

Penerapan *Fuzzy Inference System* pada Prediksi Curah Hujan di Surabaya Utara

Dynes Rizky Navianti, I Gusti Ngurah Rai Usadha, Farida Agustini Widjajati

Jurusan Matematika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)

Jl. Arief Rahman Hakim, Surabaya 60111

E-mail: farida@matematika.its.ac.id

Abstrak— Musim penghujan yang terjadi di Indonesia antara bulan Oktober hingga April dengan puncak curah hujan tertinggi di bulan Desember. Namun terdapat kemungkinan terjadinya anomali cuaca bahkan penyimpangan iklim. Hal tersebut ditandai dengan berubahnya puncak curah hujan. Jika kondisi tersebut diabaikan, maka dapat mengakibatkan banjir di beberapa kota khususnya Surabaya Utara. Kondisi ini disebabkan karena di Surabaya merupakan aktivitas perdagangan dan kurang efektifnya manajemen banjir oleh pihak terkait. Hal tersebut perlu penanganan khusus, sehingga curah hujan diprediksikan dengan menerapkan aturan penalaran dasar dan logika fuzzy dengan menerapkan metode *Fuzzy Inference System*. Penelitian ini menggunakan enam variabel yang mempengaruhi terjadinya hujan berupa suhu udara, kelembaban relatif, kecepatan angin, tekanan udara, total lapisan awan, dan lama penyinaran matahari. Dalam hal ini digunakan keakuratan untuk memverifikasi hasil prediksi curah hujan, yaitu *Brier Score*. Hasil yang didapat dari penelitian ini diperoleh keakuratan prediksi curah hujan sebesar 77,68% dari sebelas eksperimen.

Kata Kunci—*Fuzzy Inference System, Logika Fuzzy, Prediksi Curah Hujan*

I. PENDAHULUAN

KONDISI cuaca merupakan hal penting yang perlu dipelajari karena cuaca di suatu daerah menentukan rangkaian aktifitas manusia. Sebagai contoh, informasi iklim dan klasifikasinya banyak menjadi acuan untuk bidang pertanian, transportasi, dan pariwisata seperti: pelayaran, penerbangan, dan masa pola tanam. Beberapa penelitian juga menyebutkan bahwa iklim mempengaruhi kondisi keadaan ekonomi di suatu daerah. Cuaca dipengaruhi dengan beberapa faktor yaitu suhu, kelembaban relatif, tekanan udara, kecepatan angin, total lapisan awan, dan penyinaran matahari. Hal ini menunjukkan bahwa banyaknya tuntutan dari berbagai pihak yang membutuhkan informasi kondisi atmosfer bumi yang lebih cepat, lengkap, dan akurat. Badan Meteorologi, Klimatologi dan Geofisika (BMKG) sebagai perusahaan negara yang bertugas sebagai pengamat cuaca mampu memprediksikan cuaca melalui metode konvensional baik itu metode statistik maupun dinamik yang mencakup radius 5 – 10 km di daratan dan sekitar ± 50 km di lautan untuk satu titik pengamatan di wilayah yang dapat diprediksikan.

Cuaca cenderung berubah sehingga terjadinya penyimpangan yang tidak dapat dihindari. Penyimpangan

tersebut dapat dilihat dari peristiwa turunnya hujan terus-menerus selama beberapa hari yang dapat menimbulkan bencana seperti banjir. Dengan demikian, banyak masyarakat yang merasa dirugikan karena banjir dapat melumpuhkan kegiatan perekonomian, terhambatnya transportasi, merusak infrastruktur kota, dan menimbulkan dampak negatif lainnya, khususnya di Surabaya Utara. Surabaya Utara merupakan kawasan pusat aktivitas perdagangan, sehingga terdapat hambatan dalam hal transportasi apabila infrastruktur kurang memadai. Penelitian yang sudah ada, variabel *input* yang digunakan untuk memprediksi hujan kota Surabaya berupa suhu udara, kelembaban relatif, angin, dan awan dengan menerapkan metode *Fuzzy Clustering*, sedangkan variabel *output* berupa prediksi hujan [1]. Mengingat pentingnya informasi mengenai curah hujan di Surabaya Utara, dalam penelitian ini dilakukan prediksi curah hujan dengan menerapkan metode *Fuzzy Inference System*.

II. METODE PENELITIAN

A. Meteorologi

Meteorologi adalah ilmu yang mempelajari cuaca, sedangkan cuaca adalah keadaan atmosfer pada saat yang pendek dan di tempat tertentu. Keadaan atmosfer itu merupakan gabungan dari berbagai unsur, antara lain suhu udara, tekanan udara, angin, kelembaban udara, dan presipitasi. Meteorologi membahas terjadinya perubahan dan gejala cuaca setiap saat menggunakan metode dan hukum-hukum fisika [2].

