

**PENERAPAN LOGIKA *FUZZY* DENGAN METODE TSUKAMOTO  
UNTUK MENGESTIMASI CURAH HUJAN**

**SKRIPSI**

**OLEH  
ABDUL HAPIZ  
NIM. 10610063**



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

**PENERAPAN LOGIKA *FUZZY* DENGAN METODE TSUKAMOTO  
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  
Abdul Hapiz  
NIM. 10610063**

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

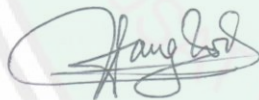
**PENERAPAN LOGIKA FUZZY DENGAN METODE TSUKAMOTO  
UNTUK MENGESTIMASI CURAH HUJAN**

**SKRIPSI**

Oleh  
**Abdul Hapiz**  
**NIM. 10610063**

Telah Diperiksa dan Disetujui untuk Diuji  
Tanggal 14 Desember 2016

Pembimbing I,



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

Pembimbing II,



Abdul Aziz, M.Si  
NIP. 197680318 200604 1 002

Mengetahui,  
Ketua Jurusan Matematika



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

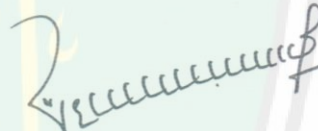
**PENERAPAN LOGIKA FUZZY DENGAN METODE TSUKAMOTO  
UNTUK MENGESTIMASI CURAH HUJAN**

**SKRIPSI**

Oleh  
**Abdul Hapiz**  
NIM. 10610063

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

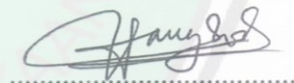
Penguji Utama : Evawati Alisah, M.Pd



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



Sekretaris Penguji : Ir. Nanang Widodo, M.Si



Anggota Penguji : Abdul Aziz, M.Si



Mengesahkan,  
Ketua Jurusan Matematika



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

## MOTO

إِن يَنْصُرْكُمُ اللَّهُ فَلَا غَالِبَ لَكُمْ ۖ وَإِن يَخْذُلْكُمْ فَمَنْ ذَا الَّذِي يَنْصُرُكُم مِّنْ بَعْدِهِ ۗ

وَعَلَى اللَّهِ فَلْيَتَوَكَّلِ الْمُؤْمِنُونَ ﴿١٦٠﴾

“Jika Allah menolong kamu, maka tak adalah orang yang dapat mengalahkan kamu; jika Allah membiarkan kamu (tidak memberi pertolongan), maka siapakah gerangan yang dapat menolong kamu (selain) dari Allah sesudah itu? Karena itu hendaklah kepada Allah saja orang-orang mukmin bertawakkal (QS. Ali Imran/3: 160)”.



## PERSEMBAHAN

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Skripsi ini penulis persembahkan untuk:

Ibunda tercinta Asiani yang selalu mendoakan

dan memberikan semangat pada penulis

Ayahanda tersayang Jariah yang selalu menginspirasi

penulis dengan kegigihan dan kesabarannya

Saudara tercinta Uswatun Hasanah

yang senantiasa memberikan motivasi yang tiada tara.

## PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Abdul Hapiz

NIM : 10610063

Jurusan : Matematika

Fakultas : Sains dan Teknologi

Judul Skripsi : Penerapan Logika *Fuzzy* Dengan Metode Tsukamoto 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, 5 Mei 2017

Yang membuat pernyataan,



Abdul Hapiz  
NIM. 10610063

## KATA PENGANTAR

Segala puji bagi Allah Swt. atas rahmat, taufik serta hidayah-Nya, sehingga penulis dapat merampungkan penulisan skripsi yang berjudul “Penerapan Logika *Fuzzy* dengan Metode Tsukamoto 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. Abdul Aziz, M.Si, selaku dosen pembimbing keagamaan yang telah memberikan saran dan bimbingan yang terbaik selama penulisan skripsi ini.
6. Dr. Abdussakir, M.Pd, 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 Jariah dan ibu Asiah 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, Mei 2017

Penulis

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN JUDUL</b>	
<b>HALAMAN PENGAJUAN</b>	
<b>HALAMAN PERSETUJUAN</b>	
<b>HALAMAN PENGESAHAN</b>	
<b>HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN</b>	
<b>HALAMAN MOTO</b>	
<b>HALAMAN PERSEMBAHAN</b>	
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	viii
<b>DAFTAR ISI</b> .....	x
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	xii
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	xiii
<b>ABSTRAK</b> .....	xiv
<b>ABSTRACT</b> .....	xv
<b>ملخص</b> .....	xvi
 <b>BAB I PENDAHULUAN</b>	
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	4
1.3 Tujuan Penelitian .....	4
1.4 Batasan Masalah .....	4
1.5 Manfaat Penelitian .....	5
1.6 Sistematika Penulisan .....	6
 <b>BAB II KAJIAN PUSTAKA</b>	
2.1 Logika <i>Fuzzy</i> .....	7
2.2 Operasi Dasar Himpunan <i>Fuzzy</i> .....	9
2.3 Fungsi Keanggotaan .....	10
2.4 Implikasi <i>Fuzzy</i> .....	15
2.5 <i>Fuzzy Inference System</i> (FIS) .....	16
2.6 Metode Tsukamoto .....	18
2.7 <i>Mean Squared Error</i> (MSE) .....	20
2.8 Atmosfer .....	21
2.8.1 Pengertian Atmosfer Bumi .....	21
2.8.2 Lapisan Atmosfer Bumi .....	22
2.8.3 Temperatur (Suhu Udara) .....	26
2.8.4 Kelembaban Udara .....	28

2.8.5 Tekanan Udara .....	29
2.8.6 Curah Hujan .....	30
2.9 Kajian Islam .....	32
2.9.1 Kajian Islam Tentang <i>Fuzzy</i> Tsukamoto.....	32
2.9.2 Kajian Islam Tentang Hujan .....	34
 <b>BAB III METODE PENELITIAN</b>	
3.1 Jenis Penelitian .....	37
3.2 Sumber Data .....	37
3.3 Metode Pengumpulan Data .....	38
3.4 Analisis Data .....	38
3.4.1 Pengolahan Data dengan Metode Tsukamoto .....	38
 <b>BAB IV PEMBAHASAN</b>	
4.1 Deskripsi Data .....	40
4.2 Analisis Logika <i>Fuzzy</i> Tsukamoto .....	40
4.2.1 Pengaburan ( <i>Fuzzyfication</i> ) .....	40
4.2.2 Pembentukan Aturan <i>Fuzzy</i> .....	48
4.2.3 Penyelesaian Menggunakan Metode Tsukamoto .....	49
4.3 Analisis danga MSE .....	99
4.4 <i>Fuzzy</i> Tsukamoto dalam Perspektif Islam .....	102
 <b>BAB V PENUTUP</b>	
5.1 Kesimpulan .....	105
5.2 Saran .....	106
 <b>DAFTAR RUJUKAN</b> .....	 107
<b>RIWAYAT HIDUP</b>	

## DAFTAR TABEL

Tabel 4.1 Semesta Pembicaraan untuk Setiap Variabel <i>Fuzzy</i> .....	41
Tabel 4.2 Data Temperatur, Tekanan Udara, Kelembaban, dan Curah Hujan ..	42
Tabel 4.3 Himpunan <i>Fuzzy</i> .....	43
Tabel 4.4 Aturan <i>Fuzzy</i> .....	49
Tabel 4.5 Hasil dari Hitungan <i>Fuzzy</i> Tsukamoto dan MSE .....	99



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Representasi <i>Linear</i> Naik .....	10
Gambar 2.2 Representasi <i>Linear</i> Turun .....	11
Gambar 2.3 Representasi Kurva Segitiga .....	12
Gambar 2.4 Representasi Kurva Trapesium .....	13
Gambar 2.5 Representasi Kurva Bahu .....	14
Gambar 2.6 Struktur Dasar Suatu Sistem Inferensi <i>Fuzzy</i> .....	17
Gambar 3.1 Diagram Alur Metode Tsukamoto .....	39
Gambar 4.1 Himpunan <i>Fuzzy</i> Variabel Kelembaban Udara.....	44
Gambar 4.2 Himpunan <i>Fuzzy</i> Variabel Tekanan Udara .....	45
Gambar 4.3 Himpunan <i>Fuzzy</i> Variabel Temperatur .....	46
Gambar 4.4 Himpunan <i>Fuzzy</i> Variabel Curah Hujan .....	47

## ABSTRAK

Hapiz, Abdul. 2017. **Penerapan Logika *Fuzzy* dengan Metode Tsukamoto 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) Abdul Aziz, M.Si.

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

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 logika *fuzzy*. Penelitian ini berupaya menerapkan logika *fuzzy* untuk mengestimasi curah hujan. Data yang dianalisis adalah data dengan parameter kelembaban, temperatur, dan tekanan udara di LAPAN BPAA PASURUAN.

Di dalam logika *fuzzy* terdapat *Fuzzy Inference System* (FIS). Metode yang digunakan adalah metode Tsukamoto yang memiliki empat tahapan dalam penggunaannya, yaitu 1. fuzzifikasi, 2. aplikasi fungsi implikasi menggunakan fungsi MIN (minimum), 3. komposisi aturan menggunakan fungsi MIN (minimum) dan 4. defuzzifikasi menggunakan metode perhitungan rata-rata terbobot (*Weighted Average*). Dalam penelitian ini didapat hasil bahwa metode Tsukamoto kurang sesuai untuk mengestimasi curah hujan. Hal ini dikarenakan dari sebanyak 24 data hanya 10 data yang sesuai dengan data sebenarnya, maka persentase kesalahan FIS dengan metode Tsukamoto sebesar 58%. Hal tersebut dikarenakan hasil perhitungan FIS memiliki selisih yang cukup besar dengan data aktual meskipun memiliki MSE yang relatif kecil. Diharapkan pada penelitian berikutnya digunakan metode yang lain misalnya *Fuzzy Analytical Hierarchy Process* (FAHP) untuk hasil yang lebih baik.

## ABSTRACT

Hapiz, Abdul. 2017. **Application of Fuzzy Logic with Tsukamoto Method for Estimating Rainfall**. Thesis. Department of Mathematics, Faculty of Science and Technology, Maulana Malik Ibrahim State Islamic University of Malang. Supervisor: (I) Ir. Nanang Widodo, M.Si. (II) Abdul Aziz, M.Si.

**Keywords:** Rainfall, Fuzzy Inference System Tsukamoto Method

Geographically Indonesia is located around the equator, so Indonesia has a tropical climate consisting of rainy and dry seasons. Many factors determine rainfall such as temperature, humidity, wind speed, and air pressure. In studying the phenomenon of rainfall it can also be associated with various sciences one of which is fuzzy logic. This research attempts to apply fuzzy logic to estimate rainfall. The analyzed source data are data with humidity, temperature, and air pressure as it's parameters in LAPAN BPAA PASURUAN.

In fuzzy logic there is Fuzzy Inference System (FIS). The method used in this study is Tsukamoto method which has four stages in its usage, namely: 1. fuzzification, 2. application of implication function using MIN (minimum) function, 3. composition rule using MIN (minimum) function, and 4. defuzzification using weight average calculation method. In this research, the result shows that Tsukamoto method is not suitable to estimate rainfall. This is because from 24 data only 10 data is in accordance with actual data, then the percentage error of FIS with method of Tsukamoto equal to 58%. This is because the results of calculations of FIS has a large enough difference with actual data despite having a relatively small MSE. It is expected that in the next research used another method such as Fuzzy Analytical Hierarchy Process (FAHP) is used for better results.

## ملخص

حافظ، عبد. ٢٠١٧. تطبيق منطق ضبابي باستخرا م طريقة Tsukamoto لتقدير الأمطار. بحث جامعي. شعبة الرياضيات، كلية العلوم والتكنولوجيا، الجامعة الحكومية الإسلامية مولانا مالك إبراهيم مالانج. المشرف: (I) غير. نانا يدودو، ماجستير (II) عبد العزيز، ماجستير

كلمات الرئيسية: هطول الأمطار، Tsukamoto fuzzy inference system طريقة

جغرافيا، تقع إندونيسيا حول خط الاستواء، بحيث لدي إندونيسيا المناخ الاستوائي الذي يتكون من موسم الأمطار وموسم الجفاف. هناك عوامل كثيرة تحدد الأمطار مثل درجة الحرارة والرطوبة وسرعة الرياح والضغط الجوي. في دراسة ظاهرة سقوط الأمطار يمكن أيضا أن تكون متصلا مع مجموعة متنوعة، من العلوم واحدة منها هو المنطق الضبابي. تسعى هذه الدراسة إلى تطبيق المنطق الضبابي لتقدير هطول الأمطار. مصادر البيانات التي يتم تحليلها هي بيانات مع المعلومات من الرطوبة ودرجة الحرارة والضغط الجوي LAPAN BPAA PASURUAN.

في المنطق الضبابي هناك (FIS) fuzzy inference system . الطريقة المستخدمة في هذا البحث هي طريقة Tsukamoto الذي لديه أربع مراحل في استخدامه، وهي ١. fuzzification، ٢. ضمنا تطبيق الدالة باستخدام وظيفة MIN (الحد الأدنى)، ٣. القاعدة تكوين باستخدام دالة MIN (الحد الأدنى) ٤. Defuzzification باستخدام طريقة حساب المتوسط الموزون (الوزن المتوسط). في هذه الدراسة، والنتيجة هي أن طريقة Tsukamoto أقل المناسب لتقدير هطول الأمطار. وذلك لأن من ما مجموعه ٢٤ البيانات فكات ١٠ البيانات فقط المطابقة للبيانات الفعلية، ونسبة الأخطاء FIS بطريقة تسوكاموتو بنسبة 58% فقط. وذلك لأن نتائج حساب FIS لديها هامش كبير مع البيانات الفعلية على الرغم من وجود MSE صغير نسبيا. المتوقع في الدراسة التالية باستخدام Fuzzy Analytical Hierarchy Process (FAHP) لتحقيق نتائج أفضل.



# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Matematika merupakan ilmu yang berperan sebagai ilmu pengetahuan pembantu bagi ilmu pengetahuan lainnya. Matematika sebagai ilmu eksakta dapat digunakan untuk membantu memecahkan masalah dengan rumusan atau perhitungan dan dapat dijadikan sebagai alat untuk menyederhanakan penyajian, sehingga mudah untuk dipahami, dianalisis, dan dipecahkan (Abdussakir, 2007).

Himpunan logika *fuzzy* (himpunan kabur) diawali dari matematika dan teori sistem dari L.A Zadeh. Profesor Zadeh mempublikasikan karangan ilmiahnya yang berjudul "*Fuzzy Sets*". Terobosan baru yang diperkenalkan Zadeh dalam karangan tersebut adalah memperluas konsep "himpunan" klasik menjadi himpunan kabur (*fuzzy set*), dalam arti bahwa himpunan klasik (himpunan tegas/*crisp set*) merupakan kejadian khusus dari himpunan kabur (Susilo, 2006).

Pada konsep logika terdapat 2 konsep, 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).

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.

Aplikasi logika kabur yang telah berkembang salah satunya adalah sistem inferensi kabur *Fuzzy Inference System* (FIS), yaitu kerangka komputasi yang didasarkan pada teori himpunan kabur, aturan kabur berbentuk JIKA-MAKA, dan penalaran kabur, misalnya pada penentuan status gizi, produksi barang, sistem pendukung keputusan, dan penentuan kebutuhan kalori per hari.

Pentingnya sebuah keputusan juga telah dijelaskan dalam al Quran surah Ali Imran ayat 159,

فَبِمَا رَحْمَةٍ مِّنَ اللَّهِ لِنْتَ لَهُمْ<sup>ط</sup> وَلَوْ كُنْتَ فَظًّا غَلِيظًا لَّالْقَلْبِ لَأَنفَضُوا<sup>ط</sup>  
 مِنْ حَوْلِكَ فَاعْفُ عَنْهُمْ<sup>ط</sup> وَاسْتَغْفِرْ لَهُمْ<sup>ط</sup> وَشَاوِرْهُمْ فِي الْأَمْرِ<sup>ط</sup> فَإِذَا عَزَمْتَ<sup>ط</sup>  
 فَتَوَكَّلْ عَلَى اللَّهِ<sup>ج</sup> إِنَّ اللَّهَ يُحِبُّ الْمُتَوَكِّلِينَ ﴿١٥٩﴾

Artinya: “Maka disebabkan rahmat dari Allah-lah kamu berlaku lemah lembut terhadap mereka. Sekiranya kamu bersikap keras lagi berhati kasar, tentulah mereka menjauhkan diri dari sekelilingmu. karena itu maafkanlah mereka, mohonkanlah ampun bagi mereka, dan bermusyawarahlah dengan mereka dalam urusan itu (urusan peperangan dan hal-hal duniawiyah lainnya, seperti urusan politik, ekonomi, kemasyarakatan dan lain-lainnya). Kemudian apabila kamu telah membulatkan tekad, maka bertawakkallah kepada Allah. Sesungguhnya Allah menyukai orang-orang yang bertawakkal kepada-Nya” (QS. Ali Imran/3:159).

Pada intinya, ayat ini juga memberi pelajaran kepada semua kaum muslimin bila musyawarah sudah memutuskan suatu perkara, maka hendaknya dipatuhi, walaupun keputusan itu bertentangan dengan pendapatnya sendiri.

Keputusan musyawarah harus diterima dengan tawakkal kepada Allah Swt, sebab Allah mencintai orang yang bertawakkal kepada-Nya.

Atmosfer bumi merupakan selubung gas yang menyelimuti permukaan padat dan cair pada bumi. Atmosfer tersusun dari campuran berbagai unsur dan senyawa kimia. Unsur penyusun atmosfer paling banyak adalah Nitrogen, Oksigen, dan Argon. Selain itu juga terdapat uap air, karbon dioksida, dan ozon (Mairisdawenti, dkk. 2014).

Menurut Sinambela, dkk. (2006) atmosfer bersifat selektif terhadap panjang gelombang, sehingga mempengaruhi energi radiasi elektromagnetik yang sampai ke permukaan bumi. Radiasi gelombang elektromagnetik akan mengalami hambatan, disebabkan oleh partikel-partikel yang ada di atmosfer. Proses penghambatannya terjadi dalam bentuk serapan, pantulan, dan hamburan (*scattering*). Komponen atmosfer yang merupakan penyerap efektif radiasi matahari adalah uap air, karbondioksida, dan ozon.

Cuaca merupakan suatu kondisi udara di suatu tempat pada waktu yang relatif singkat, yang dinyatakan dengan nilai berbagai parameter seperti suhu, tekanan udara, kecepatan angin, kelembaban udara, dan berbagai fenomena atmosfer lainnya. curah hujan merupakan ketinggian air hujan yang terkumpul dalam tempat yang datar, tidak menguap, tidak meresap, dan tidak mengalir. Curah hujan 1 (satu) milimeter artinya dalam luasan satu meter persegi pada tempat yang datar tertampung air setinggi satu milimeter atau tertampung air sebanyak satu liter. Intensitas hujan adalah banyaknya curah hujan persatuan jangka waktu tertentu. Apabila dikatakan intensitasnya besar berarti hujan lebat

dan kondisi ini sangat berbahaya karena berdampak dapat menimbulkan banjir, longsor dan efek negatif terhadap tanaman (Muslikh dan Dewi, 2013).

Penulis ingin menerapkan konsep logika *fuzzy* pada bidang lain khususnya pada ilmu fisika, sehingga penulis mengambil judul “Penerapan Logika *Fuzzy* dengan Metode Tsukamoto untuk Mengestimasi Curah Hujan”.

## 1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan dari latar belakang tersebut, maka rumusan masalah penelitian adalah bagaimana menerapkan logika *fuzzy* dengan metode Tsukamoto 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 penerapan logika *fuzzy* dengan metode Tsukamoto 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 Pebruari tahun 2011 hingga tahun 2012 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. Analisis menggunakan Microsoft Excel dan Corel Draw X7.

### 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 penerapan logika *fuzzy* dengan metode Tsukamoto.

#### 2. Bagi Pembaca

Penelitian ini dapat digunakan sebagai bahan rujukan dan pengembangan pembelajaran matematika salah satunya penerapan logika *fuzzy* metode Tsukamoto.

#### 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.
- d. 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 atau 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*

*Fuzzy* didefinisikan sebagai sesuatu yang kabur atau samar, tidak jelas, membingungkan. Penggunaan istilah sistem *fuzzy* tidak dimaksud untuk mengacu pada sebuah sistem yang tidak jelas (kabur atau samar-samar) definisi, cara kerjanya, atau deskripsinya. Sistem *fuzzy* yang dimaksud adalah sebuah sistem yang dibangun dengan definisi, cara kerja, dan deskripsi yang jelas berdasarkan teori logika *fuzzy*. Logika *fuzzy* adalah suatu cara yang tepat untuk memetakan suatu ruang *input* ke dalam suatu ruang *output* (Abadi dan Fitriah, 2011).

Menurut Kusumadewi dan Purnomo (2004:2) ada beberapa alasan orang menggunakan logika *fuzzy*, antara lain:

1. Konsep logika *fuzzy* mudah dimengerti. 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.
6. Logika *fuzzy* dapat bekerjasama dengan teknik-teknik kendali secara konvensional.
7. Logika *fuzzy* didasarkan pada bahasa alami.

Ada beberapa hal yang perlu diketahui dalam memahami sistem *fuzzy*, yaitu:

1. Variabel *fuzzy*

Variabel *fuzzy* merupakan variabel yang hendak dibahas dalam suatu sistem *fuzzy*. Contoh: umur, temperatur, permintaan, dan sebagainya.

2. Himpunan *fuzzy*

Himpunan *fuzzy* merupakan suatu grup yang mewakili suatu kondisi atau keadaan tertentu dalam suatu variabel *fuzzy*. Himpunan *fuzzy* memiliki 2 atribut, yaitu:

- a. Linguistik, yaitu penamaan suatu grup yang mewakili suatu kondisi atau keadaan tertentu dengan menggunakan bahasa alami, seperti: dingin, sejuk, normal, hangat, dan panas.
- b. Numeris, yaitu suatu nilai (angka) yang menunjukkan ukuran dari suatu variabel seperti: 40, 25, 50 dan sebagainya.

3. Semesta Pembicaraan

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

Contoh: semesta pembicaraan untuk variabel temperatur:  $[0, 40]$

4. Domain

Domain himpunan *fuzzy* adalah keseluruhan nilai yang diijinkan dalam semesta pembicaraan dan boleh dioperasikan dalam suatu himpunan *fuzzy*.

Contoh domain himpunan *fuzzy*:

Dingin =  $[0, 20]$

Normal =  $[20, 30]$



Panas = [30, 40]

## 2.2 Operasi Dasar Himpunan Fuzzy

Operasi himpunan *fuzzy* diperlukan untuk proses inferensi atau penalaran. Pada hal ini yang dioperasikan adalah derajat keanggotaannya. Derajat keanggotaan sebagai hasil dari operasi dua buah himpunan *fuzzy* disebut *fire strength* atau  $\alpha$ -predikat. Menurut Kusumadewi dan Purnomo (2004), ada tiga operator dasar yang diciptakan oleh Zadeh, yaitu:

### 1. Operator *And*

Operator ini berhubungan dengan operasi irisan pada himpunan.  $\alpha$ -predikat sebagai hasil operasi dengan operator *and* diperoleh dengan mengambil nilai keanggotaan terkecil antar elemen pada himpunan-himpunan yang bersangkutan.

$$\mu_{A \cap B} = \min(\mu_A[x], \mu_B[y])$$

### 2. Operator *Or*

Operator ini berhubungan dengan operasi irisan pada himpunan.  $\alpha$ -predikat sebagai hasil operasi dengan operator *or* diperoleh dengan mengambil nilai keanggotaan terbesar antar elemen pada himpunan-himpunan yang bersangkutan.

$$\mu_{A \cup B} = \max(\mu_A[x], \mu_B[y])$$

### 3. Operator *Not*

Operator ini berhubungan dengan operasi irisan pada himpunan.  $\alpha$ -predikat sebagai hasil operasi dengan operator *not* diperoleh dengan mengurangi nilai keanggotaan elemen pada himpunan yang bersangkutan dari

$$\mu_A = 1 - \mu_A[x]$$

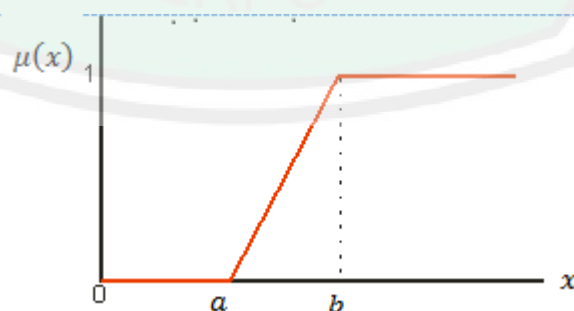
### 2.3 Fungsi Keanggotaan

Menurut Kusumadewi dan Purnomo (2004) 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 2.1 Representasi *Linear* Naik

Fungsi keanggotaan:

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

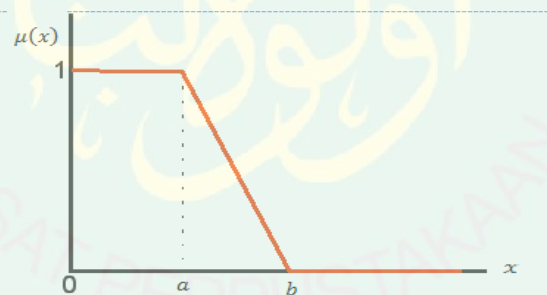
Keterangan:

$a$  : 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 2.2 Representasi *Linear Turun*

Fungsi keanggotaan:

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

Keterangan:

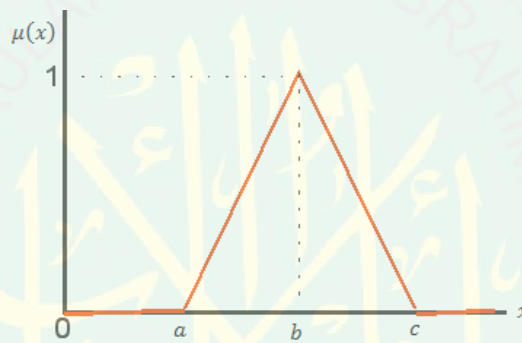
$a$  : nilai domain yang mempunyai derajat keanggotaan nol

$b$  : 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 2.3 Representasi Kurva Segitiga

Fungsi keanggotaan:

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

Keterangan:

$a$  : nilai domain terkecil yang mempunyai derajat keanggotaan nol

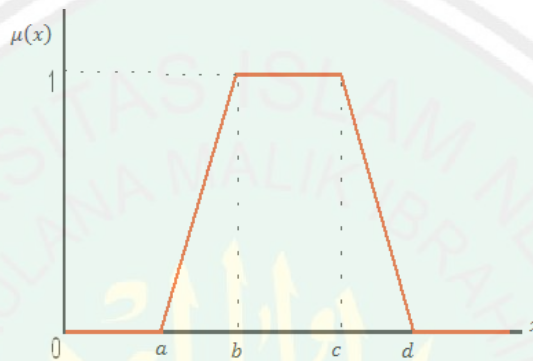
$b$  : nilai domain yang mempunyai derajat keanggotaan satu

$c$  : 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 2.4 Representasi Kurva Trapesium

Fungsi keanggotaan:

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

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 2.5 Representasi Kurva Bahu

Fungsi keanggotaan:

##### 1. Rendah

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

##### 2. Sedang

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

##### 3. Tinggi

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

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*

## 2.4 Implikasi Fuzzy

Proposisi *fuzzy* yang sering digunakan dalam aplikasi teori *fuzzy* adalah implikasi *fuzzy*. Bentuk umum suatu implikasi *fuzzy* adalah:

*Jika  $x$  adalah  $A$ , maka  $y$  adalah  $B$*

dengan  $x$  dan  $y$  adalah variabel linguistik,  $A$  dan  $B$  adalah predikat-predikat *fuzzy* yang dikaitkan dengan himpunan-himpunan *fuzzy*  $A$  dan  $B$  dalam semesta  $X$  dan  $Y$  berturut-turut. Proposisi yang mengikuti kata “jika” disebut sebagai antiseden, sedangkan proposisi yang mengikuti kata “maka” disebut sebagai konsekuen (Kusumadewi dan Purnomo, 2004).

