

## SISTEM PERAMALAN CUACA DENGAN *FUZZY* MAMDANI (Studi Kasus: Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika Lasiana)

Immanuel Here Wele<sup>1</sup>, Nelci Dessy Rumlaklak<sup>2</sup> dan Meiton Boru<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup> Program Studi Ilmu Komputer, Fakultas Sains dan Teknik, Universitas Nusa Cendana

<sup>2</sup>email: [dessyrumlaklak@staf.undana.ac.id](mailto:dessyrumlaklak@staf.undana.ac.id)

<sup>3</sup>email: [meitonboru@staf.undana.ac.id](mailto:meitonboru@staf.undana.ac.id)

### ABSTRAK

Cuaca merupakan salah satu bagian dari keseharian manusia. Banyak orang yang menggantungkan hidupnya pada keadaan cuaca untuk melakukan setiap kegiatannya. Oleh karena itu dengan diketahuinya peramalan cuaca akan memberikan pertimbangan kepada masyarakat untuk dapat melakukan berbagai aktifitas kehidupan manusia seperti pada bidang penerbangan, pelayaran, pertanian, industri olahan dan lain sebagainya yang bergantung pada kondisi cuaca. Untuk itu pihak BMKG Indonesia setiap harinya bertugas untuk memberikan informasi prakiraan cuaca berdasarkan data-data meteorologi yang ada dengan menggunakan perhitungan yang rumit. Penelitian ini bertujuan membangun suatu sistem yang akan menjadi alternatif bagi pihak BMKG dalam meramalkan cuaca menggunakan logika *fuzzy* berdasarkan empat kriteria pendukung yaitu suhu udara, kelembaban udara, kecepatan angin dan tekanan udara. Dalam melakukan prakiraan cuaca menggunakan *fuzzy* mamdani terdapat beberapa langkah yaitu menentukan himpunan *fuzzy*, Aplikasi fungsi implikasi menggunakan fungsi *MIN*, komposisi aturan menggunakan fungsi *MAX*, dan yang terakhir proses *defuzzifikasi* menggunakan metode *MOM*. Sistem ini akan menghasilkan hasil prakiraan cuaca berdasarkan data suhu udara, kelembaban udara, kecepatan angin dan tekanan udara yang telah dimasukan pengguna sistem dengan menunjukan tingkat keanggotaan dari hasil prediksi. Berdasarkan pengujian yang telah dilakukan disimpulkan bahwa sistem yang dibangun menggunakan *fuzzy* mamdani dapat melakukan prakiraan cuaca dengan baik dengan tingkat akurasi sistem 61,062 % menggunakan data cuaca perhari sebanyak 1826 data pada tahun 2013-2017, dengan tingkat akurasi terendah terdapat pada tahun 2015 dengan tingkat akurasi 54,247 % dan akurasi tertinggi pada tahun 2017 sebesar 65,207 %.

Kata kunci: logika *fuzzy*, *fuzzy* Mamdani, prakiraan cuaca.

### ABSTRACT

The weather is one part of human daily life. Many people who depend their lives on the weather to do every activity. Therefore, knowing the weather forecasting will give consideration to the community to be able to carry out various activities of human life such as in the field of aviation, shipping, agriculture, processed industries and others that depend on weather conditions. For this reason, the Indonesian BMKG has the duty to provide weather forecast information based on existing meteorological data using complex calculations. This study aims to build a system that will be an alternative for BMKG in forecasting weather using fuzzy based on four supporting criteria, namely air temperature, humidity, wind speed and air pressure. In doing weather forecasts using Mamdani fuzzy there are several steps, namely determining the fuzzy set, the application of the implication function using the *MIN* function, the composition of the rules using the *MAX* function, and finally the defuzzification process using the *MOM* method. This system will produce weather forecast results based on data on air temperature, air humidity, wind speed and air pressure that have been entered by the system user by showing the membership level of the predicted results. Based on testing that has been done, it is concluded that the system built using Mamdani fuzzy can do a good weather forecast with a system accuracy rate of 61,062% using daily weather data as many as 1826 data in 2013-2017, with the lowest accuracy level found in 2015 with an accuracy rate of 54,247 % and highest accuracy in 2017 amounted to 65.207%.

