

MODEL PERAMALAN FUZZY LOGIC

Bambang Siswoyo
Achmad Zaenal
Email : bambangf1@gmail.com

ABSTRAK

Indonesia merupakan negara tropis yang memiliki curah hujan sangat tinggi. Model prediksi curah hujan digunakan untuk berbagai kepentingan dan kekakuratannya menjadi penting terutama pada bidang-bidang khusus seperti pencegahan bencana banjir. Saat ini penggunaan banyak digunakan radar dan pencitraan satelit untuk melihat pergerakan parameter meteorologi untuk menentukan short term precipitation, akan tetapi belum dapat dimodelkan untuk memprediksi long term precipitation.

Dalam proposal ini diusulkan salah satu suatu model kecerdasan buatan untuk memprediksi long term precipitation. Teknik yang digunakan adalah fuzzy logic dimana akan dilakukan proses matching dan pengkelasan data. Data pelatihan diperoleh dari BMKG Makassar dengan fokus pengujian sistem untuk daerah Makassar dan sekitarnya. Target data disesuaikan menjadi 5 kategori yaitu cerah, hujan ringan, hujan sedang, hujan lebat dan badai berdasarkan standar BMKG. Hasil prediksi menunjukkan akurasi sebesar 82,19% dimana sebagian besar kegagalan pemetaan pada kategori hujan lebat dan badai.

Kata kunci: Fuzzy Logic, prediksi hujan

I. PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara yang dilewati oleh garis katulistiwa serta dikelilingi oleh dua samudera dan dua benua. Posisi ini menjadikan Indonesia sebagai daerah pertemuan sirkulasi meridional (Utara-Selatan) dikenal sebagai Sirkulasi Hadley dan sirkulasi zonal (Timur-Barat) dikenal sebagai Sirkulasi Walker, dua sirkulasi yang sangat mempengaruhi keragaman iklim di Indonesia. Pergerakan matahari yang berpindah dari 23.5° Lintang Utara ke 23.5° Lintang Selatan sepanjang tahun mengakibatkan timbulnya aktivitas moonson yang juga ikut berperan dalam mempengaruhi keragaman iklim. Pengaruh lokal terhadap keragaman iklim juga tidak dapat diabaikan, karena Indonesia merupakan negara kepulauan dengan bentuk topografi sangat beragam menyebabkan sistem golongan lokal cukup dominan. Faktor lain yang diperkirakan ikut berpengaruh terhadap keragaman iklim di Indonesia ialah gangguan siklon tropis. Semua aktivitas dan sistem ini berlangsung secara bersamaan sepanjang tahun akan tetapi besar pengaruh dari masing-masing aktivitas atau sistem tersebut tidak sama dan dapat berubah dari tahun ke tahun (Boer, 2003).

Fenomena El-Nino dan La-Nina merupakan salah satu akibat dari penyimpangan iklim. Fenomena ini akan menyebabkan penurunan dan peningkatan jumlah curah hujan untuk beberapa daerah di Indonesia. Menurut

Boer (2003) sejak tahun 1844 Indonesia telah mengalami kejadian kekeringan atau jumlah curah hujan di bawah rata-rata normal tidak kurang dari 43 kali. Dari 43 kali kejadian tersebut hanya 6 kali kejadiannya tidak bersamaan dengan kejadian fenomena

El-Nino, hal ini menunjukkan bahwa keragaman hujan di Indonesia sangat dipengaruhi oleh fenomena ini.

Prakiraan parameter klimatologi terutama hujan sudah menjadi kebutuhan Nasional. Betapa tidak, bencana banjir akibat hujan yang turun dengan jumlah di atas normal atau bencana kekeringan akibat jumlah curah hujan yang berada di bawah normal, sering melanda wilayah Indonesia, bahkan disertai kerugian materi dan jiwa. Semua itu dapat diantisipasi dengan informasi yang akurat tentang berapa besar curah hujan yang akan turun di suatu tempat pada kurun waktu tertentu.

Pembacaan pola curah hujan dapat dilakukan oleh model kecerdasan buatan (Artificial Intelligence) dengan menggunakan data historis mengenai parameter klimatologi. Penelitian yang pernah dilakukan, menggunakan *Backpropagation Neural Network* (Indrabayu, 2011), hasil peramalan dipandang masih dapat ditingkatkan keakurasiannya, oleh sebab itu pada penelitian kali ini digunakan metode Fuzzy Logic dengan harapan dapat memberikan hasil peramalan curah hujan yang lebih baik.

