

APLIKASI LOGIKA FUZZY UNTUK PREDIKSI KEJADIAN HUJAN (Studi Kasus: Sub DAS Siak Hulu)

Hafidzilhaj Harys ¹⁾ Imam Suprayogi ²⁾ Rinaldi ²⁾
¹⁾ Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil ²⁾ Dosen Jurusan Teknik Sipil
Fakultas Teknik Universitas Riau, Pekanbaru 28293
E-mail : hafidzilhaj.harys@gmail.com,

Abstract

Most important information regarding of weather especially the rain is very useful for human routines. At this writing used fuzzy logic which aims to made a approaching prediction of raining on Sub DAS Siak Hulu. The Data that used is the rainfall data and climatological data from 2010 through 2012 with a prediction that will be done for the year 2011. The rainfall data is been taken from Pasar Kampar station which sourced from Balai Wilayah Sungai III and then for climatology data took from Pasar Kampar station and from website www.wunderground.com. For the input of rain prediction model used 6 variables that is air temperature, relative humidity, wind speed, barometric pressure, total layers of clouds, and the sun shines with long output variable is rainfall. For the measurement of the accuracy of prediction Mean Square Error formulation used. Based on the results of the verification of the prediction of rainfall had a median value of ratanya was 66% and for the results of the verification of average rain events is 65%.

Key words: rainfall, weather, prediction, fuzzy inference system

PENDAHULUAN

Menurut Triatmojo (2009) hujan merupakan sumber dari semua air yang mengalir di sungai dan di dalam tampungan baik di atas maupun di bawah permukaan tanah. Jumlah dan variasi debit sungai tergantung pada jumlah, intensitas dan distribusi hujan. Terdapat hubungan antara debit sungai dan curah hujan yang jatuh di DAS yang bersangkutan. Apabila data pencatatan debit tidak ada, data pencatatan hujan dapat digunakan untuk memperkirakan debit aliran.

Dikatakan Navianti, dkk (2012) cuaca cenderung mudah berubah dengan cepat, sehingga terjadinya penyimpangan yang tidak dapat dihindari pada proses tersebut. Penyimpangan tersebut dapat dilihat dari peristiwa turunnya hujan terus-menerus selama beberapa hari yang dapat menimbulkan bencana banjir. Cuaca beserta unsurnya penting diperhatikan dan dipelajari dengan baik karena pengaruhnya sering menimbulkan masalah bagi manusia dan makhluk hidup lainnya. Salah satu unsur cuaca adalah peristiwa hujan. Masalah bagi manusia dan makhluk hidup lainnya merupakan tantangan karena harus berusaha mengatasi dengan menghindari atau memperkecil pengaruh yang tidak menguntungkan di kehidupan.

Menurut Kirmanto (2005) Sungai Siak adalah salah satu sungai besar yang mengalir di Provinsi Riau. Di sepanjang pinggiran Sungai Siak dari dulu telah terdapat aktivitas sosial budaya dan ekonomi baik aktivitas interaksi di dalam masyarakat Riau sendiri

maupun dengan masyarakat dari provinsi-provinsi lainnya di Indonesia bahkan dengan masyarakat luar negeri. Cakupan DAS Siak meliputi Kabupaten Rokan Hulu, Kabupaten Kampar, Kabupaten Bengkalis, Kabupaten Siak, dan Kota Pekanbaru. Dari keseluruhan wilayah DAS Siak dibagi ke dalam dua wilayah, yaitu wilayah bagian hulu dan hilir.

Dikatakan Suprayogi, dkk (2013) kondisi eksisting pada DAS bagian hulu terjadinya perubahan kejadian hujan tidak pasti (musim hujan maupun kemarau) sehingga berdampak pada pengelolaan Sumber Daya Air (SDA) pada DAS Siak. Dengan demikian diperlukan penelitian dengan variabel *input* pada daerah Sub DAS Siak Hulu, yang dapat mencerminkan kondisi daerah Siak Hulu khususnya dan DAS Siak umumnya, berupa data curah hujan dan data klimatologi dengan menggunakan aturan Logika Fuzzy sedangkan variabel *output* berupa prediksi kejadian hujan.

METEOROLOGI

Meteorologi atau ilmu cuaca adalah ilmu pengetahuan yang mengkaji peristiwa-peristiwa cuaca dalam jangka waktu dan ruang terbatas. Kadang-kadang unsur-unsur gejala cuaca seperti suhu, tekanan udara, angin, kelembaban, awan, hujan; baik sifatnya secara kuantitatif maupun secara kualitatif serta penyebaran dan pengaruhnya terhadap kehidupan dan penghidupan, dibicarakan dalam meteorologi dan klimatologi (Rafi'I, 1995).

Menurut Wikipedia (2013); Watt & Wilson (2004) cuaca adalah seluruh kejadian di atmosfer bumi. Cuaca merupakan bagian kehidupan sehari-hari manusia di dunia. Cuaca dan iklim adalah suatu keadaan yang terjadi di permukaan bumi yang dipengaruhi oleh kondisi udara, yaitu tekanan dan temperatur. Cuaca di setiap planet berbeda-beda tergantung pada jarak planet itu dari matahari dan pergerakan gas di setiap atmosfer planet-planet itu. Jenis-jenis cuaca menurut Oliver (2005) meliputi hujan, panas, salju, angin dan badai merupakan jenis-jenis cuaca. Jenis-jenis cuaca tersebut tergantung pada temperatur, pergerakan udara dan tekanan udara di daerah tersebut. Cuaca juga mempengaruhi pola kehidupan di suatu daerah.

Menurut Triatmojo (2009) hujan adalah sebuah bentuk presipitasi dalam bentuk cairan yang jatuh ke permukaan bumi. Hujan berasal dari uap air di atmosfer, sehingga bentuk dan jumlahnya dipengaruhi oleh faktor klimatologi. Sifat curah hujan dapat dilihat pada Tabel 1, terlihat bahwa curah hujan tidak bertambah sebanding dengan waktu. Jika waktu itu ditentukan lebih lama, maka penambahan curah hujan itu adalah lebih kecil dibandingkan dengan penambahan waktu, karena kadang-kadang curah hujan itu berkurang ataupun berhenti.