Keywords: fuzzy logic, fuzzy Mamdani, weather forecast

### 1. PENDAHULUAN

Cuaca merupakan salah satu bagian dari keseharian manusia. Banyak orang yang menggantungkan hidupnya pada keadaan cuaca untuk melakukan setiap kegiatannya. Pada saat peralihan dari musim hujan ke kemarau atau sebaliknya, cuaca sangat sulit diperkirakan sehingga terkadang membuat kegiatan manusia seringkali terhambat seperti dalam melakukan perencanaan penerbangan, pelayaran dan lain sebagainya yang bergantung pada kondisi cuaca.

Untuk itu setiap harinya BMKG Indonesia sebagai lembaga yang bergerak dalam bidang Meteorologi, Klimatologi, Kualitas udara dan Geofisika bertugas untuk memberikan informasi mengenai prakiraan cuaca di Indonesia berdasarkan data-data meteorologi yang ada. Namun saat ini sangat sulit untuk meramalkan cuaca dengan metode peramalan yang sederhana dengan cepat karena perubahan iklim global mengakibatkan fenomena atmosfer sangat cepat berganti yang akan membuat pergantian musim menjadi tidak teratur dan pada dasarnya Indonesia mempunyai kompleksitas dalam fenomena cuaca dan iklim.

Oleh karena itu dengan semakin majunya ilmu pengetahuan dan teknologi untuk mempermudah dilakukannya peramalan cuaca berdasarkan data meteorologi, maka akan dibuat suatu metode untuk memprediksi kondisi cuaca lebih dini menggunakan data yang ada pada BMKG, yaitu dengan membangun suatu sistem yang akan menjadi alternatif lain bagi pihak BMKG dalam meramalkan cuaca menggunakan prinsip logika *fuzzy* dengan berdasarkan pada empat kriteria pendukung yaitu suhu udara, kelembaban udara, kecepatan angin dan tekanan udara.

Logika *fuzzy* pada sistem pendukung keputusan merupakan sistem pendukung keputusan antara manusia dan komputer untuk mendukung keputusan manajerial, dan intuisi untuk memecahkan masalah manajerial dengan memberikan informasi yang diperlukan, menghasilkan, mengevaluasi dan memberikan keputusan alternative [1]. *Fuzzy mamdani* digunakan dalam penelitian ini karena memiliki kemampuan dalam menangani penentuan prediksi kejadian hujan berdasarkan data *input* karena metode mamdani dapat mendeskripsikan pendapat pakar secara lebih “*human-manner*” atau lebih mudah dimengerti oleh para awam daripada metode yang lain [2].

## 2. MATERI DAN METODE

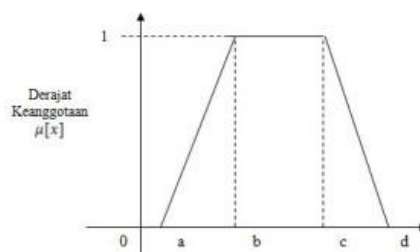
### Teori Himpunan *Fuzzy*

Pada akhir abad ke-19 hingga abad ke-20, teori probabilitas memegang peranan penting untuk penyelesaian masalah ketidakpastian. Zadeh memperkenalkan teori himpunan *fuzzy*, yang secara tidak langsung mengisyaratkan bahwa tidak hanya teori probabilitas saja yang dapat digunakan untuk merepresentasikan masalah ketidakpastian [3]. Namun demikian, teori himpunan *fuzzy* bukanlah pengganti dari teori probabilitas. Pada teori himpunan *fuzzy*, komponen utama yang sangat berpengaruh adalah fungsi keanggotaan. Fungsi keanggotaan merepresentasikan derajat kedekatan suatu objek terhadap atribut tertentu, sedangkan teori probabilitas lebih pada penggunaan frekuensi relatif [4]. Teori himpunan *fuzzy* merupakan kerangka matematis yang digunakan untuk merepresentasikan ketidakpastian, ketidakjelasan, ketidaktepatan, kekurangan informasi, dan kebenaran parsial [5].

### Fungsi Keanggotaan

Fungsi keanggotaan (*membership function*) adalah suatu kurva yang menunjukkan pemetaan titik-titik *input* data ke dalam nilai keanggotaannya (sering juga disebut dengan derajat keanggotaan) yang memiliki interval 0 sampai 1 [6].