1. Cuaca

Cuaca adalah seluruh kejadian di atmosfer bumi yang merupakan bagian kehidupan sehari-hari manusia di dunia. Cuaca juga merupakan keadaan yang terjadi di permukaan bumi yang dipengaruhi oleh kondisi udara, yaitu tekanan dan suhu. Cuaca di setiap planet berbeda-beda tergantung pada jaraknya dari matahari dan pergerakan gas di setiap atmosfer planet-planet tersebut. Bahkan dalam suatu perkotaan juga seringkali mempunyai jenis cuaca yang berbeda dari daerah sekelilingnya [3].

2. Hujan

Hujan adalah presipitasi dalam bentuk cair. Titik-titik air hujan, berjari-jari antara 0,04-3 mm. Perhitungan untuk curah hujan rata-rata diformulasikan pada persamaan (1).

$$R_A = \frac{R_1 + R_2 + \dots + R_n}{n} \quad (1)$$

dengan:

- R_A : curah hujan daerah (mm)
- $R_1 \dots R_n$: curah hujan harian maksimum di stasiun 1 hingga stasiun ke-n
- n : banyaknya stasiun dalam sub Daerah Aliran Sungai (DAS)

Siklus terjadinya hujan dapat dimulai dari penyinaran matahari atau biasa disebut evaporasi. Selanjutnya, uap air yang terbawa ke atmosfer mengalami kondensasi akibat dari temperatur atmosfer yang sangat dingin dan terkumpul jadi awan. Adanya angin yang bergerak vertikal mengakibatkan awan bergumpal, sedangkan pergerakan horizontal angin akan membawa awan ke daerah yang bertekanan lebih rendah. Setelah mencapai saturasi, akan terjadi presipitasi berbentuk hujan. Hujan yang mengenai permukaan bumi akan diserap oleh tanah, sedangkan yang mengenai sungai akan dialirkan kembali ke laut dan akan mengulang siklus hidrologi [1].

B. Logika Fuzzy

Lotfi Zadeh (1960) mengemukakan bahwa *fuzzy* merupakan suatu aspek ketidaktentuan yang berbeda dengan keacakan. Kemudian Zadeh mengusulkan bentuk matematika untuk melihat bagaimana ketidakjelasan dapat dinyatakan dalam bahasa manusia yang pendekatannya disebut “logika fuzzy”. Dalam *fuzzy* dikenal derajat keanggotaan yang memiliki interval [0,1]. Dalam teori logika fuzzy suatu nilai bisa bernilai benar atau salah secara bersama, namun berapa besar keberadaan dan kesalahan tergantung pada bobot keanggotaan yang dimilikinya [4].

C. Himpunan Logika Fuzzy

Himpunan fuzzy adalah suatu himpunan berisi elemen yang mempunyai berbagai derajat keanggotaan dalam himpunan. \bar{A} adalah himpunan fuzzy A. Fungsi akan memetakan elemen-elemen suatu himpunan fuzzy \bar{A} ke suatu nilai real pada interval [0,1]. Jika X adalah suatu elemen dalam himpunan semesta, x adalah anggota himpunan fuzzy \bar{A} , dan $\mu_{\bar{A}}$ adalah suatu nilai yang menunjukkan seberapa besar tingkat keanggotaan suatu elemen x dalam suatu himpunan A, maka pemetaan dinotasikan pada persamaan (2) [6]:

$$\bar{A} = \{(x, \mu_{\bar{A}}(x)) | x \in X, \mu_{\bar{A}}(x): X \rightarrow [0,1] \quad (2)$$

D. Fungsi Keanggotaan

Di dalam sistem fuzzy, fungsi keanggotaan memainkan peranan yang sangat penting untuk merepresentasikan masalah. Fungsi keanggotaan adalah suatu kurva yang menunjukkan pemetaan titik-titik input data ke dalam nilai keanggotaannya. Fungsi keanggotaan yang banyak digunakan adalah fungsi keanggotaan segitiga dan fungsi keanggotaan trapesium [7].