II. KONSEP HUJAN DAN PREDIKSINYA DENGAN FUZZY LOGIC

Kepulauan maritim Indonesia yang berada di wilayah tropik memiliki curah hujan tahunan yang tinggi, curah hujan semakin tinggi di daerah pegunungan. Curah hujan yang tinggi di wilayah tropik pada umumnya dihasilkan dari proses konveksi dan pembentukan awan hujan panas. Pada dasarnya curah hujan dihasilkan dari gerakan massa udara lembab ke atas. Agar terjadi gerakan ke atas, atmosfer harus dalam kondisi tidak stabil. Kondisi tidak stabil terjadi jika udara yang naik lembab dan lapse rate udara lingkungannya berada antara lapse rate adiabatik kering dan lapse rate adiabatik jenuh. Jadi kestabilan udara ditentukan oleh kondisi kelembaban. Karena itu jumlah hujan tahunan, intensitas, durasi, frekuensi dan distribusinya terhadap ruang dan waktu sangat bervariasi. Karena proses konveksi, intensitas curah hujan di wilayah tropik pada umumnya tinggi. Sementara itu di Indonesia, presentase curah hujan yang diterima bervariasi antara 8 % sampai 37 % dengan rata-rata 22 %. Sebagai perbandingan nilai tertinggi di Bavaria, Jerman adalah 3.7 %. Di Bogor, lebih dari 80 % curah hujan yang diterima terjadi dengan curah paling sedikit 20 mm.

2.1 Partikel Hydrometeor

Hydrometeor dengan diameter sekitar 0.5 mm turun ke bumi berupa partikel-partikel air. Disebut hujan jika partikel-partikel air tersebut jatuh sampai ke tanah. Jika tidak karena menguap sebelum sampai ke tanah, partikel-partikel itu disebut Vigna. Dalam definisi lain, hujan dapat didefinisikan sebagai uap yang mengondensasi dan jatuh ke tanah dalam rangkaian proses hidrologi.

Meskipun berada dekat pada garis khatulistiwa, Indonesia tidak memiliki curah hujan yang sama pada setiap wilayah. Berdasarkan data BMKG, distribusi rata-rata curah hujan bulanan terbagi ke dalam tiga pola hujan, yaitu:

a. Pola Hujan Monsoon

Wilayah di bawah pola hujan ini memiliki perbedaan yang jelas antara periode musim hujan dan periode musim kemarau dengan ciri memiliki satu puncak musim hujan.

b. Pola Hujan Equatorial

Ciri pola hujan ini adalah dua puncak musim hujan maksimum dan hampir sepanjang tahun masuk dalam kriteria musim hujan. Dua puncak hujan biasa terjadi pada bulan Maret atau Oktober.

c. Pola Hujan Lokal

Pola hujan lokal memiliki distribusi hujan bulanan berkebalikan dengan pola monsun. Pola lokal dicirikan oleh bentuk pola hujan unimodial (satu puncak hujan), tetapi bentuknya berlawanan dengan tipe hujan monsoon.

2.2 Model Dasar Fuzzy Logic

Konsep *fuzzy logic* diperkenalkan oleh Prof. Lotfi Zadeh dari Universitas California di Berkeley pada 1965. Secara umum, *fuzzy logic* adalah sebuah metodologi “berhitung” dengan variabel kata-kata (linguistic variable), sebagai pengganti berhitung dengan bilangan (N. Agus, 2009). Kata-kata yang digunakan dalam *fuzzy logic* memang tidak sepresisi bilangan, namun kata-kata jauh lebih dekat dengan intuisi manusia. Manusia bisa langsung “merasakan” nilai dari variabel kata-kata yang sudah dipakainya sehari-hari. Demikianlah, *fuzzy logic* memberi ruang dan bahkan mengeksplorasi toleransi terhadap ketidakpresisian. Dengan *fuzzy logic*, sistem kepakaran manusia bisa diimplementasikan ke dalam bahasa mesin yang mudah dan efisien. Dari sekian banyak alternatif yang tersedia, sistem *fuzzy* seringkali menjadi pilihan yang terbaik.

Berikut beberapa alasan mengapa menggunakan *fuzzy logic*:

1. Konsep *fuzzy logic* sangat sederhana sehingga mudah dipahami. Kelebihannya dibanding konsep yang lain adalah membentuk pendekatan-pendekatan alami dalam memecahkan masalah.
2. *Fuzzy logic* adalah fleksibel, dalam arti dapat dibangun dan dikembangkan dengan mudah tanpa harus memulainya dari nol.
3. *Fuzzy logic* memberikan toleransi terhadap ketidakpresisian data. Hal ini sangat cocok dengan fakta sehari-hari.
4. Pemodelan/pemetaan untuk mencari hubungan data input-output dari sistem *black box* bisa dilakukan dengan memakai sistem *fuzzy logic*.
5. Pengetahuan atau pengalaman dari para pakar dapat dengan mudah dipakai untuk membangun *fuzzy logic*. Hal ini merupakan kelebihan utama *fuzzy logic* dibanding jaringan saraf tiruan (JST).
6. *Fuzzy logic* dapat diterapkan dalam desain sistem kontrol tanpa harus menghilangkan teknik desain sistem kontrol konvensional yang sudah terlebih dahulu ada.
7. *Fuzzy logic* berdasar pada bahasa manusia.

