

Prediksi Awal Musim Hujan Menggunakan Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System Pada Studi Kasus Kabupaten Indramayu

Agus Buono, Juniarto Budiman, Musthofa
Computer Science Department
Faculty of Mathematic and Natural Science Bogor Agriculture University
Bogor, Indonesia
pudesha@gmail.com

Climate anomalies cause the onset of the rainy season changes in Indonesia. In agriculture, the change complicates to determine the precise period of cultivation. The fault on the determination increases crop failure by droughtness. As the one of the national granary, Indramayu depends on the happening climate in the rice producing absolutely. This research aims to predict the onset of rainy season in Indramayu using Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System (ANFIS). The data used in this study is Southern Oscillation Index (SOI) from Mei to August as predictor and the onset of the rainy season from 1971 to 2010. SOI performed on the interval data reduction, so there are 7 intervals. There are five rain regions in Indaramayu and the average rain region to be predicted using their own ANFIS model. The prediction result was evaluated using the root mean squared error and the squared correlation coefficient. The best prediction result was obtained at interval $[-7,7]$ with the average of the root mean squared error was 1.95 dasarian and the squared coefficient correlation was 0.33.

Keywords- Neuro-Fuzzy Inference System, Rainy Season, Southern Oscillation Index

I. PENDAHULUAN

Anomali iklim memiliki dampak langsung terhadap pertanian di Indonesia (Estiningtyas dan Amien, 2006). Anomali tersebut akan memengaruhi secara langsung terhadap 2 faktor iklim, yakni Sea Surface Temperature (SST) dan Southern Oscillation Index (SOI). Anomali iklim yang menyebabkan SST tinggi dan SOI rendah dinamakan El Nino. Sebaliknya, Anomali iklim yang menyebabkan SST rendah dan SOI tinggi dinamakan La Nina. Kedua anomali ini menyebabkan perubahan tingkat curah hujan. Menurut Boer (1997), pada El Nino dapat terjadi penurunan curah hujan hingga 80 mm/bulan dari curah hujan normal sehingga dapat menyebabkan kekeringan sedangkan peningkatan curah hujan hingga 40mm/bulan akibat La Nina.

Pada sektor pertanian, anomali iklim El Nino dan La Nina sangat memiliki pengaruh. Anomali iklim tersebut semakin sering terjadi dan membuat

musim menjadi ekstrim dengan durasi yang semakin panjang sehingga berdampak signifikan terhadap produksi pertanian di banyak negara, termasuk Indonesia (IPCC, 2001). Berdasarkan dampak yang ditimbulkan oleh kedua anomali tersebut, anomali El Nino yang perlu diwaspadai karena memiliki dampak negatif bencana kekeringan terhadap pertanian. Pada tahun 2012, tercatat telah terjadi bencana El Nino dengan fase lemah sejak Juli dan meningkat menjadi fase moderat hingga akhir tahun 2012. Hal ini menyebabkan kekeringan di Sumatera, Jawa dan Kalimantan dan munculnya jumlah titik panas yang cukup tinggi di Sumatera dan Kalimantan (Radius, 2012).

Dampak langsung anomali iklim tersebut terhadap sektor pertanian dapat dikurangi dengan beberapa penanggulangan dini. Menurut Kementan (2011), informasi dan inovasi teknologi dapat digunakan dalam proses adaptasi perubahan iklim. Upaya ini

bertujuan untuk mengurangi atau menghindari resiko gagal panen akibat pergeseran musim dan perubahan pola hujan. Salah satu teknologi adaptasi menghadapi ancaman kelangkaan air dan kekeringan ialah penyesuaian waktu dan pola tanam berdasarkan atlas kalender tanam (Katam). Atlas ini disusun berdasarkan kondisi pola tanam petani saat ini dan 3 skenario kejadian iklim, meliputi tahun basah (TB), tahun normal (TN), dan tahun kering (TK). Prediksi musim hujan tentu diperlukan di dalam penyesuaian waktu dan pola tanam.

Awal musim hujan dapat diketahui melalui pengukuran terhadap curah hujan rata-rata dasarian suatu daerah. Penelitian Swarinoto (2010) menggunakan regresi linier berganda untuk menentukan hubungan antara nilai SST di beberapa wilayah Indonesia, SST Nino 3.4, dan SST Samudera Hindia (Indian Ocean Dipole Mode, IODM).