1. Fungsi Keanggotaan Segitiga

Kurva segitiga pada dasarnya merupakan gabungan antara dua garis (linear). Fungsi ini terdapat hanya satu nilai x yang

memiliki derajat keanggotaan sama dengan 1, yaitu ketika x = b. Representasi kurva segitiga memiliki fungsi keanggotaan, yaitu pada persamaan (3).

$$\begin{aligned} \mu(x) &= \text{trimf}(x; a, b, c) \\ &= \begin{cases} 0; & x \leq a, x \geq c \\ \frac{x-a}{b-a}; & a \leq x \leq b \\ \frac{c-x}{c-b}; & b \leq x \leq c \end{cases} \quad (3) \end{aligned}$$

2. Fungsi Keanggotaan Trapesium

Kurva segitiga pada dasarnya seperti bentuk segitiga, hanya saja ada beberapa titik yang memiliki nilai keanggotaan 1. Representasi kurva trapesium memiliki fungsi keanggotaan, yaitu pada persamaan (4).

$$\begin{aligned} \mu(x) &= \text{trapmf}(x; a, b, c, d) \\ &= \begin{cases} 0; & x \leq a, x \geq d \\ \frac{x-a}{b-a}; & a \leq x \leq b \\ 1; & b \leq x \leq c \\ \frac{d-x}{d-c}; & b \leq x \leq c \end{cases} \quad (4) \end{aligned}$$

E. Sistem Inferensi Fuzzy

Inferensi *Fuzzy* merupakan proses dalam memformulasikan pemetaan dari input yang diberikan ke dalam *output* menggunakan logika *fuzzy*. Empat tahapan untuk memperoleh *output* dalam Sistem Inferensi Fuzzy tipe Mamdani, yaitu [8]:

1. Membandingkan variabel-variabel *input* dengan *membership function* pada anteseden

Proses ini dapat dibentuk dengan cara membandingkan variabel *input* dan fungsi keanggotaan untuk memperoleh nilai keanggotaan masing-masing variabel linguistik.

2. Mengkombinasikan semua variabel input dengan menerapkan *t-norm*

Langkah berikutnya yaitu mengkombinasikan semua variabel *input* dengan menerapkan *t-norm*. *t-norm* adalah operasi irisan pada himpunan *fuzzy*. Sistem aturan yang digunakan adalah min atau multikonjungtif dengan penghubung “AND” [5].

3. Menghasilkan konsekuensi yang memenuhi syarat atau masing-masing aturan berdasar bobotnya

Komposisi aturan adalah proses himpunan *fuzzy* yang menyatakan *output* dari setiap aturan untuk dikombinasikan bersama ke dalam suatu himpunan *fuzzy* [9].

4. Agregasi seluruh bagian konsekuensi

Bentuk proses agregasi bagian konsekuensi dinamakan defuzzifikasi. Defuzzifikasi adalah sebuah model konversi dari bentuk nilai *fuzzy* ke dalam besaran/nilai yang lebih presisi. Salah satu metodenya adalah metode *Centroid* dengan formulasi matematis pada persamaan (5).

$$z = \frac{\int x\mu(x)dx}{\int \mu(x)dx} \tag{5}$$

dengan:

- \bar{z} : nilai defuzzifikasi
- x : anggota himpunan fuzzy A
- $\mu_A(x)$: derajat keanggotaan suatu elemen x dalam suatu himpunan

III. URAIAN PENELITIAN

Prediksi curah hujan menggunakan variabel-variabel yang mempengaruhi proses terjadinya hujan. Langkah-langkah dalam memprediksi curah hujan dengan menerapkan *Fuzzy Inference System* tipe Mamdani, yaitu:

A. Membandingkan variabel-variabel input dengan membership function pada anteseden

Membandingkan variabel-variabel input dengan *membership function* pada anteseden dinamakan proses *fuzzifikasi*. Tahapan untuk mendapatkan nilai keanggotaan masing-masing variabel linguistik sebagai berikut:

1. Membentuk variabel input dan variabel output

Variabel *input* berupa suhu udara, kelembaban relatif, kecepatan angin, tekanan udara, total lapisan awan, dan lama penyinaran matahari, sedangkan variabel *output* berupa curah hujan.

2. Membentuk himpunan fuzzy

Himpunan fuzzy merupakan suatu grup yang mewakili suatu kondisi atau keadaan tertentu dalam suatu variabel *fuzzy*. Variabel linguistik yang digunakan sebagai berikut:

a. Variabel Input

Semua variabel *input* membentuk himpunan fuzzy dan semesta pembicaraan seperti berikut:

- Variabel *input* Suhu_Udara = {**Sejuk, Normal, Panas**}
- Variabel *input* Kelembaban_Relatif = {**Kering, Lembab, Basah**}
- Variabel *input* Kecepatan_Angin = {**Agak Kencang, Kencang**}
- Variabel *input* Tekanan_Udara = {**Rendah, Agak Tinggi, Tinggi**}
- Variabel *input* Total_Lapisan_Awan = {**Tipis, Agak Tebal, Tebal**}
- Variabel *input* Lama_Penyinaran_Matahari = {**Rendah, Sedang, Tinggi**}

b. Variabel Output

Semua variabel *output* membentuk himpunan fuzzy dan semesta pembicaraan seperti berikut:

- Variabel *output* Curah_Hujan = {**Ringan, Sedang, Agak Lebat, Lebat**}

3. Membentuk himpunan semesta pembicaraan masing-masing variabel

Semesta pembicaraan tiap-tiap variabel merupakan rentang kemungkinan tiap hari. Semesta pembicaraan ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1.
Semesta Pembicaraan pada Variabel *Fuzzy*

Fungsi	Variabel	Semesta Pembicaraan
<i>Input</i>	Suhu Udara ($^{\circ}\text{C}$)	[25,7, 31]
	Kelembaban Relatif (%)	[59, 92]
	Kecepatan Angin (knot)	[0, 12]
	Tekanan Udara (milibar)	[1006, 1014,8]
	Total Lapisan Awan (okta)	[0, 8]
	Lama Penyinaran Matahari (%)	[0, 100]
<i>Output</i>	Curah Hujan	[0, 74,6]

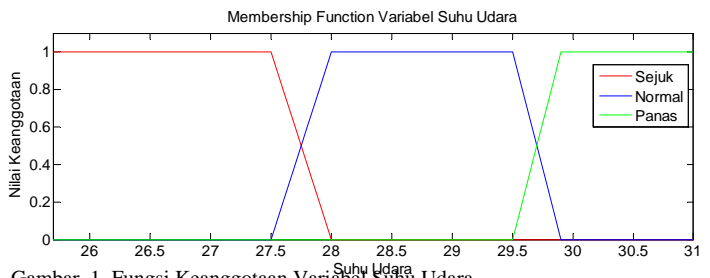
4. Menentukan fungsi keanggotaan tiap-tiap variabel

Jika ingin mendapatkan nilai keanggotaan, maka dapat menentukan fungsi keanggotaan tiap-tiap variabel dengan melalui pendekatan fungsi. Fungsi keanggotaan yang digunakan dalam penelitian ini adalah *Trapezium Member Function*.

a. Variabel Suhu_Udara

Variabel Suhu_Udara membentuk himpunan fuzzy dengan fungsi keanggotannya sebagai berikut:

- $\mu_{sejuk}(x) = \text{trapmf}(x; 25.7, 25.7, 27.5, 28)$
- $\mu_{normal}(x) = \text{trapmf}(x; 27.5, 28, 29.5, 29.9)$
- $\mu_{panas}(x) = \text{trapmf}(x; 29.5, 29.9, 31, 31)$

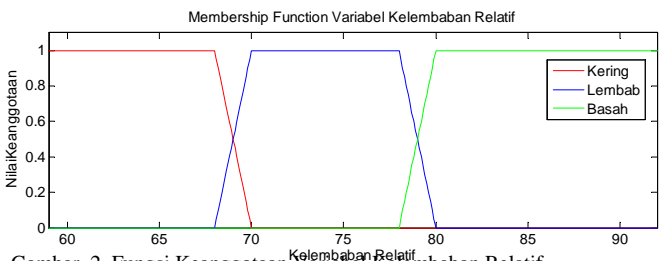


Gambar. 1. Fungsi Keanggotaan Variabel Suhu Udara.

b. Kelembaban_Relatif

Variabel Kelembaban_Relatif membentuk himpunan fuzzy dengan fungsi keanggotannya sebagai berikut:

- $\mu_{kering}(x) = \text{trapmf}(x; 59, 59, 68, 70)$
- $\mu_{lembab}(x) = \text{trapmf}(x; 68, 70, 78, 80)$
- $\mu_{basah}(x) = \text{trapmf}(x; 78, 80, 92, 92)$

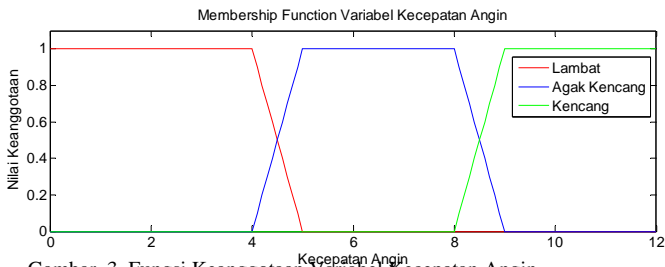


Gambar. 2. Fungsi Keanggotaan Variabel Kelembaban Relatif.

