

Perbandingan Akurasi Backpropagation Neural Network dan ANFIS Untuk Memprediksi Cuaca

Candra Dewi¹, M. Muslikh²

^{1,2} Program Studi Matematika
Jurusan Matematika Fakultas MIPA
Universitas Brawijaya

Abstrak— Cuaca merupakan suatu kondisi udara di suatu tempat pada waktu yang relatif singkat, yang dipengaruhi oleh berbagai fenomena atmosfer. Informasi mengenai kondisi atmosfer yang cepat, akurat, dan terperinci sangat diperlukan oleh berbagai sektor. Backpropagation Neural Network (BPNN) dan *Adaptive Neuro Fuzzy Inference System* (ANFIS) adalah metode yang sering digunakan untuk melakukan prediksi dengan kemampuannya untuk melakukan pembelajaran dari informasi yang ada. Dengan kelebihan yang dimiliki oleh kedua metode ini, pada penelitian ini dilakukan implementasi kedua metode ini untuk mengetahui perbandingan akurasi dari kedua metode tersebut dalam melakukan prediksi cuaca berdasarkan parameter-parameter atmosfer yang mempengaruhi.

Pada penelitian ini, metode BPNN diimplementasikan dengan menggunakan tiga *layer* dan dilakukan penambahan aturan pada penentuan kelas *output* jaringan, sedangkan ANFIS diimplementasi dengan struktur standar ANFIS yaitu lima *layer*. Pada BPNN dimungkinkan untuk melakukan perubahan jumlah *node* pada *hidden layer* agar dapat dihasilkan jaringan yang optimal. Sedangkan pada tahap awal ANFIS digunakan metode *K-Mean Clustering* untuk mendapatkan parameter premis dan konsekuen yang digunakan dalam proses inferensi pembelajaran. Pelatihan dilakukan pada data latih 40%, 50% dan 60% dari total data. Sedangkan pengujian dengan menggunakan data uji sebanyak 30%, 40% dan 50% dari total data.

Hasil uji coba menunjukkan bahwa metode BPNN dengan modifikasi pada aturan penentuan output jaringan memiliki nilai *Root Mean Square Error* (RMSE) yang lebih rendah dan nilai akurasi yang lebih tinggi jika dibandingkan dengan metode ANFIS. Selain itu juga dapat diketahui bahwa kedua metode dapat digunakan untuk pengujian dengan menggunakan data latih minimal 50% dari total data. Dan juga diketahui bahwa metode ANFIS cukup baik jika diterapkan untuk kondisi cuaca yang perubahannya tidak begitu cepat dengan rentang waktu dibawah satu tahun.

Kata Kunci— prediksi cuaca, Backpropagation Neural Network, ANFIS

Abstract— Weather is an air condition in a relatively short time which is influenced by various atmospheric phenomena. Information on the atmospheric conditions as rapidly and accurately is required by the various sectors. Backpropagation Neural Network (BPNN) and Adaptive Neuro Fuzzy Inference System (ANFIS) is a method often used to make predictions with the ability to make the learning of information. Based on the advantages possessed by these two methods, this research is aimed to compare the accuracy of both methods in making weather predictions based on parameters that affect the atmosphere.

In this research, BPNN was implemented by using three layers, while the ANFIS was implemented with the standard structure of the five-layer ANFIS. In the BPNN was possible to make changes the number of nodes in the hidden layer to obtain the optimal network. Whereas in the early stages of ANFIS used K-Means Clustering method to obtain the premise and consequent parameters used in the inference process of learning. The learning process was done at 40%, 50% and 60% of learning data. While the testing process used testing data at 30%, 40% and 50% of total data.

The testing result showed that BPNN with modification on the rule of determining output has lower Root Mean Square Error (RMSE) and higher accuracy than ANFIS. The testing result also showed that both two methods can be used to conduct testing by using at least 50% of learning data. It also being known that ANFIS can be implemented on weather data that not fastly changing with time duration below a year.