Salah satu cara yang dapat digunakan untuk mendapatkan nilai keanggotaan adalah dengan melalui pendekatan fungsi. Ada beberapa fungsi keanggotaan yang bisa digunakan, diantaranya fungsi keanggotaan trapesium, dapat dilihat pada gambar 1.



Gambar 1. Kurva trapesium

Representasi fungsi keanggotaan untuk kurva trapesium adalah sebagai berikut:

$$(x, a, b, c, d) = \begin{cases} 1; & b \leq x \leq c \\ 0; & x \leq a, x \geq d \\ \frac{x-a}{b-a}; & a \leq x \leq b \\ \frac{d-x}{d-c}; & c \leq x \leq d \end{cases} \dots\dots\dots (1)$$

keterangan:

a = nilai *domain* terkecil yang mempunyai derajat keanggotaan nol

b = nilai *domain* terkecil yang mempunyai derajat keanggotaan satu  
c = nilai *domain* terbesar yang mempunyai derajat keanggotaan satu  
d = nilai *domain* terbesar yang mempunyai derajat keanggotaan nol  
x = nilai *input* yang akan di ubah ke dalam bilangan *fuzzy*

### Metode Mamdani

Metode Mamdani sering juga dikenal dengan nama metode *Max-Min*. metode ini diperkenalkan oleh Ebrahim Mamdani pada tahun 1975 [7]. Inferensi *output* yang dihasilkan berupa bilangan *fuzzy* maka harus ditentukan suatu nilai *crisp* tertentu sebagai *output*. Proses ini dikenal dengan *defuzzifikasi*. Untuk mendapatkan *output*, diperlukan 4 tahapan:

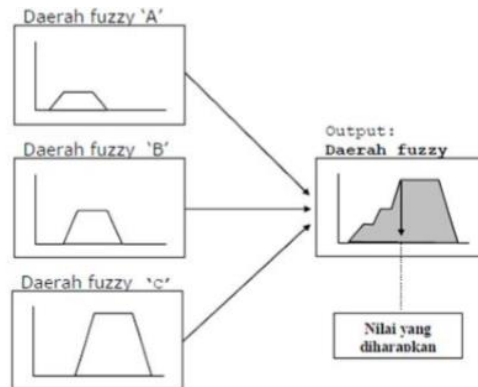
1. Pembentukan himpunan *fuzzy*  
Menentukan semua variabel yang terkait dalam proses yang akan ditentukan. Untuk masing-masing variabel *input*, tentukan suatu fungsi *fuzzifikasi* yang sesuai. Pada metode mamdani, baik variabel *input* maupun variabel *output* dibagi menjadi satu atau lebih himpunan *fuzzy*.
2. Aplikasi fungsi implikasi  
Menyusun basis aturan, yaitu aturan-aturan berupa implikasi-implikasi *fuzzy* yang menyatakan relasi antara variabel *input* dengan variabel *output*. Pada metode mamdani, fungsi implikasi yang digunakan adalah *Min*. Bentuk persamaannya seperti pada persamaan 2.  

$$\mu_{A \cap B} = \min(\mu_A[x], \mu_B[y]) \dots \dots \dots (2)$$
3. Komposisi aturan  
Apabila sistem terdiri dari beberapa aturan, maka inferensi diperoleh dari kumpulan dan kolerasi antar aturan. Ada 3 metode yang digunakan dalam melakukan inferensi sistem *fuzzy*, yaitu:
  - a. Metode *Max (Maximum)*  
Metode *Max (Maximum)* mengambil solusi himpunan *fuzzy* diperoleh dengan cara mengambil nilai maksimum aturan, kemudian menggunakannya untuk memodifikasi daerah *fuzzy*, dan mengaplikasikannya ke *output* dengan menggunakan operator *OR (union)*. Jika semua proposisi telah dievaluasi, maka *output* akan berisi suatu himpunan *fuzzy* yang merefleksikan kontribusi dari tiap-tiap proporsi. secara umum seperti pada persamaan 3.  

$$\mu_{sf}[x_i] \leftarrow \max(\mu_{sf}[x_i], \mu_{kf}[x_i]) \dots \dots \dots (3)$$
dengan:  
 $\mu_{sf}[x_i]$  = nilai keanggotaan solusi *fuzzy* sampai aturan ke-i  
 $\mu_{kf}[x_i]$  = nilai keanggotaan konsekuen *fuzzy* sampai aturan ke-i
  - b. Metode *Additive (Sum)*  
Metode *Additive (Sum)* mengambil solusi himpunan *fuzzy* diperoleh dengan cara melakukan *bounded-sum* terhadap semua *output* daerah *fuzzy*. Secara umum seperti pada persamaan 4.  

