



PENGUNAAN ADAPTIVE NEURO FUZZY INFERENCE SYSTEM UNTUK PEMBENTUKAN DATA FUZZY DALAM ASSOCIATION RULES MINING

LIZZA AMINI GUMILAR



**DEPARTEMEN ILMU KOMPUTER
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2013**

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.



Hak Cipta Diliindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.



PERNYATAAN MENGENAI SKRIPSI DAN SUMBER INFORMASI SERTA PELIMPAHAN HAK CIPTA

Dengan ini saya menyatakan bahwa skripsi berjudul Penggunaan *Adaptive Neuro Fuzzy Inference System* untuk Pembentukan Data *Fuzzy* dalam *Association Rules Mining* adalah benar karya saya dengan arahan dari komisi pembimbing dan belum diajukan dalam bentuk apa pun kepada perguruan tinggi mana pun. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya yang diterbitkan maupun tidak diterbitkan dari penulis lain telah disebutkan dalam teks dan dicantumkan dalam Daftar Pustaka di bagian akhir skripsi ini.

Dengan ini saya melimpahkan hak cipta dari karya tulis saya kepada Institut Pertanian Bogor.

Bogor, Juli 2013

Lizza Amini Gumilar
NIM G64090105

Hak Cipta Diliindungi Undang-Undang

Hak Cipta milik IPB (Institut Pertanian Bogor)

Bogor Agricultural University

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.

2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.



ABSTRAK

LIZZA AMINI GUMILAR. Penggunaan *Adaptive Neuro Fuzzy Inference System* untuk Pembentukan Data *Fuzzy* dalam *Association Rules Mining*. Dibimbing oleh ANNISA.

Kebakaran hutan rentan terjadi di Indonesia. Beberapa hal yang mempengaruhi proses terjadinya kebakaran hutan, yaitu cuaca dan iklim. Kedua hal tersebut akan menyebabkan bertambah atau berkurangnya jumlah *hotspot*. Penelitian sebelumnya telah berhasil menyajikan keterkaitan antara data *fuzzy* klimatologi dan jumlah *hotspot* tersebut menggunakan metode *association rules mining* (ARM) dengan pembentukan fungsi keanggotaan atribut-atribut berdasarkan pengetahuan pakar namun pada hasil penelitian tersebut masih terdapat *rules* dengan *support* dan *confidence* yang rendah dan juga belum muncul beberapa *rules* yang sesuai dengan pengetahuan pakar mengenai keterkaitan iklim dan kebakaran hutan. Hal itu bisa disebabkan karena fungsi keanggotaan yang didapat dari pakar belum optimal untuk pembentukan data *fuzzy* yang dibutuhkan pada metode *association rules mining*. Pada penelitian ini digunakan metode *adaptive neuro fuzzy inference system* (ANFIS) untuk menghasilkan fungsi keanggotaan yang digunakan dalam pembentukan data *fuzzy*. Data *fuzzy* kemudian diolah dalam *association rules mining* menghasilkan *rules* dengan *support* dan *confidence* lebih tinggi dari penelitian sebelumnya dan juga berhasil memunculkan *rules* baru yang sesuai pengetahuan pakar.

Kata kunci: *adaptive neuro fuzzy inference system, association rules mining, hotspot*

ABSTRACT

LIZZA AMINI GUMILAR. *Adaptive Neuro Fuzzy Inference System* for Establishment of *Fuzzy* Data in *Association Rules Mining*. Supervised by ANNISA.

Forest fires are susceptible happened in Indonesia. Some of the factors that influence their occurrences are weather and climate. Both of them will cause the increase or decrease of the number of hotspots. Previous studies have succeed to provide the relation between the fuzzy data of climatology and number of hotspots using Association Rules Mining (ARM) with membership functions for the attributes are determined by the expert. However, the results have some rules with low percentage of support and confidence and few rules are not in accordance with the expert knowledge. It could be caused by the membership functions provided by the experts are not optimal. In this study, the method used is Adaptive Neuro Fuzzy Inference System to generate membership functions that are used in the formation of data fuzzy. Then, the data is processed with association rules mining that produce rules with better support and confidence percentage than the previous work. It is also able to manage to create new rules that comply with the expert knowledge.

Keywords: *adaptive neuro fuzzy inference system, association rules mining, hotspot*

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.

2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.



PENGUNAAN ADAPTIVE NEURO FUZZY INFERENCE SYSTEM UNTUK PEMBENTUKAN DATA FUZZY DALAM ASSOCIATION RULES MINING

LIZZA AMINI GUMILAR

Skripsi
sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Sarjana Ilmu Komputer
pada
Departemen Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

**DEPARTEMEN ILMU KOMPUTER
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2013**

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.

2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.



Hak Cipta Diliindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.



Hak Cipta Diliindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

Judul Skripsi: Penggunaan *Adaptive Neuro Fuzzy Inference System* untuk
Pembentukan Data *Fuzzy* dalam *Association Rules Mining*

Nama : Lizza Amini Gumilar
NIM : G64090105

Disetujui oleh

Annisa, SKom MKom
Pembimbing I

Toto Haryanto, SKom MSi
Pembimbing II

Diketahui oleh

Dr Ir Agus Buono, MSi MKom
Ketua Departemen

Anggal Lulus:



PRAKATA

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah *subhanahu wa ta'ala* atas segala karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul Penggunaan *Adaptive Neuro Fuzzy Inference System* untuk Pembentukan Data Fuzzy dalam *Association Rules Mining*.

Terima kasih penulis ucapkan kepada almarhum ayah, ibu, serta seluruh keluarga, atas segala doa dan kasih sayangnya. Ungkapan terima kasih juga disampaikan kepada Ibu Annisa, SKom MKom dan Bapak Toto Haryanto, SKom MSi selaku pembimbing serta kepada Ibu Dr Imas S Sitanggang, SSi MKom selaku penguji yang telah banyak memberi saran dalam penyelesaian skripsi. Di samping itu, penghargaan penulis sampaikan kepada Dedek Apriyani yang penelitian terdahulunya telah banyak membantu. Penulis juga sangat berterima kasih kepada seluruh keluarga Ilmu Komputer IPB dan para sahabat yang telah memberikan doa, dukungan, serta bantuan.

Semoga karya ilmiah ini bermanfaat.

Bogor, Juli 2013

Lizza Amini Gumilar

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.

2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.



DAFTAR ISI

DAFTAR TABEL	vii
DAFTAR GAMBAR	vii
DAFTAR LAMPIRAN	vii
PENDAHULUAN	1
Latar Belakang	1
Perumusan Masalah	1
Tujuan Penelitian	1
Manfaat Penelitian	2
Ruang Lingkup Penelitian	2
TINJAUAN PUSTAKA	2
Hotspot	2
Himpunan Fuzzy	2
Fungsi Keanggotaan Fuzzy	2
Imbalanced Data	3
Under-sampling	3
Systematic Random Sampling	3
Fuzzy Inference System (FIS)	4
Adaptive Neuro Fuzzy Inference System (ANFIS)	4
Algoritme Hybrid	6
Kaitan Iklim dan Kebakaran Hutan	6
Association Rules Mining	7
Algoritme Apriori	7
METODE	8
Sumber Data	9
Praproses Data	9
Pembentukan Fungsi Keanggotaan	9
Pembentukan Data Fuzzy	9
Association Rules Mining	10
Pencarian Frequent Itemset	10
Pembangkitan Association Rules	10

Hak Cipta Diliindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.

2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.



<i>Output</i>	11
Perbandingan <i>Output</i>	11
Lingkungan Pengembangan Sistem	11
HASIL DAN PEMBAHASAN	11
Praproses Data	11
Pembentukan Data <i>Fuzzy</i>	12
<i>Association Rule Mining</i>	13
SIMPULAN DAN SARAN	16
Simulan	16
Saran	16
DAFTAR PUSTAKA	17
RIWAYAT HIDUP	22

- Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
 2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.



1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

DAFTAR TABEL

1	<i>Strong association rules</i> yang sesuai pengetahuan pakar pada bulan Januari (musim hujan)	14
2	<i>Strong association rules</i> yang sesuai pengetahuan pakar pada bulan April (musim hujan)	14
3	<i>Strong association rules</i> yang sesuai pengetahuan pakar pada bulan Agustus (musim kemarau)	15
4	<i>Strong association rules</i> yang sesuai pengetahuan pakar pada keseluruhan data (2001-2004). <i>Rules</i> yang tidak sesuai pengetahuan pakar (■)	15

DAFTAR GAMBAR

1	Arsitektur jaringan ANFIS	5
2	Metodologi penelitian	8
3	Fungsi keanggotaan <i>triangular</i>	10
4	Praproses data	12
5	Grafik <i>training error</i> ANFIS	13

DAFTAR LAMPIRAN

1	Fungsi keanggotaan didapat dari pakar	18
2	Fungsi keanggotaan didapat dari ANFIS	19



Hak Cipta Diliindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.