Secara umum, ada dua fungsi implikasi yang dapat digunakan, yaitu:

- a. Min (minimum)

Pengambilan keputusan dengan fungsi minimum, yaitu dengan cara mencari nilai minimum berdasarkan aturan ke- $i$  dan dapat dinyatakan dengan:

$$\alpha_i = \mu_{A_i}(x) \cap \mu_{B_i}(x) = \min\{\mu_{A_i}(x), \mu_{B_i}(x)\}$$

Keterangan:

$\alpha_i$  = nilai minimum dari himpunan kabur  $A$  dan  $B$  pada aturan ke- $i$

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

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

$\mu_{Ci}(x)$  = derajat keanggotaan konsekuen dari himpunan kabur C pada aturan ke- $i$

b. Hasil Kali (*dot*)

Pengambilan keputusan dengan fungsi hasil kali yang didasarkan pada aturan ke- $i$  dinyatakan dengan:

$$\alpha_i \cdot \mu_{Ci}(Z)$$

Keterangan:

$\alpha_i$  = nilai minimum dari himpunan kabur A dan B pada aturan ke- $i$

$\mu_{Ci}(Z)$  = derajat keanggotaan konsekuen dari himpunan kabur C pada aturan ke- $i$

## 2.5 Fuzzy Inference System (FIS)

Inferensi adalah proses penggabungan banyak aturan berdasarkan data yang tersedia. Komponen yang melakukan inferensi dalam sistem pakar disebut mesin inferensi. Dua pendekatan untuk menarik kesimpulan pada *IF-THEN rule* (aturan jika-maka) adalah *forward chaining* dan *backward chaining* (Turban dkk, 2005).

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.

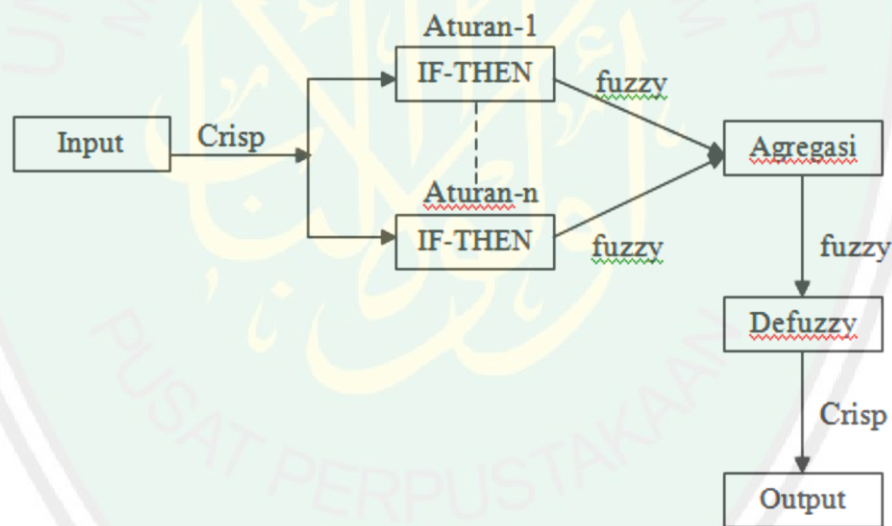


2. Basis aturan (*rule base*), yang memuat aturan-aturan berupa implikasi *fuzzy*.

d) Defuzzifikasi

Pada sistem inferensi *fuzzy*, nilai-nilai masukan tegas dikonversikan oleh unit fuzzifikasi ke nilai *fuzzy* yang sesuai. Hasil pengukuran yang telah difuzzikan 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 2.6. Struktur Dasar Suatu Sistem Inferensi *Fuzzy* (Kusumadewi dan Hartati, 2006)

Sistem inferensi *fuzzy* menerima *input crisp*. *Input* ini kemudian dikirim ke basis pengetahuan yang berisi  $n$  aturan *fuzzy* dalam bentuk *IF-THEN*. *Fire strength* (nilai keanggotaan anteseden atau  $\alpha$  akan dicari pada setiap aturan). Apabila aturan lebih dari satu, maka akan dilakukan agregasi semua aturan. Selanjutnya pada hasil agregasi akan dilakukan *defuzzy* untuk mendapatkan nilai *crisp* sebagai *output* sistem. Salah satu metode FIS yang dapat digunakan untuk

18 pengambilan keputusan adalah metode Tsukamoto. Berikut ini adalah penjelasan mengenai metode FIS Tsukamoto.

Pada metode Tsukamoto, implikasi setiap aturan berbentuk implikasi “Sebab-Akibat”/Implikasi “*Input-Output*” dimana antara anteseden dan konsekuen harus ada hubungannya. Setiap aturan direpresentasikan menggunakan himpunan-himpunan *fuzzy*, dengan fungsi keanggotaan yang monoton. Kemudian untuk menentukan hasil tegas (*Crisp Solution*) digunakan rumus penegasan (defuzzifikasi) yang disebut “Metode rata-rata terpusat” atau “Metode defuzzifikasi rata-rata terpusat (*Center Average Defuzzyfier*)” (Setiadji, 2009).

## 2.6 Metode Tsukamoto

Menurut Setiadji (2009), pada metode Tsukamoto implikasi setiap aturan berbentuk implikasi “sebab-akibat” atau implikasi “*input-output*” yang mana antara anteseden dan konsekuen harus ada hubungannya. Setiap aturan direpresentasikan menggunakan himpunan-himpunan *fuzzy*, dengan fungsi keanggotaan yang monoton. Kemudian untuk menentukan hasil tegas (*crisp solution*) digunakan rumus defuzzifikasi yang disebut metode rata-rata terpusat atau metode defuzzifikasi rata-rata terpusat (*center average defuzzyfier*).

Terdapat empat tahap dalam menganalisis produksi barang menggunakan metode Tsukamoto (Agustin, 2015), yaitu:

1. Fuzzifikasi

Fuzzifikasi adalah proses mengubah nilai masukan tegas menjadi nilai masukan *fuzzy*. Nilai masukan tegas pada tahap ini dimasukkan ke dalam

fungsi pengaburan yang telah dibentuk sehingga menghasilkan nilai masukan *fuzzy*.

## 2. Pembentukan Aturan *Fuzzy*

Aturan *fuzzy* dibentuk untuk memperoleh hasil keluaran tegas. Aturan *fuzzy* yang digunakan adalah aturan “jika-maka” dengan operator antar variabel masukan adalah operator “dan”. Pernyataan yang mengikuti “jika” disebut sebagai antiseden dan pernyataan yang mengikuti “maka” disebut sebagai konsekuen.

*Jika*  $(\alpha_1 \text{ adalah } A_1) \cap \dots \cap (\alpha_n \text{ adalah } A_n)$  *maka*  $(b \text{ adalah } k)$

dengan

$\alpha_1 \dots, \alpha_n$  : variabel masukan

$b$  : variabel keluaran

$(\alpha_1 \text{ adalah } A_1) \cap \dots \cap (\alpha_n \text{ adalah } A_n)$ : antiseden

$(b \text{ adalah } k)$  : konsekuen

## 3. Analisis Logika *Fuzzy*

Setiap aturan yang dibentuk merupakan suatu pernyataan implikasi. Analisis logika *fuzzy* yang digunakan pada tahap ini adalah fungsi implikasi *min*, karena operator yang digunakan pada aturan “jika-maka” adalah operator “dan”. Fungsi implikasi *min* yaitu mengambil nilai keanggotaan terkecil antar elemen pada himpunan *fuzzy* yang bersangkutan. Hasil fungsi implikasi dari masing-masing aturan disebut  $\alpha$ -predikat atau bisa ditulis  $\alpha$ .

$$\alpha_i = \mu_{A \cap B} = \min(\mu_{A_i}[x], \mu_{B_i}[y]), \forall i = 1, 2, 3, \dots$$

dengan

$\alpha_i$  : nilai minimal dari derajat keanggotaan pada aturan ke- $i$

$\mu_{A_i}[x]$  : derajat keanggotaan himpunan *fuzzy* A pada aturan ke-*i*

$\mu_{B_i}[x]$  : derajat keanggotaan himpunan *fuzzy* B pada aturan ke-*i*

#### 4. Defuzzifikasi

Defuzzifikasi adalah proses mengubah nilai keluaran *fuzzy* menjadi nilai keluaran tegas. Rumus yang digunakan pada tahap ini adalah rata-rata terbobot.

$$Z = \frac{\sum x_i \cdot \alpha_i}{\sum \alpha_i}, i = 1, 2, 3, \dots$$

dengan

$z$  : nilai rata-rata terbobot

$x_i$  : nilai konsekuen pada aturan ke-*i*

$\alpha_i$  : nilai *a*-predikat pada aturan ke-*i*

#### 2.7 Mean Squared Error (MSE)

MSE adalah suatu estimasi nilai yang diharapkan dari kuadrat *error*. *Error* yang ada menunjukkan seberapa besar perbedaan hasil estimasi dengan nilai yang akan diestimasi. Perbedaan itu terjadi karena adanya keacakan pada data atau karena estimasi tidak mengandung informasi yang dapat menghasilkan estimasi yang lebih akurat.

MSE memperkuat pengaruh angka-angka kesalahan besar. Tetapi memperkecil angka kesalahan estimasi yang lebih kecil dari suatu unit. MSE dihitung dengan mengurangi kuadrat semua kesalahan peramalan pada setiap periode dan membaginya dengan jumlah periode peramalan. Menurut Gazpersz (2004), secara matematika MSE dirumuskan sebagai berikut:

$$MSE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2$$

dengan

*MSE* : Mean Squared Error

*n* : Jumlah Sampel

*y<sub>i</sub>* : Nilai Aktual Indeks

*ŷ<sub>i</sub>* : Nilai Prediksi Indeks

## 2.8 Atmosfer

### 2.8.1 Pengertian Atmosfer Bumi

Bumi merupakan salah satu planet yang ada di tata surya yang memiliki selubung yang berlapis-lapis. Selubung bumi tersebut berupa lapisan udara yang sering disebut dengan atmosfer. Atmosfer terdiri atas bermacam-macam unsur gas dan di dalamnya terjadi proses pembentukan dan perubahan cuaca dan iklim. Atmosfer melindungi manusia dari sinar matahari yang berlebihan dan meteor-meteor yang ada. Adanya atmosfer bumi memperkecil perbedaan temperatur siang dan malam. Gejala yang terjadi di atmosfer sangat banyak dan beragam. Pada lapisan bawah angin berhembus, angin terbentuk, hujan, dan salju jatuh, dan terjadilah musim panas dan dingin. Semua ini merupakan gejala yang lazim terjadi yang sering disebut cuaca (Fermansari, 2000).

Atmosfer bumi merupakan selubung gas yang menyelimuti permukaan padat dan cair pada bumi. Selubung ini membentang ke atas sejauh beratus-ratus kilometer, dan akhirnya bertemu dengan medium antar planet yang berkerapatan rendah dalam system tata surya. Atmosfer terdapat dari ketinggian 0 km di atas

permukaan tanah sampai dengan sekitar 560 Km dari atas permukaan bumi (Fermansari, 2000).

### **2.8.2 Lapisan Atmosfer Bumi**

Menurut Budiman, dkk. (2007) pembagian lapisan atmosfer bumi dapat diuraikan sebagai berikut:

#### **1. Troposfer**

Troposfer merupakan lapisan terbawah dari atmosfer, yaitu pada ketinggian 0-18 Km di atas permukaan bumi. Tebal lapisan troposfer rata-rata  $\pm$  10 Km. Di daerah khatulistiwa, ketinggian lapisan troposfer sekitar 16 Km dengan temperatur rata-rata  $-80^{\circ}\text{C}$ . Daerah sedang ketinggian lapisan troposfer sekitar 11 Km dengan temperatur rata-rata  $-54^{\circ}\text{C}$ , sedangkan di daerah kutub ketinggiannya sekitar 8 Km dengan temperatur rata-rata  $-46^{\circ}\text{C}$ . Lapisan troposfer ini pengaruhnya sangat besar sekali terhadap kehidupan makhluk hidup di muka bumi. Lapisan ini selain terjadi peristiwa-peristiwa seperti cuaca dan iklim, juga terdapat kira-kira 80% dari seluruh massa gas yang terkandung dalam atmosfer terdapat pada lapisan ini. Ciri khas pada lapisan troposfer adalah suhu (temperatur) udara menurun dari permukaan bumi, suhu (temperatur) udara di lapisan ini relatif konstan atau tetap, walaupun ada pertambahan ketinggian, yaitu berkisar antara  $-55^{\circ}\text{C}$  sampai  $-60^{\circ}\text{C}$ . Ketebalan lapisan tropopause  $\pm$  2 Km.

Pada lapisan ini, hampir semua jenis cuaca, perubahan suhu yang mendadak, angin, tekanan, dan kelembaban udara yang kita rasakan sehari-hari terjadi. Ketinggian yang paling rendah adalah bagian yang paling hangat dari troposfer, karena permukaan bumi menyerap radiasi panas dari matahari dan

menyalurkan panasnya ke udara. Pada troposfer ini terdapat gas-gas rumah kaca yang menyebabkan efek rumah kaca dan pemanasan global.

Troposfer terdiri atas:

- a. Lapisan planetair : 0-1 Km
- b. Lapisan konveksi : 1-8 Km
- c. Lapisan tropopause : 8-12 Km

Tropopause merupakan lapisan pembatas antara lapisan troposfer dengan stratosfer yang temperaturnya relatif konstan. Pada lapisan tropopause kegiatan udara secara vertikal terhenti.

## 2. Stratosfer

Lapisan kedua dari atmosfer adalah stratosfer. Stratosfer terletak pada ketinggian antara 18-49 Km dari permukaan bumi. Lapisan ini ditandai dengan adanya proses inverse suhu, artinya suhu udara bertambah tinggi seiring dengan kenaikan ketinggian dari permukaan bumi. Kenaikan suhu udara berdasarkan ketinggian mulai terhenti, yaitu pada puncak lapisan stratosfer yang disebut stratopause dengan suhu udara sekitar 0°C. Stratopause adalah lapisan batas antara stratosfer dengan mesosfer. Lapisan ini terletak pada ketinggian sekitar 50-60 Km dari permukaan bumi. Stratosfer terdiri atas tiga lapisan yaitu, lapisan isothermis, lapisan panas, dan lapisan campuran terbatas.

Umumnya suhu (temperatur) udara pada lapisan stratosfer sampai ketinggian 20 Km tetap. Lapisan ini disebut dengan lapisan isothermis. Lapisan isothermis merupakan lapisan paling bawah dari stratosfer. Setelah lapisan isothermis, berikutnya terjadi peningkatan suhu (temperatur) hingga ketinggian  $\pm$  45 Km. kenaikan temperatur pada lapisan ini disebabkan oleh adanya lapisan ozon

yang menyerap sinar ultraviolet yang dipancarkan sinar matahari. Lapisan stratosfer ini tidak ada lagi uap air, awan ataupun debu atmosfer, dan biasanya pesawat-pesawat yang menggunakan mesin jet terbang pada lapisan ini. Hal ini dimaksudkan untuk menghindari gangguan cuaca.

### 3. Mesosfer

Mesosfer adalah lapisan udara ketiga, yang suhu atmosfer akan berkurang dengan pertambahan ketinggian hingga ke lapisan keempat. Lapisan mesosfer dimulai dari sisi atas lapisan stratosfer, meninggi sampai ketinggian 85 Km. Bahan-bahan kimia di sini berada pada kondisi tidak stabil karena menyerap energi yang dikeluarkan matahari (Budiman, dkk. 2007). Lapisan mesosfer merupakan lapisan pelindung bumi dari jatuhnya meteor atau benda-benda angkasa luar lainnya. Udara yang terdapat di sini akan mengakibatkan pergeseran berlaku dengan objek yang datang dari angkasa dan menghasilkan suhu yang tinggi. Kebanyakan meteor yang sampai ke bumi biasanya terbakar di lapisan ini.

Lapisan mesosfer ini ditandai dengan penurunan suhu (*temperature*) udara, rata-rata  $0,4^{\circ}\text{C}$  per seratus meter. Penurunan suhu (*temperature*) udara ini disebabkan karena mesosfer memiliki kesetimbangan radioaktif yang negatif. Temperatur terendah di mesosfer kurang dari  $-81^{\circ}\text{C}$ . Bahkan di puncak mesosfer yang disebut mesopause, yaitu lapisan batas antara mesosfer dengan lapisan termosfer temperaturnya diperkirakan mencapai  $-100^{\circ}\text{C}$ . Lapisan stratosfer dan mesosfer, bersama-sama dengan lapisan di antaranya (mesopause dan stratospause), oleh para peneliti biasa disebut dengan atmosfer bagian tengah (*middle atmosphere*).



#### 4. Termosfer

Lapisan termosfer atau ionosfer, memanjang sampai ketinggian 600 Km. suhu akan semakin tinggi sejalan dengan semakin tingginya tempat. Hal ini karena gas di lapisan ini menyerap energi yang dikeluarkan matahari. Pada lapisan ini, suhu dapat mencapai sampai dengan 1.727°C. Perubahan suhu ini terjadi karena serapan radiasi sinar ultra ungu. Radiasi ini menyebabkan reaksi kimia sehingga membentuk lapisan bermuatan listrik yang dikenal dengan nama ionosfer. Reaksi kimia berjalan sangat cepat di lapisan ini bila dibandingkan dengan kondisi di permukaan bumi.

Lapisan termosfer ini bertanggung jawab untuk menyerap energi photon yang merupakan bagian dari sinar matahari yang berbahaya bagi kehidupan di bumi. Lapisan ini juga bertanggung jawab untuk memantulkan gelombang radio. Struktur termosfer sangat dipengaruhi oleh hantaman partikel-partikel yang datang dari matahari (*solar wind*). Lapisan ini dikenal sebagai atmosfer bagian atas (*upper atmosphere*).

#### 5. Eksosfer

Eksosfer adalah lapisan udara kelima. Lapisan yang disebut eksosfer atau magnetosfer ini dimulai dari lapisan atas termosfer sampai dengan kawasan yang bersinggungan dengan gas-gas antar planet, atau ruang angkasa. Pada lapisan atmosfer yang satu ini, gas hydrogen dan helium merupakan komponen utama, namun hadir dalam kepadatan yang sangat rendah. Lapisan ini sangat berperan dalam mencegah masuknya beberapa partikel yang dilemparkan oleh ledakan- ledakan yang terjadi di matahari ke bumi.

Ada kesulitan dalam kerja sama antara bumi dan langit. “Kerja sama” ini dilakukan di kawasan atmosfer. Seperti diketahui, molekul dan atom di atmosfer mencoba melepaskan diri ke dalam ruang angkasa, sementara bumi mencoba menarik dan menangkap mereka. Untuk pembentukan sebuah atmosfer, gerakan yang mengarah ke lepasnya molekul harus diseimbangkan oleh daya tarik gravitasi.

Ini kondisi sulit yang tidak mungkin untuk dipenuhi. Dari pandangan geofisika, kondisi-kondisi yang sangat ekstrem sulitnya ini memberi syarat terjaganya ketiga keseimbangan penting, yaitu (i) suhu atmosfer; (ii) daya tarik gravitasi yang proporsional pada bagian bumi; dan (iii) tidak ada gangguan atas keseimbangan ini oleh berbagai energi radian yang datang dari ruang angkasa. Kata-kata bahwa Allah telah menurunkan rezeki dari langit, bukanlah rezeki sudah terhidang begitu saja tanpa usaha, tampaknya ditunjukkan kepada hujan.

### **2.8.3 Temperatur (Suhu Udara)**

Temperatur kita kenal sebagai ukuran panas atau dinginnya suatu benda. Secara lebih tepat, temperatur merupakan ukuran energi kinetik molekuler internal rata-rata sebuah benda (Tipler, 1998). Menurut Hartono (2007), suhu udara adalah suatu keadaan panas atau dinginnya udara. Alat untuk mengukur suhu udara atau derajat panas disebut Termometer.

Udara akan menjadi panas karena adanya penyinaran matahari. Akibat penyinaran matahari, permukaan bumi menerima panas. Udara akan menerima panas dari permukaan bumi yang dipancarkan kembali setelah diubah dalam bentuk gelombang panjang. Radiasi yang dipancarkan matahari tidak seluruhnya

diterima oleh bumi. Bumi menyerap radiasi sebesar 51%, selebihnya dipantulkan kembali oleh awan 20%, oleh bumi 4%, dan oleh atmosfer 65%, serta dibaurkan oleh molekul udara dan debu atmosfer sebesar 19%.

Perubahan suhu yang paling dominan dikarenakan faktor lintang dan ketinggian tempat. Pada umumnya, keadaan suhu akan menurun jika seseorang berangkat menuju kearah kutub, dan demikian halnya suhu itu akan menurun jika seseorang bergerak menuju ekuator.

Menurut Hartono (2007) keadaan suhu suatu tempat di permukaan bumi bergantung pada hal-hal berikut:

1. Intensitas dan durasi harian dari energi matahari yang diterima di atmosfer di atas permukaan daerah.
2. Pelenyapan energi dalam atmosfer terjadi oleh pemantulan, pemancaran, dan penyerapan.
3. Kemampuan penyerapan di permukaan daerah.
4. Sifat-sifat fisik permukaan daerah dan daerah di sekitarnya.
5. Pertukaran panas dalam penguapan (*evaporasi*), pengembunan (*kondensasi*), pembekuan (*freezing*), dan pencairan (*melting*) air.

Menurut Hartono (2007) banyaknya sinar matahari yang diterima oleh permukaan bumi dipengaruhi oleh faktor-faktor sebagai berikut:

#### 1. Lamanya Penyinaran Matahari

Semakin lama matahari memancarkan sinarnya di suatu daerah, semakin banyak panas yang diterima bagian bumi itu. Keadaan cuaca yang cerah sepanjang hari akan semakin panas, jika dibandingkan dengan keadaan cuaca yang berawan sepanjang hari.

## 2. Sudut Datang Sinar Matahari

Jika sudut datang sinar matahari di suatu daerah lebih tegak, panas yang diterima daerah tersebut cenderung lebih banyak, dari pada sudut datang matahari yang miring.

Contohnya, di wilayah ekuator yang memiliki suhu paling tinggi, sudut datang sinar matahari relatif tegak. Di daerah ini sinar matahari selalu ada sepanjang tahun, sehingga rata-rata suhu yang ada di daerah ini selalu konstan.

## 3. Keadaan Permukaan Bumi

Hal yang berkaitan dengan keadaan permukaan bumi ialah perbedaan warna batuan dan perbedaan sifat darat dan laut. Batuan yang berwarna cerah lebih cepat menerima panas jika dibandingkan dengan jenis batuan yang berwarna gelap. Bentuk permukaan daratan lebih cepat menerima panas jika dibandingkan dengan permukaan laut.

### 2.8.4 Kelembaban Udara

Kelembaban adalah konsentrasi uap air di udara. Angka konsentrasi ini dapat diekspresikan dalam kelembaban mutlak, kelembaban spesifik atau kelembaban relatif. Perubahan tekanan sebagian uap air di udara berhubungan dengan perubahan suhu. Konsentrasi air di udara pada tingkat permukaan laut dapat mencapai 3% pada 30°C (86°F), dan tidak melebihi 0,5% pada 0°C (Baharuddin dan Ishak, 2012).

Kelembaban udara menggambarkan kandungan uap air di udara yang dapat dinyatakan sebagai kelembaban mutlak, kelembaban nisbi (relatif) maupun defisit tekanan uap air. Kelembaban mutlak adalah kandungan uap air (dapat

dinyatakan dengan massa uap air atau tekanannya) per satuan volum. Kelembaban nisbi membandingkan antara kandungan/tekanan uap air aktual dengan keadaan jenuhnya atau pada kapasitas udara untuk menampung uap air. Kapasitas udara untuk menampung uap air tersebut (pada keadaan jenuh) ditentukan oleh suhu udara. Sedangkan defisit tekanan uap air adalah selisih antara tekanan uap jenuh dan tekanan uap aktual.

Semua uap air yang ada di dalam udara berasal dari penguapan. Penguapan adalah perubahan air dari keadaan cair ke keadaan gas. Pada proses penguapan diperlukan atau dipakai panas, sedangkan pada pengembunan dilepaskan panas. Seperti diketahui, penguapan tidak hanya terjadi pada permukaan air yang terbuka saja, tetapi dapat juga terjadi langsung dari tanah dan lebih-lebih dari tumbuh-tumbuhan. Penguapan dari tiga tempat itu disebut dengan evaporasi.

### **2.8.5 Tekanan Udara**

Tekanan udara adalah tekanan di segala arah dalam atmosfer. Satuan untuk mengukur tekanan udara adalah atmosfer (atm), millimeter kolom air raksa (mmHg) atau milibar (mbar) atau dapat dinyatakan dengan  $\text{Kg/m}^2$ . Tekanan udara menunjukkan tenaga yang bekerja untuk menggerakkan massa udara dalam setiap satuan luas tertentu. Konversi antara satuan tekanan udara dinyatakan sebagai berikut:  $1 \text{ atm} = 760 \text{ mmHg} = 14,7 \text{ Psi} = 1,013 \text{ mbar}$

Tekanan udara diukur dengan menggunakan barometer. Barometer terdiri dari barometer air raksa dan barometer aneroid. Cara kerja alat ini adalah, ketika

tekanan udara naik maka mercury yang ada di dalam pipa naik. Tekanan udara diukur berdasarkan tekanan gaya pada permukaan yang mempunyai luas tertentu.

Selain suhu udara, tekanan udara dipengaruhi oleh kepadatan atau kerapatan massa udara. Tekanan akan naik jika kerapatan udara semakin tinggi. Berbeda dengan tingkat kerapatan yang berbanding lurus dengan tekanan udara, suhu di suatu wilayah berbanding terbalik dengan tekanan udaranya. Semakin tinggi suhu udara maka semakin rendah tekanan udaranya. Hal ini dikarenakan suhu yang tinggi menyebabkan udara di daerah itu memuai dan menjadi renggang. Daerah yang banyak menerima pemanasan matahari, udaranya mengembang, dan naik sehingga daerah tersebut bertekanan udara rendah. Ditempat lain terdapat tekanan udara tinggi sehingga terjadi gerakan udara dari daerah bertekanan tinggi ke daerah bertekanan udara rendah (hukum Buys Ballot).

#### **2.8.6 Curah Hujan**

Curah hujan merupakan ketinggian air hujan yang terkumpul dalam tempat yang datar, tidak menguap, tidak meresap, dan tidak mengalir. Curah hujan 1 (satu) milimeter artinya dalam luasan satu meter persegi pada tempat yang datar tertampung air setinggi satu milimeter atau tertampung air sebanyak satu liter. Intensitas hujan adalah banyaknya curah hujan persatuan jangka waktu tertentu. Apabila dikatakan intensitasnya besar berarti hujan lebat dan kondisi ini sangat berbahaya karena berdampak dapat menimbulkan banjir, longsor, dan efek negatif terhadap tanaman (Indah, 2014).

Hujan merupakan satu bentuk presipitasi yang berwujud cairan. Presipitasi sendiri dapat berwujud padat (misalnya salju dan hujan es) atau aerosol (seperti

embun dan kabut). Hujan terbentuk apabila titik air yang terpisah jatuh ke bumi dari awan. Tidak semua air hujan sampai ke permukaan bumi karena sebagian menguap ketika jatuh melalui udara kering. Hujan jenis ini disebut sebagai virga.

