

**APLIKASI FUZZY INFERENCE SYSTEM DENGAN METODE SUGENO
UNTUK MENGESTIMASI CURAH HUJAN**

SKRIPSI

**OLEH
WAHYU SETYO MINTARAGA
NIM. 10610078**



**JURUSAN MATEMATIKA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM
MALANG
2017**

**APLIKASI FUZZY INFERENCE SYSTEM DENGAN METODE SUGENO
UNTUK MENGESTIMASI CURAH HUJAN**

SKRIPSI

**Diajukan Kepada
Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang
untuk Memenuhi Salah Satu Persyaratan
dalam Memperoleh Gelar Sarjana Sains (S.Si)**

**Oleh
Wahyu Setyo Mintaraga
NIM. 10610078**

**JURUSAN MATEMATIKA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM
MALANG
2017**

**APLIKASI FUZZY INFERENCE SYSTEM DENGAN METODE SUGENO
UNTUK MENGESTIMASI CURAH HUJAN**

SKRIPSI

Oleh
Wahyu Setyo Mintaraga
NIM. 10610078

Telah Diperiksa dan Disetujui untuk Diuji
Tanggal 28 Desember 2016

Pembimbing I,



Ir. Nanang Widodo, M.Si
NIP. 19630201 198912 1 002

Pembimbing II,



Evawati Alisah, M.Pd
NIP. 19720604 199903 2 001

Mengetahui,
Ketua Jurusan Matematika



Dr. Abdussakir, M.Pd
NIP. 19751006 200312 1 001

**APLIKASI FUZZY INFERENCE SYSTEM DENGAN METODE SUGENO
UNTUK MENGESTIMASI CURAH HUJAN**

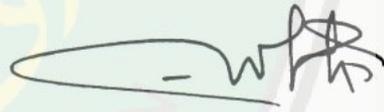
SKRIPSI

Oleh
Wahyu Setyo Mintaraga
NIM. 10610078

Telah Dipertahankan di Depan Dewan Penguji Skripsi dan
Dinyatakan Diterima sebagai Salah Satu Persyaratan
untuk Memperoleh Gelar Sarjana Sains (S.Si)

Tanggal 5 Januari 2017

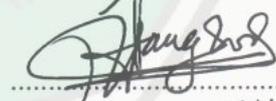
Penguji Utama : H. Wahyu H. Irawan, M.Pd



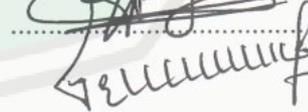
Ketua Penguji : Ari Kusumastuti, M.Pd, M.Si



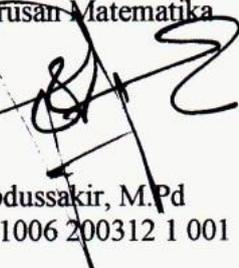
Sekretaris Penguji : Ir. Nanang Widodo, M.Si



Anggota Penguji : Evawati Alisah, M.Pd



Mengesahkan,
Ketua Jurusan Matematika



Dr. Abdussakir, M.Pd
NIP. 19751006 200312 1 001

MOTO

قُلْ إِنَّ صَلَاتِي وَنُسُكِي وَمَحْيَايَ وَمَمَاتِي لِلَّهِ رَبِّ الْعَالَمِينَ ﴿١٦٢﴾

“Katakanlah: Sesungguhnya shalatku, ibadahku, hidupku, dan matiku hanyalah untuk Allah, Tuhan semesta alam.”(QS. Al-An’am/6:162)



PERSEMBAHAN

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Skripsi ini penulis persembahkan untuk:

Ibunda tercinta Sutiyani yang selalu mendoakan

dan memberikan semangat pada penulis

Ayahanda tersayang Suprastiyono yang selalu menginspirasi

penulis dengan kegigihan dan kesabarannya

Kedua saudara tercinta Cahyo Setyo P. dan

Putri Setyo P. yang senantiasa memberikan motivasi yang tiada tara.

PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Wahyu Setyo Mintaraga
NIM : 10610078
Jurusan : Matematika
Fakultas : Sains dan Teknologi
Judul Skripsi : Aplikasi *Fuzzy Inference System* dengan Metode Sugeno
untuk Mengestimasi Curah Hujan

menyatakan dengan sebenarnya bahwa skripsi yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya sendiri, bukan merupakan pengambilan data, tulisan, atau pikiran orang lain yang saya akui sebagai hasil tulisan atau pikiran saya sendiri, kecuali dengan mencantumkan sumber cuplikan pada daftar rujukan. Apabila di kemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan skripsi ini hasil jiplakan, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Malang, 28 Desember 2016
Yang membuat pernyataan,



Wahyu Setyo Mintaraga
NIM. 10610078

KATA PENGANTAR

Segala puji bagi Allah Swt. atas rahmat, taufik serta hidayah-Nya, sehingga penulis dapat merampungkan penulisan skripsi yang berjudul “Aplikasi *Fuzzy Inference System* dengan Metode Sugeno untuk Mengestimasi Curah Hujan” ini dengan baik dan benar. Shalawat dan salam semoga senantiasa tercurahkan kepada Rasulullah Muhammad Saw yang telah menuntun umat manusia dari jaman jahiliyah menuju jaman ilmiah.

Selanjutnya penulis ucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah mengarahkan, membimbing, dan memberikan pemikirannya sehingga skripsi ini dapat diselesaikan dengan baik. Ucapan terima kasih penulis sampaikan kepada:

1. Prof. Dr. H. Mudjia Raharjo, M.Si, selaku rektor Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
2. Dr. drh. Hj. Bayyinatul Muchtaromah, M.Si, selaku dekan Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
3. Dr. Abdussakir, M.Pd, selaku ketua Jurusan Matematika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
4. Ir. Nanang Widodo, M.Si, selaku dosen pembimbing yang telah meluangkan waktunya untuk memberikan bimbingan dan arahan yang terbaik selama penyelesaian skripsi ini.
5. Evawati Alissah, M.Pd, selaku dosen pembimbing keagamaan yang telah memberikan saran dan bimbingan yang terbaik selama penulisan skripsi ini.
6. Abdul Aziz, M.Si, selaku dosen wali.

7. Seluruh dosen Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang dan seluruh staf serta karyawan.
8. Kedua orang tua penulis, bapak Suprastiyono dan ibu Sutiyani yang telah memberikan segala yang terbaik untuk penulis.
9. Teman-teman mahasiswa Jurusan Matematika angkatan 2010.
10. Semua pihak yang tidak mungkin penulis sebut satu persatu, penulis ucapkan terima kasih atas bantuannya.

Semoga skripsi ini bermanfaat dan dapat menambah wawasan keilmuan khususnya bidang matematika. Amin.

Malang, Desember 2016

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	
HALAMAN PENGAJUAN	
HALAMAN PERSETUJUAN	
HALAMAN PENGESAHAN	
HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN	
HALAMAN MOTO	
HALAMAN PERSEMBAHAN	
KATA PENGANTAR	viii
DAFTAR ISI	x
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR	xiii
ABSTRAK	xiv
ABSTRACT	xv
ملخص	xvi
 BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Tujuan Penelitian	4
1.4 Batasan Masalah	5
1.5 Manfaat Penelitian	5
1.6 Sistematika Penulisan	6
 BAB II KAJIAN PUSTAKA	
2.1 Logika <i>Fuzzy</i>	8
2.3 Konsep Himpunan <i>Fuzzy</i>	10
2.3 Fungsi Keanggotaan	12
2.4 <i>Fuzzy Inference System</i>	19
2.5 Logika <i>Fuzzy</i> dalam Pengambilan Keputusan	23
2.6 Ketepatan Metode Peramalan	26
2.7 Cuaca dan Iklim	27
2.8 Curah Hujan	30
2.9 Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Curah Hujan	31
2.10 Curah Hujan dalam Islam	32

BAB III METODE PENELITIAN

3.1 Sumber Data	35
3.2 Metode Pengumpulan Data	35
3.3 Pendekatan Penelitian	35
3.4 <i>Flowchart</i> Penelitian	36

BAB IV PEMBAHASAN

4.1 Metode Sugeno dalam Mengestimasi Curah Hujan	38
4.2 Contoh Kasus Metode Sugeno dalam Mengestimasi Curah Hujan	49
4.3 Metode Sugeno untuk Mengestimasi Curah Hujan dalam Islam	59

BAB V PENUTUP

5.1 Kesimpulan	60
5.2 Saran	61

DAFTAR RUJUKAN	62
-----------------------------	----

LAMPIRAN-LAMPIRAN

RIWAYAT HIDUP

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Semesta Pembicaraan untuk Setiap Variabel <i>Fuzzy</i>	35
Tabel 4.1 Data Curah Hujan Jawa Timur Tahun 2010 - 2013.....	38
Tabel 4.2 Semesta Pembicaraan untuk Setiap Variabel <i>Fuzzy</i>	40
Tabel 4.3 Himpunan <i>Fuzzy</i> Temperatur	41
Tabel 4.4 Himpunan <i>Fuzzy</i> Kelembaban	41
Tabel 4.5 Himpunan <i>Fuzzy</i> Tekanan Udara	41
Tabel 4.6 Himpunan <i>Fuzzy</i> Curah Hujan	42
Tabel 4.7 Fungsi Implikasi	47
Tabel 4.8 Hasil dari Hitungan FIS dan MSE	57

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Himpunan Lambat, Cepat, dan Sangat Cepat	9
Gambar 2.2 Himpunan <i>Fuzzy</i> untuk Kecepatan	10
Gambar 2.3 Representasi <i>Linear</i> Naik	13
Gambar 2.4 Representasi <i>Linear</i> Turun	14
Gambar 2.5 Representasi Kurva Segitiga	15
Gambar 2.6 Representasi Kurva Trapesium	16
Gambar 2.7 Representasi Kurva Bahu	17
Gambar 2.8 Struktur Dasar Suatu Sistem Inferensi <i>Fuzzy</i>	20
Gambar 3.1 <i>Flowchart</i> Penelitian	36
Gambar 4.1 Variabel Temperatur	42
Gambar 4.2 Variabel Kelembaban	43
Gambar 4.3 Variabel Tekanan Udara	45
Gambar 4.4 Variabel Curah Hujan	46
Gambar 4.5 Contoh Kasus Variabel Temperatur	50
Gambar 4.6 Contoh Kasus Variabel Kelembaban	51
Gambar 4.7 Contoh Kasus Variabel Tekanan Udara	52

ABSTRAK

Mintaraga, Wahyu Setyo. 2016. **Aplikasi *Fuzzy Inference System* dengan Metode Sugeno untuk Mengestimasi Curah Hujan**. Skripsi. Jurusan Matematika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang. Pembimbing: (I) Ir. Nanang Widodo, M.Si. (II) Evawati Alisah, M.Pd.

Kata Kunci: Curah Hujan, *Fuzzy Inference System* Metode Sugeno

Secara geografis Indonesia berada di sekitar garis ekuator, sehingga Indonesia memiliki iklim tropis yang terdiri dari musim hujan dan musim kemarau. Banyak faktor yang menentukan turunnya hujan seperti temperatur, kelembaban udara, kecepatan angin dan tekanan udara. Dalam mempelajari fenomena curah hujan ini juga dapat dihubungkan dengan berbagai ilmu sains salah satunya adalah matematika logika *fuzzy*. Penelitian ini berupaya menerapkan logika fuzzy untuk mengestimasi curah hujan. Sumber data yang dianalisis adalah data dengan parameter kelembaban, temperatur, dan tekanan udara di LAPAN BPAA PASURUAN.

Di dalam Logika *fuzzy* terdapat *Fuzzy Inference System*. Metode yang digunakan adalah Metode Sugeno yang memiliki empat tahapan dalam penggunaannya, yaitu 1. *Fuzzifikasi*, 2. aplikasi fungsi implikasi menggunakan fungsi MIN (minimum), 3. komposisi aturan menggunakan fungsi MAX (maksimum) dan 4. *defuzzifikasi* menggunakan metode perhitungan rata-rata terbobot (*Weight Average*). Dalam penelitian ini didapat hasil bahwa metode sugeno kurang sesuai untuk mengestimasi curah hujan. Hal ini dikarenakan dari sebanyak 47 data hanya memiliki 11 data yang sesuai dengan data sebenarnya, maka persentase kesalahan *Fuzzy Inference System* dengan metode sugeno sebesar 77%. Hal tersebut dikarenakan hasil perhitungan *Fuzzy Inference System* memiliki selisih yang cukup besar dengan data aktual meskipun memiliki MSE yang relative kecil. Diharapkan pada penelitian berikutnya menggunakan model deret waktu seperti *Exponential Smoothing* atau mengembangkan penelitian ini menggunakan ANFIS (*Addaptive Neuro Fuzzy Inference System*) untuk hasil yang lebih baik.

ABSTRACT

Mintaraga, Wahyu Setyo. 2016. **The Applications of Fuzzy Inference System Sugeno Method for Estimating Rainfall**. Thesis. Department of Mathematics, Faculty of Science and Technology, State Islamic University of Maulana Malik Ibrahim Malang. Advisor: (I) Ir. Nanang Widodo, M.Si. (II) Evawati Alisah, M.Pd.

Keywords: Rainfall, *Fuzzy Inference System* Sugeno method

Geographically, Indonesia is located around the equator, so that Indonesia has a tropical climate which is composed of the rainy season and dry season. There are many factors that determine rainfall such as air temperature, humidity, wind speed, and air pressure. The study of rainfall phenomenon can also be connected with a variety of science one of which is the of fuzzy logic. This study is to apply fuzzy logic to estimate rainfall. The analyzed source data is the data with parameters of temperature, humidity, and air pressure in LAPAN BPAA PASURUAN.

In fuzzy logic there is Fuzzy Inference System. The method used is the Sugeno method that has four stages in its use, namely 1. Fuzzification, 2. The application of implication function using MIN (minimum) function, 3. Setting MAX (maximum) function as the composition rule, and 4. defuzzification using weighted average calculation (Weight Average) method. In this study we got the result that the Sugeno method is less suitable for estimating rainfall. This is because from the data 47 there are only 11 data in accordance with the actual data, the percentage of Fuzzy Inference System errors with Sugeno method is 77%. That is because the calculation results of Fuzzy Inference System has a considerable margin with actual data despite having a relatively small MSE. It is expected in the next research to use time series models such as exponential smoothing or develop this study using ANFIS (Addaptive Neuro Fuzzy Inference System) for better results.

ملخص

مينتاراغا, واحيوسيتيو. ٢٠١٦. تطبيقات الجبهة Fuzzy Inference System طريقة Sugeno لتقدير الأمطار. بحث جامعي. شعبة الرياضيات، كلية العلوم والتكنولوجيا، الجامعة الإسلامية الحكومية مولانا مالك إبراهيم مالانج. المشرف: (١) مهندس. نانا ويدود الماجستير (٢) ايفاواتي أليشة الماجستير.

الكلمات الرئيسية: هطول الأمطار، Sugeno Fuzzy Inference System طريقة

جغرافيا، تقع اندونيسيا حول خط الاستواء، بحيث ديه إندونيسيا المناخ الاستوائي الذي يتكون من موسم الأمطار وموسم الجفاف. في العلم العديد من العوامل التي تحدد الأمطار مثل درجة حرارة الهواء والرطوبة وسرعة الرياح والضغط الجوي. في دراسة ظاهرة هطول الأمطار يمكن أيضا أن تكون متصلا مع مجموعة متنوعة من العلوم واحدة منها هي الرياضيات من المنطق الضبابي. وتسعى هذه الدراسة إلى تطبيق المنطق الضبابي لتقدير هطول الأمطار. مصدر البيانات هو البيانات التي المعلمات من درجة الحرارة والرطوبة والضغط الجوي LAPAN PASURUAN BPAA.

في المنطق الضبابي هي Fuzzy Inference System الطريقة المستخدمة هي طريقة Sugeno التي لديها أربعة مراحل في استخدامه، وهما ١. fuzzification. ٢. وظيفة ضمنا التطبيق باستخدام وظيفة MIN (الحد الأدنى). ٣. القاعدة تكوين باستخدام وظيفة MAX (كحد أقصى). ٤. defuzzification باستخدام حساب المتوسط المرجح (وزن متوسط). في هذه الدراسة حصلنا على نتيجة أن طريقة Sugeno هو أقل ملاءمة لتقدير هطول الأمطار. وذلك لأن البيانات من ما يصل الى ٤٧ لديها ١١ البيانات فقط وفقا للبيانات الفعلية، والنسبة المئوية للجبهة الإسلامية للإنقاذ الأخطاء (ضبابي نظام الاستدلال) مع طريقة Sugeno من ٧٧٪. وذلك لأن حساب النتائج Fuzzy Inference System ديه هامش كبير مع البيانات الفعلية على الرغم من وجود MSE صغير نسبيا. المتوقع في البحث القادم باستخدام نماذج سلسلة الوقت مثل Addaptive Neuro Fuzzy exponential smoothing أو تطوير هذه الدراسة باستخدام Inference System للحصول على أفضل نتائج.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Bumi merupakan satu-satunya planet dalam tata surya yang dapat dihuni oleh berbagai jenis makhluk hidup termasuk manusia. Bumi diselubungi oleh lapisan udara, lapisan udara inilah yang disebut sebagai atmosfer. Atmosfer mempunyai peranan penting bagi kehidupan di bumi, diantaranya: atmosfer melindungi kehidupan bumi dari sinar matahari yang berlebihan, melindungi dari batu meteor-meteor yang hendak jatuh ke bumi dan atmosfer juga mempunyai peranan mengatur keseimbangan suhu agar tidak terlalu panas pada siang hari dan tidak terlalu dingin pada malam hari.