Tabel 1. Keadaan curah hujan dan intensitas hujan

Keadaan curah hujan	Intensitas curah hujan (mm)	
	1 jam	24 jam
Hujan sangat ringan	< 1	< 5
Hujan ringan	1-5	5-20
Hujan normal	5-20	20-50
Hujan lebat	10-20	50-100
Hujan sangat lebat	> 20	> 100

Sumber: (Sosrodarsono & Takeda, 2003)

LOGIKA FUZZY

Menurut Helfi (2012) fuzzy secara bahasa diartikan sebagai kabur atau samar-samar. Dalam fuzzy dikenal derajat keanggotaan yang memiliki rentang nilai 0 hingga 1. Berbeda dengan himpunan tegas yang memiliki nilai 1 atau 0 (ya atau tidak). Logika Fuzzy merupakan sesuatu logika yang memiliki nilai kekaburan atau kesamaran (*fuzzyness*) antara benar atau salah. Namun berapa besar keberadaan dan kesalahan suatu tergantung pada bobot keanggotaan yang dimilikinya.

Menurut Kusumadewi & Purnomo (2004); Sutojo, dkk (2011) ada beberapa hal yang perlu diketahui dalam memahami sistem *fuzzy*, yaitu:

1. Variabel fuzzy merupakan variabel yang hendak dibahas dalam suatu sistem fuzzy.
2. Himpunan fuzzy merupakan suatu grup yang mewakili suatu kondisi atau keadaan tertentu dalam suatu variabel fuzzy.
3. Semesta pembicaraan adalah keseluruhan nilai yang diperbolehkan untuk dioperasikan dalam suatu variabel fuzzy. Semesta pembicaraan merupakan himpunan bilangan real yang senantiasa naik (bertambah) secara monoton dari kiri ke kanan. Nilai semesta pembicaraan dapat berupa bilangan positif maupun negatif. Adakalanya nilai semesta pembicaraan ini tidak dibatasi batas atasnya.
4. Domain himpunan fuzzy adalah keseluruhan nilai yang diijinkan dalam semesta pembicaraan dan boleh dioperasikan dalam suatu himpunan fuzzy. Seperti halnya semesta pembicaraan, domain merupakan himpunan bilangan real yang senantiasa naik (bertambah) secara monoton dari kiri ke kanan. Nilai domain dapat bernilai positif maupun negatif.

FUNGSI KEANGGOTAAN

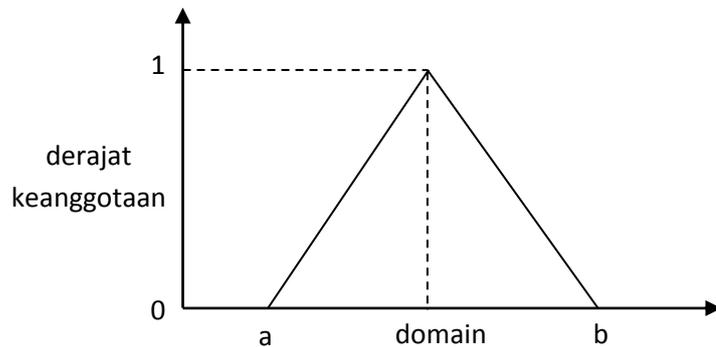
Menurut Kusumadewi & Purnomo (2004); Sutojo, dkk (2011) di dalam sistem fuzzy fungsi keanggotaan mempunyai peranan yang sangat penting untuk mempresentasikan masalah. Fungsi keanggotaan adalah suatu kurva yang menunjukkan pemetaan titik-titik *input* data ke dalam nilai keanggotaannya (sering juga disebut dengan derajat keanggotaan) yang memiliki interval antara 0 sampai 1. Salah satu cara yang dapat digunakan untuk mendapatkan nilai keanggotaan adalah dengan melalui pendekatan fungsi. Ada beberapa fungsi yang bisa digunakan antara lain:

1. Fungsi keanggotaan Segitiga

Fungsi keanggotaan segitiga ditandai oleh adanya 3 (tiga) parameter {a,b,c} yang akan menentukan koordinat x dari tiga sudut. Kurva ini pada dasarnya merupakan gabungan antara dua garis (*linier*). Adapun persamaan untuk bentuk segitiga ini adalah:

$$\mu[x] = \begin{cases} 0 & x \leq a \text{ atau } x \geq c \\ (x-a)/(b-a) & a \leq x \leq b \\ (c-x)/(c-b) & b \leq x \leq c \end{cases} \dots\dots\dots (1)$$

Gambar grafik fungsi keanggotaannya dapat dilihat pada Gambar 1.



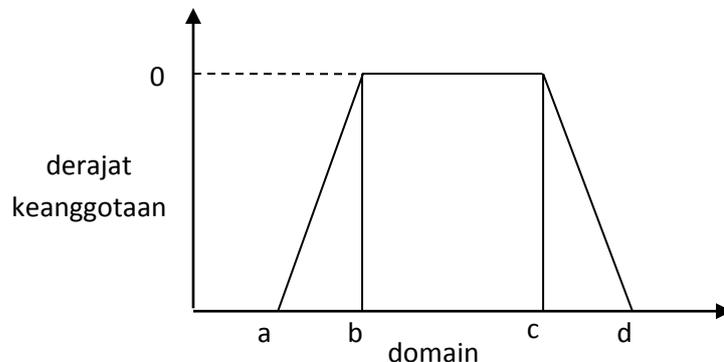
Gambar 1. Fungsi keanggotaan segitiga

2. Fungsi keanggotaan trapesium

Kurva trapesium pada dasarnya seperti bentuk segitiga, hanya saja ada beberapa titik yang memiliki nilai keanggotaan 1. Adapun persamaan untuk kurva trapesium ini adalah:

$$\mu[x] = \begin{cases} 0 & x \leq a \text{ atau } x \geq d \\ (x-a)/(b-a) & a \leq x \leq b \\ 1 & b \leq x \leq c \\ (d-x)/(d-c) & c \leq x \leq d \end{cases} \dots\dots\dots (2)$$

