

RANCANGAN DAN IMPLEMENTASI SISTEM PERAMALAN CUACA BERBASIS LOGIKA FUZZY MENGGUNAKAN MATLAB (Studi Kasus di Badan Meteorologi dan Geofisika Stasiun Dramaga, Bogor)

Tjut Awaliyah Z¹ dan Abdulrahman Nasution²

1) Staf Pengajar Jurusan Ilmu Komputer FMIPA UNPAK

2) Mahasiswa Jurusan Ilmu Komputer FMIPA UNPAK

I. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Lebih dari sepuluh tahun, peramalan cuaca mengalami pendekatan yang lebih akurat disebabkan adanya data satelit, model numerik, dan proses *real time* dari komputer (Joyce S, Manner W, 1997). Dalam melakukan peramalan cuaca banyak pendekatan yang dilakukan, mulai dari pendekatan secara manual yang dilakukan oleh peramal cuaca, sampai dengan menggunakan pendekatan matematika. Salah satu pendekatan yang digunakan saat ini adalah pendekatan Logika Fuzzy.

Logika fuzzy adalah merupakan suatu cara mentransformasikan proses analog, dan bergerak ke ruang kontiniu dari sebuah nilai, sampai kepada digitasi komputer (Goebel G, 2003). Peramalan cuaca berbasis logika fuzzy dilakukan dengan memberikan masukan berupa suhu, tekanan, dan kelembaban relatif. Kemudian, hasilnya adalah keluaran peramalan cuaca yang berupa suhu rata-rata, kelembaban relatif rata-rata, serta keadaan cuaca. Peramalan cuaca berbasis logika fuzzy dilakukan dengan sistem fuzzifikasi dan defuzzifikasi seperti pada FLC (*Fuzzy Logic Controller*). Dengan menggunakan proses fuzzifikasi dan defuzzifikasi, data masukan *crisp* diubah menjadi data fungsi keanggotaan fuzzy melalui proses fuzzifikasi. Sebaliknya,

data keluaran melalui proses defuzzifikasi akan diubah menjadi data keluaran yang diinginkan, yaitu suhu rata-rata, kelembaban relatif rata-rata, dan keadaan cuaca.

1.2. Tujuan Penelitian

Tujuan diadakannya penelitian ini adalah untuk merancang dan mengimplementasikan Sistem Peramalan Cuaca Berbasis Logika Fuzzy untuk memprediksi kondisi cuaca yang akan datang berdasarkan kondisi cuaca sebelumnya yakni suhu, tekanan, dan kelembaban relatif.

II. PEMBAHASAN

2.1 Analisis Masalah

Menurut Panjaitan (2007) untuk melakukan peramalan cuaca minimal dibutuhkan 3 unsur penentu cuaca yakni temperatur, tekanan dan kelembaban udara. Pada sistem ini, variabel variabel yang digunakan merupakan keseluruhan ruang permasalahan dari nilai-nilai terkecil hingga nilai terbesar yang diperlukan untuk mendefinisikan karakteristik model secara fungsional dan operasional. Variabel fuzzy tersebut meliputi variabel temperatur yang merupakan temperatur udara saat ini, variabel tekanan yang merupakan tekanan udara saat ini, variabel kelembaban relatif

Udara, variabel rata-rata temperatur yang merupakan perkiraan output rata-rata temperatur, variabel rata-rata kelembaban yang merupakan perkiraan output tekanan rata-rata, variabel kondisi cuaca yang merupakan perkiraan output keadaan cuaca. Untuk menentukan domain dari himpunan himpunan fuzzy digunakan cara intuisi yang dilihat dari pola data lapangan yang diperoleh dari BMG Dramaga, Bogor. Secara garis besar variabel yang digunakan dan batasan nilainya dapat dilihat pada Tabel 1 berikut.