Keywords— weather prediction, Backpropagation Neural Network, ANFIS

1 PENDAHULUAN

Cuaca merupakan suatu kondisi udara di suatu tempat pada waktu yang relatif singkat, yang dinyatakan dengan nilai berbagai parameter seperti suhu, tekanan udara, kecepatan angin, kelembaban udara, dan berbagai

fenomena atmosfer lainnya. Pemilihan metode yang tepat untuk menentukan kondisi cuaca adalah kegiatan yang akhir-akhir ini sering dilakukan oleh beberapa peneliti atmosfer atau cuaca [1][6]. Hal ini dikarenakan banyaknya tuntutan dari berbagai pihak yang menginginkan informasi mengenai kondisi atmosfer yang lebih cepat, akurat, dan terperinci. Dengan adanya kebutuhan ini, mendorong peneliti atmosfer untuk terus melakukan penelitian-penelitian terkait atmosfer cuaca dan juga mengembangkan metode-metode untuk menentukan kondisi cuaca sehingga mampu mendapatkan hasil yang baik dan akurat.

Kegiatan untuk menentukan kondisi cuaca telah banyak dilakukan dengan menggunakan berbagai teknik pemodelan dan penerapan metode-metode tertentu, mulai dari pemodelan yang sederhana hingga pemodelan yang sangat kompleks. Pemanfaatan model prakiraan cuaca dengan teknik modern baru memiliki ketepatan sekitar 70%, sedangkan untuk prakiraan iklim masih dibawah 50%. Adapun Badan Meteorologi dan Geofisika menggunakan metode probabilitas, metode deret harmonis, metode analogi untuk meramalkan cuaca dan iklim di Indonesia. Pada penelitian sebelumnya telah dilakukan peramalan cuaca dengan menggunakan metode *fuzzy clustering* [1] yang dapat menghasilkan ketepatan sebesar 69%. Selanjutnya prediksi cuaca maritim menggunakan jaringan saraf tiruan [6] mampu menghasilkan ketepatan tingkat akurasi sebesar 60,7% untuk prediksi arus laut, 72,4% untuk prediksi ketinggian gelombang laut, dan 26,122% untuk prediksi curah hujan.

Backpropagation Neural Network (BPNN) merupakan salah satu arsitektur jaringan syaraf tiruan yang memiliki proses pembelajaran maju dan koreksi kesalahan secara mundur. Model jaringan ini banyak digunakan baik itu untuk proses pengenalan, prediksi dan peramalan dengan tingkat akurasi yang cukup baik. Dalam metode ini nilai parameter cuaca yang digunakan dalam proses berada dalam nilai *crisp*. Namun tidak menutup kemungkinan bahwa parameter cuaca mengandung informasi yang tidak lengkap dan *vague*, sehingga diperlukan metode untuk mengatasi kondisi *vagueness* ini. Adapun logika fuzzy menyediakan metode matematis untuk menangani permasalahan informasi yang tidak presisi, tidak komplit dan *vague*.

