

APLIKASI PRAKIRAAN CUACA MENGGUNAKAN JARINGAN SYARAF TIRUAN

Deas Achmad Rivai

Teknik Informatika STMIK ATMA LUHUR PANGKALPINANG
Jl. Jend. Sudirman Selindung Lama Pangkalpinang Kepulauan Babel
email : deasrivai@gmail.com

Abstrak

Daily weather forecasts method developed by BMKG currently are subjective, or in other words are still very dependent on the operator. This study aims to develop a method of daily weather forecasts are objective. Objective means is by including certain data it will automatically obtained value forecasts, so no more subjective elements of the forecaster. Making an application is using the waterfall method which refers to the rules of Classic Life Cycle, which step by step through having to wait the completion of the previous stage. Methodology software which is used in the form of data gathering phase of the literature study and observation. Applications used in the manufacture of this application is version 7.7 matlab R2008b and degrib. Comparison between the output and the target backpropagation training produces value $R = 0.99975$, the results of the test with the value $R = 0.7462$, maximum error = 28.6841, and the minimum error = 0. Comparison between the output and the target training LVQ generate value $R = 0.6305$. Of the correlation value obtained training and testing, the network is fit for use for the next day's forecast rainfall. Based on the results of the correlation test, weather parameters that determine rainfall in Pangkalpinang is rh 700, 700 spfh, rh 500, rh 850 (air humidity layer 850, 700, and 500 mb) and ugrd-10 (U component of wind at a height of 10 meters). These parameters are used as input applications. Advice given to the results obtained allow better is the use of a nearest grid points around the study site, increase the length of the data used, and try to use another network with a different algorithm.

Kata Kunci :

Weather Forecast, Artificial Neural Network

1. Pendahuluan

Pelayanan informasi cuaca sekarang ini sangat dibutuhkan oleh hampir semua lapisan masyarakat untuk kepentingan sehari-hari. BMKG (Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika) adalah satu-satunya lembaga pemerintahan di Indonesia yang mempunyai tugas untuk memberikan informasi cuaca kepada masyarakat luas, informasi yang disebarkan haruslah akurat dan dapat dipertanggungjawabkan baik dari sisi akurasi maupun legalitasnya.

Metode prakiraan cuaca harian yang dikembangkan oleh BMKG saat ini masih bersifat subyektif, atau dengan kata lain masih sangat tergantung pada operator. Dimasa mendatang, diperlukan suatu metode prakiraan cuaca harian bersifat obyektif. Obyektif maksudnya adalah dengan hanya memasukkan data tertentu maka secara otomatis akan diperoleh nilai prakiraannya, sehingga tidak ada lagi unsur subyektif dari prakirawan.

Perlu dikembangkan metode prakiraan cuaca harian yang tepat dan cepat secara operasionalnya, dimana kenyataannya pada prosesnya terkendala oleh beberapa factor, diantaranya memerlukan waktu yang lama dengan ketersediaan sarana dan prasarana yang terbatas terutama basis data yang masih belum memenuhi syarat. Dengan metode prakiraan statistik dapat menjadi alternative untuk mengatasi permasalahan diatas.

Berdasarkan latar belakang dan masalah yang sebelumnya telah dikemukakan, penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan Model Output Statistik (MOS) untuk menunjang pembuatan prakiraan cuaca harian, memanfaatkan data output NWP (Numerical Weather Prediction) untuk menghasilkan prakiraan yang obyektif, membangun model aplikatif yang siap digunakan untuk operasional BMKG.

Penulisan penelitian ini dibatasi pada ruang lingkup antara lain : parameter cuaca yang diprakirakan hanya parameter curah hujan saja, lokasi penelitian adalah Stasiun Meteorologi Pangkalpinang, data yang digunakan merupakan data zygrib dengan periode data Juli 2012 sampai dengan Desember 2012 , aplikasi ini menggunakan system operasi operasi windows dengan bahasa pemrograman matlab versi R2008b.

Metodologi yang digunakan untuk membangun Aplikasi Prakiraan ini ada beberapa tahap yaitu : tahap pengumpulan data dengan metode yang digunakan dalam mengumpulkan data yang berkaitan dengan penyusunan laporan dan pembuatan aplikasi ini yaitu studi pustaka dan observasi. Tahap selanjutnya adalah pembuatan perangkat lunak, tahap yang dilakukan untuk membuat aplikasi ini adalah menggunakan metode waterfall yang mengacu pada aturan Classic Life Cycle. Dimana tahap demi tahap proses yang dilalui harus menunggu selesainya tahap sebelumnya dan berjalan berurutan. Adapun tahapan-tahapannya yaitu *system engineering, analysis, design, coding, testing, dan maintenance*.

Data NWP merupakan data grib dimana data tersebut memiliki resolusi cukup besar yang terkadang tidak bisa memberikan informasi keadaan atmosfer suatu tempat dengan detail (skala local), maka diperlukan suatu proses *post processing*.

Salah satu metode *post processing* adalah teknik *downscaling*. Pada penelitian ini, yang digunakan adalah teknik *statistical downscaling* dengan metode jaringan syaraf tiruan, dimana predictor yang digunakan adalah lima variable dari output data grib tersebut yang mempunyai korelasi tertinggi dan predictan yang dipakai adalah data curah hujan. Dengan proses penentuan algoritma pelatihan jaringan syaraf tiruan dan jumlah neuronnya, akan dipilih yang hasil prakiraannya paling

mendekati dengan kenyataan. Proses selanjutnya adalah menguji rancangan dengan beberapa uji.

Beberapa penelitian sebelumnya sudah pernah dilakukan, tetapi kebanyakan berasal dari luar negeri. Salah satu penelitian yang berasal dari Indonesia oleh Septima Ernawati, yaitu aplikasi Hopfield neural network untuk prakiraan cuaca dengan menggunakan data *Automatic Weather Station* di Stasiun Meteorologi Cilacap.

Pada metode Hopfield unsure-unsur cuaca tersebut sebagai neuron input, kemudian hasil dari proses simulasinya akan dikembalikan lagi sebagai input secara terus menerus sampai mendapatkan kondisi yang stabil. Output yang dihasilkan di Cilacap adalah untuk kondisi tidak ada awan (*clear*) atau awan yang tipis dan sangat sedikit, adalah nilai-nilai atau jarak yang mendekati cerah. Begitu pula untuk kondisi hujan, output yang dihasilkan adalah nilai-nilai atau jarak yang mendekati hujan. Untuk kondisi berawan nilai-nilai yang dihasilkan adalah sebagian cerah, sebagian lagi hujan. Adapun kesimpulan dari hasil penelitiannya adalah klasifikasi pada Hopfield ini menghasilkan output yang tepat, maka sifat-sifat dari unsur-unsur cuaca di Cilacap dapat digunakan untuk prakiraan cuaca.

