

PERANCANGAN PREDIKTOR CUACA MARITIM MENGGUNAKAN *ADAPTIVE NEURO-FUZZY INFERENCE SYSTEM* (ANFIS) SEBAGAI *DECISION SUPPORT* KESELAMATAN NELAYAN DENGAN *USER INTERFACE* ANDRIOD

Heru Susanto¹, Dr.Ir. Syamsul Arifin, MT²

Jurusan Teknik Fisika, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)

Jl. Arief Rahman Hakim, Surabaya 60111, Jawa Timur, Indonesia

e-mail: herususanto.its@gmail.com¹⁾, syam116²⁾

Abstrak— Cuaca adalah factor yang sangat berpengaruh bagi kehidupan manusia. Oleh karenanya kemampuan untuk memprediksi cuaca akan sangat membantu manusia dalam aktivitas sehari-hari. Salah satu mata pencaharian yang sangat bergantung pada kondisi cuaca adalah nelayan. Untuk meningkatkan faktor keselamatan nelayan melalui penelitian dibuat sebuah prediktor cuaca maritime untuk memprediksi curah hujan, tinggi gelombang dan kecepatan angin. Metode yang digunakan adalah Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System (ANFIS). Data yang digunakan adalah hasil pengukuran oleh Stasiun Meteorologi Maritim II Perak. Data dibagi menjadi dua yaitu untuk proses training dan testing. Hasil dari proses testing didapatkan prosentase keakuratan maksimum sebesar 85.4% dan minimum 67.8% untuk curah hujan, 100% dan 82% untuk tinggi gelombang, dan 96% dan 34% untuk kecepatan angin. Selain itu dilakukan pula simulasi secara realtime dengan masukan data pengukuran secara langsung oleh Prototype BUOY Weather Type II di pantai Kenjeran Surabaya. Prosentase keakuratan predictor curah hujan 100% dan RMSE 0.002, prosentase keakuratan predictor kecepatan angin 70.47% dan RMSE 1.14 dan prosentase keakuratan predictor tinggi gelombang 100% dan RMSE 0.0011.

Kata kunci: Prediktor, ANFIS, ANDROID

I. PENDAHULUAN

Cuaca merupakan suatu kondisi udara di suatu tempat pada saat yang relatif singkat yang meliputi suhu, kelembapan, serta tekanan udara sebagai komponen utamanya.[1] Dalam melakukan aktivitas sehari-hari, sering kali manusia bergantung pada pada kondisi cuaca yang ada. Cuaca mempunyai dua peran disatu sisi informasi cuaca mempunyai andil dalam peningkatan efisiensi dan efektivitas kegiatan manusia, di sisi lain mempunyai potensi yang membahayakan sampai dapat menimbulkan kematian.[2] Dalam bidang penerbangan misalnya, perubahan suhu udara berpengaruh terhadap jadwal penerbangan pesawat dan keperluan *start engine* yaitu pada saat pesawat *take off* sehingga proses transportasi udara menjadi terganggu.[3] Sedangkan bagi nelayan kondisi cuaca khususnya cuaca maritim menjadi sangat penting karena dapat membahayakan keselamatan saat melaut.

Akibat dari pemanasan global, akhir-akhir ini cuaca sulit untuk diprediksi dengan cara demikian, sedangkan jika nelayan melaut tanpa mengetahui bagaimana kondisi laut, maka akan sangat membahayakan keselamatan.[4] Angka kecelakaan transportasi laut semakin meningkat akhir-akhir ini, dilihat dari factor penyebabnya didapatkan 41% akibat kesalahan manusia (*human error*), 38% akibat bencana alam (*force majeure*) dan 21% akibat struktur kapal.[5]

Mampu memprediksi cuaca akan menjadi sangat bermanfaat bagi aktivitas manusia dalam berbagai bidang. Untuk itu maka diperlukan suatu metode baik dalam melakukan prediksi cuaca tersebut agar mampu memberikan informasi akurat. Hal ini membuat banyak peneliti tertarik untuk mencari metode lain untuk memprediksi cuaca.

Informasi cuaca yang ada pada kota-kota besar bisa kita dapatkan dengan mudah pada saat ini. Tidak jarang prakiraan cuaca ini disiarkan melalui media televisi dalam bentuk prakiraan cuaca harian. Namun prakiraan cuaca secara terperinci sampai ke wilayah-wilayah masih sangat sedikit.[6] Selain itu semua media tersebut hanya memberikan informasi tentang cuaca di darat. Sedangkan informasi cuaca maritim yang umumnya memiliki parameter ketinggian gelombang dan kecepatan gelombang tidak bisa kita dapatkan. Padahal seorang nelayan sangat membutuhkan informasi tersebut.

Prakiraan atau prediksi adalah persoalan menghasilkan suatu angka, kisaran angka atau beberapa informasi yang relevan dan kompatibel dengan suatu kejadian dimasa depan.[7] Metode prakiraan modern yang sering digunakan adalah menggunakan model matematis atau numeric dengan bantuan system computer. Tetapi hasil dari prediksi numeric seringkali memiliki kekurangan dalam hal akurasi dan kepastian.[8] Selain itu sering digunakan pula pendekatan statistic seperti model regresi dan *Autoregressive Integrated Moving Average* (ARIMA). Namun dewasa ini metode yang gencar dikembangkan adalah yang bersifat kecerdasan buatan seperti Jaringan Saraf Tiruan, Fuzzy Logic, Algoritma Genetik dan Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System (ANFIS).