Selain itu, atmosfer memiliki beberapa lapisan yaitu: troposfer, stratosfer, mesosfer, dan termosfer. Masing-masing lapisan ini memiliki ciri dan fungsi yang berbeda-beda. Dari beberapa lapisan tersebut, troposfer dan stratosfer merupakan lapisan terbawah dalam atmosfer. Sehingga, kedua lapisan ini dianggap sebagai lapisan atmosfer yang paling penting karena berhubungan langsung dengan permukaan bumi yang merupakan habitat dari berbagai jenis makhluk hidup termasuk manusia.

Troposfer adalah lapisan atmosfer yang paling bawah berarti bisa dikatakan lapisan yang paling dekat dengan bumi karena lapisan ini terletak pada ketinggian sekitar 0-18 *Km* di atas permukaan bumi. Karena lapisan ini merupakan lapisan yang paling dekat dengan bumi maka di lapisan troposfer gejala cuaca seperti awan, petir, topan, badai, dan hujan terjadi (Wisesa, 2010).

Secara geografis Indonesia berada di sekitar garis ekuator, sehingga Indonesia memiliki iklim tropis yang terdiri dari musim hujan dan musim kemarau. Letak Indonesia yang diapit oleh dua samudra yang luas membuat pengaruh terhadap iklim di Indonesia. Iklim di Indonesia dipengaruhi pula oleh angin muson yang bertiup setiap enam bulan sekali dan selalu berganti-ganti arah. Adanya perubahan arah angin muson ini mengakibatkan kondisi iklim di Indonesia terbagi menjadi dua musim setiap tahunnya, yaitu musim kemarau dan musim penghujan.

Hal ini juga dijelaskan di dalam al-Quran, yaitu terdapat di surat ar-Rum ayat 48:

اللَّهُ الَّذِي يُرْسِلُ الرِّيحَ فَتُثِيرُ سَحَابًا فَيَبْسُطُهُ فِي السَّمَاءِ كَيْفَ يَشَاءُ وَيَجْعَلُهُ كِسْفًا فَتَرَى
الْوَدْقَ سَخِرَاجٍ مِّنْ خِلَالِهِ ۖ فَإِذَا أَصَابَ بِهِ مَن يَشَاءُ مِنْ عِبَادِهِ إِذَا هُمْ يَسْتَبْشِرُونَ ﴿٤٨﴾

“Dialah Allah Yang mengirimkan angin, lalu angin itu menggerakkan awan dan Allah membentangkannya di langit menurut yang dikehendakiNya, dan menja dikannya bergumpal-gumpal, lalu kamu lihat air hujan keluar dari celah-celahnya; maka, apabila hujan itu turun mengenai hamba-hambaNya yang dikehendakiNya, tiba-tiba mereka menjadi gembira” (QS. ar-Rum/30:48).

Ayat tersebut menjelaskan tentang proses terjadinya hujan, yang mana angin menjadi faktor utama turunnya hujan. Dalam ilmu pengetahuan banyak faktor yang menentukan turunnya hujan seperti temperatur, kelembaban udara, kecepatan angin, dan tekanan udara. Ayat tersebut dapat dihubungkan dengan ilmu matematika untuk menentukan curah hujan.

Fenomena curah hujan ini juga dapat dihubungkan dengan berbagai ilmu sains salah satunya adalah matematika. Hal ini terlihat dari pengertian matematika secara istilah yang berasal dari bahasa Yunani *mathematica*, yang mempunyai akar *mathema* (pengetahuan atau ilmu) dan *mathanein* (belajar atau berpikir). Dari

beberapa konsep matematika yang sangat mendasar, terdapat suatu konsep yaitu mengenai logika. Logika adalah ilmu yang mempelajari secara sistematis kaidah-kaidah penalaran yang absah (valid).

Pada konsep logika terdapat 2 konsep logika, yaitu logika tegas dan logika kabur. Logika tegas hanya mengenal dua keadaan yaitu: ya atau tidak, *on* atau *off*, *high* atau *low*, dan 1 atau 0. Logika semacam ini disebut dengan logika himpunan tegas. Sedangkan logika kabur adalah logika yang menggunakan konsep sifat kesamaran. Sehingga logika kabur adalah logika dengan tak hingga banyak nilai kebenaran yang dinyatakan dalam bilangan *real* dalam selang $[0, 1]$ (Susilo, 2006:135).

Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika (BMKG) yang bertugas sebagai pengamat cuaca selama ini mampu memprediksi cuaca melalui metode konvensional baik dengan metode statistik maupun dinamik secara matematis. Selain metode matematis, yang saat ini sedang berkembang adalah metode berbasis kepakaran. Metode berbasis kepakaran yang dapat digunakan untuk menganalisa data atmosfer selain jaringan syaraf tiruan dan kemudian digunakan untuk memprediksinya dikenal dengan istilah logika *fuzzy* (Sari, 2015).

Kelebihan menggunakan metode logika *fuzzy* ialah konsep logika *fuzzy* mudah dimengerti, konsep matematis yang mendasari penalaran *fuzzy* sangat sederhana dan mudah dimengerti. Logika *fuzzy* sangat fleksibel dan memiliki toleransi terhadap data-data yang tidak tepat. Logika *fuzzy* juga mampu memodelkan fungsi-fungsi *nonlinear* yang sangat kompleks dan dapat membangun serta mengaplikasikan pengalaman-pengalaman para pakar secara langsung tanpa harus melalui proses pelatihan.

Pada logika *fuzzy* terdapat tiga metode yaitu metode Mamdani, Sugeno, dan Tsukamoto. Pada metode Sugeno penalarannya hampir sama dengan metode Mamdani, akan tetapi output pada metode Sugeno tidak berupa himpunan *fuzzy* melainkan konstanta atau persamaan *linear*. Selain itu banyak penelitian yang mengatakan metode Sugeno lebih baik dari pada metode Mamdani. Hal ini dibuktikan pada penelitian Fazri Zufa (2012) tentang memprediksi laju inflasi dengan menggunakan perbandingan metode Sugeno dan metode Mamdani . Pada penelitian ini hasil yang diinginkan berupa konstanta agar dapat melihat hasil prediksi curah hujan. Berdasarkan uraian dan kelebihan metode tersebut dalam penyusunan skripsi ini penulis mengambil judul “*Aplikasi Fuzzy Inference System dengan Metode Sugeno untuk Mengestimasi Curah Hujan*”.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan dari latar belakang tersebut, maka rumusan masalah penelitian adalah bagaimana mengaplikasikan *Fuzzy Inference System* dengan metode Sugeno pada parameter kelembaban, temperatur, dan tekanan udara untuk mengestimasi curah hujan pada data LAPAN BPAA PASURUAN ?

1.3 Tujuan Masalah

Berdasarkan dari rumusan masalah tersebut, maka tujuan penelitian adalah mengetahui pengaplikasian *Fuzzy Inference System* dengan metode Sugeno pada parameter kelembaban, temperatur, dan tekanan udara untuk mengestimasi curah hujan pada data LAPAN BPAA PASURUAN.

1.4 Batasan Masalah

Agar penelitian ini sesuai dengan rumusan masalah dan tujuan masalah, maka perlu adanya batasan masalah. Batasan masalah dalam penelitian ini antara lain:

1. Data curah hujan yang digunakan mulai pada Februari tahun 2010 hingga tahun 2013 sumber data dari LAPAN BPAA PASURUAN.
2. Menggunakan parameter kelembaban, temperatur, dan tekanan udara.
3. Dalam menentukan penalaran logika *fuzzy* tentang curah hujan digunakan aturan yang ditentukan oleh LAPAN BPAA PASURUAN.
4. Fungsi keanggotaan direpresentasikan menggunakan kurva bahu dan kurva bentuk segitiga.
5. Menggunakan metode Sugeno orde nol.
6. Analisis menggunakan Tool Box Matlab dan Minitab 14.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian pada tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Bagi Peneliti

Penelitian ini adalah kesempatan untuk peneliti dalam mengaplikasikan studi matematika yaitu aplikasi *Fuzzy Inference System* dengan metode Sugeno.

2. Bagi Pembaca

Penelitian ini dapat digunakan sebagai bahan rujukan dan pengembangan pembelajaran matematika salah satunya aplikasi *Fuzzy Inference System* metode Sugeno.

3. Bagi Lembaga

- a. Penelitian ini berguna untuk meningkatkan pengembangan wawasan keilmuan matematika.
- b. Penelitian ini dapat memberikan metode alternatif untuk penelitian curah hujan.
- c. Membandingkan penelitian yang sudah ada dengan metode lain. Menerapkan dan mengaktualisasikan ilmu matematika khususnya pada logika *fuzzy*.

1.6 Sistematika Penulisan

Dalam penulisan skripsi ini, penulis menggunakan sistematika penulisan yang terdiri dari 5 bab dan masing-masing bab dibagi dalam subbab dengan sistematika penulisan sebagai berikut:

Bab I Pendahuluan

Pendahuluan ini memuat paparan sebuah dasar pemikiran yang melandasi penulis dalam mengambil sebuah judul dan untuk memecahkan masalah yang telah diambil. Serta memuat rumusan masalah dan tujuan penelitian guna untuk menyelesaikan dan memecahkan masalah yang diangkat.

Bab II Kajian Pustaka

Kajian pustaka ini memaparkan beberapa landasan teori yang digunakan untuk memecahkan masalah yang diteliti oleh penulis

Bab III Metode Penelitian

Metode penelitian merupakan kerangka dalam memecahkan suatu masalah, penjelasan secara garis besar bagaimana langkah-langkah dalam pemecahan persoalan yang ada dengan metode yang digunakan.

Bab IV Pembahasan

Bab ini mengulas tentang pembahasan terhadap hasil pengolahan data untuk memperoleh penyelesaian dari masalah yang ada.

Bab V Penutup

Penutup berisi tentang hasil pokok/kesimpulan dari pembahasan atau analisis masalah yang telah diolah dan berisi saran-saran untuk pengembangan penelitian dan pelaporan selanjutnya.

BAB II

KAJIAN PUSTAKA

2.1 Logika *Fuzzy*

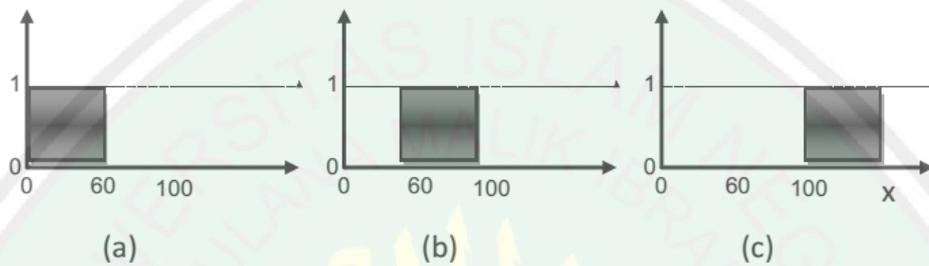
Menurut Zadeh (1965), logika *fuzzy* adalah suatu himpunan *fuzzy* (*fuzzy set*) untuk menerangkan suatu logika bertingkat. Logika ini kemudian dikenal dengan logika *fuzzy* dan menjadi dasar semua logika dengan mengabaikan banyaknya tingkat kebenaran yang diasumsikan. Zadeh memiliki kata “*fuzz*” untuk mempresentasikan suatu logika kontinu antara 0 (pasti salah) dan 1 (pasti benar) (Klir dkk, 1997).

Logika *fuzzy* digunakan untuk menterjemahkan suatu besaran yang diekspresikan menggunakan bahasa (*linguistic*), misalkan besaran kecepatan laju kendaraan yang diekspresikan dengan pelan, agak cepat, cepat, dan sangat cepat. Logika *fuzzy* menunjukkan sejauh mana suatu nilai itu benar dan sejauh mana suatu nilai itu salah (Wulandari, 2011:11).

Menurut Kusumadewi (2002), ada beberapa alasan mengapa logika *fuzzy* digunakan, antara lain:

1. Konsep matematis yang mendasari penalaran *fuzzy* sangat sederhana dan mudah dimengerti.
2. Logika *fuzzy* sangat fleksibel.
3. Logika *fuzzy* memiliki toleransi terhadap data-data yang tidak tepat.
4. Logika *fuzzy* mampu memodelkan fungsi-fungsi *nonlinear* yang sangat kompleks.
5. Logika *fuzzy* dapat membangun dan mengaplikasikan pengalaman-pengalaman para pakar secara langsung tanpa harus melalui proses pelatihan.

Dalam contoh kehidupan sehari-hari seseorang mengendarai kendaraan. Jika kecepatan kendaraan bermotor dikelompokkan dengan 3 kelompok yaitu lambat, cepat, dan sangat cepat. Dikatakan lambat jika kecepatan 0 sampai dengan 60 *Km/jam*, cepat jika kecepatan antara 60 sampai dengan 100 *Km/jam*, dan sangat cepat jika kecepatan diatas 100 *Km/jam*.



Gambar 2.1 Himpunan Lambat, Cepat dan Sangat Cepat

a. Apabila kecepatan kendaraan 50 *Km/jam*, maka dikatakan lambat, ketika

$$\mu_{\text{lambat}}(50) = 1$$

b. Apabila kecepatan kendaraan 61 *Km/jam*, maka dikatakan cepat, ketika

$$\mu_{\text{cepat}}(61) = 1 .$$

c. Apabila kecepatan kendaraan 100 *Km/jam*, maka dikatakan sangat cepat,

$$\text{ketika } \mu_{\text{cepat}}(100) = 1$$

d. Apabila kecepatan kendaraan 101 *Km/jam*, maka dikatakan sangat cepat,

$$\text{ketika } \mu_{\text{cepat}}(101) = 0 \text{ dan } \mu_{\text{sangat cepat}}(101) = 1.$$

Penjelasan di atas bisa dikatakan tidak tepat untuk mengatakan kecepatan kendaraan, dimana jika kecepatan kendaraan 100 *Km/jam* masih digolongkan dengan cepat, sementara kecepatan dengan 100,5 *Km/jam* sudah digolongkan dengan kecepatan yang sangat cepat.

Untuk mengantisipasi ketidaktepatan itu kecepatan kendaraan dapat memasuki 2 himpunan yang berbeda dalam himpunan kabur, misalnya lambat dan cepat, cepat dan sangat cepat. Namun seberapa besar ekstensinya dalam himpunan tersebut dapat dilihat pada nilai keanggotaannya. Gambar 2.2 menunjukkan himpunan kabur untuk variabel kecepatan.



Gambar 2.2 Himpunan *Fuzzy* untuk Kecepatan

Dari Gambar 2.2, jika kecepatan kendaraan adalah 90 *Km/jam* maka kecepatan termasuk pada kecepatan cepat dengan $\mu_{\text{cepat}}(90) = 0,25$ dan juga kecepatan yang sangat cepat dengan $\mu_{\text{sangat cepat}}(90) = 0,75$.

2.2 Konsep Himpunan *Fuzzy*

Himpunan adalah suatu kumpulan atau koleksi objek-objek yang mempunyai kesamaan sifat tertentu (Susilo, 2006:36). Himpunan *fuzzy* merupakan suatu pengembangan lebih lanjut tentang konsep himpunan dalam matematika. Suatu himpunan *fuzzy* A dalam semesta pembicaraan U dinyatakan dengan fungsi keanggotaan μ_A , yang nilainya berada dalam interval $[0, 1]$.

Menurut Kusumadewi dan Purnomo (2004) himpunan *Fuzzy* memiliki dua atribut, yaitu:

- 1) Variabel *linguistic*, yaitu penamaan suatu grup yang mewakili suatu keadaan atau kondisi tertentu dengan menggunakan bahasa alami. Variabel bahasa ini bernilai kata-kata atau kalimat dan bukan angka. Contoh penamaan suatu kelompok yang mewakili suatu keadaan atau kondisi tertentu dengan menggunakan bahasa alami, seperti: LAMBAT, SEDANG, CEPAT.
- 2) Variabel numeris, yaitu suatu angka yang menunjukkan ukuran dari suatu variabel. Contoh jika ukuran kecepatan seperti: 20 *Km/jam*, 50 *Km/jam*, 80 *Km/jam*, dan seterusnya.

Hal-hal yang perlu diketahui dalam memahami sistem *fuzzy*, yaitu:

- a) Variabel *Fuzzy*

Variabel *fuzzy* merupakan variabel yang dibahas dalam suatu sistem *Fuzzy*, seperti: umur, berat badan, tinggi badan, dan sebagainya.

- b) Himpunan *Fuzzy*

Himpunan *fuzzy* merupakan suatu kelompok yang mewakili suatu keadaan tertentu dalam suatu variabel *fuzzy*. Contoh himpunan *fuzzy* adalah variabel laju kendaraan yang terbagi menjadi tiga himpunan *fuzzy*, yaitu: LAMBAT, SEDANG, dan CEPAT.

Didalam himpunan *fuzzy* terdapat semesta pembicaraan dan domain. Berikut penjelasannya.

- 1) Semesta Pembicaraan

Semesta pembicaraan adalah keseluruhan nilai yang diperbolehkan untuk dioperasikan dalam suatu variabel *fuzzy*. Nilai semesta pembicaraan dapat

berupa bilangan positif maupun negatif. Sebagai contoh, semesta pembicaraan untuk variabel laju kendaraan adalah $[0, 160]$.