2. Tinjauan Pustaka

2.1 Aplikasi

Aplikasi merupakan kumpulan perintah dari program-program yang dibuat untuk melaksanakan pekerjaan tertentu (Hendrayudi 2008). Aplikasi berbeda dengan sistem operasi (yang menjalankan komputer), *utility* (yang melaksanakan perawatan atau tugas-tugas umum) dan bahasa pemrograman (yang digunakan untuk membuat program komputer). Tujuan pembuatan aplikasi tergantung dari tujuan pekerjaan yang dimaksudkan, misalnya memanipulasi teks, angka, grafik atau kombinasi dari unsur-unsur tersebut. Beberapa paket aplikasi mempunyai kemampuan komputasi yang tinggi dengan jalan menspesialisasikan pada suatu tugas tertentu, misalnya dalam hal pengolahan kata ataupun dalam pengolahan suatu data.

2.2 Matlab

Matlab merupakan salah satu bahasa pemrograman sederhana dengan fasilitas yang di banyak sisi lebih baik dan mudah dari pada bahasa pemrograman Basic, Pascal, dll (PMP 2005). Matlab mempunyai kemampuan grafis yang memberikan lebih banyak pilihan untuk visualisasi data, oleh karena itu, matlab biasa digunakan pada pemrograman modelling (simulasi dan prototype), analisis numerik dan statistik, serta pengembangan aplikasi teknik.

2.3 Unsur Cuaca

Keadaan udara atau atmosfer di suatu tempat pada suatu saat atau waktu (jam, hari, minggu, bulan, dan seterusnya). Dengan definisi tersebut kita dapat mengatakan, misalnya cuaca saat ini, cuaca jam 12, cuaca hari Minggu, cuaca tanggal 17 Agustus, cuaca minggu ini, cuaca bulan September, dst.) (Wirjohamidjojo 2009). Cuaca ini mempunyai beberapa unsur yang berinteraksi satu dengan yang lainnya yang pada hasil akhirnya menghasilkan hujan. Unsur-unsur tersebut adalah : radiasi matahari, suhu udara, tekanan udara, angin, kelembaban udara, awan, dan hujan.

2.4 Konsep Pengolahan Data

Beberapa konsep pengolahan data yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

2.4.1 NWP (*Numerical Weather Prediction*)

Memprakirakan cuaca merupakan suatu proses kompleks yang melibatkan beberapa bidang keahlian tertentu. Keluaran dari proses komputasi model NWP memiliki arti penting untuk proses prakiraan cuaca. Prakirawan yang sudah ahli pada umumnya mempunyai dua pengetahuan untuk mengetahui system cuaca berskala besar dan system cuaca skala local. Prakirawan tersebut akan menyimpulkan hal yang berbeda dari hasil prakiraannya yang bersifat persisten untuk skala local dan keluaran dari model NWP (Denis Riordan and Bjarne K Hansen 2002). NWP merupakan metode dengan pendekatan secara langsung untuk prakiraan cuaca, dimana mengintegrasikan aturan-aturan fisika yang berlaku di atmosfer dari mulai keadaan inisialisasinya (Shuman 1978).

2.4.2 MOS (*Model Output Statistik*)

Model Output Statistik (MOS) adalah suatu model yang digunakan untuk melakukan pemrosesan lebih lanjut hasil keluaran dari model NWP (*Numerical Weather Prediction*) dengan mereduksi rataan sisaan dari ramalan *raw* model (NWP) dengan memperkecil bias dan pengkoreksian model secara statistic (Neiley 2004)

2.4.3 *Statistical Downscaling*

Terjadinya berbagai macam fenomena yang mempengaruhi kondisi iklim di Indonesia, maka perlu melakukan regionalisasi (*downscaling*) menggunakan *Global Circulation Model* (GCM) dalam pemanfaatan kajian iklim. GCM merupakan metode yang paling berpotensi untuk mensimulasikan iklim masa lampau, sekarang dan memprediksi perubahan-perubahan iklim yang mungkin terjadi di masa akan datang. Skala yang digunakan dalam GCM beresolusi rendah/berdimensi tinggi. Salah satu cara untuk menurunkan skala spasialnya digunakan metode *downscaling* (Mandasari, dkk 2010). Metode *downscaling* merupakan suatu teknik dengan untuk memperoleh informasi di suatu area dengan skala lokal menggunakan GCM. Beberapa metode *downscaling* yang dikembangkan antara lain *dynamical downscaling*, *statistical downscaling*, dan *dynamical statistical downscaling*. Metode *statistical downscaling* (SD) adalah suatu proses *downscaling* yang bersifat statik yang bertujuan untuk menentukan data pada grid berskala lebih kecil dengan menggunakan data pada grid-grid berskala besar dalam periode dan jangka waktu tertentu (Wigena 2006).

2.5 Jaringan Syaraf Tiruan

Jaringan syaraf tiruan adalah suatu system saraf secara biologis yang menginspirasi suatu paradigma proses pengolahan informasi, seperti proses informasi pada otak manusia (T.Sutojo, dkk 2011). Sistem pengolahan informasi yang terdiri dari banyak elemen pemrosesan yang saling

berhubungan (neuron), bekerja bersama-sama untuk memecahkan masalah tertentu.

Perambatan galat mundur (*Backpropagation*) adalah sebuah metode sistematis untuk pelatihan jaringan saraf tiruan *multiplayer*. Metode ini memiliki dasar matematis / perhitungan yang kuat, obyektif dan algoritma ini mendapatkan bentuk persamaan dan nilai koefisien dalam formula dengan meminimalkan jumlah kuadrat galat error melalui model yang dikembangkan (*training set*) (Harcourt Brace and Company 1987). *Backpropagation* merupakan algoritma pelatihan terbimbing yang mempunyai banyak lapisan. *Backpropagation* menggunakan *error output* untuk mengubah nilai bobot-bobotnya dalam arah mundur (*backward*). Untuk mendapatkan *error* ini, tahap perambatan maju (*forward propagation*) harus dikerjakan terlebih dahulu

Learning Vector Quantization (LVQ) merupakan jaringan lapisan tunggal (*single-layer net*) di mana lapisan masukan terkoneksi secara langsung dengan setiap neuron pada keluaran. Koneksi antar neuron tersebut dihubungkan dengan bobot/*weight*. Neuron-neuron keluaran pada *LVQ* menyatakan suatu kelas atau kategori tertentu (Kusumadewi 2004). Bobot merupakan nilai matematis dari koneksi yang mentransfer data dari satu lapisan ke lapisan lainnya, yang berfungsi untuk mengatur jaringan sehingga dapat menghasilkan output yang diinginkan. Bobot pada *LVQ* sangat penting, karena dengan bobot ini input dapat melakukan pembelajaran dalam mengenali suatu pola. Vektor bobot berfungsi untuk menghubungkan setiap neuron pada lapisan input dengan masing-masing neuron pada lapisan output. Vektor bobot biasanya dituliskan dengan $W_{tj} = (W_{1j}, W_{2j}, \dots, W_{mj})$ dimana t menunjukkan kelas yang nilainya antara 1 sampai K , dengan K adalah banyaknya kelas pada lapisan output, sedangkan m adalah banyaknya variabel yang digunakan.