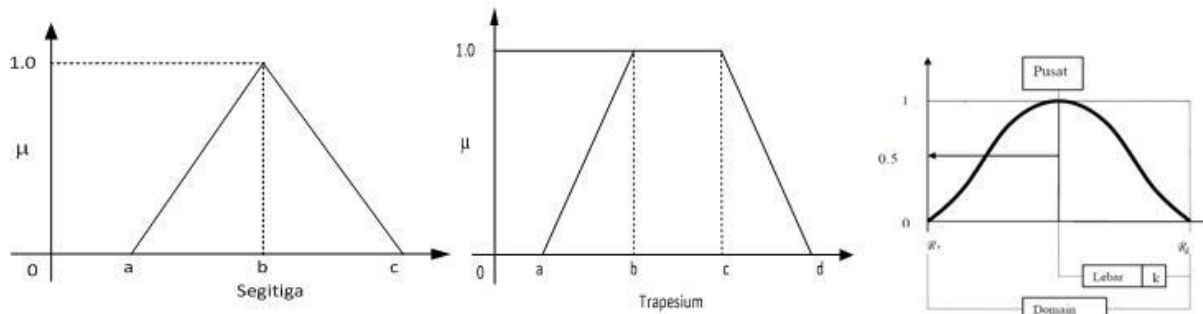
Meski ada berbagai alasan di atas, namun *fuzzy logic* bukan merupakan konsep yang sempurna yang bisa dipakai untuk memecahkan semua masalah. Fuzzifikasi merupakan suatu proses pengubahan himpunan non-*fuzzy* (*crisp*) kedalam himpunan *fuzzy*, masukan bukan *fuzzy* (*crisp*) dipetakan ke bentuk himpunan *fuzzy* sesuai dengan variasi semesta pembicaraan masukan. Fungsi keanggotaan (Membership Function) adalah komponen penting.

Fungsi keanggotaan adalah suatu kurva yang mendefinisikan bagaimana setiap titik-titik data dalam ruang input yang dipetakan antara 0 dan 1. Keanggotaan dalam himpunan *fuzzy* mempunyai bentuk yang berbeda-beda terdiri dari bentuk linier, bell, gaussian, trapesoidal dan triangular (Lautri, 2010). Bentuknya dapat terlihat pada gambar 1.

2.3 Inference Sistem

Sistem inferensi fuzzy (FIS) disebut juga *fuzzy inference engine* adalah sistem yang dapat melakukan penalaran dengan prinsip serupa seperti manusia melakukan penalaran dengan nalurinya.

Terdapat beberapa jenis FIS yang dikenal yaitu Mamdani dan Sugeno. Blog diagram FIS dapat terlihat pada gambar 2.



Gambar 1. Fungsi Keanggotaan Bentuk Segitiga, Trapesium dan Gaussian (Lautri, 2010)



Gambar 2. Blok Diagram Proses FIS

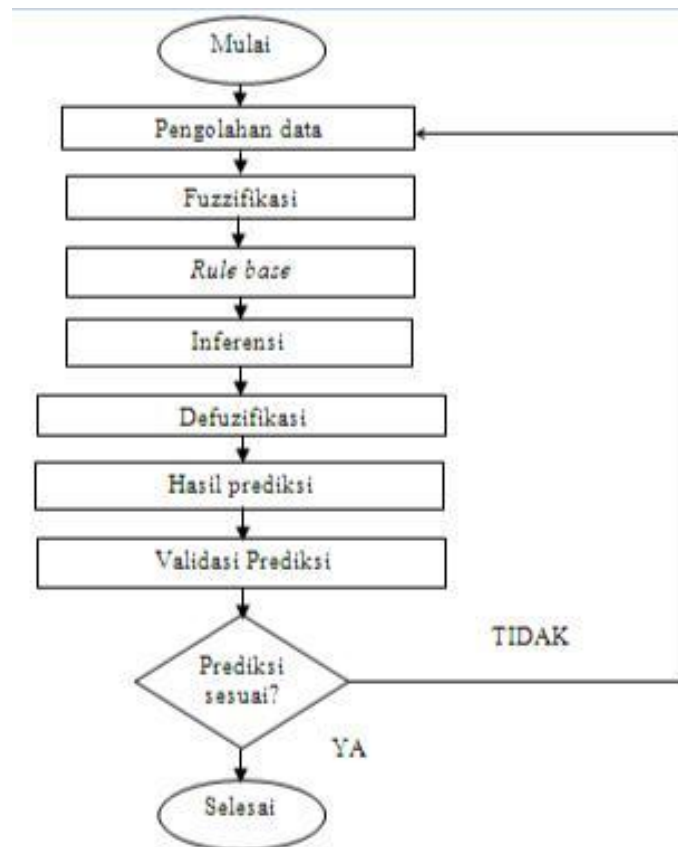
Fuzzy Inference Sistem (FIS) merupakan bagian terpenting dalam *fuzzy logic*. Logika pengambil keputusan merupakan suatu kerangka komputasi yang didasarkan pada teori himpunan *fuzzy*, aturan *fuzzy* berbentuk IF - THEN, dan penalaran *fuzzy*. *Fuzzy Inference sistem* (FIS) menerima input crisp. Input ini kemudian dikirim ke basis pengetahuan yang berisi n aturan *fuzzy* berbentuk IF -THEN. Dalam FIS terdapat dua proses yaitu:

1. Implikasi yaitu proses mendapatkan *consequent* keluaran sebuah IF-THEN rule berdasarkan derajat kebenaran *antecedent*. Namun sebuah rule dapat diboboti dengan bilangan antara 0 sampai 1 umumnya rule diberi bobot 1. Setelah setiap rule diberi bobot proses implikasi baru bisa dilakukan. Implikasi dilakukan pada tiap rule, Masukan dari proses implikasi adalah derajat kebenaran bagian antecedent dan *fuzzy set* pada bagian *consequent*. Dua fungsi yang digunakan dalam proses implikasi adalah min dan prod (product, menskalakan fuzzy set keluaran).
2. Agregasi yaitu proses mengkombinasikan keluaran semua IF THEN rule menjadi sebuah fuzzy set tunggal. Jika bagian *consequent* terdiri lebih dari satu pernyataan maka proses agregasi dilakukan secara terpisah untuk tiap variabel IF-THEN rule.

Selanjutnya, pada hasil agregasi akan dilakukan defuzzifikasi untuk mendapatkan nilai crisp sebagai output sistem.

III. PARAMETER, ALUR PENELITIAN DAN ASUMSI YANG DIGUNAKAN

Penelitian ini dilakukan dengan beberapa tahapan, yang pertama dilakukan adalah pengambilan data cuaca yang terdiri dari enam variabel. Variabel cuaca ini diukur dan direkam oleh BMKG Bandara Hasanuddin - Makassar. Tidak semua variabel memiliki korelasi yang baik terhadap proses terjadinya hujan, maka dilakukan pemilihan dan pemilahan data dimana data yang memiliki korelasi baik akan dijadikan sebagai input. Untuk prediksi variabel input digunakan neural network. Data yang telah dipilih dikelompokkan menggunakan metode fuzzy cluster means agar didapatkan parameter premis awal pada sistem fuzzy logic. Kemudian dilakukan perancangan sistem fuzzy logic menggunakan software Matlab. Data hasil sistem fuzzy logic divalidasi dengan data aktual dari BMKG.



Gambar 3. Alur Penelitian

3.1 Pengambilan Data

Tahap pertama yang dilakukan pada penelitian ini adalah pengambilan data, dimana data diperoleh dari BMKG Wilayah IV Makassar yang diukur dan direkam oleh BMKG Bandara Hasanuddin -Makassar. Data yang diperoleh terdiri dari lima unsur cuaca yaitu curah hujan, kecepatan angin, temperatur, tekanan udara, dan kelembaban. Kelima unsur cuaca tersebutlah yang akan dijadikan sebagai input pada metode prediksi Radial Basis Function Neural Network.

Data yang diperoleh adalah data observasi harian lima unsur cuaca di kota Makassar. Selanjutnya data ini akan dikelompokkan berdasarkan bulan yang sama untuk meramalkan curah hujan bulan yang sama untuk tahun kedepan. Sebelum membuat prediksi hal pertama dilakukan adalah membuat proses pelatihan, menentukan pola masukan dan target yang diinginkan. Data yang telah dikelompokkan dari tahun 2004 sampai 2010 akan dijadikan input dan beberapa curah hujan tahun 2008 dan 2009 akan dijadikan sebagai target pelatihan. Dan data curah hujan 2010 dijadikan sebagai data validasi untuk mengetahui kehandalan sistem ramalan *Fuzzy Logic*. Setelah mendapatkan input dan target, dilakukan tahap pelatihan, validasi, dan prediksi menggunakan *fuzzy logic* memakai software Matlab R2008a.

3.2 Perancangan Sistem Fuzzy Logic

Langkah pertama pada penelitian ini adalah dengan membuat rancangan sistem *fuzzy logic*. Setelah mendapatkan sistem yang mendapatkan hasil validasi yang melebihi 50 % maka sistem tersebut yang akan dipakai untuk memprediksi curah hujan tahun 2011. Untuk dapat memprediksi curah hujan tahun 2011 diperlukan teknik neural network untuk memprediksi variabel input temperatur, kelembaban, dan kecepatan angin, hal ini disebabkan sistem fuzzy logic tidak dapat digunakan untuk memprediksi curah hujan tahun berikutnya.

3.3 Pengolahan Data Inputan

Pengolahan data pada penelitian ini dilakukan eksperimen dengan berbagai sistem *Fuzzy logic*. Salah satu hal yang mempengaruhi sistem *Fuzzy logic* ini adalah data masukan. Unsur cuaca yang digunakan sebagai masukan adalah temperatur, kelembaban udara, dan kecepatan angin. Ketiga variabel ini digunakan sebagai masukan karena variabel-variabel ini penyebab utama terjadinya hujan, dan data keluaran adalah curah hujan.