PENDAHULUAN

Latar Belakang

Kebakaran hutan rentan terjadi di Indonesia. Beberapa hal yang mempengaruhi proses terjadinya kebakaran hutan, yaitu cuaca dan iklim. Kedua hal tersebut akan menyebabkan bertambah atau berkurangnya jumlah *hotspot* (titik-titik panas di permukaan bumi). Di Indonesia, *hotspot* banyak terdeteksi di wilayah Kalimantan karena banyaknya kebakaran hutan yang terjadi di sana. Dari penelitian sebelumnya Apriyani (2011) telah berhasil menyajikan keterkaitan antara data *fuzzy* klimatologi dan jumlah *hotspot* untuk Provinsi Kalimantan Tengah dan Kalimantan Selatan menggunakan metode *association rules mining* (ARM) dengan pembentukan fungsi keanggotaan atribut-atribut berdasarkan pengetahuan pakar. Namun pada hasil penelitian tersebut masih terdapat *rules* dengan *support* dan *confidence* yang masih rendah. Di samping itu, dalam penelitian Apriyani (2011) juga belum muncul beberapa *rules* yang sesuai dengan pengetahuan pakar mengenai keterkaitan iklim dan kebakaran hutan. Hal itu bisa disebabkan karena fungsi keanggotaan yang didapat dari pakar belum optimal untuk pembentukan data *fuzzy* yang dibutuhkan pada metode *association rules mining*.

Salah satu pendekatan mengapa suatu sistem inferensi *fuzzy* ditanamkan pada jaringan saraf tiruan (*neural network*) menjadi *adaptive neuro fuzzy inference system* (ANFIS), yaitu karena adanya suatu kebutuhan bagi metode efektif untuk mengatur fungsi keanggotaan (*membership function*) dalam memperkecil ukuran kesalahan keluaran atau memaksimalkan indeks pencapaian (Yang 1993).

Oleh sebab itu, pada penelitian ini digunakan metode ANFIS yang diharapkan efektif untuk pembentukan fungsi keanggotaan data *fuzzy* yang diperlukan dalam menyajikan keterkaitan antara data klimatologi dan jumlah *hotspot* pada penelitian Apriyani (2011) tersebut.

Perumusan Masalah

Metode ANFIS diharapkan efektif untuk memperbaiki fungsi keanggotaan pada pembentukan data *fuzzy* klimatologi dan jumlah *hotspot* dari penelitian Apriyani (2011).

Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menghasilkan fungsi keanggotaan yang lebih optimal pada pembentukan data *fuzzy* klimatologi dan jumlah *hotspot* dari penelitian Apriyani (2011) dengan metode ANFIS sehingga *association rules mining* menghasilkan *rules* dengan *support* dan *confidence* yang lebih tinggi dan juga dapat memunculkan *rules* yang sesuai dengan pengetahuan pakar mengenai keterkaitan iklim dan kebakaran hutan.

Manfaat Penelitian

Hasil penelitian ini diharapkan mampu mengoptimalkan *association rules* hasil penelitian Apriyani (2011) sehingga dapat lebih baik untuk mendukung pengambilan keputusan oleh pihak yang berkepentingan terkait penanganan kebakaran hutan di Provinsi Kalimantan Tengah dan Kalimantan Selatan.

Ruang Lingkup Penelitian

Pembentukan *rules* yang melihat hubungan asosiatif iklim terhadap jumlah *hotspot* dengan metode *association rules mining* menggunakan metode ANFIS untuk pembentukan fungsi keanggotaan pada data *fuzzy* klimatologi dan jumlah *hotspot* dari penelitian Apriyani (2011), yaitu data untuk Provinsi Kalimantan Tengah dan Kalimantan Selatan (2001-2004).

TINJAUAN PUSTAKA

Hotspot

Hotspot merupakan titik-titik panas di permukaan bumi, di mana titik-titik tersebut merupakan indikasi adanya kebakaran hutan dan lahan. *Hotspot* adalah suatu titik yang menandakan sumber panas. *Hotspot* juga merupakan salah satu indikator kemungkinan terjadinya kebakaran hutan. Sehingga dengan data *hotspot* dapat dilakukan analisis, pemantauan, dan terkadang harus dilakukan pemeriksaan langsung ke lapangan untuk mengetahui apakah diperlukan langkah pencegahan kebakaran. Pemantauan *hotspot* dilakukan dengan cara penginderaan jauh (*remote sensing*) menggunakan satelit (Ratnasari 2000).

Himpunan Fuzzy

Logika *fuzzy* merupakan generalisasi dari logika klasik yang hanya memiliki dua nilai keanggotaan 0 dan 1. Dalam logika *fuzzy* nilai kebenaran suatu pernyataan berkisar dari sepenuhnya benar ke sepenuhnya salah. Dengan teori himpunan *fuzzy* suatu objek dapat menjadi anggota dari banyak himpunan dengan derajat keanggotaan yang berbeda dalam masing-masing himpunan. Derajat keanggotaan menunjukkan nilai keanggotaan suatu objek pada suatu himpunan. Nilai keanggotaan ini berkisar antara 0 sampai 1 (Cox 2005).

Fungsi Keanggotaan Fuzzy

Jika X adalah kumpulan objek yang ditandai secara umum oleh x , maka himpunan *fuzzy* A pada X didefinisikan sebagai berikut:

$$A = \{(x, \mu_A(x)) \mid x \in X\}$$

dengan $\mu_A(x)$ adalah fungsi keanggotaan untuk himpunan *fuzzy* A . Fungsi keanggotaan memetakan setiap elemen dari X ke nilai derajat keanggotaan (Kantardzic 2003).

Imbalanced Data

Sebuah himpunan data dikatakan menjadi tidak seimbang (*imbalanced*) jika terdapat satu kelas yang direpresentasikan dalam jumlah *instance* yang kecil (kelas minor) bila dibandingkan dengan jumlah *instance* kelas lainnya (Barandela *et al.* 2002).

Under-sampling

Sampling adalah metode pengambilan sampel yang terdiri dari dua metode, yaitu *over-sampling* dan *under-sampling*. *Over-sampling* adalah proses menduplikasi data dari kelas minor sehingga diperoleh data yang *balance* sedangkan *under-sampling* adalah proses membuang sebagian data dari kelas mayor (jumlah *instance* besar) sampai datanya berjumlah sama dengan kelas minor (Chalwa *et al.* 2002). Keuntungan menggunakan *under-sampling*, yaitu menghindari hilangnya keragaman data jika menggunakan *over-sampling* karena adanya proses duplikasi data. Di samping itu, *under-sampling* akan memiliki data yang *balance* dengan ukuran jumlah data yang kecil sehingga mempercepat proses komputasi.

Systematic Random Sampling

Metode pengambilan sampel secara sistematis dengan interval tertentu antar sampel yang terpilih. Tahapan pemilihan sampel adalah sebagai berikut:

- 1 Pencarian *sampling frame*, diberikan nomor unit sampel dari 1 sampai N .
- 2 Penentuan ukuran sampel (n) yang diinginkan.
- 3 Penentuan interval (K) : $K = N/n$.
- 4 Pemilihan secara acak bilangan bulat antara 1 sampai K sebagai sampel pertama.
- 5 Pengambilan sampel berikutnya dengan interval K tersebut.

Keuntungan menggunakan *systematic random sampling* adalah sejumlah sampel yang diambil memiliki keterwakilan cukup tinggi dari keseluruhan data (Suryani 2006).

Fuzzy Inference System (FIS)

Fuzzy inference system merupakan suatu proses perumusan pemetaan dari *input* ke *output* dengan menggunakan logika *fuzzy* (Jang 1993). Secara umum FIS terdiri atas lima fungsi, yaitu:

- 1 Sebuah basis aturan yang berisikan sejumlah aturan *fuzzy if-then*.
- 2 *Database* yang mendefinisikan fungsi keanggotaan yang digunakan.
- 3 Unit pengambilan keputusan yang menunjukkan operasi inferensi pada aturan.
- 4 Fuzzifikasi, yaitu pengubahan *input* tunggal (*crisp*) ke derajat tertentu sesuai dengan fungsi keanggotaan.
- 5 Defuzzifikasi, yaitu pengubahan hasil inferensi *fuzzy* ke *output* yang bernilai *crisp*.

Adaptive Neuro Fuzzy Inference System (ANFIS)

Salah satu pendekatan mengapa suatu sistem inferensi *fuzzy* ditanamkan pada jaringan saraf tiruan (*neural network*) menjadi *adaptive neuro fuzzy inference system* (ANFIS) (Jang 1993), yaitu:

- 1 Tidak ada metode baku untuk men-*transform* pengetahuan atau pengalaman manusia ke dalam aturan dasar (*rule base*) yang berbasis *fuzzy inference system*.
- 2 Ada suatu kebutuhan bagi metode efektif untuk mengatur (*tuning*) fungsi keanggotaan (*membership function*) dalam memperkecil ukuran kesalahan keluaran atau memaksimalkan indeks pencapaian.