Pada penelitian sebelumnya telah dibuat predictor cuaca dengan menggunakan metode Fuzzy oleh Hana Septiyana Putri, hasil yang diperoleh menunjukkan prosentase keakuratan prediksi ketinggian gelombang maksimal sebesar 91.5% sedangkan prediksi curah hujan sebesar 87.34%. Berdasarkan dari penelitian tersebut maka pada penelitian ini dilakukan perancangan predictor cuaca maritime menggunakan metode *Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System* (ANFIS) sebagai *decision support* keselamatan nelayan. *Output* prediktor akan ditampilkan atau dapat diakses melalui

aplikasi android. Selain itu akan dibandingkan prosentase keakuratan yang diperoleh dengan prediktor metode fuzzy.

II. METODOLOGI PENELITIAN

A. Pengumpulan Data Cuaca

Data yang digunakan adalah berupa data pengukuran yang dilakukan oleh Stasiun Meteorologi Maritim II Perak Surabaya. Data variabel cuaca yang digunakan pada ANFIS Curah Hujan berasal dari data pengukuran di stasiun perak, sedangkan data kecepatan angin dan ketinggian gelombang berasal dari data pemodelan dengan koordinat daerah teluk lamong.

Data yang didapat dibagi menjadi dua bagian. Bagian pertama digunakan dalam proses *training* untuk mendapatkan parameter pada program ANFIS yang akan menghasilkan keluaran yang baik. Bagian kedua digunakan pada proses *testing testing* yang tujuannya untuk menguji performansi dari system yang telah melalui proses *training*.

B. Perancangan Sistem ANFIS

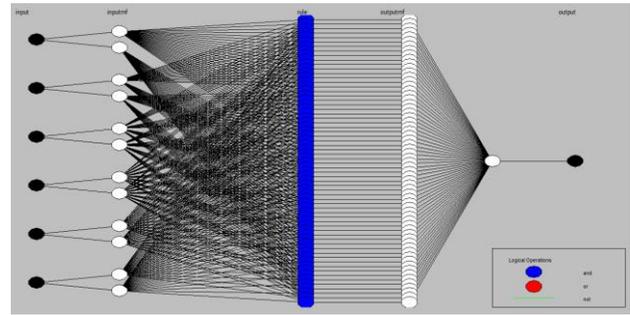
Pada perancangan system ANFIS ini penulis membuat rancangan system algoritma dengan bantuan *Software* MATLAB. Pada percobaan ini digunakan metode ANFIS *multi variate* untuk memprediksi curah hujan dan ANFIS *time series* untuk memprediksi kecepatan angin, dan ketinggian gelombang. Jumlah fungsi keanggotaan input didapat dengan mempertimbangkan pengetahuan ahli. Pada akhirnya didapatkan 2 fungsi keanggotaan untuk masing-masing input prediktor curah hujan, 4 fungsi keanggotaan untuk masing-masing input prediktor tinggi gelombang dan 3 fungsi keanggotaan untuk masing-masing input prediktor kecepatan angin. Selain itu digunakan gabungan alogaritma *backpropagation gradient descent* dan *recursive least square estimator* (RLSE) untuk pembelajaran.

Arsitektur ANFIS curah hujan hasil rancangan dapat dilihat pada Gambar 1. Masukan dari system tersebut ada 3 yaitu variabel cuaca berupa temperatur, kelembaban dan kecepatan angin. Ketiga variabel dibedakan menjadi kondisi siang dan kondisi malam dan asing-masing dari variabel tersebut memiliki 2 fungsi keanggotaan. Kondisi siang diwakili oleh rata-rata nilai dari pukul 11.00 sampai dengan 14.00, rentang waktu tersebut dianggap mewakili kondisi siang karena kondisi suhu rata-rata tertinggi. Sedangkan kondisi malam diwakili oleh rata-rata nilai dari pukul 23.00 sampai dengan 02.00 yang dianggap mewakili kondisi malam karena kondisi suhu rata-rata terendah. Fungsi output sistem dapat dirumuskan seperti *persamaan (1)* berikut:

$$CH(i) = f(T_{siang}, Rh_{siang}, V_{siang}, \dots, T_{malam}, Rh_{malam}, V_{malam}) \quad (1)$$

Keterangan:

- CH (i) :Curah hujan akumulasi esok hari pada jam (1) 07 – 13, (2) 13 – 19, (3) 19 – 01, (4) 01 - 07
- Tsiang :Temperatur rata-rata siang hari kemarin
- Rhsiang :Kelembaban rata-rata siang hari kemarin
- Vsiang :Kecepatan angin rata-rata siang hari kemarin
- Tmalam :Temperatur rata-rata malam hari kemarin
- Rhmalam :Kelembaban rata-rata malam hari kemarin
- Vmalam :Kecepatan angin rata-rata malam hari kemarin

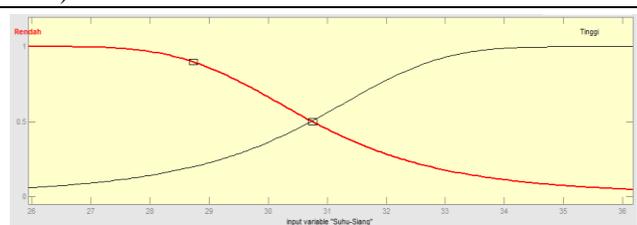


Gambar 1 Struktur ANFIS Curah Hujan

Bentuk dari fungsi keanggotaan input ANFIS dapat dilihat pada Gambar 2. Sedangkan parameter fungsi keanggotaan *input* yang dapat dilihat pada Tabel 1. Sementara itu *rule-base* yang didapatkan dapat dirumuskan seperti pada *Persamaan (2)*. Selain itu parameter konsekuen pada masing-masing *rule base* juga didapat dari proses *training*.