Gambar grafik fungsi keanggotaannya dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Grafik fungsi keanggotaan trapesium

SISTEM INFERENSI FUZZY

Sistem inferensi fuzzy adalah proses memformulasikan pemetaan dari *input* yang diberikan ke sebuah *output* dengan menggunakan logika fuzzy. Sistem ini melibatkan logika fuzzy dan komponen di dalamnya seperti fungsi keanggotaan, operasi logika dan aturan *if-then*. Pada umumnya terdapat dua macam dari sistem inferensi fuzzy yang dapat diimplementasikan, yaitu tipe Mamdani dan tipe Sugeno. Ada empat tahapan untuk memperoleh *output* dalam Sistem Inferensi Fuzzy tipe Mamdani, yaitu:

1. Fuzzifikasi
 Fuzzifikasi adalah proses perubahan suatu nilai *crisp* ke dalam variabel fuzzy yang berupa variabel linguistik yang nantinya akan dikelompokkan menjadi himpunan fuzzy. Tahapan fuzzifikasi yaitu membandingkan variabel-variabel *input* dengan fungsi keanggotaan pada *anteseden* (bagian sebab) untuk mendapatkan nilai keanggotaan masing-masing variabel linguistik.

2. Aplikasi fungsi implikasi
 Mengkombinasikan semua variabel *input* dengan menerapkan t-norm. T-norm adalah operasi irisan pada himpunan fuzzy. Sistem aturan yang digunakan adalah min dengan penghubung “AND”. Hasil operasi dengan operator “AND” dinyatakan sebagai α -predikat. Setiap aturan dapat dituliskan dalam bentuk bahasa berikut:
 If x_1 is A_1 AND ... AND x_n is A_n THEN y is B
 Bentuk *If-Then* merupakan bentuk pernyataan sistem berbasis penalaran yang terdiri dari sejumlah r aturan fuzzy.

3. Agregasi
 Setelah proses implikasi, berikutnya adalah proses penggabungan aturan-aturan *fuzzy* untuk mendapatkan daerah dari komposisi aturan-aturan yang digunakan. Pada Metode Mamdani, biasanya menggunakan nilai maksimum atau menggabungkan dari semua aturan yang digunakan.

4. Defuzzifikasi (penegasan)
 Defuzzifikasi adalah proses mendapatkan nilai *crisp* dari suatu himpunan fuzzy. Pada Metode Mamdani, untuk mendapatkan nilai tersebut digunakan Metode Centroid atau mencari bobot nilai tengah kurva daerah fuzzy (*center of gravity*) dengan formulasi matematis pada Persamaan 3.

$$z = \frac{\int_a^b x \mu_A(x) dx}{\int_a^b \mu_A(x) dx} \dots\dots\dots (3)$$

dengan:
 z = nilai defuzzifikasi
 x = anggota himpunan fuzzy A
 $\mu_A(X)$ = derajat keanggotaan suatu elemen x dalam suatu himpunan a

METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan data curah hujan harian dan data klimatologi harian dari tahun 2010 hingga 2012. Data yang akan diprediksi curah hujannya adalah tahun 2011. Berikut merupakan data yang digunakan:

1. Lokasi Penelitian

Studi kasus untuk penelitian ini berlokasi di Sub DAS Siak Hulu khususnya dan DAS Siak umumnya. Cakupan DAS Siak meliputi Kabupaten Rokan Hulu, Kabupaten Kampar, Kota Pekanbaru, Kabupaten Bengkalis dan Kabupaten Siak, dari keseluruhan wilayah DAS Siak terbagi menjadi dua bagian wilayah yaitu bagian hulu dan hilir dari masing-masing sungai, adapun wilayah-wilayah yang tercakup dalam Sub DAS Siak Hulu adalah Sungai Tapung Kanan yang termasuk dalam wilayah Kabupaten Rokan Hulu dan Kecamatan Tapung Hulu Kabupaten Kampar, dan Sungai Tapung Kiri yang termasuk dalam wilayah Tandun Kabupaten Rokan Hulu dan Kecamatan Tapung Kiri Kabupaten Kampar. Kedua sungai menyatu di daerah Palas (Kabupaten Kampar) dan dekat Kota Pekanbaru pada Sungai Siak Besar. DAS Siak memiliki luas total 8.840 km², dengan luas DAS Tapung kanan adalah 2.387,3 km² dan luas DAS Tapung kiri 2.154,6 km². Peta DAS Siak dapat dilihat pada Lampiran A (Kirmanto, 2005).

2. Data curah hujan

Data curah hujan berupa data curah hujan harian Stasiun Pasar Kampar. Data curah hujan diperoleh dari Badan Wilayah Sungai III Pekanbaru.

3. Data Klimatologi

Data klimatologi diperoleh dari Stasiun Pasar Kampar dan www.wunderground.com. Data klimatologi yang dibutuhkan adalah suhu udara, kelembaban relatif, kecepatan angin, tekanan udara, total lapisan awan dan lama penyinaran matahari.

FUZZY INFERENCE SYSTEM MENGGUNAKAN SOFTWARE MATLAB

Langkah-langkah pengerjaan *Fuzzy Inference System* menggunakan bantuan *software* MATLAB adalah sebagai berikut:

1. Pada MATLAB Prompt, ketikkan fuzzy.
2. Setelah tampilan FIS Editor muncul kemudian memasukkan variabel masukan dan variabel keluaran. Fungsi-fungsi keanggotaan variabel masukan dan variabel keluaran didefinisikan melalui *Membership Function Editor*. memasukkan semua nilai variabel-variabel fuzzy, himpunan fuzzy, range dan parameter ke dalam *membership function editor*.
3. Setelah selesai mengisi data untuk semua variabel, kemudian pilih edit pada fis editor-klik rules. Selanjutnya memasukkan semua rules dalam penelitian ini.
4. Tahapan terakhir yaitu *rule viewer*. *Rule viewer* menampilkan proses keseluruhan yang terjadi pada FIS. Hasil akan didapat dengan mengubah nilai input.