Pada penelitian ini pengelompokkan data menggunakan metode *fuzzy cluster means* dari tahun 2004 – 2008. Variabel-variabel yang dikelompokkan dengan *fuzzy cluster means* yaitu temperatur, kelembaban, dan kecepatan angin. Curah hujan tidak dikelompokkan dengan *fuzzy cluster means* karena sudah dikelompokkan menurut ketentuan BMKG.

Teknik *fuzzy cluster means* dilakukan dengan matlab, yaitu dengan menuliskan *syntax* pada *editor* matlab. Adapun beberapa *syntax* yang digunakan untuk metode *fuzzy cluster means* seperti penjelasan dibawah ini,
[center,U,obj_fcn] = fcm(data,cluster_n)

Penjelasan dari *syntax* diatas adalah menerapkan metode *fuzzy cluster means* untuk himpunan data. Penjelasan input fungsi ini adalah:

- a. data : kumpulan data akan dikelompokkan setiap baris adalah data sampel titik.
- b. cluster_n : jumlah dari cluster (lebih dari satu) penjelasan output fungsi ini
- c. center : matriks pusat cluster akhir di mana setiap baris menyediakan pusat koordinat.
- d. U : matriks partisi fuzzy akhir (atau fungsi keanggotaan matriks) .
- e. obj_fcn : nilai-nilai fungsi objektif selama iterasi *fuzzy cluster means* (data,cluster_n,options) menggunakan variabel argumen tambahan, opsi, untuk mengontrol parameter clustering, memperkenalkan kriteria berhenti, mengatur tampilan informasi iterasi, atau keduanya.

Proses clustering berhenti ketika jumlah maksimum dari iterasi tercapai atau ketika perbaikan fungsi tujuan antara dua iterasi berturut-turut kurang dari jumlah minimum perbaikan ditentukan.

3.4 Fuzzifikasi

Fuzzifikasi adalah tahap pemetaan nilai masukan dan keluaran kedalam bentuk himpunan fuzzy. Data masukan berupa himpunan crisp yang akan diubah menjadi himpunan *fuzzy* berdasarkan range untuk setiap variabel masukannya. Pada proses fuzzifikasi ini terdapat dua hal yang harus diperhatikan yaitu nilai masukan dan keluaran serta fungsi keanggotaan (membership function) yang akan digunakan untuk menentukan nilai *fuzzy* dari data nilai *crisp* masukan dan keluaran. Pada proses fuzzifikasi ini digunakan bentuk fungsi keanggotaan gaussian sebagai variabel masukan karena gaussian sesuai apabila digunakan untuk data-data alami seperti data cuaca.

Disamping itu juga dipilih fungsi gaussian karena mempunyai tingkat keakurasian tinggi dalam membaca data dibandingkan fungsi lainnya. Proses iterasi dilakukan pada tahap fuzzifikasi, yaitu dengan merubah nilai range dan parameter yang digunakan untuk membangun fungsi keanggotaan, serta dapat juga dengan merubah jenis fungsi keanggotaan yang digunakan. Pada penelitian kali proses merubah nilai range dan parameter yang ada dari fungsi keanggotaan dilakukan hingga mendapatkan sistem dengan tingkat presisi yang tinggi. Berikut adalah fungsi keanggotaan (Membership function) yang digunakan pada sistem fuzzy logic.

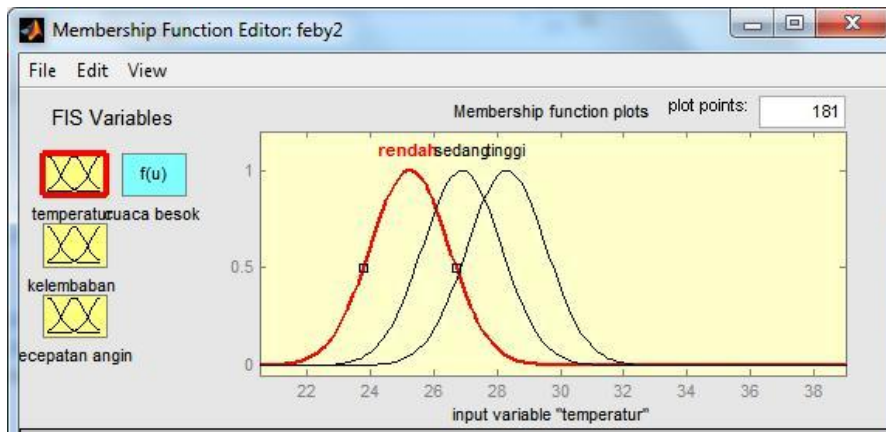
Tabel 1. *Membership Function Variabel Input*