Tabel 1. Variabel Fuzzy Yang Digunakan

Fungsi	Nama Variabel	Semesta Pembicaraan	Satuan	Keterangan
Input	Temp	15 35	°C	Temperatur udara saat ini
	Tek	987.6 993.1	mBar	Tekanan udara saat ini
	RH	40 100	%	Kelembaban Relatif udara saat ini.
Output	Out_Temp	23.7 27.7	°C	Temperatur rata-rata
	Out_RH	66 97	%	Kelembaban relatif rata - rata
	Out_Cast	0 65	-	Range nilai kondisi cuaca.

Sumber : BMG Stasiun Dram

2.2 Pembentukan Himpunan Fuzzy

Setelah membentuk variabel fuzzy, selanjutnya membuat himpunan fuzzy yang akan digunakan pada tiap-tiap variabel. Bentuk himpunan fuzzy ini diperoleh melalui hasil intuisi berdasar atas data yang diperoleh kemudian diolah untuk mendapatkan domain himpunan fuzzy. Dari hasil pengolahan pada domain

Masing-masing himpunan fuzzy yang telah terbentuk dapat dilihat pada Tabel 2 berikut.

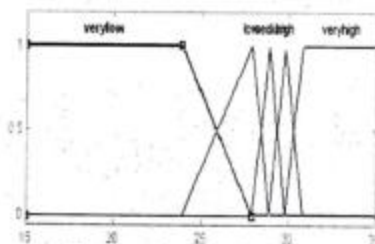
Tabel 2. Himpunan Fuzzy Sistem Peramalan Cuaca

Variabel	Nama Himpunan Fuzzy	Domain	Satuan
Temp	Verylow	15, 15; 23.9; 27.9	°C
	Low	23.9; 27.9; 28.9	
	medium	27.9; 28.9; 29.8	
	high	28.9; 29.8; 30.8	
	veryhigh	29.8; 30.8; 35.35	
Tek	verylow	987.6; 987.6; 989.9; 990.4	mBar
	low	989.9; 990.4; 990.8	
	medium	990.4; 990.8; 991.1	
	high	990.8; 991.1; 991.9	
	veryhigh	991.1; 991.4; 993.2; 993.3	
RH	verylow	40; 40; 55; 60	%
	low	55; 60; 67	
	medium	60; 67; 72	
	high	67; 72; 85	
	veryhigh	72; 85; 100; 100	
Out_Temp	verylow	23.7; 25.9; 25.9	°C
	low	25.9; 25.9; 26.2	
	medium	25.9; 26.2; 26.4	
	high	26.2; 26.4; 26.7	
	veryhigh	26.4; 26.7; 27.7	
Out_RH	verylow	66; 75; 80	%
	low	77; 80; 82	
	medium	80; 82; 84	
	high	82; 84; 86	
	veryhigh	84; 86; 97	
Out_Cast	hujan	0; 31; 34	-
	berawan	31; 34; 38	
	cerahberawan	34; 38; 42	
	hujanberawan	38; 42; 46	
	cerah	42; 46; 65	

Untuk memperoleh besarnya nilai rata-rata temperatur, rata-rata kelembaban, dan kondisi cuaca, maka diperlukan adanya pendekatan fungsi untuk mendapatkan nilai keanggotaan. Penentuan besarnya rata-rata temperatur, rata-rata kelembaban dan kondisi cuaca dilakukan dengan terlebih dahulu membuat fungsi keanggotaan terhadap ketiga variabel *input* yaitu variabel temperatur, tekanan dan kelembaban relatif. Di bawah ini akan diberikan fungsi keanggotaan setiap variabel.

2.2.1 Fungsi Keanggotaan Variabel Input

Fungsi keanggotaan untuk variabel input temperatur dapat dilihat pada Gambar 1



Gambar 1. Fungsi Keanggotaan Temperatur Udara dengan Interval [15 35]

Fungsi keanggotaan dari variabel Temperatur dapat didefinisikan sebagai berikut :

$$\mu_{verylow}[x] = \begin{cases} 1 & ; x \leq 23.9 \\ (27.9-x)/4 & ; 23.9 \leq x \leq 27.9 \\ 0 & ; x \geq 27.9 \end{cases}$$

$$\mu_{low}[x] = \begin{cases} 0 & ; x \leq 23.9 \text{ atau } x \geq 28.9 \\ (x-23.9)/4 & ; 23.9 \leq x \leq 27.9 \\ (28.9-x)/1 & ; 27.9 \leq x \leq 28.9 \end{cases}$$