PENGUKURAN KESALAHAN PREDIKSI DENGAN MSE

Setelah mendapatkan hasil prediksi kejadian hujan dengan Metode *Fuzzy Inference System*, maka didapatkan besar dari nilai kesalahan yang dihasilkan. Menurut Santoso

(2009) menentukan seberapa jauh data hasil *forecast* berbeda dengan data aktualnya dengan menggunakan perhitungan *Mean Squared Deviation* (MSE). MSE dihitung dengan menggunakan rumus pada Persamaan 4.

$$MSE = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (A_t - F_t)^2 \dots\dots\dots (4)$$

dengan:

- N = banyaknya data
- A_t = nilai data aktual pada periode ke-i
- F_t = nilai data prediksi pada periode ke-i

HASIL DAN PEMBAHASAN

Membandingkan variabel-variabel input dengan fungsi keanggotaan pada *anteseden*

Membandingkan variabel-variabel *input* dengan fungsi keanggotaan pada *anteseden* (bagian sebab) untuk mendapatkan nilai keanggotaan masing-masing variabel linguistik. Proses ini dapat dibentuk dengan membandingkan variabel *input* dan fungsi keanggotaan untuk memperoleh nilai keanggotaan masing-masing variabel linguistik. *Fuzzifikasi* dibentuk sebagai berikut:

1. Membentuk variabel *input* dan variabel *output*
 Variabel-variabel *input* yang digunakan adalah suhu udara, kelembaban relatif, kecepatan angin, tekanan udara, total lapisan awan, dan lama penyinaran matahari, sedangkan variabel *output* adalah kejadian hujan.

2. Membentuk himpunan fuzzy
 Himpunan fuzzy yang dibentuk tiap variabel sebagai berikut:
 - a. Variabel suhu udara membentuk tiga himpunan fuzzy, yaitu sejuk, normal, dan panas.
 - b. Variabel kelembaban relatif membentuk tiga himpunan fuzzy, yaitu kering, lembab dan basah.
 - c. Variabel kecepatan angin membentuk tiga himpunan fuzzy, yaitu lambat, agak kencang, dan kencang.
 - d. Variabel tekanan udara membentuk tiga himpunan fuzzy, yaitu rendah, sedang dan tinggi.
 - e. Variabel total lapisan awan membentuk empat himpunan fuzzy, yaitu tipis, agak tebal, tebal dan sangat tebal.
 - f. Variabel lama penyinaran matahari memmbentuk tiga himpunan fuzzy, yaitu rendah, sedang, dan tinggi.

3. Membentuk himpunan semesta pembicaraan
 Semesta pembicaraan masing-masing variabel merupakan rentang kemungkinan nilai dari data harian rata-rata. Semesta pembicaraan tersebut dapat ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Semesta pembicaraan pada variabel fuzzy

Fungsi	Variabel	Semesta pembicaraan
<i>Input</i>	Suhu udara (°C)	[20, 40]
	Kelembaban relatif (%)	[55, 95]
	Kecepatan angin (km/hr)	[0, 119]
	Tekanan permukaan laut (mb)	[1004, 1013]
	Total lapisan awan (okta)	[0, 8]
	Lama penyinaran matahari (%)	[0, 92]
<i>Output</i>	Curah hujan (mm)	[0, 140]

4. Menentukan fungsi keanggotaan tiap-tiap variabel

Untuk mendapatkan nilai keanggotaan, maka ditentukan fungsi keanggotaan masing-masing variabel melalui pendekatan fungsi. Fungsi keanggotaan yang digunakan dalam tugas akhir ini adalah fungsi keanggotaan trapesium pada persamaan (2). Fungsi keanggotaan masing-masing variabel sebagai berikut:

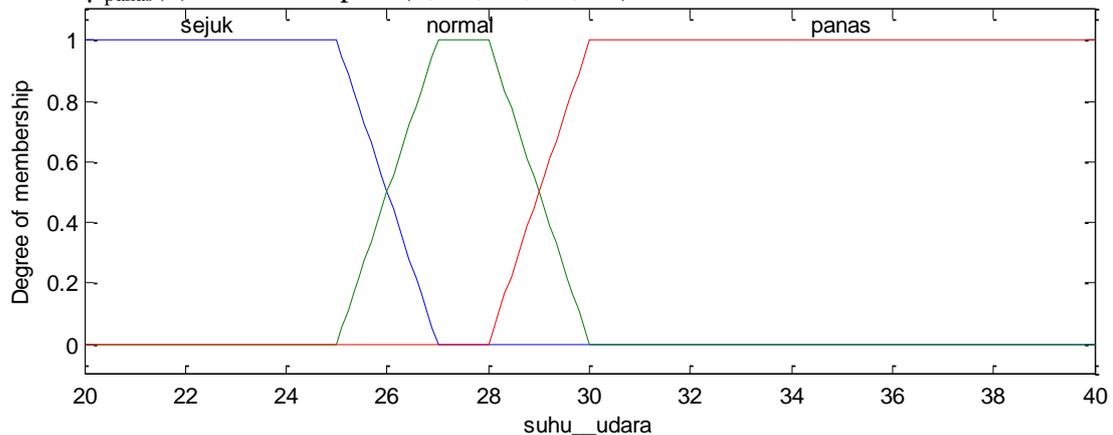
a. Suhu udara

Variabel suhu udara membentuk tiga himpunan fuzzy, yaitu: sejuk, normal, dan panas. Fungsi keanggotaan dapat dilihat pada Gambar 3.

$$\mu_{\text{sejuk}}(x) = \text{trapmf}(x; 20, 20, 25, 27)$$

$$\mu_{\text{normal}}(x) = \text{trapmf}(x; 25, 27, 28, 30)$$

$$\mu_{\text{panas}}(x) = \text{trapmf}(x; 28, 30, 40, 40)$$



Gambar 3. Fungsi keanggotaan variabel suhu udara (°C)