2) Domain

Domain himpunan *fuzzy* adalah keseluruhan nilai yang diperbolehkan untuk dioperasikan dalam suatu himpunan *fuzzy*. Nilai domain dapat berupa bilangan positif maupun negatif. Sebagai contoh, domain dari himpunan *fuzzy* kecepatan adalah sebagai berikut:

$$\text{LAMBAT} = [0, 80]$$

$$\text{SEDANG} = [20, 140]$$

$$\text{CEPAT} = [80, 160]$$

2.3 Fungsi Keanggotaan

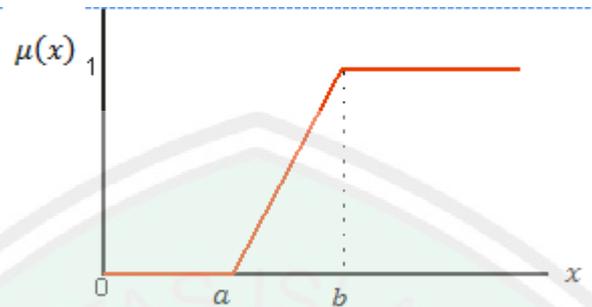
Fungsi keanggotaan adalah suatu kurva yang menunjukkan pemetaan titik-titik *input* data ke dalam nilai keanggotaannya yang memiliki interval antara 0 sampai 1. Salah satu cara yang dapat digunakan untuk mendapatkan nilai keanggotaan adalah dengan melalui pendekatan fungsi. Fungsi keanggotaan *fuzzy* yang sering digunakan di antaranya, yaitu:

a. Representasi *Linear*

Pada representasi *linear*, pemetaan *input* ke derajat keanggotaannya digambarkan sebagai suatu garis lurus. Bentuk ini paling sederhana dan menjadi pilihan yang baik untuk mendekati suatu konsep yang kurang jelas. Ada dua keadaan himpunan *fuzzy* yang *linear*.

Pertama, kenaikan himpunan dimulai pada nilai domain yang memiliki derajat keanggotaan 0 bergerak ke kanan menuju ke nilai domain yang memiliki

derajat keanggotaan lebih tinggi. Representasi himpunan *fuzzy linear* naik seperti yang ditunjukkan pada gambar berikut:



Gambar 2.3 Representasi *Linear Naik*

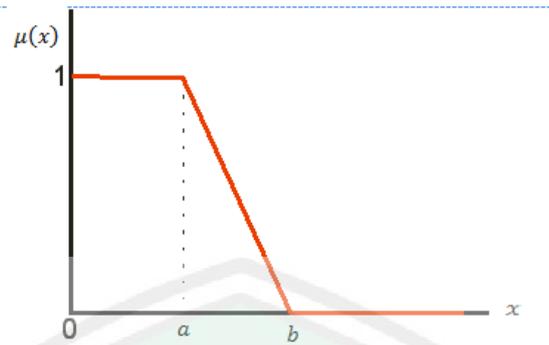
Fungsi Keanggotaan:

$$\mu(x) = \begin{cases} 0 & ; \quad x \leq a \\ \frac{(x - a)}{(b - a)} & ; \quad a \leq x \leq b \\ 1 & ; \quad x \geq b \end{cases} \quad (2.1)$$

Keterangan:

- a : nilai domain yang mempunyai derajat keanggotaan nol
- b : nilai domain yang mempunyai derajat keanggotaan satu
- x : nilai *input* yang akan diubah ke dalam bilangan *fuzzy*

Kedua, merupakan kebalikan yang pertama. Garis lurus dimulai dari nilai domain dengan derajat keanggotaan tertinggi pada sisi kiri, kemudian bergerak menurun ke nilai kodomain yang memiliki derajat keanggotaan lebih rendah. Representasi himpunan *fuzzy linear* turun seperti yang ditunjukkan pada gambar berikut:

Gambar 2.4 Representasi *Linear Turun*

Fungsi Keanggotaan:

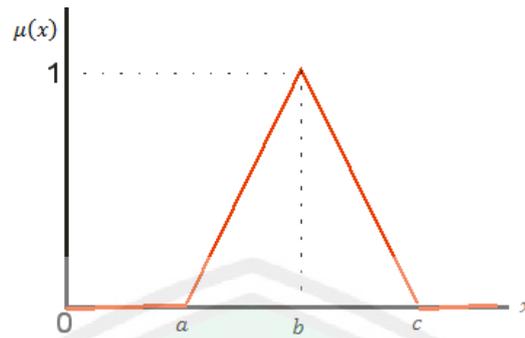
$$\mu(x) = \begin{cases} 1 & ; \quad x \leq a \\ \frac{(b-x)}{(b-a)} & ; \quad a \leq x \leq b \\ 0 & ; \quad x \geq b \end{cases} \quad (2.2)$$

Keterangan:

- a : nilai domain yang mempunyai derajat keanggotaan nol
- b : nilai domain yang mempunyai derajat keanggotaan satu
- x : nilai *input* yang akan diubah ke dalam bilangan *fuzzy*

b. Representasi Kurva Segitiga

Kurva Segitiga pada dasarnya merupakan gabungan antara dua garis (*linear*). Fungsi keanggotaan himpunan *fuzzy* disebut fungsi keanggotaan segitiga jika mempunyai tiga parameter, yaitu $(a, b, c \in R)$ dengan $(a \leq b \leq c)$ dan dinyatakan dengan segitiga (x, a, b, c) . Representasi himpunan *fuzzy* segitiga seperti ditunjukkan pada gambar berikut:



Gambar 2.5 Representasi Kurva Segitiga

Fungsi Keanggotaan:

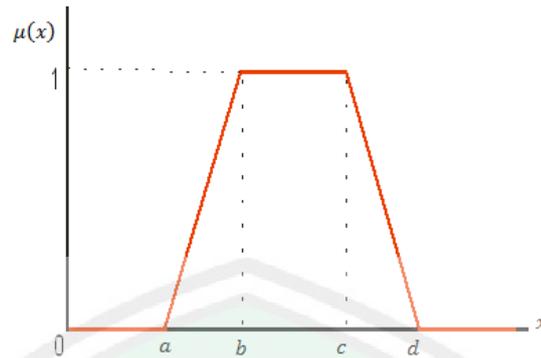
$$\mu(x) = \begin{cases} 0 & ; x \leq a \text{ atau } x \geq c \\ \frac{(x-a)}{(b-a)} & ; a \leq x \leq b \\ \frac{(c-x)}{(c-a)} & ; b \leq x \leq c \end{cases} \quad (2.3)$$

Keterangan:

- a : nilai domain terkecil yang mempunyai derajat keanggotaan nol
- b : nilai domain yang mempunyai derajat keanggotaan satu
- c : nilai domain terbesar yang mempunyai derajat keanggotaan nol
- x : nilai *input* yang akan diubah ke dalam bilangan *fuzzy*

c. Representasi Kurva Trapesium

Kurva Trapesium pada dasarnya seperti bentuk segitiga karena merupakan gabungan antara dua garis (*linear*), hanya saja ada beberapa titik yang memiliki nilai keanggotaan 1. Representasi kurva trapesium ditunjukkan pada gambar berikut:



Gambar 2.6 Representasi Kurva Trapesium

Fungsi Keanggotaan:

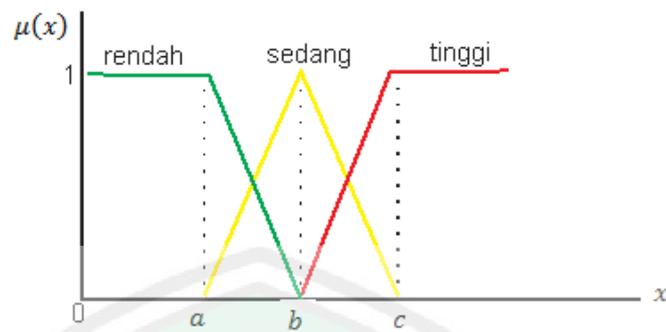
$$\mu(x) = \begin{cases} 0 & ; x \leq a \text{ atau } x \geq d \\ \frac{(x-a)}{(b-a)} & ; a \leq x \leq b \\ 1 & ; a \leq x \leq b \\ \frac{(d-x)}{(d-c)} & ; x \geq d \end{cases} \quad (2.4)$$

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 diubah ke dalam bilangan *fuzzy*

d. Representasi Kurva Bentuk Bahu

Daerah yang terletak di tengah-tengah suatu variabel yang direpresentasikan dalam bentuk segitiga, pada sisi kanan dan kirinya akan naik dan turun, tetapi terkadang salah satu sisi dari variabel tersebut tidak mengalami perubahan. Bahu kiri bergerak dari benar ke salah, demikian juga bahu kanan bergerak dari salah ke benar. Representasi kurva bahu ditunjukkan pada gambar berikut:



Gambar 2.7 Representasi Kurva Bahu

Fungsi Keanggotaan:

1. Rendah

$$\mu(x) = \begin{cases} 1 & ; x \leq a \\ \frac{(b-x)}{(b-a)} & ; a \leq x \leq b \\ 0 & ; x \geq b \end{cases} \quad (2.5)$$

2. Sedang

$$\mu(x) = \begin{cases} 0 & ; x \leq a \text{ atau } x \geq c \\ \frac{(x-a)}{(b-a)} & ; a \leq x \leq b \\ \frac{(c-x)}{(c-a)} & ; b \leq x \leq c \end{cases} \quad (2.6)$$

3. Tinggi

$$\mu(x) = \begin{cases} 0 & ; x \leq b \\ \frac{(x-b)}{(c-b)} & ; b \leq x \leq c \\ 1 & ; x \geq c \end{cases} \quad (2.7)$$

Keterangan:

a : nilai domain terkecil yang mempunyai derajat keanggotaan satu

b : nilai domain yang mempunyai derajat keanggotaan satu

c : nilai domain terbesar yang mempunyai derajat keanggotaan satu

x : nilai *input* yang akan diubah ke dalam bilangan *fuzzy*

3. Operasi Himpunan *Fuzzy*

Seperti halnya himpunan bilangan tegas, ada beberapa operasi yang didefinisikan secara khusus untuk mengkombinasikan dan memodifikasi himpunan *fuzzy*. Nilai keanggotaan sebagai hasil dari operasi dua himpunan yang dikenal nama α – predikat.

Menurut Kusumadewi (2002:60), ada tiga operasi dasar dalam himpunan *fuzzy* yaitu komplemen, irisan (*intersection*), dan gabungan (*union*).

a. Komplemen

Operasi komplemen pada himpunan *fuzzy* adalah sebagai hasil operasi dengan operator NOT diperoleh dengan mengurangi nilai keanggotaan elemen pada himpunan yang bersangkutan dari 1.

$$\mu_{A'}(x) = 1 - \mu_A(x) \quad (2.8)$$

b. Irisan (*Intersection*)

Operasi irisan (*intersection*) pada himpunan *fuzzy* adalah sebagai hasil operasi dengan operator AND diperoleh dengan mengambil nilai keanggotaan terkecil antar elemen pada himpunan-himpunan yang bersangkutan.

$$\mu_{A \cap B} = \min\{\mu_A(x), \mu_B(x)\} \quad (2.9)$$

c. Gabungan

Operasi gabungan (*union*) pada himpunan *fuzzy* adalah sebagai hasil operasi dengan operator OR diperoleh dengan mengambil nilai keanggotaan terbesar antar elemen pada himpunan-himpunan yang bersangkutan.

$$\mu_{A \cup B} = \max\{\mu_A(x), \mu_B(x)\} \quad (2.10)$$

2.4 Fuzzy Inference System

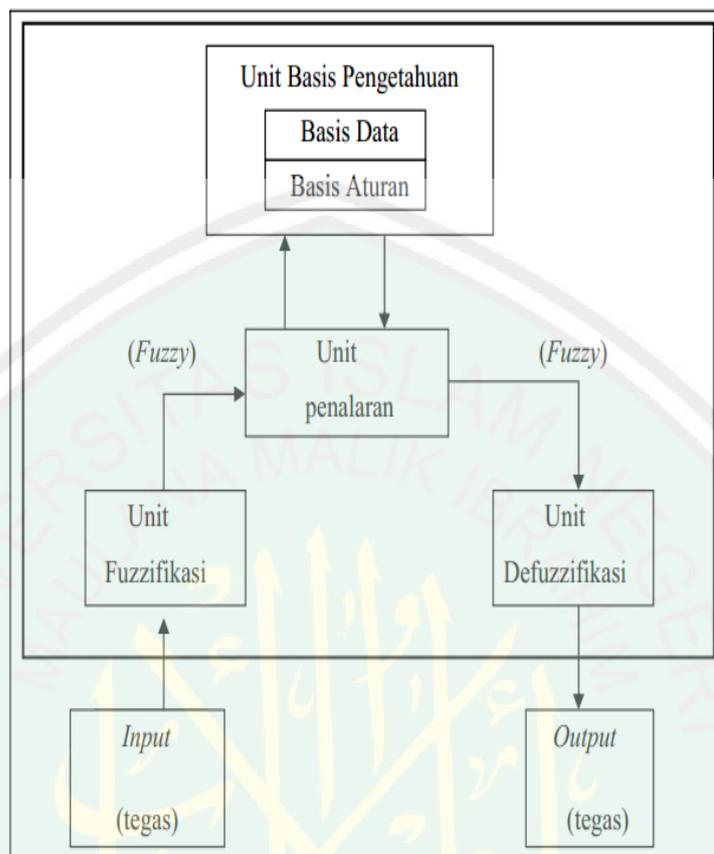
Salah satu aplikasi logika *fuzzy* yang telah berkembang adalah sistem inferensi *fuzzy* (*Fuzzy Inference System*). Sistem inferensi *fuzzy* yaitu sistem komputasi yang bekerja atas dasar prinsip penalaran *fuzzy*. Misalnya penentuan produksi barang, sistem pendukung keputusan, sistem klasifikasi data, dan sebagainya.

Sistem ini berfungsi untuk mengambil keputusan melalui proses tertentu dengan mempergunakan aturan inferensi berdasarkan logika *fuzzy*. Sistem inferensi *fuzzy* memiliki empat tahap, yaitu:

- a) *Fuzzifikasi*
- b) Penalaran logika *fuzzy* (*Fuzzy logic reasoning*)
- c) Basis pengetahuan (*knowledge base*), yang terdiri dari dua bagian:
 1. Basis data (*data base*), yang memuat fungsi-fungsi keanggotaan dari himpunan-himpunan *fuzzy* yang terkait dengan nilai dari variabel-variabel *linguistic* yang dipakai.
 2. Basis aturan (*rule base*), yang memuat aturan-aturan berupa *implikasi fuzzy*.
- d) *Defuzzifikasi*

Pada sistem inferensi *fuzzy*, nilai-nilai masukan tegas dikonversikan oleh unit *fuzzifikasi* ke nilai *fuzzy* yang sesuai. Hasil pengukuran yang telah difuzzykan itu, kemudian diproses oleh unit penalaran dengan menggunakan unit basis pengetahuan yang akan menghasilkan himpunan *fuzzy* sebagai keluarannya. Langkah terakhir dikerjakan oleh unit *defuzzifikasi* akan menerjemahkan himpunan keluaran ke dalam nilai yang tegas. Nilai tegas inilah yang kemudian direalisasikan dalam bentuk suatu tindakan yang dilaksanakan dalam proses itu.

Langkah-langkah tersebut akan dijelaskan berikut ini:



Gambar 2.8. Struktur Dasar Suatu Sistem Inferensi *Fuzzy* (Kusumadewi, 2002)

Berikut adalah langkah-langkah tahapan proses pengambilan keputusan :

1. Unit *Fuzzifikasi*

Proses *fuzzifikasi* merupakan proses mengubah variabel numerik menjadi variabel *linguistic* (Susilo, 2006).

Untuk masing-masing variabel *input*, ditentukan suatu fungsi *fuzzifikasi* (*Fuzzification function*) yang akan mengubah variabel masukan yang tegas (yang biasa dinyatakan dalam bilangan real) menjadi nilai pendekatan *fuzzy*. Fungsi *fuzzifikasi* ditentukan berdasarkan beberapa kriteria:

- a) Fungsi *fuzzifikasi* diharapkan mengubah suatu nilai tegas, misalnya $a \in \mathbb{R}$, ke suatu himpunan *fuzzy* dengan nilai keanggotaan a terletak pada selang tertutup

[0, 1]. Bila nilai masukannya cacat karena gangguan, diharapkan fungsi *fuzzifikasi* dapat menekan sejauh mungkin gangguan itu.

- b) Fungsi *fuzzifikasi* diharapkan dapat membantu menyederhanakan komputasi yang harus dilakukan oleh sistem tersebut dalam proses inferensinya.

2. Unit Penalaran

Penalaran *fuzzy* adalah suatu cara penarikan kesimpulan berdasarkan seperangkat implikasi *fuzzy* dan suatu fakta yang diketahui (sering disebut premis) (Susilo, 2006). Penarikan kesimpulan dalam logika klasik didasarkan pada proposisi-proposisi yang selalu benar, tanpa tergantung pada nilai kebenaran proposisi-proposisi penyusunnya. Salah satu aturan penalaran yang paling sering dipergunakan adalah modus ponens, yang didasarkan pada tautologi:

$$(p \wedge (p \Rightarrow q)) \Rightarrow q$$

Bentuk umum penalaran modus ponens adalah sebagai berikut:

Premis 1. x adalah A

Premis 2. Bila x adalah A , maka y adalah B

Kesimpulan. y adalah B

Penarikan kesimpulan di atas terdiri dari:

- a) Sebuah proposisi tunggal sebagai fakta yang diketahui (premis 1).
- b) Sebuah proposisi majemuk berbentuk implikasi, yang merupakan suatu kaidah atau aturan yang berlaku (premis 2).
- c) Kesimpulan yang ditarik berdasarkan kedua proposisi.

Aturan penalaran tegas ini dapat digeneralisasikan menjadi aturan *fuzzy* dengan premis dan kesimpulan adalah proposisi-proposisi *fuzzy*.

Berikut contoh penalaran *fuzzy* berikut ini:

Premis 1 Pakaian agak kotor.

Premis 2 Bila pakaian kotor, maka pencuciannya lama.

Kesimpulan pencuciannya agak lama.

3. Basis pengetahuan

Basis pengetahuan suatu sistem inferensi *fuzzy* terdiri dari basis data dan basis aturan.