Penelitian ini melihat pola musim hujan dalam melakukan prediksi awal musim hujan yang dipengaruhi oleh anomali iklim El Nina dan La Nina. Salah satu parameter yang berkorelasi kuat dalam mempengaruhi terjadinya anomali iklim ialah SOI. Nilai SOI di kawasan Asia Tenggara merupakan indikator baik dalam perubahan curah hujan karena memiliki korelasi kuat (Podbury et al., 1998). Oleh karena itu, pada penelitian ini menggunakan data SOI sebagai prediktor dan Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System dalam memprediksi awal musim hujan.

Tujuan dari penelitian ini ialah membangun model dengan menggunakan Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System untuk memprediksi awal musim hujan pada studi kasus Kabupaten Indramayu.

Selanjutnya, paper ini disajikan dengan susunan sebagai berikut: bagian 2 mendeskripsikan metode percobaan, data yang dipergunakan, serta pemrosesan yang dilakukan. Bagian

berikutnya difokuskan pada diskusi mengenai hasil dan pembahasan. Akhirnya, pada bagian 4 akan disajikan kesimpulan dari penelitian ini.

II. DATA DAN METODE

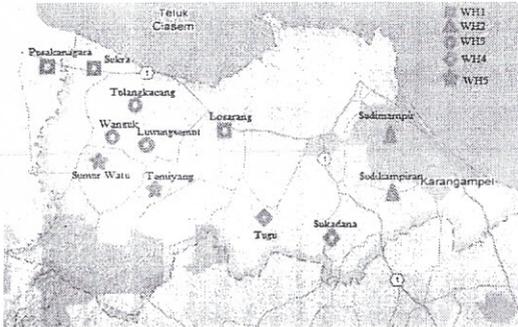
Data yang digunakan dalam penelitian ini ialah data SOI dan data awal musim hujan dari stasiun cuaca di Indramayu. Data SOI sebagai prediktor diambil dari situs milik *the Bureau of Meterology, Australia* (BOM 2012) dari tahun 1971 sampai dengan 2010 di alamat

<http://reg.bom.gov.au/climate/glossary/soi.shtml>. Data observasi digunakan data awal musim hujan tahun 1971-2010 dari stasiun cuaca di Indramayu. Definisi awal musim yang dipergunakan dalam penelitian ini adalah sesuai dengan yang ditetapkan oleh BMKG, yaitu adanya hujan dasarian yang melebihi 50 mm yang diikuti oleh setidaknya dua dasarian berikutnya. Indramayu terdiri atas 5 wilayah hujan yang diamati dari stasiun-stasiun cuaca. Cakupan masing-masing wilayah hujan dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1 Cakupan wilayah-wilayah hujan di Indramayu.

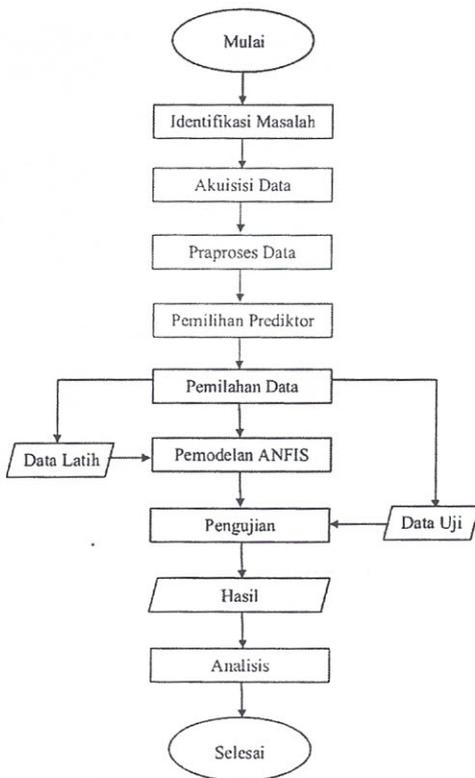
Wilayah Hujan	Cakupan Wilayah
I	Losarang, Pusaka Negara, Sukra, Ujung Garis
II	Sudikampiran, Sudimampir
III	Lw.Semut, Teluk Kacang, Wanguk
IV	Rentang, Sukudana, Tugu
V	Sumurwatu, Taminyang, Slamet

Posisi geografis dari lima wilayah hujan (WH) tersebut diperlihatkan seperti ditunjukkan Gambar 1.



Gambar 1 Peta wilayah stasiun cuaca Kabupaten Indramayu
 Penelitian ini dilakukan dalam beberapa tahap, seperti yang disajikan pada Gambar 2.

Penelitian ini dilakukan dalam beberapa tahap, seperti yang disajikan pada Gambar 2.