Hujan memainkan peranan penting dalam siklus hidrologi. Lembaban dari laut menguap, berubah menjadi awan, 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 berarti sejumlah besar volume air bagaikan ditumpahkan dari langit. Adapun jenis-jenis hujan berdasarkan besarnya curah hujan (definisi BMKG), diantaranya 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 (Indah, 2014).

## 2.9 Kajian Islam

Dalam setiap ilmu pengetahuan ataupun masalah yang ada di bumi ini pasti telah dijelaskan di dalam al Quran. Meskipun dalam ayat-ayat al Quran tidak dijelaskan secara jelas mengenai suatu masalah tersebut. Terdapat beberapa ayat al Quran yang membahas tentang masalah dalam skripsi ini yaitu *fuzzy Tsukamoto* dan hujan.

### 2.9.1 Kajian Islam Tentang *Fuzzy Tsukamoto*

Aplikasi logika kabur yang telah berkembang salah satunya adalah sistem inferensi kabur *Fuzzy Inference System* (FIS), yaitu kerangka komputasi yang didasarkan pada teori himpunan kabur, aturan kabur berbentuk JIKA-MAKA, dan penalaran kabur. Misalnya pada penentuan status gizi, produksi barang, sistem pendukung keputusan, dan penentuan kebutuhan kalori per hari.

Penyusunan struktur keputusan dalam penentuan prioritas pada suatu permasalahan, dilakukan dengan melakukan dekomposisi yaitu memecah persoalan yang utuh menjadi unsur-unsur dari permasalahan, sehingga akan tergambar faktor-faktor yang mempengaruhi serta alternatif keputusan yang akan ditentukan dalam bentuk hirarki dari semua elemen.

Allah Swt dalam QS Ali Imran ayat 159 menjelaskan bahwa setiap manusia hidup di dunia tidak terlepas dari problem dan persoalan yang dihadapi. Untuk itu mereka harus dapat memecahkan masalah tersebut. Adapun cara menyelesaikan persoalan hidup dalam QS Ali Imran ayat 159 dijelaskan, harus dengan mencontoh dan mengambil teladan dari nabi Muhammad Saw yaitu



dengan cara lemah lembut berdasarkan rahmat Allah Swt, setiap persoalan diselesaikan dengan jalan musyawarah.

فِيمَا رَحْمَةٍ مِّنَ اللَّهِ لِنْتَ لَهُمْ<sup>ط</sup> وَلَوْ كُنْتَ فَظًّا غَلِيظَ الْقَلْبِ لَانْفَضُّوا<sup>ط</sup>  
 مِن حَوْلِكَ فَاعْفُ عَنْهُمْ<sup>ط</sup> وَاسْتَغْفِرْ لَهُمْ<sup>ط</sup> وَشَاوِرْهُمْ فِي الْأَمْرِ<sup>ط</sup> فَإِذَا عَزَمْتَ<sup>ط</sup>  
 فَتَوَكَّلْ عَلَى اللَّهِ<sup>ج</sup> إِنَّ اللَّهَ يُحِبُّ الْمُتَوَكِّلِينَ ﴿١٥٩﴾

Artinya: “Maka disebabkan rahmat dari Allah-lah kamu berlaku lemah lembut terhadap mereka. Sekiranya kamu bersikap keras lagi berhati kasar, tentulah mereka menjauhkan diri dari sekelilingmu. karena itu maafkanlah mereka, mohonkanlah ampun bagi mereka, dan bermusyawarahlah dengan mereka dalam urusan itu (urusan peperangan dan hal-hal duniawiyah lainnya, seperti urusan politik, ekonomi, kemasyarakatan, dan lain-lainnya). Kemudian apabila kamu telah membulatkan tekad, maka bertawakkallah kepada Allah. Sesungguhnya Allah menyukai orang-orang yang bertawakkal kepada-Nya” (QS. Ali Imran/3:159).

Asbabun-Nuzul ayat ini adalah pada waktu kaum muslimin mendapat kemenangan dalam perang Badar, banyak kalangan musyrik yang menjadi tawanan perang. Untuk menyelesaikan masalah ini Rasulullah mengajak sahabatnya berunding. Rasulullah memanggil Abu Bakar dan Umar bin Khaththab. Keduanya dimintai pendapat masing-masing. Abu Bakar yang pertama kali diberi kesempatan untuk menyampaikan pendapatnya berkata, "Sebaiknya tawanan perang ini dikembalikan kepada keluarganya dengan membayar tebusan." Yang demikian ini, menurut pendapat Abu Bakar, supaya diketahui bahwa Islam itu lunak, apalagi kehadiran Islam masih sangat dini. Berbeda halnya dengan Umar bin Khatthab, ia berpendapat tawanan perang ini dibunuh saja semuanya. Bahkan yang diperintahkan membunuh adalah keluarga mereka sendiri. Maksud Umar agar mereka tahu bahwa bahwa Islam itu kuat, sehingga

mereka tidak berani lagi menghina dan mencaci-maki Islam. Dari dua pendapat yang bertolak belakang ini Rasulullah kesulitan mengambil keputusan.

Akhirnya Allah menurunkan ayat ini, yang intinya menegaskan kepada Rasulullah untuk bersikap lemah-lembut. Jika Rasulullah berkeras hati, maka mereka tidak akan bersimpati kepada Islam, bahkan akan lari dari ajaran Islam. Pada intinya, ayat ini mendukung pendapatnya Abu Bakar dan menolak pandangan Umar. Di sisi lain ayat ini juga memberi pelajaran kepada Umar, juga semua kaum muslimin, bila musyawarah sudah memutuskan suatu perkara, maka hendaknya dipatuhi, walaupun keputusan itu bertentangan dengan pendapatnya sendiri. Keputusan musyawarah harus diterima dengan tawakkal kepada Allah Swt, sebab Allah mencintai orang yang bertawakkal kepada-Nya. Dengan turunnya ayat di atas maka seluruh tawanan perang Badar dibebaskan sebagaimana saran Abu Bakar.

### 2.9.2 Kajian Islam Tentang Hujan

Hujan kerap disalahkan sebagai biang penyebab bencana dari banjir, tanah longsor, dan permasalahan lainnya. Padahal, hujan sangat berkhasiat. Al Quran setidaknya menyebutkan penamaan hujan ada dua, yakni *al-ma' ath-thahur* dan *al-ma' al-furat*. Arti kata dari *al-ma' ath-thahur* yaitu air yang suci dan bersih. Ini merujuk ke surah al Furqan ayat 48,

وَهُوَ الَّذِي أَرْسَلَ الرِّيحَ بُشْرًا بَيْنَ يَدَيْ رَحْمَتِهِ ۗ وَأَنْزَلْنَا مِنْ  
السَّمَاءِ مَاءً طَهُورًا ﴿٤٨﴾

Artinya: “*Dia lah yang meniupkan angin (sebagai) pembawa kabar gembira dekat sebelum kedatangan rahmat-Nya (hujan); dan Kami turunkan dari langit air yang amat bersih*” (QS. Al Furqan/25:48)

Para ilmuwan menjelaskan air hujan adalah tetesan air hasil penyulingan yang dibuat oleh Allah Swt atau *al-ma' al-muqthir*. Air hujan menjadi pembersih dan pembasmi kotoran terbaik yang mampu mensterilkan bumi yang tercemar. Proses jatuhnya air hujan pun cukup rumit. Bahkan, jika dibandingkan dengan penelitian ilmuwan mengenai air jernih, maka air yang paling baik untuk membersihkan adalah dari air hujan.

Akan tetapi, memang kondisi dan kualitas air hujan saat ini sudah berbeda jauh. Jika dalam al Quran ditegaskan air hujan sangat bersih, maka saat ini akibat pencemaran lingkungan. Sebelum jatuh ke bumi, air hujan telah menghisap material dan menghisap gas sulfur serta zat tambang lainnya seperti timah beracun.

Saat berproses air hujan bercampur dengan zat kimia dan garam yang mengandung material padat. Rasa air hujan pun menjadi tak terasa nikmat untuk diminum. Berbeda dengan air hujan yang telah diserap dalam tanah dan menjadi mata air.

Kedua, air hujan disebut pula dengan istilah *al ma' al-furat*. *Al-ma' al-furat* berarti air segar dan nikmat untuk diminum. Dalam buku yang sama dijelaskan ilmuwan telah meneliti air hujan dapat memperbarui organ-organ di dalam tubuh daripada air biasa. Fakta itu juga diperkuat oleh al Quran surah al Anfaal ayat ke-11,

إِذْ يُغَشِّيكُمُ النُّعَاسَ أَمَنَةً مِّنْهُ وَيُنزِلُ عَلَيْكُم مِّنَ السَّمَاءِ مَاءً لِّيُطَهِّرَكُم بِهِ وَيُذْهِبَ عَنْكُم رِجْزَ الشَّيْطَانِ وَلِيَرْبِطَ عَلَى قُلُوبِكُمْ وَيُثَبِّتَ بِهِ

الْأَقْدَامَ ﴿١١﴾

Artinya:) “Ingatlah), ketika Allah menjadikan kamu mengantuk sebagai suatu penenteraman daripada-Nya, dan Allah menurunkan kepadamu hujan dari langit untuk mensucikan kamu dengan hujan itu dan menghilangkan dari kamu gangguan-gangguan syaitan dan untuk menguatkan hatimu dan memperteguh dengannya telapak kaki(mu)” (QS. Al Anfaal/08:11).

Ayat tersebut menjelaskan air hujan adalah air yang ditujukan untuk menyucikan diri. Air hujan juga dapat dijadikan sebagai sumber energi. Air hujan dapat berpengaruh terhadap ketahanan dan kekuatan manusia untuk mengokohkan kedua kakinya ketika menghadapi musuh.

## **BAB III**

### **METODE PENELITIAN**

#### **3.1 Jenis Penelitian**

Penelitian ini merupakan penelitian aplikatif, yaitu jenis penelitian yang hasilnya dapat secara langsung diterapkan untuk memecahkan permasalahan yang dihadapi. Penelitian jenis ini menguji manfaat dari teori-teori ilmiah. Penelitian ini menggunakan pendekatan studi literatur dan pendekatan deskriptif kuantitatif.

Pada studi literatur dilakukan dengan cara mengumpulkan bahan-bahan pustaka yang dibutuhkan oleh peneliti sebagai acuan dalam menyelesaikan penelitian. Sedangkan pendekatan deskriptif kuantitatif yaitu dengan menganalisis data dan menyusun data yang sudah ada sesuai dengan kebutuhan peneliti. Pada penelitian ini, teori yang diuji adalah teori logika *fuzzy* yang diterapkan pada hasil curah hujan.

#### **3.2 Sumber Data**

Pada penelitian ini data yang digunakan adalah data sekunder. Data sekunder adalah data yang diperoleh dari buku-buku, hasil penelitian, jurnal ataupun sarana-sarana lainnya yang biasa diambil dari instansi terkait. Pada hal ini peneliti memperoleh data dari LAPAN BPAA PASURUAN. Data yang dipakai adalah data temperatur, tekanan udara, dan kelembaban pada tahun 2011 dan tahun 2012

### 3.3 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 Januari tahun 2011 hingga bulan Desember tahun 2012 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*.

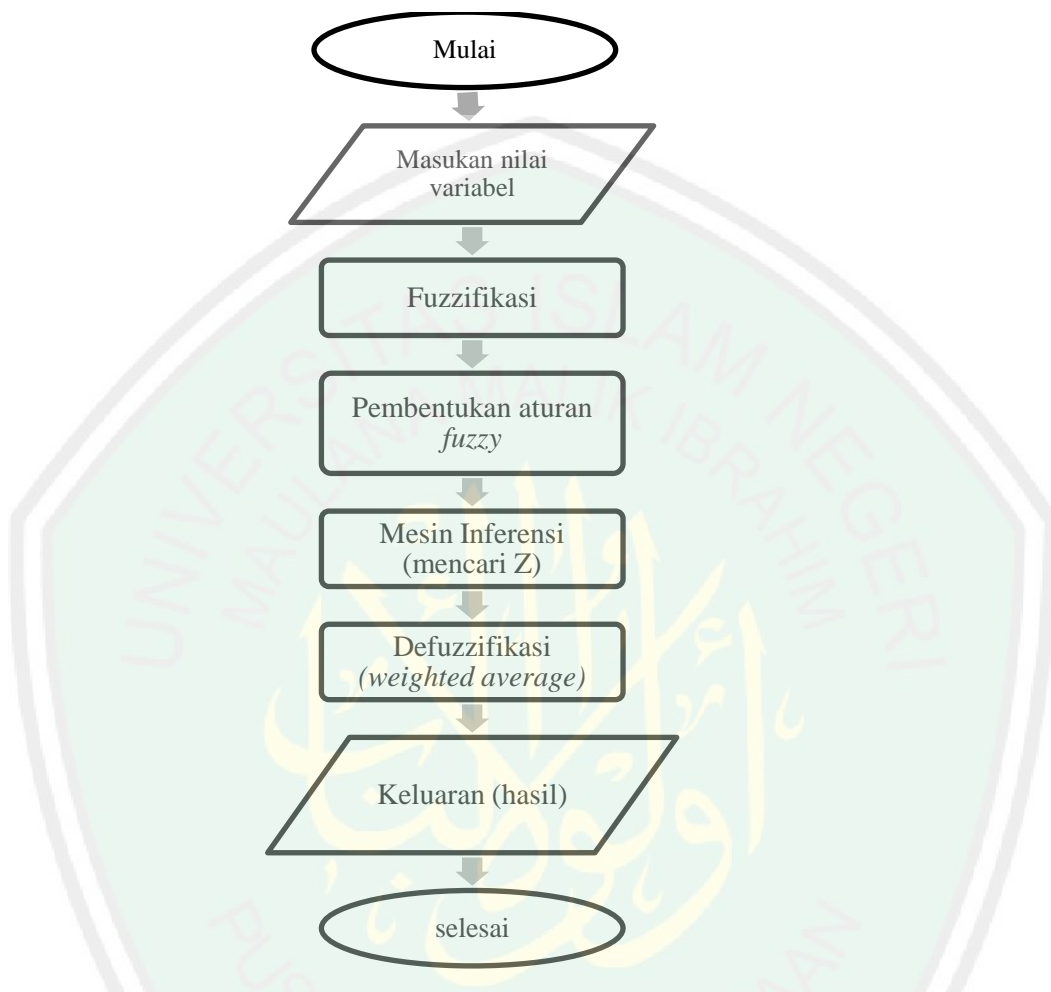
### 3.4 Analisis Data

#### 3.4.1 Pengolahan Data dengan Metode Tsukamoto

Menurut Kusumadewi dan Purnomo (2004), langkah-langkah untuk mengolah data dengan menggunakan metode Tsukamoto adalah sebagai berikut:

1. Fuzzifikasi, yaitu dengan mengubah variabel *nonfuzzy* (variabel numerik) menjadi variabel *fuzzy* (variabel linguistik).
2. Pembentukan basis pengetahuan *fuzzy* (*rule* dalam bentuk “jika-maka”). Operator yang digunakan pada penelitian ini untuk menghubungkan antar variabel adalah operator *and*.
3. Analisis logika *fuzzy* untuk mendapatkan  $\alpha$ -predikat dari tiap-tiap aturan. Fungsi implikasi yang digunakan adalah fungsi *min*. kemudian  $\alpha$ -predikat digunakan untuk menghitung keluaran hasil inferensi secara tegas.
4. Defuzzifikasi menggunakan metode rata-rata (*average*).

Langkah-langkah di atas dapat disajikan diagram alur pada Gambar 3.1 di bawah ini:

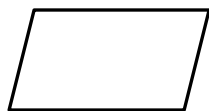


Gambar 3.1 Diagram Alur Metode Tsukamoto

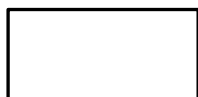
Keterangan:



= awalan proses dan akhiran proses



= proses *input* dan *output*, parameter dan informasi



= proses perhitungan atau proses pengolahan data



= arah aliran

## **BAB IV**

### **PEMBAHASAN**

#### **4.1 Deskripsi Data**

Data diperoleh dari peluncuran balon stratosfer di Stasiun Balai Pengamatan Antariksa dan Atmosfer (BPAA) Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional (LAPAN) Watukosek, berada pada koordinat  $7^{\circ},5$  LS dan  $112^{\circ},6$  BT dengan ketinggian 50 m di atas permukaan laut. Data yang digunakan pada penelitian ini adalah pada tahun 2011 dan tahun 2012. Data asli dari peluncuran balon stratosfer di LAPAN diambil data temperatur permukaan, tekanan udara, dan kelembaban udara, kemudian data di rata-rata selama dua tahun.

Pada Tabel 4.1 data rata-rata per bulan selama dua tahun yaitu pada tahun 2011 dan tahun 2012 dapat disimpulkan, temperatur permukaan terbesar mencapai  $30,65$  derajat celsius, dan temperatur permukaan terkecil mencapai  $23,10$  derajat celsius perbulan. Tekanan udara terbesar mencapai  $1002,11$  milibar, dan intensitas tekanan udara terkecil mencapai  $1006,68$  milibar perbulan. Kelembaban udara terbesar mencapai  $70,80$  milibar, dan kelembaban udara terkecil mencapai  $33,84$  milibar perbulan, dan harapan dari peneliti dalam penelitian ini dapat mengestimasi curah hujan.

#### **4.2 Analisis Logika *Fuzzy* Tsukamoto**

##### **4.2.1 Pengaburan (*Fuzzyfication*)**

Fuzzifikasi bertujuan untuk mengubah data masukan tegas menjadi *fuzzy*. Pada penelitian ini digunakan beberapa variabel dalam mengestimasi curah hujan.



Pembentukan himpunan *fuzzy* digunakan untuk mendefinisikan nilai-nilai masukan tegas. Variabel kelembaban, temperatur, dan tekanan udara sebagai variabel masukan, variabel curah hujan sebagai keluaran. Semesta pembicaraan pada penelitian ini diperoleh dengan melihat data terendah dan tertinggi dari data variabel masukan dan keluaran. Berikut adalah semesta pembicaraannya.

Tabel 4.1. Semesta Pembicaraan untuk setiap variabel *fuzzy*.

Fungsi	Nama Variabel	Semesta Pembicaraan
<i>Input</i>	Temperatur	[23,10, 30,65]
	Kelembaban	[33,84, 70,80]
	Tekanan udara	[1002,11, 1006,68]
<i>Output</i>	Curah hujan	[0, 1]

Setiap himpunan *fuzzy* mempunyai domain yang nilainya terdapat dalam semesta pembicaraan. Domain pada himpunan *fuzzy* diperoleh dari data terendah, kuartil bawah (Q1), median (Q2), kuartil atas (Q3), dan data tertinggi pada variabel masukan. Sebelum dicari nilai kuartil dan median diurutkan data terlebih dahulu. Berikut disajikan data kelembaban, temperatur, tekanan udara, dan curah hujan pada Tabel 4.2.

Tabel 4.2 Data Temperatur, Kelembaban, Tekanan Udara, dan Curah Hujan

Bulan (Tahun)	Temperatur (C)	Kelembaban (%)	Tekanan Udara (mb)	Curah Hujan (mm)
Januari (2011)	27,91	68,54	1002,11	1,09
Pebruari (2011)	27,91	68,97	1002,64	0,89
Maret (2011)	28,20	69,35	1002,83	0,61
April (2011)	28,50	68,71	1003,94	1,03
Mei (2011)	29,13	64,68	1004,65	0,4
Juni (2011)	28,46	59,51	1005,28	0,06
Juli (2011)	28,51	57,70	1005,63	0,11
Agustus (2011)	28,31	54,71	1006,05	0,03
September (2011)	29,05	53,29	1006,14	0,19
Oktober (2011)	30,65	51,09	1004,42	0,47
November (2011)	29,57	63,10	1003,35	0,25
Desember (2011)	28,75	68,55	1002,55	0,96
Pebruari (2012)	28,65	67,99	1002,58	0,65
Maret (2012)	28,35	68,05	1003,59	0,5
April (2012)	29,92	61,16	1004,72	0,76
Mei (2012)	29,21	62,11	1004,40	0,3
Juni (2012)	25,00	50,43	1005,27	0,02
Juli (2012)	23,77	41,97	1004,97	0
Agustus (2012)	23,10	39,14	1006,68	0
September (2012)	23,47	37,40	1005,98	0
Oktober (2012)	23,94	33,84	1004,56	0,01
November (2012)	26,96	44,83	1003,83	0,57
Desember (2012)	29,02	66,40	1003,01	0,53

Data di atas merupakan data tunggal, banyak data 24 karena data genap dan habis di bagi 4 sehingga mencari  $Q_1$  variabel temperatur adalah,

$$Q_1 = \frac{x_{(\frac{24}{4})} + x_{(\frac{24}{4}+1)}}{2} = \frac{x_6 + x_7}{2}. \text{ Jadi diperoleh } Q_1 = \frac{Q_6 + Q_7}{2} = \frac{26,96 + 27,85}{2} = 27,40.$$

Mencari  $Q_2$  variabel temperatur adalah,  $Q_2 = \frac{x_{(\frac{24}{2})} + x_{(\frac{24}{2}+1)}}{2} = \frac{x_{12} + x_{13}}{2}$ . Jadi

diperoleh  $Q_2 = \frac{Q_{12} + Q_{13}}{2} = \frac{28,35 + 28,46}{2} = 28,40$ . Mencari  $Q_3$  variabel temperatur

adalah,  $Q_3 = \frac{x_{\frac{3,24}{4}} + x_{(\frac{3,24}{4}+1)}}{2} = \frac{x_{18} + x_{19}}{2}$ . Jadi diperoleh  $Q_3 = \frac{Q_{18} + Q_{19}}{2} =$

$\frac{29,02 + 29,05}{2} = 29,04$ . Dengan cara yang sama akan diperoleh  $Q_1$ ,  $Q_2$ ,  $Q_3$  untuk

variabel kelembaban, tekanan udara, dan curah hujan. Variabel kelembaban

diperoleh  $Q_1 = 50,76$ ,  $Q_2 = 61,63$  dan  $Q_3 = 68,29$ . Variabel tekanan udara

diperoleh  $Q_1 = 1002,92$ ,  $Q_2 = 1004,41$  dan  $Q_3 = 1005,27$ . 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 tersebut dapat

ditentukan fungsi keanggotaan dari masing-masing variabel. Berikut disajikan

Tabel 4.3 untuk merepresentasikan himpunan *fuzzy*.

Tabel 4.3 Himpunan *Fuzzy*

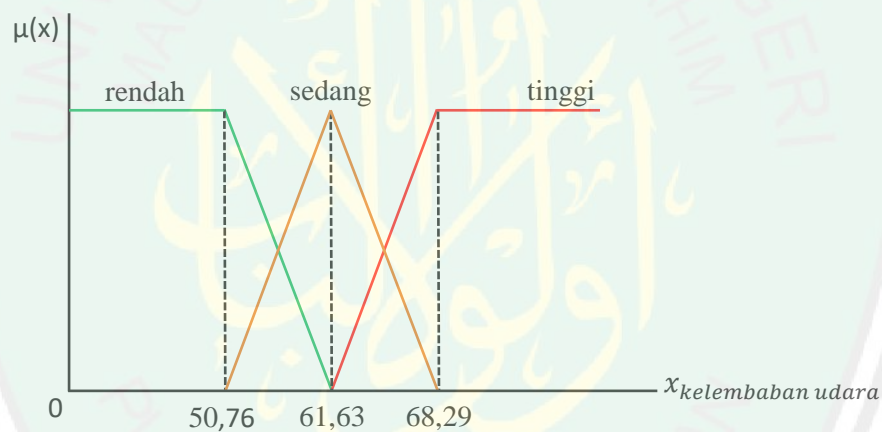
Fungsi	Nama Variabel	Himpunan <i>Fuzzy</i>	Semesta Pembicaraan	Domain
<i>Input</i>	Temperatur	Rendah (padat)	[23,10, 30,65]	[23,10, 28,40]
		Sedang (gas)		[27,40, 29,04]
		Tinggi (cair)		[28,40, 30,65]
	Kelembaban	Rendah (dingin)	[33,84, 70,80]	[33,84, 61,63]
		Sedang		[50,76, 68,29]
		Tinggi (panas)		[61,63, 70,80]
	Tekanan Udara	Rendah	[1002,11, 1006,68]	[1002,11, 1004,4]
		Sedang		[1002,92, 1005,27]
		Tinggi		[1004,41, 1006,68]
<i>Output</i>	Curah Hujan	Rendah (cerah)	[0, 1]	[0, 0,33]
		Sedang(berawan)		[0,33, 0,66]
		Tinggi (hujan)		[0,66, 0,99]

Himpunan *fuzzy* diperlukan untuk merepresentasikan variabel *fuzzy* dengan membentuk fungsi keanggotaan. Fungsi keanggotaan mendefinisikan titik-titik himpunan *fuzzy* ke dalam derajat keanggotaan dengan selang tertutup nol sampai satu  $[0, 1]$  pada suatu variabel *fuzzy* tertentu variabel *fuzzy*. Sementara untuk ada empat variabel *fuzzy* yang direpresentasikan dalam fungsi keanggotaan, yaitu

variabel temperatur, kelembaban, tekanan udara, dan curah hujan dengan penjelasan sebagai berikut:

a. Himpunan *fuzzy* Variabel Kelembaban Udara

Pada variabel kelembaban udara didefinisikan tiga himpunan *fuzzy* yaitu rendah (dingin), sedang, dan tinggi (panas). Untuk merepresentasikan variabel kelembaban 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 kelembaban udara ditunjukkan pada Gambar 4.1.



Gambar 4.1 Variabel Kelembaban Udara

Sumbu vertikal merupakan nilai *input* dari variabel kelembaban udara sedangkan sumbu horizontal merupakan tingkat keanggotaan dari nilai *input*.

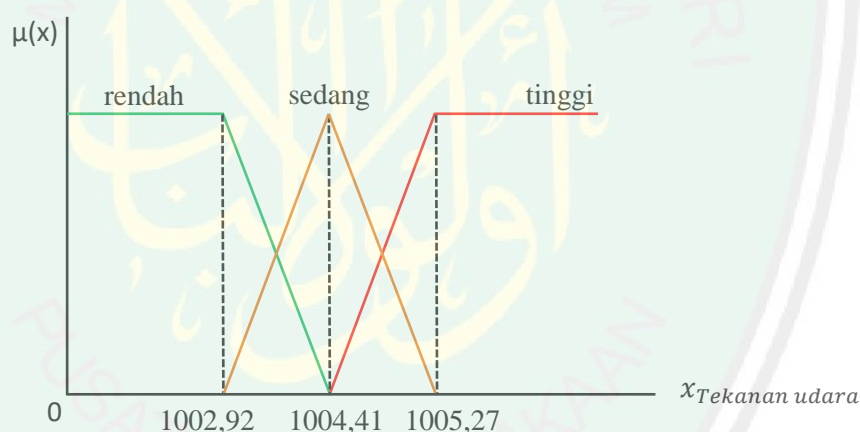
$$\mu_{rendah}(x) = \begin{cases} 1 & ; x \leq 50,76 \\ \frac{(61,63 - x)}{10,87} & ; 50,76 \leq x \leq 61,63 \\ 0 & ; x \geq 61,63 \end{cases}$$

$$\mu_{sedang}(x) = \begin{cases} 0 & ; x \leq 50,76 \text{ atau } x \geq 68,29 \\ \frac{(x - 50,76)}{10,87} & ; 50,76 \leq x \leq 61,63 \\ \frac{(68,29 - x)}{10,87} & ; 61,63 \leq x \leq 68,29 \end{cases}$$

$$\mu_{tinggi}(x) = \begin{cases} 1 & ; x \geq 68,29 \\ \frac{x - 61,63}{10,87} & ; 61,63 \leq x \leq 68,29 \\ 0 & ; x \leq 61,63 \end{cases}$$

b. 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 udara ditunjukkan pada Gambar 4.2.