$$\mu_{sf}[x_i] \leftarrow \max(1, \mu_{sf}[x_i] + \mu_{kf}[x_i]) \dots \dots \dots (4)$$
dengan:  
 $\mu_{sf}[x_i]$  = nilai keanggotaan solusi *fuzzy* sampai aturan ke-i  
 $\mu_{kf}[x_i]$  = nilai keanggotaan konsekuen *fuzzy* sampai aturan ke-i
  - c. Metode Probabilistik *OR (probor)*  
Metode Probabilistik *OR (probor)* mengambil solusi himpunan *fuzzy* diperoleh dengan cara melakukan *product* terhadap semua *output* daerah *fuzzy*. Secara umum seperti pada persamaan 5.  

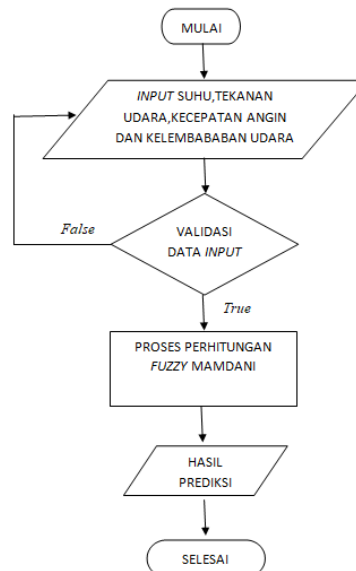
$$\mu_{sf}[x_i] \leftarrow (1, \mu_{sf}[x_i] + \mu_{kf}[x_i] - \mu_{sf}[x_i] * \mu_{kf}[x_i]) \dots \dots \dots (5)$$
dengan:  
 $\mu_{sf}[x_i]$  = nilai keanggotaan solusi *fuzzy* sampai aturan ke-i  
 $\mu_{kf}[x_i]$  = nilai keanggotaan konsekuen *fuzzy* sampai aturan ke-i
4. *Defuzzifikasi*  
*Input* dari proses penegasan adalah suatu himpunan *fuzzy* yang diperoleh dari komposisi aturan-aturan *fuzzy*, sedangkan *output* yang dihasilkan merupakan suatu bilangan *real* yang tegas. Sehingga jika diberikan suatu himpunan *fuzzy* dalam *range* tertentu sebagai *output* seperti terlihat pada gambar 2.  
Metode *defuzzifikasi* yang digunakan pada komposisi aturan mamdani adalah metode *mean of maximum (MOM)*. Pada metode *mean of maximum* solusi *crisp* diperoleh dengan cara mengambil nilai rata-rata *domain* yang memiliki nilai keanggotaan maksimum.



Gambar 2. Output defuzzifikasi

### Analisis Sistem yang Diusulkan

Sistem yang akan dibangun adalah sistem yang dapat memberikan kesimpulan terhadap hasil prakiraan cuaca, sistem yang dibangun adalah suatu aplikasi sistem pendukung keputusan untuk prakiraan cuaca dengan menerapkan logika *fuzzy* metode Mamdani. Berikut adalah *flowchart* sistem yang dapat memudahkan dalam pemrosesan data dan penelusuran yang dikerjakan oleh sistem [8].



Gambar 3. Flowchart sistem prakiraan cuaca

Pada gambar 3 awal sistem akan meminta memasukkan nilai suhu, tekanan udara, kecepatan angin, dan kelembaban udara yang nantinya akan di validasi oleh sistem, jika nilai variabel suhu udara, kelembaban udara, kecepatan angin dan tekanan udara yang dimasukkan benar maka akan dilanjutkan pada proses perhitungan *fuzzy* mamdani namun jika salah maka sistem akan mengarahkan kembali untuk memasukkan data kembali, setelah proses perhitungan dengan metode mamdani dilakukan maka hasilnya yang berupa hasil prediksi akan disimpan dalam sistem yang nantinya akan dilihat oleh *user*.