Adaptive Neuro Fuzzy Inference System (ANFIS) atau biasa dikenal dengan *neuro-fuzzy* juga merupakan salah satu metode yang sering digunakan untuk prediksi atau diagnosis, dengan akurasi yang cukup bagus [10]. ANFIS merupakan gabungan antara konsep Backpropagation Neural Network dengan konsep logika *fuzzy*. Sistem berbasis *fuzzy* bisa dinyatakan dengan pengetahuan berbentuk “if-then” yang memberikan keuntungan tidak memerlukan analisis matematik untuk pemodelan, selain itu sistem *fuzzy* juga bisa memproses penalaran dan pengetahuan manusia yang berorientasi pada aspek kualitatif. Sedangkan jaringan saraf tiruan mempunyai keuntungan yang memudahkan dalam mengklasifikasikan suatu objek berdasarkan sekumpulan fitur yang menjadi masukan sistem, karena hanya dengan memasukkan sejumlah fitur dan kemudian melakukan pelatihan dengan data tersebut, mampu membedakan satu objek dengan objek lain. Metode ANFIS terdiri dari 5 lapisan yang mana tiap lapisannya memiliki perlakuan yang berbeda. Pada ANFIS, proses pelatihan pada jaringan neural yang terdapat pada beberapa lapisan dengan sejumlah pasangan data berguna untuk memperbaharui parameter-paramater sistem inferensi *fuzzy* [3]. Pemilihan metode ANFIS dalam menentukan kondisi cuaca dikarenakan logika *fuzzy* mampu menggunakan variabel linguistik dalam menentukan nilai keanggotaan dari parameter cuaca, sedangkan jaringan saraf tiruan mempunyai kemampuan untuk beradaptasi karena parameter cuaca yang bersifat non-linear.

Pada penelitian ini diimplementasikan metode BPNN dan ANFIS dalam proses prediksi cuaca. Selanjutnya dilakukan perbandingan akurasi kedua metode tersebut sehingga diketahui metode yang lebih efisien dalam memprediksi cuaca.

2 METODE PENELITIAN

2.1 Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini berupa data sekunder dari data pengamatan Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika (BMKG) dari dua lokasi, yaitu:

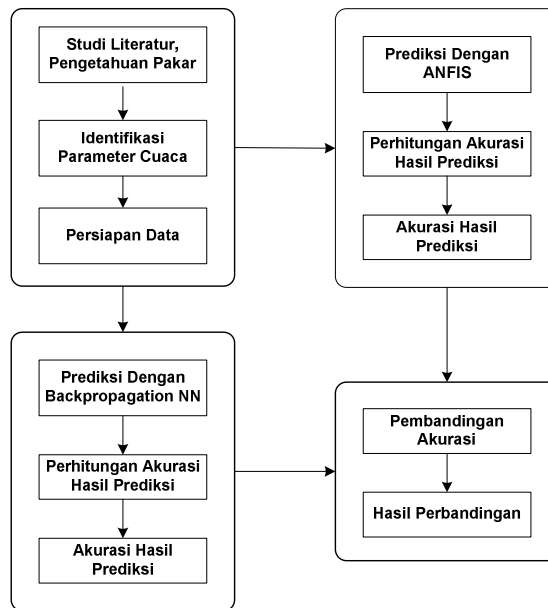
1. Kecamatan Karangploso, Kabupaten Malang, tahun 2011 sampai dengan Mei 2012.
2. Kabupaten Banyuwangi, tahun 2009 sampai dengan 2011 (bulan Mei).

Data yang digunakan meliputi data harian suhu, kelembaban udara, kecepatan angin dan tekanan udara.

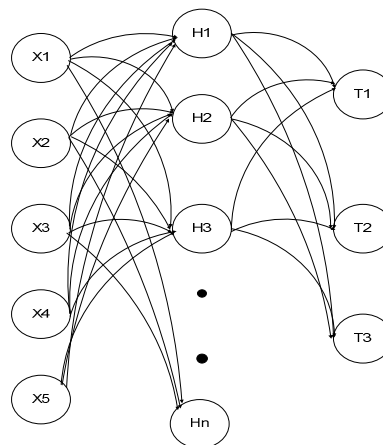
2.2 Metode

Proses analisa keputusan berbasis spasial dalam penelitian ini secara garis besar ditunjukkan pada Gambar 1.