Variabel	Himpunan fuzzy	Komponen	
		Standar Deviasi	Nilai
Temperatur (°C)	Rendah	1.248	25.237
	Sedang	1.248	26.887
	Tinggi	1.248	28.299
Kelembaban (%)	Rendah	10.547	63.691
	Sedang	10.547	78.566
	Tinggi	10.547	89.829
Kecepatan angin (knots)	Ringan	4.848	10.91
	Sedang	4.848	15.04
	Kencang	4.848	19.05
	Sangat Kencang	4.848	26.06

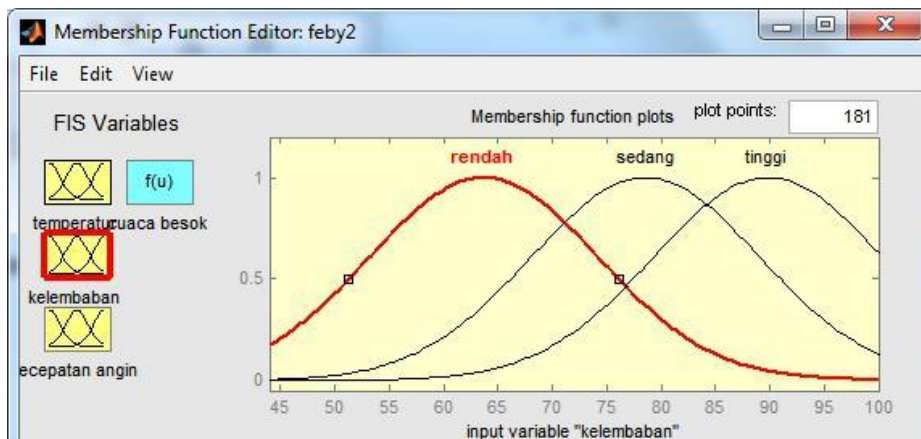
Tabel 2. *Membership Function* Variabel Output

No	Variabel	Himpunan Fuzzy	Komponen
4	Cuaca Besok (mm)	Cerah	0 – 5
		Hujan Ringan	5 – 20
		Hujan Sedang	20 – 50
		Hujan Lebat	50 – 100
		Hujan Sangat Lebat	>100

Berdasarkan *membership function* yang telah ditentukan pada tabel 2, maka akan terlihat kurva-kurva dari tiap variabel seperti pada gambar 4.



Gambar 4. Membership Function Temperatur



Gambar 5. Membership Function Kelembaban

3.5 Rule-Based

Setelah dilakukan membership function, maka langkah berikutnya yaitu membuat aturan (rule base). Rule base ini terdiri dari kumpulan aturan peramalan cuaca yang berbasis fuzzy logic untuk menyatakan kondisi cuaca yang terjadi. Penyusunan rule base ini berdasarkan pada sistem pakar yang ada, seperti terlihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Rule-based Prediksi Hujan

No	Temperatur (T)	Kelembaban (Rh)	Kecepatan Angin (Va)			
			Rg	Sd	Kg	SKg
1	Rd	Rd	Rg	Sd	Kg	SKg
2		Sd	Cr	Cr	Cr	Cr
3		Tg	Cr	Cr	Cr	Cr
4	Sd	Rd	HR	HS	HL	HSL
5		Sd	Cr	Cr	Cr	Cr
6		Tg	Cr	Cr	Cr	Cr
7	Tg	Rd	Cr	Cr	Cr	Cr
8		Sd	Cr	Cr	Cr	Cr
9		Tg	Cr	Cr	Cr	Cr

Tabel 4. Lanjutan Aturan Prediksi Hujan

NO	IF						THEN	
1	T	Rd	Rh	Rd	Va	Rg	CH	Cr
2	T	Rd	Rh	Rd	Va	Sd	CH	Cr
3	T	Rd	Rh	Rd	Va	Kg	CH	Cr
4	T	Rd	Rh	Rd	Va	SKg	CH	Cr
5	T	Rd	Rh	Sd	Va	Rg	CH	Cr
6	T	Rd	Rh	Sd	Va	Sd	CH	Cr
7	T	Rd	Rh	Sd	Va	Kg	CH	Cr
8	T	Rd	Rh	Sd	Va	SKg	CH	Cr
9	T	Rd	Rh	Tg	Va	Rg	CH	HR
10	T	Rd	Rh	Tg	Va	Sd	CH	HS
11	T	Rd	Rh	Tg	Va	Kg	CH	HL
12	T	Rd	Rh	Tg	Va	SKg	CH	HSL

			h					
13	T	Sd	Rh	Rd	Va	Rg	CH	Cr
14	T	Sd	Rh	Rd	Va	Sd	CH	Cr
15	T	Sd	Rh	Rd	Va	Kg	CH	Cr
16	T	Sd	Rh	Rd	Va	SKg	CH	Cr
17	T	Sd	Rh	Sd	Va	Rg	CH	Cr
18	T	Sd	Rh	Sd	Va	Sd	CH	Cr
19	T	Sd	Rh	Sd	Va	Kg	CH	Cr
20	T	Sd	Rh	Sd	Va	SKg	CH	Cr
21	T	Sd	Rh	Tg	Va	Rg	CH	Cr
22	T	Sd	Rh	Tg	Va	Sd	CH	Cr
23	T	Sd	Rh	Tg	Va	Kg	CH	Cr
24	T	Sd	Rh	Tg	Va	SKg	CH	Cr
25	T	Tg	Rh	Rd	Va	Rg	CH	Cr
26	T	Tg	Rh	Rd	Va	Sd	CH	Cr
27	T	Tg	Rh	Rd	Va	Kg	CH	Cr
28	T	Tg	Rh	Rd	Va	SKg	CH	Cr
29	T	Tg	Rh	Sd	Va	Rg	CH	Cr
30	T	Tg	Rh	Sd	Va	Sd	CH	Cr