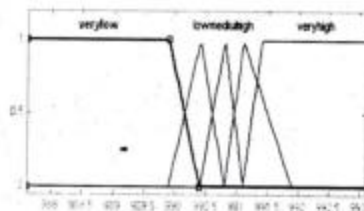
$$\mu_{medium}[x] = \begin{cases} 0 & ; x \leq 27.9 \text{ atau } x \geq 29.8 \\ (x-27.9)/1 & ; 27.9 \leq x \leq 28.9 \\ (29.8-x)/0.9 & ; 28.9 \leq x \leq 29.8 \end{cases}$$

$$\mu_{high}[x] = \begin{cases} 0 & ; x \leq 28.9 \text{ atau } x \geq 30.8 \\ (x-28.9)/0.9 & ; 28.9 \leq x \leq 29.8 \\ (30.8-x)/1 & ; 29.8 \leq x \leq 30.8 \end{cases}$$

$$\mu_{veryhigh}[x] = \begin{cases} 0 & ; x \leq 29.8 \\ (x-29.8)/2.15 & ; 29.8 \leq x \leq 30.8 \\ 1 & ; x \geq 30.8 \end{cases}$$

Dari aturan di atas dapat diketahui berapa besar temperatur udara yang dapat dikategorikan sebagai temperatur *verylow*, *low*, *medium*, *high*, dan *veryhigh*

Fungsi keanggotaan terhadap variabel Tekanan udara dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Fungsi Keanggotaan Tekanan Udara Dengan Interval [987.6 993.1]

Fungsi keanggotaan dari variabel Tekanan Udara dapat didefinisikan sebagai berikut:

$$\mu_{\text{verylow}}[x] = \begin{cases} 1 & ; x \leq 989.9 \\ (990.4-x)/0.5 & ; 989.9 \leq x \leq 990.4 \\ 0 & ; x \geq 990.4 \end{cases}$$

$$\mu_{\text{low}}[x] = \begin{cases} 0 & ; x \leq 989.9 \text{ atau } x \geq 990.8 \\ (x-989.9)/0.5 & ; 989.9 \leq x \leq 990.4 \\ (990.9-x)/0.4 & ; 990.4 \leq x \leq 990.8 \end{cases}$$

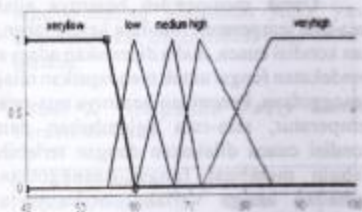
$$\mu_{\text{medium}}[x] = \begin{cases} 0 & ; x \leq 990.4 \text{ atau } x \geq 991.1 \\ (x-990.4)/0.4 & ; 990.4 \leq x \leq 990.8 \\ (991.1-x)/0.3 & ; 990.8 \leq x \leq 991.1 \end{cases}$$

$$\mu_{\text{high}}[x] = \begin{cases} 0 & ; x \leq 990.8 \text{ atau } x \geq 991.9 \\ (x-991.1)/0.3 & ; 990.8 \leq x \leq 991.1 \\ (991.9-x)/0.8 & ; 991.1 \leq x \leq 991.9 \end{cases}$$

$$\mu_{\text{veryhigh}}[x] = \begin{cases} 0 & ; x \leq 991.1 \\ (x-991.1)/0.3 & ; 991.1 \leq x \leq 991.4 \\ 1 & ; x \geq 991.4 \end{cases}$$

Dari aturan di atas dapat diketahui pula berapa besar Tekanan Udara yang dapat dikategorikan sebagai tekanan *verylow*, *low*, *medium*, *high*, dan *veryhigh*.