Gambar 4.2 Variabel Tekanan Udara

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:

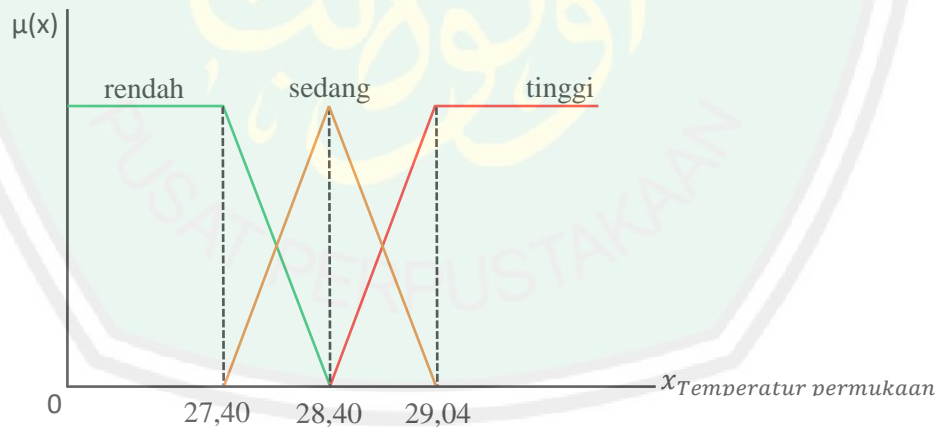
$$\mu_{rendah}(x) = \begin{cases} 1 & ; x \leq 1002,92 \\ \frac{(1004,41 - x)}{1,49} & ; 1002,92 \leq x \leq 1004,41 \\ 0 & ; x \geq 1004,41 \end{cases}$$

$$\mu_{sedang}(x) = \begin{cases} 0 & ; x \leq 1002,92 \text{ atau } x \geq 1005,27 \\ \frac{(x - 1002,92)}{1,49} & ; 1002,92 \leq x \leq 1004,41 \\ \frac{(1005,27 - x)}{1,49} & ; 1004,41 \leq x \leq 1005,27 \end{cases}$$

$$\mu_{tinggi}(x) = \begin{cases} 1 & ; x \geq 1005,27 \\ \frac{x - 1004,41}{1,49} & ; 1004,41 \leq x \leq 1005,27 \\ 0 & ; x \leq 1004,41 \end{cases}$$

c. Himpunan *Fuzzy* Variabel Temperatur Permukaan

Pada variabel temperatur permukaan didefinisikan tiga himpunan *fuzzy* yaitu rendah, sedang, dan tinggi. Untuk merepresentasikan variabel tekanan 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 permukaan ditunjukkan pada Gambar 4.3.



Gambar 4.3 Variabel Temperatur Permukaan

Sumbu horizontal merupakan nilai *input* dari variabel temperatur permukaan sedangkan sumbu vertikal merupakan tingkat keanggotaan dari nilai *input*. Fungsi keanggotaan diperoleh dengan cara yang sama sebagaimana dalam variabel temperatur permukaan sehingga menjadi sebagai berikut:

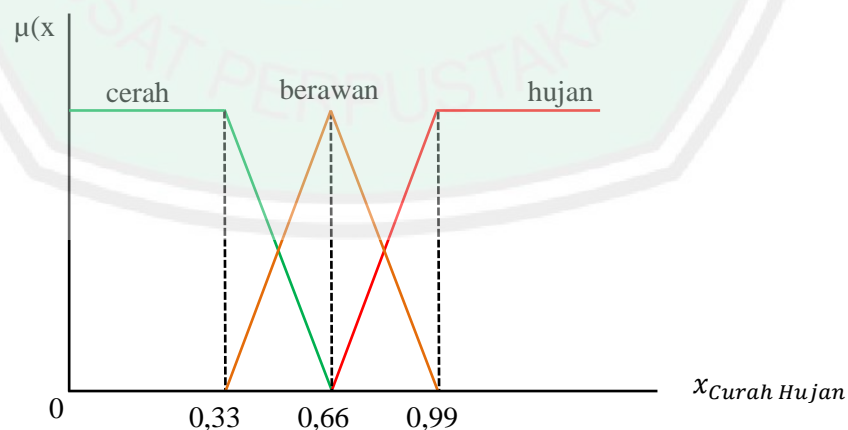
$$\mu_{rendah}(x) = \begin{cases} 1 & ; x \leq 27,40 \\ \frac{(28,40 - x)}{1,00} & ; 27,40 \leq x \leq 28,40 \\ 0 & ; x \geq 28,40 \end{cases}$$

$$\mu_{sedang}(x) = \begin{cases} 0 & ; x \leq 27,40 \text{ atau } x \geq 29,04 \\ \frac{(x - 27,40)}{1,00} & ; 27,40 \leq x \leq 28,40 \\ \frac{(29,04 - x)}{1,00} & ; 28,40 \leq x \leq 29,04 \end{cases}$$

$$\mu_{tinggi}(x) = \begin{cases} 0 & ; x \leq 28,40 \\ \frac{x - 28,40}{1,00} & ; 28,40 \leq x \leq 29,04 \\ 1 & ; x \geq 29,04 \end{cases}$$

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* cerah, bentuk kurva segitiga untuk himpunan *fuzzy* berawan, dan bentuk kurva bahu kanan untuk himpunan *fuzzy* hujan. Gambar himpunan *fuzzy* untuk variabel curah hujan ditunjukkan pada Gambar 4.4.



Gambar 4.4 Variabel Curah Hujan

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:

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

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

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

#### 4.2.2 Pembentukan Aturan Fuzzy

Langkah selanjutnya setelah fuzzifikasi adalah membentuk aturan fuzzy. Aturan ini dibentuk untuk menyatakan relasi antara *input* dan *output*. Pembentukan aturan dihasilkan dari kombinasi tiap kondisi tersebut yang dikenal dengan aturan keputusan. Setiap aturan terdiri dari tiga antiseden dan satu konsekuen, dengan operator yang digunakan untuk menghubungkan adalah operator “dan”. Sedangkan yang memetakan antara *input* dan *output* adalah “jika maka”, jumlah aturan yang terbentuk berdasarkan tiga himpunan fuzzy adalah sebanyak 27 aturan, berikut disajikan pada Tabel 4.4.



Tabel 4.4 Aturan *Fuzzy*

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

#### 4.2.3 Penyelesaian Menggunakan Metode Tsukamoto

Berdasarkan data kelembaban, tekanan udara, dan temperatur BPAA LAPAN Watukosek Pasuruan tahun 2011 dan tahun 2012 akan dicari hasil curah hujan menggunakan metode Tsukamoto. Curah hujan tersebut dicari setiap bulannya mulai bulan Januari 2011 samapi Desember 2012.

1. Januari 2011 kelembaban 68,54 (%), temperatur 27,91 (C), dan tekanan udara 1002,11 (mb).

$$\mu_{KL.rendah}(68,54) = 0$$

$$\mu_{KL. \text{ sedang}}(68,54) = 0$$

$$\mu_{KL. \text{ tinggi}}(68,54) = 1$$

$$\mu_{TM. \text{ rendah}}(27,91) = \frac{28,40 - 27,91}{1,00} = 0,49$$

$$\mu_{TM. \text{ sedang}}(27,91) = \frac{27,91 - 27,40}{1,00} = 0,51$$

$$\mu_{TM. \text{ tinggi}}(27,91) = 0$$

$$\mu_{TU. \text{ rendah}}(1002,11) = 1$$

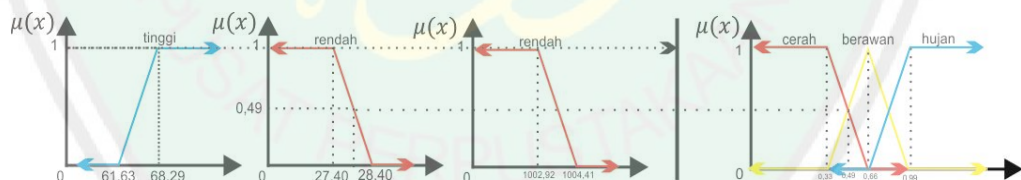
$$\mu_{TU. \text{ sedang}}(1002,11) = 0$$

$$\mu_{TU. \text{ tinggi}}(1002,11) = 0$$

Setelah direfleksikan ke dalam gambar himpunan *fuzzy*, maka terbentuk dua aturan *fuzzy*, yaitu:

[R1] Jika kelembaban tinggi, temperatur rendah, dan tekanan udara rendah maka curah hujan berawan.

$$\alpha_1 = \min(\mu_{KL. \text{ tinggi}}, \mu_{TU. \text{ rendah}}, \mu_{TM. \text{ rendah}}) = \min(1, 0,49, 1) = 0,49$$



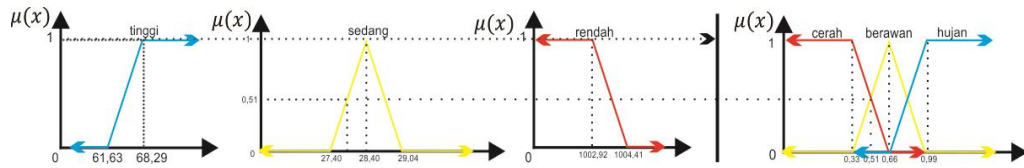
Melihat curah hujan berawan,

$$\mu_{CU. \text{ berawan}} = \frac{x - 0,33}{0,33} = 0,49$$

$$x = 0,49$$

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

$$\alpha_2 = \min(\mu_{KL. \text{ tinggi}}, \mu_{TU. \text{ sedang}}, \mu_{TM. \text{ rendah}}) = \min(1, 0,51, 1) = 0,51$$



Melihat curah hujan berawan,

$$\mu_{CU.berawan} = \frac{x - 0,33}{0,33} = 0,51$$

$$x = 0,50$$

Langkah selanjutnya adalah penggaburan dengan rata-rata terpusat yaitu,

$$Z = \frac{\sum x_i \cdot \alpha_i}{\alpha_i} = \frac{(0,49 \cdot 0,49) + (0,500,51)}{0,49 + 0,51} = 0,50$$

2. Pebruari 2011 kelembaban 68,97 (%), temperatur 27,91 (C), dan tekanan udara 1002,64 (mb).

$$\mu_{KL.rendah}(68,97) = 0$$

$$\mu_{KL. sedang}(68,97) = 0$$

$$\mu_{KL. tinggi}(68,97) = 1$$

$$\mu_{TM. rendah}(27,91) = \frac{28,40 - 27,91}{1,00} = 0,49$$

$$\mu_{TM. sedang}(27,91) = \frac{27,91 - 27,40}{1,00} = 0,51$$

$$\mu_{TM. tinggi}(27,91) = 0$$

$$\mu_{TU. rendah}(1002,64) = 1$$

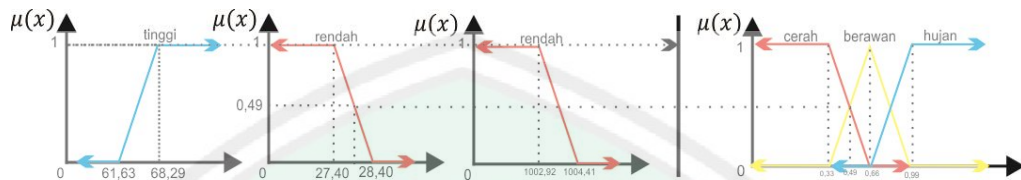
$$\mu_{TU. sedang}(1002,64) = 0$$

$$\mu_{TU. tinggi}(1002,64) = 0$$

Setelah direfleksikan ke dalam gambar himpunan *fuzzy*, maka terbentuk dua aturan *fuzzy*, yaitu:

[R1] Jika kelembaban tinggi, temperatur rendah, dan tekanan udara rendah maka curah hujan berawan.

$$\alpha_1 = \min(\mu_{KL. \text{tinggi}}, \mu_{TU. \text{rendah}}, \mu_{TM. \text{rendah}}) = \min(1, 0,49, 1) = 0,49$$



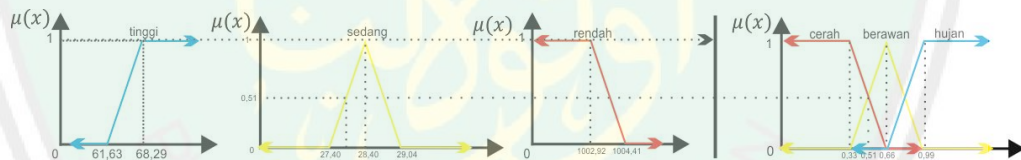
Melihat curah hujan berawan,

$$\mu_{CU.berawan} = \frac{x - 0,33}{0,33} = 0,49$$

$$x = 0,49$$

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

$$\alpha_2 = \min(\mu_{KL. \text{tinggi}}, \mu_{TU. \text{sedang}}, \mu_{TM. \text{rendah}}) = \min(1, 0,51, 1) = 0,51$$



Melihat curah hujan berawan,

$$\mu_{CU.berawan} = \frac{x - 0,33}{0,33} = 0,51$$

$$x = 0,50$$

Langkah selanjutnya adalah pengaburan dengan rata-rata terpusat yaitu,

$$Z = \frac{\sum x_i \cdot \alpha_i}{\alpha_i} = \frac{(0,49 \cdot 0,49) + (0,50 \cdot 0,51)}{0,49 + 0,51} = 0,50$$

3. Maret 2011 kelembaban 69,35 (%), temperatur 28,20 (C), dan tekanan udara 1002,83 (mb).

$$\mu_{KL.rendah}(69,35) = 0$$

$$\mu_{KL. \text{ sedang}}(69,35) = 0$$

$$\mu_{KL. \text{ tinggi}}(69,35) = 1$$

$$\mu_{TM. \text{ rendah}}(28,20) = \frac{28,40 - 28,20}{1,00} = 0,20$$

$$\mu_{TM. \text{ sedang}}(28,20) = \frac{28,20 - 27,40}{1,00} = 0,80$$

$$\mu_{TM. \text{ tinggi}}(28,20) = 0$$

$$\mu_{TU. \text{ rendah}}(1002,64) = 1$$

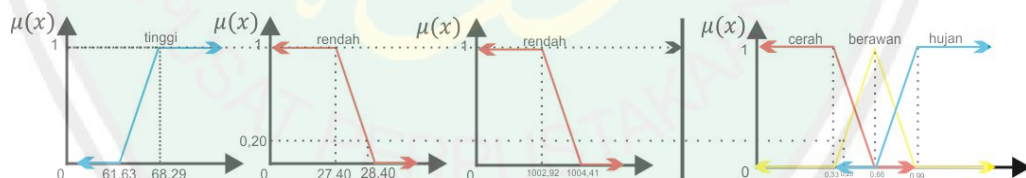
$$\mu_{TU. \text{ sedang}}(1002,64) = 0$$

$$\mu_{TU. \text{ tinggi}}(1002,64) = 0$$

Setelah direfleksikan ke dalam gambar himpunan *fuzzy*, maka terbentuk dua aturan *fuzzy*, yaitu:

[R1] Jika kelembaban tinggi, temperatur rendah, dan tekanan udara rendah maka curah hujan berawan.

$$\alpha_1 = \min(\mu_{KL. \text{ tinggi}}, \mu_{TU. \text{ rendah}}, \mu_{TM. \text{ rendah}}) = \min(1, 0,20, 1) = 0,20$$



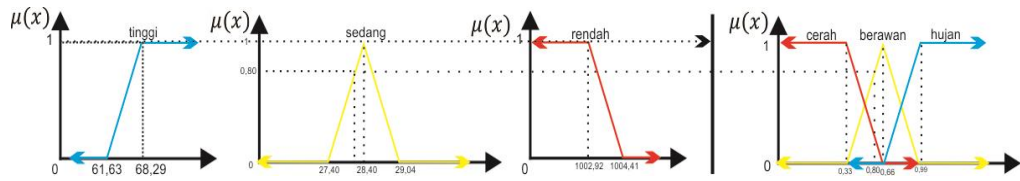
Melihat curah hujan berawan,

$$\mu_{CU. \text{ berawan}} = \frac{x - 0,33}{0,33} = 0,20$$

$$x = 0,40$$

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

$$\alpha_2 = \min(\mu_{KL. \text{ tinggi}}, \mu_{TU. \text{ sedang}}, \mu_{TM. \text{ rendah}}) = \min(1, 0,80, 1) = 0,80$$



Melihat curah hujan berawan,

$$\mu_{CU.berawan} = \frac{x - 0,33}{0,33} = 0,80$$

$$x = 0,59$$

Langkah selanjutnya adalah pengaburan dengan rata-rata terpusat yaitu,

$$Z = \frac{\sum x_i \cdot \alpha_i}{\alpha_i} = \frac{(0,40 \cdot 0,20) + (0,59 \cdot 0,80)}{0,20 + 0,59} = 0,70$$

4. April 2011 kelembaban 68,71 (%), temperatur 28,50 (C), dan tekanan udara 1003,94 (mb).

$$\mu_{KL.rendah}(68,71) = 0$$

$$\mu_{KL.sedang}(68,71) = 0$$

$$\mu_{KL.tinggi}(68,71) = 1$$

$$\mu_{TM.rendah}(28,50) = 0$$

$$\mu_{TM.sedang}(28,50) = \frac{29,04 - 28,50}{1,00} = 0,54$$

$$\mu_{TM.tinggi}(28,50) = \frac{28,50 - 28,40}{1,00} = 0,10$$

$$\mu_{TU.rendah}(1003,94) = \frac{1004,41 - 1003,94}{1,49} = 0,31$$

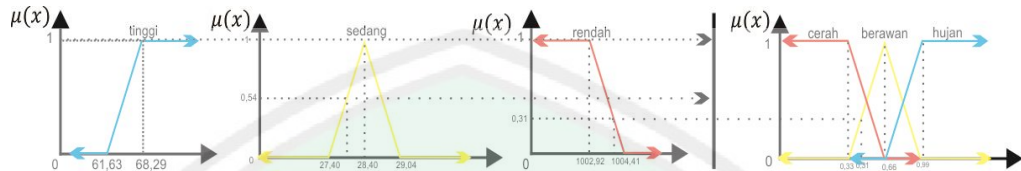
$$\mu_{TU.sedang}(1003,94) = \frac{1003,94 - 1002,92}{1,49} = 0,68$$

$$\mu_{TU.tinggi}(1003,94) = 0$$

Setelah direfleksikan ke dalam gambar himpunan *fuzzy*, maka terbentuk empat aturan *fuzzy*, yaitu:

[R1] Jika kelembaban tinggi, temperatur sedang, dan tekanan udara rendah maka curah hujan berawan.

$$\alpha_1 = \min(\mu_{KL. \text{tinggi}}, \mu_{TU. \text{sedang}}, \mu_{TM. \text{rendah}}) = \min(1, 0,54, 0,31) = 0,31$$



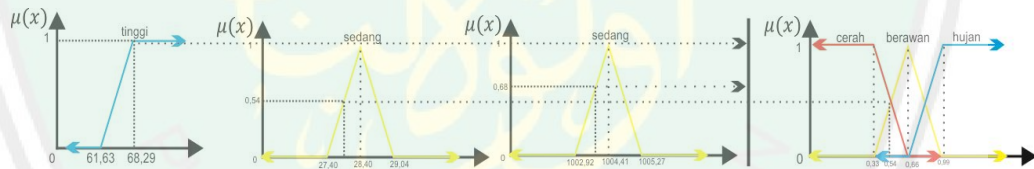
Melihat curah hujan berawan,

$$\mu_{CU.berawan} = \frac{x - 0,33}{0,33} = 0,31$$

$$x = 0,43$$

[R2] Jika kelembaban tinggi, temperatur sedang, dan tekanan udara sedang maka curah hujan berawan.

$$\alpha_2 = \min(\mu_{KL. \text{tinggi}}, \mu_{TU. \text{sedang}}, \mu_{TM. \text{sedang}}) = \min(1, 0,54, 0,68) = 0,54$$



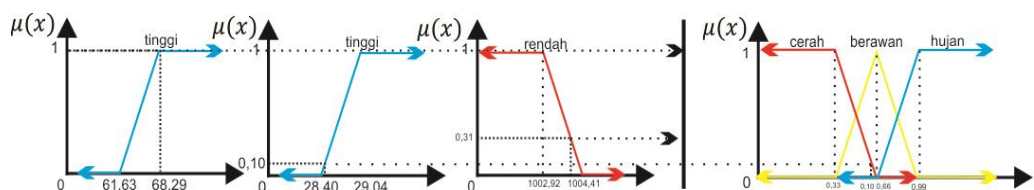
Melihat curah hujan berawan,

$$\mu_{CU.berawan} = \frac{x - 0,33}{0,33} = 0,54$$

$$x = 0,51$$

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

$$\alpha_3 = \min(\mu_{KL. \text{tinggi}}, \mu_{TU. \text{tinggi}}, \mu_{TM. \text{rendah}}) = \min(1, 0,10, 0,31) = 0,10$$



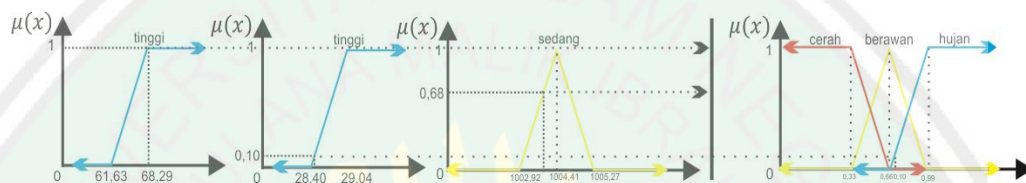
Melihat curah hujan cerah,

$$\mu_{CU.cerah} = \frac{0,66 - x}{0,33} = 0,10$$

$$x = 0,62$$

[R4] Jika kelembaban tinggi, temperatur tinggi, dan tekanan udara sedang maka hujan.

$$\alpha_4 = \min(\mu_{KL.tinggi}, \mu_{TU.tinggi}, \mu_{TM.sedang}) = \min(1, 0,10, 0,68) = 0,10$$



Melihat curah hujan hujan,

$$\mu_{CU.hujan} = \frac{x - 0,66}{0,33} = 0,10$$

$$x = 0,69$$

Langkah selanjutnya adalah pengaburan dengan rata-rata terpusat yaitu,

$$Z = \frac{\sum x_i \cdot \alpha_i}{\alpha_i} = \frac{(0,43 \cdot 0,31) + (0,51 \cdot 0,54) + (0,62 \cdot 0,10) + (0,69 \cdot 0,10)}{0,31 + 0,54 + 0,10 + 0,10} = 0,51$$

5. Mei 2011 kelembaban 64,68 (%), temperatur 29,13 (C), dan tekanan udara 1004,65 (mb).

$$\mu_{KL.rendah}(64,68) = 0$$

$$\mu_{KL.sedang}(64,68) = \frac{68,29 - 64,68}{10,87} = 0,33$$

$$\mu_{KL.tinggi}(64,68) = \frac{64,68 - 61,63}{10,87} = 0,28$$

$$\mu_{TM.rendah}(29,13) = 0$$



$$\mu_{TM. \text{sedang}}(29,13) = 0$$

$$\mu_{TM. \text{tinggi}}(29,13) = 1$$

$$\mu_{TU. \text{rendah}}(1004,65) = 0$$

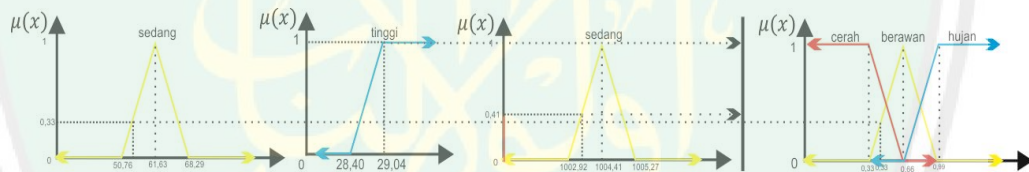
$$\mu_{TU. \text{sedang}}(1004,65) = \frac{1005,27 - 1004,65}{1,49} = 0,41$$

$$\mu_{TU. \text{tinggi}}(1004,65) = \frac{1004,65 - 1004,41}{1,49} = 0,16$$

Setelah direfleksikan ke dalam gambar himpunan *fuzzy*, maka terbentuk empat aturan *fuzzy*, yaitu:

[R1] Jika kelembaban sedang, temperatur tinggi, dan tekanan udara sedang maka curah hujan berawan.

$$\alpha_1 = \min(\mu_{KL. \text{sedang}}, \mu_{TU. \text{tinggi}}, \mu_{TM. \text{sedang}}) = \min(0,33, 1, 0,41) = 0,33$$



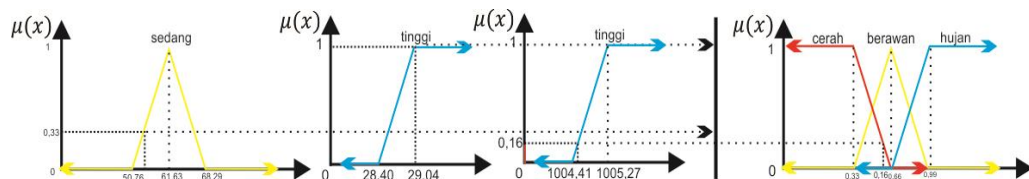
Melihat curah hujan berawan,

$$\mu_{CU. \text{berawan}} = \frac{x - 0,33}{0,33} = 0,33$$

$$x = 0,44$$

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

$$\alpha_2 = \min(\mu_{KL. \text{sedang}}, \mu_{TU. \text{tinggi}}, \mu_{TM. \text{tinggi}}) = \min(0,33, 1, 0,16) = 0,16$$



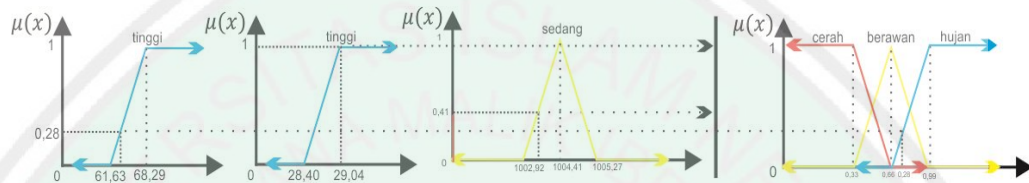
Melihat curah hujan cerah,

$$\mu_{CU.cerah} = \frac{0,66 - x}{0,33} = 0,16$$

$$x = 0,61$$

[R3] Jika kelembaban tinggi, temperatur tinggi, dan tekanan udara sedang maka hujan.

$$\alpha_3 = \min(\mu_{KL.tinggi}, \mu_{TU.tinggi}, \mu_{TM.sedang}) = \min(0,28, 1, 0,41) = 0,28$$



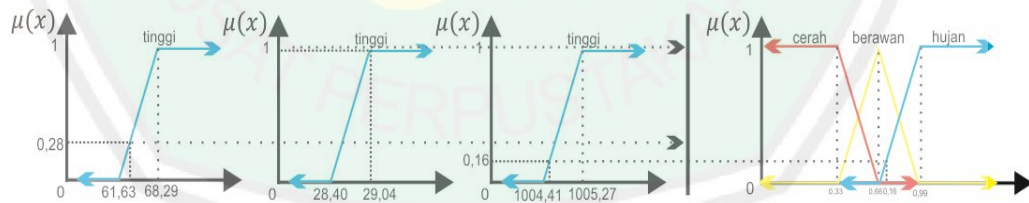
Melihat curah hujan hujan,

$$\mu_{CU.hujan} = \frac{x - 0,66}{0,33} = 0,28$$

$$x = 0,75$$

[R4] Jika kelembaban tinggi, temperatur tinggi, dan tekanan udara tinggi maka hujan.

$$\alpha_4 = \min(\mu_{KL.tinggi}, \mu_{TU.tinggi}, \mu_{TM.tinggi}) = \min(0,28, 1, 0,16) = 0,16$$