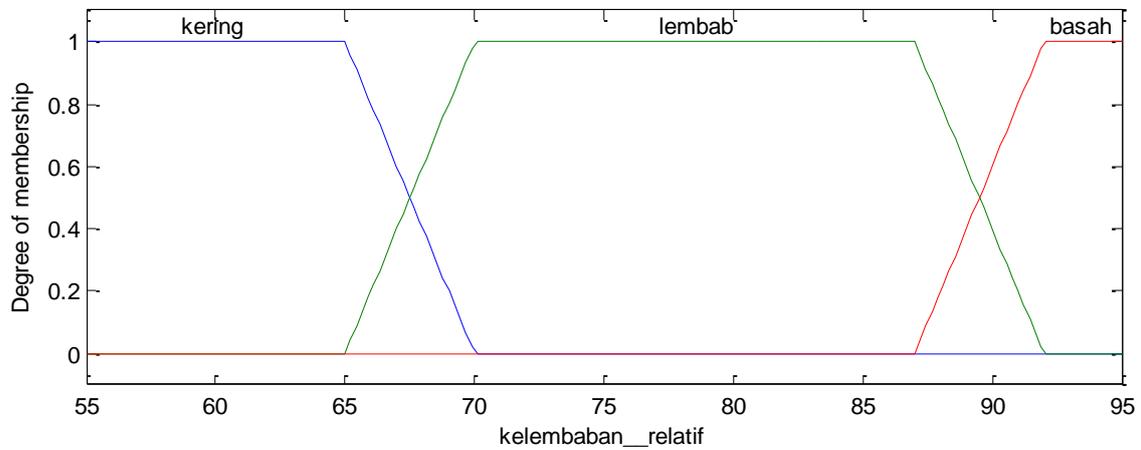
b. Kelembaban relatif

Variabel kelembaban relatif membentuk tiga himpunan fuzzy, yaitu: kering, lembab, dan basah. Fungsi keanggotaan dapat dilihat pada Gambar 4.

$$\mu_{\text{kering}}(x) = \text{trapmf}(x; 55, 55, 65, 70)$$

$$\mu_{\text{lembab}}(x) = \text{trapmf}(x; 65, 70, 87, 92)$$

$$\mu_{\text{basah}}(x) = \text{trapmf}(x; 87, 92, 95, 95)$$



Gambar 4. Fungsi keanggotaan variabel kelembaban relatif (%)

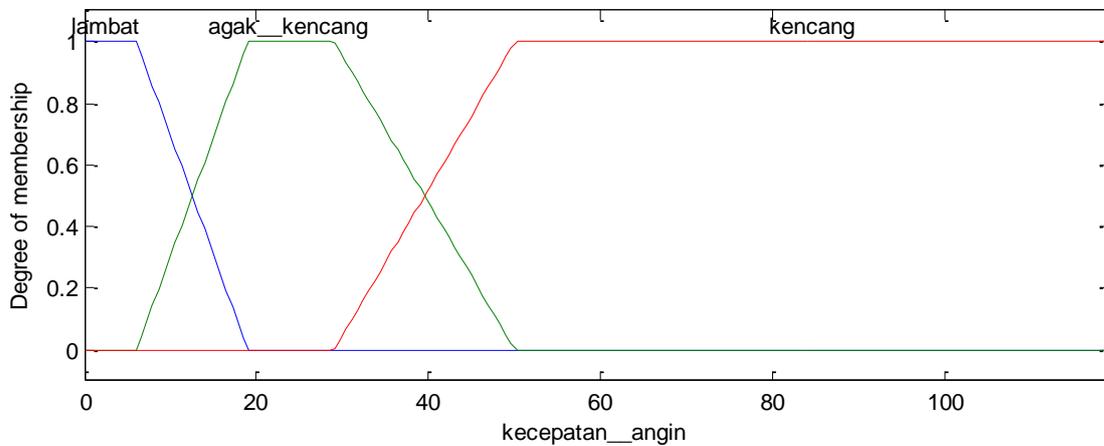
c. Kecepatan angin

Variabel kecepatan angin membentuk tiga himpunan fuzzy, yaitu: lambat, agak kencang, dan kencang. Fungsi keanggotaan dapat dilihat pada Gambar 5.

$$\mu_{\text{lambat}}(x) = \text{trapmf}(x; 0, 0, 6, 19)$$

$$\mu_{\text{agak kencang}}(x) = \text{trapmf}(x; 6, 19, 29, 50)$$

$$\mu_{\text{kencang}}(x) = \text{trapmf}(x; 29, 50, 119, 119)$$



Gambar 5. Fungsi keanggotaan variabel kecepatan angin (km/hr)

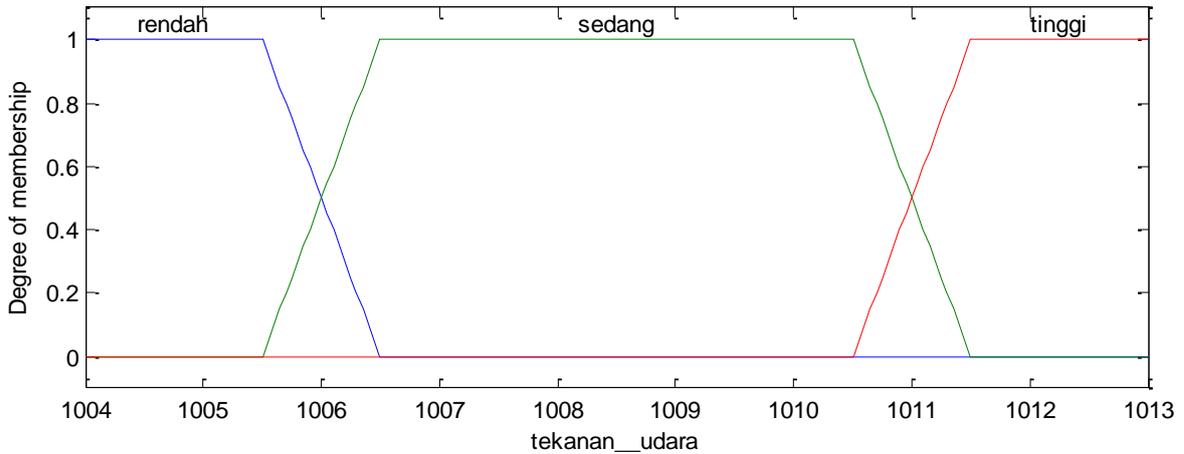
d. Tekanan udara

Variabel tekanan udara membentuk tiga himpunan fuzzy, yaitu: rendah, sedang, dan tinggi. Fungsi keanggotaan dapat dilihat pada Gambar 6.