Tabel 1 Parameter Input Prediktor Curah Hujan

Variabel	Himpunan fuzzy	Fungsi Keanggotaan	Komponen
Suhu Rata-rata Siang (t_siang)	Rendah	gbell	[4.779 1.995 25.98]
	Tinggi	gbell	[4.742 1.99 35.46]
Kelembaban Rata-rata Siang (RH_siang)	Rendah	gbell	[29 1.997 34]
	Tinggi	gbell	[29 2.019 92]
Kecepatan Angin Rata-rata Siang (V_siang)	Rendah	gbell	[8.614 2.008 3.742]
	Tinggi	gbell	[8.624 2.017 21]
Suhu Rata-rata Malam (t_malam)	Rendah	gbell	[2.849 2.016 24.03]
	Tinggi	gbell	[2.788 1.988 29.69]
Kelembaban Rata-rata Malam (RH_malam)	Rendah	gbell	[14.62 2.009 68.5]
	Tinggi	gbell	[14.62 2.016 97.75]
Kecepatan Angin Rata-rata malam (V_malam)	Rendah	gbell	[7.618 1.991 - 0.009485]
	Tinggi	gbell	[7.636 2.003 15.24]



Gambar 2 Bentuk Fungsi Keanggotaan Input Curah Hujan

If T_{siang} is u_i and Rh_{siang} is v_i and V_{siang} w_i and T_{malam} x_i and Rh_{malam} is y_i and V_{malam} is z_i then

$$\text{Output} = \dot{x} \begin{bmatrix} U_{ui}(T_{siang}) \\ U_{vi}(Rh_{siang}) \\ U_{wi}(V_{siang}) \\ U_{xi}(T_{malam}) \\ U_{yi}(Rh_{malam}) \\ U_{zi}(V_{malam}) \\ 1 \end{bmatrix} \quad (2)$$

Dengan:

- u_i : Himpunan Fuzzy input T_{siang}
- v_i : Himpunan Fuzzy input Rh_{siang}
- w_i : Himpunan Fuzzy input V_{siang}
- x_i : Himpunan Fuzzy input T_{malam}
- y_i : Himpunan Fuzzy input Rh_{malam}
- z_i : Himpunan Fuzzy input V_{malam}
- \dot{x} : Matrix parameter konsekuensi

$$[ni \quad oi \quad pi \quad qi \quad ri \quad si \quad ti]$$

C. Validasi Prediktor Cuaca

Sistem ANFIS telah melewati proses *training* sebelumnya akan diberikan masukan berupa data baik data yang sama dengan data *training* maupun data yang berbeda (data *testing*). Proses ini dimaksudkan untuk mendapatkan nilai RMSE. Nilai RMSE didapat menggunakan *persamaan* (3).

Selain itu dicari pula nilai keakuratan sistem prediktor dengan cara merubah nilai numerik dari masing-masing variabel kedalam klasifikasi masing-masing variabel cuaca, selanjutnya digunakan *persamaan* (4).

Selain itu dilakukan pula simulasi secara online dengan masukan data pengukuran langsung oleh BUOY Weather Type II, dan divalidasi dengan cara yang sama..

$$\text{RMSE} = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{j=1}^n (y_j - y')^2} \quad (3)$$

$$\% \text{ Keakuratan} = \left(\frac{\text{Jumlah prediksi benar}}{\text{Total prediksi}} \times 100\% \right) \quad (4)$$

Klasifikasi variabel cuaca ini digunakan dalam proses pengujian keakuratan predictor cuaca. Nilai variabel cuaca sebenarnya dan nilai hasil prediksi dimasukkan kedalam klasifikasi variabel terkait, selanjutnya dilihat apakah keduanya berada dalam kelas/jenis yang sama. Jika sama maka prediksi benar, dan jika tidak maka prediksi dikatakan salah.

Klasifikasi hujan berdasarkan curah hujan menurut BMKG dapat dilihat pada *Tabel 2*. *Beaufort* mengklasifikasikan kecepatan angin menjadi 13 jenis dan skala seperti yang terlihat pada *Tabel 3*. Sedangkan pada *Tabel 4* adalah klasifikasi tinggi gelombang signifikan berdasarkan WMO. Semakin besar tinggi gelombangnya, maka semakin berbahaya untuk pelayaran kapal.