Menurut Jang (1993), arsitektur ANFIS terdiri atas lima lapis yang pada setiap lapisnya terdapat *node*. *Node* terdiri atas dua macam, yaitu *node* adaptif (bersimbol kotak) dan *node* tetap (bersimbol lingkaran). Pada *node* adaptif, nilai parameter dapat berubah pada saat *training* sedangkan pada *node* tetap, parameter tidak dapat diubah. Fungsi dari setiap lapis adalah sebagai berikut:

Lapis 1

Setiap *node* i pada lapis 1 ini (O_i^1) adalah *node* adaptif dengan fungsi *node* sebagai berikut:

$$O_i^1 = \mu_{A_i}(x)$$

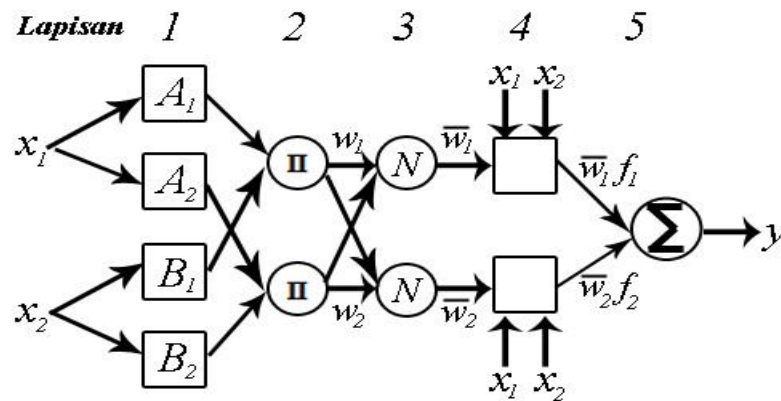
dengan

$\mu_{A_i}(x)$: nilai fungsi keanggotaan untuk A

Lapis 2

Setiap *node* pada lapis ini adalah *node* tetap dengan keluarannya adalah produk dari semua sinyal yang datang.

$$w_i = \mu_{A_i}(x) \times \mu_{B_i}(y), i = 1, 2$$



Gambar 1 Arsitektur jaringan ANFIS

Setiap keluaran *node* dari lapis ini (w_i) menyatakan derajat pengaktifan dari sebuah aturan.

Lapis 3

Setiap *node* pada lapis ini adalah *node* tetap. *Node* i menghitung rasio dari derajat pengaktifan aturan ke- i terhadap jumlah derajat pengaktifan dari semua aturan.

$$\bar{w}_i = \frac{w_i}{w_1 + w_2}, \quad i = 1, 2$$

Keluaran lapis ini disebut derajat pengaktifan ternormalisasi (\bar{w}_i).

Lapis 4

Setiap *node* pada lapis ini adalah *node* adaptif terhadap suatu *output* dengan fungsi *node*:

$$O_i^4 = \bar{w}_i f_i = \bar{w}_i (p_i x + q_i y + r_i)$$

dengan

\bar{w}_i : derajat pengaktifan ternormalisasi dari lapis 3.

$\{p_i, q_i, r_i\}$: himpunan *node* dari parameter *consequent*.

Parameter pada lapis ini disebut parameter *consequent*.

Lapis 5

Node tunggal pada lapis 5 ini (O_i^5) adalah *node* tetap berlabel Σ yang menghitung keseluruhan keluaran sebagai penjumlahan semua sinyal yang datang. Dengan fungsi *node* sebagai berikut:

$$O_i^5 = \text{overall output} = \sum_i \bar{w}_i f_i = \frac{\sum_i w_i f_i}{\sum_i w_i}$$

Arsitektur jaringan ANFIS dapat dilihat pada Gambar 1. ANFIS menggunakan prosedur *hybrid learning*. Algoritme *hybrid* merupakan algoritme pembelajaran yang membuat ANFIS dapat mengoptimasi parameter-parameter pada arsitektur jaringan saraf (Jang 1993).

Algoritme pembelajaran juga dikenal sebagai proses adaptasi parameter-parameter dalam sistem ANFIS yang akan terus diperbarui selama proses ini terjadi. Algoritme *hybrid* akan mengatur parameter-parameter *consequent* pada lapis 4 secara maju (*forward*) dan akan mengatur parameter-parameter fungsi keanggotaan secara mundur (*backward*) pada lapis 1 (Alifia *et al.* 2012).

Algoritme Hybrid

Pembelajaran *hybrid* merupakan kombinasi antara *back propagation* dengan *least squared error* (LSE) (Marimin 2005). Proses pembelajaran *hybrid*, yaitu:

- 1 Tahap maju (*forward*)
Pembelajaran pada tahap ini menggunakan LSE yang berfungsi untuk mengoptimalkan parameter *consequent* atau mengoptimalkan kesalahan. Cara kerjanya berdasarkan sinyal *output node* yang merupakan referensi. Keluaran jaringan saraf tiruan akan dibandingkan dengan referensi dan dengan pembelajaran LSE akan dipilih *error* yang paling minimum.
- 2 Tahap mundur (*backward*)
Pembelajaran pada tahap ini menggunakan *back propagation*. Proses pembelajaran ini berfungsi untuk mengoptimalkan parameter premis (fungsi keanggotaan). Cara kerjanya berdasarkan *signal error rate*.

Secara umum, algoritme *back propagation* adalah sebagai berikut. Pertama, pola *input* dan target dimasukkan ke dalam jaringan saraf tiruan (JST). Kemudian pola *input* ini akan berubah bersamaan dengan propagasi pola tersebut ke lapisan-lapisan berikutnya hingga menghasilkan *output*. Hasil keluaran ini dibandingkan dengan target. Apabila hasil dari perbandingan ini merupakan nilai yang sama, proses pembelajaran akan berhenti tetapi jika berbeda, maka JST mengubah bobot yang ada pada hubungan antar neuron dengan suatu aturan tertentu agar nilai *output* lebih mendekati nilai target. Proses pengubahan bobot adalah dengan cara mempropagasikan kembali nilai koreksi *error output* JST ke lapisan-lapisan sebelumnya (propagasi balik). Kemudian dari lapisan *input*, pola akan diproses lagi untuk mengubah nilai bobot, hingga akhirnya memperoleh *output* JST baru. Demikian seterusnya proses ini dilakukan berulang-ulang hingga dicapai nilai yang sama atau minimal sesuai dengan *error* yang didefinisikan. Proses perubahan bobot inilah yang disebut proses pembelajaran.

Kaitan Iklim dan Kebakaran Hutan

Menurut pakar bidang kebakaran hutan, yaitu Dr Erianto Indra Putra, SHut MSI, faktor-faktor yang paling mempengaruhi terjadinya kebakaran hutan adalah curah hujan, kelembaban, dan temperatur. Curah hujan dan kelembaban akan menentukan kadar air dari bahan bakar (tumbuhan dalam hutan). Temperatur udara yang mempengaruhi suhu bahan bakar dan kemudahannya untuk terbakar.

Kecepatan angin, lama penyinaran matahari, dan tekanan udara juga berpengaruh terhadap kebakaran hutan. Pada saat kecepatan angin tinggi maka penyaluran api akan semakin besar dan memperluas area hutan yang terbakar

sedangkan penyinaran matahari membantu proses pengeringan bahan bakar sehingga semakin mudah untuk terbakar. Selain itu, penyinaran matahari yang juga memanaskan lapisan udara di bawahnya akan menciptakan pemanasan udara yang menimbulkan perbedaan tekanan udara. Hal tersebut menyebabkan terbentuknya pola pergerakan angin sehingga angin akan bergerak dari daerah bertekanan tinggi ke daerah bertekanan rendah dan akan mempermudah penjaralan api saat terjadi kebakaran hutan.

Oleh sebab itu, faktor-faktor dalam kondisi tertentu akan mempermudah terjadinya kebakaran hutan yang merupakan indikasi suatu area memiliki jumlah *hotspot* banyak. Faktor-faktor yang berpengaruh terhadap jumlah *hotspot* banyak, yaitu curah hujan rendah, kelembaban rendah, temperatur udara tinggi, penyinaran matahari banyak, kecepatan angin tinggi, dan tekanan udara tinggi. Begitu pula sebaliknya, curah hujan tinggi, kelembaban tinggi, temperatur udara rendah, penyinaran matahari sedikit, kecepatan angin kecil, dan tekanan udara rendah merupakan faktor-faktor yang mengindikasikan suatu area memiliki jumlah *hotspot* sedikit.

Association Rules Mining

Menurut Kantardzic (2003) permasalahan *association rule mining* bisa dipecah ke dalam dua tahap, yaitu:

Menemukan *large itemset*, yaitu himpunan *item* yang memiliki *transaction support* (*s*) di atas nilai ambang minimum yang telah ditetapkan sebelumnya.

Menggunakan *large itemset* untuk membangkitkan aturan-aturan asosiasi dari *database* yang memiliki *confidence* (*c*) di atas nilai ambang minimum yang telah ditetapkan sebelumnya.