- a) Basis data adalah himpunan fungsi keanggotaan dari himpunan *fuzzy* yang terkait dengan nilai *linguistic* dari variabel-variabel yang terlibat dalam sistem.
- b) Basis aturan adalah himpunan implikasi-implikasi *fuzzy* yang berlaku sebagai aturan dalam sistem. Bila sistem itu memiliki m buah aturan dengan $(n-1)$ variabel, maka bentuk aturan ke i ($i=1, \dots, m$) adalah sebagai berikut: *Jika* (x_1 adalah A_{i1}) • (x_1 adalah A_{i2}) • . . . • (x_n adalah A_{in}), maka y adalah B_i dengan • adalah operator (misal : OR atau AND), dan x_i adalah variabel *linguistic* dengan semesta pembicaraan x_i ($i = 1, \dots, n$).

4. Unit Defuzzifikasi

Unit *defuzzifikasi* digunakan untuk menghasilkan nilai variabel solusi yang diinginkan dari suatu daerah konsekuen *fuzzy*. Sistem inferensi ini hanya dapat membaca nilai yang tegas, maka diperlukan suatu mekanisme untuk mengubah nilai *fuzzy output* itu menjadi nilai yang tegas. Terdapat beberapa metode *defuzzifikasi* dalam pemodelan sistem *fuzzy*, misalnya Metode *Centroid*, Metode

Bisektor, dan Metode *Mean of Maximum*. Berikut adalah penjelasannya.

a) Metode *Centroid*

Metode *centroid* adalah metode pengambilan keputusan dengan cara mengambil titik pusat daerah *fuzzy* (Susilo, 2006). Pada metode ini, solusi tegas diperoleh dengan cara mengambil titik pusat daerah *fuzzy*.

b) Metode *Bisektor*

Pada metode ini, solusi tegas diperoleh dengan cara mengambil nilai pada domain *fuzzy* yang memiliki nilai keanggotaan setengah dari jumlah total nilai keanggotaan pada daerah *fuzzy*.

c) Metode *Mean of Maximum* (MOM)

Pada metode ini, solusi tegas diperoleh dengan cara mengambil nilai rata-rata domain yang memiliki nilai keanggotaan maksimum.

2.5 Logika *Fuzzy* dalam Pengambilan Keputusan

Sistem inferensi *fuzzy* (*Fuzzy Inference System*), yaitu kerangka komputasi yang didasarkan pada teori himpunan *fuzzy*, aturan *fuzzy* berbentuk *IF-THEN*, dan penalaran *fuzzy*. Ada tiga metode dalam sistem inferensi *fuzzy* yang sering digunakan, yaitu metode Tsukamoto, metode Mamdani, dan metode Takagi Sugeno. Dalam penelitian ini akan dibahas penentuan curah hujan menggunakan metode Sugeno. Sistem ini berfungsi untuk mengambil keputusan melalui proses tertentu dengan mempergunakan aturan inferensi berdasarkan logika *fuzzy*. Metode Takagi Sugeno atau disebut juga dengan Metode TSK. Metode TSK terdiri dari 2 jenis, akan tetapi pada penelitian ini menggunakan Model *fuzzy* Sugeno Orde-Nol dengan model dan secara umum bentuk model

Fuzzy Sugeno Orde-Nol adalah

$$IF(x_1 \text{ is } A_1) \cap (x_2 \text{ is } A_2) \cap (x_3 \text{ is } A_3) \cap \dots \cap (x_N \text{ is } A_N) THEN z = k$$

dengan A_N adalah himpunan *fuzzy* ke- n sebagai anteseden, dan k adalah suatu konstanta (tegas) sebagai konsekuen.

Untuk mendapatkan *output* (hasil) maka dibutuhkan 4 tahapan sebagai berikut:

1. Pembentukan himpunan *Fuzzy*

Pada Metode Sugeno, baik variabel *input* maupun variabel *output* dibagi menjadi satu atau lebih himpunan *fuzzy*.

2. Aplikasi fungsi implikasi

Pada metode Sugeno, fungsi implikasi yang digunakan adalah Min (minimum).

3. Komposisi Aturan

Apabila sistem terdiri dari beberapa aturan, maka inferensi diperoleh dari gabungan antar aturan. Ada tiga metode yang digunakan dalam melakukan inferensi sistem *fuzzy*, yaitu: *additive*, max, dan probabilistik OR (probor).

a. Metode *additive*

Pada metode ini, solusi himpunan *fuzzy* diperoleh dengan cara melakukan *bounded-sum* terhadap semua *output* daerah *fuzzy*. Secara umum dituliskan:

$$\mu_{sf}[x_i] = \min(\mu_{sf}[x_i] + \mu_{kf}[x_i]) \quad (2.11)$$

dengan,

$\mu_{sf}[x_i]$: nilai keanggotan solusi *fuzzy* sampai aturan ke- i

$\mu_{kf}[x_i]$: nilai keanggotan konsekuen *fuzzy* sampai aturan ke- i

b. Metode Max (Maksimum)

Pada metode ini, 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 proposisi. Secara umum dapat dituliskan:

$$\mu_{sf}[x_i] = \max(\mu_{sf}[x_i], \mu_{kf}[x_i]) \quad (2.12)$$

dengan,

$\mu_{sf}[x_i]$: nilai keanggotan solusi *fuzzy* sampai aturan ke-*i*

$\mu_{kf}[x_i]$: nilai keanggotan konsekuen *fuzzy* sampai aturan ke-*i*

c. Metode Probabilistik OR (probor)

Pada metode ini, solusi himpunan *fuzzy* diperoleh dengan cara melakukan *product* terhadap semua *output* daerah *fuzzy*. Secara umum dituliskan:

$$\mu_{sf}[x_i] = \max\left(\left(\mu_{sf}[x_i] + \mu_{kf}[x_i]\right) - \left(\mu_{sf}[x_i], \mu_{kf}[x_i]\right)\right) \quad (2.13)$$

dengan,

$\mu_{sf}[x_i]$: nilai keanggotan solusi *Fuzzy* sampai aturan ke-*i*

$\mu_{kf}[x_i]$: nilai keanggotan konsekuen *Fuzzy* sampai aturan ke-*i*

4. Defuzzifikasi

Input dari proses *defuzzifikasi* adalah suatu himpunan *fuzzy* yang diperoleh dari suatu komposisi aturan-aturan *fuzzy*, sedangkan *output* yang dihasilkan merupakan suatu bilangan pada himpunan *fuzzy* tersebut. Sehingga jika diberikan suatu himpunan *fuzzy* dalam *range* tertentu, maka harus dapat diambil suatu nilai *crisp* tertentu sebagai *output*.

Dalam Metode Sugeno, *defuzzifikasi* dilakukan dengan cara mencari rata-rata terbobot (*weighted average*)

$$WA = \frac{\sum_{i=1}^N \alpha_i z_i}{\sum_{i=1}^N \alpha_i} \quad (2.14)$$

dengan,

WA : nilai rata-rata terbobot

α_i : α – predikat ke- i

z_i : konsekuen ke- i

2.6 Ketepatan Metode Peramalan.

Menurut Sahli dan Susanti (2013) pada umumnya metode peramalan terdapat berbagai metode-metode. Dalam menggunakan metode-metode tersebut, dibutuhkan adanya ketepatan metode. Ketepatan metode diperlukan sebagai kriteria penolakan untuk memilih salah satu metode peramalan. Ketepatan metode berfungsi sebagai seberapa jauh model peramalan tersebut memproduksi data yang telah diketahui. Pada umumnya ketepatan metode peramalan menggunakan ukuran statistik standart. Jika X_i merupakan data aktual untuk periode i dan F_i merupakan ramalan untuk periode yang sama, maka e adalah *error* (kesalahan). Didefinisikan dengan persamaan $e = X_i - F_i$, dan disini penulis menggunakan nilai tengah galat kuadrat (*mean squared error*) untuk mencocokkan ketepatan metode. Beberapa ukuran standar dapat didefinisikan sebagai berikut:

a) Nilai tengah galat (*mean error*) adalah

$$ME = \sum_{i=1}^n \frac{e_i}{n} \quad (2.15)$$

b) Nilai tengah galat absolute (*mean absolute error*) adalah

$$MAE = \sum_{i=1}^n \frac{|e_i|}{n} \quad (2.16)$$

c) Jumlah kuadrat galat (*sum of squared error*) adalah

$$SSE = \sum_{i=1}^n e_i^2 \quad (2.17)$$

d) Nilai tengah galat kuadrat (*mean squared error*) adalah

$$MSE = \sum_{i=1}^n \frac{e_i^2}{n} \quad (2.18)$$

2.7 Cuaca dan Iklim

Cuaca adalah kondisi rata-rata atmosfer di suatu tempat tertentu dengan waktu yang relatif singkat, mencakup wilayah yang relatif sempit, dan senantiasa berubah tiap saat dari waktu ke waktu. Salah satu contohnya adalah perubahan harian dalam temperatur, kelembaban, angin, dan lain-lain. Iklim adalah rata-rata peristiwa cuaca di suatu daerah tertentu, termasuk perubahan ekstrem musiman dan variasinya dalam waktu yang relatif lama, baik secara lokal, regional atau meliputi seluruh bumi.

Munculnya cuaca dan iklim di bumi merupakan bentuk pemerataan energi yang diterima bumi secara tidak merata. Wilayah tropis di sekitar ekuator sepanjang tahun menerima energi radiasi sang surya yang berarti surplus energi, sementara di lain pihak wilayah subtropis kutub hanya menerima sedikit energi dan berlangsung relatif singkat serta bergantian akibat garis edar revolusi bumi mengitari matahari.

Sebagai reaksi adanya beda dalam penerimaan energi ini dalam satu sistem muka bumi, terjadi usaha pemerataan melalui proses fisika dan kimiawi sedemikian sehingga terjadi peredaran udara di atmosfer dan peredaran laut. Dua

sistem pemerataan energi ini dalam bentuk gerak (angin, gelombang, dan arus), energi termal (panas), dan energi laten (uap air) berupa awan, hujan, salju, guntur, dan sebagainya, yang kesemuanya berlangsung alamiah (Wisesa, 2010).

Iklm dipengaruhi oleh perubahan-perubahan yang cukup lama dari aspek-aspek seperti orbit bumi, perubahan samudra, atau keluaran energi dari matahari. Perubahan iklim merupakan sesuatu yang alami dan terjadi secara pelan. Salah satu contohnya adalah musim (dingin, panas, semi, gugur, hujan, dan kemarau) dan gejala alam khusus (seperti tornado dan banjir). Secara geografis Indonesia berada di sekitar garis ekuator, sehingga Indonesia memiliki iklim tropis yang terdiri dari musim hujan dan musim kemarau.

Selain itu, iklim di Indonesia dipengaruhi pula oleh angin muson yang bertiup setiap enam bulan sekali dan selalu berganti-ganti arah. Adanya perubahan arah angin muson ini, mengakibatkan kondisi iklim di Indonesia terbagi menjadi dua musim setiap tahunnya, yaitu musim kemarau dan musim penghujan. Letak Indonesia yang diapit oleh dua samudra yang luas membuat pengaruh terhadap iklim di Indonesia. Kandungan uap air di udara sebagian besar berasal dari hasil penguapan perairan laut. Jadi semakin luas wilayah laut yang dilalui sinar matahari, semakin tinggi tingkat penguapan maka kondisi udara semakin lembab.

Menurut Ernyasih (2012) cuaca dan iklim memiliki unsur-unsur sebagai berikut:

1. Temperatur

Temperatur adalah keadaan panas atau dinginnya udara di suatu tempat dan pada waktu tertentu, yang dipengaruhi oleh banyak atau sedikitnya panas matahari yang diterima bumi.

2. Kelembaban

Kelembaban udara adalah banyaknya kandungan uap air yang terdapat di udara. Kelembaban udara dapat diukur dengan *higrometer*. Kelembaban udara yang umumnya dikenal antara lain kelembaban mutlak, kelembaban relatif, dan kelembaban spesifik.

3. Curah hujan

Curah hujan adalah titik-titik air hasil pengembunan uap air di udara yang jatuh ke bumi dalam satuan *milimeter*. Dari hasil penelitian, rata-rata butir hujan mempunyai garis tengah antara 0,08 sampai 6 *milimeter*. Tipe hujan berdasarkan ukuran butirannya antara lain hujan halus, hujan rintik, dan hujan lebat. Intensitas hujan dapat diukur dengan alat pengukur hujan yang dinamakan *ombrometer*. Hasil pencatatan curah hujan secara terus-menerus dapat dibuat informasi rata-rata curah hujan tahunan atau bulanan.

4. Angin

Menurut Hukum Buys Ballot, angin adalah udara yang bergerak dari daerah bertekanan udara maksimum ke daerah bertekanan udara minimum. Arah angin berubah-ubah karena pengaruh perbedaan tekanan udara di suatu tempat. Kecepatan angin dapat diukur dengan menggunakan alat yang dinamakan *anemometer* dan dinyatakan dalam satuan *meter per detik*.

5. Tekanan udara

Udara mempunyai massa atau tenaga yang menekan bumi dari segala arah. Penekanan udara terhadap permukaan bumi ini dinamakan tekanan udara dan diukur dengan alat yang disebut barometer dalam satuan *milibar* (mb).

2.8 Curah Hujan

Curah hujan adalah ketinggian air hujan yang jatuh pada tempat yang datar dengan asumsi tidak menguap, tidak meresap, dan tidak mengalir. Curah hujan 1 (satu) *mm* adalah air hujan setinggi 1 (satu) *mm* yang jatuh (tertampung) pada tempat yang datar seluas 1 *m*² dengan asumsi tidak ada yang menguap, mengalir, dan meresap (Prawirowardoyo, 1996).

Hujan memainkan peranan penting dalam siklus hidrologi. Lembaban dari laut menguap berubah menjadi awan kemudian terkumpul menjadi awan mendung, lalu turun kembali ke bumi, dan akhirnya kembali ke laut melalui sungai dan anak sungai untuk mengulangi daur ulang itu semula. Intensitas curah hujan adalah jumlah curah hujan yang dinyatakan dalam tinggi hujan atau volume hujan tiap satuan waktu, yang terjadi pada satu kurun waktu air hujan terkonsentrasi. Besarnya intensitas curah hujan berbeda-beda tergantung dari lamanya curah hujan dan frekuensi kejadiannya.

Intensitas curah hujan yang tinggi pada umumnya berlangsung dengan durasi pendek dan meliputi daerah yang tidak luas. Hujan yang meliputi daerah luas, jarang sekali dengan intensitas tinggi, tetapi dapat berlangsung dengan durasi cukup panjang. Kombinasi dari intensitas hujan yang tinggi dengan durasi panjang jarang terjadi, tetapi apabila terjadi maka sejumlah besar volume air bagaikan ditumpahkan dari langit. Menurut BMKG, adapun jenis-jenis hujan berdasarkan besarnya curah hujan, di antaranya yaitu hujan kecil antara 0-21 *mm* per hari, hujan sedang antara 21-50 *mm* per hari, dan hujan besar atau lebat di atas 50 *mm* per hari (Rafi'I, 2010).

2.8 Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Curah Hujan

Intensitas curah hujan yang tinggi pada umumnya berlangsung dengan durasi pendek dan meliputi daerah yang tidak luas. Hujan yang meliputi daerah luas, jarang sekali dengan intensitas tinggi, tetapi dapat berlangsung dengan durasi cukup panjang. Kombinasi dari intensitas hujan yang tinggi dengan durasi panjang jarang terjadi, tetapi apabila terjadi berarti sejumlah besar volume air bagaikan ditumpahkan dari langit (Handoko,1993).

Adapun faktor-faktor yang mempengaruhi curah hujan antara lain:

1. Faktor garis lintang menyebabkan perbedaan kuantitas curah hujan. Semakin rendah garis lintang semakin tinggi potensi curah hujan yang diterima karena di daerah lintang rendah suhunya lebih besar daripada suhu di daerah lintang tinggi. Suhu yang tinggi akan menyebabkan penguapan juga tinggi. Penguapan inilah yang kemudian akan menjadi hujan dengan melalui kondensasi terlebih dahulu.
2. Faktor ketinggian tempat, semakin rendah ketinggian tempat potensi curah hujan yang diterima akan lebih banyak. Pada umumnya semakin rendah suatu daerah suhunya akan semakin tinggi.
3. Jarak dari sumber air (penguapan), semakin dekat potensi hujannya semakin tinggi.
4. Angin yang melewati sumber penguapan akan membawa uap air, semakin jauh daerah dari sumber air potensi terjadinya hujan semakin sedikit.
5. Hubungan dengan deretan pegunungan, hal ini disebabkan uap air yang dibawa angin menabrak deretan pegunungan. Sehingga uap tersebut dibawa keatas sampai ketinggian tertentu akan mengalami kondensasi. Ketika uap ini jenuh

dan jatuh diatas pegunungan, sedangkan dibalik pegunungan yang menjadi arah dari angin tadi tidak hujan.

6. Faktor perbedaan suhu tanah (daratan) dan lautan, semakin tinggi perbedaan suhu antara keduanya potensi penguapannya juga akan semakin tinggi.
7. Faktor luas daratan, semakin luas daratan potensi terjadinya hujan akan semakin kecil karena perjalanan uap air juga akan panjang.