C = Curah
H = Hujan

HL = Hujan Lebat
HSL = Hujan Sangat Lebat

Rd = Rendah
Sd = Sedang
Tg = Tinggi

Rg = Ringan
Kg = Kencang
SKg = Sangat Kencang

Cara membaca rule pada Tabel 4, pada kolom berwarna biru “IF T is Rendah AND Rh is Rendah AND Va is Ringan Then Cuaca Besok is Cerah”. Penyusunan rule base sangat berpengaruh pada presisi sistem, pada tahap pengambilan keputusan ditentukan berdasarkan rancangan rule base. Pada sistem perancangan prediksi hujan ini terdapat 36 rule (beberapa rule table di atas tidak ditampilkan). Proses iterasi juga dapat dilakukan dengan merubah aturan-aturan yang ada pada rule base, proses perubahan aturan-aturan dilakukan hingga mendapatkan sistem dengan tingkat presisi yang tinggi. Pada penelitian ini telah dilakukan banyak iterasi sehingga presisi sistem prediksi bisa dimaksimalkan.

IV. SIMULASI DAN HASIL

Proses perancangan prediksi hujan menggunakan metode *fuzzy* Takagi Sugeno karena *fuzzy* Takagi Sugeno bersifat konstan dan fleksibel sehingga cocok untuk peramalan. Pada proses fuzzifikasi data masukan berupa himpunan crisp yang akan diubah menjadi himpunan fuzzy berdasarkan range untuk setiap variabel masukannya. Pada proses fuzzifikasi ini terdapat dua hal yang harus diperhatikan yaitu nilai masukan dan nilai keluaran serta fungsi keanggotaan yang akan digunakan untuk menentukan nilai hasil keluaran *fuzzy logic*. Pada proses fuzzifikasi perancangan prediksi metode *fuzzy logic* menggunakan bentuk fungsi keanggotaan gaussian sebagai variabel masukan karena bentuk *gaussian fuzzy sets* cocok untuk data-data alami seperti data cuaca.

Setelah dilakukan fuzzifikasi untuk setiap masukan dan keluaran, maka langkah berikutnya yaitu membuat aturan (rule base). *Rule base* ini terdiri dari kumpulan aturan peramalan cuaca yang berbasis *fuzzy logic* untuk menyatakan kondisi cuaca yang terjadi. Penyusunan *rule base* ini berdasarkan pada sistem pakar yang ada, pada peramalan kondisi hujan terdapat tiga variabel masukan, satu variabel keluaran dan 36 rule. Variabel temperatur memiliki tiga fungsi keanggotaan untuk variabel masukan yaitu temperatur rendah, sedang, dan tinggi. Variabel kelembaban memiliki tiga fungsi keanggotaan yaitu kelembaban rendah, sedang, dan tinggi. Variabel angin memiliki empat fungsi keanggotaan yaitu ringan, sedang, kencang, dan sangat kencang.

Proses *inferensi fuzzy* adalah proses pengambilan keputusan untuk mendapatkan himpunan *fuzzy logic* berdasarkan rancangan rule base. Teknik pengambilan keputusan yang digunakan adalah teknik Takagi Sugeno karena metode ini lebih fleksibel sehingga cocok untuk peramalan. Teknik Takagi Sugeno dalam penerapannya menggunakan aturan operasi AND, hal ini dikarenakan semua aturan saling bergantung dan mempengaruhi. Setiap hasil dari *inference* sistem akan dikonversikan melalui tahap defuzzifikasi, hasil konversi akan diekspresikan dalam bentuk *fuzzy sets* ke satu bilangan Real. Dalam penelitian ini, metode defuzzifikasi yang digunakan adalah *weighted of average*.

Dalam pembuatan prediksi curah hujan maka salah satu tahun dari data BMKG akan digunakan untuk pengujian metode fuzzy logic yaitu tahun 2009. Hasil prediksi fuzzy logic tahun 2009 divalidasi dengan data aktual 2009 dari BMKG kemudian sistem *fuzzy logic* ini akan digunakan untuk sistem prediksi dengan metode *neural network-fuzzy logic*.