Association rule adalah ekspresi implikasi yang dinyatakan dalam bentuk $X \rightarrow Y$, dimana *X* dan *Y* adalah *itemset* terpisah (*disjoint*), yaitu $X \cap Y = \emptyset$. Kekuatan aturan asosiasi dapat diukur dengan *support* dan *confidence*. *Support* menentukan seberapa sering aturan tersebut diterapkan dalam set data, sedangkan *confidence* menentukan frekuensi *item* dalam *Y* muncul dalam transaksi yang mengandung *X*. Definisi formal dari keduanya sebagai berikut:

$$\text{Support, } s(X \rightarrow Y) = \frac{\sigma(X \cup Y)}{N}$$

$$\text{Confidence, } c(X \rightarrow Y) = \frac{\sigma(X \cup Y)}{\sigma(X)}$$

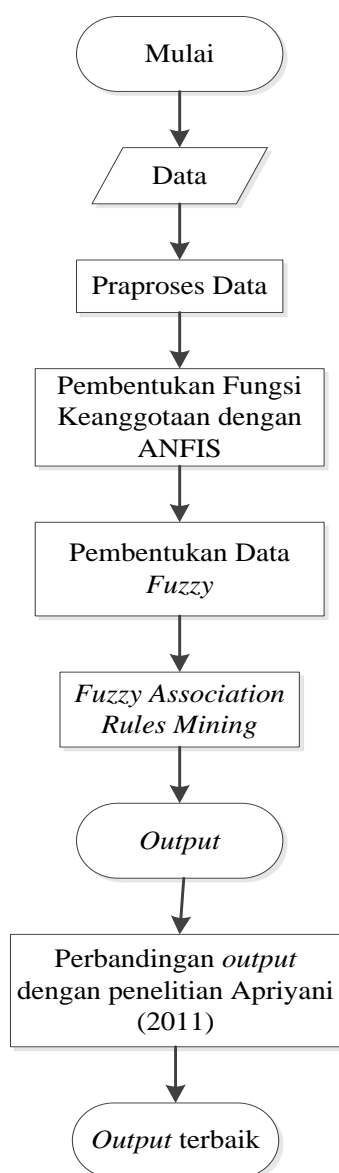
Algoritme Apriori

Algoritme apriori membentuk *candidate itemset*, kemudian di-generate menjadi *large itemset*. Pembentukan *large itemset* dilakukan dengan mencari semua kombinasi *item* yang memiliki *support* di atas *minimum support* yang telah ditentukan (Agrawal dan Srikant 1994).

Algoritme apriori terkenal digunakan pada *association rules mining* untuk himpunan data transaksi. *Database fuzzy* sangat mirip dengan *database* transaksi sehingga algoritme apriori bisa digunakan untuk menemukan aturan-aturan asosiasi pada data *fuzzy* (Çalargün 2008).

METODE

Tahapan yang dilakukan pada penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 2. Penjelasan dari tahap-tahap tersebut adalah sebagai berikut:



Gambar 2 Metodologi penelitian

Sumber Data

Pada penelitian sebelumnya Apriyani (2011), telah tersedia *database* untuk data klimatologi dan jumlah titik api hasil praproses. Ada 7 atribut, yaitu temperatur, curah hujan, penyinaran matahari, tekanan udara, kelembaban, kecepatan angin, dan jumlah titik api.

Praproses Data

Data yang diperoleh dari penelitian Apriyani (2011) merupakan *imbalanced data* sehingga dilakukan *under-sampling* untuk mengurangi jumlah kelas terbesar secara acak sampai diperoleh jumlah yang sama dengan kelas terkecil. Untuk pengambilan jumlah kelas terbesar secara acak sebanyak jumlah tertentu digunakan metode *systematic random sampling*.

Pembentukan Fungsi Keanggotaan

Sebelum dilakukan *association rules mining* pada data *fuzzy* penelitian ini, terlebih dahulu akan ditentukan fungsi keanggotaan untuk setiap atributnya. Penentuan fungsi keanggotaan ini dilakukan dengan pemodelan ANFIS sebagai berikut:

Memberikan pasangan data *input* dan *output* untuk *training*.

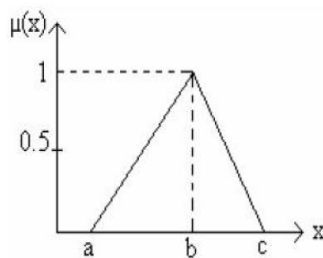
ANFIS melatih FIS dengan inisialisasi FIS, yaitu mengatur nilai awal parameter-parameter fungsi keanggotaan dalam FIS. Inisialisasi FIS meliputi: pemilihan jumlah fungsi keanggotaan (*membership function*), pemilihan tipe fungsi keanggotaan (*triangular* atau *gaussian*), pemilihan jumlah iterasi pelatihan.

3 ANFIS melatih FIS dengan memodifikasi parameter-parameter fungsi keanggotaan sampai diperoleh selisih (*error*) minimal.

Hasil dari tahap ini adalah fungsi keanggotaan data *fuzzy* untuk digunakan pada tahap selanjutnya.

Pembentukan Data Fuzzy

Pembentukan data *fuzzy* dilakukan setelah fungsi keanggotaan atribut-atribut diperoleh. Setiap atribut akan memiliki batasan-batasan fungsi keanggotaan. Pada tahap ini akan didapatkan nilai keanggotaan dari setiap himpunan *fuzzy* sehingga data berubah ke dalam bentuk *fuzzy*. Bentuk fungsi keanggotaan yang digunakan adalah bentuk *triangular* seperti pada Gambar 3.



Gambar 3 Fungsi keanggotaan *triangular*

dengan

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

Pada penelitian ini digunakan fungsi keanggotaan *triangular* karena perhitungan matematisnya lebih sederhana dan fleksibel dibandingkan dengan tipe fungsi keanggotaan lain sehingga proses komputasinya lebih efisien.

Association Rules Mining

Pembentukan *rules* untuk melihat hubungan asosiatif data *fuzzy* menggunakan algoritme apriori. Langkah-langkah dalam *association rules mining* adalah:

- 1 Pencarian *frequent itemset*.
- 2 Pembangkitan *association rules*.

Pencarian *Frequent Itemset*

Menemukan seluruh *item* dari transaksi yang memenuhi *minimum support threshold*. *Support* untuk suatu *itemset* adalah jumlah transaksi dalam *database* yang mengandung *itemset* tersebut. *Itemset* yang memenuhi persyaratan ini disebut *frequent itemset*. Misalnya T adalah himpunan semua data klimatologi dan jumlah *hotspot* yang dipilih dalam *database*. *Support* dari suatu *itemset* (S) merupakan dari transaksi dalam T yang mengandung S. *Itemset* yang memiliki nilai *support* lebih dari atau sama dengan nilai *minimum support* dinyatakan sebagai *frequent itemset*.

Pembangkitan *Association Rules*

Dengan menggunakan *frequent itemset* yang terbentuk maka dapat dibangkitkan *strong association rules* yang memenuhi *minimum confidence threshold* yang telah ditentukan sebelumnya. Penelitian ini bertujuan menemukan

pola asosiasi antara data klimatologi dan jumlah *hotspot*. Oleh sebab itu, *rules* yang dihasilkan adalah *rules* yang pada *consequent*-nya terdapat *item* jumlah *hotspot*.

Output

Hasil dari *association rules mining* adalah *rules* dengan nilai *support* dan *confidence* tertentu yang menunjukkan kuat tidaknya hubungan asosiatif data klimatologi terhadap jumlah *hotspot*. Data klimatologi memiliki atribut-atribut, yaitu temperatur udara, curah hujan, penyinaran matahari, kelembaban, tekanan udara dan kecepatan angin.

Perbandingan Output

Rules yang dihasilkan pada penelitian ini dibandingkan dengan *rules* hasil penelitian Apriyani (2011) dengan melihat nilai *support* dan *confidence* yang terbentuk serta *rules* baru yang muncul. Hasil *output* terbaik ditunjukkan dengan nilai *support* dan *confidence* yang lebih besar serta jumlah *rules* sesuai pengetahuan pakar yang muncul sehingga dapat ditentukan apakah hasil *association rules mining* yang lebih baik diperoleh dari data *fuzzy* yang terbentuk menggunakan metode pembentukan fungsi keanggotaan dari pakar atau ANFIS.