Pada tahap awal dilakukan persiapan dan penentuan parameter cuaca yang akan digunakan dalam prediksi. Pada proses ini dilakukan studi literatur dan diskusi dengan pakar mengenai parameter cuaca yang digunakan dalam proses prediksi cuaca. Setelah itu dilakukan pengumpulan dan persiapan data sesuai dengan kebutuhan prediksi. Selanjutnya dilakukan prediksi cuaca dan perhitungan akurasi dengan menggunakan BPNN dan ANFIS. Terakhir, dilakukan proses perbandingan akurasi sehingga akan diketahui metode mana yang lebih akurat untuk digunakan dalam proses prediksi cuaca. Adapun arsitektur BPNN dan ANFIS yang digunakan dalam penelitian ini ditunjukkan pada Gambar 2 dan Gambar 3.



Gambar 1. Prosedur Penelitian

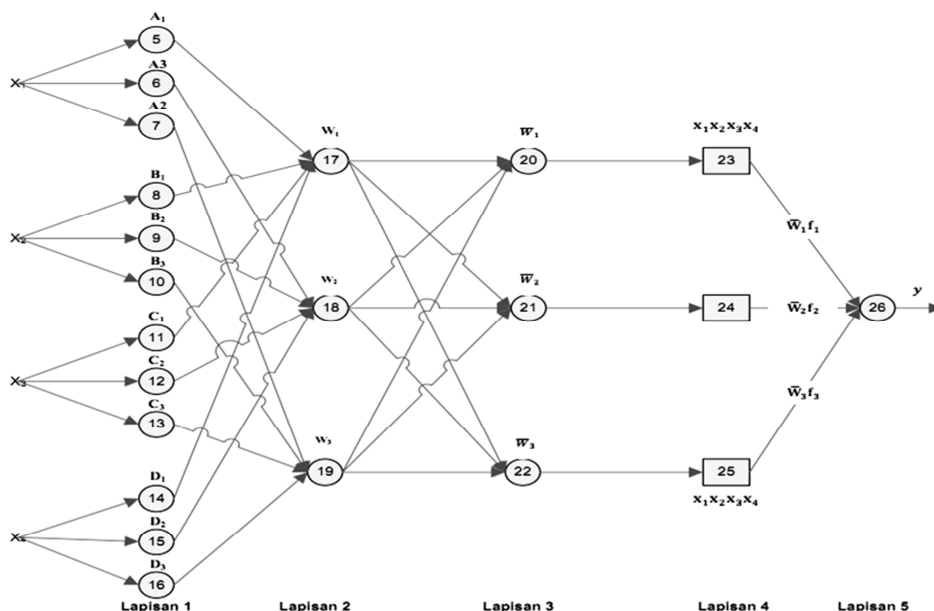


Gambar 2. Rancangan arsitektur BPNN

Arsitektur BPNN terdiri dari tiga lapisan, yaitu lapisan *input*, lapisan *hidden* dan lapisan *output*. Lapisan input terdiri dari suhu (x_1), kelembaban udara (x_2), tekanan udara (x_3), dan kecepatan angin (x_4). Pada lapisan

hidden terdiri dari sejumlah *node* yang akan diuji untuk mengetahui jumlah *node* yang optimal untuk dilakukan pengujian. Pada lapisan output terdiri dari terdiri tiga *node* yaitu cerah (t_1), mendung (t_2), dan hujan (t_3).

Desain arsitektur ANFIS terdiri dari 5 lapisan dengan fungsi yang berbeda untuk tiap lapisannya. Simpul pada lapisan pertama mengandung parameter premis yang nonlinier, sedangkan pada lapisan keempat mengandung parameter konsekuen yang linier. Fungsi lapisan pertama yaitu membangkitkan derajat keanggotaan dari 4 buah input parameter cuaca, yaitu suhu (x_1), kelembaban (x_2), kecepatan angin (x_3), dan tekanan udara (x_4). Lapisan kedua berfungsi untuk membangkitkan fire strength yang dilanjutkan ke lapisan ketiga untuk menormalisasi fire strength. Layer keempat berfungsi untuk menghitung output aturan berdasarkan parameter konsekuen. Sementara pada lapisan terakhir yaitu lapisan kelima berfungsi untuk menghitung output dari ANFIS.