Gambar 2. Tahapan Penelitian

PRAPROSES DATA

Ada dua proses pada tahap praproses, yaitu pembersihan data dan pengecilan interval data. Pembersihan data dilakukan pada *data record* yang memiliki *missing values*. Hal ini

menyebabkan jumlah data latih dan data uji untuk setiap wilayah hujan berbeda-beda. Pada wilayah hujan I dan wilayah hujan rata-rata, jumlah *data record* sebanyak 40 tahun dan data uji sebanyak 10 tahun. Pada wilayah hujan II, jumlah *data record* sebanyak 30 tahun dan data uji sebanyak 8 tahun. Pada wilayah hujan III, jumlah *data record* sebanyak 30 tahun dan data uji sebanyak 3 tahun. Pada wilayah hujan IV dan wilayah hujan V, jumlah *data record* sebanyak 39 tahun dan data uji sebanyak 9 tahun.

Pengecilan interval data dilakukan pada data SOI sebagai prediktor dan data observasi awal musim hujan. Pengecilan interval data bertujuan mendapatkan tingkat variabilitas data yang baik untuk melakukan prediksi dengan mempersempit wilayah sebaran data. Variabilitas suatu data ialah keadaan dimana suatu himpunan data menyebar di sekitar *mean* data tersebut.

Data SOI yang semula memiliki interval $[-35,35]$ akan diperkecil ke dalam 7 interval, yakni $[-1,1]$, $[-2,2]$, $[-3,3]$, $[-4,4]$, $[-5,5]$, $[-6,6]$, dan $[-7,7]$. Pengecilan interval data SOI menggunakan rumus sebagai berikut :

$$SOI' = \left(2 * \frac{SOI + 35}{70} \right) - \max$$

dengan

SOI = data SOI awal

SOI' = data SOI hasil pengecilan interval

Max = batas atas interval yang diinginkan

Data awal musim hujan untuk seluruh wilayah hujan dilakukan pengecilan interval data menggunakan rumus berikut :

$$AMH' = AMH - 33$$

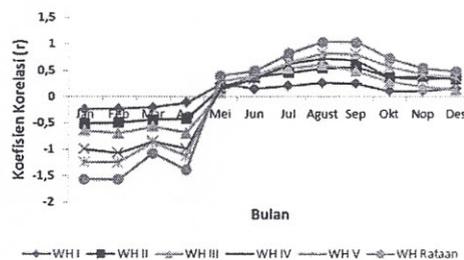
dengan

AMH = data awal musim hujan awal

AMH' = awal musim hujan hasil pengecilan interval

PEMILIHAN PREDIKTOR

Pemilihan prediktor dilakukan menggunakan analisis korelasi sederhana. Nilai SOI pada setiap bulan data akan dicari tingkat korelasinya dengan data awal musim hujan. Data yang diperiksa korelasinya ialah data yang telah dilakukan pengecilan interval data. Data SOI pada bulan-bulan yang memiliki nilai korelasi tertinggi digunakan sebagai prediktor dalam memprediksi awal musim hujan. Selain data SOI dari bulan-bulan yang memiliki korelasi tertinggi, prediktor yang digunakan ialah nilai gradien dari data SOI bulan-bulan tersebut.



Gambar 3 Grafik koefisien korelasi antara SOI dengan awal musim hujan seluruh wilayah hujan.

Nilai korelasi yang diperoleh antara data awal dengan data yang telah dilakukan pengecilan data ialah sama. Untuk setiap interval-pun, korelasi antara nilai SOI dengan awal musim hujan ialah sama. Hal ini menunjukkan bahwa pengecilan interval data tidak mengubah informasi yang terdapat pada data. Gambar 3 menunjukkan bahwa korelasi antara nilai SOI dengan awal musim hujan seluruh wilayah hujan memiliki pola yang sama, yakni nilai korelasi tertinggi terdapat pada bulan Agustus dan September, nilai korelasi bulan Januari hingga April bernilai negatif, nilai korelasi menaik dari bulan Mei ke Juli, dan menurun dari bulan Oktober ke Desember. Berdasarkan hal tersebut, prediktor yang digunakan dalam penelitian ini ialah data SOI pada bulan Mei, Juni, Juli, dan Agustus untuk memprediksi karena memiliki nilai korelasi positif dengan awal musim hujan dan tertinggi

untuk setiap wilayah hujan. Data SOI bulan September tidak dijadikan sebagai prediktor karena bulan September merupakan bulan pergantian musim (pancaroba). Selain SOI bulan Mei, Juni, Juli, dan Agustus, prediktor ditambahkan nilai gradien antara bulan Mei dan Agustus sebagai representasi *trendline* dari SOI dan anomali iklim yang terjadi.