3. Pemodelan Proyek

3.1 Identifikasi Stakeholder

Bagian ini menjelaskan keseluruhan pihak – pihak yang terkait dalam pembuatan aplikasi ini. *Stakeholder* merupakan orang ataupun organisasi yang terlibat dalam pengelolaan proyek, atau yang kepentingannya dipengaruhi oleh keberhasilan atau kegagalan pelaksanaan/penyelesaian proyek. Berikut adalah *stakeholder* yang terlibat dalam proyek pengembangan aplikasi prakiraan cuaca menggunakan JST yaitu: tim proyek, calon pengguna, dan staff pendukung.

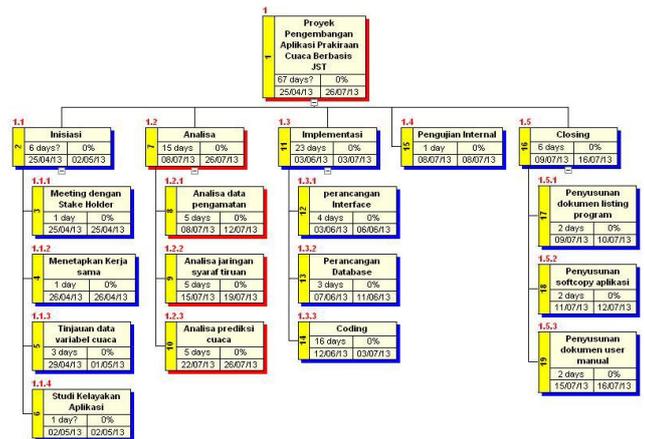
3.2 Penjadwalan Proyek

Dalam membuat jadwal proyek dapat digunakan tabel tertentu dengan *field* sebagai berikut:

Tabel 3.1 Jadwal proyek

Task Name	Duration	Start	Finish	Precedes
1	Proyek Pengembangan Aplikasi Prakiraan Cua	67 days ?	Thu 25/04/13	Fri 26/07/13
2	↳ Inisiasi	6 days ?	Thu 25/04/13	Thu 02/05/13
3	↳ Meeting dengan Stake Holder	1 day	Thu 25/04/13	Thu 25/04/13
4	↳ Menetapkan Kerja sama	1 day	Fri 26/04/13	Fri 26/04/13
5	↳ Blueprint Proyek Aplikasi	0 days	Fri 26/04/13	Fri 26/04/13
6	↳ Tinjauan data variabel cuaca	3 days	Mon 29/04/13	Wed 01/05/13
7	↳ Studi Kelayakan Aplikasi	1 day ?	Thu 02/05/13	Thu 02/05/13
8	↳ Analisa	15 days	Mon 08/07/13	Fri 26/07/13
9	↳ Analisa data penganatan	5 days	Mon 08/07/13	Fri 12/07/13
10	↳ Analisa jaringan syaraf tiruan	5 days	Mon 15/07/13	Fri 19/07/13
11	↳ Analisa prediksi cuaca	5 days	Mon 22/07/13	Fri 26/07/13
12	↳ Dokumentasi Hasil Analisa	0 days	Fri 26/07/13	Fri 26/07/13
13	↳ Implementasi	23 days	Mon 03/06/13	Wed 03/07/13
14	↳ perancangan Interface	4 days	Mon 03/06/13	Thu 06/06/13
15	↳ Perancangan Database	3 days	Fri 07/06/13	Tue 11/06/13
16	↳ Coding	16 days	Wed 12/06/13	Wed 03/07/13
17	↳ Aplikasi JST untuk BMG	0 days	Wed 03/07/13	Wed 03/07/13
18	↳ Pengujian Internal	1 day	Thu 04/07/13	Thu 04/07/13
19	↳ Closing	6 days	Fri 05/07/13	Fri 12/07/13
20	↳ Penyusunan dokumen listing program	2 days	Fri 05/07/13	Mon 08/07/13
21	↳ Penyusunan softcopy aplikasi	2 days	Tue 09/07/13	Wed 10/07/13
22	↳ Penyusunan dokumen user manual	2 days	Thu 11/07/13	Fri 12/07/13
23	↳ Laporan Akhir Proyek	0 days	Fri 12/07/13	Fri 12/07/13

WBS (*Work Breakdown Structure*) adalah teknik pemecahan kegiatan menjadi bagian-bagian yang lebih kecil dan terstruktur.



Gambar 3.1 WBS

3.3 RAB (Rancangan Anggaran Biaya)

Proyek ini hanya menjelaskan biaya untuk SDM atau pekerja saja. Biaya tim proyek dihitung per jam sesuai dengan task yang dikerjakan, berikut adalah rincian biaya pada pengembangan aplikasi prakiraan cuaca menggunakan JST:

Tabel 3.2 RAB

No	Nama Pekerja	Durasi kerja	Gaji Standar	Total Gaji
1	Susanto	136 jam	Rp 12.000,00	Rp 1.632.000,00
2	Susanti	72 jam	Rp 10.000,00	Rp 720.000,00
3	Susandi	152 jam	Rp 10.000,00	Rp 1.520.000,00
Total biaya				Rp 3.872.000,00

4. Analisa dan Rancangan

4.1 Analisa Penyajian Data

Analisa penyajian data akan menjabarkan bagaimana proses persiapan data yang akan digunakan sebagai data input dan data training untuk menjalankan JST. Pertama tama mendownload data *grib* pada *server National Oceanographics and Atmospheric Agency (NOAA)*, Data *grib* yang dipilih disesuaikan dengan lokasi daerah penelitian (Pangkalpinang), semakin banyak titik yang diambil disekitar lokasi penelitian maka hasil yang dihasilkan akan semakin bagus. Untuk

penulisan skripsi ini hanya menggunakan satu titik yang bertepatan di kota Pangkalpinang (menggunakan *latitude* -2 dan *longitud* 106).

Input	Target
128 baris	128 baris
40 kolom	1 kolom

Proses download data pada sekitar pukul 07 pagi atau 00 UTC sedangkan proses inialisasi data pada sekitar pukul 01 malam atau 18 UTC dihari sebelumnya.. Waktu yang akan kita prakirakan adalah esok hari (+24), oleh karena itu maka data yang kita gunakan adalah data inialisasi +30 sampai dengan +51.