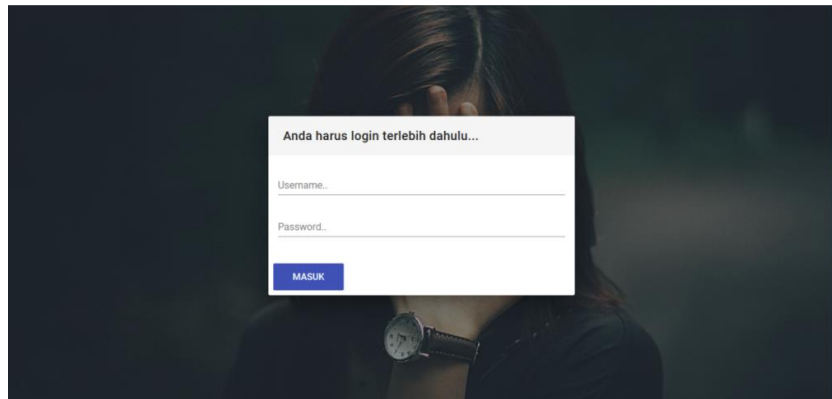
## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

### Hasil Perancangan Sistem

Hasil perancangan dari sistem pendukung keputusan menggunakan logika *fuzzy* dalam peramalan cuaca yaitu antarmuka sistem. Antarmuka digunakan untuk mempermudah komunikasi antara pengguna dengan sistem. Berikut ini perancangan antarmuka dalam sistem peramalan cuaca menggunakan logika *fuzzy*:

1. Antarmuka Halaman Awal

Pada tampilan halaman awal terdapat menu *login* sebelum masuk ke halaman utama yang terlihat pada gambar 4.



Gambar 4. Antarmuka halaman awal

### 2. Antarmuka Halaman Prediksi

Halaman ini merupakan halaman yang digunakan pengguna untuk melakukan prediksi cuaca menggunakan *fuzzy* mamdani, pada halaman ini terdapat *form* prediksi, pengguna dapat memasukkan data yang diminta untuk kebutuhan prediksi, setelah memasukkan data dan menekan tombol jalankan maka sistem akan menunjukkan hasil prediksi cuaca. Antarmuka menu prediksi dapat dilihat pada gambar 5.

A screenshot of the "Prediksi" (Prediction) menu in the Fuzz-Caster application. The page has a sidebar with navigation links: Home, Prediksi, Data per hari, Import, Rules, Testing, User, and Logout. The main content area is titled "Prediksi" and "Input data yang akan diprediksi". It features a "JALANKAN" button and a form with the following fields: "Tanggal" (01/08/2019), "Kelembapan Udara" (67), "Tekanan Udara" (1011), "Kecepatan Angin" (9), and "Suhu" (28). Each field has a small icon to its right.

Gambar 5. Antarmuka menu prediksi cuaca

### 3. Antarmuka Halaman Data Per hari

Halaman ini merupakan halaman yang digunakan pengguna untuk memasukkan data per hari, mengubah data dan menghapusnya. Data ini nantinya dapat dilakukan pengujian akurasi oleh sistem pada menu *Testing*. Antarmuka menu prediksi dapat dilihat pada gambar 6.

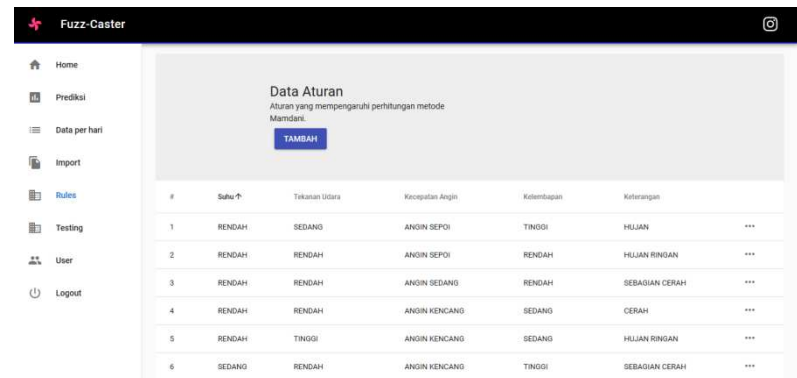
A screenshot of the "Data Cuaca" (Weather Data) page in the Fuzz-Caster application. The page has a sidebar with navigation links: Home, Prediksi, Data per hari, Import, Rules, Testing, User, and Logout. The main content area is titled "Data Cuaca" and "Menampilkan data cuaca yang tersedia dalam sistem. Anda bisa melakukan perubahan data." It features a "TAMBAH" button and a table with the following data:

#	Suhu Udara	Tekanan Udara	Kecepatan Angin	Kelembapan	Keterangan
Sunday, January 1st 2017	28	1007.1	6	85	Hujan ***
Monday, January 2nd 2017	27	1007	8	87	Hujan ***
Tuesday, January 3rd 2017	28	1008	8	82	Hujan ***
Wednesday, January 4th 2017	27	1010.4	6	84	Hujan ***
Thursday, January 5th 2017	27	1008.3	6	82	Hujan ***

Gambar 6. Antarmuka halaman data per hari

#### 4. Antarmuka Halaman *Rules*

Halaman ini merupakan halaman yang berisikan aturan-aturan yang mempengaruhi perhitungan metode *fuzzy* mamdani. Pada halaman ini pengguna dapat menambah, mengubah dan menghapus *rules*. Antarmuka menu prediksi dapat dilihat pada gambar 7.



#	Suhu	Tekanan Udara	Kecepatan Angin	Kelembaban	Keterangan
1	RENDAH	SEDANG	ANGIN SEPOI	TINGGI	Hujan
2	RENDAH	RENDAH	ANGIN SEPOI	RENDAH	Hujan Ringan
3	RENDAH	RENDAH	ANGIN SEDANG	RENDAH	Sebagian Cerah
4	RENDAH	RENDAH	ANGIN KENCANG	SEDANG	Cerah
5	RENDAH	TINGGI	ANGIN KENCANG	SEDANG	Hujan Ringan
6	SEDANG	RENDAH	ANGIN KENCANG	TINGGI	Sebagian Cerah

Gambar 7. Antarmuka halaman data aturan

### Pembahasan

Penelitian ini telah menghasilkan sebuah sistem prakiraan cuaca sesuai dengan tujuan penelitian. Berdasarkan data yang diperoleh di Badan Klimatologi Lasiana-Kupang sebanyak 1826 data cuaca per hari dan 60 data cuaca perbulan pada tahun 2013 – 2017. Telah membentuk fungsi keanggotaan dari setiap variabel yaitu suhu udara, kelembaban udara, kecepatan angin dan tekanan udara berdasarkan data cuaca perbulan dan data cuaca perhari digunakan untuk pengujian akurasi sistem. Setelah terbentuknya fungsi keanggotaan, maka dilakukan pembentukan aturan *fuzzy*, yaitu aturan aturan yang dibentuk digunakan untuk menyatakan relasi antara *input-output*.

Prediksi cuaca pada sistem ini dilakukan dengan *user* memasukan data suhu udara, kelembaban udara, kecepatan angin dan tekanan udara yang berupa angka yang nantinya akan dilakukan proses penentuan himpunan *fuzzy* berdasarkan data masukan, mengambil tingkat keanggotaan yang minimum dari variabel *input* sebagai *output* berdasarkan aturan-aturan yang sesuai dengan kondisi yang ada, komposisi aturan menggunakan fungsi *MAX* dan *defuzzifikasi*, yang setiap prosesnya akan dilakukan dalam sistem ini untuk memperoleh hasil prakiraan cuaca. Pada sistem ini juga akan menampilkan hasil pengujian data cuaca per hari yang telah dimasukan untuk menghitung akurasi sistem dengan membandingkan hasil prakiraan sistem dengan data cuaca perhari yang telah dimasukan, ketika ada hasil yang berbeda antara sistem dengan data yang ada maka sistem akan menandainya dengan kolom berwarna merah.

Adapun beberapa prediksi sistem yang memiliki hasil prediksi yang jauh dari data sebenarnya, hal ini dikarenakan perubahan iklim *global* yang mengakibatkan kondisi atmosfer sangat cepat berganti sehingga kadang membuat prakiraan cuaca sebelumnya berbeda dengan keadaannya.