Tabel 2 Klasifikasi hujan menurut BMKG

Jenis Hujan	Kuantitas (mm/hari)
Cerah/Sangat Ringan	< 5
Ringan	5-20
Sedang	20-50
Lebat	50-100
Sangat Lebat	> 100

Tabel 3 Skala Beaufort kecepatan angin [9]

Kekuatan Angin	Kecepatan Angin		Nama
	Skala Beaufort	m/dt	
0	0 - 1	0 - 3	<i>Calm</i>
1	2 - 3	3 - 6	<i>Light Air</i>
2	3 - 5	6 - 9	<i>Light Breeze</i>
3	5 - 7	9 - 12	<i>Gentle Breeze</i>
4	7 - 9	13 - 16	<i>Moderate Breeze</i>
5	9 - 12	17 - 22	<i>Fresh Breeze</i>
6	12 - 14	22 - 27	<i>Strong Breeze</i>
7	14 - 17	27 - 32	<i>Near Gale</i>
8	17 - 19	32 - 38	<i>Gale</i>
9	19 - 23	38 - 43	<i>Strong Gale</i>
10	23 - 26	44 - 51	<i>Storm</i>
11	26 - 31	51 - 58	<i>Violent Storm</i>
12	≥ 31	≥ 58	<i>Hurricane</i>

Tabel 4 Standar tinggi gelombang signifikan oleh WMO[4]

Kode	Tinggi Gelombang (m)	Nama Karakteristik
0	0	<i>Glassy</i>
1	0 - 0,1	<i>Rippled</i>
2	0,1 - 0,5	<i>Smooth</i>
3	0,5 - 1,25	<i>Slight</i>
4	1,25 - 2,5	<i>Moderate</i>
5	2,5 - 4	<i>Rough</i>
6	4 - 6	<i>Very Rough</i>
7	6 - 9	<i>High</i>
8	9 - 14	<i>Very High</i>
9	> 14	<i>Phenomenal</i>

Pada *Tabel 5* kelayakan pelayaran untuk kapal nelayan 1- 7 GT adalah 0.5 meter pada ketinggian gelombang maksimal. Sedangkan kapal nelayan 8-34 GT adalah 1.25 meter pada ketinggian gelombang maksimal.

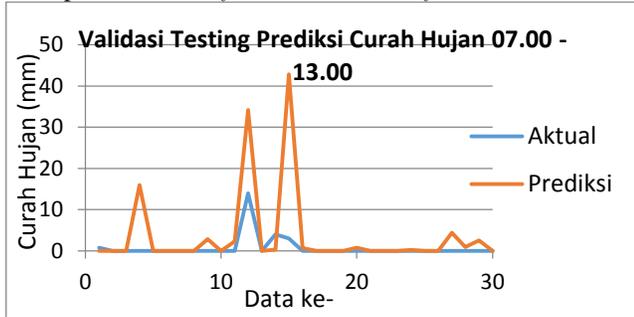
Tabel 5 Variabel Kelayakan Pelayaran

GT KAPAL	KETINGGIAN GELOMBANG
	MAKSIMAL
1-7 GT	0.5 meter
8-34 GT	1.25 meter

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

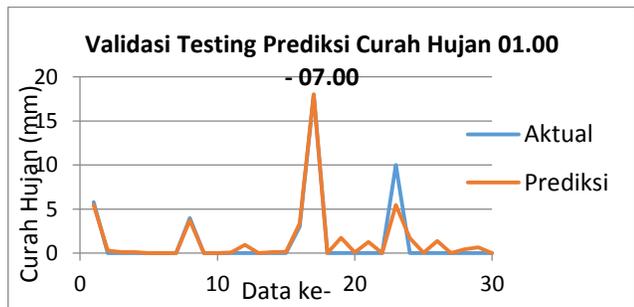
A. Uji Prediktor Curah Hujan Offline

Pengujian prediksi curah hujan menggunakan data curah hujan tahun 2014 dan 2015. Proses *testing* dilakukan dengan memberikan inputan data lain yang tidak digunakan pada saat *training*. Hal ini dimaksudkan untuk mendapatkan gambaran performansi system saat digunakan untuk memprediksi cuaca aktual. Hasil validasi *testing* prediksi pukul 07.00-13.00 dapat dilihat pada *Error! Reference source not found.* berikut:



Gambar 3 Validasi *testing* prediksi pukul 07.00-13.00

Dari gambar terlihat error yang dihasilkan cukup besar, pola curah hujan prediksi juga banyak yang tidak sesuai dengan pola actual seperti pada data ke 3, 12 dan 16 dimana hasil prediksi jauh lebih rendah dari nilai actual.



Gambar 4 Validasi *testing* prediksi pukul 01.00-07.00

Pada **Gambar 4** terlihat bahwa hasil prediksi pukul 01.00-07.00 masih kurang akurat. Pada data ke 23 terjadi selisih yang besar antara hasil prediksi dan data actual. Secara lengkap hasil validasi proses *testing* dapat dilihat pada **Tabel 6**.