Melihat curah hujan hujan,

$$\mu_{CU.hujan} = \frac{x - 0,66}{0,33} = 0,16$$

$$x = 0,71$$

Langkah selanjutnya adalah penggaburan dengan rata-rata terpusat yaitu,

$$Z = \frac{\sum x_i \cdot \alpha_i}{\alpha_i} = \frac{(0,44 \cdot 0,33) + (0,61 \cdot 0,16) + (0,75 \cdot 0,28) + (0,71 \cdot 0,16)}{0,33 + 0,16 + 0,28 + 0,16}$$

$$= 0,61$$

6. Juni 2011 kelembaban 59,51 (%), temperatur 28,46 (C), dan tekanan udara 1005,28 (mb).

$$\mu_{KL. \text{rendah}}(59,51) = \frac{61,63 - 59,51}{10,87} = 0,20$$

$$\mu_{KL. \text{sedang}}(59,51) = \frac{59,51 - 50,76}{10,87} = 0,80$$

$$\mu_{KL. \text{tinggi}}(59,51) = 0$$

$$\mu_{TM. \text{rendah}}(28,46) = 0$$

$$\mu_{TM. \text{sedang}}(28,46) = \frac{29,04 - 28,46}{1,00} = 0,58$$

$$\mu_{TM. \text{tinggi}}(28,46) = \frac{28,46 - 28,40}{1,00} = 0,06$$

$$\mu_{TU. \text{rendah}}(1005,28) = 0$$

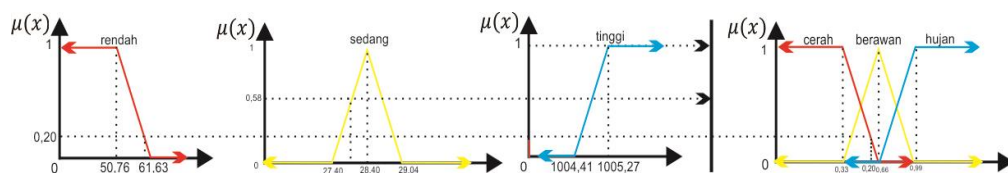
$$\mu_{TU. \text{sedang}}(1005,28) = 0$$

$$\mu_{TU. \text{tinggi}}(1005,28) = 1$$

Setelah direfleksikan ke dalam gambar himpunan *fuzzy*, maka terbentuk empat aturan *fuzzy*, yaitu:

[R1] Jika kelembaban rendah, temperatur sedang, dan tekanan udara tinggi maka curah hujan cerah.

$$\alpha_1 = \min(\mu_{KL. \text{rendah}}, \mu_{TU. \text{sedang}}, \mu_{TM. \text{tinggi}}) = \min(0,20, 0,58, 1) = 0,20$$



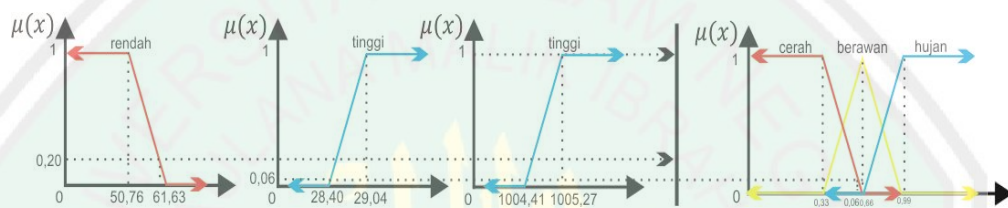
Melihat curah hujan cerah,

$$\mu_{CU.cerah} = \frac{0,66 - x}{0,33} = 0,20$$

$$x = 0,59$$

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

$$\alpha_2 = \min(\mu_{KL. rendah}, \mu_{TU. tinggi}, \mu_{TM. tinggi}) = \min(0,20, 0,06, 1) = 0,06$$



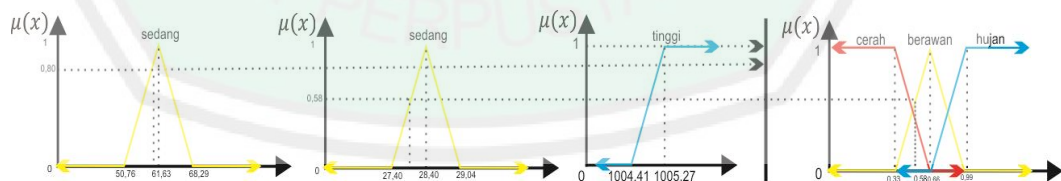
Melihat curah hujan cerah,

$$\mu_{CU.cerah} = \frac{0,66 - x}{0,33} = 0,06$$

$$x = 0,64$$

[R3] Jika kelembaban sedang, temperatur sedang, dan tekanan udara tinggi maka curah hujan berawan.

$$\alpha_3 = \min(\mu_{KL. sedang}, \mu_{TU. sedang}, \mu_{TM. tinggi}) = \min(0,80, 0,58, 1) = 0,58$$



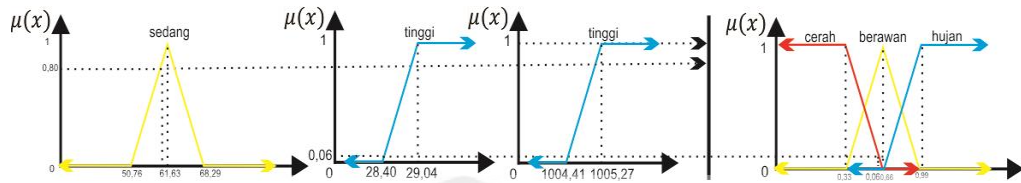
Melihat curah hujan berawan,

$$\mu_{CU.berawan} = \frac{x - 0,33}{0,33} = 0,58$$

$$x = 0,52$$

[R4] Jika kelembaban sedang, temperatur tinggi, dan tekanan udara tinggi maka curah hujan cerah.

$$\alpha_4 = \min(\mu_{KL. \text{ sedang}}, \mu_{TU. \text{ tinggi}}, \mu_{TM. \text{ tinggi}}) = \min(0,80, 0,06, 1) = 0,06$$



Melihat curah hujan cerah,

$$\mu_{CU. \text{ cerah}} = \frac{0,66 - x}{0,33} = 0,06$$

$$x = 0,64$$

Langkah selanjutnya adalah penggaburan dengan rata-rata terpusat yaitu,

$$Z = \frac{\sum x_i \cdot \alpha_i}{\alpha_i} = \frac{(0,59 \cdot 0,20) + (0,64 \cdot 0,06) + (0,52 \cdot 0,58) + (0,64 \cdot 0,06)}{0,20 + 0,06 + 0,58 + 0,06}$$

$$= 0,55$$

7. Juli 2011 kelembaban 57,70 (%), temperatur 28,51 (C), dan tekanan udara 1005,63 (mb).

$$\mu_{KL. \text{ rendah}}(57,70) = \frac{61,63 - 57,70}{10,87} = 0,36$$

$$\mu_{KL. \text{ sedang}}(57,70) = \frac{57,70 - 50,76}{10,87} = 0,64$$

$$\mu_{KL. \text{ tinggi}}(57,70) = 0$$

$$\mu_{TM. \text{ rendah}}(28,51) = 0$$

$$\mu_{TM. \text{ sedang}}(28,51) = \frac{29,04 - 28,51}{1,00} = 0,53$$

$$\mu_{TM. \text{ tinggi}}(28,51) = \frac{28,51 - 28,40}{1,00} = 0,11$$

$$\mu_{TU. \text{ rendah}}(1005,63) = 0$$

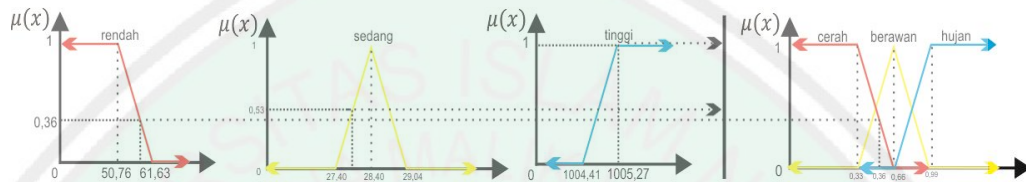
$$\mu_{TU. \text{ sedang}}(1005,63) = 0$$

$$\mu_{TU. \text{ tinggi}}(1005,63) = 1$$

Setelah direfleksikan ke dalam gambar himpunan *fuzzy*, maka terbentuk empat aturan *fuzzy*, yaitu:

[R1] Jika kelembaban rendah, temperatur sedang, dan tekanan udara tinggi maka curah hujan cerah.

$$\alpha_1 = \min(\mu_{KL. \text{rendah}}, \mu_{TU. \text{sedang}}, \mu_{TM. \text{tinggi}}) = \min(0,36, 0,53, 1) = 0,36$$



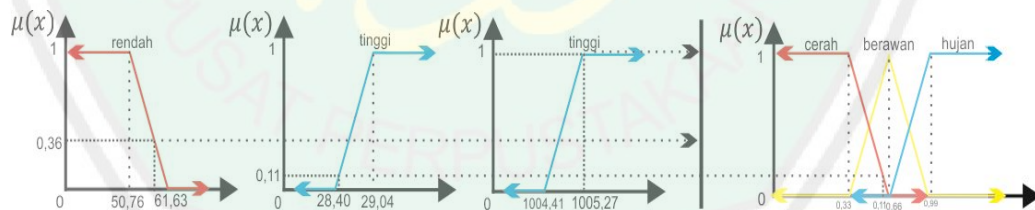
Melihat curah hujan cerah,

$$\mu_{CU.cerah} = \frac{0,66 - x}{0,33} = 0,36$$

$$x = 0,54$$

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

$$\alpha_2 = \min(\mu_{KL. \text{rendah}}, \mu_{TU. \text{tinggi}}, \mu_{TM. \text{tinggi}}) = \min(0,36, 0,11, 1) = 0,11$$



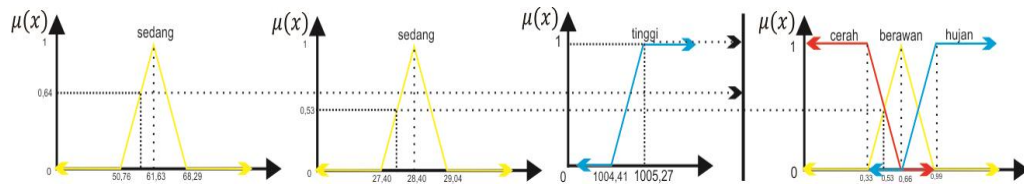
Melihat curah hujan cerah,

$$\mu_{CU.cerah} = \frac{0,66 - x}{0,33} = 0,11$$

$$x = 0,62$$

[R3] Jika kelembaban sedang, temperatur sedang, dan tekanan udara tinggi maka curah hujan berawan.

$$\alpha_3 = \min(\mu_{KL. \text{sedang}}, \mu_{TU. \text{sedang}}, \mu_{TM. \text{tinggi}}) = \min(0,64, 0,53, 1) = 0,53$$



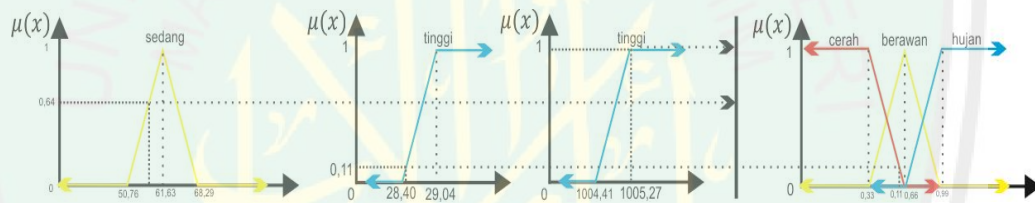
Melihat curah hujan berawan,

$$\mu_{CU.berawan} = \frac{x - 0,33}{0,33} = 0,53$$

$$x = 0,50$$

[R4] Jika kelembaban sedang, temperatur tinggi, dan tekanan udara tinggi maka curah hujan cerah.

$$\alpha_4 = \min(\mu_{KL.sedang}, \mu_{TU.tinggi}, \mu_{TM.tinggi}) = \min(0,64, 0,11, 1) = 0,11$$



Melihat curah hujan cerah,

$$\mu_{CU.cerah} = \frac{0,66 - x}{0,33} = 0,11$$

$$x = 0,62$$

Langkah selanjutnya adalah pengaburan dengan rata-rata terpusat yaitu,

$$Z = \frac{\sum x_i \cdot \alpha_i}{\alpha_i} = \frac{(0,54 \cdot 0,36) + (0,62 \cdot 0,11) + (0,50 \cdot 0,53) + (0,62 \cdot 0,11)}{0,36 + 0,11 + 0,53 + 0,11}$$

$$= 0,54$$

8. Agustus 2011 kelembaban 54,71 (%), temperatur 28,31 (C), dan tekanan udara 1006,05 (mb).

$$\mu_{KL.rendah}(54,71) = \frac{61,63 - 54,71}{10,87} = 0,64$$

$$\mu_{KL. \text{ sedang}}(54,71) = \frac{54,71 - 50,76}{10,87} = 0,36$$

$$\mu_{KL. \text{ tinggi}}(54,71) = 0$$

$$\mu_{TM. \text{ rendah}}(28,31) = \frac{28,40 - 28,31}{1,00} = 0,09$$

$$\mu_{TM. \text{ sedang}}(28,31) = \frac{28,31 - 27,40}{1,00} = 0,91$$

$$\mu_{TM. \text{ tinggi}}(28,31) = 0$$

$$\mu_{TU. \text{ rendah}}(1006,05) = 0$$

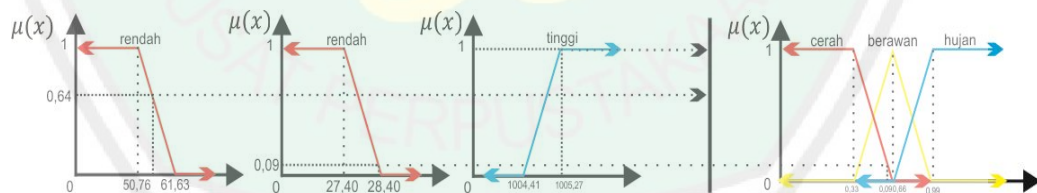
$$\mu_{TU. \text{ sedang}}(1006,05) = 0$$

$$\mu_{TU. \text{ tinggi}}(1006,05) = 1$$

Setelah direfleksikan ke dalam gambar himpunan *fuzzy*, maka terbentuk empat aturan *fuzzy*, yaitu:

[R1] Jika kelembaban rendah, temperatur rendah, dan tekanan udara tinggi maka curah hujan cerah.

$$\alpha_1 = \min(\mu_{KL. \text{ rendah}}, \mu_{TU. \text{ rendah}}, \mu_{TM. \text{ tinggi}}) = \min(0,64, 0,09, 1) = 0,09$$



Melihat curah hujan cerah,

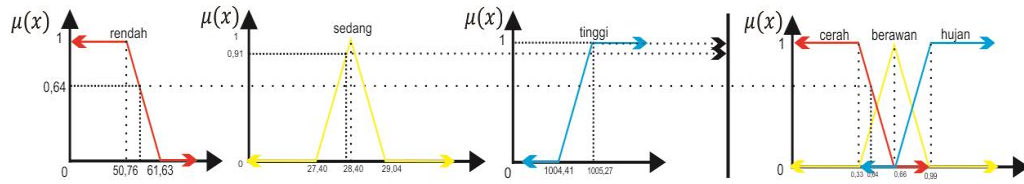
$$\mu_{CU. \text{ cerah}} = \frac{0,66 - x}{0,33} = 0,09$$

$$x = 0,63$$

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

$$\alpha_2 = \min(\mu_{KL. \text{ rendah}}, \mu_{TU. \text{ sedang}}, \mu_{TM. \text{ tinggi}}) = \min(0,64, 0,91, 1) = 0,64$$





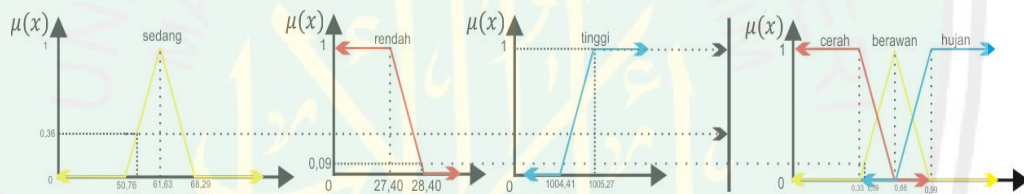
Melihat curah hujan cerah,

$$\mu_{CU.cerah} = \frac{0,66 - x}{0,33} = 0,64$$

$$x = 0,45$$

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

$$\alpha_3 = \min(\mu_{KL.sedang}, \mu_{TU.rendah}, \mu_{TM.tinggi}) = \min(0,36, 0,09, 1) = 0,09$$



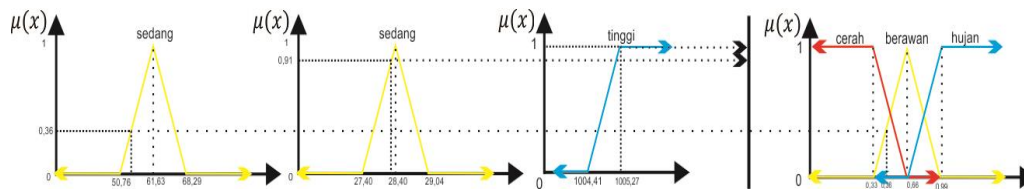
Melihat curah hujan berawan,

$$\mu_{CU.berawan} = \frac{x - 0,33}{0,33} = 0,09$$

$$x = 0,36$$

[R4] Jika kelembaban sedang, temperatur sedang, dan tekanan udara tinggi maka curah hujan berawan.

$$\alpha_4 = \min(\mu_{KL.sedang}, \mu_{TU.tinggi}, \mu_{TM.tinggi}) = \min(0,36, 0,91, 1) = 0,36$$



Melihat curah hujan berawan,

$$\mu_{CU.berawan} = \frac{x - 0,33}{0,33} = 0,36$$

$$x = 0,45$$

Langkah selanjutnya adalah penggaburan dengan rata-rata terpusat yaitu,

$$Z = \frac{\sum x_i \cdot \alpha_i}{\alpha_i} = \frac{(0,63 \cdot 0,09) + (0,45 \cdot 0,64) + (0,36 \cdot 0,09) + (0,45 \cdot 0,36)}{0,09 + 0,64 + 0,09 + 0,36}$$

$$= 0,46$$

9. September 2011 kelembaban 53,29 (%), temperatur 29,05 (C), dan tekanan udara 1006,14 (mb).

$$\mu_{KL.rendah}(53,29) = \frac{61,63 - 53,29}{10,87} = 0,77$$

$$\mu_{KL.sedang}(53,29) = \frac{53,29 - 50,76}{10,87} = 0,23$$

$$\mu_{KL.tinggi}(53,29) = 0$$

$$\mu_{TM.rendah}(29,05) = 0$$

$$\mu_{TM.sedang}(29,05) = 0$$

$$\mu_{TM.tinggi}(29,05) = 1$$

$$\mu_{TU.rendah}(1006,14) = 0$$

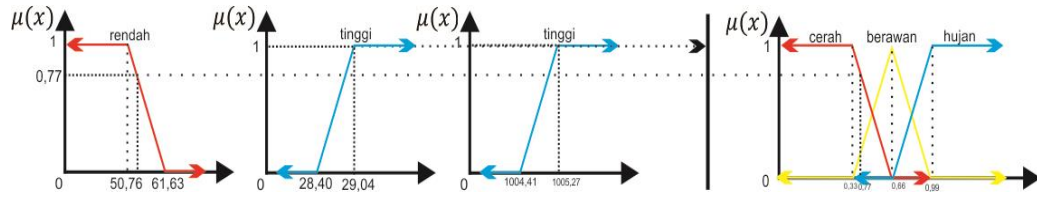
$$\mu_{TU.sedang}(1006,14) = 0$$

$$\mu_{TU.tinggi}(1006,14) = 1$$

Setelah direfleksikan ke dalam gambar himpunan *fuzzy*, maka terbentuk dua aturan *fuzzy*, yaitu:

[R1] Jika kelembaban rendah, temperatur tinggi, dan tekanan udara tinggi maka curah hujan cerah.

$$\alpha_1 = \min(\mu_{KL.rendah}, \mu_{TU.tinggi}, \mu_{TM.tinggi}) = \min(0,77, 1, 1) = 0,77$$



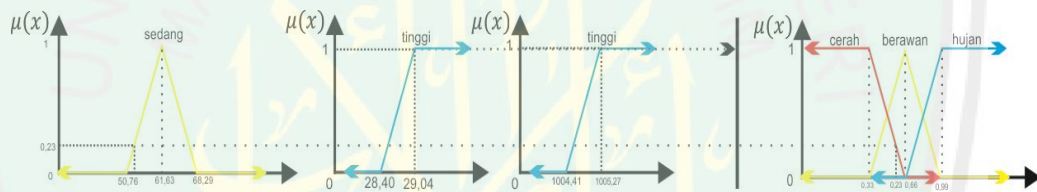
Melihat curah hujan cerah,

$$\mu_{CU.cerah} = \frac{0,66 - x}{0,33} = 0,77$$

$x = 0,41$

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

$$\alpha_2 = \min(\mu_{KL.sedang}, \mu_{TU.tinggi}, \mu_{TM.tinggi}) = \min(0,23, 1, 1) = 0,23$$



Melihat curah hujan cerah,

$$\mu_{CU.cerah} = \frac{0,66 - x}{0,33} = 0,23$$

$x = 0,58$

Langkah selanjutnya adalah penggaburan dengan rata-rata terpusat yaitu,

$$Z = \frac{\sum x_i \cdot \alpha_i}{\alpha_i} = \frac{(0,41 \cdot 0,77) + (0,58 \cdot 0,23)}{0,77 + 0,23} = 0,45$$

10. Oktober 2011 kelembaban 51,09 (%), temperatur 30,65 (C), dan tekanan udara 1004,42 (mb).

$$\mu_{KL.rendah}(51,09) = \frac{61,63 - 51,09}{10,87} = 0,97$$

$$\mu_{KL.sedang}(51,09) = \frac{51,09 - 50,76}{10,87} = 0,03$$

$$\mu_{KL. tinggi}(51,09) = 0$$

$$\mu_{TM. rendah}(30,65) = 0$$

$$\mu_{TM. sedang}(30,65) = 0$$

$$\mu_{TM. tinggi}(30,65) = 1$$

$$\mu_{TU. rendah}(1004,42) = 0$$

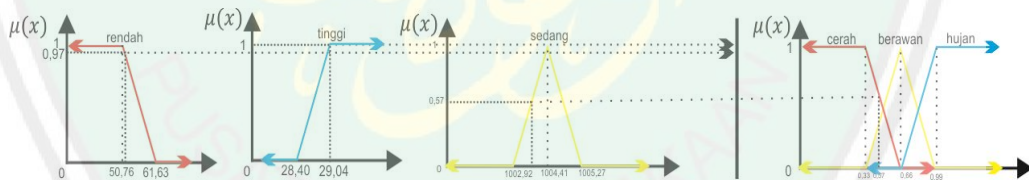
$$\mu_{TU. sedang}(1004,42) = \frac{1005,27 - 1004,42}{1,49} = 0,57$$

$$\mu_{TU. tinggi}(1004,42) = \frac{1004,42 - 1004,41}{1,49} = 0,01$$

Setelah direfleksikan ke dalam gambar himpunan *fuzzy*, maka terbentuk empat aturan *fuzzy*, yaitu:

[R1] Jika kelembaban rendah, temperatur tinggi, dan tekanan udara sedang maka curah hujan cerah.

$$\alpha_1 = \min(\mu_{KL. rendah}, \mu_{TU. tinggi}, \mu_{TM. sedang}) = \min(0,97, 1, 0,57) = 0,57$$



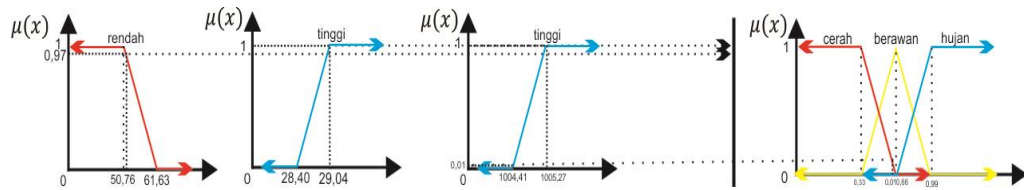
Melihat curah hujan cerah,

$$\mu_{CU.cerah} = \frac{0,66 - x}{0,33} = 0,57$$

$$x = 0,47$$

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

$$\alpha_2 = \min(\mu_{KL. rendah}, \mu_{TU. tinggi}, \mu_{TM. tinggi}) = \min(0,97, 1, 0,01) = 0,01$$



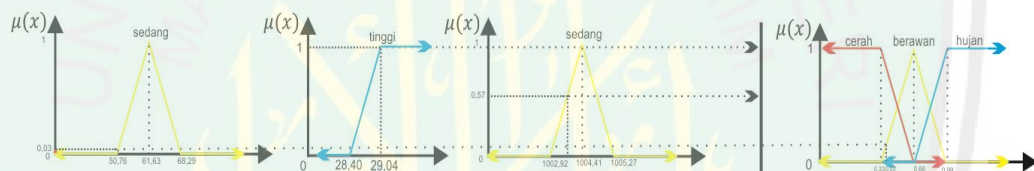
Melihat curah hujan cerah,

$$\mu_{CU.cerah} = \frac{0,66 - x}{0,33} = 0,01$$

$$x = 0,66$$

[R3] Jika kelembaban sedang, temperatur tinggi, dan tekanan udara sedang maka curah hujan berawan.

$$\alpha_3 = \min(\mu_{KL. sedang}, \mu_{TU. tinggi}, \mu_{TM. sedang}) = \min(0,03, 1, 0,57) = 0,03$$



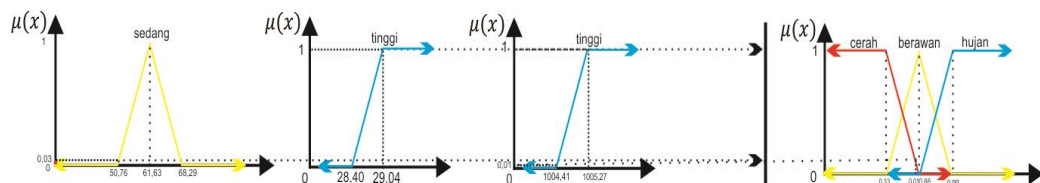
Melihat curah hujan berawan,

$$\mu_{CU.berawan} = \frac{x - 0,33}{0,33} = 0,03$$

$$x = 0,34$$

[R4] Jika kelembaban sedang, temperatur tinggi, dan tekanan udara tinggi maka curah hujan cerah.

$$\alpha_4 = \min(\mu_{KL. sedang}, \mu_{TU. tinggi}, \mu_{TM. tinggi}) = \min(0,03, 1, 0,01) = 0,01$$