### Pengujian Sistem

Pengujian ini akan membandingkan hasil dari sistem yang dibangun dengan data prakiraan cuaca pada tahun 2013-2017 yang telah ada. Pengujian juga dilakukan dengan menghitung tingkat akurasi sistem dengan menggunakan data cuaca pertahun yaitu pada tahun 2013, 2014, 2015, 2016 dan tahun 2017 yang dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1. Tingkat akurasi sistem data pertahun

Tahun	Jumlah data uji	Jumlah hasil uji sistem yang benar	Tingkat akurasi
2013	365	205	56,164 %
2014	365	236	64,658 %
2015	365	198	54,247 %
2016	366	238	65,027 %
2017	365	238	65,205 %

Pada tabel 1 dapat dilihat bahwa tingkat akurasi tertinggi terdapat pada tahun 2017 dengan tingkat akurasi sebesar 65,205 % dan akurasi terendah terdapat pada tahun 2015 dengan tingkat akurasi sebesar 54,247 %. Pengujian sistem menggunakan data perbulan pada tahun 2015 untuk melihat bulan manakah



yang memiliki perubahan iklim global terekstrim yang membuat sistem kesulitan untuk melakukan prakiraan cuaca. Hasil pengujian dapat dilihat pada tabel 2.

Tabel 2. Tingkat akurasi sistem data perbulan tahun 2015

Bulan	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Ags	Sep	Okt	Nov	Des
Tingkat akurasi (%)	83,87	32,14	9,67	70,00	22,58	73,33	83,87	100	86,66	19,35	63,33	6,45

Pada tabel 2 dapat dilihat bahwa prakiraan cuaca perbulan pada tahun 2015 yang memiliki tingkat akurasi terendah terdapat pada bulan desember sebesar 6,45 % dan pada bulan maret dengan tingkat akurasi 9,67 % yang merupakan bulan peralihan musim yang mengakibatkan sistem kesulitan untuk memprakirakan cuaca karna perubahan iklim.

#### 4. KESIMPULAN DAN SARAN

##### Kesimpulan

Berdasarkan hasil dan pembahasan yang telah dijelaskan, maka dapat disimpulkan bahwa penerapan logika fuzzy untuk sistem peramalan cuaca dengan empat variabel suhu udara, kelembaban udara, kecepatan angin dan tekanan udara menggunakan metode mamdani dapat melakukan prakiraan cuaca dengan baik dengan tingkat akurasi sistem 61,062 % untuk data cuaca per hari pada tahun 2013-2017. Pengujian sistem juga dilakukan untuk masing-masing tahun dengan tingkat akurasi terendah terdapat pada tahun 2015 sebesar 54,26 % dan tingkat akurasi tertinggi pada tahun 2017 sebesar 65,20 %.

##### Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, berikut beberapa saran untuk pengembangan lebih lanjut penerapan logika fuzzy untuk sistem peramalan cuaca yaitu:

1. menambah variabel dalam melakukan prakiraan cuaca;
2. menambah jumlah data dalam membentuk fungsi keanggotaan;
3. dapat menggunakan metode lain untuk prakiraan cuaca 2 hari kedepannya atau lebih menggunakan data cuaca hari ini.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] D. C. T. Saputro, Y. Prahasari, dan S. Y. J. Prasetyo, "Sistem pendukung keputusan pemilihan handphone berdsarkan kebutuhan konsumen menggunakan logika fuzzy", *Jurnal Teknologi Informasi – Aiti*, vol. 2 no. 1, 2005.
- [2] E. S. Puspita dan L. Y. Hartono, "Perancangan sistem peramalan cuaca berbasis logika fuzzy", *Jurnal Media Infotama*, vol. 2 no. 1, 2016.
- [3] L.A. Zadeh, "Fuzzy Sets", *Information and Control*, vol. 8 issue 3, pages 338-353, 1965.
- [4] S. Ross, *A first course in probability: Seventh Edition*, Pearson, 2009.
- [5] A. Tettamanzi dan M. Tomassini, *Soft Computing: Integrating Evalutionary, Neural and Fuzzy System*, Springer-Verlag, Berlin, 2001.
- [6] S. Kusumadewi dan H. Purnomo, *Aplikasi Logika Fuzzy untuk Pendukung Keputusan*, Yogyakarta: Graha Ilmu, 2004.
- [7] M. Abrori dan A. H. Prihamayu, "Aplikasi logika fuzzy metode mamdani dalam pengambilan keputusan penentuan jumlah produksi", *Jurnal Kaunia: Integration and Interconnection Islam and Science*, Yogyakarta, 2015.
- [8] H. M. Jogiyanto, *Analisis & Desain Sistem Informasi: pendekatan terstruktur teori dan praktek aplikasi bisnis edisi ke-2*, Yogyakarta: Andi Offset Yogyakarta, 1999.