Gambar 3. Rancangan arsitektur ANFIS

3 HASIL DAN PEMBAHASAN

Implementasi program untuk proses prediksi dengan BPNN dan ANFIS menggunakan bahasa Pemrograman Microsoft Visual C# Express Edition 2010. Pada aplikasi yang dibangun terdiri dari form pelatihan dan pengujian.

Pengujian dilakukan setelah dilakukan pelatihan pada sistem dengan berbagai kombinasi antara data latih dan data uji. Pengujian bertujuan untuk menghitung nilai RMSE dan tingkat akurasi sistem (perbandingan target aktual dengan hasil output jaringan).

3.1 Hasil Pengujian dengan BPNN

Pengujian dengan BPNN dilakukan dengan menggunakan kombinasi data latih 50% dan 60% dari total data. Sedangkan data uji yang digunakan adalah 30%, 40% dan 50% dari total data. Nilai laju pembelajaran yang digunakan adalah 0,1 dan jumlah neuron pada *hidden layer* adalah 6. Pada masing-masing kombinasi data dilakukan pengujian sebanyak lima kali dan selanjutnya diambil rata-rata nilai RMSE dan akurasi dari kelima hasil pengujian tersebut. Hasil pengujian untuk data Karangploso ditunjukkan pada Tabel 2, sedangkan hasil pengujian untuk data Banyuwangi ditunjukkan pada Tabel 2.

TABEL 1. HASIL PENGUJIAN NILAI RMSE DAN AKURASI DARI DATA KARANGPLOSO DENGAN BPNN

Persen Data Latih	Persen data Uji					
	30%		40%		50%	
	RMSE	Akurasi	RMSE	Akurasi	RMSE	Akurasi
50%	0,146354	87,79%	0,15498	82,43%	0,144192	80,70%
60%	0,124048	89,56%	0,095497	85,82%		

Dari Tabel 1 dapat diketahui bahwa nilai RMSE terkecil ditemukan pada kombinasi data latih 60% dan data uji 40%. Sedangkan nilai akurasi tertinggi ditemukan pada kombinasi data latih 60% dan data uji 30%. Semakin banyak data latih menunjukkan semakin kecil nilai RMSE. Namun tidak demikian dengan tingkat akurasi yang nilainya akan lebih besar jika data uji berjumlah sedikit.

Dari Tabel 2 dapat diketahui bahwa nilai RMSE terkecil ditemukan pada kombinasi data latih 60% dan data uji 40%. Sedangkan nilai akurasi tertinggi ditemukan pada kombinasi data latih 60% dan data uji 40%. Semakin banyak data latih menunjukkan semakin besar tingkat akurasi. Akurasi juga meningkat dengan semakin banyak data uji. Namun, tidak demikian dengan nilai RMSE yang nilainya bervariasi pada setiap kombinasi data latih dan data uji. Nilai RMSE yang lebih kecil tidak menunjukkan tingkat akurasinya menjadi lebih bagus.

TABEL 2. HASIL PENGUJIAN NILAI RMSE DAN AKURASI DARI DATA BANYUWANGI DENGAN BPNN

Persen Data Latih	Persen data Uji					
	30%		40%		50%	
	RMSE	Akurasi	RMSE	Akurasi	RMSE	Akurasi
50%	0,050347	80,47%	0,070126	83,29%	0,062548	86,16%
60%	0,05247	88,71%	0,047442	94,90%		

Dari Tabel 1 dan Tabel 2 dapat dilihat bahwa tingkat akurasi hasil pengujian cukup bagus yaitu rata-rata diatas 80%, dimana akurasi tertinggi terdapat pada kombinasi data latih 60% dan data uji 40% untuk data Banyuwangi sebesar 94,90%. Demikian juga dengan nilai RMSE yang cukup kecil yaitu diwabah satu. Dari kedua tabel ini dapat juga diketahui adanya anomali dimana semakin kecil nilai RMSE belum tentu menunjukkan tingkat akurasi yang semakin tinggi.