Fungsi keanggotaan terhadap variabel Kelembaban Relatif dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Fungsi Keanggotaan Kelembaban Relatif Dengan Interval [40 100]

Fungsi keanggotaan dari variabel Kelembaban Relatif dapat didefinisikan sebagai berikut:

$$\mu_{\text{verylow}}[x] = \begin{cases} 1 & ; x \leq 55 \\ (60-x)/5 & ; 55 \leq x \leq 60 \\ 0 & ; x \geq 60 \end{cases}$$

$$\mu_{\text{low}}[x] = \begin{cases} 0 & ; x \leq 55 \text{ atau } x \geq 67 \\ (x-55)/5 & ; 55 \leq x \leq 60 \\ (67-x)/7 & ; 60 \leq x \leq 67 \end{cases}$$

$$\mu_{\text{medium}}[x] = \begin{cases} 0 & ; x \leq 60 \text{ atau } x \geq 72 \\ (x-60)/7 & ; 60 \leq x \leq 67 \\ (72-x)/5 & ; 67 \leq x \leq 72 \end{cases}$$

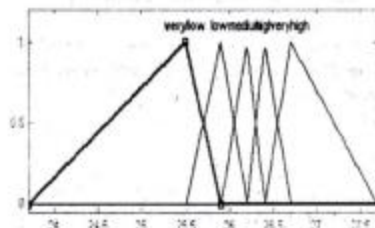
$$\mu_{\text{high}}[x] = \begin{cases} 0 & ; x \leq 67 \text{ atau } x \geq 85 \\ (x-67)/5 & ; 67 \leq x \leq 72 \\ (85-x)/13 & ; 72 \leq x \leq 85 \end{cases}$$

$$\mu_{\text{veryhigh}}[x] = \begin{cases} 0 & ; x \leq 72 \\ (x-72)/13 & ; 72 \leq x \leq 85 \\ 1 & ; x \geq 85 \end{cases}$$

Dari aturan di atas dapat diketahui pula berapa besar Kelembaban Udara yang dapat dikategorikan sebagai Kelembaban Relatif *verylow*, *low*, *medium*, *high*, dan *veryhigh*.

2.2.2 Fungsi Keanggotaan Variabel Output

Fungsi keanggotaan untuk variabel temperatur rata-rata dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Fungsi keanggotaan Temperatur Rata-rata dengan interval [23.7 27.7]

Fungsi keanggotaan dari variabel Temperatur Rata-rata dapat didefinisikan sebagai berikut :

$$\mu_{verylow}(x) = \begin{cases} 0 & ; x \leq 23.7 \text{ atau } x \geq 25.9 \\ (x-23.7)/2.2 & ; 23.7 \leq x \leq 25.5 \\ (25.9-x)/0.4 & ; 25.5 \leq x \leq 25.9 \end{cases}$$

$$\mu_{low}(x) = \begin{cases} 0 & ; x \leq 25.5 \text{ atau } x \geq 26.2 \\ (x-25.5)/0.4 & ; 25.5 \leq x \leq 25.9 \\ (25.9-x)/0.3 & ; 25.9 \leq x \leq 26.2 \end{cases}$$

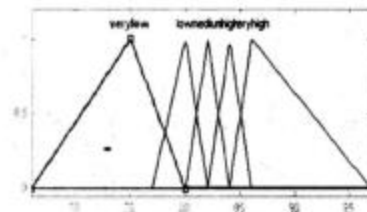
$$\mu_{medium}(x) = \begin{cases} 0 & ; x \leq 25.9 \text{ atau } x \geq 26.4 \\ (x-25.9)/0.3 & ; 25.9 \leq x \leq 26.2 \\ (26.4-x)/0.2 & ; 26.2 \leq x \leq 26.4 \end{cases}$$

$$\mu_{high}(x) = \begin{cases} 0 & ; x \leq 26.2 \text{ atau } x \geq 26.7 \\ (x-26.2)/0.2 & ; 26.2 \leq x \leq 26.4 \\ (26.7-x)/0.3 & ; 26.4 \leq x \leq 26.7 \end{cases}$$

$$\mu_{veryhigh}(x) = \begin{cases} 0 & ; x \leq 26.4 \text{ atau } x \geq 27.7 \\ (x-26.4)/0.3 & ; 26.4 \leq x \leq 26.7 \\ (27.7-x)/1 & ; 26.7 \leq x \leq 27.7 \end{cases}$$

Dari aturan tersebut dapat diketahui berapa besar Temperatur Rata-rata yang dapat dikategorikan sebagai *verylow*, *low*, *medium*, *high*, dan *veryhigh*.