Proses selanjutnya adalah mengkonversi data menggunakan aplikasi degrib sehingga data grib menjadi berekstensi *.txt* supaya dapat dibuka pada *microsoft excel* untuk diolah lebih lanjut. Penulis menggunakan data grib pada bulan Juli sampai dengan Desember pada tahun 2012 dan Januari sampai dengan April pada tahun 2013. Data tersebut akan menampilkan parameter - parameter sebagai berikut :

Tabel 4.1 Data parameter cuaca

Lapisan	Parameter	Unsur	Satuan	Lapisan	Parameter	Unsur	Satuan
0	Geopotensial	ODEG HGT	(gpm)	600	Kelembaban	ISBL RH	%
	Liputan Awan	EATM TCDC	%		Suhu	ISBL TMP	C
	Tekanan	MSL PRMSL	Pa		Angin	ISBL UGRD	m/s
	Hujan	APCP	kg/m^2		Angin	ISBL VGRD	m/s
	CAPE	CAPE	J/kg	650	Kelembaban	ISBL RH	%
	CFRZR	CFRZR	yes :1, no : 0		Suhu	ISBL TMP	C
	CIN	CIN	J/kg	700	Geopotensial	ISBL HGT	gpm
	CSNOW	CSNOW	yes :1, no : 0		Kelembaban	ISBL RH	%
	Angin	GUST	m/s		Kelembaban	ISBL SPFH	kg/kg
	Angin	PRES	m/s		Suhu	ISBL TMP	C
	SNOD	SNOD	m		Angin	ISBL UGRD	m/s
1000	Kelembaban	ISBL RH	%		Angin	ISBL VGRD	m/s
	Suhu	ISBL TMP	C	725	Kelembaban	ISBL RH	%
	Angin	ISBL UGRD	m/s		Suhu	ISBL TMP	C
	Angin	ISBL VGRD	m/s	750	Kelembaban	ISBL RH	%
10	Angin	HTGL UGRD	m/s	775	Kelembaban	ISBL RH	%
	Angin	HTGL VGRD	m/s		Suhu	ISBL TMP	C
200	Geopotensial	ISBL HGT	gpm	800	Kelembaban	ISBL RH	%
	Kelembaban	ISBL RH	%		Suhu	ISBL TMP	C
	Kelembaban	ISBL SPFH	kg/kg		Angin	ISBL UGRD	m/s
	Suhu	ISBL TMP	C		Angin	ISBL VGRD	m/s
	Angin	ISBL UGRD	m/s	825	Kelembaban	ISBL RH	%
	Angin	ISBL VGRD	m/s		Suhu	ISBL TMP	C
2	Kelembaban	HTGL RH	%	850	Geopotensial	ISBL HGT	gpm
	Suhu	HTGL TMAX	C		Kelembaban	ISBL RH	%
	Suhu	HTGL TMIN	C		Kelembaban	ISBL SPFH	kg/kg
	Suhu	HTGL TMP	C		Suhu	ISBL TMP	C
300	Geopotensial	ISBL HGT	gpm		Angin	ISBL UGRD	m/s
	Kelembaban	ISBL RH	%		Angin	ISBL VGRD	m/s
	Kelembaban	ISBL SPFH	kg/kg	875	Kelembaban	ISBL RH	%
	Suhu	ISBL TMP	C		Suhu	ISBL TMP	C
	Angin	ISBL UGRD	m/s	900	Kelembaban	ISBL RH	%
	Angin	ISBL VGRD	m/s		Suhu	ISBL TMP	C
400	Kelembaban	ISBL RH	%	925	Geopotensial	ISBL HGT	gpm
	Suhu	ISBL TMP	C		Kelembaban	ISBL RH	%
	Angin	ISBL UGRD	M/S		Kelembaban	ISBL SPFH	kg/kg
	Angin	ISBL VGRD	M/S		Suhu	ISBL TMP	C
500	Geopotensial	ISBL HGT	(gpm)		Angin	ISBL UGRD	m/s
	Kelembaban	ISBL RH	%		Angin	ISBL VGRD	m/s
	Kelembaban	ISBL SPFH	kg/kg	950	Kelembaban	ISBL RH	%
	Suhu	ISBL TMP	C		Suhu	ISBL TMP	C
	Angin	ISBL UGRD	m/s	975	Kelembaban	ISBL RH	%
	Angin	ISBL VGRD	m/s		Suhu	ISBL TMP	C
550	Kelembaban	ISBL RH	%				
	Suhu	ISBL TMP	C				
	Suhu	ISBL TMP	%				

Setelah itu dilakukan proses pemilihan data parameter cuaca dengan kriteria data harus tersedia lengkap di tiap bulannya, maka terpilih 28 parameter cuaca untuk kemudian di hitung nilai korelasinya dengan data curah hujan.

Tabel 4.2 Parameter cuaca dan nilai korelasinya

Nomor	Parameter	Korelasi	Nomor	Parameter	Korelasi
1	rh 700	0.3	15	vgrd-700	0.1
2	spfh 700	0.3	16	vgrd-500	0.1
3	ugrd-10	0.2	17	spfh 850	0.0
4	rh 500	0.2	18	tmp 850	0.0
5	rh 850	0.2	19	tmp 2	0.0
6	apcp	0.2	20	ugrd-500	0.0
7	ugrd-850	0.2	21	tmax	0.0
8	tcdc-0	0.2	22	hgtl500	-0.1
9	rh2-htgl	0.2	23	vgrd-850	-0.1
10	Cape	0.2	24	vgrd-10	-0.1
11	spfh 500	0.1	25	hgtl700	-0.1
12	ugrd-700	0.1	26	hgtl 850	-0.2
13	tmp 500	0.1	27	prmsl-msl	-0.2
14	tmin	0.1	28	tmp 700	-0.2

Proses selanjutnya adalah mencari korelasi tertinggi dari masing-masing data dibandingkan dengan data curah hujan harian hasil *observasi* Stasiun Meteorologi Pangkalpinang pada waktu yang bersamaan. Penulis mengambil 5 parameter cuaca data NWP dengan nilai korelasi tertinggi yaitu rh 700 dan spfh 700 sebesar 0,3 dan ugrd-10, rh 500, dan rh 850 sebesar 0,2.

Tabel 4.3 Data pelatihan

Data-data tersebut digunakan sebagai data input, sedangkan data target adalah data *observasi* curah hujan harian. Dalam proses pengujian data, banyak yang menentukan berdasarkan aturan 90 persen vs 10 persen, 80 persen vs 20 persen, atau 70 persen vs 30 persen, dan sebagainya. Beberapa menentukan berdasarkan kondisi tertentu (Gorr *et all* 1994). Dalam penelitian ini penulis menggunakan 20 persen data dari data keseluruhan untuk digunakan sebagai data pengujian.