3.2 Hasil Pengujian dengan ANFIS

Pengujian dengan metode ANFIS dilakukan pada laju pembelajaran 0,001. Pada proses pengujian RMSE dan akurasi, pelatihan dilakukan pada jumlah data latih sebanyak 40%, 50%, dan 60% dari total data yang ada. Sedangkan pengujian dilakukan pada sisa data pelatihan yang terdiri dari persentase 30%, 40% dan 50%. Pada masing-masing kombinasi data dilakukan pengujian sebanyak lima kali dan selanjutnya diambil rata-rata nilai RMSE dan akurasi dari kelima hasil pengujian tersebut. Hasil pengujian untuk data Karangploso ditunjukkan pada Tabel 3, sedangkan hasil pengujian untuk data Banyuwangi ditunjukkan pada Tabel 4.

TABEL 3. HASIL PENGUJIAN NILAI RMSE DAN AKURASI DARI DATA KARANGPLOSO DENGAN ANFIS

Persen Data Latih	Persen data Uji					
	30%		40%		50%	
	RMSE	Akurasi	RMSE	Akurasi	RMSE	Akurasi
40%	1,050658	42,34%	0,971173	53,52%	0,922862	59,30%
50%	0,663612	72,12%	0,669894	72,86%	0,685447	72,46%
60%	0,667362	76,93%	0,702071	75,27%		

Berdasarkan Tabel 3 dapat diketahui bahwa nilai RMSE terkecil ditemukan pada kombinasi data latih 50% dan data uji 30%. Sedangkan nilai akurasi tertinggi ditemukan pada kombinasi data latih 60% dan data uji 30%. Semakin banyak data latih menunjukkan semakin tinggi tingkat akurasi. Namun tidak demikian dengan nilai RMSE yang nilainya bervariasi pada setiap kombinasi data latih dan data uji.

TABEL 4 HASIL PENGUJIAN NILAI RMSE DAN AKURASI DARI DATA BANYUWANGI DENGAN ANFIS

Persen Data Latih	Persen data Uji					
	30%		40%		50%	
	RMSE	Akurasi	RMSE	Akurasi	RMSE	Akurasi
40%	1,065387	30,27%	1,247083	28,53%	1,17677	36,09%
50%	1,044217	34,82%	1,002169	41,88%	0,979748	44,38%
60%	0,961866	36,08%	0,933309	40,35%		

Berdasarkan Tabel 4 dapat diketahui bahwa nilai RMSE terkecil ditemukan pada kombinasi data latih 60% dan data uji 40%. Sedangkan nilai akurasi tertinggi ditemukan pada kombinasi data latih 50% dan data uji 50%.