Lingkungan Pengembangan Sistem

Lingkungan pengembangan sistem *association rules mining* pada data *fuzzy* klimatologi dan jumlah *hotspot* di Provinsi Kalimantan Tengah dan Kalimantan Selatan (2001-2004) ini meliputi perangkat lunak dengan sistem operasi, yaitu Windows 7 Professional dengan pengolah data menggunakan Microsoft Excel 2010 dan MATLAB 7.7.0 (R2008b). Sistem ini merupakan *web* yang dikembangkan dengan paket *web server*, yaitu BitNami WAPPStack dengan *web server* Apache 2.2.17. Pada penelitian ini untuk manajemen *database* digunakan PostgreSQL dengan *tool* phpPgAdmin 5.0.2. Bahasa pemrograman yang digunakan adalah PHP 5.2.17 dengan Notepad++ sebagai *editor* program.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Praproses Data

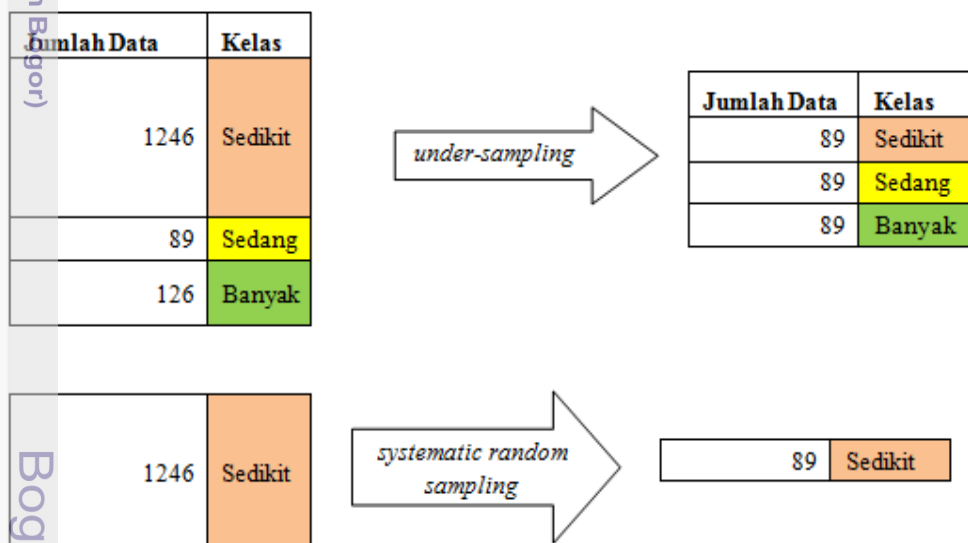
Imbalanced data dari penelitian Apriyani (2011) dipraproses menggunakan *under-sampling* dengan pengambilan sejumlah sampel tertentu pada kelas mayoritas (jumlah *hotspot* sedikit) untuk dikurangi jumlah datanya sampai berjumlah sama dengan kelas minoritas (jumlah *hotspot* banyak) memakai metode *systematic random sampling* seperti pada Gambar 4.

Hasil dari praproses data ini adalah set data sejumlah 267 data dengan masing-masing kelas sebanyak 89 data setelah dilakukan *systematic random sampling*. Set data ini akan digunakan pada pembentukan fungsi keanggotaan dengan metode ANFIS.

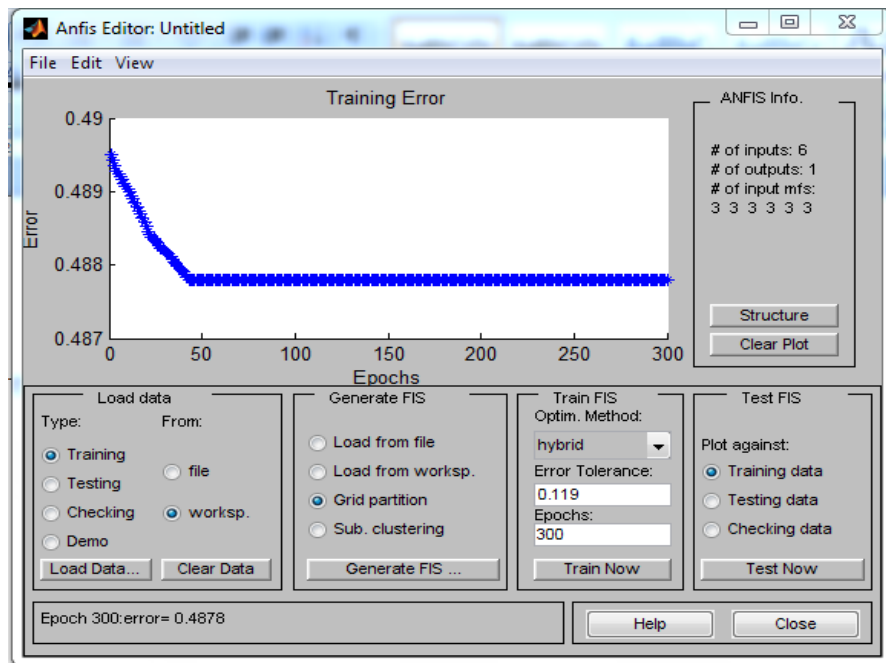
Pembentukan Data Fuzzy

Fungsi keanggotaan yang dipilih berdasarkan pengalaman pakar, yaitu Dr Erianto Indra Putra, SHut MSi dari penelitian Apriyani (2011) untuk temperatur, curah hujan, penyinaran matahari, tekanan udara, kelembaban, dan kecepatan angin secara berurutan dapat dilihat pada Lampiran 1.

Fungsi keanggotaan yang terbentuk dari pembangkitan data dengan metode ANFIS untuk temperatur, curah hujan, penyinaran matahari, tekanan udara, kelembaban, kecepatan angin dan jumlah *hotspot* dapat dilihat pada Lampiran 2. Proses optimasi parameter fungsi keanggotaan dengan ANFIS pada penelitian ini menggunakan *tool anfisedit* pada MATLAB dengan nilai *input error tolerance* dan *epochs* masing-masing diberikan nilai sebesar 0.119 dan 300, artinya apabila pelatihan data *error* memasuki daerah *error tolerance* atau sampai pada iterasi ke-300 maka pelatihan ANFIS akan berhenti. Pada Gambar 5, grafik *training error* semakin menurun dan mencapai titik *error* tetap pada angka 0.4878, yaitu saat iterasi berada pada sekitar 40. Hal ini menunjukkan bahwa proses pelatihan menghasilkan *minimum error* sebesar 0.4878.



Gambar 4 Praproses data



Gambar 5 Grafik training error ANFIS

Association Rule Mining

Pada penelitian ini, *association rules mining* digunakan untuk melihat pola asosiatif antara data *fuzzy* klimatologi dengan jumlah *hotspot* dan kemudian hasilnya dibandingkan dengan hasil dari penelitian Apriyani (2011). Pola asosiatif tiap bulan dilakukan analisis dari bulan Januari sampai Desember, yaitu musim hujan (November-Juni) dan kemarau (Juli-Oktober) pada semua data di tahun 2001-2004 tersebut.

Rules yang dihasilkan dari *association rules mining* adalah *rules* yang pada *consequent*-nya terdapat *item* jumlah *hotspot*. Contoh *rule* yang *consequent*-nya terdapat *item* jumlah *hotspot*: “T.Tinggi→J.Banyak”, yang berarti jika temperatur tinggi maka jumlah *hotspot* yang terdeteksi banyak. Dari *rule* yang dihasilkan tersebut dapat dilihat faktor-faktor yang dapat mempengaruhi terjadinya kebakaran hutan. Untuk *rule* “J.Banyak→T.Tinggi” tidak dibangkitkan karena *consequent*-nya bukan *item* jumlah *hotspot*.

Perbandingan antara hasil penelitian Apriyani (2011) dengan penelitian ini dilakukan dengan membangkitkan *strong association rules* pada keduanya untuk kemudian dibandingkan jumlah *rules* sesuai pengetahuan pakar yang muncul. Pada Tabel 1 dan 2, bulan musim hujan yang dipilih adalah bulan untuk jumlah *hotspot* terdeteksi sedikit dengan *support* terbesar di antara bulan-bulan musim hujan lainnya (November-Juni), yaitu bulan Januari dan April. Pada kedua bulan tersebut *support* untuk *item* jumlah *hotspot* sedikit adalah sebesar 100%. Pembangkitan *strong association rules* pada kedua bulan tersebut dilakukan dengan *minimum support* 80% dan *minimum confidence* 98%.

Dari Tabel 1 dapat diketahui bahwa jumlah *strong association rules* sesuai pengetahuan pakar yang terbentuk pada bulan Januari untuk penelitian ini lebih

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

banyak dari penelitian Apriyani (2011), yaitu sebanyak 11 *rules* untuk penelitian ini dan 4 *rules* untuk penelitian Apriyani (2011). Faktor-faktor klimatologi yang mempengaruhi jumlah *hotspot* sedikit pada bulan Januari di penelitian Apriyani (2011), yaitu: kelembaban tinggi, temperatur sedang, dan tekanan udara sedang. Pada penelitian ini lebih banyak faktor yang mempengaruhi jumlah *hotspot* sedikit, yaitu: kelembaban tinggi, kecepatan angin kecil, temperatur sedang, tekanan udara sedang, dan sinar matahari sedang. Kecepatan angin kecil merupakan faktor baru yang muncul dan sesuai pengetahuan pakar bahwa kecepatan angin kecil akan menyebabkan jumlah *hotspot* sedikit.