Melihat curah hujan berawan,

$$\mu_{CU.cerah} = \frac{0,66 - x}{0,33} = 0,01$$

$$x = 0,66$$

Langkah selanjutnya adalah penggaburan dengan rata-rata terpusat yaitu,

$$Z = \frac{\sum x_i \cdot \alpha_i}{\alpha_i} = \frac{(0,47 \cdot 0,57) + (0,66 \cdot 0,01) + (0,34 \cdot 0,03) + (0,66 \cdot 0,01)}{0,57 + 0,01 + 0,03 + 0,01}$$

$$= 0,47$$

11. November 2011 kelembaban 63,10 (%), temperatur 29,57 (C), dan tekanan udara 1003,35 (mb).

$$\mu_{KL. rendah}(63,10) = 0$$

$$\mu_{KL. sedang}(63,10) = \frac{68,29 - 63,10}{10,87} = 0,48$$

$$\mu_{KL. tinggi}(63,10) = \frac{63,10 - 61,63}{10,87} = 0,14$$

$$\mu_{TM. rendah}(29,57) = 0$$

$$\mu_{TM. sedang}(29,57) = 0$$

$$\mu_{TM. tinggi}(29,57) = 1$$

$$\mu_{TU. rendah}(1003,35) = \frac{1004,41 - 1003,35}{1,49} = 0,71$$

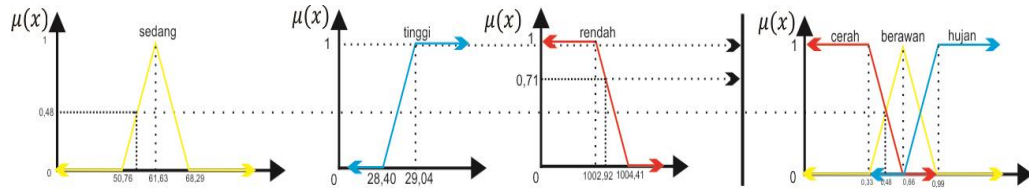
$$\mu_{TU. sedang}(1003,35) = \frac{1003,35 - 1002,92}{1,49} = 0,29$$

$$\mu_{TU. tinggi}(1003,35) = 0$$

Setelah direfleksikan ke dalam gambar himpunan *fuzzy*, maka terbentuk empat aturan *fuzzy*, yaitu:

[R1] Jika kelembaban sedang, temperatur tinggi, dan tekanan udara rendah maka curah hujan berawan.

$$\alpha_1 = \min(\mu_{KL. sedang}, \mu_{TU. tinggi}, \mu_{TM. rendah}) = \min(0,48, 1, 0,71) = 0,48$$



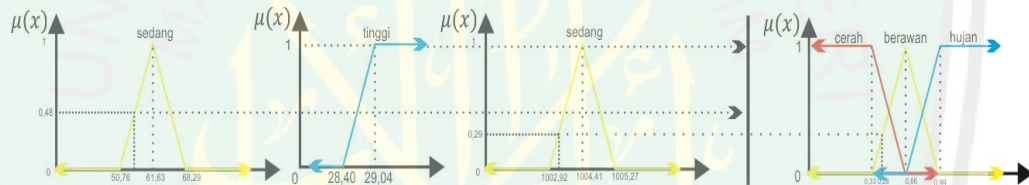
Melihat curah hujan berawan,

$$\mu_{CU.berawan} = \frac{x - 0,33}{0,33} = 0,48$$

$$x = 0,49$$

[R2] Jika kelembaban sedang, temperatur tinggi, dan tekanan udara sedang maka curah hujan berawan.

$$\alpha_2 = \min(\mu_{KL.sedang}, \mu_{TU.tinggi}, \mu_{TM.sedang}) = \min(0,48, 1, 0,29) = 0,29$$



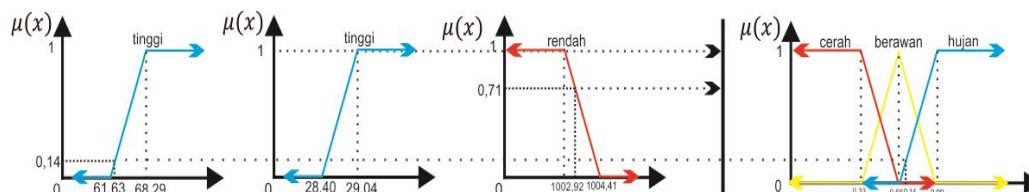
Melihat curah hujan berawan,

$$\mu_{CU.berawan} = \frac{x - 0,33}{0,33} = 0,29$$

$$x = 0,43$$

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

$$\alpha_3 = \min(\mu_{KL.tinggi}, \mu_{TU.tinggi}, \mu_{TM.rendah}) = \min(0,14, 1, 0,71) = 0,14$$



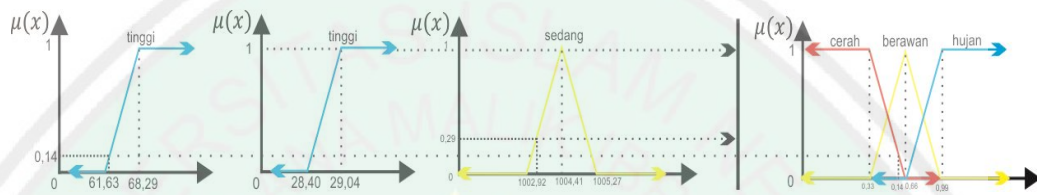
Melihat curah hujan cerah,

$$\mu_{CU.cerah} = \frac{0,66 - x}{0,33} = 0,14$$

$$x = 0,61$$

[R4] Jika kelembaban tinggi, temperatur tinggi, dan tekanan udara sedang maka curah hujan hujan.

$$\alpha_4 = \min(\mu_{KL.tinggi}, \mu_{TU.tinggi}, \mu_{TM.sedang}) = \min(0,14, 1, 0,29) = 0,14$$



Melihat curah hujan hujan,

$$\mu_{CU.hujan} = \frac{x - 0,66}{0,33} = 0,14$$

$$x = 0,71$$

Langkah selanjutnya adalah pengaburan dengan rata-rata terpusat yaitu,

$$Z = \frac{\sum x_i \cdot \alpha_i}{\alpha_i} = \frac{(0,49 \cdot 0,48) + (0,43 \cdot 0,29) + (0,61 \cdot 0,14) + (0,71 \cdot 0,14)}{0,48 + 0,29 + 0,14 + 0,14}$$

$$= 0,52$$

12. Desember 2011 kelembaban 68,55 (%), temperatur 28,75 (C), dan tekanan udara 1002,55 (mb).

$$\mu_{KL.rendah}(68,55) = 0$$

$$\mu_{KL.sedang}(68,55) = 0$$

$$\mu_{KL.tinggi}(68,55) = 1$$

$$\mu_{TM.rendah}(28,75) = 0$$

$$\mu_{TM.sedang}(28,75) = \frac{29,04 - 28,75}{1,00} = 0,29$$



$$\mu_{TM. tinggi}(28,75) = \frac{28,75 - 28,40}{1,00} = 0,35$$

$$\mu_{TU. rendah}(1002,55) = 1$$

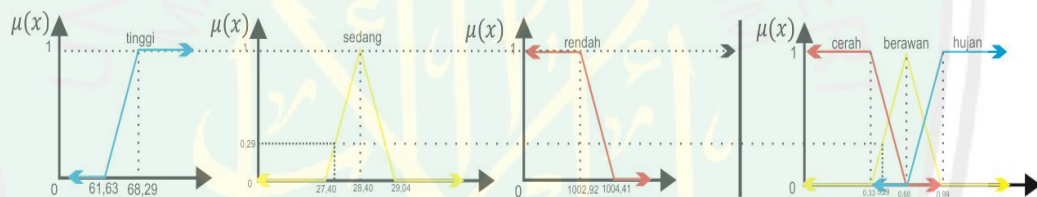
$$\mu_{TU. sedang}(1002,55) = 0$$

$$\mu_{TU. tinggi}(1002,55) = 0$$

Setelah direfleksikan ke dalam gambar himpunan *fuzzy*, maka terbentuk dua aturan *fuzzy*, yaitu:

[R1] Jika kelembaban tinggi, temperatur sedang, dan tekanan udara rendah maka curah hujan berawan.

$$\alpha_1 = \min(\mu_{KL. tinggi}, \mu_{TU. sedang}, \mu_{TM. rendah}) = \min(1, 0,29, 1) = 0,29$$



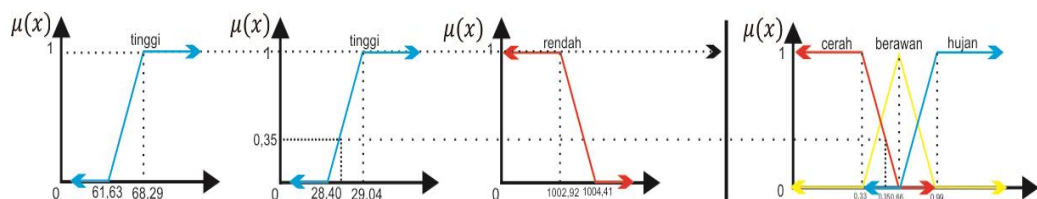
Melihat curah hujan berawan,

$$\mu_{CU.berawan} = \frac{x - 0,33}{0,33} = 0,29$$

$$x = 0,46$$

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

$$\alpha_2 = \min(\mu_{KL.tinggi}, \mu_{TU. tinggi}, \mu_{TM. rendah}) = \min(1, 0,35, 1) = 0,35$$



Melihat curah hujan cerah,

$$\mu_{CU.cerah} = \frac{0,66 - x}{0,33} = 0,35$$

$$x = 0,54$$

Langkah selanjutnya adalah pengaburan dengan rata-rata terpusat yaitu,

$$Z = \frac{\sum x_i \cdot \alpha_i}{\alpha_i} = \frac{(0,46 \cdot 0,29) + (0,54 \cdot 0,35)}{0,29 + 0,35} = 0,50$$

13. Januari 2012 kelembaban 70,80 (%), temperatur 27,85 (C), dan tekanan udara 1002,64 (mb).

$$\mu_{KL.rendah}(70,80) = 0$$

$$\mu_{KL.sedang}(70,80) = 0$$

$$\mu_{KL.tinggi}(70,80) = 1$$

$$\mu_{TM.rendah}(27,85) = \frac{28,40 - 27,85}{1,00} = 0,55$$

$$\mu_{TM.sedang}(27,85) = \frac{27,85 - 27,40}{1,00} = 0,45$$

$$\mu_{TM.tinggi}(27,85) = 0$$

$$\mu_{TU.rendah}(1002,64) = 1$$

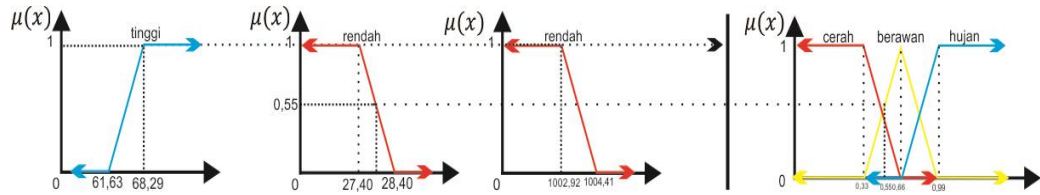
$$\mu_{TU.sedang}(1002,64) = 0$$

$$\mu_{TU.tinggi}(1002,64) = 0$$

Setelah direfleksikan ke dalam gambar himpunan *fuzzy*, maka terbentuk dua aturan *fuzzy*, yaitu:

[R1] Jika kelembaban tinggi, temperatur rendah, dan tekanan udara rendah maka curah hujan berawan.

$$\alpha_1 = \min(\mu_{KL.tinggi}, \mu_{TU.rendah}, \mu_{TM.rendah}) = \min(1, 0,55, 1) = 0,55$$



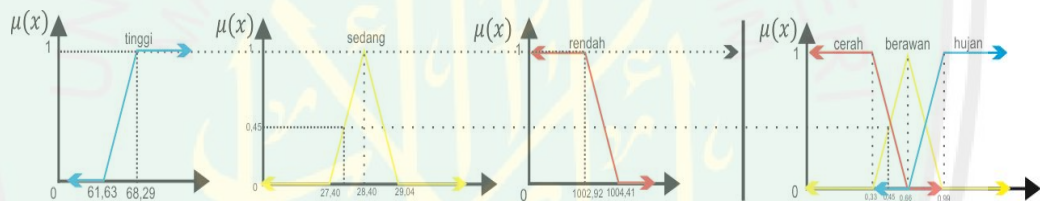
Melihat curah hujan berawan,

$$\mu_{CU.berawan} = \frac{x - 0,33}{0,33} = 0,55$$

$$x = 0,51$$

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

$$\alpha_2 = \min(\mu_{KL.stinggi}, \mu_{TU. sedang}, \mu_{TM. rendah}) = \min(1, 0,45, 1) = 0,45$$



Melihat curah hujan berawan,

$$\mu_{CU.berawan} = \frac{x - 0,33}{0,33} = 0,45$$

$$x = 0,48$$

Langkah selanjutnya adalah pengaburan dengan rata-rata terpusat yaitu,

$$Z = \frac{\sum x_i \cdot \alpha_i}{\alpha_i} = \frac{(0,51 \cdot 0,55) + (0,48 \cdot 0,45)}{0,55 + 0,45} = 0,50$$

14. Pebruari 2012 kelembaban 67,99 (%), temperatur 28,65 (C), dan tekanan udara 1002,58 (mb).

$$\mu_{KL.rendah}(67,99) = 0$$

$$\mu_{KL. sedang}(67,99) = \frac{68,29 - 67,99}{10,87} = 0,03$$

$$\mu_{KL. tinggi}(67,99) = \frac{67,99 - 61,63}{10,87} = 0,59$$

$$\mu_{TM. rendah}(28,65) = 0$$

$$\mu_{TM. sedang}(28,65) = \frac{29,04 - 28,65}{1,00} = 0,39$$

$$\mu_{TM. tinggi}(28,65) = \frac{28,65 - 28,40}{1,00} = 0,25$$

$$\mu_{TU. rendah}(1002,58) = 1$$

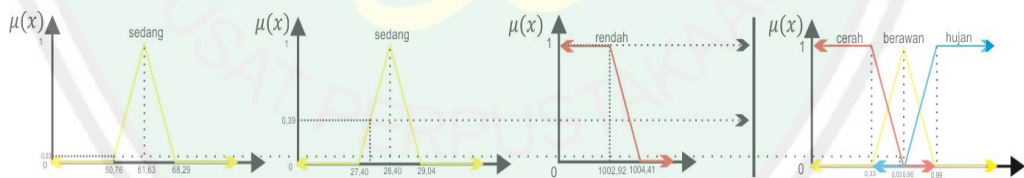
$$\mu_{TU. sedang}(1002,58) = 0$$

$$\mu_{TU. tinggi}(1002,58) = 0$$

Setelah direfleksikan ke dalam gambar himpunan *fuzzy*, maka terbentuk empat aturan *fuzzy*, yaitu:

[R1] Jika kelembaban sedang, temperatur sedang, dan tekanan udara rendah maka curah hujan cerah.

$$\begin{aligned} \alpha_1 &= \min(\mu_{KL. sedang}, \mu_{TU. sedang}, \mu_{TM. rendah}) = \min(0,03, 0,39, 1) \\ &= 0,03 \end{aligned}$$



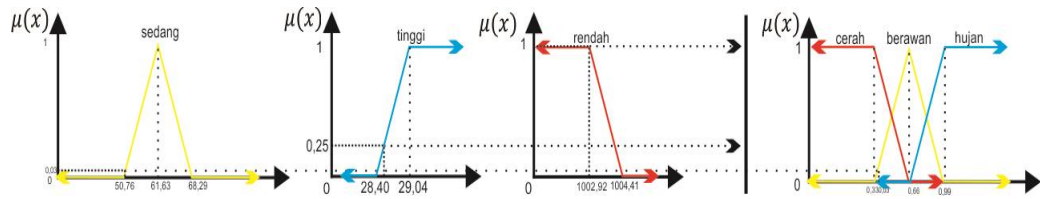
Melihat curah hujan cerah,

$$\mu_{CU. cerah} = \frac{0,66 - x}{0,33} = 0,03$$

$$x = 0,65$$

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

$$\alpha_2 = \min(\mu_{KL. sedang}, \mu_{TU. tinggi}, \mu_{TM. rendah}) = \min(0,03, 0,25, 1) = 0,03$$



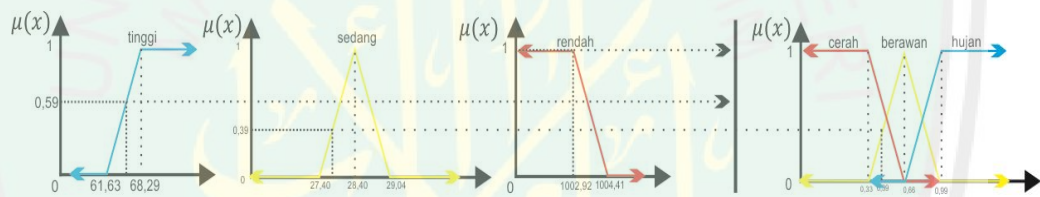
Melihat curah hujan berawan,

$$\mu_{CU.berawan} = \frac{x - 0,33}{0,33} = 0,03$$

$$x = 0,34$$

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

$$\alpha_3 = \min(\mu_{KL.tinggi}, \mu_{TU.sedang}, \mu_{TM.rendah}) = \min(0,59, 0,39, 1) = 0,39$$



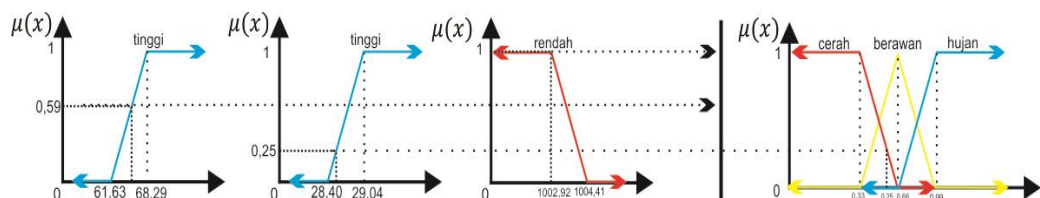
Melihat curah hujan berawan,

$$\mu_{CU.berawan} = \frac{x - 0,33}{0,33} = 0,39$$

$$x = 0,46$$

[R4] Jika kelembaban tinggi, temperatur tinggi, dan tekanan udara rendah maka curah hujan cerah.

$$\alpha_4 = \min(\mu_{KL.tinggi}, \mu_{TU.tinggi}, \mu_{TM.sedang}) = \min(0,59, 0,25, 1) = 0,25$$



Melihat curah hujan cerah,

$$\mu_{CU.cerah} = \frac{0,66 - x}{0,33} = 0,25$$

$$x = 0,58$$

Langkah selanjutnya adalah pengaburan dengan rata-rata terpusat yaitu,

$$Z = \frac{\sum x_i \cdot \alpha_i}{\alpha_i} = \frac{(0,65 \cdot 0,03) + (0,34 \cdot 0,03) + (0,46 \cdot 0,39) + (0,58 \cdot 0,25)}{0,03 + 0,03 + 0,39 + 0,25} = 0,51$$

15. Maret 2012 kelembaban 68,05 (%), temperatur 28,35 (C), dan tekanan udara 1003,59 (mb).

$$\mu_{KL.rendah}(68,05) = 0$$

$$\mu_{KL.sedang}(68,05) = \frac{68,29 - 68,05}{10,87} = 0,02$$

$$\mu_{KL.tinggi}(68,05) = \frac{68,05 - 61,63}{10,87} = 0,59$$

$$\mu_{TM.rendah}(28,35) = \frac{28,40 - 28,35}{1,00} = 0,05$$

$$\mu_{TM.sedang}(28,35) = \frac{28,35 - 27,40}{1,00} = 0,95$$

$$\mu_{TM.tinggi}(28,35) = 0$$

$$\mu_{TU.rendah}(1003,59) = \frac{1004,41 - 1003,59}{1,49} = 0,55$$

$$\mu_{TU.sedang}(1003,59) = \frac{1003,59 - 1002,92}{1,49} = 0,45$$

$$\mu_{TU.tinggi}(1003,59) = 0$$

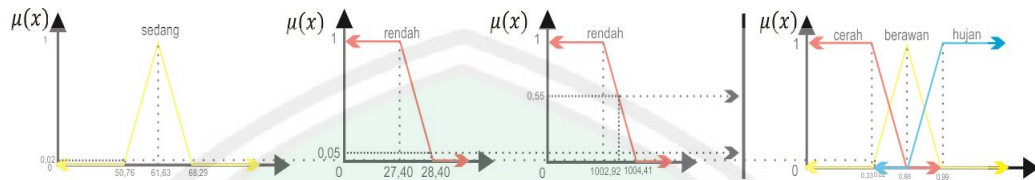
Setelah direfleksikan ke dalam gambar himpunan *fuzzy*, maka terbentuk delapan aturan *fuzzy*, yaitu:

[R1] Jika kelembaban sedang, temperatur rendah, dan tekanan udara rendah

maka curah hujan berawan.

$$\alpha_1 = \min(\mu_{KL. sedang}, \mu_{TU. rendah}, \mu_{TM. rendah}) = \min(0,02, 0,05, 0,55)$$

$$= 0,02$$



Melihat curah hujan berawan,

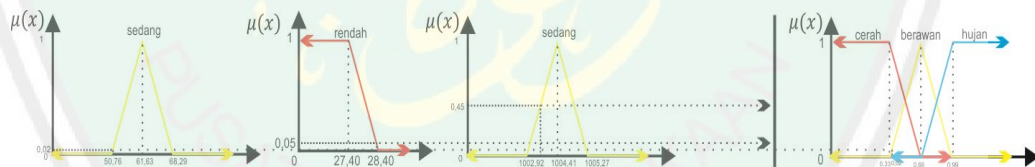
$$\mu_{CU.berawan} = \frac{x - 0,33}{0,33} = 0,02$$

$$x = 0,34$$

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

$$\alpha_2 = \min(\mu_{KL. sedang}, \mu_{TU. rendah}, \mu_{TM. sedang}) = \min(0,02, 0,05, 0,45)$$

$$= 0,02$$



Melihat curah hujan berawan,

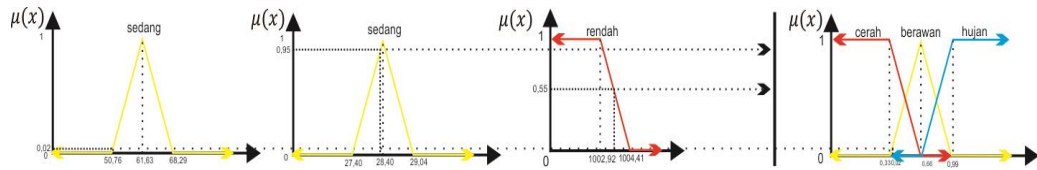
$$\mu_{CU.berawan} = \frac{x - 0,33}{0,33} = 0,02$$

$$x = 0,34$$

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

$$\alpha_3 = \min(\mu_{KL. sedang}, \mu_{TU. sedang}, \mu_{TM. rendah}) = \min(0,02, 0,95, 0,55)$$

$$= 0,02$$



Melihat curah hujan cerah,

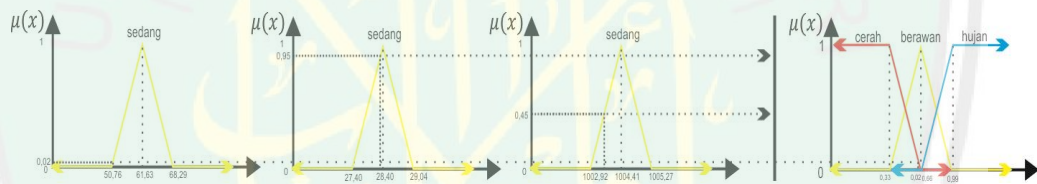
$$\mu_{CU.cerah} = \frac{0,66 - x}{0,33} = 0,02$$

$$x = 0,65$$

[R4] Jika kelembaban sedang, temperatur sedang, dan tekanan udara sedang maka curah hujan berawan.

$$\alpha_4 = \min(\mu_{KL.sedang}, \mu_{TU.sedang}, \mu_{TM.sedang}) = \min(0,02, 0,95, 0,45)$$

$$= 0,02$$



Melihat curah hujan berawan,

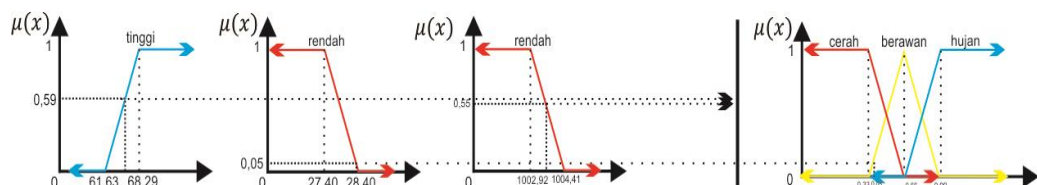
$$\mu_{CU.berawan} = \frac{x - 0,33}{0,33} = 0,02$$

$$x = 0,34$$

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

$$\alpha_5 = \min(\mu_{KL.tinggi}, \mu_{TU.rendah}, \mu_{TM.rendah}) = \min(0,59, 0,05, 0,55)$$

$$= 0,05$$



Melihat curah hujan berawan,



$$\mu_{CU.berawan} = \frac{x - 0,33}{0,33} = 0,05$$

$$x = 0,35$$

[R6] Jika kelembaban tinggi, temperatur rendah, dan tekanan udara sedang maka curah hujan berawan.

$$\alpha_6 = \min(\mu_{KL.tinggi}, \mu_{TU.rendah}, \mu_{TM.sedang}) = \min(0,59, 0,05, 0,45)$$

$$= 0,05$$



Melihat curah hujan berawan,

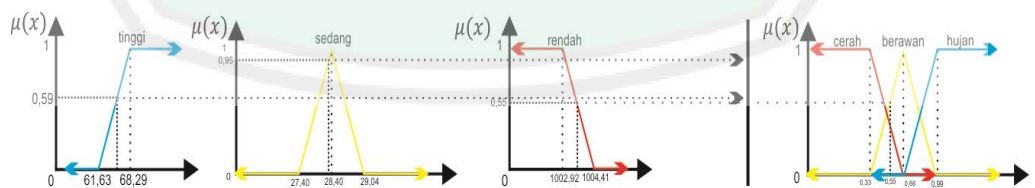
$$\mu_{CU.berawan} = \frac{x - 0,33}{0,33} = 0,05$$

$$x = 0,35$$

[R7] Jika kelembaban tinggi, temperatur sedang, dan tekanan udara rendah maka curah hujan berawan.

$$\alpha_7 = \min(\mu_{KL.tinggi}, \mu_{TU.sedang}, \mu_{TM.rendah}) = \min(0,59, 0,95, 0,55)$$

$$= 0,55$$



Melihat curah hujan berawan,

$$\mu_{CU.berawan} = \frac{x - 0,33}{0,33} = 0,55$$

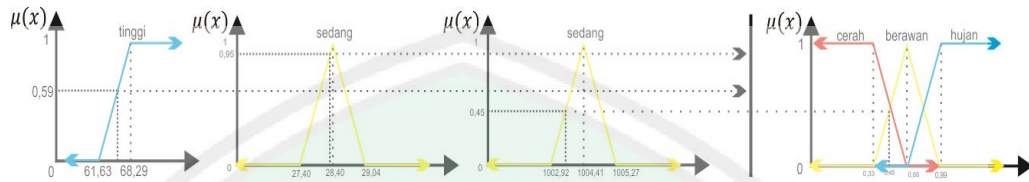
$$x = 0,51$$

[R8] Jika kelembaban tinggi, temperatur sedang, dan tekanan udara sedang

maka curah hujan berawan.