Tabel 6 Hasil validasi *testing* curah hujan

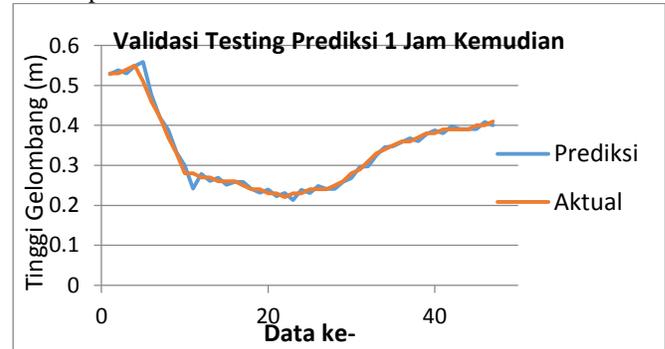
No	Prediksi (Jam)	Jumlah Data Validasi	Akurasi Prediksi (%)	RMSE
1	07.00-13.00	205	85.366	0.183
2	13.00-19.00	205	67.805	23.920
3	19.00-01.00	205	80.976	44.832
4	01.00-07.00	205	71.219	13.790

Dari Tabel 6 terlihat bahwa hasil terbaik diberikan oleh predictor pukul 07.00-13.00 dengan akurasi 85.36% dan terendah diberikan oleh predictor 13.00-19.00 dengan akurasi 67.8%. namun tidak ditemui adanya tren penurunan akurasi dimana predictor dimana *time scale* terkecil (predictor 6 jam

ke depan) akan menghasilkan akurasi terbaik, sedangkan semakin lama *time scale* (predictor 24 jam kedepan) akan menghasilkan akurasi terburuk.

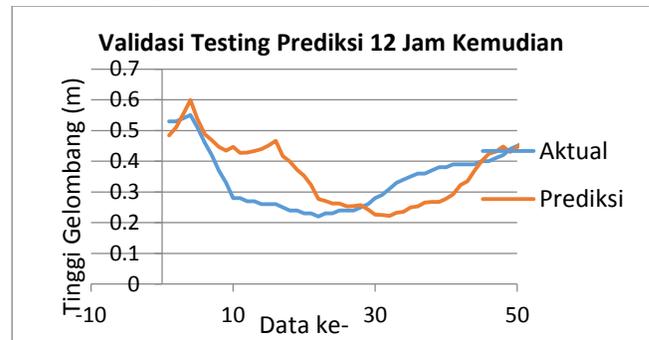
B. Uji Prediktor Tinggi Gelombang Offline

Pengujian prediktor tinggi gelombang menggunakan data tinggi gelombang tiap jam pada tahun 2014 dan 2015. Proses *testing* dilakukan pada prediktor 1 jam sampai dengan 12 jam ke depan. Data yang digunakan sebanyak 780 data diluar data *training*. Hasil prediksi data *testing* 1 jam kedepan dapat terlihat pada **Gambar 5** berikut:



Gambar 5 Validasi *testing* prediksi tinggi gelombang 1 jam kemudian

Dari **Gambar 5** diatas terlihat hasil prediksi sangat baik dengan pola yang sesuai dan *error* kecil. Sedangkan hasil prediksi data *testing* 12 jam kedepan dapat terlihat pada **Gambar 6** berikut:



Gambar 6 Validasi *testing* prediksi tinggi gelombang 12 jam kemudian

Dari **Gambar 6** terlihat bahwa hasil prediksi kurang baik karena pola prediksi tertinggal dari actual, dibandingkan dengan prediksi 1 jam kedepan *error* yang dimiliki lebih besar. Disimpulkan bahwa hasil prediksi 12 jam kedepan mengalami penurunan performansi yang sangat besar jika dibandingkan dengan prediksi 1 jam kedepan. Secara lengkap hasil validasi tinggi gelombang laut *testing* dapat di lihat pada **Tabel 7** berikut:

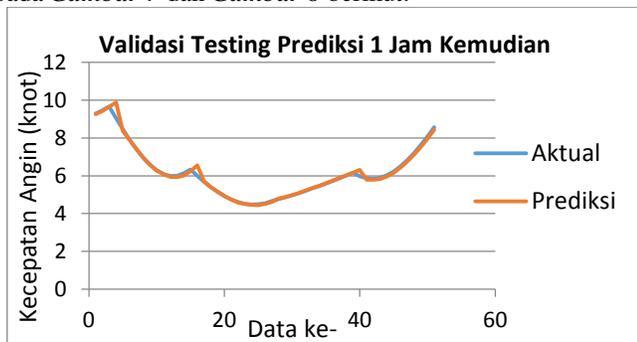
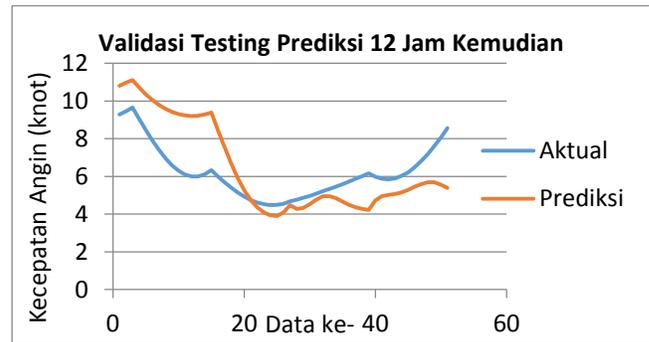
Tabel 7 Hasil validasi *testing* tinggi gelombang

No	Prediksi (Jam)	Jumlah Data Validasi	Akurasi Prediksi (%)	RMSE
1	1	780	96.538	0.014
2	2	780	92.051	0.022
3	3	780	88.974	0.037
4	4	780	87.436	0.053
5	5	780	83.077	0.069
6	6	780	79.872	0.082
7	7	780	76.538	0.099
8	8	780	75.513	0.114
9	9	780	72.179	0.130
10	10	780	70.128	0.147
11	11	780	68.462	0.162
12	12	780	65.769	0.176

Dari **Tabel 7** dapat disimpulkan prediktor ketinggian gelombang memiliki akurasi yang baik dengan akurasi terbesar 96.538% dan terkecil 65.769%, serta rata-rata akurasi prediktor sebesar 79.712. RMSE terkecil 0.014 dan terbesar 0.176. Selain itu karena ANFIS yang digunakan pada predictor ini *timeseries*, maka terlihat terjadi tren penurunan akurasi dengan semakin besarnya *timescale* yang sebelumnya tidak terjadi pada predictor curah hujan (*multivariate*).