Fungsi keanggotaan untuk variabel Kelembaban rata-rata dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Fungsi keanggotaan Kelembaban Rata-rata dengan interval [66 97]

Fungsi keanggotaan dari variabel Kelembaban Rata-rata dapat didefinisikan sebagai berikut :

$$\mu_{\text{verylow}}[x] = \begin{cases} 0 & ; x \geq 66 \text{ atau } x \geq 80 \\ (x-66)/9 & ; 66 \leq x \leq 75 \\ (80-x)/5 & ; 75 \leq x \leq 80 \end{cases}$$

$$\mu_{\text{low}}[x] = \begin{cases} 0 & ; x \geq 77 \text{ atau } x \geq 82 \\ (x-77)/3 & ; 77 \leq x \leq 80 \\ (80-x)/2 & ; 80 \leq x \leq 82 \end{cases}$$

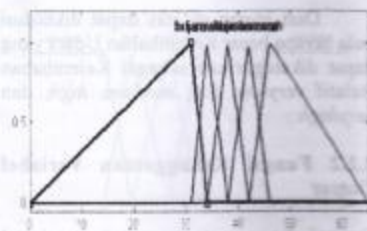
$$\mu_{\text{medium}}[x] = \begin{cases} 0 & ; x \geq 80 \text{ atau } x \geq 84 \\ (x-80)/2 & ; 80 \leq x \leq 82 \\ (84-x)/2 & ; 82 \leq x \leq 84 \end{cases}$$

$$\mu_{\text{high}}[x] = \begin{cases} 0 & ; x \geq 82 \text{ atau } x \geq 86 \\ (x-82)/2 & ; 82 \leq x \leq 84 \\ (86-x)/2 & ; 84 \leq x \leq 86 \end{cases}$$

$$\mu_{\text{veryhigh}}[x] = \begin{cases} 0 & ; x \geq 84 \text{ atau } x \geq 97 \\ (x-84)/2 & ; 84 \leq x \leq 86 \\ (97-x)/11 & ; 86 \leq x \leq 97 \end{cases}$$

Dari aturan tersebut dapat diketahui berapa besar Kelembaban Rata-rata yang dapat dikategorikan sebagai *verylow*, *low*, *medium*, *high*, dan *veryhigh*.

Fungsi keanggotaan untuk variabel Kondisi Cuaca dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Fungsi keanggotaan Kondisi Cuaca dengan interval [0 65]

Fungsi keanggotaan dari variabel Keadaan Cuaca dapat didefinisikan sebagai berikut

$$\mu_{\text{verylow}}[x] = \begin{cases} 0 & ; x \geq 8 \text{ atau } x \geq 34 \\ (x-8)/31 & ; 8 \leq x \leq 31 \\ (34-x)/3 & ; 31 \leq x \leq 34 \end{cases}$$

$$\mu_{\text{low}}[x] = \begin{cases} 0 & ; x \geq 31 \text{ atau } x \geq 38 \\ (x-31)/3 & ; 31 \leq x \leq 34 \\ (38-x)/4 & ; 34 \leq x \leq 38 \end{cases}$$

$$\mu_{\text{medium}}[x] = \begin{cases} 0 & ; x \geq 34 \text{ atau } x \geq 42 \\ (x-34)/4 & ; 34 \leq x \leq 38 \\ (42-x)/4 & ; 38 \leq x \leq 42 \end{cases}$$

$$\mu_{\text{high}}[x] = \begin{cases} 0 & ; x \geq 38 \text{ atau } x \geq 46 \\ (x-38)/4 & ; 38 \leq x \leq 42 \\ (46-x)/4 & ; 42 \leq x \leq 46 \end{cases}$$

$$\mu_{\text{veryhigh}}[x] = \begin{cases} 0 & ; x \geq 42 \text{ atau } x \geq 65 \\ (x-42)/4 & ; 42 \leq x \leq 46 \\ (65-x)/19 & ; 46 \leq x \leq 65 \end{cases}$$

Dari aturan tersebut dapat diketahui berapa besar nilai Kondisi Cuaca yang dapat dikategorikan sebagai hujan, berawan, cerah berawan, hujan berawan, dan cerah.