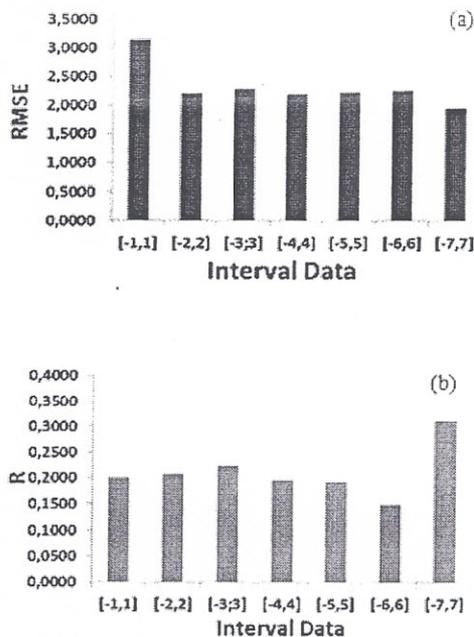
PEMILAHAN DATA

Pada penelitian ini akan digunakan metode prediksi deret waktu. Data akan dibagi menjadi tiga puluh *data record* sebagai data latih dan satu *data record* sebagai data uji. Sebanyak 10 *data record* yang digunakan sebagai data uji (yang akan diprediksi) ialah data tahun 2001-2010. Data yang digunakan sebagai data latih untuk memprediksi tahun ke- k ialah data tahun ke- $(k-30)$ hingga tahun ke- $(k-1)$, sehingga data latih merupakan data dalam kurun waktu 30 tahun. Berdasar pemilihan data ini, selanjutnya dilakukan pemodelan ANFIS.

Pembuatan model ANFIS dilakukan pada setiap set data untuk setiap wilayah hujan. Jumlah *membership functions* yang digunakan sebanyak 3 buah. Tipe *membership functions* premis yang digunakan ialah Gaussian. Pelatihan dilakukan dengan *epoch* sebanyak 40 kali dan nilai toleransi sebesar 0. Pengujian menggunakan data SOI dari tahun 2001 hingga 2010. Selanjutnya dilakukan analisis dengan menghitung RMSE dan koefisien korelasi kuadrat antara data hasil prediksi dengan data observasi awal musim hujan. RMSE akan dihitung dari matriks hasil setiap wilayah hujan dan interval data. RMSE menunjukkan galat hasil prediksi dibandingkan dengan data observasi. Apabila nilai RMSE semakin mendekati nilai 0, maka sistem yang dibuat semakin akurat. Koefisien korelasi kuadrat menunjukkan akurasi hasil terhadap observasi.

III. PEMBAHASAN

Kinerja dari model ANFIS diukur berdasarkan nilai galat dan korelasi dari hasil prediksi dengan data observasi awal musim hujan. Model ANFIS yang baik ialah hasil prediksinya memiliki galat yang kecil dan korelasi yang tinggi dengan data observasi. Berdasarkan interval data, model ANFIS yang terbaik diperoleh pada interval $[-7,7]$ dengan RMSE sebesar 1.95 dasarian dan koefisien korelasi kuadrat (R) sebesar 0.3341 (Gambar 4). Nilai RMSE sebesar 1.95 dasarian memiliki makna bahwa hasil prediksi awal musim hujan lebih lambat atau cepat 19 hari daripada awal musim hujan aktualnya. Koefisien sebesar 0.3341 menunjukkan bahwa 33,41% data observasi dapat dijelaskan hubungan linear dengan hasil prediksi. Model ANFIS terbaik kedua diperoleh pada interval $[-2,2]$ dengan RMSE sebesar 2.20 dasarian dan R sebesar 0.2077. Hasil prediksi model ANFIS pada interval $[-1,1]$ memiliki RMSE sebesar 3.15 dasarian dan R sebesar 0.2021.