C. Uji Preditori Kecepatan Angin Offline

Pengujian prediktor kecepatan angin menggunakan data kecepatan angin tahun 2014 dan 2015. *Testing* dilakukan pada prediktor 1 jam sampai dengan 12 jam ke depan. Data yang digunakan sebanyak 780 data diluar data training. Hasil prediksi data *testing* 1 jam dan 12 jam kedepan dapat terlihat pada **Gambar 7** dan **Gambar 8** berikut:

**Gambar 7** Validasi *testing* prediksi kecepatan angin 1 jam kemudian**Gambar 8** Validasi *testing* prediksi kecepatan angin 12 jam kemudian

Dari **Gambar 7** terlihat pola hasil prediksi dan data aktual masih sesuai. Namun pada **Gambar 8** terlihat bahwa hasil prediksi kurang baik karena pola prediksi tertinggal dari aktual. Namun hasil ini lebih baik jika dibandingkan dengan hasil prediksi 12 jam kedepan. Dari keduanya dapat dilihat bahwa prediktor tinggi gelombang 12 jam kemudian mengalami penurunan performansi jika dibandingkan dengan prediksi 1 jam kedepan. Secara lengkap hasil validasi tinggi gelombang laut *testing* dapat di lihat pada **Tabel 8** berikut:

Tabel 8 Hasil validasi *testing* kecepatan angin

No	Prediksi (Jam)	Jumlah Data Validasi	Akurasi Prediksi (%)	RMSE
1	1	780	92.051	0.333
2	2	780	87.564	0.337
3	3	780	88.846	0.562
4	4	780	82.692	0.783
5	5	780	78.846	1.014
6	6	780	75.897	1.188
7	7	780	72.692	1.311
8	8	780	70.513	1.427
9	9	780	67.949	1.559
10	10	780	61.923	1.670
11	11	780	63.461	1.677
12	12	780	60.641	1.673

Dari **Tabel 8** dapat disimpulkan prediktor kecepatan angin memiliki akurasi yang baik untuk 1 sampai 5 jam kedepan, namun kurang baik untuk 6 sampai 12 jam kedepan. Akurasi rata-rata yang diperoleh sebesar 75.25%. RMSE terkecil didapat sebesar 0.333 dan terbesar 1.673.

D. Perbandingan Dengan Metode Fuzzy

Hasil perbandingan hasil prediktor metode ANFIS ini dengan prediktor metode Fuzzy yang telah ada sebelumnya dapat dilihat pada **Tabel 9** dan **Tabel 10**.

Tabel 9 Perbandingan akurasi predictor curah hujan metode ANFIS dan FUZZY

Prediktor ANFIS			Prediktor Fuzzy		
No	Prediksi (Pukul)	Akurasi Prediksi (%)	No	Prediksi (Jam) kedepan	Akurasi Prediksi (%)
1	07.00-13.00	85.366	1	1	87.34
			2	3	86.94
2	13.00-19.00	67.805	3	6	86.67
3	19.00-01.00	80.976	4	12	86.27
4	01.00-07.00	80.976	5	24	86.25
Rata-rata		78.781	Rata-rata		86.694

Tabel 10 Perbandingan akurasi predictor tinggi gelombang metode ANFIS dan FUZZY

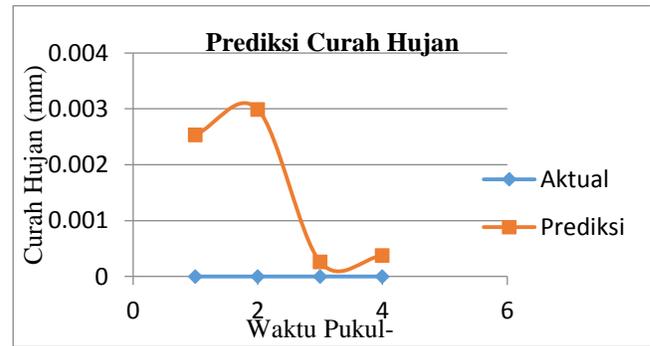
Prediktor ANFIS			Prediktor Fuzzy		
No	Prediksi (Jam) kedepan	Akurasi Prediksi (%)	No	Prediksi (Jam) kedepan	Akurasi Prediksi (%)
1	1	96.538	1	1	91.25
2	2	92.051	2	3	90.98
3	3	88.974	3	6	89.9
4	4	87.436	4	12	87.88
5	5	83.077	5	24	84.38
6	6	79.872			
7	7	76.538			
8	8	75.513			
9	9	72.179			
10	10	70.128			
11	11	68.462			
12	12	65.769			

Kedua tabel tersebut menunjukkan perbandingan prosentase keakuratan prediktor ANFIS dengan prediktor Fuzzy. Spesifikasi prediktor berbeda dalam menyediakan data hasil prediksi, pada metode ANFIS hasil dinyatakan dalam seperempat hari, sedangkan dalam metode fuzzy hasil dinyatakan dalam 1 jam kedepan.