Tabel 4.4 Data pengujian

Input	Target
30 baris	30 baris
40 kolom	1 kolom

4.2 Analisa Program

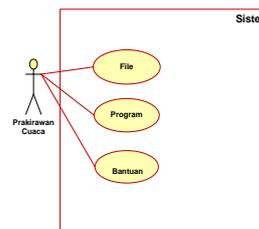
Program ini menggunakan platform Matlab versi 7.7 R2008, Proses perancangan program antara lain menentukan Algoritma JST pencarian hasil terbaik, penentuan setting inialisasi bobot awal JST, dan pembuatan *graphic user interface* (GUI).

Dalam penelitian ini, penentuan Algoritma JST untuk pencarian hasil terbaik dilakukan dengan menggunakan *backpropagation* dan *selforg* dengan metode *Learning Vector Quantization* (LVQ). Penentuan *setting* inialisasi bobot awal untuk mencari nilai-nilai inialisasi awal sangat penting supaya hasil latih pembelajarannya menghasilkan nilai terdekat sehingga mewakili keadaan yang sebenarnya. Penentuan jumlah *neuron* dan *maximum epoch* berpengaruh dalam pembentukan rancangan algoritma JST. Untuk *backpropagation* menggunakan jaringan syaraf *feedforward*, sedangkan untuk LVQ menggunakan jaringan syaraf dengan pembagian kelas data menjadi 2 kelas.

Perancangan GUI disesuaikan dengan kebutuhan *user*. GUI tersebut akan langsung memanggil JST yang telah dirancang, *user* hanya tinggal melakukan penginputan data, lalu menjalankan perintah perhitungan.

4.3 Use Case Diagram

Adalah deskripsi dari sebuah sistem dari deskripsikan tipikal interaksi antara pengguna sebuah sistem dengan sistemnya sendiri melalui sebuah cerita bagaimana sebuah sistem dipakai. Urutan langkah-langkah yang menerangkan antara pengguna dan sistem disebut skenario.

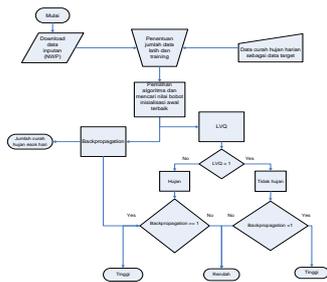


Gambar 4.1 Use Case Diagram Aplikasi

4.4 Flowchart

Adalah suatu bagan yang berisi simbol-simbol grafis yang menunjukkan arah/alur kegiatan dan data-data yang dimiliki program sebagai suatu proses eksekusi, biasanya bersifat

umum dan tidak tergantung pada bahasa pemrograman yang diinginkan. Tujuan membuat *flowchart* yaitu menggambarkan suatu tahapan penyelesaian masalah, secara sederhana, terurai, rapi dan jelas serta menggunakan symbol-simbol standar.



Gambar 4.2 Flowchart program

4.5 Rancangan Jaringan

Rancangan jaringan program akan dijabarkan berdasarkan algoritma yang digunakan yaitu backpropagation dan LVQ.

4.5.1 Backpropagation

Perkembangan model JST pada dasarnya tersusun atas tiga layer Jaringan syaraf *feedforward* dengan algoritma pembelajaran *backpropagation*. Sebuah jaringan syaraf *feedforward* dengan 5 inputan neuron, 11 neuron pada lapisan tersembunyi, maka jumlah neuron pada lapisan layer tersembunyi antara $(2n+1)$ sampai $(\sqrt[2]{n}) + m$, dimana n adalah jumlah input dan m adalah jumlah output (Fletcher, D.S. and Goss, E 1993)

Jaringan saraf tiruan terdiri dari 3 lapisan, lapisan masukan terdiri atas variabel masukan unit sel saraf, lapisan tersembunyi pertama terdiri dari 81 neuron dengan fungsi aktivasi logsig, sedangkan lapisan tersembunyi kedua terdiri atas 40 neuron dengan fungsi aktivasi tansig. Lapisan output terdiri atas 1 neuron dengan fungsi aktivasi purelin. Sebelum jaringan dibangun, terlebih dahulu dilakukan preproccesing untuk melakukan normalisasi menggunakan mean dan deviasi standar.

4.5.2 Learning Vector Quantization (LVQ)

4.5.2.1 Penetapan Input

Pada Jaringan LVQ, penelitian ini menggunakan 200 neuron, jumlah *epoch* 300 dan kinerja tujuan 0.01. Proses penentuan jumlah neuron menggunakan metode *try and error* dengan mengambil nilai *learning R* (korelasi) yang paling tinggi, dikarenakan penulis tidak menemukan artikel yang membahas jumlah neuron untuk memprakirakan hujan pada algoritma LVQ. Dibawah ini akan ditampilkan tabel hasil uji *try and error* dengan jumlah neuron yang berbeda.

Tabel 4.5 Hasil uji *try and error* learning R

Neuron	Epoch	Learning R	waktu
250	300	0.60986	3:28
200	300	0.6305	3:02
150	300	0.62195	2:29

Data target pada inputan maupun data target pada training di kelompokkan menjadi 2 kelas. Kelas pertama bernilai 1 dengan kriteria data target <1 yang mengindikasikan tidak hujan. Sedangkan kelas kedua bernilai 2 dengan kriteria data target >=1

yang mengindikasikan hujan.. Data input target kelas pertama sebanyak 82, dan kelas kedua sebanyak 46, sedangkan data target kelas pertama sebanyak 12, dan kelas kedua sebanyak 17.

Tabel 4.6 Parameter cuaca dan korelasinya

Kelas	Nilai	Kriteria	CH
pertama	1	Tidak Hujan	<1
kedua	2	Hujan	>=1

4.5.2.2 Penetapan Output

Output yang akan dihasilkan pada sistem ini adalah kesimpulan keadaan cuaca untuk esok hari yaitu hujan dan tidak hujan setelah melalui proses uji dengan beberapa pola kondisi cuaca (data nwp parameter cuaca) yang telah mengalami proses pelatihan. Kemiripan diperoleh dengan menghitung jarak antara matriks pola keadaan cuaca yang diujikan dengan bobot akhir pada tiap tiap pola keadaan cuaca yang telah dilatih. Semakin kecil jarak, maka akan semakin mendekati kemiripan.

4.6 Implementasi

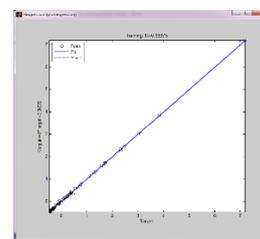
Pada subbab ini akan dibahas implementasi dari aplikasi ini dengan dijabarkan proses pelatihan dan pengujian dari masing-masing algoritma yang dipakai.