2.2.3 Aturan Fuzzy (Fuzzy Rules)

Perolehan 79 aturan fuzzy (fuzzy rule) dari sistem peramalan cuaca ini berdasarkan pada keterangan Pakar Cuaca dari Badan Meteorologi dan Geofisika (Panjaitan, 2007).

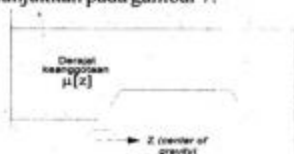
2.2.4 Defuzzifikasi

Proses defuzzifikasi bertujuan untuk mengubah nilai fuzzy menjadi suatu nilai tunggal (nilai crisp). Pada komposisi aturan Mamdani, ada beberapa metode defuzzy yang dapat dipakai. Salah satunya adalah Metode Centroid (Composite Moment) yang biasa digunakan untuk proses kontrol/pengendalian terhadap suatu bidang industri.

Pada metode ini, nilai crisp dari variabel output dihitung dengan cara menemukan nilai variabel dari titik pusat/z* (center of gravity) fungsi keanggotaannya. Untuk lebih jelasnya, bentuk aljabar matematikanya sebagai berikut:

$$z^* = \frac{\int \mu_c(z) \cdot z dz}{\int \mu_c(z) dz}$$

Kemudian, bentuknya secara grafis ditunjukkan pada gambar 7.



Gambar 7. Proses Defuzzifikasi Menggunakan Metode Centroid

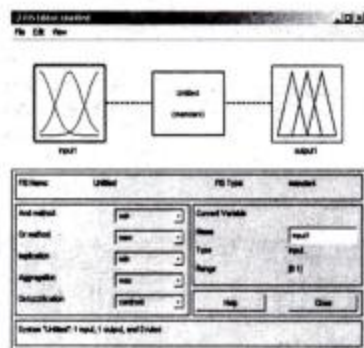
2.3. Implementasi

Sistem Peramalan Berbasis Logika Fuzzy diimplementasikan dengan menggunakan bahasa pemrograman MATLAB 6.5 dengan langkah langkah sebagai berikut:

2.3.1 Implementasi Fuzzy Inference System (FIS)

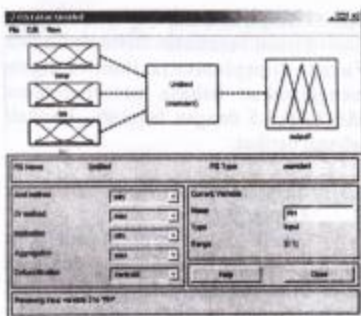
Untuk mengimplementasikan rancangan fungsi keanggotaan, dan fuzzy rules ke dalam MATLAB 6.5 dilakukan dengan langkah langkah sebagai berikut:

- Pada Command window ketikkan fuzzy kemudian akan muncul tampilan berikut.



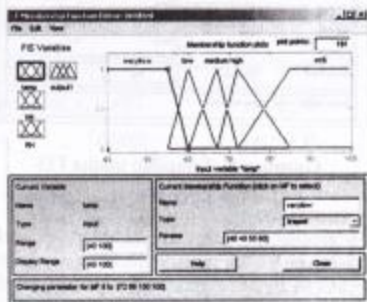
Gambar 8. Tampilan utama FIS

- Kemudian untuk menambah variabel input,
- Klik menu Edit, Add Variable, Input maka pada bagian input akan ditambahkan variabel input baru.



Gambar 9. Penambahan Variabel Input

- d. Untuk membuat fungsi keanggotaan. Double Click salah satu variabel input, tentukan jumlah fungsi keanggotaan dan range variabel tersebut, kemudian isi parameter dari masing masing fungsi keanggotaan hingga terbentuk semua fungsi keanggotaannya.