c. Kecepatan_Angin

Variabel Kecepatan_Angin membentuk himpunan fuzzy dengan fungsi keanggotannya sebagai berikut:

- $\mu_{lambat}(x) = \text{trapmf}(x; 0, 0, 4, 5)$
- $\mu_{agakkecang}(x) = \text{trapmf}(x; 4, 5, 8, 9)$
- $\mu_{kecang}(x) = \text{trapmf}(x; 8, 9, 12, 12)$

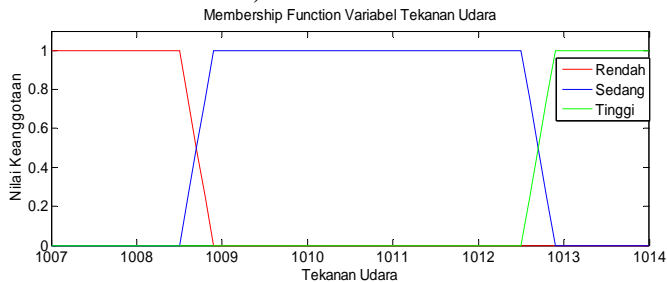


Gambar. 3. Fungsi Keanggotaan Variabel Kecepatan Angin.

d. Tekanan_Udara

Variabel Tekanan_Udara membentuk himpunan fuzzy dengan fungsi keanggotannya sebagai berikut:

- $\mu_{rendah}(x) = \text{trapmf}(x; 1007, 1007, 1008.5, 1008.9)$
- $\mu_{sedang}(x) = \text{trapmf}(x; 1008.5, 1008.5, 1012.5, 1012.9)$
- $\mu_{tinggi}(x) = \text{trapmf}(x; 1012.5, 1012.9, 1014, 1014)$

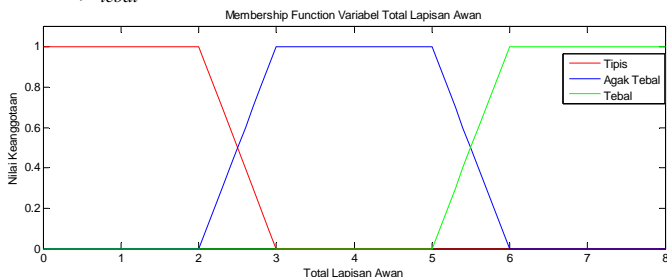


Gambar. 4. Fungsi Keanggotaan Variabel Tekanan Udara.

e. Total_Lapisan_Awan

Variabel Total_Lapisan_Awan membentuk himpunan fuzzy dengan fungsi keanggotannya sebagai berikut:

- $\mu_{tipis}(x) = \text{trapmf}(x; 0, 0, 2, 3)$
- $\mu_{agaktebal}(x) = \text{trapmf}(x; 2, 3, 5, 6)$
- $\mu_{tebal}(x) = \text{trapmf}(x; 5, 6, 8, 8)$

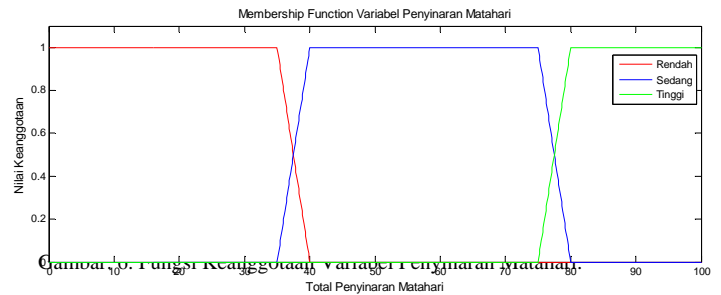


Gambar. 5. Fungsi Keanggotaan Variabel Total Lapisan Awan.

f. Lama_Penyinaran_Matahari

Variabel Lama_Penyinaran_Matahari membentuk himpunan fuzzy dengan fungsi keanggotannya sebagai berikut:

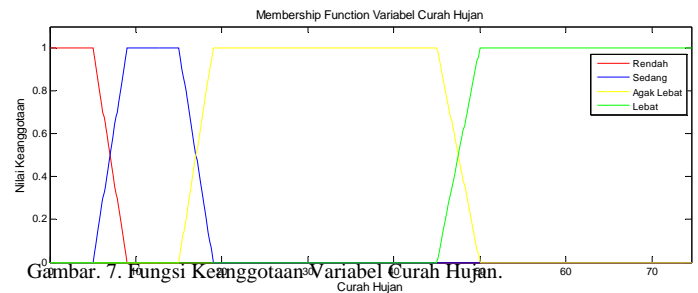
- $\mu_{rendah}(x) = \text{trapmf}(x; 0, 0, 35, 40)$
- $\mu_{sedang}(x) = \text{trapmf}(x; 35, 40, 75, 80)$
- $\mu_{tinggi}(x) = \text{trapmf}(x; 75, 80, 100, 100)$



g. Curah Hujan

Variabel Curah_Hujan membentuk himpunan dengan fungsi keanggotannya sebagai berikut:

- $\mu_{ringan}(x) = \text{trapmf}(x; 0, 0, 5, 9)$
- $\mu_{sedang}(x) = \text{trapmf}(x; 5, 9, 15, 19)$
- $\mu_{agaklebat}(x) = \text{trapmf}(x; 15, 19, 45, 50)$
- $\mu_{lebat}(x) = \text{trapmf}(x; 45, 50, 74.6, 74.6)$



Gambar. 7. Fungsi Keanggotaan Variabel Curah Hujan.

B. Mengkombinasikan semua variabel input dengan menerapkan t-norm

Langkah selanjutnya adalah mengkombinasikan semua variabel input dengan menerapkan t-norm. Langkah ini biasanya disebut pembentukan fungsi implikasi. Penelitian ini digunakan operator min atau multikonjungtif dengan penghubung "AND". Adanya aturan komponen himpunan baru y_R , kita dapat menuliskan untuk $R=1, 2, 3, \dots, n$ sebagai berikut:

$y = y_1 \text{ AND } y_2 \text{ AND } \dots \text{ AND } y_n$, yang didefinisikan oleh fungsi keanggotaan: $\mu_y(y) = \min(\mu_{y_1}(y), \mu_{y_2}(y), \dots,$

$\mu_{y_n}(y))$ untuk $y \in Y$.

C. Menghasilkan konsekuensi yang memenuhi syarat atau masing-masing aturan berdasar bobotnya

Setelah menentukan fungsi implikasi, langkah selanjutnya yaitu pembentukan basis aturan *fuzzy*. Basis aturan *fuzzy* merupakan keseluruhan aturan dari kombinasi enam *input* yang mungkin dengan masing-masing tiga fungsi keanggotaan dan menghasilkan konsekuensi yang bobotnya sesuai. Pembentukan *rules* merupakan langkah penting dalam metode FIS tipe Mamdani karena ketepatan *defuzzyfikasi*. Bentuk **If-Then** merupakan bentuk pernyataan sistem berbasis penalaran. Setiap aturan dapat dituliskan dalam bentuk bahasa berikut:

“If premis, then konsekuensi.”

atau dapat didefinisikan juga sebagai berikut:

IF x_1 is A_1 AND...AND x_n is A_n THEN y is B

Contoh: **If** Suhu_Udara (Sejuk), dan Kelembaban_Relatif (Lembab), dan Tekanan_Udara (Rendah), dan Kecepatan_Angin (Kencang), Total_Lapisan_Awan (Tipis), dan Lama_Penyinaran_Matahari (Sedang) **then** Curah_Hujan (Deras).

D. Agregasi seluruh bagian konsekuensi

Langkah terakhir dari prediksi curah hujan menerapkan metode *Fuzzy Inference System* tipe Mamdani adalah *defuzzyfikasi*. *Defuzzyfikasi* merupakan proses mengubah himpunan *fuzzy* keluaran menjadi keluaran tegas (*crisp*). Nilai tegas keluaran diperoleh dari himpunan-himpunan *fuzzy* keluaran dengan menggunakan metode Centroid pada persamaan (5).

E. Validasi Fuzzy

Menentukan nilai kesalahan untuk memvalidasi data menggunakan nilai *Brier Score*. Hasilnya berada pada range [0,1] [8]. *Brier Score* dirumuskan pada persamaan (6):

$$BS = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (p_i - o_i)^2 \tag{6}$$

dengan:

N : banyaknya data

p_i : nilai data pada periode ke-i

o_i : nilai prediksi pada periode ke-i

F. Analisis Hasil

Pada sub judul ini dijelaskan mengenai prediksi curah hujan Surabaya Utara berdasar variabel-variabel yang mempengaruhi dengan menerapkan metode *Fuzzy Inference System*. Variabel *input* yang digunakan berupa suhu udara, kelembaban relatif, kecepatan angin, tekanan udara, total lapisan awan, dan lama penyinaran matahari, sedangkan variabel *output* berupa curah hujan. Variabel-variabel tersebut merupakan data harian unsur cuaca rata-rata dari tahun 2008 hingga 2011 yang bersumber dari Stasiun Meteorologi Klas 3 Perak I Surabaya dengan posisi geografis 07° 13' 25" LS dan 112° 26' 46" BT.