4.6.1 Backpropagation

4.6.1.1 Pelatihan

Proses pelatihan dilakukan secara berulang-ulang dengan menggunakan data pelatihan, jumlah *neuron* dan parameter jaringan berupa *learning rate* dan momentum yang berbeda-beda. Sedangkan untuk fungsi pelatihan, fungsi evaluasi, fungsi aktivasi, dan parameter jaringan lainnya selain *learning rate* dan momentum bersifat tetap. Tujuan dari pelatihan yang berulang-ulang ini adalah untuk mendapatkan karakteristik *backpropagation* yang terbaik sehingga dapat mempelajari pola yang diberikan dengan baik. (Nazla Nurmila, *dkk* 2010)

Pelatihan dilakukan terhadap terhadap data-data pelatihan dengan target *error* 0.0005, *learning rate* 0.01;

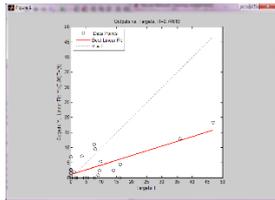


Gambar 4.3 Grafik perbandingan output dan target pelatihan

Gambar diatas menunjukkan perbandingan antara output dan target pelatihan dengan nilai R = 0.99975. Hal tersebut menunjukkan bahwa proses pelatihan menghasilkan output mendekati keadaan yang sebenarnya.

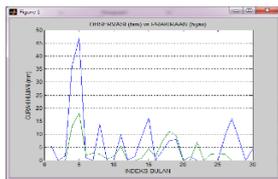
4.6.1.2 Pengujian

Langkah kedua adalah proses untuk menentukan nilai keakuratan *backpropagation* yang akan disimulasikan berdasarkan hasil pelatihan



Gambar 4.4 Grafik perbandingan output dan target pengujian

Gambar diatas menunjukkan perbandingan antara output dan target pengujian dengan nilai $R = 0.7462$, maksimum $error=28.6841$, minimum $error=0$.

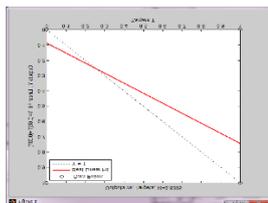


Gambar 4.5 Grafik perbandingan antara data prakiraan dan observasi

Gambar diatas menunjukkan grafik antara data prakiraan hasil proses pengujian dibandingkan dengan data observasi. Sumbu X menunjukkan indeks bulan, sedangkan sumbu Y menunjukkan curah hujan dalam satuan mm. Indeks bulan berjumlah 30, menunjukkan 30 data yang digunakan pada saat proses uji.

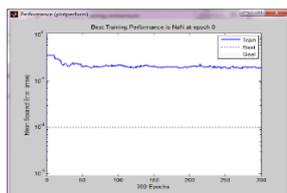
4.6.2 Learning Vector Quantization (LVQ)

4.6.2.1 Pelatihan



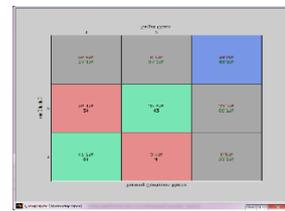
Gambar 4.6 Grafik perbandingan output dan target pelatihan

Gambar diatas menunjukkan perbandingan antara output dan target pelatihan dengan nilai $R = 0.6305$.



Gambar 4.7 Grafik pelatihan terbaik

Gambar diatas menunjukkan grafik pelatihan terbaik output dan target dimana sumbu Y adalah MSE (Mean Squared Error) dan sumbu X adalah jumlah *epoch* yang nilainya antara 10^{-1} dengan 10^0 .



Gambar 4.8 Matrix confusion pelatihan

Gambar diatas menunjukkan matrix confusion pelatihan, dimana sumbu Y adalah *output class* dan sumbu X adalah *target class*. Untuk target kelas 1, target kelas yang tercapai pada 61 data dengan presentase 47.7% dan 21 data dengan presentase 16.4% masuk pada output kelas 2. Sedangkan untuk target kelas 2, target kelas yang tercapai pada 42 data dengan presentase 32.8% dan 4 data dengan presentase 3.1% masuk pada output kelas 1.

4.6.2.2 Pengujian

Proses pengujian akan menampilkan argumen (hujan dan tidak hujan). Akurasi prakiraan rendah apabila pada *backpropagation* nilainya ≥ 1 tetapi argumennya tidak hujan, akurasi prakiraan rendah juga berlaku apabila pada *backpropagation* < 1 tetapi argumennya hujan. Akurasi prakiraan tinggi apabila pada *backpropagation* ≥ 1 dengan argumennya hujan, akurasi prakiraan tinggi juga berlaku apabila *backpropagation* < 1 tetapi argumennya tidak hujan.

4.6.3. Tampilan Aplikasi

Pada subbab ini akan dipaparkan tampilan aplikasi secara keseluruhan



Gambar 4.9 Tampilan halaman utama

Pada tampilan menu utama, terdapat tiga menu pilihan, yaitu keluar, program, dan bantuan. Menu keluar dipakai apabila ingin keluar dari aplikasi (gambar 4.14), menu program dipakai untuk memanggil menu halaman prakiraan cuaca (gambar 4.15), dan menu bantuan dipakai untuk menampilkan info dan *about* (gambar 4.16 dan 4.17).

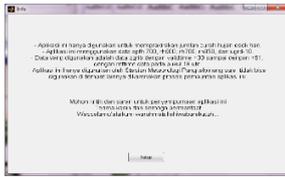


Gambar 4.10 Menu pilihan keluar pada halaman utama



Gambar 4.11 Menu pilihan program pada halaman utama

Gambar diatas adalah tampilan menu program untuk menjalankan algoritma JST, terdiri dari 3 panel utama yaitu panel *input*, *process*, dan *output*.



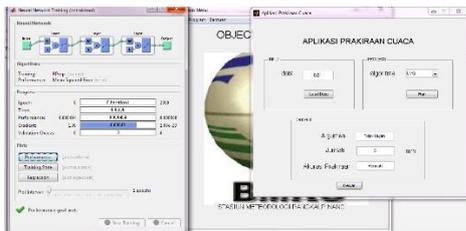
Gambar 4.12 Menu pilihan info

Gambar diatas adalah tampilan menu info, yang berisi tentang penjelasan singkat penggunaan aplikasi.



Gambar 4.13 Menu pilihan about

Gambar diatas adalah tampilan menu *about*, yang berisi tentang identitas aplikasi.



Gambar 4.14 Tampilan saat running program

4.7 Kelebihan dan Kekurangan Program

Pada subbab ini akan dibahas kelebihan dan kekurangan program

4.7.1 Kelebihan

- Aplikasi ini sangat membantu dalam memprakirakan curah hujan esok hari.
- Aplikasi ini tidak memerlukan proses pengambilan keputusan dari operator (subjektifitas operator)
- Proses pengoperasiannya mudah
- Mudah dalam mengakses data inputan, karena menggunakan data NWP

4.7.2 Kekurangan

- Aplikasi ini hanya dapat digunakan dilokasi penelitian saja (Pangkalpinang)

- Proses persiapan data melalui tahapan yang lumayan banyak.