Pada Tabel 2, bulan Februari di penelitian ini memiliki 5 *strong association rules* yang sesuai pengetahuan pakar, lebih banyak dibandingkan penelitian Apriyani (2011) yang hanya berjumlah 2 *rules*. Pada bulan Februari di penelitian Apriyani (2011) faktor-faktor klimatologi yang muncul, yaitu: kecepatan angin kecil dan tekanan udara sedang. Di samping itu, pada penelitian ini faktor-faktor yang muncul, yaitu: kelembaban tinggi, kecepatan angin kecil, dan tekanan udara

Tabel 2 *Strong association rules* yang sesuai pengetahuan pakar pada bulan Januari (musim hujan)

Penelitian Apriyani (2011)		Penelitian ini	
<i>Rules</i>	<i>Conf (%)</i>	<i>Rules</i>	<i>Conf (%)</i>
K.tinggi-->J.sedikit	100	K.tinggi-->J.sedikit	100
T.sedang,K.tinggi-->J.sedikit	100	Kec.kecil-->J.sedikit	100
TU.sedang,K.tinggi-->J.sedikit	100	T.sedang,K.tinggi-->J.sedikit	100
T.sedang,TU.sedang,K.tinggi-->J.sedikit	100	TU.sedang,K.tinggi-->J.sedikit	100
		TU.sedang,Kec.kecil-->J.sedikit	100
		K.tinggi,Kec.kecil-->J.sedikit	100
		T.sedang,SM.sedang,K.tinggi-->J.sedikit	100
		T.sedang,SM.sedang,Kec.kecil-->J.sedikit	100
		T.sedang,TU.sedang,K.tinggi-->J.sedikit	100
		T.sedang,K.tinggi,Kec.kecil-->J.sedikit	100
		TU.sedang,K.tinggi,Kec.kecil-->J.sedikit	100

Tabel 2 *Strong association rules* yang sesuai pengetahuan pakar pada bulan April (musim hujan)

Penelitian Apriyani (2011)		Penelitian ini	
<i>Rules</i>	<i>Conf (%)</i>	<i>Rules</i>	<i>Conf (%)</i>
Kec.kecil-->J.sedikit	100	Kec.kecil-->J.sedikit	100
TU.sedang,Kec.kecil-->J.sedikit	100	TU.sedang,K.tinggi-->J.sedikit	100
		TU.sedang,Kec.kecil-->J.sedikit	100
		K.tinggi,Kec.kecil-->J.sedikit	100
		TU.sedang,K.tinggi,Kec.kecil-->J.sedikit	100

T = temperatur, SM = sinar matahari, KEC = kecepatan angin, CH = curah hujan, K = kelembaban, TU = tekanan udara, J = jumlah hotspot.

sedang. Kelembaban tinggi merupakan faktor baru yang muncul dan sesuai pengetahuan pakar bahwa kelembaban tinggi akan menyebabkan jumlah *hotspot* sedikit.

Bulan musim kemarau yang dipilih adalah bulan untuk jumlah *hotspot* terdeteksi banyak dengan *support* terbesar di antara bulan-bulan musim kemarau lainnya (Juli-Oktober), yaitu bulan Oktober dengan *support* untuk *item* jumlah *hotspot* banyak sebesar 39.52%. *Rules* pada data bulan Agustus dibangkitkan dengan *minimum support* 30 % dan *minimum confidence* 40% terlihat pada Tabel 3. Di bulan Agustus, jumlah *rules* yang sesuai pengetahuan pakar untuk penelitian ini sebanyak 5 *rules* lebih banyak dibandingkan pada penelitian Apriyani (2011) yang hanya memiliki 3 *rules*. Beberapa *rules* baru pada penelitian ini memiliki *confidence* lebih tinggi dari *rules* pada penelitian Apriyani (2011), salah satunya adalah *rule* “T.Tinggi→J.Banyak” dengan *confidence* sebesar 44.26%. *Rule* baru tersebut berarti temperatur tinggi akan menyebabkan jumlah *hotspot* banyak, hal ini sesuai dengan pengetahuan pakar.

Tabel 4 adalah tabel perbandingan untuk keseluruhan data (2001-2004) dengan pembangkitan *strong association rules* menggunakan *minimum support* 30 % dan *minimum confidence* 80%. Pada keseluruhan data, jumlah *rules* yang sesuai pengetahuan pakar untuk penelitian ini sebanyak 8 *rules* lebih banyak

Tabel 3 *Strong association rules* yang sesuai pengetahuan pakar pada bulan Oktober (musim kemarau)

Penelitian Apriyani (2011)		Penelitian ini	
<i>Rules</i>	<i>Conf</i> (%)	<i>Rules</i>	<i>Conf</i> (%)
SM.banyak,K.sedang-->J.banyak	47.27	SM.banyak,TU.sedang-->J.banyak	47.27
SM.banyak-->J.banyak	42.62	T.tinggi,TU.sedang-->J.banyak	45.00
CH.kering,SM.banyak-->J.banyak	42.62	T.tinggi-->J.banyak	44.26
		SM.banyak-->J.banyak	42.62
		CH.kering,SM.banyak-->J.banyak	42.62

Tabel 4 *Strong association rules* yang sesuai pengetahuan pakar pada keseluruhan data (2001-2004). *Rules* yang tidak sesuai pengetahuan pakar (■)

Penelitian Apriyani (2011)		Penelitian ini	
<i>Rules</i>	<i>Conf</i> (%)	<i>Rules</i>	<i>Conf</i> (%)
Kec.kecil-->J.sedikit	84.77	SM.sedang,K.tinggi-->J.sedikit	90.68
SM.sedang-->J.sedikit	90.25	T.sedang,K.tinggi-->J.sedikit	90.11
T.sedang-->J.sedikit	88.72	TU.sedang,K.tinggi-->J.sedikit	86.82
TU.sedang-->J.sedikit	85.58	TU.sedang,K.tinggi,Kec.kecil-->J.sedikit	86.57
CH.kering,TU.sedang-->J.sedikit	84.51	K.tinggi-->J.sedikit	86.37
CH.kering-->J.sedikit	84.28	K.tinggi,Kec.kecil-->J.sedikit	86.11
CH.kering,Kec.kecil-->J.sedikit	83.88	TU.sedang,Kec.kecil-->J.sedikit	85.35
		Kec.kecil-->J.sedikit	85.00

= temperatur, SM = sinar matahari, KEC = kecepatan angin, CH = curah hujan, K = kelembaban, TU = tekanan udara, J = jumlah hotspot.

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

dibandingkan pada penelitian Apriyani (2011) yang hanya memiliki 1 *rule* saja yang sesuai pengetahuan pakar. Kecepatan angin kecil menjadi satu-satunya faktor sesuai pengetahuan pakar yang muncul pada penelitian Apriyani (2011), kecepatan angin kecil tersebut akan menyebabkan jumlah *hotspot* sedikit. Di samping itu, pada penelitian Apriyani terdapat aturan yang tidak sesuai pengetahuan pakar yang dalam kombinasi aturannya menyatakan bahwa curah hujan kering akan menyebabkan jumlah *hotspot* sedikit. Hal ini bertentangan dengan pengetahuan pakar bahwa jumlah *hotspot* yang dideteksi seharusnya banyak apabila curah hujan kering. Adapun pada penelitian ini, kelembaban tinggi juga menjadi faktor yang menyebabkan jumlah *hotspot* sedikit. Faktor kelembaban tinggi dan kecepatan angin kecil merupakan 2 faktor yang paling sering muncul dalam kombinasi *item* pada *rule* dengan *consequent* jumlah *hotspot* sedikit. Hal tersebut sesuai dengan pengetahuan pakar bahwa kelembaban tinggi dan kecepatan angin kecil merupakan kondisi yang akan menyebabkan jumlah *hotspot* sedikit. Beberapa *rules* baru yang muncul pada penelitian ini memiliki nilai *confidence* yang lebih tinggi dibandingkan *rules* pada penelitian Apriyani (2011).

SIMPULAN DAN SARAN

Simpulan

Kesimpulan pada penelitian ini, yaitu:

1. ANFIS berhasil mengoptimasi fungsi keanggotaan untuk pembentukan data *fuzzy* klimatologi sehingga *association rules mining* dapat membangkitkan *rules* mengenai pengaruh data *fuzzy* klimatologi terhadap jumlah *hotspot* untuk Provinsi Kalimantan Tengah dan Kalimantan Selatan (2001-2004) yang sesuai pengetahuan pakar dengan *confidence* yang lebih tinggi dibandingkan penelitian Apriyani (2011).
2. Jumlah *association rules* yang sesuai pengetahuan pakar pada penelitian ini lebih banyak dibandingkan pada penelitian Apriyani (2011).
3. Faktor-faktor yang paling berpengaruh terhadap jumlah *hotspot* sedikit, yaitu: kelembaban tinggi dan kecepatan angin kecil sedangkan jumlah *hotspot* banyak dipengaruhi oleh temperatur tinggi dan sinar matahari banyak.

Saran

Pada penelitian ini, hal-hal yang masih dapat dilakukan pada penelitian-penelitian selanjutnya antara lain:

1. Penggunaan data klimatologi dan jumlah *hotspot* dalam kurun waktu lebih lama untuk mendapatkan data dengan *output* jumlah *hotspot* banyak lebih besar sehingga bisa diperoleh *support* yang lebih tinggi untuk *item* jumlah *hotspot* banyak.