2.10 Curah Hujan dalam Islam

Al-Quran menjelaskan tentang proses terjadinya hujan terdapat dalam surat an-Nur ayat 43:

أَلَمْ تَرَ أَنَّ اللَّهَ يُزْجِي سَحَابًا ثُمَّ يُؤَلِّفُ بَيْنَهُ ثُمَّ يَجْعَلُهُ رُكَّامًا فَتَرَى الْوَدْقَ يَخْرُجُ مِنْ خِلَالِهِ وَيُنَزِّلُ مِنَ السَّمَاءِ مِنْ جِبَالٍ فِيهَا مِنْ بَرَدٍ فَيُصِيبُ بِهِ مَنْ يَشَاءُ وَيَصْرِفُهُ عَنِ مَنْ يَشَاءُ يَكَادُ سَنَا بَرْقِهِ يَذْهَبُ بِالْأَبْصَارِ ﴿٤٣﴾

“Tidaklah kamu melihat bahwa Allah mengarak awan, kemudian mengumpulkan antara (bagian-bagian)nya, kemudian menjadikannya bertindih-tindih, Maka kelihatanlah olehmu hujan keluar dari celah-celahnya dan Allah (juga) menurunkan (butiran-butiran) es dari langit, (yaitu) dari (gumpalan-gumpalan awan seperti) gunung-gunung, Maka ditimpakan-NYA (butiran-butiran) es itu kepada siapa yang dikehendaki-NYA dan dipalingkan-NYA dari siapa yang dikehendaki-NYA. Kilauan kilat awan itu hampir-hampir menghilangkan penglihatan” (QS. an-Nur/24:43).

Pada ayat ini Allah mengarahkan pula perhatian Nabi Muhammad Saw dan manusia agar merenungkan bagaimana Dia menghalau awan dengan kekuasaan-NYA dari suatu tempat ke tempat yang lain kemudian mengumpulkan awan-awan yang berarak itu pada suatu daerah, sehingga terjadilah tumpukan awan yang berat berwarna hitam, seakan-akan awan itu gunung-gunung besar

yang berjalan di angkasa. Dengan demikian turunlah hujan lebat di daerah itu dan kadang-kadang hujan itu bercampur dengan es.

Di bumi jarang sekali terlihat awan tebal yang berarak seperti gunung-gunung, tetapi bila kita naik kapal udara akan terlihat di bawah awan-awan yang bergerak pelan-pelan itu memang seperti gunung-gunung yang menjulang di sana sini dan bila awan itu menurunkan hujan nampak pula dengan jelas bagaimana air itu turun ke bumi. Dengan hujan lebat itu kadang-kadang manusia di bumi mendapat rahmat dan keuntungan yang besar. Sawah dan ladang yang sudah kering akibat musim kemarau, menjadi subur kembali dan tumbuhlah berbagai macam tanaman dengan suburnya sehingga manusia dapat memetik hasilnya.

Tetapi ada pula hujan yang lebat dan terus menerus turunnya yang menyebabkan terjadinya banjir di mana-mana sehingga terendamlah sawah ladang, maka hujan lebat itu menjadi malapetaka bagi orang yang ditimpanya bukan sebagai rahmat yang menguntungkan. Semua itu terjadi karena kehendak-NYA dan sampai sekarang belum ada suatu ilmu yang dapat mengatur perkisaran angin dan perjalanan awan sehingga tidak akan terjadi banjir dan malapetaka itu.

Di antara keanehan alam yang dapat dilihat manusia ialah terjadinya kilat yang sambung-bersambung di waktu langit mendung dan dekat dengan turunnya hujan, kejadiannya guruh dan petir yang bergemuruh. Meskipun ahli ilmu pengetahuan dapat menganalisa penyebab kejadian itu, tetapi mereka tidak dapat menguasai dan mengendalikannya. Bukankah ini suatu bukti pula bagi kekuasaan Allah (Anonymous, 2017).

Ayat tersebut juga berkaitan erat dengan ayat sebelumnya yaitu sama-sama menjelaskan tentang proses terjadinya hujan dengan dua faktor yaitu angin dan

awan, dalam penelitian ini *Fuzzy Inference System* dengan metode Sugeno dijadikan alat untuk mempelajari data *input* yang merupakan faktor-faktor dalam penentuan kondisi cuaca.



BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Sumber Data

Penelitian ini menggunakan pengambilan data sekunder curah hujan dari LAPAN BPAA PASURUAN. Data tersebut diambil pada Februari tahun 2010 hingga tahun 2013.

3.2 Metode Pengumpulan Data

Pengumpulan data adalah suatu prosedur yang sistematis dan standar untuk memperoleh data yang diperlukan dalam penelitian, sehingga antara metode pengumpulan dengan masalah penelitian memiliki hubungan yang sangat erat. Di dalam penelitian ini data curah hujan pada bulan Februari tahun 2010 hingga tahun 2013 yang semula data harian akan dihitung dijadikan rata-rata bulanan. Data curah hujan dipengaruhi oleh parameter-parameter atmosfer yang meliputi kelembaban, temperatur, dan tekanan udara. Kemudian dibentuk semesta pembicaraan untuk setiap variabel *fuzzy*. Berikut adalah semesta pembicaraannya.

Tabel 3.1. Semesta Pembicaraan untuk setiap variabel *fuzzy*.

Fungsi	Nama Variabel	Semesta Pembicaraan
<i>Input</i>	Temperatur	[26,31, 37,09]
	Kelembaban	[45,65, 89,89]
	Tekanan udara	[1000,02, 1008,45]
<i>Output</i>	Curah hujan	[0, 1]

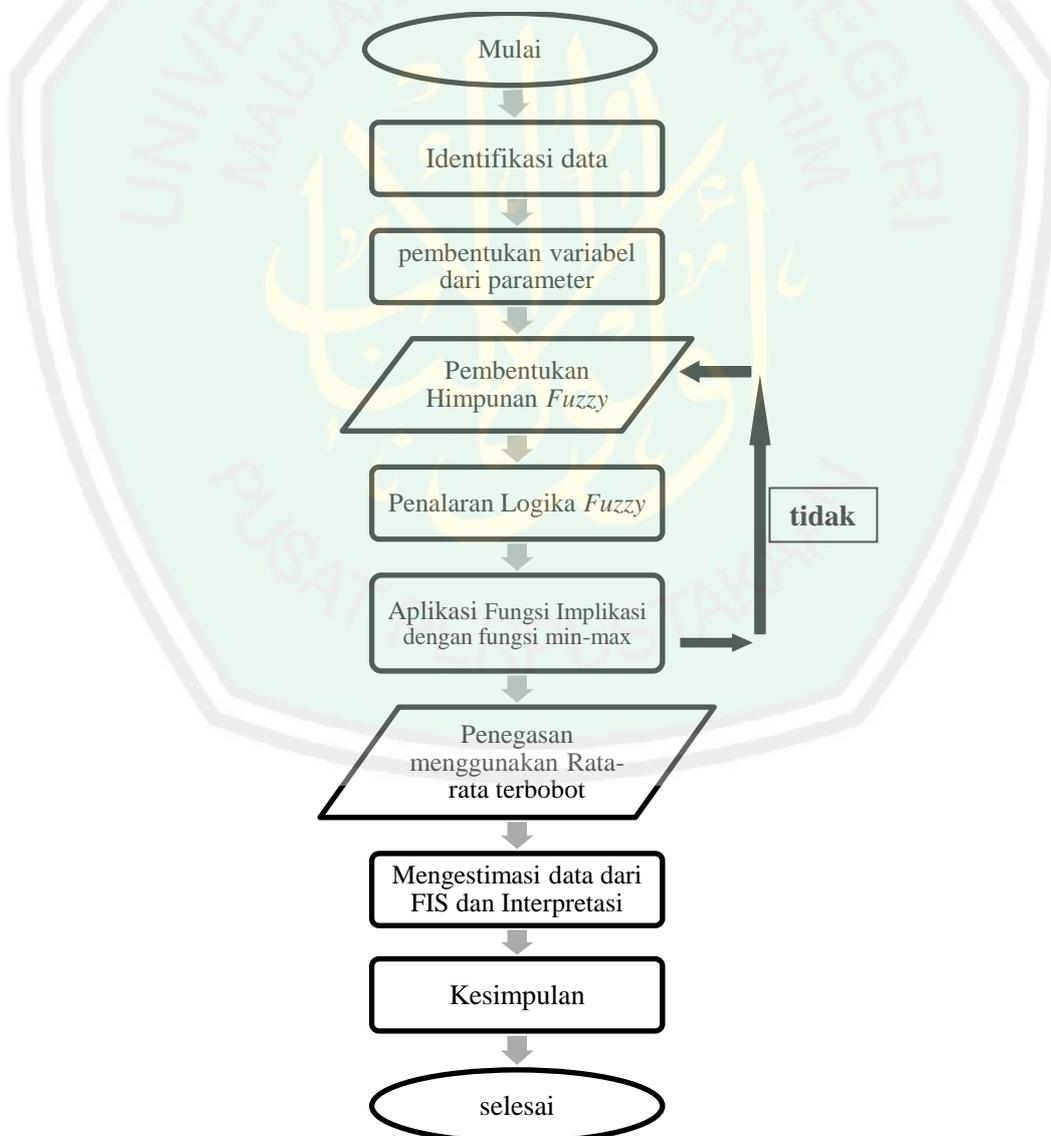
3.3 Pendekatan Penelitian

Pada penelitian ini digunakan pendekatan kuantitatif. Dalam penelitian ini digunakan data hasil pengukuran parameter-parameter yang meliputi kelembaban,

temperatur, dan tekanan udara atmosfer dari LAPAN BPAA PASURUAN pada bulan Februari tahun 2010 hingga tahun 2013.

3.5 Flowchart Penelitian

Tahapan penelitian akan lebih mudah dipahami jika disajikan dalam diagram alur (*Flow chart*). Diagram alur ini menerangkan secara singkat mengenai proses penelitian yang dilakukan. Diagram alur penelitian di gambarkan sebagai berikut:



Gambar 3.1 Diagram Alur Penelitian

Berikut langkah-langkah penjelasan dari diagram alir:

1. Data curah hujan harian akan di ubah menjadi rata-rata bulanan. Data yang digunakan dari bulan Februari tahun 2010 hingga tahun 2013.
2. Parameter-parameter curah hujan, temperatur, kelembaban, dan tekanan udara akan di ubah menjadi variabel y , x_1 , x_2 , dan x_3 .
3. Data tersebut merupakan data *crisp* yang kemudian dibentuk variabel *linguistic* dan variabel numerik. Pada variabel numerik dibentuk menggunakan proses *fuzzifikasi*. Proses pengaburan berfungsi mengubah data *crisp* menjadi data *fuzzy* berdasarkan himpunan *fuzzy* yang telah ditetapkan.
4. Dalam menentukan penalaran logika (*Rule Base*) *fuzzy* penulis mengikuti aturan yang digunakan oleh LAPAN BPAA PASURUAN untuk menentukan curah hujan.
5. Memilih fungsi implikasi, dimana yang digunakan adalah fungsi Min, yaitu masing-masing anteseden (proposisi yang mengikuti JIKA) dicari nilai minimum (operasi irisan) berdasarkan aturan-aturan *fuzzy*.
6. Komposisi aturan metode yang digunakan adalah metode Max, yaitu 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*).
7. *Defuzzifikasi* dilakukan dengan cara mencari rata-rata terbobot (*weighted average*).
8. Mengestimasi data dari *fuzzy inference system* dan dibandingkan dengan data sebenarnya menggunakan MSE kemudian diinterpretasi.

9. Penarikan kesimpulan dari hasil penelitian.



BAB IV
PEMBAHASAN

4.1 Metode Sugeno dalam Mengestimasi Curah Hujan

Dalam mengestimasi curah hujan, data curah hujan dipengaruhi oleh parameter-parameter atmosfer yang meliputi temperatur, kelembaban, dan tekanan udara. Berikut adalah data yang diambil dari LAPAN BPAA PASURUAN. Data tersebut diambil pada bulan Februari tahun 2010 hingga tahun 2013.

Tabel 4.1. Data Curah Hujan Jawa Timur Tahun 2010 - 2013.

Bulan - Tahun	Kelembaban (%)	Temperatur (C)	Tekanan Udara (mb)	Curah Hujan (mm)
Februari 2010	26,31	89,89	1006,09	0,94
Maret 2010	27,39	85,02	1007,79	0,57
April 2010	28,8	76,33	1006,5	0,11
Mei 2010	27,77	81,75	1005,62	0,4
Juni 2010	27,29	79,29	1008,15	0,04
Juli 2010	26,77	74,96	1008,45	0,02
Agustus 2010	37,09	72,89	1008,18	0
September 2010	28,32	69,14	1008,04	0
Oktober 2010	29,32	66	1008,01	0
November 2010	29,48	71,63	1005,95	0
Desember 2010	28,74	78,3	1006,7	0,001
Januari 2011	26,53	89,26	1007,13	1,09
Februari 2011	28,02	81,88	1006,07	0,89
Maret 2011	28,87	74,39	1005,17	0,61
April 2011	28,75	69,92	1005,05	1,03
Mei 2011	29,46	67,32	1003,79	0,4
Juni 2011	29,26	64,11	1005,61	0,06
Juli 2011	29,27	60,68	1005,44	0,11
Agustus 2011	29,42	59,44	1005,6	0,03
September 2011	29,49	61,06	1004,96	0,19
Oktober 2011	29,25	63,52	1004,06	0,47
November 2011	29,32	64,49	1003,59	0,25
Desember 2011	28,24	68,89	1001,53	0,96
Januari 2012	27,92	68,55	1000,02	0,53
Februari 2012	27,91	68,99	1002,88	0,65
Maret 2012	28,2	69,39	1003,05	0,5
April 2012	28,5	68,72	1004,17	0,76
Mei 2012	29,13	64,69	1004,87	0,3

Bulan - Tahun	Kelembaban (%)	Temperatur (C)	Tekanan Udara (mb)	Curah Hujan (mm)
Juni 2012	28,46	59,52	1005,51	0,02
Juli 2012	28,51	57,51	1005,85	0
Agustus 2012	28,31	54,71	1006,28	0
September 2012	29,05	53,3	1006,37	0
Oktober 2012	30,65	51,09	1004,69	0,01
November 2012	29,57	63,11	1003,58	0,57
Desember 2012	28,75	68,56	1002,77	0,53
Januari 2013	27,85	70,81	1002,86	0,96
Februari 2013	28,65	68	1002,85	0,73
Maret 2013	28,35	68,06	1003,81	0,48
April 2013	29,93	61,18	1005,07	0,12
Mei 2013	29,22	62,18	1004,68	0,24
Juni 2013	28,28	58,9	1005,53	0,16
Juli 2013	29,21	51,35	1005,38	0
Agustus 2013	29,47	49,71	1006,92	0
September 2013	30,1	47,75	1006,67	0
Oktober 2013	32,45	45,65	1004,78	0
November 2013	31,81	52,87	1004,08	0
Desember 2013	29,03	64,41	1003,23	0,33

(Sumber : diadopsi dari LAPAN BPAA PASURUAN tahun 2016)

Aplikasi logika *fuzzy* digunakan untuk mengubah *input* yang berupa temperatur, kelembaban, dan tekanan udara sehingga mendapatkan *output* yaitu curah hujan. Dalam mengestimasi curah hujan, akan digunakan *Fuzzy Inference System* dengan metode Sugeno Orde-Nol. Pada pengujian *input* pembentukan kombinasi aturan *fuzzy* disesuaikan dengan data *output* dengan menyertakan semua variabel. Metode tersebut anteseden yang akan dipresentasikan dengan aturan dalam himpunan *fuzzy* sedangkan konsekuen dipresentasikan dengan konstanta.

Selanjutnya akan dicari derajat keanggotaan nilai tiap variabel dari salah satu data. Kemudian mencari α -predikat untuk setiap aturan-aturan kombinasi *fuzzy*. Dengan menggunakan rata-rata terbobot (*weighted average*), hasil α -predikat yang tidak nol digunakan untuk mencari nilai rata-rata yang juga merupakan *defuzzifikasi*. Berikut ini adalah tahapan-tahapannya :

1. Fuzzifikasi

Fuzzifikasi adalah proses dimana data *inputan* nilai yang bersifat pasti (*crisp input*) kedalam *fuzzy input*. Pada penelitian ini digunakan beberapa variabel untuk mengestimasi curah hujan dengan parameter temperatur, kelembaban, dan tekanan udara.

Pada metode Sugeno variabel *input* maupun variabel *output* dibagi menjadi satu atau lebih himpunan *fuzzy*. Dalam mengestimasi curah hujan variabel *input* dibagi menjadi tiga yaitu variabel temperatur, kelembaban, dan tekanan udara pada satu variabel *output* yaitu variabel curah hujan. Berikut adalah penentuan variabel yang akan dijelaskan pada tabel 4.2.

Tabel 4.2. Semesta Pembicaraan untuk Setiap Variabel *Fuzzy*.

Fungsi	Nama Variabel	Semesta Pembicaraan
<i>Input</i>	Temperatur	[26,31, 37,09]
	Kelembaban	[45,65, 89,89]
	Tekanan udara	[1000,02, 1008,45]
<i>Output</i>	Curah hujan	[0, 1]

Dari variabel tersebut, selanjutnya disusun domain himpunan *fuzzy*. Dalam penentuan domain dari masing-masing variabel, akan digunakan rumus *kuartil* (Q_1), (Q_2), dan (Q_3) untuk domain (rendah, sedang, dan tinggi). Selanjutnya pada variabel temperatur dengan semesta pembicaraan [26,31, 37,09] didapatkan hasil ($Q_1 = 29,05$), ($Q_2 = 31,7$), dan ($Q_3 = 34,4$) dari domain temperatur tersebut dapat ditentukan fungsi keanggotaan dari masing-masing variabel. Berikut adalah perancangan himpunan *fuzzy* pada penentuan variabel temperatur.

Tabel 4.3 Himpunan *fuzzy* Temperatur

Variabel	Himpunan	Domain	Fungsi Keanggotaan
Temperatur	Rendah (padat)	[26,31, 31,7]	Bahu Kiri
	Sedang (Gas)	[29,05, 34,4]	Segitiga
	Tinggi (Cair)	[31,7, 37,09]	Bahu Kanan

Selanjutnya pada variabel kelembaban dengan semesta pembicaraan [45,65, 89,89] didapatkan hasil ($Q_1 = 56,71$), ($Q_2 = 67,77$), dan ($Q_3 = 78,83$) dari domain kelembaban tersebut dapat ditentukan fungsi keanggotaan dari masing-masing variabel. Berikut adalah perancangan himpunan *fuzzy* pada penentuan variabel kelembaban.