$$\mu_{\text{rendah}}(x) = \text{trapmf}(x; 1004, 1004, 1015,5, 1006,5)$$

$$\mu_{\text{sedang}}(x) = \text{trapmf}(x; 1005,5, 1006,5, 1010,5, 1011,5)$$

$$\mu_{\text{tinggi}}(x) = \text{trapmf}(x; 1010,5, 1011,5, 1013, 1013)$$

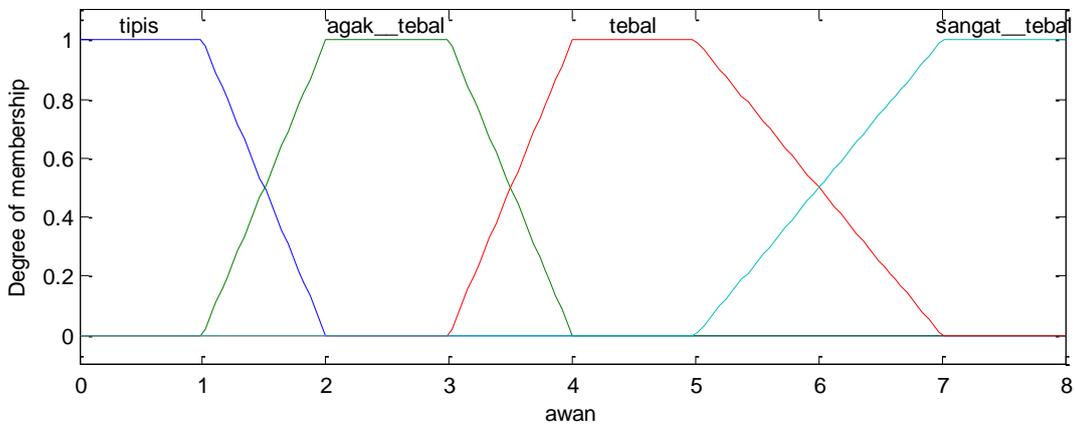


Gambar 6. Fungsi keanggotaan variabel tekanan udara (hPa)

e. Total lapisan awan

Variabel total lapisan awan membentuk tiga himpunan fuzzy, yaitu: tipis, agak tebal, dan tebal. Fungsi keanggotaan dapat dilihat pada Gambar 7.

$$\begin{aligned} \mu_{\text{tipis}}(x) &= \text{trapmf}(x; 0, 0, 1, 2) \\ \mu_{\text{agak tebal}}(x) &= \text{trapmf}(x; 1, 2, 3, 4) \\ \mu_{\text{tebal}}(x) &= \text{trapmf}(x; 3, 4, 5, 7) \\ \mu_{\text{sangat tebal}}(x) &= \text{trapmf}(x; 5, 7, 8, 8) \end{aligned}$$

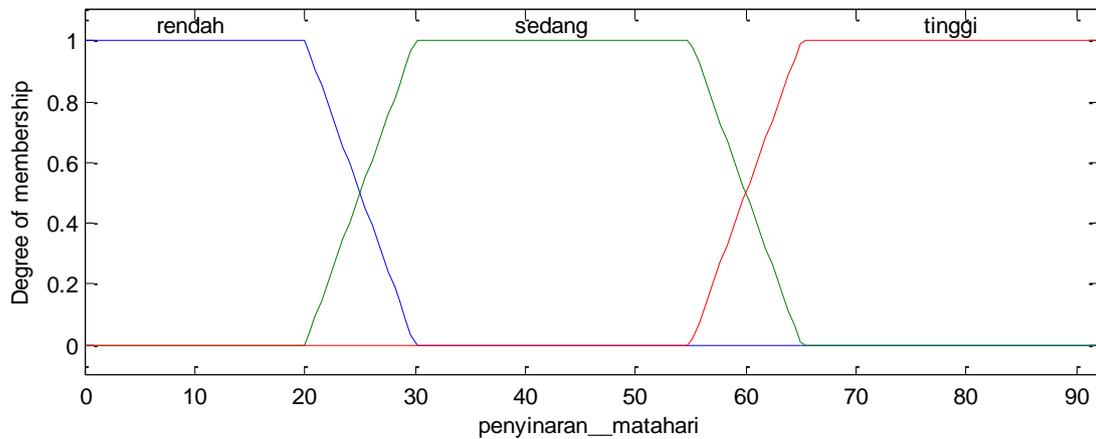


Gambar 7. Fungsi keanggotaan variabel total lapisan awan

f. Lama penyinaran matahari

Variabel lama penyinaran matahari membentuk tiga himpunan fuzzy, yaitu: rendah, sedang, dan tinggi. Fungsi keanggotaan dapat dilihat pada Gambar 8.

$$\begin{aligned} \mu_{\text{rendah}}(x) &= \text{trapmf}(x; 0, 0, 20, 30) \\ \mu_{\text{sedang}}(x) &= \text{trapmf}(x; 20, 30, 55, 65) \\ \mu_{\text{tinggi}}(x) &= \text{trapmf}(x; 55, 65, 92, 92) \end{aligned}$$