Setelah data harian unsur cuaca diidentifikasi, data tersebut memiliki pola musiman, yaitu musim penghujan dan kemarau. Hal tersebut dapat dibuktikan juga dari letak geografis

Indonesia yang terletak berada di sekitar garis khatulistiwa, sehingga memiliki dua musim.

Dalam penelitian ini dapat dibangun dua model, yaitu model penghujan dan kemarau. Basis aturan pada model penghujan ada 37, sedangkan model kemarau ada 35. Model penghujan digolongkan dari bulan Desember hingga April, sedangkan model kemarau digolongkan dari bulan Mei hingga November. Penggolongan model tersebut berdasarkan karakteristik tiap bulannya. Basis aturan biasanya dapat dibuat berdasarkan kebiasaan yang terjadi di alam.

Setelah membandingkan data aktual dengan data prediksi curah hujan, hasil prediksi tersebut diuji dengan ukuran kesalahan yang dinamakan *Brier Score*. Pengujian tersebut dilakukan untuk tiap bulannya, kemudian dapat diprosentasekan secara keseluruhan tingkat keakuratan data rata-rata selama empat tahun.

Tabel 2.
Hasil prosentase keakuratan tiap bulan

No	Bulan	Prosentase
1	Januari	70,96%
2	Februari	64,28%
3	Maret	61,29%
4	April	60%
5	Mei	83,87%
6	Juni	90%
7	Juli	93,54%
8	Agustus	100%
9	September	93,33%
10	Oktober	90,32%
11	November	60%
12	Desember	64,51%
Rata-rata		77,68%

Secara keseluruhan, dapat disimpulkan bahwa data rata-rata curah hujan selama empat tahun memiliki akurasi sebesar 77,68% berdasar Tabel 2. Berdasar Tabel 2 dapat ditunjukkan bahwa hasil prosentase prediksi curah hujan untuk model penghujan tertinggi, yaitu pada bulan Januari sebesar 70,69%. Hasil prosentase prediksi curah hujan untuk model kemarau tertinggi, yaitu pada bulan Agustus sebesar 100%. Sebagai contoh, untuk mengetahui hasil prediksi dan nilai kesalahan per-hari pada bulan Januari dapat ditunjukkan pada Tabel 3.

Model penghujan dari bulan Desember hingga April diperoleh tingkat keakuratan berturut-turut adalah 64,51%, 70,96%, 64,28%, 61,29%, dan 60%. Hal ini membuktikan bahwa pada bulan November ke Desember terjadi transisi musim dari musim kemarau ke penghujan, sehingga nilai akurasi dari November ke Desember semakin naik hingga bulan Januari kemudian semakin turun hingga bulan April. Hal ini dikarenakan iklim di Indonesia khususnya Surabaya yang dipengaruhi faktor-faktor cuaca seperti: suhu, kecepatan angin, tekanan udara, kelembaban relatif, banyaknya awan, dan lama penyinaran matahari. Prediksi curah hujan dengan nilai akurasi tertinggi untuk model penghujan berada pada bulan Januari.

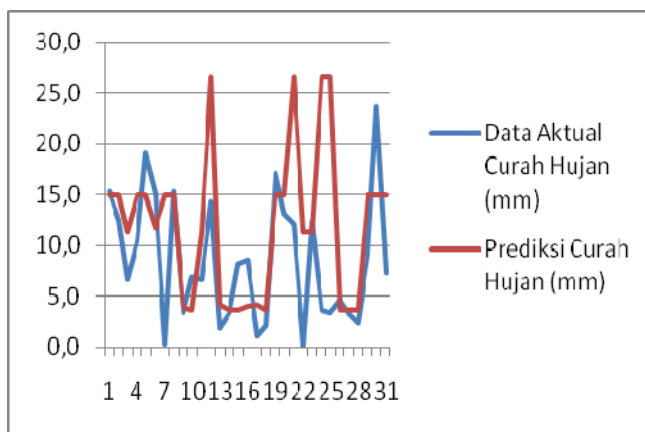
Model kemarau dari bulan Mei hingga November diperoleh tingkat keakuratan berturut-turut adalah 83,87%, 90%, 93,54%, 100%, 93,33%, 90,32%, dan 60%. Hal ini

membuktikan bahwa pada bulan April ke Mei terjadi transisi musim dari musim penghujan ke kemarau, sehingga nilai akurasi dari April ke November semakin naik hingga bulan Agustus kemudian semakin turun hingga bulan November. Hal ini dikarenakan iklim di Indonesia khususnya Surabaya yang dipegaruhi faktor-faktor cuaca seperti: suhu, kecepatan angin, tekanan udara, kelembaban relatif, banyaknya awan, dan lama penyinaran matahari. Prediksi curah hujan dengan nilai akurasi tertinggi untuk model kemarau berada pada bulan Agustus.