5. Kesimpulan dan Saran

Berdasarkan hasil pembuatan Penerapan Aplikasi Prakiraan Cuaca Menggunakan Jaringan Syaraf Tiruan, dapat ditarik beberapa kesimpulan dan saran seperti berikut ini :

- Berdasarkan hasil uji korelasi, parameter-parameter cuaca yang menentukan curah hujan di Pangkalpinang adalah rh 700, sph 700, rh 500, rh 850 (Kelembaban udara lapisan 850, 700, dan 500 mb) dan ugrd-10 (Angin komponen U pada ketinggian 10 meter).
- Algoritma pencarian terbaik yang digunakan adalah *backpropagation* dengan nilai korelasi pengujian 0.7462 dan *learning vector quantification* (LVQ) dengan nilai korelasi pembelajaran 0.6305. Jaringan tersebut sudah layak digunakan untuk proses memprakirakan curah hujan esok hari.
- Aplikasi interaktif yang dibangun sudah dapat dijalankan dengan baik.
- Penggunaan beberapa titik grid terdekat disekitar lokasi penelitian.
- Menambah panjang data yang digunakan.
- Mencoba menggunakan jaringan lain dengan algoritma yang berbeda

Daftar Pustaka

- [1] Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika. *Pengembangan model output statistic (MOS) untuk pemodelan prakiraan cuaca jangka pendek*. Laporan Proyek Pengembangan Meteorologi dan Geofisika. Jakarta. 2005
- [2] Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika. *Modul sosialisasi meteorology klimatologi dan geofisika sekolah lanjutan tingkat atas*. Ciputat. Balai Besar Meteorologi dan Geofisika Wilayah II. 2011
- [3] Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika. *Professional Matlab Programming*. Jakarta. Inhouse Training Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika. 2005
- [4] Bayong Tjasyono HK. "Orographic Effect on the Rainfall over Java in the Southeast Monsoon Period". Proc. of the International Convergence on the Scientific Result of the Monsoon Experiment, WMO, BMG, Denpasar, Bali. 1982
- [5] *Klimatologi Umum*. Bandung : Penerbit ITB. 1999
- [6] Bayong Tjasyono HK, Ina Juaeni, dan Sri Woro B. Harijono. *Proses Meteorologis bencana banjir di Indonesia*. 2006 (online). (<http://file.upi.edu>, diakses tanggal 21 April 2013)
- [7] Bayong Tjasyono HK, and Musa A. M. "Seasonal rainfall variation over monsoonal areas". *JTM*, 7., 2000. 215-221
- [8] Busuioc A, Chen D., Hellstrom C. 2001. Performance of ststistical downscaling models in GCM validation and regional climate change estimates Application for Swedish precipitation. *Int J Climatol*, 21. 2001:557-578
- [9] Cawley, Gavin C., Malcolm Haylock, Stephen R. Dorling, Clare Goodnes, and Philip D. Jones. "Statistical downscaling with artificial neural network". 2003.
- [10] Dan W. Patterson, John Wiley and Sons, Inc. 1995. *Artificial Neural Network Theory and Applications*. 1995
- [11] ESANN'2003 proceedings- European Symposium on Artificial Neural Network Bruges (Belgium). 23-25 April 2003
- [12] Dhaneswara, Giri dan Veronica S.Moertini. "Jaringan Saraf Tiruan Propagasi Balik Untuk Klasifikasi Data". Bandung. Universitas Katolik Parahyangan. 2008
- [13] Ernawati, Septima. "Aplikasi Hopfield Neural Network untuk Prakiraan Cuaca". Jakarta. *Jurnal Meteorologi dan Geofisika*, Vol 2 Nomor 10 Thn 2009:147-171
- [14] Fausset, L.V.,.. *Fundamentals of Neural Network: Arsitecture, Algorithm, and Aplication*, Prentice Hall, New Jersey . 1994