$$\alpha_8 = \min(\mu_{KL.tinggi}, \mu_{TU.sedang}, \mu_{TM.sedang}) = \min(0,59, 0,95, 0,45)$$

$$= 0,45$$



Melihat curah hujan berawan,

$$\mu_{CU.berawan} = \frac{x - 0,33}{0,33} = 0,45$$

$$x = 0,48$$

Langkah selanjutnya adalah pengaburan dengan rata-rata terpusat yaitu,

$$Z = \frac{(0,34 \cdot 0,02) + (0,34 \cdot 0,02) + (0,65 \cdot 0,02) + (0,34 \cdot 0,02) + (0,35 \cdot 0,05) + (0,35 \cdot 0,05) + (0,51 \cdot 0,55) + (0,48 \cdot 0,45)}{0,02 + 0,02 + 0,02 + 0,02 + 0,05 + 0,05 + 0,55 + 0,45}$$

$$= 0,48$$

16. April 2012 kelembaban 61,16 (%), temperatur 29,92 (C), dan tekanan udara 1004,72 (mb).

$$\mu_{KL.rendah}(61,16) = \frac{61,63 - 61,16}{10,87} = 0,04$$

$$\mu_{KL.sedang}(61,16) = \frac{61,16 - 50,76}{10,87} = 0,96$$

$$\mu_{KL.tinggi}(61,16) = 0$$

$$\mu_{TM.rendah}(29,92) = 0$$

$$\mu_{TM.sedang}(29,92) = 0$$

$$\mu_{TM.tinggi}(29,92) = 1$$

$$\mu_{TU.rendah}(1004,72) = 0$$

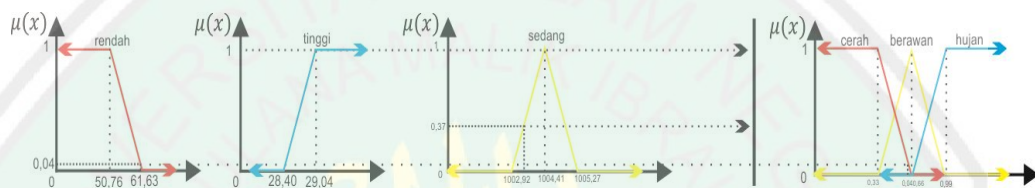
$$\mu_{TU.sedang}(1004,72) = \frac{1005,27 - 1004,72}{1,49} = 0,37$$

$$\mu_{TU.tinggi}(1004,72) = \frac{1004,72 - 1004,41}{1,49} = 0,21$$

Setelah direfleksikan ke dalam gambar himpunan *fuzzy*, maka terbentuk empat aturan *fuzzy*, yaitu:

[R1] Jika kelembaban rendah, temperatur tinggi, dan tekanan udara sedang maka curah hujan adalah cerah.

$$\alpha_1 = \min(\mu_{KL.rendah}, \mu_{TU.tinggi}, \mu_{TM.sedang}) = \min(0,04, 1, 0,37) = 0,04$$



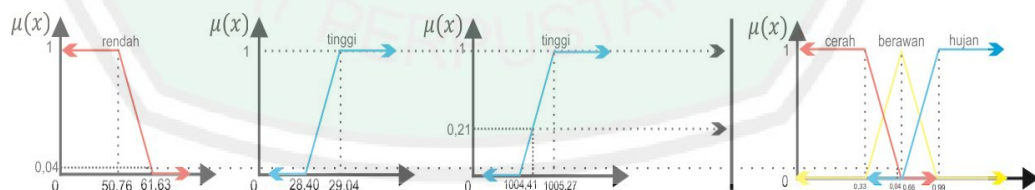
Melihat curah hujan cerah,

$$\mu_{CU.cerah} = \frac{0,66 - x}{0,33} = 0,04$$

$$x = 0,65$$

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

$$\alpha_2 = \min(\mu_{KL.rendah}, \mu_{TU.tinggi}, \mu_{TM.tinggi}) = \min(0,04, 1, 0,21) = 0,04$$



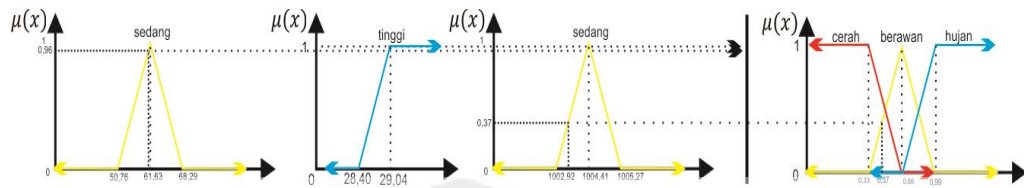
Melihat curah hujan cerah,

$$\mu_{CU.cerah} = \frac{0,66 - x}{0,33} = 0,04$$

$$x = 0,65$$

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

$$\alpha_3 = \min(\mu_{KL.sedang}, \mu_{TU.tinggi}, \mu_{TM.sedang}) = \min(0,96, 1, 0,37) = 0,37$$



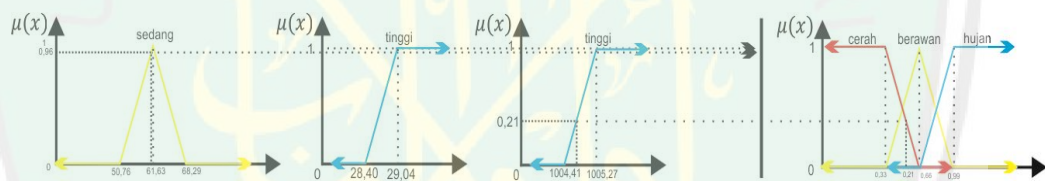
Melihat curah hujan berawan,

$$\mu_{CU.berawan} = \frac{x - 0,33}{0,33} = 0,37$$

$$x = 0,45$$

[R4] Jika kelembaban sedang, temperatur tinggi, dan tekanan udara tinggi maka curah hujan adalah cerah.

$$\alpha_4 = \min(\mu_{KL.sedang}, \mu_{TU.tinggi}, \mu_{TM.tinggi}) = \min(0,96, 1, 0,21) = 0,21$$



Melihat curah hujan cerah,

$$\mu_{CU.cerah} = \frac{0,66 - x}{0,33} = 0,21$$

$$x = 0,73$$

Langkah selanjutnya adalah pengaburan dengan rata-rata terpusat yaitu,

$$Z = \frac{\sum x_i \cdot \alpha_i}{\alpha_i} = \frac{(0,65 \cdot 0,04) + (0,65 \cdot 0,04) + (0,45 \cdot 0,37) + (0,73 \cdot 0,21)}{0,04 + 0,04 + 0,37 + 0,21}$$

$$= 0,56$$

17. Mei 2012 kelembaban 62,11(%), temperatur 29,21 (C), dan tekanan udara 1004,40 (mb).

$$\mu_{KL.rendah}(62,11) = 0$$

$$\mu_{KL. sedang}(62,11) = \frac{68,29 - 62,11}{10,87} = 0,57$$

$$\mu_{KL. tinggi}(62,11) = \frac{62,11 - 61,63}{10,87} = 0,04$$

$$\mu_{TM. rendah}(29,21) = 0$$

$$\mu_{TM. sedang}(29,21) = 0$$

$$\mu_{TM. tinggi}(29,21) = 1$$

$$\mu_{TU. rendah}(1004,40) = \frac{1004,41 - 1004,40}{1,49} = 0,01$$

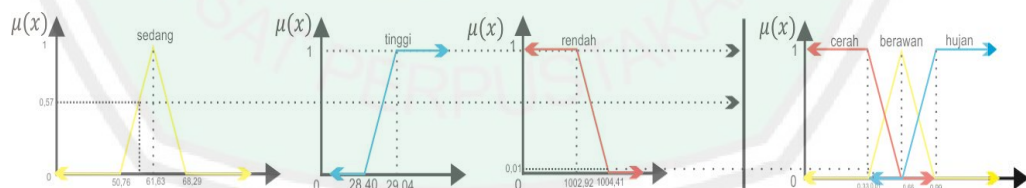
$$\mu_{TU. sedang}(1004,40) = \frac{1004,40 - 1002,92}{1,49} = 0,99$$

$$\mu_{TU. tinggi}(1004,40) = 0$$

Setelah direfleksikan ke dalam gambar himpunan *fuzzy*, maka terbentuk empat aturan *fuzzy*, yaitu:

[R1] Jika kelembaban sedang, temperatur tinggi, dan tekanan udara rendah maka curah hujan adalah berawan.

$$\alpha_1 = \min(\mu_{KL.sedang}, \mu_{TU.tinggi}, \mu_{TM.rendah}) = \min(0,57, 1, 0,01) = 0,01$$



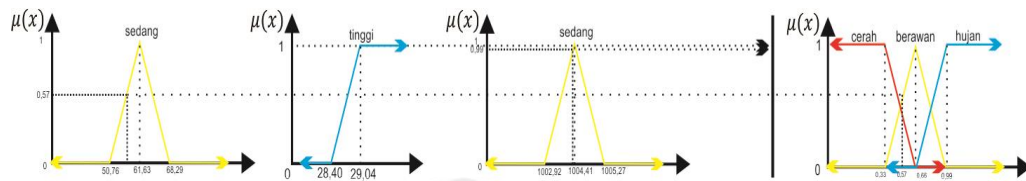
Melihat curah hujan berawan,

$$\mu_{CU.berawan} = \frac{x - 0,33}{0,33} = 0,01$$

$$x = 0,33$$

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

$$\alpha_2 = \min(\mu_{KL. \text{sedang}}, \mu_{TU. \text{tinggi}}, \mu_{TM. \text{sedang}}) = \min(0,57, 1, 0,99) = 0,57$$



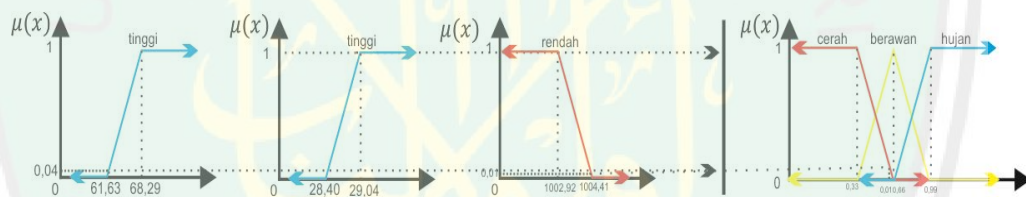
Melihat curah hujan berawan,

$$\mu_{CU. \text{berawan}} = \frac{x - 0,33}{0,33} = 0,57$$

$$x = 0,52$$

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

$$\alpha_3 = \min(\mu_{KL. \text{tinggi}}, \mu_{TU. \text{tinggi}}, \mu_{TM. \text{rendah}}) = \min(0,04, 1, 0,01) = 0,01$$



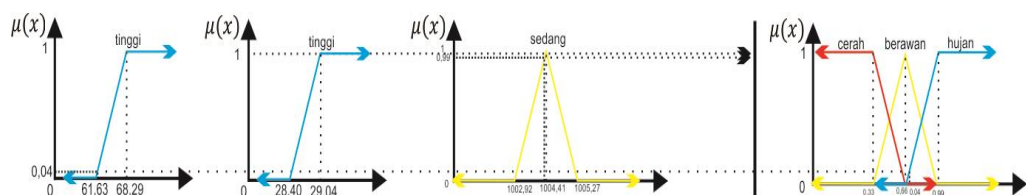
Melihat curah hujan cerah,

$$\mu_{CU. \text{cerah}} = \frac{0,66 - x}{0,33} = 0,01$$

$$x = 0,66$$

[R4] Jika kelembaban tinggi, temperatur tinggi, dan tekanan udara sedang maka curah hujan adalah hujan.

$$\alpha_4 = \min(\mu_{KL. \text{tinggi}}, \mu_{TU. \text{tinggi}}, \mu_{TM. \text{sedang}}) = \min(0,04, 1, 0,99) = 0,04$$



Melihat curah hujan hujan,

$$\mu_{CU.hujan} = \frac{x - 0,66}{0,33} = 0,04$$

$$x = 0,67$$

Langkah selanjutnya adalah pengaburan dengan rata-rata terpusat yaitu,

$$Z = \frac{\sum x_i \cdot \alpha_i}{\alpha_i} = \frac{(0,33 \cdot 0,01) + (0,52 \cdot 0,57) + (0,66 \cdot 0,01) + (0,67 \cdot 0,04)}{0,01 + 0,57 + 0,01 + 0,04}$$

$$= 0,53$$

18. Juni 2012 kelembaban 50,43 (%), temperatur 25,00 (C), dan tekanan udara 1005,27 (mb).

$$\mu_{KL.rendah}(50,43) = 1$$

$$\mu_{KL.sedang}(50,43) = 0$$

$$\mu_{KL.tinggi}(50,43) = 0$$

$$\mu_{TM.rendah}(25,00) = 1$$

$$\mu_{TM.sedang}(25,00) = 0$$

$$\mu_{TM.tinggi}(25,00) = 0$$

$$\mu_{TU.rendah}(1005,27) = 0$$

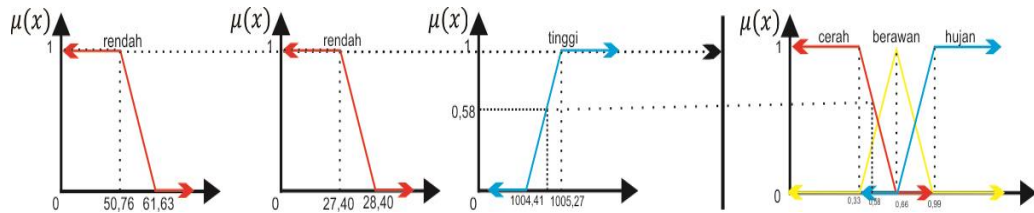
$$\mu_{TU.sedang}(1005,27) = 0$$

$$\mu_{TU.tinggi}(1005,27) = \frac{1005,27 - 1004,41}{1,49} = 0,58$$

Setelah direfleksikan ke dalam gambar himpunan *fuzzy*, maka terbentuk satu aturan *fuzzy*, yaitu:

[R1] Jika kelembaban rendah, temperatur rendah, dan tekanan udara tinggi maka curah hujan adalah cerah.

$$\alpha_1 = \min(\mu_{KL.rendah}, \mu_{TU.rendah}, \mu_{TM.tinggi}) = \min(1, 1, 0,58) = 0,58$$



Melihat curah hujan cerah,

$$\mu_{CU.cerah} = \frac{0,66 - x}{0,33} = 0,58$$

$$x = 0,47$$

Langkah selanjutnya adalah pengaburan, karena fungsi keanggotaan hanya ada satu dan hanya terbentuk satu aturan, nilai  $Z = 0,47$ .

19. Juli 2012 kelembaban 41,97 (%), temperatur 23,77 (C), dan tekanan udara 1004,97 (mb).

$$\mu_{KL.rendah}(41,97) = 1$$

$$\mu_{KL.sedang}(41,97) = 0$$

$$\mu_{KL.tinggi}(41,97) = 0$$

$$\mu_{TM.rendah}(23,77) = 1$$

$$\mu_{TM.sedang}(23,77) = 0$$

$$\mu_{TM.tinggi}(23,77) = 0$$

$$\mu_{TU.rendah}(1004,97) = 0$$

$$\mu_{TU.sedang}(1004,97) = \frac{1005,27 - 1004,97}{1,49} = 0,20$$

$$\mu_{TU.tinggi}(1004,97) = \frac{1004,97 - 1004,41}{1,49} = 0,38$$

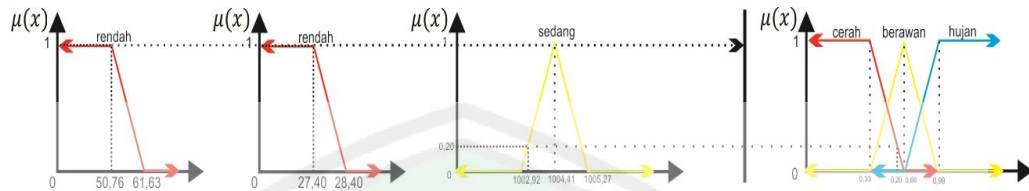
Setelah direfleksikan ke dalam gambar himpunan *fuzzy*, maka terbentuk dua aturan *fuzzy*, yaitu:

[R1] Jika kelembaban rendah, temperatur rendah, dan tekanan udara sedang



maka curah hujan adalah cerah.

$$\alpha_1 = \min(\mu_{KL.rendah}, \mu_{TU.rendah}, \mu_{TM.sedang}) = \min(1, 1, 0,20) = 0,20$$



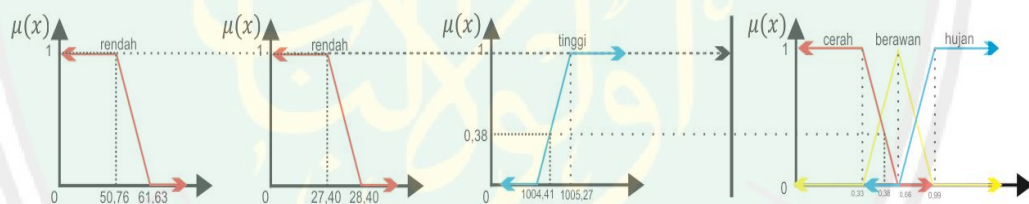
Melihat curah hujan cerah,

$$\mu_{CU.cerah} = \frac{0,66 - x}{0,33} = 0,20$$

$$x = 0,59$$

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

$$\alpha_2 = \min(\mu_{KL.rendah}, \mu_{TU.rendah}, \mu_{TM.tinggi}) = \min(1, 1, 0,38) = 0,38$$



Melihat curah hujan cerah,

$$\mu_{CU.cerah} = \frac{0,66 - x}{0,33} = 0,38$$

$$x = 0,53$$

Langkah selanjutnya adalah penggaburan dengan rata-rata terpusat yaitu,

$$Z = \frac{\sum x_i \cdot \alpha_i}{\alpha_i} = \frac{(0,59 \cdot 0,20) + (0,53 \cdot 0,38)}{0,20 + 0,38} = 0,55$$

20. Agustus 2012 kelembaban 39,14 (%), temperatur 23,10 (C), dan tekanan udara 1006,68 (mb).

$$\mu_{KL.rendah}(39,14) = 1$$

$$\mu_{KL. sedang}(39,14) = 0$$

$$\mu_{KL. tinggi}(39,14) = 0$$

$$\mu_{TM. rendah}(23,10) = 1$$

$$\mu_{TM. sedang}(23,10) = 0$$

$$\mu_{TM. tinggi}(23,10) = 0$$

$$\mu_{TU. rendah}(1006,68) = 0$$

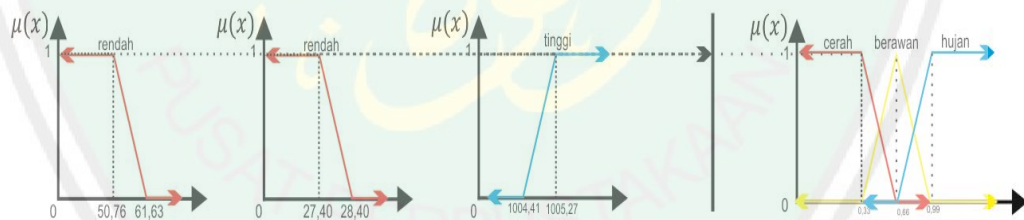
$$\mu_{TU. sedang}(1006,68) = 0$$

$$\mu_{TU. tinggi}(1006,68) = 1$$

Setelah direfleksikan ke dalam gambar himpunan *fuzzy*, maka terbentuk satu aturan *fuzzy*, yaitu:

[R1] Jika kelembaban rendah, temperatur rendah, dan tekanan udara tinggi maka curah hujan adalah cerah.

$$\alpha_1 = \min(\mu_{KL.rendah}, \mu_{TU.rendah}, \mu_{TM.tinggi}) = \min(1, 1, 1) = 1$$



Melihat curah hujan cerah,

$$\mu_{CU.cerah} = \frac{0,66 - x}{0,33} = 1$$

$$x = 0,33$$

Langkah selanjutnya adalah pengaburan, karena fungsi keanggotaan hanya ada satu dan hanya terbentuk satu aturan, nilai  $Z = 0,33$ .

21. September 2012 kelembaban 37,40 (%), temperatur 23,47 (C), dan tekanan udara 1005,98 (mb).

$$\mu_{KL.rendah}(37,40) = 1$$

$$\mu_{KL. sedang}(37,40) = 0$$

$$\mu_{KL. tinggi}(37,40) = 0$$

$$\mu_{TM. rendah}(23,47) = 1$$

$$\mu_{TM. sedang}(23,47) = 0$$

$$\mu_{TM. tinggi}(23,47) = 0$$

$$\mu_{TU. rendah}(1005,98) = 0$$

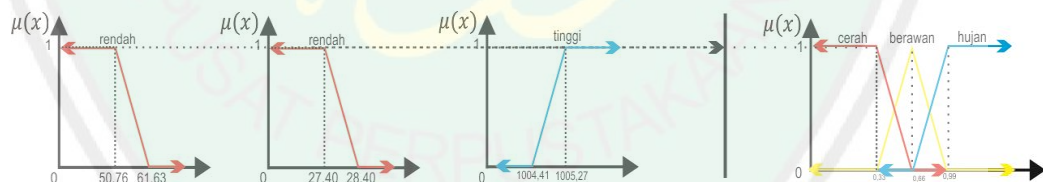
$$\mu_{TU. sedang}(1005,98) = 0$$

$$\mu_{TU. tinggi}(1005,98) = 1$$

Setelah direfleksikan ke dalam gambar himpunan *fuzzy*, maka terbentuk satu aturan *fuzzy*, yaitu:

[R1] Jika kelembaban rendah, temperatur rendah, dan tekanan udara tinggi maka curah hujan adalah cerah.

$$\alpha_1 = \min(\mu_{KL.rendah}, \mu_{TU. rendah}, \mu_{TM. tinggi}) = \min(1, 1, 1) = 1$$



Melihat curah hujan cerah,

$$\mu_{CU.cerah} = \frac{0,66 - x}{0,33} = 1$$

$$x = 0,33$$

Langkah selanjutnya adalah pengaburan, karena fungsi keanggotaan hanya ada satu dan hanya terbentuk satu aturan, nilai  $Z = 0,33$ .

22. Oktober 2012 kelembaban 33,84 (%), temperatur 23,94 (C), dan tekanan udara 1004,56 (mb).

$$\mu_{KL.rendah}(33,84) = 1$$

$$\mu_{KL. sedang}(33,84) = 0$$

$$\mu_{KL. tinggi}(33,84) = 0$$

$$\mu_{TM. rendah}(23,94) = 1$$

$$\mu_{TM. sedang}(23,94) = 0$$

$$\mu_{TM. tinggi}(23,94) = 0$$

$$\mu_{TU. rendah}(1004,56) = 0$$

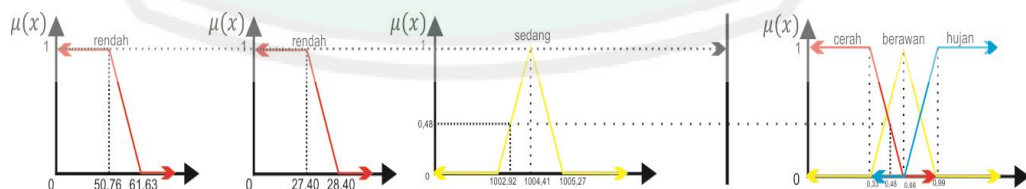
$$\mu_{TU. sedang}(1004,56) = \frac{1005,27 - 1004,56}{1,49} = 0,48$$

$$\mu_{TU. tinggi}(1004,56) = \frac{1004,56 - 1004,41}{1,49} = 0,10$$

Setelah direfleksikan ke dalam gambar himpunan *fuzzy*, maka terbentuk dua aturan *fuzzy*, yaitu:

[R1] Jika kelembaban rendah, temperatur rendah, dan tekanan udara sedang maka curah hujan adalah cerah.

$$\alpha_1 = \min(\mu_{KL.rendah}, \mu_{TU. rendah}, \mu_{TM. sedang}) = \min(1, 1, 0,48) = 0,48$$



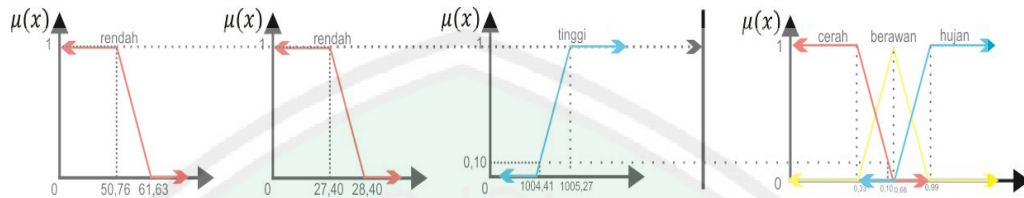
Melihat curah hujan cerah,

$$\mu_{CU.cerah} = \frac{0,66 - x}{0,33} = 0,48$$

$$x = 0,50$$

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

$$\alpha_2 = \min(\mu_{KL.rendah}, \mu_{TU.rendah}, \mu_{TM.tinggi}) = \min(1, 1, 0,10) = 0,10$$



Melihat curah hujan cerah,

$$\mu_{CU.cerah} = \frac{0,66 - x}{0,33} = 0,10$$

$$x = 0,63$$

Langkah selanjutnya adalah penggaburan dengan rata-rata terpusat yaitu,

$$Z = \frac{\sum x_i \cdot \alpha_i}{\alpha_i} = \frac{(0,50 \cdot 0,48) + (0,63 \cdot 0,10)}{0,48 + 0,10} = 0,52$$

23. November 2012 kelembaban 44,83 (%), temperatur 26,96 (C), dan tekanan udara 1003,83 (mb).

$$\mu_{KL.rendah}(44,83) = 1$$

$$\mu_{KL.sedang}(44,83) = 0$$

$$\mu_{KL.tinggi}(44,83) = 0$$

$$\mu_{TM.rendah}(26,96) = 1$$

$$\mu_{TM.sedang}(26,96) = 0$$

$$\mu_{TM.tinggi}(26,96) = 0$$

$$\mu_{TU.rendah}(1003,83) = \frac{1004,41 - 1003,83}{1,49} = 0,39$$

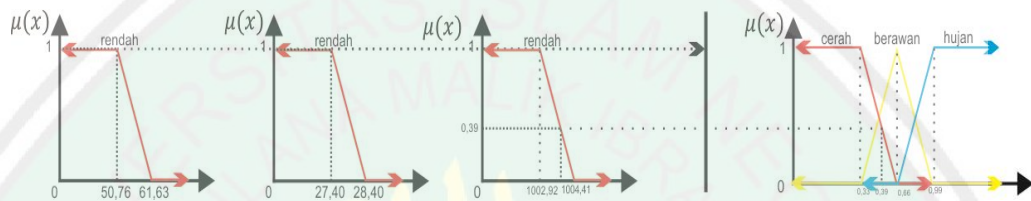
$$\mu_{TU.sedang}(1003,83) = \frac{1003,83 - 1002,92}{1,49} = 0,61$$

$$\mu_{TU.tinggi}(1003,83) = 0$$

Setelah direfleksikan ke dalam gambar himpunan *fuzzy*, maka terbentuk dua aturan *fuzzy*, yaitu:

[R1] Jika kelembaban rendah, temperatur rendah, dan tekanan udara rendah maka curah hujan adalah cerah.

$$\alpha_1 = \min(\mu_{KL.rendah}, \mu_{TU.rendah}, \mu_{TM.rendah}) = \min(1, 1, 0,39) = 0,39$$



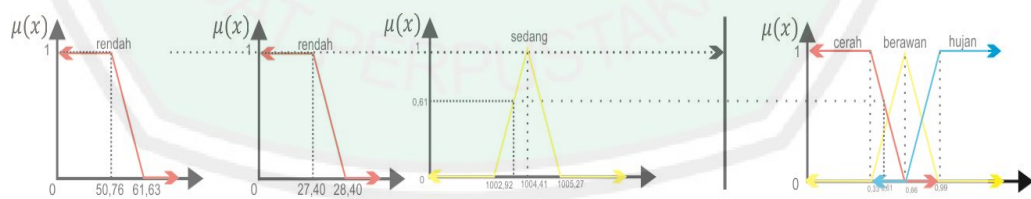
Melihat curah hujan cerah,

$$\mu_{CU.cerah} = \frac{0,66 - x}{0,33} = 0,39$$

$$x = 0,53$$

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

$$\alpha_2 = \min(\mu_{KL.rendah}, \mu_{TU.rendah}, \mu_{TM.sedang}) = \min(1, 1, 0,61) = 0,61$$