Tabel 3.
Hasil prediksi curah hujan dan nilai kesalahan per-hari pada bulan Januari

Januari	Curah Hujan (mm)	Prediksi	Brier Score
1	15,4	15	0,0052
2	12,5	15	0,2016
3	6,675	11,3	0,6900
4	10,45	15	0,6678
5	19,1	15	0,5423
6	15,125	11,7	0,3784
7	0,225	15	7,0420
8	15,325	15	0,0034
9	3,425	3,9	0,0073
10	6,85	3,7	0,3201
11	6,625	11,3	0,7050
12	14,275	26,6	4,9002
13	1,875	4,23	0,1789
14	3,35	3,7	0,0040
15	8,225	3,7	0,6605
16	8,6	4,11	0,6503
17	1,125	4,23	0,3110
18	2,05	3,7	0,0878
19	17,175	15	0,1526
20	13,1	15	0,1165
21	12,15	26,6	6,7356
22	0,025	11,3	4,1008
23	12,325	11,3	0,0339
24	3,65	26,6	16,9904
25	3,4	26,6	17,3626
26	4,725	3,7	0,0339
27	3,25	3,7	0,0065
28	2,3	3,7	0,0632
29	9,175	15	1,0945
30	23,675	15	2,4276
31	7,3	15	1,9126

Selanjutnya, perbandingan data aktual dan hasil prediksi pada curah hujan diinterpretasikan melalui gambar agar mudah dipahami. Hasilnya ditunjukkan pada Gambar 8. Berdasarkan Gambar 8 tersebut disimpulkan bahwa hasil prediksi curah hujan memiliki karakteristik yang hampir sama dengan data aktual curah hujan. Hal ini menunjukkan bahwa simpangannya kecil dari kedua variabel tersebut (data aktual dan hasil prediksi curah hujan).



Gambar. 8. Plot Perbandingan Data Aktual dan Hasil Prediksi Curah Hujan Bulan Januari.

IV. KESIMPULAN

Dari hasil pembahasan, didapatkan kesimpulan sebagai berikut:

1. Prediksi curah hujan dengan menerapkan metode *Fuzzy Inference System*, diperoleh model berbasis aturan, yaitu model pada musim penghujan dan model pada musim kemarau.
2. Model yang diperoleh memiliki rata-rata akurasi sebesar 77,68% terhadap data yang dianalisis. Hasil akurasi tertinggi pada model musim penghujan = 70,96% pada bulan Januari, sedangkan akurasi pada model musim kemarau = 100% pada bulan Agustus.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Safanah, S. (2008). *Prediksi Hujan di Surabaya dengan Menggunakan Fuzzy Clustering*, Tugas Akhir, Teknik Fisika, ITS
- [2] Waryono, dkk. 1987. *Pengantar Meteorologi dan Klimatologi*. Surabaya: PT Bina Ilmu
- [3] Kodoatie, R. J., dan Sjarief, R. 2010. *Tata Ruang Air*. Yogyakarta: Andi
- [4] Kusumadewi, S., dan Hartati, S. 2006. *Neuro-Fuzzy Integrasi Sistem Fuzzy dan Jaringan Syaraf Tiruan*. Yogyakarta: Graha Ilmu
- [5] Pandjaitan, L. W. 2007. *Dasar-Dasar Komputasi Cerdas*. Yogyakarta: Andi
- [6] Hasan, M., Tsegaye, T., Shi, X., Schaefer, G., Taylor, G. (2008). "Model for Predicting Rainfall by Fuzzy Set Theory Using USDA Scan Data". *Journal of Agricultural Water Management*, Vol 95, Hal 1350-1360.
- [7] Suyanto. 2011. *Artificial Intelligence*. Bandung: Informatika
- [8] Asklany, S. A., Elhelow, K., Youssef, I. K., El-wahab, M. A. (2011). "Rainfall Events Prediction Using Rule-Based Fuzzy Inference System". *Journal of Atmospheric Research*, Vol 101, Hal 228-236.
- [9] Arhami, M. 2005. *Konsep Dasar Sistem Pakar*. Yogyakarta: Andi