- [15] Fletcher, D. S. and Goss, E, "Forecasting with neural network: An application using bankruptcy data", *Inf. Manage.*, 24, 159–167. 1993
- [16] Friedman JH, Stuetzle W. Projection pursuit regression. *J Amer Statist Assoc*, 376:817-823. 1981
- [17] Glahn HR, Lowry DA. "The use of model output statistics (MOS) in objective weather forecasting". *J. Appl. Meteor* 11. 1972:1203-1211.
- [18] Glahn HR, Murphy AH, Wilson LJ, Jensenius JS. *Lectures of the WMO training workshop on the interpretation of NWP products in terms of local weather phenomena and their verification*. WMO TD No.421. Geneva. 1991
- [19] Gorr, W.L. Nagin, D. Syczpula, J. "Comparative study of artificial neural network and statistical models for predicting student grade point averages. *International Journal of Forecasting* 10, 1994:1-4
- [20] Hall, Tony, Harold E. Brooks and Charles A. Doswell III. "Precipitation forecasting using a neural network". *Kentucky. Weather and Forecasting*. Vol 14 1998:338-345
- [21] Hamill TM, Whitaker JS, Wei X. "Ensemble Reforecasting: Improving Medium-Range Forecast Skill Using Retrospective Forecasts". *Mon. Wea. Rev* 132. 2004:1434-1447.
- [22] Hamdani, A Faruq. *Tingkat kenyamanan pemukiman berdasarkan kajian iklim mikro*. 2010(online). (sman2mojokerto.com. diakses tanggal 25 April 2013)
- [23] Harcourt Brace and Company. *Pengantar Psikologi*. Edisi Kesebelas, Jilid 2. Jakarta. 1987
- [24] Heaton, J., "Introduction to Neural Network with Java", <http://www.heatonresearch.com/articles/6/page2.html>, 2003. (diakses terakhir pada tanggal 28 Agustus 2007 jam 14.35 WIB). Kusumadewi, Sri, "Artificial Intelligence (Teknik dan Aplikasinya)", Graha Ilmu, Yogyakarta. 2003
- [25] Hendrayudi. *Komputer dan VB pemrograman*. Jakarta. Elek Media Komputindo. 2008
- [26] Hidayati, Nurul dan Budi Warsito. "Prediksi Terjangkitnya Penyakit Jantung Dengan Metode Learning Vector Quantization". *Media Statistik*, Vol.3, No.1, Juni 2010:21-30
- [27] Hosmer, DW and Lemeshow, S. *Applied Logistic Regression*. John Wiley & Sons. Inc. New York. 1989
- [28] Irawan, Feriza A. *Buku pintar pemrograman matlab*. Yogyakarta. MediaKom. 2012
- [29] Kiki, Sri Kusumadewi. "Analisis jaringan saraf tiruan dengan Metode Backpropagation untuk mendeteksi gangguan psikologi". *Laboratorium Komputasi & Sistem Cerdas Jurusan Teknik Informatika, Yogyakarta. Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia*. 2003
- [30] Kuligowski, Robert J and Ana P. Barros. "Experiments in short-term precipitation using artificial neural networks". *Pennsylvania. American Meteorological Society*. 1998
- [31] Kusumadewi, Sri. *Buku ajar Kecerdasan Buatan, Teknik Informatika UII*, Yogyakarta, 2002
- [32] Kusumadewi, Sri. *Membangun jaringan syaraf tiruan menggunakan matlab*. Yogyakarta. 2004
- [33] Kusumadewi, S., *Membangun Jaringan Saraf Tiruan Menggunakan MATLAB dan Excel Link*, Graha Ilmu, Yogyakarta, 2004
- [34] Lemcke C, Kruizinga S. "Model Output Statistics Forecasts: Three Years of Operational Experience in the Netherlands". *American Meteorological Society* 116, 1988: 1077-1090
- [35] Mandasari, Vivin dan Dr.Ir.Setiawan, M.S. *Pra-Pemrosesan data luaran GCM CSIRO-Mk3 dengan metode transformasi wavelet daubecheis untuk pemodelan statistical downscaling*, 2010 (online), (<http://www.ITS-Undergraduate-100929>, diakses tanggal 17 April 2013)
- [36] Marzban C. *Neural Networks for Post-processing Model Output: ARPS*. 2002 (online) <http://www.nhn.ou.edu/~marzban> [Agustus 2005]
- [37] Mc Gregor, G R, and S Nieuwolt. "An Introduction to the climates of the Low Latitudes", John Wiley & Sons, New York. 1998
- [38] Neiburger, M, James G.E dan William D.B. *Memahami Lingkungan Atmosfer kita*. ITB. 409. 1995
- [39] Neille PP, Hanson KA. *Are Model Output Statistics Still Need? Preprints, 20th Conference on Weather Analysis and Forecasting/16th Conference on Numerical Weather Prediction*, Seattle, WA, *Amer. Meteor. Soc.*, CD-ROM, 6.4. 2004
- [40] Nurmila, Nazla, Aris Sugiharto, Eko Adi Sarwoko. "Algoritma Backpropagation Neural Network Untuk Pengenalan Pola Karakter Huruf Jawa", *Jurnal Masyarakat Informatika*, Volume 1, Nomor 1, 2010. ISSN 2086 – 4930
- [41] Oshawa T., H. Ueda, T. Hayasi, A. Watanabe, J. Matsumoto. "Diurnal Variation of Convective Active and Rainfall in Tropical Asia". *J. Meteor. Soc. Japan*, 79, 2001. 333-352
- [42] Pandjaitan, Lanny W. 2007. *Dasar-dasar komputasi cerdas*. Yogyakarta. 2007
- [43] Puspatingrum, Diyah. *Pengantar jaringan syaraf tiruan*. Yogyakarta. ANDI. 2006
- [44] Ranadhi, D., Indarto, W., dan Hidayat, T., 2006. "Implementasi Learning Vector Quantization (LVQ) untuk Pengenal Pola Sidik Jari pada Sistem Informasi Narapidana LP Wirogunan", *Media Informatika*, Vol. 4, No. 1. 2006: 51-65.
- [45] Riordan, Denis and Bjarne K Hansen. "A fuzzy case-based system for weather prediction". *Canada. English Intelligence System* 3. 2002:139-146
- [46] Sarjani. *Cuaca dan Iklim*. 2004 (Online), (<http://google/cuaca> dan iklim.html, diakses 25 April 2013).
- [47] Schubert S, Henderson-Sellers A. "A statistical model to downscale local daily temperature extremes from synoptic-scale atmospheric circulation patterns in the Australian region". *Climate Dynamic*. 13. 1997: 233-234
- [48] Septiadi, Deni. 2008. "Aplikasi soft computing pada prediksi curah hujan di Kalimantan". *Jakarta. Jurnal Meteorologi dan Geofisika*. Vol 9 Nomor 2 November 2008:65-71
- [49] Shuman, Frederick G. *Numerical weather prediction*. Washington, D.C. NOAA. 1978
- [50] Siang, Jong Jek. *Jaringan syaraf tiruan pemrograman menggunakan matlab*. Yogyakarta. ANDI. 2005
- [51] Supari, dan Aqil Ihsan. *Pendugaan peluang dan klasifikasi curah hujan harian dengan jaringan syaraf tiruan*. Stasiun Meteorologi Pangkalpinang. 2008
- [52] Sutojo, T, Edy Mulyanto, Vincent Suhartono. *Kecerdasan Tiruan*. Yogyakarta: ANDI. 2011
- [53] Tapp RG, McNamara GF. "Experiments using Model Output Statistics to predict precipitation at a tropical location". *Aust. Met. Mag* 37. 1989:129-139.
- [54] Vislocky RL, Fritch JM. "Generalized additive models versus linier regression in generating probabilistic MOS forecasts of aviation weather parameters". *Wea. Forecasting* 10. 1995: 669-680.
- [55] Von Storch, On the Use of "Inflation" in Statistical Downscaling. *Journal of Climate* Vol. 12, 1999: 3505-3506.
- [56] Wigena, A.Hamim. *Pemodelan Statistical Downscaling dengan Regresi Projection Pursuit untuk Peramalan Curah Hujan*. Disertasi, Institut Pertanian Bogor, Bogor. 2006
- [57] *Regresi kuadrat terkecil parsial untuk statistical downscaling*, 2011 (online). (<http://www.plsr-sd.bmkg.jun2011>, diakses tanggal 17 April 2013)
- [58] Wilby RL, Wigley TML. "Downscaling general circulation model output: A review of methods and limitations". *Progress in Physical Geography*, 21, 4. 1997:530-548
- [59] "Precipitation predictors for downscaling: Observed and general circulation model relationship". *Int J Climatol*, 20. 2000:641-661
- [60] Wilks, Daniel S. *Statistical Methods in the Atmospheric Sciences*, An Introduction. Academic Press Inc. 1995
- [61] Wirjohamidjojo, Soerjadi. *Cuaca, kamus istilah meteorology*. 2009 (online), (<http://pustakacuaca.blogspot.com>, diakses tanggal 25 April 2013)
- [62] *Cuaca, kamus istilah meteorology*. 2013 (online), (<http://pustakacuaca.blogspot.com>, diakses tanggal 21 April 2013)
- [63] Yani, Eli. *Pengantar Jaringan Syaraf Tiruan*, 2005 (online) (<http://MateriKuliah.com>, diakses tanggal 17 April 2013)
- [64] Zhang, X-C. *Spatial downscaling of global climate model output fir site-specific assessment of crop production and soil erosion*, 2005. (online) (<http://www.sciencedirect.com>, diakses tanggal 17 April 2013)

