2014].
- Nontji, Dr Anugerah. 1987. *Laut Nusantara*. Jakarta: Penerbit Djambatan.
- Setiawan, Agnas. 2013. *Tipe Pasang Surut*. Available at: <URL: <http://geograph88.blogspot.com/2013/06/tipet-pasang-surut.html>> [Accessed 04 November 2014].

- Setiawati, E.P. 2009. *Penyusunan Model*. Bandung: Fakultas Kedokteran Universitas Padjajaran.
- Suprayogi, Imam. 2009. Model Peramalan Instruksi Air Laut di Estuari Menggunakan Pendekatan Softcomputing. Disertasi. Semarang: Fakultas Teknik Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Suwarno. 2008. *Analisis Korelasi*. Available at: <URL: <http://suwarnostatistik.wordpress.com/2008/10/12/analisa-korelasi/>> [Accessed 15 September 2014].
- Suyanto. 2008. *Softcomputing Membangun Mesin Ber-IQ Tinggi*. Bandung: Informatika.