Terlihat dari **Tabel 10** diatas juga terlihat bahwa prediksi 1 jam kedepan metode ANFIS lebih baik dari metode Fuzzy. Namun pada prediksi 3 jam, 6 jam dan 12 jam kemudian metode ANFIS kurang baik dari metode Fuzzy. Namun jumlah prediktor dari kedua penelitian berbeda sehingga untuk membandingkan hasil prediksi dapat menggunakan hasil prediksi pada jam yang sama.

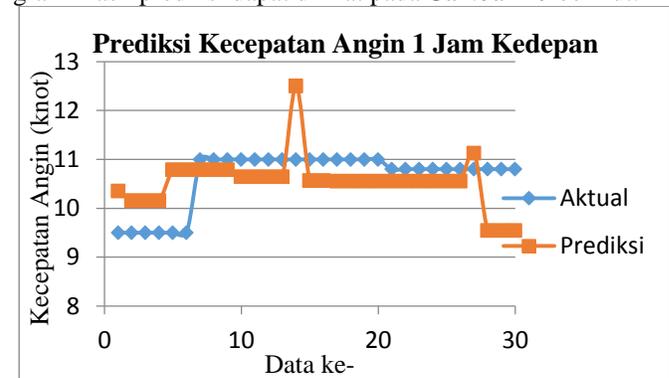
E. Hasil Simulasi Real-time

Pada simulasi ini prediktor diberi masukan data hasil dari pengukuran langsung oleh Prototype Buoy Weather Type II. Pengambilan data dilakukan di pantai kenjeran selama 4 jam. Hasil simulasi dapat dilihat pada **Gambar 9** sampai **Gambar 11**.

**Gambar 9** Grafik prediksi Curah hujan 24 jam kedepan

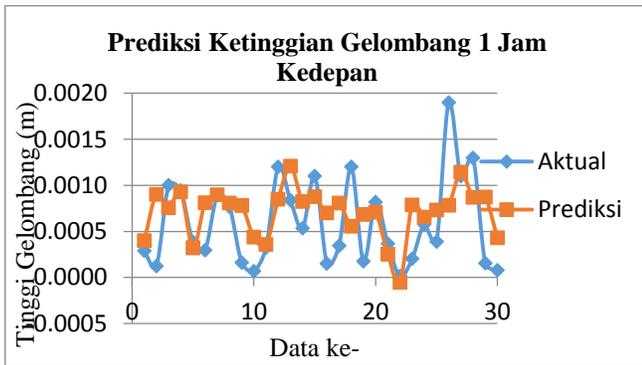
Dari **Gambar 9** diatas dapat dilihat grafik perbandingan hasil prediksi curah hujan dengan hasil pengukuran actual. Terlihat bahwa hasil prediksi berubah-ubah selama 24 jam sedangkan hasil pengukuran menunjukkan nilai nol karena tidak ada hujan. Namun selisih dari hasil prediksi dan pengukuran tidak begitu besar dan masih masuk dalam kategori yang sama yaitu CERAH sesuai dengan **Tabel 2** sehingga prosentase keakuratannya 100% dan RMSE 0.002.

Prediksi kecepatan angin dari data sebanyak 5520 didapatkan akurasi prediksi sebesar 70,47% dan RMSE 1,14. grafik hasil prediksi dapat dilihat pada **Gambar 10** berikut:

**Gambar 10** Grafik prediksi kecepatan angin *Real-Time* 1 jam kedepan

Dari **Gambar 10** diatas terlihat bahwa prediktor kurang baik dalam memprediksi kecepatan angin sehingga error yang dihasilkan cukup besar.

Sedangkan prediksi ketinggian gelombang didapatkan akurasi 100% dan RMSE 0.0011. grafik hasil prediksi serta hasil pengukuran aktuan dapat dilihat pada **Gambar 11** akurasi prediksi mencapai 100% karena ketinggian gelombang didaerah pantai kenjeran tempat melakukan simulasi hanya masuk dalam kategori GLASSY sesuai dengan **Tabel 4**.



Gambar 11 Grafik prediksi tinggi gelombang *Real-Time* 1 jam kedepan

Selain itu pada simulasi ini diuji pula system predictor secara menyeluruh. Program ANFIS pada MATLAB dapat bekerja dengan baik dan mampu memproses data masukan dengan waktu sekitar 4 detik. Sedangkan proses pengiriman data keluaran dari predictor menuju database online pada domain web dibutuhkan waktu 2 detik (pada kondisi tanpa gangguan internet). Program *user interface* di ANDROID dapat segera *ter-update* seketika pada saat dilakukan *refresh*. Sehingga secara keseluruhan predictor cuaca ini dapat berjalan dengan baik dan dapat ditampilkan secara *online* dan *realtime*. Tampilan pada database online dan aplikasi *user interface* dapat terlihat pada **Gambar 12** dan **Gambar 13**.