Gambar 10. Membership Function untuk variabel RH

- e. Setelah semua variabel input dan output selesai dibuat, maka langkah berikutnya yaitu, memasukkan Fuzzy Rules untuk FIS yang di bentuk. Klik Edit, Rules, akan muncul tampilan berikut.



Gambar 11. Rule Editor

- f. Isikan semua aturan fuzzy yang sudah ditentukan sebelumnya hingga sampai semua aturan terinputkan.



Gambar 12. Rule Editor yang sudah terisi

2.3.2 Implementasi Program

Dalam mengimplementasikan rancangan *form* utama dan *form Forecast* digunakan editor program *.m files *MATLAB* 6.5 untuk menulis *script* dari kedua *form* tersebut.

Form Forecast merupakan *form* yang berfungsi untuk mengambil *input* dari user. *Form* ini terbagi atas dua *frame*, yaitu *frame input* dan *frame output*. *Frame input* berfungsi untuk mengambil *input* yang dimasukkan oleh user. Untuk melakukan perhitungan hasil peramalan cuaca disediakan sebuah tombol yang berfungsi untuk memanggil file *proses.m*. hasil dari proses perhitungan akan ditampilkan pada bagian *output*. untuk jelasnya *form Forecast* dapat dilihat pada gambar 13.

Gambar 13. Antarmuka *Form Forecast*

III. KESIMPULAN

Dalam peramalan cuaca banyak pendekatan yang dilakukan, mulai dari pendekatan secara tradisional yang dilakukan oleh peramal cuaca, sampai dengan menggunakan pendekatan

matematika. Salah satu pendekatan yang digunakan saat ini adalah pendekatan Logika Fuzzy.

Dalam logika fuzzy data dalam bentuk nilai *crisp* akan di fuzzifikasi kebentuk fungsi keanggotaan domain domain himpunan. Kemudian di uji dengan kumpulan aturan aturan fuzzy dan hasilnya akan di defuzzifikasi untuk memperoleh nilai *output* dalam bentuk bilangan *crisp*.

Sistem Peramalan Cuaca Berbasis Logika Fuzzy ini, dirancang menggunakan Logika fuzzy sebagai FIS dan dilengkapi dengan *User Interface* Sistem ini, dapat membantu dalam memprediksi kondisi cuaca yang akan datang dan sudah di uji dengan menggunakan data lapangan.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdurrohman, A. 2001. Bab 2, <http://www.geocities.com/arsiparsip/tatf/ta-bab2.htm>
- Goebel, G. 2003, *An Introduction To Fuzzy Control Systems, Public Domain*, <http://www.fags.org/fags/>
- Gunaidi, A.A. 2006, *The Shortcut of MATLAB Programming*, Informatika, Bandung.
- Kusuma Dewi, S. 2002, *Analisis & Desain Sistem Fuzzy Menggunakan Toolbox Matlab*, Graha Ilmu, Yogyakarta.
- Kusuma Dewi, S & Purnomo, H. 2004, *Aplikasi Logika Fuzzy Untuk Pendukung Keputusan*. Graha Ilmu, Yogyakarta.

Manner, W & Joyce, S. 1997, *Weather Lore + Fuzzy Logic = Weather Forecasts*, <http://people.heidelberg.edu/%7Esjoyce/wxsys/links.htm>

Marimin. 2005, Teori dan Aplikasi Sistem Pakar Dalam Teknologi Manajerial. IPB Press. Bogor.

Panjaitan, L.W. 2007, Dasar-dasar Komputasi Cerdas, C.V ANDI OFFSET, Yogyakarta.

Panjaitan, L.W. 2007, Dasar-dasar Komputasi Cerdas, C.V ANDI OFFSET, Yogyakarta.

Sourceforge. 2007. *jFuzzyLogic: Open Source Fuzzy Logic (Java)*, <http://sourceforge.net/projects/jfuzzylogic>

Sugiharto, A. 2006, Pemrograman GUI dengan MATLAB, C.V ANDI OFFSET, Yogyakarta.