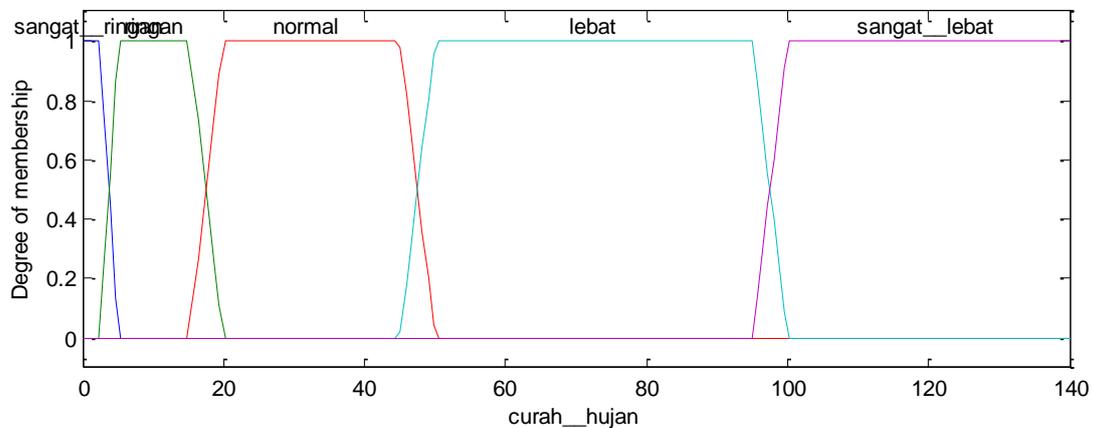


Gambar 8. Fungsi keanggotaan variabel lama penyinaran matahari (%)

g. Curah hujan

Variabel curah hujan membentuk tiga himpunan fuzzy, yaitu: ringan, normal, lebat, dan sangat lebat. Fungsi keanggotaan dapat dilihat pada Gambar 9.

$$\begin{aligned} \mu_{\text{sangat ringan}}(x) &= \text{trapmf}(x; 0, 0, 2,5, 5) \\ \mu_{\text{ringan}}(x) &= \text{trapmf}(x; 2,5, 5, 15, 20) \\ \mu_{\text{normal}}(x) &= \text{trapmf}(x; 15, 20, 45, 50) \\ \mu_{\text{lebat}}(x) &= \text{trapmf}(x; 45, 50, 95, 100) \\ \mu_{\text{sangat lebat}}(x) &= \text{trapmf}(x; 95, 100, 140, 140) \end{aligned}$$



Gambar 9. Fungsi keanggotaan variabel curah hujan (mm)

Aplikasi fungsi implikasi

Tahapan berikutnya adalah mengkombinasikan semua variabel input dengan menerapkan t-norm. T-norm (fungsi implikasi) adalah operasi irisan himpunan fuzzy. Dalam penelitian ini digunakan penghubung AND. Berikut salah satu contoh penerapan t-norm:

- Variabel input suhu udara: $\mu_{\text{normal}}(25,5) = 0,25$
- Variabel input kelembaban relatif: $\mu_{\text{basah}}(90) = 0,6$
- Variabel input kecepatan angin: $\mu_{\text{agak kencang}}(26) = 1$
- Variabel input tekanan udara: $\mu_{\text{rendah}}(1008) = 1$

Variabel input total lapisan awan: $\mu_{\text{sangat tebal}}(6) = 0,5$
 Variabel input lama penyinaran matahari: $\mu_{\text{rendah}}(4,55) = 1$
 Nilai α -predikat = $\min(0,25; 0,6; 1; 1; 0,5; 1)$
 = 0,5

Agregasi

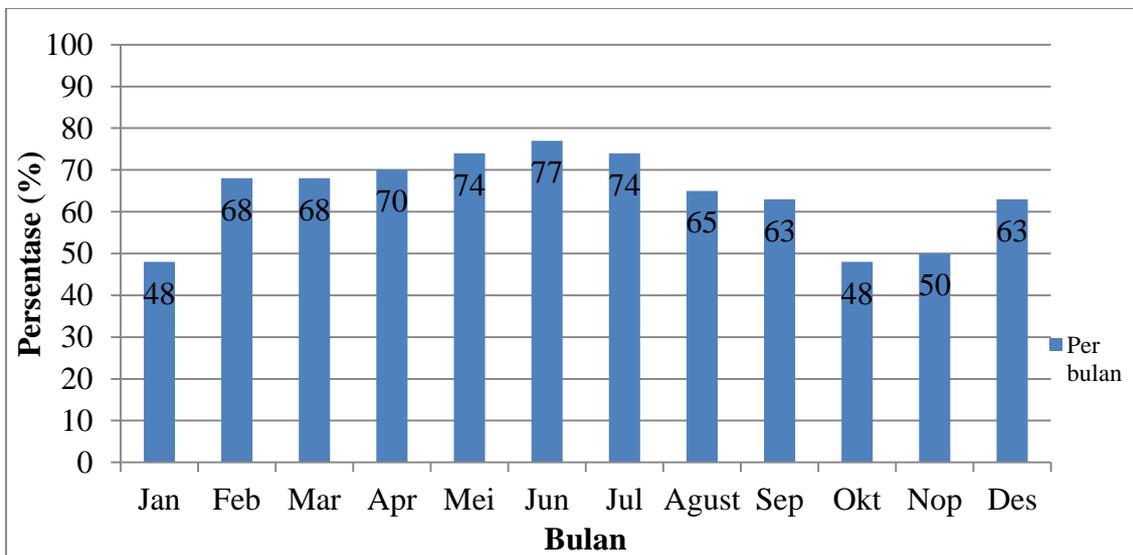
Setelah proses implikasi, berikutnya adalah proses penggabungan aturan-aturan *fuzzy* untuk mendapatkan daerah dari komposisi aturan-aturan yang digunakan. Pada Metode Mamdani, biasanya menggunakan nilai maksimum atau menggabungkan dari semua aturan yang digunakan.