Tampilkan : Baris mulai: 0 Jumlah baris: 30 Judul setiap 100 baris

Urut berdasarkan kunci: Tidak ada

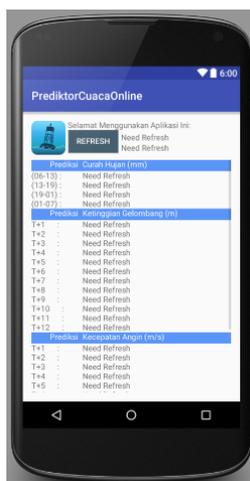
+ Opsi

ID	Tanggal	Jam	CH_6	CH_12	CH_18	CH_24	WH_1	WH_2	WH_3	WH_4
1	2016-01-01	02:00:00	5	4	4	5	41	2	4	5
4	2016-06-23	01:11:23	0.1	0.07	0.1	2	0.85	0.83	0.75	0.96
3	2016-06-23	01:09:08	0.1	0.07	0.1	2	0.85	0.83	0.75	0.96
2	2016-06-23	00:48:21	0	0	0	2	1	1	1	1

Pilih Semua Dengan pilihan: Ubah Hapus Ekspor

Tampilkan : Baris mulai: 0 Jumlah baris: 30 Judul setiap 100 baris

Gambar 12 Tampilan database pada domain *website*



Gambar 13 Tampilan *user interface* ANDROID

IV. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan pada perancangan prediktor cuaca maritim menggunakan metode Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System (ANFIS) sebagai *decision support* keselamatan nelayan ini, maka didapatkan kesimpulan sebagai berikut:

1. Dari hasil uji secara *offline* didapatkan bahwa prediktor curah hujan metode ANFIS memiliki rata-rata akurasi 76.34%, prediktor ketinggian gelombang memiliki rata-rata akurasi sebesar 79.712 %, Prediktor kecepatan angin memiliki rata-rata akurasi sebesar 75.25%.
2. Dibandingkan dengan metode fuzzy hasil prediksi curah hujan metode ANFIS mengalami penurunan prosentase keakuratan rata-rata sebesar 86.69%. Dapat disimpulkan bahwa prediktor kurang baik dibandingkan dengan metode fuzzy. Hasil prediksi ketinggian gelombang dibandingkan dengan metode fuzzy meningkat 5.28% untuk prediksi 1 jam kedepan namun mengalami penurunan 2.01% untuk prediksi 3 jam kedepan, 10.03 % untuk prediksi 6 jam kemudian, 22.11% untuk prediksi 12 jam kedepan. Dapat disimpulkan prediktor kurang baik dibandingkan dengan metode fuzzy. Sedangkan predictor kecepatan angina tidak dapat dibandingkan karena metode fuzzy tidak memiliki predictor variabel tersebut.
3. Jika mengacu pada standar BMKG bahwa predictor yang baik memiliki akurasi minimal 70% maka ketiga predictor cuaca dapat dikatakan predictor yang baik.
4. Dari hasil Uji *Real-Time* didapatkan prosentase keakuratan predictor curah hujan 100% dan RMSE 0.002, prosentase keakuratan predictor kecepatan angin 70.47% dan RMSE 1.14 dan prosentase keakuratan predictor tinggi gelombang 100% dan RMSE 0.0011.

B. Saran

Saran yang perlu disampaikan pada penelitian ini adalah menambah jumlah data *training* sehingga akurasi dapat semakin baik, terutama prediktor curah hujan. Selain itu dilakukan penambahan prediksi variabel cuaca seperti kecepatan arus laut sehingga dapat memberikan informasi lebih lengkap kepada para nelayan. Selain itu uji secara *real-time* dapat dilakukan pada tempat yang sesuai dengan kordinat pengambilan data pada saat training.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] N. E. Sari, E. Sukirman, S. Si, and C. D. Iklim, "Prediksi Cuaca Berbasis Logika Fuzzy untuk Rekomendasi Penerbangan di Bandar Udara Raja Haji Fisabilillah," 2011.
- [2] M. N. Sholikhin and Y. Rahayu, "Analisis Delay Penerbangan Akibat Cuaca di Bandara Ahmad Yani Semarang dengan Algoritma C4 . 5," vol. 5, pp. 1–10, 2013.
- [3] J. Priyana and A. M. Abadi, "Peramalan suhu udara di Yogyakarta dengan menggunakan model," pp. 253–260, 2011.
- [4] H. S. Putri, "Perancangan Prediktor Cuaca Mtaritim

- Berbasis Fuzzy Sebagai Decision Support Untuk Keselamatan Nelayan,” 2015.
- [5] N. W. Habibullah, “Perancangan sistem prediktor cuaca maritim dengan menggunakan metode fuzzy takagi sugeno,” vol. 1, no. 1, pp. 1–6, 2012.
- [6] R. Tresnawati, T. Astuti Nuraini, and W. Hanggoro, “Prediksi Curah Hujan Bulanan Menggunakan Metode Kalman Filter Dengan Prediktor SST NINO 3.4 Diprediksi,” no. September 2010, pp. 108–119, 2008.
- [7] T. Rahman and A. L. Haque, “A Fuzzy-Neuro Based Weather Prediction System for Bangladesh,” vol. 36, pp. 606–611, 2014.
- [8] L. Imanal Satrya, “Asimilasi Data Radar Dalam Penerapan Prediksi Cuaca Numerik Di Indonesai,” 2012.
- [9] A. K. Laing, W. Gemmill, A. K. Magnusson, L. Burroughs, M. Reistad, M. Khandekar, L. Holthuijsen, J. A. Ewing, and D. J. T. Carter, *Guide to Wave Analysis*, vol. 1998, no. 702. 1998.