Gambar 4 Grafik nilai (a) RMSE dan (b) R rata-rata untuk seluruh wilayah

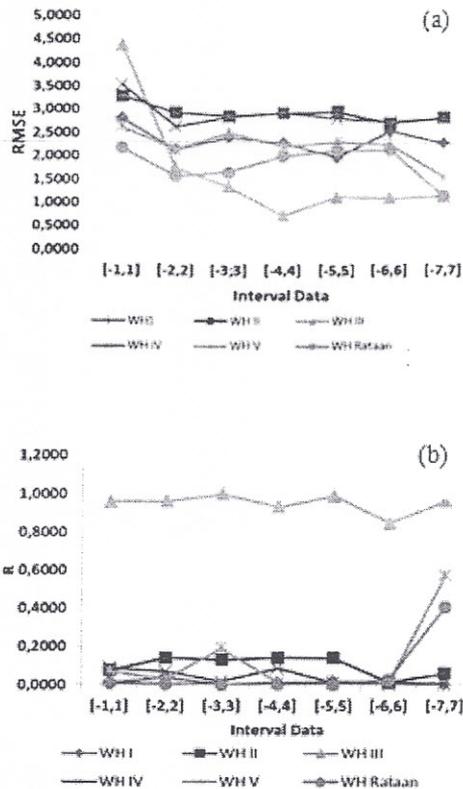
Hasil prediksi yang diperoleh model ANFIS pada interval $[-3,3]$ memiliki

RMSE sebesar 2.29 dasarian dan R sebesar 0.2237. Hasil prediksi model ANFIS pada interval $[-4,4]$ memiliki RMSE sebesar 2.20 dasarian dan R sebesar 0.1976. Hasil prediksi model ANFIS pada interval $[-5,5]$ memiliki RMSE sebesar 2.23 dasarian dan R sebesar 0.1937. Hasil prediksi model ANFIS pada interval $[-6,6]$ memiliki RMSE sebesar 2.25 dasarian dan R sebesar 0.1504.

Setiap wilayah hujan memiliki model ANFIS pada interval yang berbeda-beda (Gambar 5). Model ANFIS terbaik untuk wilayah hujan I diperoleh pada interval $[-5,5]$ dengan RMSE sebesar 1.98 dasarian dan R sebesar 0.015. Wilayah hujan II diperoleh model ANFIS terbaik pada interval $[-6,6]$ dengan RMSE sebesar 2.72 dasarian dan R sebesar 0.013. Wilayah hujan III diperoleh model ANFIS terbaik pada interval $[-6,6]$ dengan RMSE sebesar 0.75 dasarian dan R sebesar 0.93. Wilayah hujan IV diperoleh model ANFIS terbaik pada interval $[-2,2]$ dengan RMSE sebesar 2.65 dasarian dan R sebesar 0.069. Model ANFIS terbaik wilayah hujan V diperoleh pada interval $[-7,7]$ dengan RMSE sebesar 1.54 dasarian dan R sebesar 0.57. Wilayah hujan rata-rata diperoleh model ANFIS terbaik pada interval $[-7,7]$ dengan RMSE sebesar 1.14 dasarian dan R sebesar 0.41.

Model ANFIS terbaik dari masing masing wilayah yang telah diperoleh dihitung galat hasil prediksi dari seluruh data yang diujikan dengan data observasi awal musim hujan. Sebelumnya, hasil prediksi yang diperoleh terlebih dahulu dikembalikan ke interval semula. Galat tersebut diplotkan menggunakan diagram *boxplot* untuk melakukan validasi terhadap hasil prediksi yang dianggap terbaik dari setiap wilayah hujan.

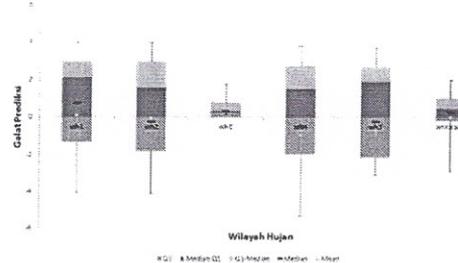
(b)



Gambar 5 Grafik nilai (a) RMSE dan (b) R masing-masing wilayah hujan pada setiap interval.

Gambar 6 menunjukkan bahwa hasil prediksi tersebut valid atau dapat digunakan sebagai prediksi untuk awal musim hujan, karena nilai rata-rata (*mean*) dari galat hasil prediksi untuk seluruh data yang diujikan berada pada area kotak sehingga bukan merupakan pencilan. Apabila diperoleh nilai rata-rata yang berada di luar kotak atau merupakan pencilan, maka hasil prediksi tersebut tidak dapat digunakan sebagai prediksi awal musim hujan karena menyimpang jauh dari aktualnya. Nilai rata-rata galat hasil prediksi wilayah hujan I berada di bawah median galat hasil prediksi, yakni sebesar 0.0994 dasarian. Nilai rata-rata galat hasil prediksi wilayah hujan II sebesar -0.0673 dasarian dan berada di atas median galat hasil prediksi. Nilai rata-rata galat hasil prediksi wilayah hujan III sebesar 0.5814 dasarian. Nilai rata-rata galat hasil prediksi wilayah hujan IV berada di bawah median galat hasil prediksi, yakni sebesar -0.9775 dasarian. Nilai

rataan galat hasil prediksi wilayah hujan V sebesar -0.7094 dasarian. Nilai rata-rata galat hasil prediksi wilayah hujan rata-rata sebesar -0.0314 dasarian