Melihat curah hujan hujan,

$$\mu_{CU.cerah} = \frac{0,66 - x}{0,33} = 0,61$$

$$x = 0,46$$

Langkah selanjutnya adalah pengaburan dengan rata-rata terpusat yaitu,

$$Z = \frac{\sum x_i \cdot \alpha_i}{\alpha_i} = \frac{(0,53 \cdot 0,39) + (0,46 \cdot 0,61)}{0,39 + 0,61} = 0,49$$

24. Desember 2012 kelembaban 66,40 (%), temperatur 29,02 (C), dan tekanan udara 1003,01 (mb).

$$\mu_{KL. rendah}(66,40) = 0$$

$$\mu_{KL. sedang}(66,40) = \frac{68,29 - 66,40}{10,87} = 0,17$$

$$\mu_{KL. tinggi}(66,40) = \frac{66,40 - 61,63}{10,87} = 0,44$$

$$\mu_{TM. rendah}(29,02) = 0$$

$$\mu_{TM. sedang}(29,02) = \frac{29,04 - 29,02}{1,00} = 0,02$$

$$\mu_{TM. tinggi}(29,02) = \frac{29,02 - 28,40}{1,00} = 0,62$$

$$\mu_{TU. rendah}(1003,01) = \frac{1004,41 - 1003,01}{1,49} = 0,94$$

$$\mu_{TU. sedang}(1003,01) = \frac{1003,01 - 1002,92}{1,49} = 0,06$$

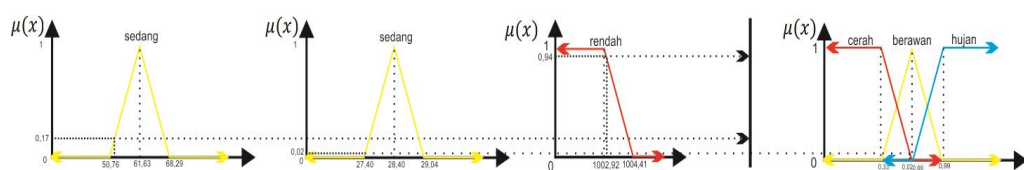
$$\mu_{TU. tinggi}(1003,01) = 0$$

Setelah direfleksikan ke dalam gambar himpunan *fuzzy*, maka terbentuk empat aturan *fuzzy*, yaitu:

[R1] Jika kelembaban sedang, temperatur sedang, dan tekanan udara rendah maka curah hujan cerah.

$$\alpha_1 = \min(\mu_{KL. sedang}, \mu_{TU. sedang}, \mu_{TM. rendah}) = \min(0,17, 0,02, 0,94)$$

$$= 0,02$$



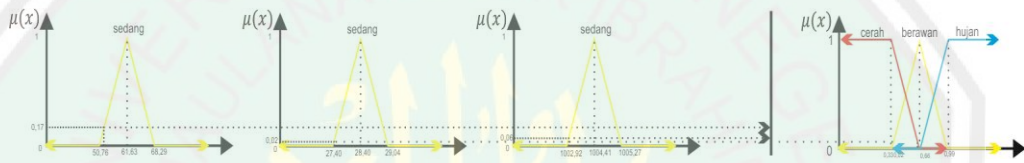
Melihat curah hujan cerah,

$$\mu_{CU.cerah} = \frac{0,66 - x}{0,33} = 0,02$$

$$x = 0,65$$

[R2] Jika kelembaban sedang, temperatur sedang, dan tekanan udara sedang maka curah hujan berawan.

$$\alpha_2 = \min(\mu_{KL.sedang}, \mu_{TU.sedang}, \mu_{TM.sedang}) = \min(0,17, 0,02, 0,06) \\ = 0,02$$



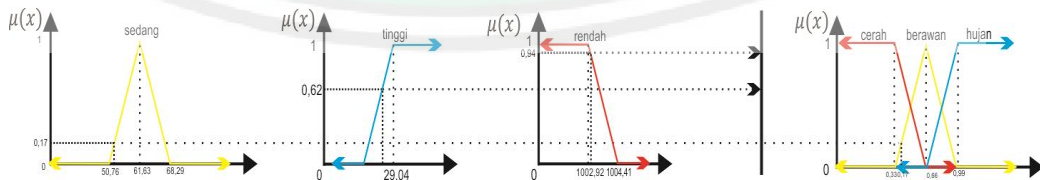
Melihat curah hujan berawan,

$$\mu_{CU.berawan} = \frac{x - 0,33}{0,33} = 0,02$$

$$x = 0,34$$

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

$$\alpha_3 = \min(\mu_{KL.sedang}, \mu_{TU.tinggi}, \mu_{TM.rendah}) = \min(0,17, 0,62, 0,94) \\ = 0,17$$



Melihat curah hujan berawan,

$$\mu_{CU.berawan} = \frac{x - 0,33}{0,33} = 0,17$$

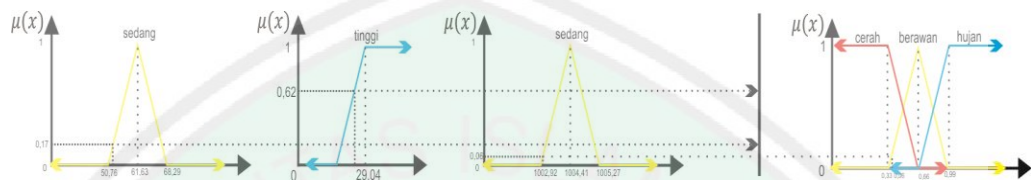
$$x = 0,39$$



[R4] Jika kelembaban sedang, temperatur tinggi, dan tekanan udara sedang maka curah hujan berawan.

$$\alpha_4 = \min(\mu_{KL.tinggi}, \mu_{TU.tinggi}, \mu_{TM.sedang}) = \min(0,17, 0,62, 0,06)$$

$$= 0,06$$



Melihat curah hujan berawan,

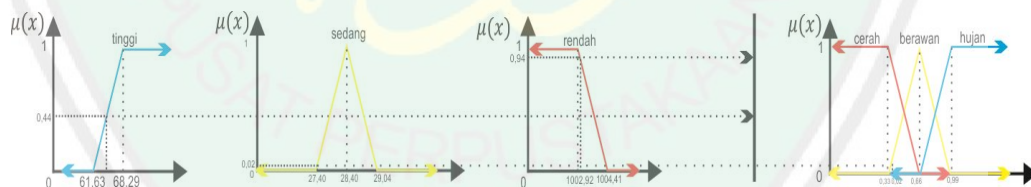
$$\mu_{CU.berawan} = \frac{x - 0,33}{0,33} = 0,06$$

$$x = 0,35$$

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

$$\alpha_5 = \min(\mu_{KL.tinggi}, \mu_{TU.sedang}, \mu_{TM.rendah}) = \min(0,44, 0,02, 0,94)$$

$$= 0,02$$



Melihat curah hujan berawan,

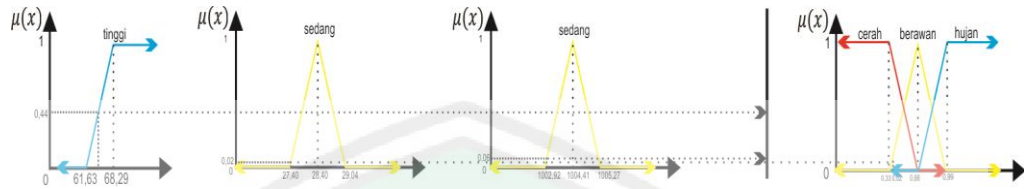
$$\mu_{CU.berawan} = \frac{x - 0,33}{0,33} = 0,02$$

$$x = 0,34$$

[R6] Jika kelembaban tinggi, temperatur sedang, dan tekanan udara sedang maka curah hujan berawan.

$$\alpha_6 = \min(\mu_{KL.tinggi}, \mu_{TU.sedang}, \mu_{TM.sedang}) = \min(0,44, 0,02, 0,06)$$

$$= 0,02$$



Melihat curah hujan berawan,

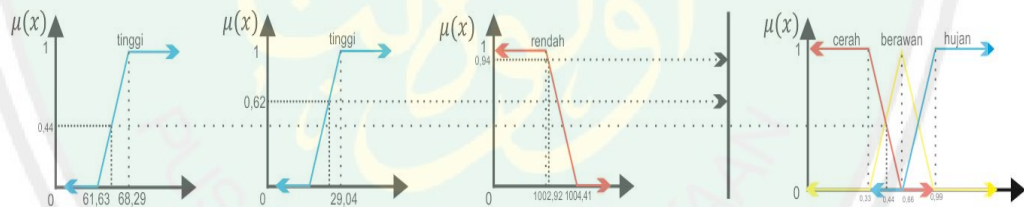
$$\mu_{CU.berawan} = \frac{x - 0,33}{0,33} = 0,02$$

$$x = 0,34$$

[R7] Jika kelembaban tinggi, temperatur tinggi, dan tekanan udara rendah maka curah hujan cerah.

$$\alpha_7 = \min(\mu_{KL.tinggi}, \mu_{TU.tinggi}, \mu_{TM.rendah}) = \min(0,44, 0,62, 0,94)$$

$$= 0,44$$



Melihat curah hujan cerah,

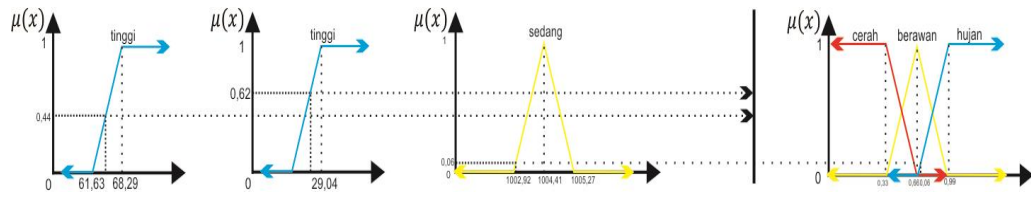
$$\mu_{CU.cerah} = \frac{0,66 - x}{0,33} = 0,44$$

$$x = 0,51$$

[R8] Jika kelembaban tinggi, temperatur tinggi, dan tekanan udara sedang maka curah hujan adalah hujan.

$$\alpha_8 = \min(\mu_{KL.tinggi}, \mu_{TU.tinggi}, \mu_{TM.sedang}) = \min(0,44, 0,62, 0,06)$$

$$= 0,06$$



Melihat curah hujan adalah hujan,

$$\mu_{CU. hujan} = \frac{x - 0,66}{0,33} = 0,06$$

$x = 0,68$

Langkah selanjutnya adalah pengaburan dengan rata-rata terpusat yaitu,

$$z = \frac{(0,65 \cdot 0,02) + (0,34 \cdot 0,02) + (0,39 \cdot 0,17) + (0,35 \cdot 0,06) + (0,34 \cdot 0,02) + (0,34 \cdot 0,02) + (0,51 \cdot 0,54) + (0,68 \cdot 0,06)}{0,02 + 0,02 + 0,17 + 0,06 + 0,02 + 0,02 + 0,44 + 0,06} = 0,48$$

### 4.3 Analisis dengan MSE

MSE merupakan salah satu alat hitung yang digunakan untuk menganalisis atau mengukur kesalahan. Hal ini dilakukan untuk mencari hasil estimasi curah hujan. MSE dimulai dari menghitung kesalahan, yaitu selisih antara data fakta atau aktual dengan perhitungan menggunakan metode Tsukamoto, kemudian dikuadratkan. Lebih jelasnya disajikan pada Tabel 4.5.

Tabel 4.5 Hasil dari hitungan Fuzzy Tsukamoto dan MSE

Bulan – Tahun	Curah Hujan	Variabel Linguistic	Fuzzy Tsukamoto	Variabel Linguistic	MSE
Januari 2011	1,09	Hujan	0,50	Berawan	0,01450417
Februari 2011	0,89	Hujan	0,50	Berawan	0,0063375
Maret 2011	0,61	Berawan	0,70	Hujan	0,0003375
April 2011	1,03	Hujan	0,51	Berawan	0,01126667
Mei 2011	0,4	Berawan	0,61	Berawan	0,0018375
Juni 2011	0,06	Cerah	0,55	Berawan	0,01000417
Juli 2011	0,11	Cerah	0,54	Berawan	0,007704167
Agustus 2011	0,03	Cerah	0,46	Berawan	0,007704167
September 2011	0,19	Cerah	0,45	Berawan	0,002816667
Oktober 2011	0,47	Berawan	0,47	Berawan	0

November 2011	0,52	Berawan	0,52	Berawan	0
Desember 2011	0,96	Hujan	0,50	Berawan	0,008816667
Januari 2012	0,53	Berawan	0,50	Berawan	0,0000375
Februari 2012	0,65	Berawan	0,51	Berawan	0,000816667
Maret 2012	0,5	Berawan	0,48	Berawan	0,0000167
April 2012	0,76	Hujan	0,56	Berawan	0,001666667
Mei 2012	0,3	Cerah	0,53	Berawan	0,002204167
Juni 2012	0,02	Cerah	0,47	Berawan	0,0084375
Juli 2012	0	Cerah	0,55	Berawan	0,01260417
Agustus 2012	0	Cerah	0,33	Cerah	0,0045375
September 2012	0	Cerah	0,33	Cerah	0,0045375
Oktober 2012	0,01	Cerah	0,52	Berawan	0,0108375
November 2012	0,57	Berawan	0,49	Berawan	0,000266667
Desember 2012	0,53	Berawan	0,48	Berawan	0,000104167

Pada Tabel 4.5 menunjukkan bahwa hasil yang didapat pada *Fuzzy* Tsukamoto memiliki hasil yang kurang sesuai pada data aktual curah hujan. Hal ini dikarenakan dari sebanyak 24 data hanya memiliki 10 data yang sesuai dengan data sebenarnya, maka persentase kesalahan *Fuzzy* Tsukamoto sebesar 58%. Hal ini dapat ditunjukkan pada besarnya selisih antara data aktual curah hujan dan hasil dari *Fuzzy* Tsukamoto. Hal tersebut dapat dicontohkan dari Tabel 4.5, pada bulan Januari 2011 memiliki data aktual curah hujan sebesar 1,09 akan tetapi pada *Fuzzy* Tsukamoto memiliki hasil sebesar 0,50 sehingga selisihnya sebesar 0,59. Hal tersebut sangat berpengaruh pada penentuan curah hujan. Selain itu data aktual curah hujan pada bulan Januari 2011 memiliki variabel *linguistic* dalam kondisi hujan sedangkan *Fuzzy* Tsukamoto menunjukkan curah hujan dalam kondisi berawan.

Dengan melihat besarnya selisih pada data aktual dengan hasil *Fuzzy* Tsukamoto dan berbedanya variabel *linguistic* dalam penentuan curah hujan, dapat disimpulkan *Fuzzy* Tsukamoto 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.

Karakteristik parameter-parameter atmosfer bumi di musim kemarau antara lain: (1) kelembaban udara rendah, (2) tekanan udara tinggi, dan (3) temperatur tinggi. Berdasarkan kondisi tersebut, maka langit akan cerah atau berawan tipis yang biasanya terjadi pada bulan Mei, Juli (puncak kemarau) dan bulan Agustus, September (akhir kemarau). Sedangkan karakteristik parameter-parameter atmosfer bumi di musim hujan antara lain: (1) kelembaban udara tinggi, (2) tekanan udara rendah, dan (3) temperatur rendah. Berdasarkan kondisi tersebut, maka rata-rata langit akan tampak berawan dan berpotensi hujan. Awal musim hujan ini biasanya terjadi pada bulan Oktober, November, dan berakhir pada bulan Februari atau Maret. Pada penelitian ini terdapat 10 bulan yang menunjukkan kesamaan antara data curah hujan tahun 2011 dan 2012 dengan data hasil *fuzzy* metode Tsukamoto, yang terjadi pada pertengahan atau puncak kemarau dan puncak musim hujan.

Pada peralihan musim hujan ke musim kemarau atau sebaliknya, tertjadi anomali perubahan signifikan dari ketiga parameter atmosfer tersebut, sehingga sering terjadi kesalahan perkiraan kondisi langit. Terjadinya kesalahan dalam

menganalisa dari metode *fuzzy* Tsukamoto ini, tidak disebabkan oleh metode *fuzzy* yang kurang tepat tetapi pada pengambilan data rata-rata bulanan.

#### **4.4 Fuzzy Tsukamoto dalam Perspektif Islam**

Pokok utama dalam *fuzzy* Tsukamoto adalah penyusunan struktur keputusan dalam penentuan prioritas pada suatu permasalahan. Dalam sepanjang hidupnya manusia selalu dihadapkan pada pilihan-pilihan atau alternatif dan pengambilan keputusan. Hal ini sejalan dengan teori *real life choice* (pilihan kehidupan yang nyata) yang menyatakan dalam kehidupan sehari-hari manusia melakukan atau membuat pilihan-pilihan di antara sejumlah alternatif. Pilihan-pilihan tersebut biasanya berkaitan dengan alternatif dalam penyelesaian masalah yakni upaya untuk menutup terjadinya kesenjangan antara keadaan saat ini dan keadaan yang diinginkan.

Situasi pengambilan keputusan yang dihadapi seseorang akan mempengaruhi keberhasilan suatu keputusan yang akan dilakukan. Setelah seseorang berada dalam situasi pengambilan keputusan maka selanjutnya dia akan melakukan tindakan untuk mempertimbangkan, menganalisis, melakukan prediksi, dan menjatuhkan pilihan terhadap alternatif yang ada.

Sudah menjadi sunnatullah, bahwa dinamika kehidupan manusia selalu dihiasi dengan pertentangan. Hal ini sesuai dengan firman Allah Swt. surah asy-Syuura ayat 38,

وَالَّذِينَ اسْتَجَابُوا لِرَبِّهِمْ وَأَقَامُوا الصَّلَاةَ وَأَمْرُهُمْ شُورَى بَيْنَهُمْ وَمِمَّا رَزَقْنَاهُمْ يُنْفِقُونَ ﴿٣٨﴾

*Artinya: Dan (bagi) orang-orang yang menerima (mematuhi) seruan Tuhannya dan mendirikan shalat, sedang urusan mereka (diputuskan) dengan musyawarah antara mereka, dan mereka menafkahkan sebagian dari rezki yang Kami berikan kepada mereka (QS. Asy-Syuura/ 42:38).*

Dalam ayat tersebut Allah menyerukan agar umat Islam mengesakan dan menyembah Allah Swt. Menjalankan shalat wajib lima waktu tepat pada waktunya. Apabila mereka menghadapi masalah maka harus diselesaikan dengan cara musyawarah. Rasulullah Saw sendiri mengajak para sahabatnya agar mereka bermusyawarah dalam segala urusan, selain masalah-masalah hukum yang telah ditentukan oleh Allah Swt. Persoalan yang pertama kali dimusyawarahkan oleh para sahabat adalah khalifah. Karena nabi Muhammad Saw sendiri tidak menentukan siapa yang harus jadi khalifah setelah beliau wafat. Akhirnya disepakati Abu Bakarlah yang menjadi khalifah.

Kata ( *أَمْرُهُمْ* ) amrum/urusan mereka menunjukkan bahwa yang mereka musyawarahkan untuk suatu keputusan adalah hal-hal yang berkaitan dengan mereka, serta yang berada dalam wewenang mereka. Karena itu masalah ibadah mahdhah/murni yang sepenuhnya berada dalam wewenang Allah tidaklah termasuk hal-hal yang dapat dimusyawarahkan. Di sisi lain, mereka yang tidak berwenang dalam urusan yang dimaksud, tidaklah perlu terlibat dalam musyawarah itu, kecuali jika di ajak oleh yang berwenang, karena boleh jadi yang mereka musyawarahkan adalah persoalan rahasia antar mereka. Al-Maraghi (1993) mengatakan apabila mereka berkumpul mereka mengadakan musyawarah

untuk memerangnya dan membersihkan sehingga tidak ada lagi peperangan dan sebagainya.





## BAB V

### PENUTUP

#### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan pembahasan untuk menentukan estimasi curah hujan dari parameter kelembaban, temperatur, dan tekanan udara dengan menggunakan logika *fuzzy* Tsukamoto, dapat disimpulkan bahwa hasil yang didapat kurang sesuai pada data aktual curah hujan. Hal ini dikarenakan dari sebanyak 24 data hanya memiliki 10 data yang sesuai dengan data sebenarnya, maka persentase kesalahan logika *fuzzy* Tsukamoto sebesar 58%. Proses logika *Fuzzy Inference System* (FIS) 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 minimum, kemudian menggunakannya dan mengaplikasikannya ke *output* dengan menggunakan operator *AND*. 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 logika *fuzzy*, sedangkan *output* yang dihasilkan merupakan suatu bilangan pada himpunan *fuzzy* 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 (*weighted average*).

## 5.2 Saran

Pada penelitian ini untuk mengestimasi curah hujan dengan logika *fuzzy* pada parameter kelembaban, temperatur, dan tekanan udara menggunakan logika *fuzzy* Tsukamoto memiliki hasil yang kurang sesuai karena data yang digunakan adalah data rata-rata bulanan. Diharapkan pada penelitian berikutnya menggunakan data rata-rata harian untuk hasil yang lebih baik.

## DAFTAR RUJUKAN

- Abadi, A.M., dan Fitriah. 2011. *Aplikasi Model Neuro Fuzzy untuk Prediksi Tingkat Inflasi di Indonesia*. Yogyakarta: Jurusan Pendidikan Matematika, FMIPA, Yogyakarta: Universitas Negeri Yogyakarta.
- Abdussakir. 2007. *Ketika Kyai Mengajar Matematika*. Malang: UIN Malang Press.
- Agustin, V.R. 2015. *Aplikasi Pengambilan Keputusan dengan Metode Tsukamoto pada Penentuan Tingkat Kepuasan Pelanggan (Studi Kasus di Toko Kencana Kediri)*. Skripsi tidak dipublikasikan. Malang: Universitas Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
- Al-Maraghi, A.M. 1993. *Tafasir Al-Maraghi*. Semarang: CV. Toha Putra.
- Amalia, F. dan Setiawan, B. 2008. *Analisis Konsentrasi Ozon Permukaan Bukit Kototabang Periode April-Juni 2008*. Buletin Pengamatan Atmosfer Global Bukit Kototabang. Volume 3, Agustus 2008.
- Baharuddin dan Ishak, M.T. 2012. *Analisis Ketersediaan Radiasi Matahari di Makasar*. Makasar: Universitas Hasanuddin.
- Budiman, A., Jauhar, A.A., dan Nasriadi, E.S. 2007. *Membaca Gerak Alam Semesta, Mengenal Jejak Sang Pencipta*. Jakarta: LIPI Press
- Fermansari, V. 2000. Atmosfer Bumi. (Online), [http://www.academia.edu/8318543/ATMOSFER BUMI](http://www.academia.edu/8318543/ATMOSFER_BUMI). diakses 23 April 2000.
- Gazpersz, V. 2004. *Productions Planing and Inventory Control*. Jakarta: Gramedia Pustaka Utama.
- Hartono. 2007. Geografi: *Jelajah Bumi dan Alam Semesta*. Bandung: Citra Praya.
- Indah. 2014. Pengertian Curah Hujan. (Online). <https://www.scribd.com/doc/211455495/Pengertian-Curah-Hujan>. diakses 9 Maret 2014.
- Kurniawan, Achmad, W., dan Nuraini, U. 2015. *Penerapan Metode Fuzzy Analytical Hierarchy Process dalam Menentukan Supplier Obat*. Semarang: Jurusan Teknik Informatika FIK UDINUS
- Kusumadewi, S dan Purnomo, H. 2004. *Aplikasi Logika Fuzzy untuk Pendukung Keputusan*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Kusumadewi, S dan Hartati, S. 2016. *Neuro Fuzzy Jaringan Syaraf*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Mairisdawenti, Pujiastuti, D., dan Ilahi, F.I. 2014. *Analisis Pengaruh Intensitas Radiasi Matahari, Temperatur dan Kelembaban Udara terhadap Fluktuasi Konsentrasi Ozon Permukaan di Bukit Kototabang Tahun 2005-2010*. Jurnal Fisika Unand, Volume 3 Nomor 3, Juli 2014.
- Muslikh, M., dan Dewi, C. 2013. *Perbandingan Akurasi Backpropagation Neural Network dan ANFIS untuk Memprediksi Cuaca*. *Jurnal of scientific and computation*, volume 1 nomor 1, Januari 2013.

- Salikin, F. 2011. *Aplikasi Logika Fuzzy dalam Optimisasi Produksi Barang Menggunakan Metode Mamdani dan Metode Sugeno*. Skripsi tidak dipublikasikan. Yogyakarta: Universitas Negeri Yogyakarta.
- Setiadji. 2009. *Himpunan dan Logika Samar serta Aplikasinya*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Sinambela, W., Mustafa, M.L.O., dan Kaloka, S. 2006. *Hubungan Variasi Radiasi Ultraviolet Matahari di Permukaan Bumi dan Variasi Aktivitas Matahari Selama Fase Menurun Siklus Matahari ke-22*. Bandung: LAPAN.
- Susilo, F. 2006. *Himpunan dan Logika Kabur serta Aplikasinya*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Tippler, P.A. 1998. *Fisika untuk Sains dan Teknik Jilid I (Terjemahan)*. Jakarta: Penerbit Erlangga Jilid I.
- Turban, E., Aronson, J.E., dan Liang, T. 2005. *Decision Support Systems and Intelligent Systems Edisi 7 Jilid 2*. Yogyakarta: Andi





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 : Abdul Hapiz  
NIM : 10610063  
Fakultas/Jurusan : Sains dan Teknologi/Matematika  
Judul Skripsi : Penerapan Logika *Fuzzy* dengan Metode Tsukamoto untuk Mengestimasi Curah Hujan  
Pembimbing I : Ir. Nanang Widodo, M.Si  
Pembimbing II : Abdul Aziz, M.Si

No.	Tanggal	Hal	Tanda Tangan
1.	6 Agustus 2016	Konsultasi Bab I	
2.	8 Agustus 2016	Konsultasi Bab II	2.
3.	8 Agustus 2016	Konsultasi Agama Bab I	3.
4.	3 November 2016	Konsultasi Agama Bab II	4.
5.	7 November 2016	Konsultasi Bab III	5.
6.	8 November 2016	Konsultasi Bab IV	6.
7.	1 Desember 2016	Revisi Agama Bab I dan II	7.
8.	1 Desember 2016	Revisi Bab IV	8.
9.	8 Desember 2016	Konsultasi Agama Bab IV	9.
10.	13 Desember 2016	ACC Bab III dan IV	10.
11.	13 Desember 2016	ACC Agama Bab IV	11.
12.	14 Desember 2016	ACC Bab I, II, III dan IV	12.
13.	5 Januari 2017	Revisi Bab IV	13.
14.	8 Maret 2017	Revisi Bab I dan II	14.
15.	1 Agustus 2017	ACC Bab I, II dan IV	15.
16.	2 Agustus 2017	ACC Keseluruhan	16.

Malang, 2 Agustus 2017  
Mengetahui,  
Ketua Jurusan Matematika

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

## RIWAYAT HIDUP

Abdul Hapiz, lahir di Kabupaten Lombok Tengah tepatnya di Dusun Tamping Desa Pengembur Kecamatan Pujut pada tanggal 04 Januari 1992, biasa dipanggil Hapiz. Selama di Malang bertempat tinggal di Jl. Pesantren 190 Sanan Watugede Kecamatan Singosari Kabupaten Malang. Anak pertama dari dua bersaudara dari bapak Jariah dan ibu Asiani.

Pendidikan dasarnya ditempuh di SDN Tamping dan lulus pada tahun 2004, setelah itu melanjutkan ke SMPN 4 Pujut dan lulus tahun 2007. Kemudian melanjutkan ke SMA Ibrahimy Sukorejo Situbondo dan lulus tahun 2010. 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 yaitu Hai'ah Tahfidzul Quran (HTQ). Dia juga mengikuti program khusus perkuliahan bahasa Arab pada tahun 2010. Selanjutnya, mengikuti program khusus perkuliahan bahasa Inggris pada tahun 2011.