Defuzzifikasi

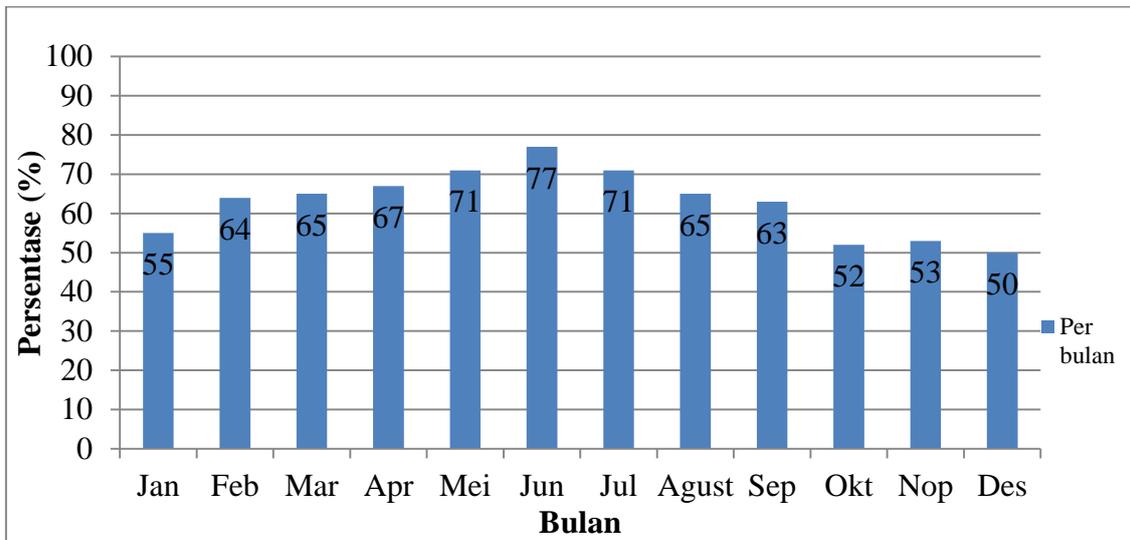
Tahapan terakhir dari prediksi hujan dengan menerapkan *Fuzzy Inference System* Tipe Mamdani, yaitu defuzzifikasi. Nilai tegas *output* diperoleh dari himpunan-himpunan fuzzy keluaran dengan menggunakan metode *centroid* pada persamaan (3).

Pengukuran kesalahan prediksi

Setelah membandingkan data aktual dengan data prediksi curah hujan, hasil tersebut diuji dengan menggunakan persamaan (4). Hasil akurasi per bulan untuk curah hujan ditunjukkan pada Gambar 10 dan kejadian hujan ditunjukkan pada Gambar 11.



Gambar 11. Hasil verifikasi prediksi curah hujan per bulan



Gambar 12. Hasil verifikasi prediksi kejadian hujan per bulan

Setelah dilakukan pengukuran hasil prediksi menggunakan *Mean Square Error* per bulan, kemudian dipersentasekan secara keseluruhan tingkat keakuratan prediksi didapat untuk prediksi curah hujan pada musim hujan adalah 60 % dan kejadian hujan adalah 59 %, sedangkan pada musim kemarau untuk prediksi curah hujan adalah 72 % dan kejadian hujan adalah 71 %.

SIMPULAN DAN SARAN

Simpulan

Dengan menggunakan logika fuzzy metode mamdani di dapat hasil sebagai berikut:

1. Hasil verifikasi prediksi curah hujan rata-rata menggunakan *Mean Square Error* adalah 66 % dengan nilai akurasi tertinggi pada bulan adalah Juni 77%.
2. Untuk hasil verifikasi prediksi kejadian hujan memiliki rata-rata adalah 65 % dengan nilai akurasi tertinggi pada bulan Juni adalah 77 %.

Saran

1. Prediksi curah hujan dengan menggunakan logika fuzzy yang dilakukan pada penelitian ini belum optimal sehingga dapat dilakukan penelitian lanjutan untuk mendapatkan hasil prediksi yang memiliki akurasi tinggi.
2. Kelemahan mendasar dari logika fuzzy dalam pembuatan basis aturan yang mempunyai potensi terjadinya error sehingga dibutuhkan program bantu yang dapat mendukung.
3. Penelitian selanjutnya sebaiknya menggunakan data dari Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika agar semua variabel data yang digunakan bersumber dari stasiun yang sama.

DAFTAR PUSTAKA

Kirmanto, D. (2005, Agustus 6). Seminar Penyelamatan dan Pelestarian DAS Siak. *Penataan Ruang Daerah Aliran Sungai (DAS) Siak Provinsi Riau*. Pekanbaru, Riau, Indonesia: PU.

- Kusumadewi, S., & Purnomo, H.** (2004). *Aplikasi Logika Fuzzy Untuk Pendukung Keputusan*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Nasution, H.** (2012). Implementasi Logika Fuzzy pada Sistem Kecerdasan Buatan. *ELKHA*, Vol.4, No.2.
- Navianti, D. R., Usadha, I. G., & Widjajati, F. A.** (2012). Penerapan Fuzzy Inference System pada Prediksi Curah Hujan di Surabaya Utara. *Sains dan Seni ITS*, Vol.1, No.1.
- Oliver, C.** (2005). *100 Pengetahuan tentang Cuaca*. Bandung: Pakar Raya.
- Rafi'i, S.** (1995). *Meteorologi dan Klimatologi*. Bandung: Angkasa.
- Santoso, S.** (2009). *Business Forecasting Metode Peramalan Bisnis Masa Kini dengan Minitab dan SPSS*. Jakarta: Elex Media Komputindo.
- Sudiana, N., & Soewandhita, H.** (2007). Pola Konservasi Sumberdaya Air Das Siak. *Alami*, Vol. 12, No.1.
- Suprayogi, I., Fauzi, M., & Sulistyono, B.** (2013). *Membangun Riset Kolaboratif Soft Computing dan Geographic Information System (GIS) dalam Upaya Penguatan Penelitian Pada Bidang Keairan Program Pascasarjana Teknik Sipil Universitas Riau*. Pekanbaru: Universitas Riau.
- Sutojo, Mulyanto, & Suhartono, V.** (2011). *Kecerdasan Buatan*. Yogyakarta: Andi Offset.
- Watt, F., & Wilson, F.** (2004). *Cuaca dan Iklim*. Bandung: Pakar Raya.
- Wikipedia.** (2013, April 6). *Cuaca*. Dipetik Juni 13, 2013, dari Wikipedia: <http://id.wikipedia.org/wiki/Cuaca>