Tabel 4.4 Himpunan *fuzzy* Kelembaban

Variabel	Himpunan	Domain	Fungsi Keanggotaan
Kelembaban	Rendah (Dingin)	[45,65, 67,77]	Bahu Kiri
	Sedang	[56,71, 78,83]	Segitiga
	Tinggi (Panas)	[67,77, 89,89]	Bahu Kanan

Selanjutnya pada variabel tekanan udara dengan semesta pembicaraan [1000,02, 1008,45] didapatkan hasil ($Q_1 = 56,71$), ($Q_2 = 67,77$), dan ($Q_3 = 78,83$) dari domain tekanan udara tersebut dapat ditentukan fungsi keanggotaan dari masing-masing variabel. Berikut adalah perancangan himpunan *fuzzy* pada penentuan variabel tekanan udara.

Tabel 4.5 Himpunan *fuzzy* Tekanan Udara

Variabel	Himpunan	Domain	Fungsi Keanggotaan
Tekanan udara	Rendah	[1000,02, 1004,24]	Bahu Kiri
	Sedang	[1002,13, 1006,34]	Segitiga
	Tinggi	[1004,24, 1008,45]	Bahu Kanan

Selanjutnya pada variabel curah hujan dengan semesta pembicaraan [0, 1], didapatkan hasil ($Q_1 = 0,33$), ($Q_2 = 0,66$), dan ($Q_3 = 0,99$) dari domain curah hujan tersebut dapat ditentukan fungsi keanggotaan dari masing-masing variabel. Berikut adalah perancangan himpunan *fuzzy* pada penentuan variabel curah hujan.

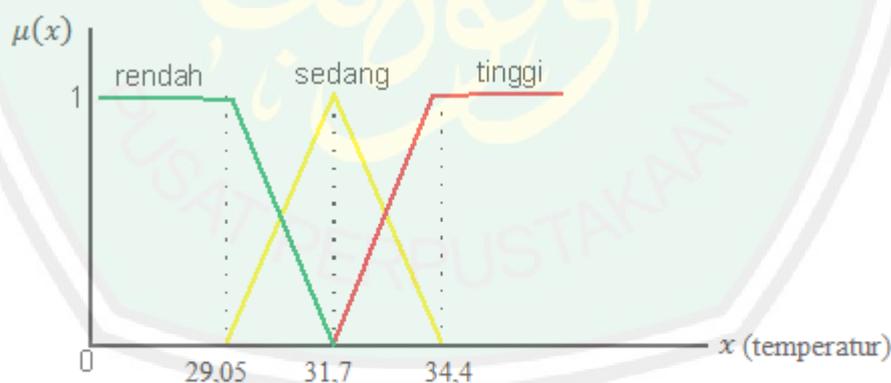
Tabel 4.6 Himpunan *fuzzy* Curah Hujan

Variabel	Himpunan	Domain	Fungsi Keanggotaan
Curah hujan	Rendah (cerah)	[0, 0,33]	Bahu Kiri
	Sedang (berawan)	[0,33, 0,66]	Segitiga
	Tinggi (hujan)	[0,66, 0,99]	Bahu Kanan

Himpunan *fuzzy* beserta fungsi keanggotaan dari variabel temperatur, kelembaban, tekanan udara dan curah hujan dapat direpresentasikan sebagai berikut:

a. Himpunan *Fuzzy* Variabel Temperatur

Pada variabel temperatur didefinisikan tiga himpunan *fuzzy* yaitu rendah, sedang, dan tinggi. Untuk merepresentasikan variabel temperatur digunakan bentuk kurva bahu kiri untuk himpunan *fuzzy* rendah, bentuk kurva segitiga untuk himpunan *fuzzy* sedang, dan bentuk kurva bahu kanan untuk himpunan *fuzzy* tinggi. Gambar himpunan *fuzzy* untuk variabel temperatur ditunjukkan pada Gambar 4.1.



Gambar 4.1 Variabel Temperatur

Dimana sumbu vertikal merupakan nilai *input* dari variabel temperatur sedangkan sumbu horizontal merupakan tingkat keanggotaan dari nilai *input*. Fungsi keanggotannya dapat ditunjukkan sebagai berikut:

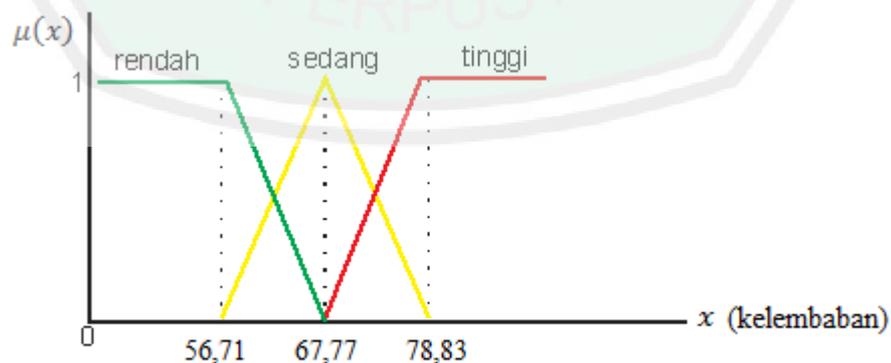
$$\mu_{rendah}(x) = \begin{cases} 1 & ; \quad x \leq 29,05 \\ \frac{31,7 - x}{2,7} & ; \quad 29,05 \leq x \leq 31,7 \\ 0 & ; \quad x \geq 31,7 \end{cases}$$

$$\mu_{sedang}(x) = \begin{cases} 0 & ; \quad x \leq 29,05, \quad x > 34,4 \\ \frac{x - 29,05}{2,7} & ; \quad 29,05 \leq x \leq 31,7 \\ \frac{34,4 - x}{2,7} & ; \quad 31,7 \leq x \leq 34,4 \end{cases}$$

$$\mu_{tinggi}(x) = \begin{cases} 0 & ; \quad x \leq 31,7 \\ \frac{x - 31,7}{2,7} & ; \quad 31,7 \leq x \leq 34,4 \\ 1 & ; \quad x \geq 34,4 \end{cases}$$

b. Himpunan *Fuzzy* Variabel Kelembaban

Pada variabel kelembaban didefinisikan tiga himpunan *fuzzy* yaitu rendah, sedang, dan tinggi. Untuk merepresentasikan variabel kelembaban digunakan bentuk kurva bahu kiri untuk himpunan *fuzzy* rendah, bentuk kurva segitiga untuk himpunan *fuzzy* sedang, dan bentuk kurva bahu kanan untuk himpunan *fuzzy* tinggi. Gambar himpunan *fuzzy* untuk variabel kelembaban ditunjukkan pada Gambar 4.2.



Gambar 4.2 Variabel Kelembaban

Dimana sumbu horizontal merupakan nilai *input* dari variabel kelembaban

sedangkan sumbu vertikal merupakan tingkat keanggotaan dari nilai *input*.

Fungsi keanggotaan diperoleh dengan cara yang sama sebagaimana dalam variabel kelembaban sehingga menjadi sebagai berikut:

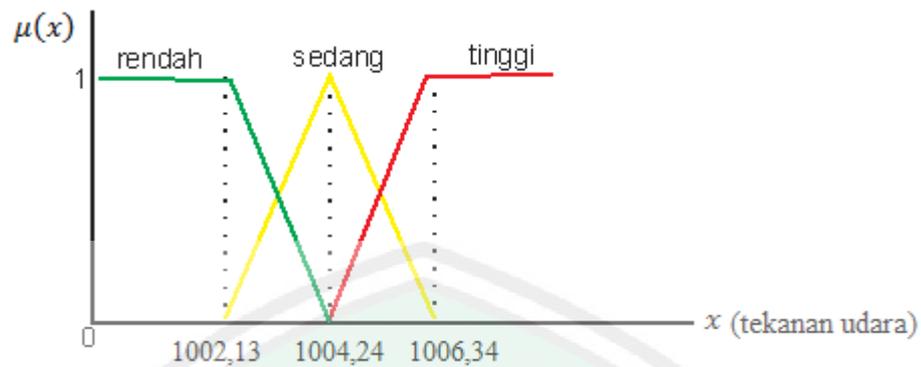
$$\mu_{rendah}(x) = \begin{cases} 1 & ; & x \leq 56,71 \\ \frac{67,77 - x}{11,06} & ; & 56,71 \leq x \leq 67,77 \\ 0 & ; & x \geq 67,77 \end{cases}$$

$$\mu_{sedang}(x) = \begin{cases} 0 & ; & x \leq 56,71, x > 78,83 \\ \frac{x - 56,71}{11,06} & ; & 56,71 \leq x \leq 67,77 \\ \frac{78,83 - x}{11,06} & ; & 67,77 \leq x \leq 78,83 \end{cases}$$

$$\mu_{tinggi}(x) = \begin{cases} 1 & ; & x \geq 78,83 \\ \frac{x - 67,77}{11,06} & ; & 67,77 \leq x \leq 78,83 \\ 0 & ; & x \leq 67,77 \end{cases}$$

c. Himpunan *Fuzzy* Variabel Tekanan Udara

Pada variabel tekanan udara didefinisikan tiga himpunan *fuzzy* yaitu rendah, sedang, dan tinggi. Untuk merepresentasikan variabel tekanan udara digunakan bentuk kurva bahu kiri untuk himpunan *fuzzy* rendah, bentuk kurva segitiga untuk himpunan *fuzzy* sedang, dan bentuk kurva bahu kanan untuk himpunan *fuzzy* tinggi. Gambar himpunan *fuzzy* untuk variabel tekanan ditunjukkan pada Gambar 4.3.



Gambar 4.3 Variabel Tekanan Udara

Dimana sumbu horizontal merupakan nilai *input* dari variabel tekanan udara sedangkan sumbu vertikal merupakan tingkat keanggotaan dari nilai *input*.

Fungsi keanggotaan diperoleh dengan cara yang sama sebagaimana dalam variabel tekanan udara sehingga menjadi sebagai berikut:

$$\mu_{rendah}(x) = \begin{cases} 1 & ; & x \leq 1002,13 \\ \frac{1004,24 - x}{2,1} & ; & 1002,13 \leq x \leq 1004,24 \\ 0 & ; & x \geq 1004,24 \end{cases}$$

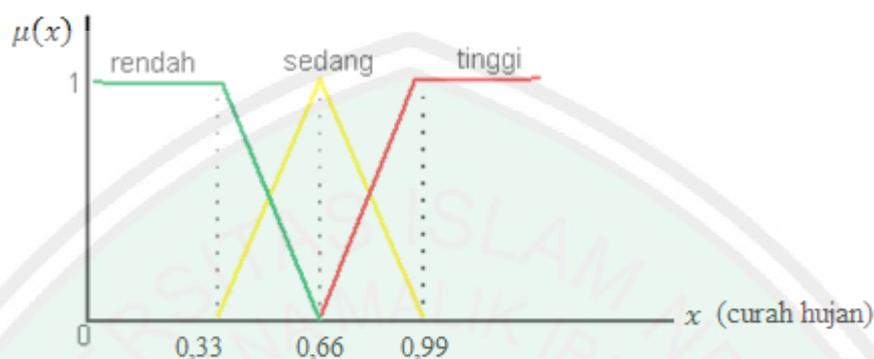
$$\mu_{sedang}(x) = \begin{cases} 0 & ; & x \leq 1002,13, x > 1006,34 \\ \frac{x - 1002,13}{2,1} & ; & 1002,13 \leq x \leq 1004,24 \\ \frac{1006,34 - x}{2,1} & ; & 1004,24 \leq x \leq 1006,34 \end{cases}$$

$$\mu_{tinggi}(x) = \begin{cases} 1 & ; & x \geq 1006,34 \\ \frac{x - 1004,24}{2,1} & ; & 1004,24 \leq x \leq 1006,34 \\ 0 & ; & x \leq 1004,24 \end{cases}$$

d. Himpunan *Fuzzy* Variabel Curah Hujan

Pada variabel curah hujan didefinisikan tiga himpunan *fuzzy* yaitu rendah, sedang, dan tinggi. Untuk merepresentasikan variabel curah hujan digunakan bentuk kurva bahu kiri untuk himpunan *fuzzy* rendah, bentuk kurva

segitiga untuk himpunan *fuzzy* sedang, dan bentuk kurva bahu kanan untuk himpunan *fuzzy* tinggi. Gambar himpunan *fuzzy* untuk variabel tekanan ditunjukkan pada Gambar 4.4.



Gambar 4.4 Variabel Curah Hujan

Dimana sumbu horizontal merupakan nilai *input* dari variabel curah hujan sedangkan sumbu vertikal merupakan tingkat keanggotaan dari nilai *input*.

Fungsi keanggotaan diperoleh dengan cara yang sama sebagaimana dalam variabel curah hujan sehingga menjadi sebagai berikut:

$$\mu_{rendah}(x) = \begin{cases} 1 & ; \quad x \leq 0,33 \\ \frac{0,66 - x}{0,33} & ; \quad 0,33 \leq x \leq 0,66 \\ 0 & ; \quad x \geq 0,66 \end{cases}$$

$$\mu_{sedang}(x) = \begin{cases} 0 & ; \quad x \leq 0,33, \quad x > 0,99 \\ \frac{x - 0,33}{0,33} & ; \quad 0,33 \leq x \leq 0,66 \\ \frac{0,99 - x}{0,33} & ; \quad 0,66 \leq x \leq 0,99 \end{cases}$$

$$\mu_{tinggi}(x) = \begin{cases} 1 & ; \quad x \geq 0,99 \\ \frac{x - 0,66}{0,33} & ; \quad 0,66 \leq x \leq 0,99 \\ 0 & ; \quad x \leq 0,66 \end{cases}$$

2. Aplikasi Fungsi Implikasi

Berdasarkan penalaran logika *fuzzy*, variabel *linguistic* dalam penentuan

himpunan *fuzzy* diperoleh 27 aturan implikasi dan contohnya adalah (R1) Jika kelembaban rendah, temperatur rendah, dan tekanan udara rendah maka curah hujan adalah cerah. Untuk lebih jelasnya pada penentuan himpunan *fuzzy* selanjutnya dapat dilihat pada tabel 4.7 sebagai berikut:

Tabel 4.7 Fungsi implikasi

No	Rule	Kelembaban	Temperatur	Tekanan Udara	Curah Hujan
1	R1	Rendah	Rendah	Rendah	Cerah
2	R2	Rendah	Rendah	Sedang	Cerah
3	R3	Rendah	Rendah	Tinggi	Cerah
4	R4	Sedang	Rendah	Rendah	Berawan
5	R5	Sedang	Rendah	Sedang	Berawan
6	R6	Sedang	Rendah	Tinggi	Berawan
7	R7	Tinggi	Rendah	Rendah	Berawan
8	R8	Tinggi	Rendah	Sedang	Berawan
9	R9	Tinggi	Rendah	Tinggi	Hujan
10	R10	Rendah	Sedang	Rendah	Cerah
11	R11	Rendah	Sedang	Sedang	Cerah
12	R12	Rendah	Sedang	Tinggi	Cerah
13	R13	Sedang	Sedang	Rendah	Cerah
14	R14	Sedang	Sedang	Sedang	Berawan
15	R15	Sedang	Sedang	Tinggi	Berawan
16	R16	Tinggi	Sedang	Rendah	Berawan
17	R17	Tinggi	Sedang	Sedang	Berawan
18	R18	Tinggi	Sedang	Tinggi	Hujan
19	R19	Rendah	Tinggi	Rendah	Cerah
20	R20	Rendah	Tinggi	Sedang	Cerah
21	R21	Rendah	Tinggi	Tinggi	Cerah
22	R22	Sedang	Tinggi	Rendah	Berawan
23	R23	Sedang	Tinggi	Sedang	Berawan
24	R24	Sedang	Tinggi	Tinggi	Cerah
25	R25	Tinggi	Tinggi	Rendah	Cerah
26	R26	Tinggi	Tinggi	Sedang	Hujan
27	R27	Tinggi	Tinggi	Tinggi	Hujan

Setelah diketahui aturan *fuzzy* fungsi implikasinya selanjutnya akan di cari bentuk curah hujan dengan menggunakan rumus persamaan metode Sugeno Orde-Nol sebagai berikut:

$$IF(x_1 \text{ is } A_1) \cap (x_2 \text{ is } A_2) \cap (x_3 \text{ is } A_3) \cap \dots \cap (x_N \text{ is } A_N) THEN z = k$$

Keterangan

x_n adalah variabel *input*

A_N adalah kategori

$$z = \begin{cases} \text{cerah} & k \leq 0,33 \\ \text{berawan} & 0,33 < k \leq 0,66 \\ \text{hujan} & 0,66 < k \leq 0,99 \end{cases}$$

Pada penelitian ini fungsi implikasi yang akan digunakan adalah menggunakan fungsi minimum, yaitu dengan cara mencari aturan ke- i dan dapat dinyatakan dalam rumus persamaan sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \alpha_i &= \mu_{A_i}(x) \cap \mu_{B_i}(x) \\ &= \min\{\mu_{A_i}(x), \mu_{B_i}(x)\} \end{aligned}$$

Keterangan:

α_i = nilai minimum dari himpunan *fuzzy* A dan B pada aturan ke- i

$\mu_{A_i}(x)$ = derajat keanggotaan x dari himpunan *fuzzy* A pada aturan ke- i

$\mu_{B_i}(x)$ = derajat keanggotaan x dari himpunan *fuzzy* B pada aturan ke- i

3. Komposisi Aturan

Komposisi aturan menggunakan fungsi max, yaitu solusi himpunan *fuzzy* diperoleh dengan cara mengambil nilai maksimum aturan. Jika semua proposisi telah dievaluasi, maka *output* akan berisi suatu himpunan *fuzzy* yang merefleksikan kontribusi dari tiap-tiap proposisi. Secara umum dapat dituliskan:

$$U_{sf}[x_i] = \max(U_{sf}[x_i], U_{kf}[x_i])$$

Keterangan:

$U_{sf}[x_i]$ adalah nilai keanggotaan solusi *fuzzy* sampai aturan ke- i

$U_{kf}[x_i]$ adalah nilai keanggotaan konsekuen *fuzzy* sampai aturan ke- i

4. Defuzzifikasi

Defuzzifikasi yaitu mengkonversi himpunan *fuzzy* keluaran ke bentuk bilangan tegas (*crisp*). Dalam metode Sugeno menggunakan metode perhitungan rata-rata terbobot (*weighted average*).

$$WA = \frac{\sum_{i=1}^N \alpha_i z_i}{\sum_{i=1}^N \alpha_i}$$

WA adalah nilai rata-rata terbobot

α_i adalah α -predikat ke- i

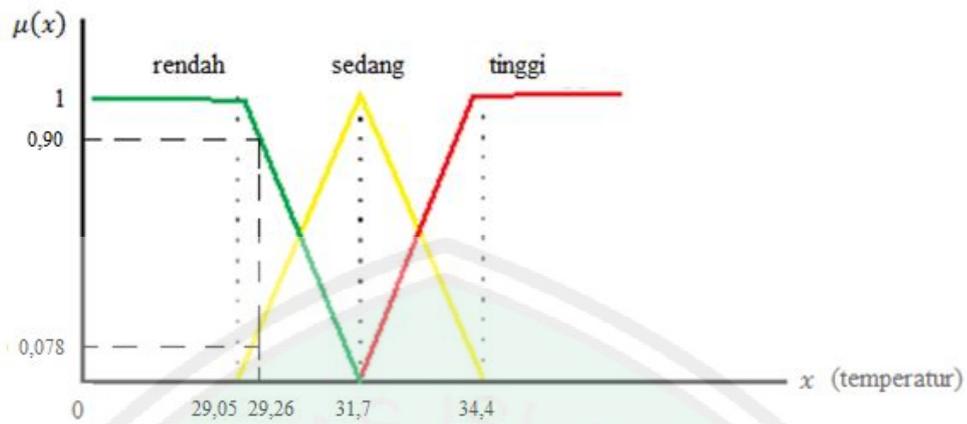
z_i adalah konsekuen ke- i

4.2 Contoh Kasus Metode Sugeno dalam Mengestimasi Curah Hujan

Pada kasus penerapan ini mengambil contoh data pada bulan Juni tahun 2010 dengan temperatur 29,26, kelembaban 64,11, dan tekanan udara 1005,61.

Langkah 1. Menentukan Himpunan *Fuzzy*

- a) Untuk variabel *input* temperatur didefinisikan tiga himpunan *fuzzy* yaitu: rendah, sedang, dan tinggi. Setiap himpunan *fuzzy* memiliki interval keanggotaan yakni seperti terlihat pada Gambar 4.5.



Gambar 4.5 Contoh Kasus Variabel Temperatur

dengan tingkat keanggotaan sesuai fungsi sehingga diperoleh sebagai berikut:

$$\mu_{rendah}(x) = \begin{cases} 1 & ; \quad x \leq 29,05 \\ \frac{31,7 - x}{2,7} & ; \quad 29,05 \leq x \leq 31,7 \\ 0 & ; \quad x \geq 31,7 \end{cases}$$

$$\mu_{sedang}(x) = \begin{cases} 0 & ; \quad x \leq 29,05, \quad x > 34,4 \\ \frac{x - 29,05}{2,7} & ; \quad 29,05 \leq x \leq 31,7 \\ \frac{34,4 - x}{2,7} & ; \quad 31,7 \leq x \leq 34,4 \end{cases}$$

Sehingga diperoleh

$$\mu_{rendah}[29,26] = \frac{31,7 - 29,26}{2,7} = 0,90$$

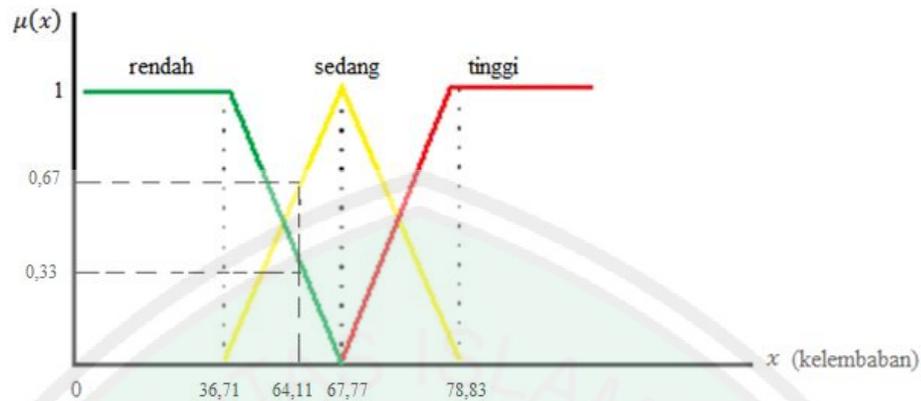
$$\mu_{sedang}[29,26] = \frac{29,26 - 29,05}{2,7} = 0,078$$

$$\mu_{tinggi}[29,26] = 0$$

yang berarti bahwa temperatur tersebut dapat dikatakan rendah dengan derajat keanggotaan 0,90 dan dikatakan sedang dengan derajat keanggotaan 0,078.

- b) Untuk variabel kelembaban didefinisikan pada tiga himpunan *fuzzy* yaitu: rendah, sedang, dan tinggi. Setiap himpunan *fuzzy* memiliki interval

keanggotaan yakni seperti terlihat pada Gambar 4.6.



Gambar 4.6 Contoh Kasus Variabel Kelembaban

dengan tingkat keanggotaan sesuai fungsi keanggotaan sehingga diperoleh sebagai berikut:

$$\mu_{rendah}(x) = \begin{cases} 1 & ; \quad x \leq 56,71 \\ \frac{67,77 - x}{11,06} & ; \quad 56,71 \leq x \leq 67,77 \\ 0 & ; \quad x \geq 67,77 \end{cases}$$

$$\mu_{sedang}(x) = \begin{cases} 0 & ; \quad x \leq 56,71, \quad x > 78,83 \\ \frac{x - 56,71}{11,06} & ; \quad 56,71 \leq x \leq 67,77 \\ \frac{78,83 - x}{11,06} & ; \quad 67,77 \leq x \leq 78,83 \end{cases}$$

Sehingga diperoleh

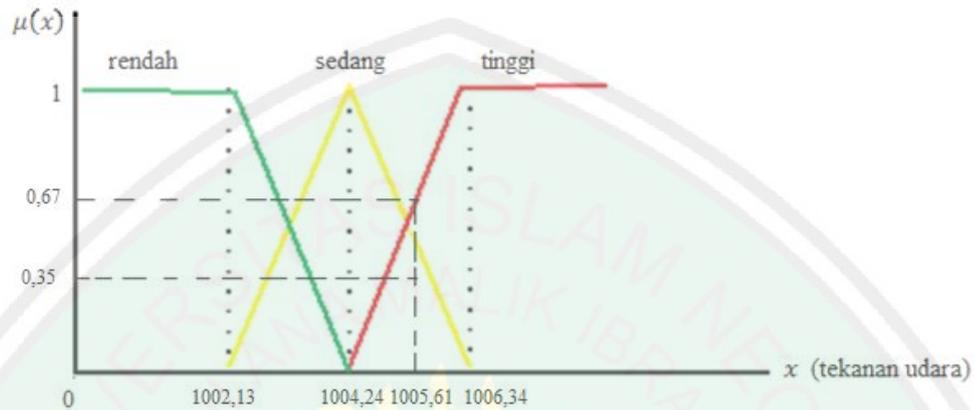
$$\mu_{rendah}[64,11] = \frac{67,77 - 64,11}{11,06} = 0,33$$

$$\mu_{sedang}[64,11] = \frac{64,11 - 56,71}{11,06} = 0,67$$

$$\mu_{tinggi}[64,11] = 0$$

yang berarti bahwa kelembaban rendah dengan derajat keanggotaan 0,33 dan sedang dengan derajat keanggotaan 0,67.

- c) Untuk variabel tekanan udara didefinisikan pada tiga himpunan *fuzzy* yaitu: rendah, sedang, dan tinggi. Setiap himpunan *fuzzy* memiliki interval keanggotaan yakni seperti terlihat pada Gambar 4.7.



Gambar 4.7 Contoh Kasus Variabel Tekanan Udara

dengan tingkat keanggotaan sesuai fungsi keanggotaan sehingga diperoleh sebagai berikut:

$$\mu_{sedang}(x) = \begin{cases} 0 & ; x \leq 1002,13, x > 1006,34 \\ \frac{x - 1002,13}{2,1} & ; 1002,13 \leq x \leq 1004,24 \\ \frac{1006,34 - x}{2,1} & ; 1004,24 \leq x \leq 1006,34 \end{cases}$$

$$\mu_{tinggi}(x) = \begin{cases} 1 & ; x \geq 1006,34 \\ \frac{x - 1004,24}{2,1} & ; 1004,24 \leq x \leq 1006,34 \\ 0 & ; x \leq 1004,24 \end{cases}$$

Sehingga diperoleh

$$\mu_{rendah}[1005,61] = 0$$

$$\mu_{sedang}[1005,61] = \frac{1006,34 - 1005,61}{2,1} = 0,35$$

$$\mu_{tinggi}[1005,61] = \frac{1005,61 - 1004,24}{2,1} = 0,65$$

yang berarti bahwa tekanan udara sedang dengan derajat keanggotaan 0,35 dan tekanan udara tinggi dengan derajat keanggotaan 0,65.

Langkah 2. Aplikasi Fungsi Implikasi

Fungsi implikasi yang digunakan dalam proses ini adalah fungsi MIN (minimum), yaitu dengan mengambil derajat keanggotaan yang minimum dari variabel *input* sebagai *output*-nya. Berikut aplikasi fungsi implikasinya.

[R2] Jika kelembaban rendah, temperatur rendah, dan tekanan udara sedang maka curah hujan adalah cerah.

$$\begin{aligned} \alpha - \text{predikat}_2 & \\ &= \mu_{\text{kelembaban_rendah}} \cap \mu_{\text{temperatur_rendah}} \cap \mu_{\text{tekanan udara_tinggi}} \\ &= \min(\mu_{\text{kelembaban_rendah}} \cap \mu_{\text{temperatur_rendah}} \cap \mu_{\text{tekanan udara_tinggi}}) \\ &= \min(0,90, 0,33, 0,65) = 0,33 \end{aligned}$$

Menurut Tabel 4.6 maka variabel *linguistic* adalah cerah.

[R3] Jika kelembaban rendah, temperatur rendah, dan tekanan udara tinggi maka curah hujan adalah cerah.

$$\begin{aligned} \alpha - \text{predikat}_3 & \\ &= \mu_{\text{kelembaban_rendah}} \cap \mu_{\text{temperatur_rendah}} \cap \mu_{\text{tekanan udara_tinggi}} \\ &= \min(\mu_{\text{kelembaban_rendah}} \cap \mu_{\text{temperatur_rendah}} \cap \mu_{\text{tekanan udara_tinggi}}) \\ &= \min(0,90, 0,33, 0,65) = 0,33 \end{aligned}$$

Menurut Tabel 4.6 maka variabel *linguistic* adalah cerah.

[R11] Jika kelembaban rendah, temperatur sedang, dan tekanan udara sedang maka curah hujan adalah cerah.

α – predikat₁₁

$$\begin{aligned} &= \mu_{kelembaban_rendah} \cap \mu_{temperatur_sedang} \cap \mu_{tekanan\ udara_sedang} \\ &= \min(\mu_{kelembaban_rendah} \cap \mu_{temperatur_sedang} \cap \mu_{tekanan\ udara_sedang}) \\ &= \min(0,90, 0,67, 0,35) = 0,35 \end{aligned}$$

Menurut Tabel 4.6 maka variabel *linguistic* adalah berawan.

[R12] Jika kelembaban rendah, temperatur sedang dan tekanan udara sedang maka curah hujan adalah cerah.

α – predikat₁₂

$$\begin{aligned} &= \mu_{kelembaban_rendah} \cap \mu_{temperatur_sedang} \cap \mu_{tekanan\ udara_tinggi} \\ &= \min(\mu_{kelembaban_rendah} \cap \mu_{temperatur_sedang} \cap \mu_{tekanan\ udara_tinggi}) \\ &= \min(0,90, 0,67, 0,65) = 0,65 \end{aligned}$$

Menurut Tabel 4.6 maka variabel *linguistic* adalah berawan.

[R5] Jika kelembaban sedang, temperatur rendah, dan tekanan udara sedang maka curah hujan adalah berawan.

α – predikat₅

$$\begin{aligned} &= \mu_{kelembaban_sedang} \cap \mu_{temperatur_rendah} \cap \mu_{tekanan\ udara_sedang} \\ &= \min(\mu_{kelembaban_sedang} \cap \mu_{temperatur_rendah} \cap \mu_{tekanan\ udara_sedang}) \\ &= \min(0,078, 0,33, 0,35) = 0,078 \end{aligned}$$

Menurut Tabel 4.6 maka variabel *linguistic* adalah cerah.

[R6] Jika kelembaban sedang, temperatur rendah, dan tekanan udara tinggi

maka curah hujan adalah berawan.

α – predikat₆

$$\begin{aligned} &= \mu_{kelembaban_sedang} \cap \mu_{temperatur_rendah} \cap \mu_{tekanan\ udara_tinggi} \\ &= \min(\mu_{kelembaban_sedang} \cap \mu_{temperatur_rendah} \cap \mu_{tekanan\ udara_tinggi}) \\ &= \min(0,078, 0,33, 0,65) = 0,078 \end{aligned}$$

Menurut Tabel 4.6 maka variabel *linguistic* adalah cerah.

[R14] Jika kelembaban sedang, temperatur sedang, dan tekanan udara sedang maka curah hujan adalah berawan.

α – predikat₁₄

$$\begin{aligned} &= \mu_{kelembaban_sedang} \cap \mu_{temperatur_sedang} \cap \mu_{tekanan\ udara_sedang} \\ &= \min(\mu_{kelembaban_sedang} \cap \mu_{temperatur_sedang} \cap \mu_{tekanan\ udara_sedang}) \\ &= \min(0,078, 0,67, 0,35) = 0,078 \end{aligned}$$

Menurut Tabel 4.6 maka variabel *linguistic* adalah cerah.

[R15] Jika kelembaban sedang, temperatur sedang, dan tekanan udara tinggi maka curah hujan adalah berawan.

α – predikat₁₅

$$\begin{aligned} &= \mu_{kelembaban_sedang} \cap \mu_{temperatur_sedang} \cap \mu_{tekanan\ udara_tinggi} \\ &= \min(\mu_{kelembaban_sedang} \cap \mu_{temperatur_sedang} \cap \mu_{tekanan\ udara_tinggi}) \\ &= \min(0,078, 0,67, 0,65) = 0,078 \end{aligned}$$

Menurut Tabel 4.6 maka variabel *linguistic* adalah cerah.

Langkah 3. Komposisi Aturan

Komposisi aturan merupakan kesimpulan secara keseluruhan dengan mengambil tingkat keanggotaan maksimum dari tiap konsekuen aplikasi fungsi implikasi dan menggabungkan dari semua kesimpulan masing-masing aturan, sehingga diperoleh daerah solusi *fuzzy*. Komposisi aturan menggunakan fungsi max sebagai berikut:

$$U_{sf}[x_i] = \max(U_{sf}[x_i], U_{kf}[x_i])$$

Sehingga diperoleh komposisi aturan fungsi max curah hujan sebagai berikut:

1. Cerah = $\max(0,65) = 0,65$
2. Berawan = $\max(0,078) = 0,078$
3. Hujan = $\max(0) = 0$

Langkah 4. Penegasan (*defuzzifikasi*)

Pada metode Sugeno penegasan menggunakan perhitungan rata-rata terbobot (*Weighted Average*):

$$WA = \frac{\sum_{i=1}^N \alpha_i z_i}{\sum_{i=1}^N \alpha_i}$$

$$= \frac{0,65(0,33) + 0,078(0,66) + 0(0,99)}{0,65 + 0,078 + 0}$$

$$= 0,36$$

Jadi dengan menggunakan *fuzzy inference system* metode Sugeno dengan temperatur 29,26, kelembaban 64,11, dan tekanan udara 1005,61 memiliki nilai *defuzzifikasi* curah hujan sebesar 0,36 dengan variabel *linguistic* adalah berawan.