Dari Tabel 3 dan Tabel 4 juga terlihat bahwa semakin kecil nilai RMSE, maka semakin besar nilai akurasi sistem. Namun demikian hasil pengujian terhadap data Banyuwangi menunjukkan nilai RMSE yang cukup tinggi dan akurasi yang rendah jika dibandingkan dengan hasil pengujian akurasi data Karangploso. Hal ini dikarenakan data cuaca di Banyuwangi yang cukup ekstrim dimana perubahan cuaca dalam satu hari bisa sangat mencolok. Fakta ini terlihat dari nilai-nilai unsur cuaca tertentu yang seharusnya dikategorikan dalam *cuaca cerah* ternyata memiliki nilai yang cenderung berada dalam kategori *cuaca hujan* sehingga dalam pembelajaran jaringan tidak bisa mengenali nilai tersebut sesuai dengan target cuaca. Faktor yang lain adalah bahwa baik untuk data Karangploso maupun Banyuwangi, target cuaca yang tercatat di BMKG adalah *cuaca khusus*, yaitu kondisi cuaca khusus yang terjadi dalam satu hari. Hal ini berarti jika dalam 24 jam terjadi hujan badai selama 1 jam dan cuaca cerah selama 23 jam, maka dicatat bahwa *cuaca* pada hari itu adalah hujan badai. Kondisi cuaca khusus ini banyak ditemukan pada data Banyuwangi, sedangkan pada data Karangploso meskipun ditemukan tetapi dalam jumlah yang kecil. Disamping itu, hasil pengujian juga menunjukkan bahwa sebagian besar data yang sulit dikenali adalah *cuaca cerah*, yang mana dikenali dengan hujan atau mendung. Untuk cuaca *hujan*, sebagian besar bisa dikenali dan hanya sebagian kecil yang kadang dikenali *mendung*. Hal ini dimungkinkan karena *range* kelas hujan dan mendung memiliki batas nilai yang cukup dekat. Faktor lainnya yang juga menjadi penyebab kesalahan adalah proses *clustering* yang mana beberapa data masuk ke dalam *cluster* yang berbeda dengan kelas data target sehingga *range* nilai *output* jaringan akan masuk ke dalam *cluster* yang sesuai dengan hasil dari proses *clustering*.

3.3 Perbandingan Hasil BPNN dan ANFIS

Pada penelitian ini dilakukan perbandingan hasil pengujian prediksi cuaca menggunakan BPNN dengan ANFIS. Perbandingan dengan menggunakan data yang berasal dari daerah yang berbeda dilakukan untuk mengetahui apakah metode yang digunakan bisa diterapkan pada jenis data yang berbeda. Adapun data Karangploso memiliki nilai yang cukup stabil jika dibandingkan dengan data dari Banyuwangi, dimana kondisi cuaca di Banyuwangi lebih ekstrim dalam arti bahwa perubahan cuaca dalam satu hari bisa terjadi dengan cepat.

Dari Tabel 1 dan Tabel 4 terlihat bahwa baik untuk data Karangploso dan Banyuwangi, nilai RMSE yang diuji menggunakan metode BPNN lebih kecil jika dibandingkan dengan menggunakan metode ANFIS. Hal yang sama terjadi pada nilai akurasi dimana metode BPNN menghasilkan akurasi yang lebih baik jika dibandingkan dengan ANFIS. Perbedaan yang sangat jauh terlihat pada nilai akurasi pada data Banyuwangi, dimana metode ANFIS menghasilkan akurasi dibawah 50%, sedangkan BPNN memiliki akurasi rata-rata diatas 80%. Setelah dilakukan pengamatan, kegagalan metode ANFIS paling banyak ditemukan pada saat mengenali cuaca cerah yang sebagian besar dikenali sebagai cuaca hujan. Disamping itu, dengan adanya kedekatan nilai data unsur cuaca menyebabkan sebagian besar data dikenali masuk ke dalam cluster yang berbeda dengan kelas asli. Sedangkan pada BPNN dilakukan modifikasi dengan menambahkan sebuah aturan pada saat melakukan pengelompokan output jaringan sehingga proses pengenalan hampir bisa mendekati target output.

Dari tabel juga terlihat bahwa metode BPNN maupun ANFIS cukup baik digunakan pada pada latihan dengan jumlah diatas 50% dimana RMSE dan akurasi yang dihasilkan berada pada nilai yang cukup stabil.