4.1 Pengujian Sistem

Pada penelitian ini menggunakan 1826 data untuk setiap variabel *input* yang dipakai sebagai pembangun logika yaitu dari tahun 2004 sampai tahun 2008. Data yang telah terkumpul dan terbagi dalam klasifikasi, dipakai sebagai *membership function* dalam penyusunan program. Setelah itu dilakukan pengujian dengan data *input* dari bulan

Januari 2009 hingga Desember 2009, yaitu sebanyak 365 data. Melalui program yang telah dibuat dapat diamati hubungan antara variabel-variabel meteorologi hari ini dengan kondisi cuaca keesokan harinya.

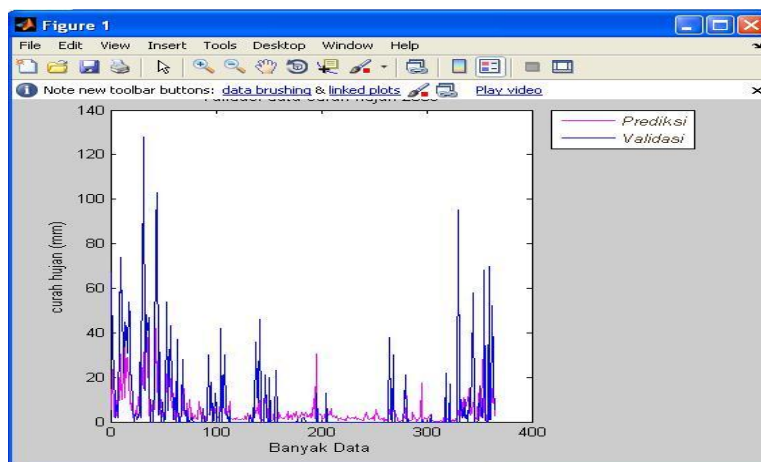
Berdasarkan 36 *rule* yang telah ditetapkan maka hasil keputusan dari *fuzzy* direpresentasikan pada grafik status dimana *fuzzy logic* memiliki *input* dan *output* berupa linguistik dan numerik. Hujan memiliki lima jenis nilai status secara linguistik yaitu cerah hujan ringan, hujan lebat dan hujan koordinat sedang, hujan sangat lebat. Ketepatan pengambilan berdasarkan *fuzzy* pada tahun 2009 terlihat pada keputusan logic Tabel 5 dan gambar 6.

Tabel 5. Validasi Hasil Prediksi Hujan Sistem *Fuzzy Logic* dengan Keadaan Sebenarnya Tahun 2009

No.	<i>Fuzzy logic</i>	Cerah	Hujan			
			Ringan	Sedang	Lebat	Sangat Lebat
1	Aktual	281	34	33	15	2
2	Prediksi	270	78	17	-	-
Jumlah benar (hari)	300 hari					
Jumlah salah (hari)	65 hari					
Keakuratan (%)	82.19 %					

$$\text{Keakuratan (\%)} = \frac{(365-65)h}{365 h} \times 100 \% = \frac{300}{365} \times 100 \% = 82,19 \%$$

Tabel 4 menunjukkan perbandingan ketepatan kondisi dengan keadaan sebenarnya pada sistem *fuzzy logic* tahun 2009 dengan jumlah hari benar sebanyak 300 hari dan tingkat keakuratan mencapai 82.19%. Tingkat keakuratan pada sistem ini menunjukkan sistem ini layak digunakan untuk memprediksi cuaca keesokan harinya.



Gambar 6. Grafik Perbandingan Prediksi Hujan Rata-rata per hari Tahun 2009

V. KESIMPULAN

Validasi curah hujan tahun 2010 dengan metode *fuzzy logic* mencapai 81.64%. Angka ini lebih baik jika dibandingkan dengan penelitian sebelumnya yaitu sebesar 60% (Lin, 2010). Perbaikan ke depannya bisa lebih jika *fuzzy logic* dikombinasikan dengan jaringan saraf tiruan ataupun model prediksi lainnya.

DAFTAR PUSTAKA

- Indrabayu, 2011. "Jaringan Saraf Tiruan dan Fuzzy Untuk Memprediksi Curah Hujan", Seminar Nasional Forum Komunikasi Teknik Elektro Indonesia.
- Kusumadewi, Sri.2004, *Membangun Jaringan Syaraf Tiruan Menggunakan Matlab & Excel Link*. Graha Ilmu.
- Febi Lautri.2010 "Perancangan Aplikasi Kriptografi Simetri Menggunakan Algoritma RC4". Universitas Sumatera Utara.
- Fei, Fu. Zhang Jian. Zhou Bao Qi.,2010 "Forecasting of Precipitation by RBF Neural Network and Particle Swarm Optimization". ICCET, IEEE conference.
- Siang, jj, 2005, *Jaringan Syaraf Tiruan Dan Pemrogramannya Menggunakan Matlab*. Yogyakarta: andi yogyakarta.
- Muammar dan Lin Parenggo.2010. "Prediksi Hujan Di Wilayah Makassar Dengan Menggunakan Metode Logika Fuzzy". Jurusan Teknik Elektro Unhas, Tugas Akhir.