Berikutnya dari 47 data tersebut dihitung menggunakan program matlab dan didapat hasil sebagai berikut:

Tabel 4.8 Hasil dari hitungan *Fuzzy Inference System* dan MSE

Bulan – Tahun	Curah Hujan	Variabel <i>Linguistic</i>	FIS	Variabel <i>Linguistic</i>	MSE
Februari 2010	0,94	Hujan	0,33	Cerah	0,007917021
Maret 2010	0,57	Berawan	0,33	Cerah	0,001225532
April 2010	0,11	Cerah	0,33	Cerah	0,001029787
Mei 2010	0,4	Berawan	0,33	Cerah	0,000104255
Juni 2010	0,04	Cerah	0,33	Cerah	0,001789362
Juli 2010	0,02	Cerah	0,33	Cerah	0,002044681
Agustus 2010	0	Cerah	0,99	Hujan	0,020853191
September 2010	0	Cerah	0,33	Cerah	0,002317021
Oktober 2010	0	Cerah	0,38	Berawan	0,00307234
November 2010	0	Cerah	0,37	Berawan	0,002912766
Desember 2010	0,001	Cerah	0,33	Cerah	0,002303
Januari 2011	1,09	Hujan	0,33	Cerah	0,012289362
Februari 2011	0,89	Hujan	0,33	Cerah	0,00667234
Maret 2011	0,61	Berawan	0,33	Cerah	0,001668085
April 2011	1,03	Hujan	0,33	Cerah	0,010425532
Mei 2011	0,4	Cerah	0,38	Berawan	0,0000851
Juni 2011	0,06	Cerah	0,38	Berawan	0,002178723
Juli 2011	0,11	Cerah	0,38	Berawan	0,001551064
Agustus 2011	0,03	Cerah	0,42	Berawan	0,00323617
September 2011	0,19	Cerah	0,42	Berawan	0,001125532
Oktober 2011	0,47	Berawan	0,38	Berawan	0,00017234
November 2011	0,25	Cerah	0,38	Berawan	0,000359574
Desember 2011	0,96	Hujan	0,33	Cerah	0,008444681
Januari 2012	0,53	Berawan	0,33	Cerah	0,000851064
Februari 2012	0,65	Berawan	0,33	Cerah	0,002178723
Maret 2012	0,5	Berawan	0,33	Cerah	0,000614894
April 2012	0,76	Hujan	0,33	Cerah	0,003934043
Mei 2012	0,3	Cerah	0,35	Berawan	0,00005319
Juni 2012	0,02	Cerah	0,33	Cerah	0,002044681
Juli 2012	0	Cerah	0,33	Cerah	0,002317021
Agustus 2012	0	Cerah	0,33	Cerah	0,002317021
September 2012	0	Cerah	0,33	Cerah	0,002317021
Oktober 2012	0,01	Cerah	0,51	Berawan	0,005319149
November 2012	0,57	Berawan	0,41	Berawan	0,000544681
Desember 2012	0,53	Berawan	0,33	Cerah	0,000851064
Januari 2013	0,96	Hujan	0,33	Cerah	0,008444681
Februari 2013	0,73	Hujan	0,33	Cerah	0,003404255
Maret 2013	0,48	Berawan	0,33	Cerah	0,000478723
April 2013	0,12	Cerah	0,47	Berawan	0,002606383
Mei 2013	0,24	Cerah	0,38	Berawan	0,000417021
Juni 2013	0,16	Cerah	0,33	Cerah	0,000614894
Juli 2013	0	Cerah	0,36	Berawan	0,002757447
Agustus 2013	0	Cerah	0,38	Berawan	0,00307234
September 2013	0	Cerah	0,46	Berawan	0,004502128

Bulan – Tahun	Curah Hujan	Variabel Linguistic	FIS	Variabel Linguistic	MSE
Oktober 2013	0	Cerah	0,71	Hujan	0,010725532
November 2013	0	Cerah	0,66	Berawan	0,009268085
Desember 2013	0,33	Cerah	0,33	Cerah	0

Pada tabel tersebut menunjukkan bahwa hasil yang didapat pada *Fuzzy Inference System* dengan metode Sugeno memiliki hasil yang kurang sesuai pada data aktual curah hujan. Hal ini dikarenakan dari sebanyak 47 data hanya memiliki 11 data yang sesuai dengan data sebenarnya, maka persentase kesalahan *Fuzzy Inference System* dengan metode Sugeno sebesar 77%. Hal ini dapat ditunjukkan pada besarnya selisih antara data aktual curah hujan dan hasil dari *Fuzzy Inference System* dengan metode Sugeno. Hal tersebut dapat dicontohkan dari tabel, pada bulan Februari 2010 memiliki data aktual curah hujan sebesar 0,94 akan tetapi pada *Fuzzy Inference System* memiliki hasil sebesar 0,33 sehingga selisihnya sebesar 0,61. Hal tersebut sangat berpengaruh pada penentuan curah hujan. Selain itu data aktual curah hujan pada bulan Februari 2010 memiliki variabel *linguistic* dalam kondisi hujan sedangkan *Fuzzy Inference System* dengan metode Sugeno menunjukkan curah hujan dalam kondisi cerah. Dengan melihat besarnya selisih pada data aktual dan *Fuzzy Inference System* dan berbedanya variabel *linguistic* dalam penentuan curah hujan, dapat disimpulkan *Fuzzy Inference System* dengan metode Sugeno kurang sesuai untuk mengestimasi curah hujan meskipun memiliki MSE yang relatif kecil. Dalam situasi ini peramalan mengandung unsur kesalahan (*error*) dalam perumusan sebuah peramalan. Akan tetapi sumber penyimpangan dalam estimasi bukan hanya disebabkan oleh unsur *error*, ketidakmampuan suatu model peramalan mengenali unsur yang lain dalam data juga mempengaruhi besarnya penyimpangan dalam peramalan. Jadi besarnya

penyimpangan hasil estimasi dapat disebabkan oleh besarnya faktor yang tidak diduga (*outliers*) yang tidak ada metode peramalan yang mampu menghasilkan estimasi yang akurat, atau dapat juga disebabkan metode peramalan yang digunakan tidak dapat mengestimasi dengan tepat.

4.3 Metode Sugeno untuk Mengestimasi Curah Hujan dalam Islam

Tujuan penelitian ini adalah untuk memberikan kemudahan dalam memprediksi cuaca. Pada proses memprediksi cuaca ini digunakan suatu metode yakni *Fuzzy Inference System*. Dengan demikian Allah Swt menghendaki kemudahan setiap usaha yang dilakukan oleh umat-NYA, terlebih usaha tersebut untuk kebaikan.

هَلْ جَزَاءُ الْإِحْسَنِ إِلَّا الْإِحْسَنُ ﴿٦٠﴾

”Tidak ada Balasan kebaikan kecuali kebaikan (pula)”.(QS. ar-Rahman/55:60)

Fuzzy Inference System merupakan sistem komputasi yang bekerja atas dasar prinsip penalaran *fuzzy*. Sistem ini berfungsi untuk mengambil keputusan melalui proses tertentu dengan mempergunakan aturan inferensi berdasarkan logika *fuzzy*. Dalam penelitian ini *Fuzzy Inference System* digunakan sebagai metode untuk memprediksi suatu cuaca. Dalam pengamatan cuaca faktor yang sangat berpengaruh adalah unsur-unsur cuaca. Unsur-unsur cuaca yang digunakan dalam penelitian adalah temperatur, kelembaban, dan tekanan udara. Dari ketiga unsur tersebut diolah sedemikian sehingga didapatkan suatu kriteria cuaca. Pengaruh unsur-unsur cuaca ini telah terkandung dalam al-Quran, surat ar-Rum ayat 48:

اللَّهُ الَّذِي يُرْسِلُ الرِّيحَ فَتُثِيرُ سَحَابًا فَيَبْسُطُهُ فِي السَّمَاءِ كَيْفَ يَشَاءُ وَيَجْعَلُهُ كِسْفًا فَتَرَى
 الْوَدَقَ يَخْرُجُ مِنْ خِلَالِهِ ۖ فَإِذَا أَصَابَ بِهِ ۖ مَنْ يَشَاءُ مِنْ عِبَادِهِ ۖ إِذَا هُمْ يَسْتَبْشِرُونَ ﴿٤٨﴾

“Dialah Allah Yang mengirimkan angin, lalu angin itu menggerakkan awan dan Allah membentangkannya di langit menurut yang dikehendaki-NYA, dan menjadikannya bergumpal-gumpal, lalu kamu lihat air hujan keluar dari celah-celahnya; maka, apabila hujan itu turun mengenai hamba-hamba-NYA yang dikehendaki-NYA, tiba-tiba mereka menjadi gembira” (QS. ar-Rum/30:48).

Ayat di atas menjelaskan angin dan awan (unsur-unsur cuaca) merupakan faktor penyebab turunnya hujan. Hujan adalah salah satu dari kriteria cuaca. Dengan penjelasan ayat-ayat di atas patutnya setiap manusia menyadari bahwa betapa maha kuasanya Allah SWT, pencipta seluruh alam semesta.

Menurut Al-Maraghi (1974:13) arti tafsir dari surat ar-Rum ayat 48 adalah “Allah-lah yang mengirimkan angin, lalu angin itu dapat menimbulkan awan, dan menyebar serta mengumpulkannya di salah satu arah di langit, terkadang awan itu berjalan, dan terkadang berhenti dan terkadang bergumpal-gumpal. Maka kamu dapat melihat air hujan keluar dari celah-celahnya. Maka, apabila hujan itu menimpa sebagian hamba-hamba-NYA, maka mereka bersukaria karena hujan sangat mereka perlukan di dalam kehidupan mereka.

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan pembahasan untuk menentukan estimasi curah hujan dari parameter temperatur, kelembaban, dan tekanan udara dengan menggunakan *Fuzzy Inference System* metode Sugeno Orde-Nol, dapat disimpulkan bahwa hasil yang didapat kurang sesuai pada data aktual curah hujan. Hal ini dikarenakan dari sebanyak 47 data hanya memiliki 11 data yang sesuai dengan data sebenarnya, maka persentase kesalahan *Fuzzy Inference System* dengan metode Sugeno sebesar 77%. Proses logika *Fuzzy Inference System* memiliki empat tahapan sebagai berikut:

- a) Pengaburan (*fuzzifikasi*), yaitu pembentukan himpunan kabur dari variabel temperatur, kelembaban, dan tekanan udara. Variabel tersebut dibagi menjadi tiga himpunan kabur yaitu variabel rendah, variabel sedang, dan variabel tinggi. Fungsi keanggotaan yang digunakan adalah representasi segitiga dan representasi kurva bahu.
- b) Aplikasi fungsi implikasi yang digunakan adalah fungsi minimum yaitu masing-masing anteseden (proposisi yang mengikuti JIKA) dicari nilai minimum berdasarkan aturan-aturan kabur. Berdasarkan variabel *linguistic* dalam penentuan himpunan kabur diperoleh 27 aturan.
- c) Komposisi aturan metode yang digunakan adalah metode maksimum, kemudian menggunakannya dan mengaplikasikannya ke *output* dengan menggunakan operator OR (*union*). Jika semua proposisi telah dievaluasi,

maka *output* akan berisi suatu himpunan kabur yang merefleksikan kontribusi dari tiap-tiap proposisi.

- d) Penegasan (*defuzzifikasi*) yaitu suatu himpunan kabur yang diperoleh dari suatu komposisi aturan-aturan kabur, sedangkan *output* yang dihasilkan merupakan suatu bilangan pada himpunan kabur tersebut. Sehingga jika diberikan suatu himpunan kabur dalam *range* tertentu, maka harus dapat diambil suatu nilai *crisp* tertentu sebagai *output*. Penegasan dilakukan dengan cara mencari rata-rata terbobot (*weight average*).

5.2 Saran

Pada penelitian ini untuk mengestimasi curah hujan dengan logika kabur pada parameter kelembaban, temperatur dan tekanan udara menggunakan *Fuzzy Inference System* dengan metode Sugeno memiliki hasil yang kurang sesuai. Diharapkan pada penelitian berikutnya menggunakan model deret waktu seperti *Exponential Smoothing* atau mengembangkan penelitian ini menggunakan ANFIS (*Addaptive Neuro Fuzzy Inference System*) untuk hasil yang lebih baik.

DAFTAR RUJUKAN

- Al-Maraghi, A.M. 1993. *Tafasir Al-Maraghi*. Semarang: CV. Toha Putra.
- Anonymous.. *Tafsir Al-Qur'an*, (Online),
(http://users6.nofeehost.com/alquranonline/Alquran_Tafsir.asp?page=3&SuratKe=24) diakses 15 Februari 2016.
- Ernyasih. 2012. *Hubungan Iklim (Suhu Udara, Curah Hujan, Kelembaban dan Kecepatan Angin)*. Skripsi dipublikasikan. Depok: Universitas Indonesia.
- Handoko. 1993. *Klimatologi Dasar Landasan Pemahaman Fisika Atmosfer dan Unsur Iklim*. Bandung: Pustaka Jaya.
- Klir, G.J., Clair, U.St. & Yuan, B. 1997. *Fuzzy Set Theory Foundations And Applications*. New Jersey: Prentice Hall International, Inc.
- Kusumadewi, S. & Purnomo, H. 2004. *Aplikasi Logika Fuzzy untuk Pendukung Keputusan*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Kusumadewi, S. 2002. *Analisis & Desain Sistem Fuzzy Menggunakan Toolbox Matlab*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Maulida, A. 2011. *Logika Fuzzy Tsukamoto dalam Menentukan Kerentanan Potensi Banjir*. Skripsi tidak dipublikasikan. Malang: Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
- Prawirowardoyo, S. 1996. *Meteorologi*. Bandung: ITB.
- Rafi'i, S. 2010. *Meteorologi dan Klimatolog*. Bandung: Anka.
- Sari, N.E. & Sukirman, E. 2015. *Prediksi Cuaca Berbasis Logika Fuzzy untuk Rekomendasi Penerbangan di Bandar Udara Raja Haji Fisabillah*. (Online),
(<http://publication.gunadarma.ac.id/bitstream/123456789/1264/1/50407632.pdf>), diakses 3 Januari 2016.
- Sahli, M. & Susanti, N. 2013. *Penerapan Metode Exponential Smoothing dalam Sistem Informasi Pengendalian Persediaan Bahan Baku (Studi Kasus Toko Tirta Harum)*, (Online), 2252-4983: 3 - 1,
(<http://jurnal.umk.ac.id>) diakses 8 Januari 2016.
- Solikin, F. 2011. *Aplikasi Logika Fuzzy dalam Optimisasi Produksi Barang Menggunakan Metode Mamdani dan Metode Sugeno*. Skripsi tidak dipublikasikan. Yogyakarta: Universitas Negeri Yogyakarta.

- Susilo, F. 2006. *Himpunan dan Logika Kabur serta Aplikasinya*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Wang, L.X. 1997. *A Course in Fuzzy Systems and Control*. New Jersey: Prentice Hall International, Inc.
- Wulandari, Y. 2011. *Aplikasi Mamdani dalam Penentuan Status Gizi dengan Indeks Massa (IMT) Menggunakan Logika Fuzzy*. Skripsi tidak dipublikasikan. Yogyakarta: UNY.
- Wisesa, H. 2010. *Serba-Serbi Bumi*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Zufa, F. 2012. *Perbandingan Sistem Inferensi Fuzzy Metode Mamdani dan Metode Sugeno dalam Memprediksi Laju Inflasi*. (Online), (<http://statistik.studentjournal.ub.ac.id/index.php/statistik/article/view/79>) diakses 20 Desember 2015.





**KEMENTERIAN AGAMA RI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI
MAULANA MALIK IBRAHIM MALANG
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
Jl. Gajayana No. 50 Dinoyo Malang Telp./Fax.(0341)558933**

BUKTI KONSULTASI SKRIPSI

Nama : Wahyu Setyo M.
NIM : 10610078
Fakultas/Jurusan : Sains dan Teknologi/Matematika
Judul Skripsi : Aplikasi *Fuzzy Inference System* dengan Metode Sugeno untuk Mengestimasi Curah Hujan
Pembimbing I : Ir. Nanang Widodo, M.Si
Pembimbing II : Evawati Alisah, M.Pd

No.	Tanggal	Hal	Tanda Tangan
1.	5 Januari 2016	Konsultasi Bab I	1.
2.	12 Januari 2016	Konsultasi Bab II	2.
3.	12 Januari 2016	Revisi Bab I	3.
4.	16 Februari 2016	Revisi Bab II	4.
5.	16 Februari 2016	Konsultasi Bab III dan IV	5.
6.	17 Februari 2016	Konsultasi Agama Bab I dan II	6.
7.	24 Februari 2016	Revisi Agama Bab I dan II	7.
8.	2 Maret 2016	ACC Bab I, II dan III	8.
9.	14 April 2016	Revisi Bab I, II, dan III	9.
10.	12 Oktober 2016	Konsultasi Bab IV	10.
11.	6 Desember 2016	Revisi Bab IV	11.
12.	7 Desember 2016	Konsultasi Bab V	12.
13.	8 Desember 2016	Konsultasi Agama Bab IV	13.
14.	13 Desember 2016	Revisi Agama Bab IV	14.
15.	14 Desember 2016	ACC Kajian Agama	15.
16.	14 Desember 2016	ACC Keseluruhan	16.

Malang, 28 Desember 2016
Mengetahui,
Ketua Jurusan Matematika

Dr. Abdussakir, M.Pd
NIP. 19751006 200312 1 001

RIWAYAT HIDUP

Wahyu Setyo Mintaraga, lahir di Kabupaten Pasuruan tepatnya di Dsn. Besuki RT.05 RW.20 Ds. Kejapanan Kecamatan Gempol pada tanggal 05 Desember 1991, biasa dipanggil Wahyu. Selama di Malang bertempat tinggal di Jl. Sunan Kalijaga Dalam Merjosari Kec. Lowokwaru Kota Malang. Anak pertama dari tiga bersaudara dari bapak Suprastiyono dan ibu Sutiyani.

Pendidikan dasarnya ditempuh di SDN 1 Kejapanan dan lulus pada tahun 2003, setelah itu melanjutkan ke SMPN 1 Gempol dan lulus tahun 2006. Kemudian melanjutkan ke SMAN 1 Kejayan dan lulus tahun 2009. Selanjutnya, pada tahun 2010 menempuh kuliah di Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang mengambil Jurusan Matematika..

Selama menjadi mahasiswa, dia pernah aktif di organisasi intra kampus. Dia juga mengikuti program khusus perkuliahan Bahasa Arab pada tahun 2010. Selanjutnya, mengikuti program khusus perkuliahan Bahasa Inggris pada tahun 2011.