2. Dapat dilakukan pemilihan tipe fungsi keanggotaan lain, seperti: *gaussian*, *generalized bell*, dan *sigmoid* yang diharapkan mampu mengoptimasi fungsi keanggotaan yang lebih baik lagi.

DAFTAR PUSTAKA

- Agrawal R, Srikant R. 1994. Fast algorithms for mining association *rules*. Di dalam: *Proceedings of the 20th International Conference on Very Large Data Bases*; 1994 Sep; San Francisco, USA. San Francisco (US): Morgan Kaufmann. hlm 487-499.
- Alifia FA, Triwiyatno A, Wahyudi W. 2012. Desain sistem kontrol *adaptive neuro fuzzy inference system* (ANFIS) studi kasus: pengontrolan ketinggian air dan temperatur uap *steam drum boiler*. *Transient*. 1(4): 311-319.
- Apriyani D. 2011. Fuzzy association *rules* mining pada data klimatologi dan jumlah hotspot di Kalimantan Tengah dan Kalimantan Selatan [skripsi]. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.
- Barandela R, Sanchez JS, Garcia V, Rangel E. 2002. Strategies for learning in class imbalance problems. *Pattern Recognition*. 36(3):849-850.
- Chalwa NV, Bowyer KW, Hall LO, Kegelmeyer WP. 2002. SMOTE: synthetic minority oversampling technique. *Journal of Artificial Intelligence Research*. 16: 321-357.
- Cox E. 2005. *Fuzzy Modeling and Genetic Algorithms for Data Mining and Exploration*. San Fransisco (US): Academic Pr.
- Galargün SÜ. 2008. *Fuzzy association rule mining from spatio-temporal data: an analysis of meteorological data in turkey* [tesis]. Ankara (TR): Middle East Technical Univ.
- Jang JSR. 1993. ANFIS: adaptive-network-based fuzzy inference system. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics*. 23(3):665-685.
- Kantardzic M. 2003. *Data Mining: Concepts, Models, Methods, and Algorithms*. New Jersey (US): IEEE Pr.
- Marimin. 2005. *Teori dan Aplikasi Sistem Pakar pada Teknologi Manajerial*. Bogor (ID): IPB Pr.
- Ratnasari E. 2000. Pemantauan kebakaran hutan dengan menggunakan data citra NOAA-AVHRR dan citra landsat TM: studi kasus di Kota Kalimantan Timur [skripsi]. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.
- Suryani A. 2006. Teknik *Sampling* dan Aplikasinya. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.

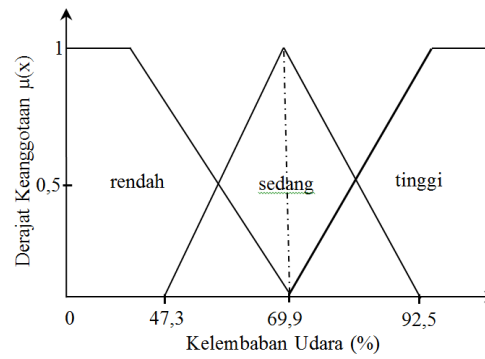
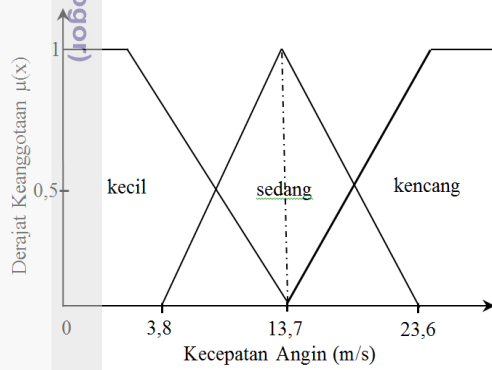
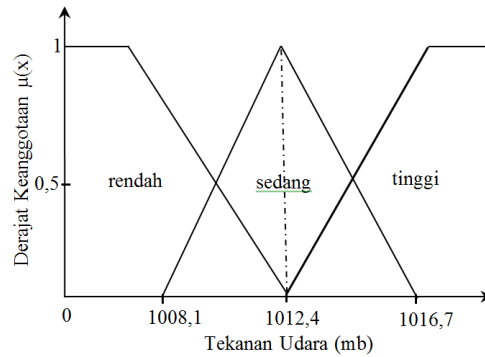
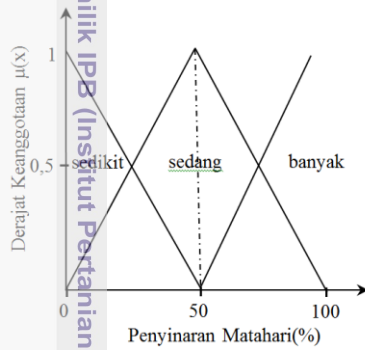
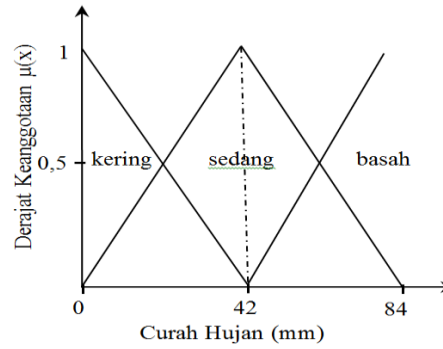
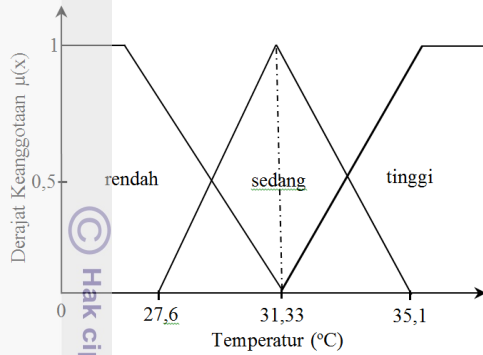
Lampiran 1 Fungsi keanggotaan didapat dari pakar

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

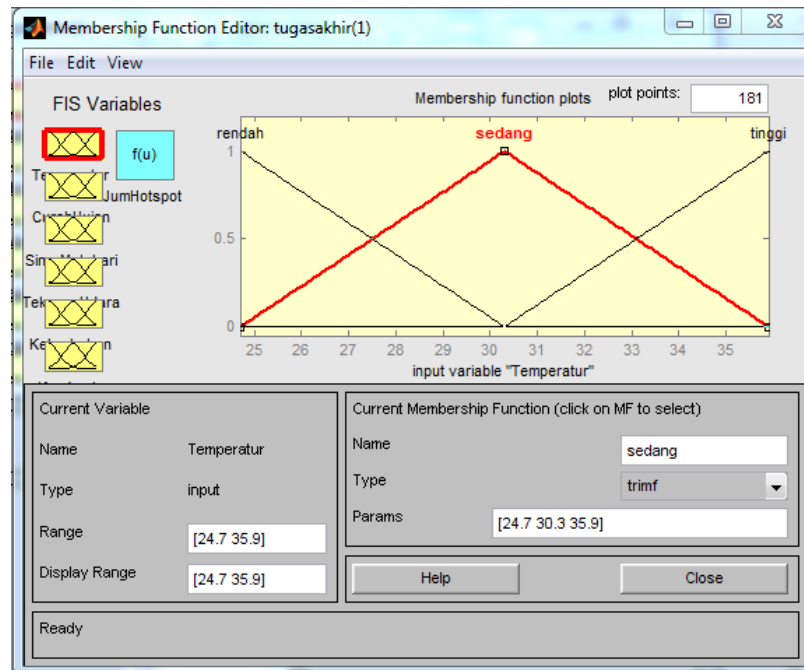
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.

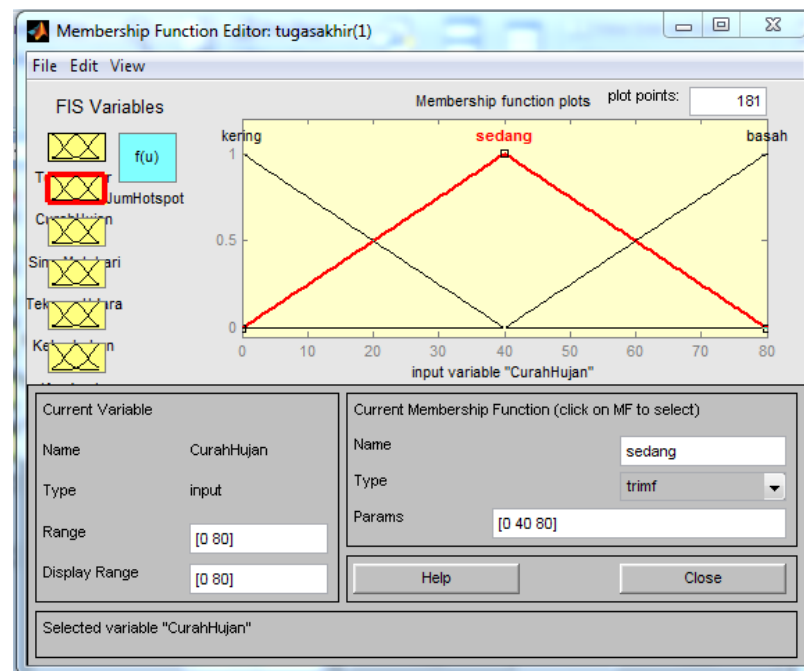
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.