4 KESIMPULAN DAN SARAN

4.1 Kesimpulan

Berdasarkan proses dan analisa hasil yang dilakukan dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. BPNN diimplementasikan dengan menggunakan empat input neuron, sejumlah n *hidden neuron* dan 3 *output neuron* serta pada proses pengelompokan output dilakukan modifikasi dengan menambahkan aturan. Sedangkan pada ANFIS diimplementasikan dengan menggunakan standar arsitektur ANFIS yang terdiri dari 5 layer yang terdiri dari 12 *input neuron*, 3 *neuron pada hidden layer* dan 1 *output neuron*. Pada ANFIS dilakukan digunakan metode K-Mean untuk meng-*cluster* data yang akan digunakan sebagai input dalam proses dengan ANFIS.
2. Berdasarkan hasil uji coba menunjukkan bahwa metode BPNN menghasilkan nilai RMSE yang lebih kecil jika dibandingkan dengan ANFIS. Dan sebagai konsekuensinya, BPNN memiliki tingkat akurasi yang lebih tinggi jika dibandingkan dengan ANFIS. Hal ini menunjukkan bahwa modifikasi BPNN bisa melakukan prediksi secara lebih baik jika dibandingkan dengan ANFIS.
3. Berdasarkan hasil uji coba dapat diketahui bahwa kedua metode dapat digunakan untuk pengujian dengan menggunakan data latihan minimal 50% dari total data. Selain itu diketahui bahwa metode ANFIS cukup baik jika diterapkan untuk kondisi cuaca yang tidak ekstrim dan untuk rentang data yang tidak terlalu besar (1 tahun).

4.2 Saran

Adapun saran untuk pengembangan penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Dilakukan analisa lebih lanjut mengenai kegagalan metode ANFIS dalam mengenali cuaca cerah dengan mengimplementasikan metode *clustering* yang lain yang bisa melakukan pengelompokan data dengan *range* nilai tiap parameter yang mendekati sama untuk tiap kelompok.
2. Dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai kemungkinan modifikasi aturan pada ANFIS dengan menggunakan aturan yang telah diterapkan pada metode BPNN pada penelitian ini.

5 DAFTAR PUSTAKA

- [1] Arifin, S.. "Sistem Logika Fuzzy sebagai Peramalan Cuaca di Indonesia", studi kasus: Kota Surabaya, 2007.
- [2] Dewanto, W., "Cuaca dan Iklim". Pakar Raya, Bandung, 2002.
- [3] Fariza, A., "Performansi Neuro Fuzzy untuk Peramalan Data Time Series", Seminar Nasional Aplikasi Teknologi Informasi (SNATI 2007), Yogyakarta, 2007.
- [4] Jang, J. S. R. Sun, C. T. E. Mizutani., "Neuro-Fuzzy and Soft Computing", London: Prentice Hall, 1997.
- [5] Jantzen, Jan, "Neurofuzzy Modelling", <http://www.iau.dtu.dk/~jj/pubs/nfmod.pdf> (11 April 2011), 1998.
- [6] Kresnawan, A., "Penerapan Model Jaringan Saraf Tiruan Untuk Memprediksi Gangguan Cuaca Maritim", Tugas Akhir, Jurusan Teknik Fisika – FTI – ITS, Surabaya, 2008.
- [7] Meilanitasari, P dan Arifin, S., "Prediksi Cuaca Menggunakan Logika Fuzzy Untuk Kelayakan Pelayaran di Pelabuhan Tanjung Perak Surabaya", Institut Teknologi Sepuluh November, Surabaya, 2007.
- [8] Purnomo, M. H. dan Agus Kurniawan, "Supervised Neural Networks dan Aplikasinya", Yogyakarta: Graha Ilmu, 2006.
- [9] Setyaningrum, R., "Kemampuan Expert System – ANFIS Untuk Diagnosis Kesehatan Pekerja Industri dan Mencari Solusinya", Seminar Nasional Aplikasi Teknologi Informasi 2007 (SNATI 2007), Yogyakarta, 2007.
- [10] Singla, P., H. M. Rai, and Sanjay Singla, "Local Monsoonal Precipitation forecasting using ANFIS Model: a Case Study for Hisar", International Journal of Research and Reviews in Computer Science, Vol.2 No.3, 2011.
- [11] Tjasyono, B., "Klimatologi", Penerbit ITB, Bandung, 2004.