Gambar 6 Diagram *boxplot* galat hasil prediksi awal musim hujan setiap wilayah hujan pada model ANFIS (pada interval data) terbaik masing-masing wilayah.

IV. KESIMPULAN

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa secara keseluruhan model ANFIS pada interval $[-7,7]$ paling baik dibandingkan dengan interval lainnya dengan nilai rata-rata RMSE sebesar 1.95 dasarian dan R sebesar 0.33. Model ANFIS terbaik untuk setiap wilayah hujan berbeda-beda. Wilayah hujan yang memiliki model ANFIS terbaik ialah wilayah hujan III dengan RMSE sebesar 0.75 dasarian dan R sebesar 0.93. Hasil prediksi yang diperoleh dari model ANFIS terbaik masing-masing wilayah hujan ialah valid atau dapat digunakan sebagai prediksi awal musim hujan.

ACKNOWLEDGMENT

Penulisan mengucapkan terima kasih kepada Center for Climate Risk and Opportunity Management in Southeast Asia and Pacific (CCROM-SEAP IPB) yang telah menyediakan data dan Kementerian Pendidikan Nasional atas dukungan sebagian dana dalam penulisan paper ini melalui skema BOPTN IPB.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Boer R. 1999. Perubahan Iklim, El Nino dan La Nina. Kumpulan makalah pelatihan dosen-dosen PTN Indonesia bagian barat dalam bidang Agroklimatologi. Bogor(ID).
- [2] [BOM]. 2012. Monthly Southern Oscillation Index. Bureau of Meteorology[Internet]. [diunduh 10Des2012]. Tersedia pada : ftp://ftp.bom.

- gov.au/anon/home/ncc/w
ww/sco/soi/soiplaintext.html.
- [3] Estiningtyas W dan Amien LI. 2006. Pengembangan Model Prediksi Hujan dengan Metode Kalman Filter untuk Menyusun Skenario Masa Tanam. *Jurnal Sumberdaya Lahan (SDL)*. 1(2) Th. 2006.
- [4] Fausett L. 1994. *Fundamental of Neural Networks*. New Jersey (US) : Prentice Hall.
- [5] [IPCC] Intergovernmental Panel on Climate Change. 2001. *Climate Change 2001: Impacts, Adaption and Vulnerability*. Cambridge(UK) :Cambridge University Press. Hlm 75-104.
- [6] Jang JSR. 1993. ANFIS : Adaptive-Network-Based Fuzzy Inference System. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics*. 23(3) 668-671. doi : 10.1080/02726340290084111.
- [7] [Kementan] Kementerian Pertanian. 2011. *Pedoman Umum Adaptasi Perubahan Iklim Sektor Pertanian*. Jakarta(ID) : Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian.
- [8] Podbury T, Sheales TC, Hussain I, dan Fisher BS. 1998. Use of El Nino Climate Forecasts in Australia. *American Agricultural Economics Association Annual Meeting 1998*; 1998 Aug 4; Salt Lake City, Utah. Utah(US): Abare Conference Paper. Hlm 1-13.
- [9] Radius DB. 2012. Ancaman El Nino Bisa Berlangsung Hingga Akhir Tahun. Di dalam : Mulyadi, editor. *Kompas[Internet]*. [diunduh 2012 Des 23]. Tersedia pada:<http://regional.kompas.com/read/2012/08/28/16034765/Ancaman.El.Nino.Bisa.Berlangsung.hingga.Akhir.Tahun>.
- [10] Swarinoto YS. 2010. Evaluasi Keandalan Simulasi Informasi Prakiraan Iklim Musiman Menggunakan Metode ROC (Kasus ZOM 126 Denpasar). *Jurnal Meteorologi dan Geofisika* 11(2) 2010 : 116 - 126.
- [11] Widodo TS. 2005. *Sistem Neuro Fuzzy untuk Pengolahan Informasi, Pemodelan, dan Kendali*. Yogyakarta(ID):Graha Ilmu