Lampiran 2 Fungsi keanggotaan didapat dari ANFIS



Fungsi keanggotaan temperatur



Fungsi keanggotaan curah hujan

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

© Hak cipta milik IPB (Institut Pertanian Bogor)

Bogor Agricultural University

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

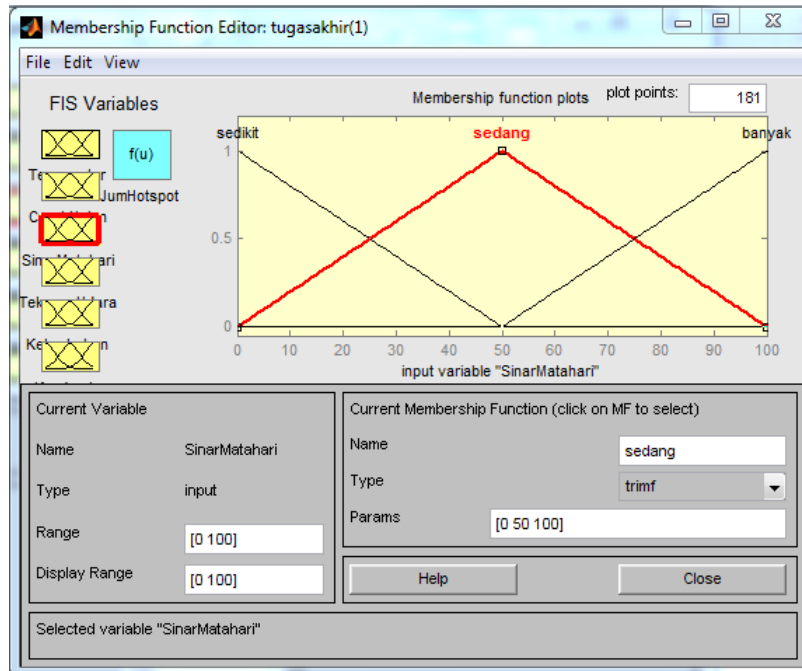
Lampiran 2 Lanjutan

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

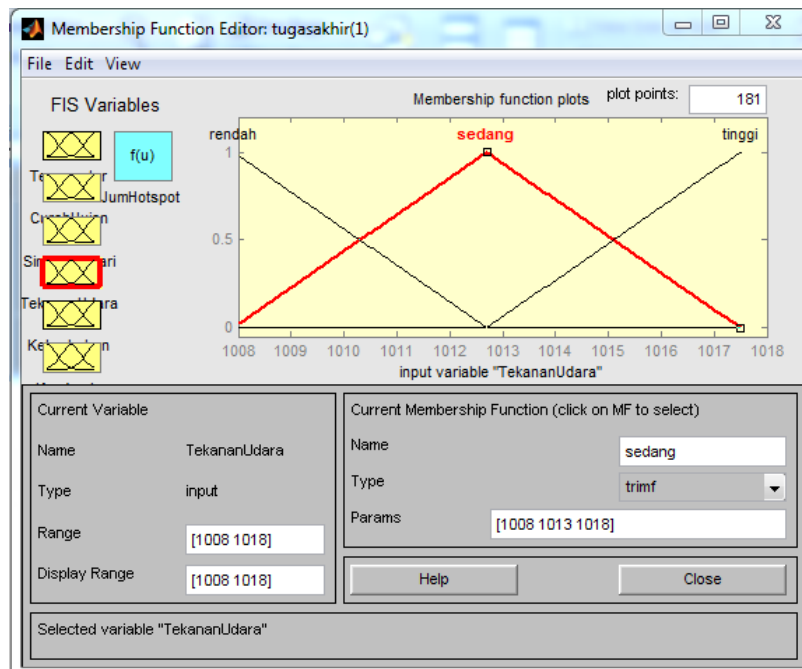
© Hak cipta milik IPB (Institut Pertanian Bogor)

Bogor Agricultural University

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.



Fungsi keanggotaan sinar matahari



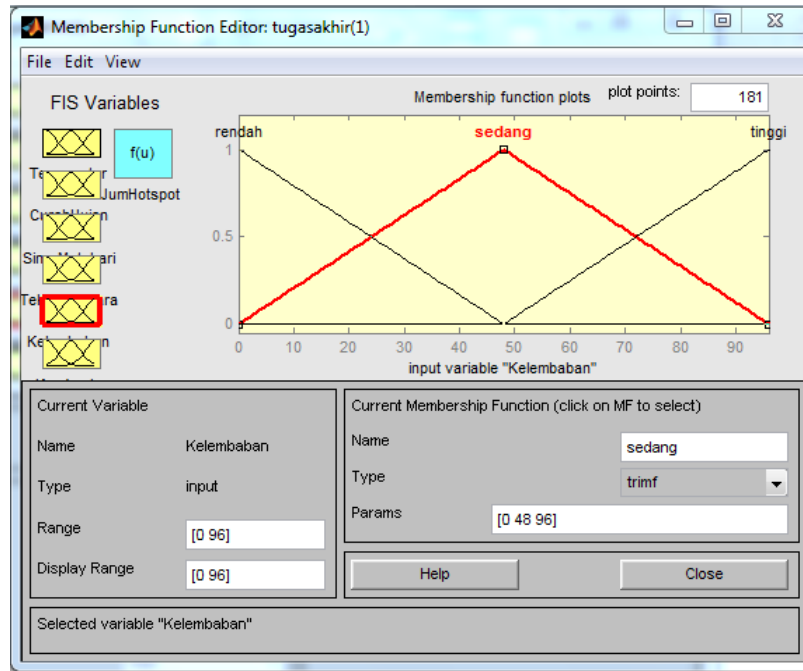
Fungsi keanggotaan tekanan udara

Lampiran 2 Lanjutan

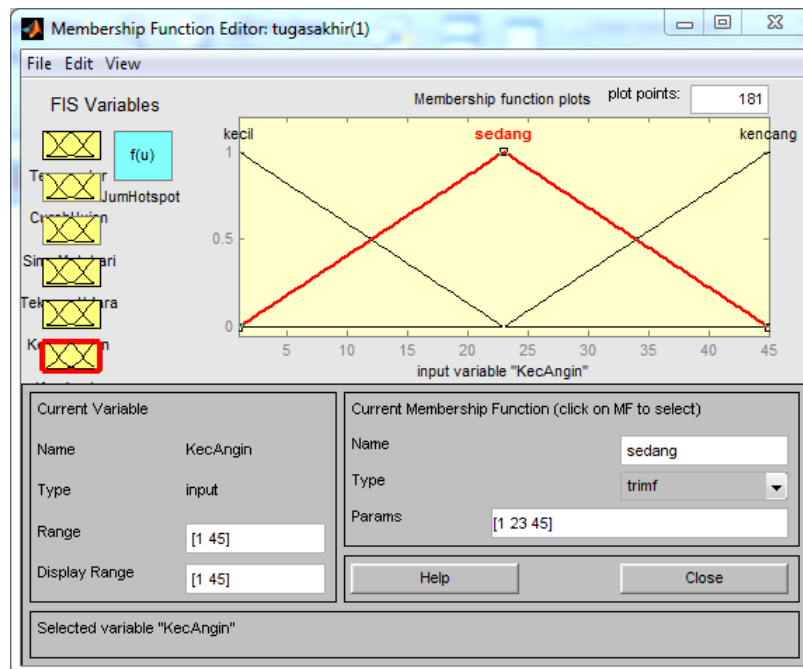
Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

© Hak cipta milik IPB (Institut Pertanian Bogor)

Bogor Agricultural University



Fungsi keanggotaan kelembaban



Fungsi keanggotaan kecepatan angin

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.



RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan di Bandar Lampung pada tanggal 18 Desember 1990. Penulis merupakan anak kedua dari 2 bersaudara pasangan Bapak Anton Ahmad Gumilar dan Ibu Ernayati Yugo. Pada tahun 2009 penulis lulus dari SMA Negeri 2 Bandar Lampung, Lampung. Pada bulan Juli 2009 penulis resmi menjadi mahasiswa Institut Pertanian Bogor melalui jalur Seleksi Nasional Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SNMPTN). Setelah menyelesaikan Tingkat I (Tingkat Persiapan Bersama) di IPB pada tahun 2010, penulis diterima sebagai mahasiswa Departemen Ilmu Komputer, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam.

Selama menjadi mahasiswa di Institut Pertanian Bogor, pada tahun 2012 penulis pernah menjalankan praktik lapangan di Badan Pemeriksa Keuangan Republik Indonesia (BPK-RI) selama kurang lebih 2 bulan. Prestasi yang pernah diraih penulis, yaitu menjadi semi-finalis Acer Incredible Green Contest 2013 dan lolos 2 PKM-KC Dikti pada tahun 2013.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.

Bogor Agricultural University

Bogor Agricultural University